

НУБІП України

НУБІП України

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

01.08. – МР.204 «С». 2022.02.04. 014 ПЗ

НУБІП України

ПОНОЧОВНОГО АНДРІЯ СЕРГІЙОВИЧА

2023

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
Факультет конструювання та дизайну**

ПОГОДЖЕНО:

Декан факультету
конструювання та дизайну
Ружило З.В.
(підпис)

« » _____ 20__ р.

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО

ЗАХИСТУ:

Завідувач кафедри тракторів,
автомобілів та біоенергоресурсів
Калінін Є.І.
(підпис)

« » _____ 20__ р.

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

на тему: «Дослідження показників керованості енергетичного
засобу сільськогосподарського призначення в залежності від
тиску шин встановлених на передній осі»

01.08. – МР.204 «С». 2022.02.04. 014 ПЗ

Спеціальність - 133 «Галузеве машинобудування»

Освітньо-наукова програма – «Машини та обладнання
сільськогосподарського виробництва»

Керівники магістерської роботи:

Д.т.н. проф.

Голуб Г.А.

(підпис)

Виконав:

Поночовий А.С.

(підпис)

Київ-2023

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**
Факультет конструювання та дизайну

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Завідувач кафедри тракторів,
автомобілів та біоенергоресурсів
Калінін Є.І.

(підпис)

20

ЗАВДАННЯ

**ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ СТУДЕНТУ
ПОНОЧОВНОМУ АНДРІЮ СЕРГІЙОВИЧУ**

Спеціальність - 133 «Галузеве машинобудування»

Освітньо-наукова програма - «Машини та обладнання
сільськогосподарського виробництва»

Тема магістерської роботи: «Дослідження показників керованості
енергетичного засобу сільськогосподарського призначення в залежності від

тиску шин встановлених на передній осі», затверджена наказом ректора від

«4» лютого 2022 р. № 204 «С»

Термін подання завершеної роботи на кафедру

Вихідні дані до магістерської роботи:

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

1. Виконати аналіз впливу тиску шин на рівень керованості машино-тракторних агрегатів;
2. Пошкодження шин при низькому тиску в них та при високому;
3. Вплив тиску в шинах на прохідність машино-тракторних агрегатів.

Дата видачі завдання: 31.08.2021 р.

Керівник магістерської роботи:

Д.т.н. проф.

Завдання прийняв до виконання:

Голуб Р.А.

Поночовний А.С.

(підпис)

(підпис)

НУБІП України

ЗМІСТ

ВСТУП 6

РОЗДІЛ 1. ВИБІР НАПРЯМКУ ДОСЛІДЖЕННЯ 8

1.1 Аналіз основних показників маневреності колісних тракторів 8

1.2 Вплив параметрів тиску шин колісних тракторів на їх керованість 11

1.3. Робочі умови експлуатації шин колісного трактору 13

1.4. Існуючі методи випробування шин 15

1.5. Параметри контролю і властивості шин як еластичного колеса 20

РОЗДІЛ 2. ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ 23

2.1. Обґрунтування параметрів, які впливають на керованість колісного трактору 23

2.2. Опис лабораторного стенду 27

2.3. Програма польових експериментальних досліджень 33

2.4. Методика проведення експерименту у польових умовах 34

РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ЇХ АНАЛІЗ 38

3.1. Встановлення обладнання на трактор 38

3.2. Загальна характеристика апаратури 39

3.3. Встановлення апаратури для проведення вимірювання оціночних показників керованості на трактор 44

3.4. Прилад, який фіксує положення трактора під час виконання технологічних операцій 45

3.5. Проведення експерименту у польових умовах 47

РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ 51

4.1. Загальні положення 51

4.2. Оцінка науково-технічної ефективності 52

4.3. Визначення річного економічного ефекту 54

ВИСНОВКИ 55

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ 56

НУБІП України

ВСТУП

Актуальність теми. Енергонасичені колісні трактори в даний час широко використовуються в усіх кліматичних зонах, приблизно на п'ятдесяти транспортно-технологічних та сільськогосподарських операціях. Однак в умовах експлуатації усі можливості цих колісних тракторів використовуються не завжди раціонально.

Одним з головних напрямків підвищення продуктивності тракторів у сільському господарстві є максимальне використання їх тягово-потужностних властивостей. Це можливо лише при збільшенні робочих швидкостей енергетичного засобу. Однак робота на підвищених швидкісних режимах призводить до погіршення стабільності технологічних процесів у зв'язку із збільшенням чутливості рульового керування, тому що із збільшенням швидкості МТА (машинно-тракторного агрегату) необхідно збільшувати і передаточне відношення рульового механізму, а із зменшенням швидкості, відповідно, зменшувати.

Мета дослідження – аналіз показників керованості енергетичного засобу сільськогосподарського призначення в залежності від тиску шин встановлених на передній осі.

Завдання дослідження:

– Розглянути теоретичні дані щодо залежності керованості енергетичного засобу сільськогосподарського призначення та тиску шин встановлених на передній осі;

– Визначити залежність керованості енергетичного засобу сільськогосподарського призначення та тиску шин встановлених на передній осі;

– Оцінити ефективність запропонованого заходу

Об'єкт дослідження – процес керування сільськогосподарським машинно-тракторним агрегатом під час виконання технологічних операцій.

Предмет дослідження – закономірності процесу керування машинно-тракторним агрегатом у повздовжній площині під час виконання сільськогосподарських технологічних операцій.

Методи досліджень. Взаємозв'язок передаточного відношення рульового механізму трактора та його робочої швидкості здійснювали шляхом моделювання на ЕОМ умов його функціонування у складі із просапним агрегатом.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

РОЗДІЛ 1 ВИБІР НАПРЯМКУ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1 Аналіз основних показників маневреності колісних тракторів

Маневреність трактора є важливою експлуатаційною властивістю колісної машини, яка визначає ефективність їх використання та безпеку руху.

Дослідженню маневреності колісних машин та машино-тракторних агрегатів (на базі колісних тракторів) присвячена велика кількість робіт. Аналіз результатів цих робіт дозволив скласти структуру маневреності як складної експлуатаційної властивості, що включає в себе більш прості (основні) властивості (рис. 1.1) [13].



Рис. 1.1. Структура властивостей маневреності колісної машини та машинно-тракторних агрегатів (на базі колісних тракторів)

Аналізуючи наведену схему можна стверджувати, що маневреність машинно-тракторного агрегату (МТА) є важливим експлуатаційним фактором, який впливає на агротехнічні, експлуатаційні та техніко-економічні показники його роботи. Але в той же час це дуже широке поняття, тому що

включає в себе такі питання як власне керуваність, поворотність, вписуємість машини [14, 15].

Поняття керуваності колісної машини є неоднозначне, та трактується різними авторами по-різному. Таким чином дослідники, які займаються розробкою різноманітних засобів автоматичного водіння [16, 17, 18] вважають, що керуваність – це здатність агрегату, який працює під навантаженням, точно відслідковувати задану траєкторію. Інші розглядають керуваність як здатність машини витримувати задану водієм через рульовий механізм траєкторію, включаючи прямолінійний рух та режим повороту із заданим радіусом, у тому числі, під впливом зовнішніх сил [14, 19, 20, 21, 22].

Деякі під керуваністю розуміють здатність агрегату відслідковувати положення керованих коліс, тобто властивість, яка не залежить від водія, а належить агрегату як динамічній системі, яка взаємодіє із зовнішнім середовищем [17, 23, 24].

Не дивлячись на те, що поняття керуваності дещо різняться між дослідниками, всі вони розглядають її як властивість системи «людина-агрегат-грунт». Тому і розглядати це поняття необхідно в комплексі, беручи до уваги всі складові цієї системи. З огляду на те, що у ній нестабільним є

такий елемент як «людина», то і сам процес керування є поняттям досить суб'єктивним. Таким чином, якщо водій має високу кваліфікацію, то він може краще забезпечити рух машинно-тракторного агрегату з незначним відхиленням від заданої траєкторії руху. Але, якщо умови роботи досить складні (погана видимість, багато бур'янів, складний рельєф поля, втомленість та ін.), то водій може припускатись різноманітних помилок, і якщо погіршення інформації стає надвеликим та продовжується тривалий час, то може статися зрив у роботі людини, з'явитися брак у вигляді скривлення базових ліній, підрізання культурних рослин тощо [17].

Рульове керування призначене для підтримання та змінення напрямку руху колісного трактора у відповідності до дій оператора. Воно являє собою частину комплексу механізмів і агрегатів системи керування МТА [15].

Існують такі способи повороту колісних машин:

– зміна напрямку руху за рахунок бічної реакції направляючих коліс (передніх або задніх);

– створення моменту дотичної сили, що повертає, тяги коліс однієї сторони і негативної дотичної сили при гальмуванні коліс другої сторони (здійснюється на дорожніх машинах і багатоприводних автомобілях);

– комбінований спосіб (на просапних тракторах застосовується як сполучення направляючих коліс із диференціальними гальмами);

– зміна напрямку кочення всіх коліс (на тракторах з усіма керованими колесами і на тракторах із шарнірною рамою); при цьому для повороту використовується сила, яка докладається до рульового механізму і потужність двигуна, а бічні реакції коліс протистоять лише відцентровій силі.

В першому випадку, на колеса, які повертаються діють бічні реакції ґрунту, які і примушують змінювати напрям руху остова трактора.

В другому випадку – на ведучих колесах з протилежних боків трактора примусово створюються різні кутові швидкості їх обертання, що викликає появу на його остові моменту, який повертає.

Основним недоліком другого способу є обов'язкове бічне ковзання протектора шини відносно опорної поверхні. Це викликає додатковий знос шин, велике бічне нагортання на них ґрунту і поява заносу остова трактора при повороті на підвищених швидкостях руху МТА. Тому даний спосіб повороту не використовується на сільськогосподарських тракторах. Його використовують інколи на тихохідних, потужних тракторах спеціального призначення з короткою базою, або на малогабаритних колісних тракторах, частіше за все, комунального призначення [13].

1.2 Вплив параметрів тиску шин колісних тракторів на їх керованість

Підвищення універсальності, продуктивності й зайнятості, а також поліпшення агротехнічних, ергономічних та енергетичних показників сільськогосподарських енергетичних засобів потребують функціонального розширення їх систем керування поворотом, основними з яких є [19]:

- точність копіювання заданої траєкторії;
- легкість керування поворотом важкого комбінованого агрегату (задня, фронтальна, міжбазова, бічна навіски з передніми, задніми і бочковими валом відбору потужності);
- виконання підвищених вимог щодо стійкості руху і керованості машинно-тракторних агрегатів та агрегованих з ним робочих сільськогосподарських машин (знарядь);
- забезпечення нормованих агротехнічних, ергономічних та енергетичних показників;
- забезпечення стійкого прямолінійного руху;
- одержання чистого кочення керованих коліс при повороті без ковзання;
- стабілізація керованих коліс;
- зменшення зношування шин;
- відчуття дороги і характеру місцевості (рельєфу) водієм.

Сільськогосподарські енергетичні засоби працюють у різних навантажувальних і швидкісних режимах з підвищеною небезпечкою руху та обов'язковим дотриманням норм агротехнічних, ергономічних й енергетичних показників (вузький коридор, міжряддя, скупчення людей і тварин, погані дороги та бездоріжжя), тому до основних параметрів їх систем керування поворотом ставляться жорсткі вимоги, а саме:

- забезпечення оптимальних зусиль на рульовому колесі або важелях;
- запобігання при русі сільськогосподарського енергетичного засобу

передавання (через силовий зв'язок) поштовхів і ударів від нерівностей на рульове колесо або штурвал;

– забезпечення ефективності дії стабілізації керованих коліс;

– висока керованість і стійкість руху сільськогосподарського енергетичного засобу;

– кочення керованих коліс із мінімальним боковим і поздовжнім ковзанням при повороті;

– технічний стан системи керування поворотом повинен забезпечувати легкість і надійність повороту керованих коліс на усіх швидкостях руху

сільськогосподарського енергетичного засобу в будь-яких дорожніх умовах;

– люфт рульового колеса повинний бути мінімальним.

Підвищення енергозабезпеченості та енергонасиченості

сільськогосподарських машинно-тракторних агрегатів шляхом форсування їх

двигунів за середнім ефективним тиском і частотою обертання з метою

підвищення продуктивності й розширення універсальності за рахунок зростання швидкостей, вантажопідйомності, а також поєднання операцій

визначають необхідність щодо удосконалення конструкції систем керування поворотом.

За принципом дії рульові керування можливо класифікувати на: механічні, механічні з підсилювачем та гідрооб'ємні

Часто наслідки використання неправильно підбраного баласту або тиску в шинах недооцінюють. Адже внаслідок цього машина неспроможна

повністю реалізувати свій потенціал. Зростає коефіцієнт буксування, та знижується тягова потужність трактора.

Щоб знизити буксування та покращити передачу тягової потужності, починають навішувати додатковий баласт. Результати проведених досліджень

показали, що це – не найефективніший інструмент зменшення буксування.

Збільшуючи загальну масу трактора, ми збільшуємо навантаження на ґрунт, пошкоджуючи його, та й економічний результат викликає сумніви.

При невеликих робочих швидкостях (приблизно 8 км/год), наприклад, під час виконання основних обробок ґрунту, тягову потужність обмежує пляма контакту шини з ґрунтом. Сам собою ґрунт не може «сприйняти» велике окружне зусилля на колесі. Колеса, що обертаються, не передають повністю ту потужність, що вони через трансмісію отримали від двигуна. Основним завданням стає зниження коефіцієнта буксування за рахунок покращення зчеплення шин та ґрунту. Одним з варіантів є використання баластів, які збільшують навантаження на осі, збільшуючи тим самим тиск на ґрунт.

Залежно від варіанту встановлення баласту та його маси збільшення тягової потужності досягає 15%. Щоправда, подібна «довантаження» може призвести до неоправданого переушільнення підорного шару, що погіршить умови у розвитку рослин.

Зовсім інша картина спостерігається при вищих робочих швидкостях (15 км/год).

Наприклад при закладенні соломи тягова потужність обмежена потужністю двигуна. Це означає, що потужність двигуна, передана трансмісією, практично вся пішла у справу. У безступінчастому режимі роботи трансмісії при робочій швидкості 15 км/год двигун трактора працював із стовідсотковим навантаженням. І додатковий баласт у цьому випадку вже не збільшував тягову потужність: адже двигун і так завантажений «на всі 100». Чи надасть щось навішування баласту або грамотний підбір тиску у шинах – це залежатиме, насамперед, від швидкості руху.

Менший тиск – більша потужність. Зі зниженням тиску в шині збільшується пляма контакту із ґрунтом, а значить, навантаження розподіляється по більшій площі. Внаслідок меншого тиску, шини меншою мірою заглиблюються у ґрунт. Таким чином, знижується опір коченню і менше потужності витрачається на ущільнення ґрунту. До того ж за рахунок збільшення опорної поверхні покращуються зчепні властивості шини з ґрунтом, отже, на неї можна передати велику потужність.

1.3. Робочі умови експлуатації шин колісного трактору

Правильний підбір шин завжди був і залишається запорукою надійності та довговічності будь-якого автотранспорту, а сільгосптехніки – особливо.

Оскільки вона працює часом цілодобово, в різних погодних умовах та з великими навантаженнями, до шин аграрії висувають підвищені вимоги. До

того ж термін експлуатації агрегату багато в чому залежить від якості. З тим, що шини – це найважливіший компонент сільгосптехніки, погоджуються і експерти, і аграрії. Однак у питанні їхнього вибору існують різні думки.

Для забезпечення мінімального тиску на ґрунт конструкція та

характеристики шини повинні дозволити працювати в діапазоні низького робочого тиску. Так, для зменшення буксування, що призводить до

переуцільнення ґрунту, зниження продуктивності та підвищеної витрати палива, необхідно, щоб шини мали гарне зчеплення з ґрунтом, були здатні

протягом усього терміну експлуатації зберігати робочі характеристики, відповідали технологічним завданням та мали прийнятну ціну (яка повинна

відповідати характеристикам шини).

Незважаючи на складний і дорогий ремонт безкамерні шини через свої конструктивні особливості все ж таки кращі за камерні. При проколі (а це

головне лихо всіх агрошин) безкамерної шини її спуск триватиме довго, а значить, її можна доставити до місця ремонту в нормальному стані та

відновити. Але у будь-якому випадку для того, щоб шина витримувала екстремальні навантаження, необхідно застосовувати спеціальні методи.

Наприклад, компанія Michelin випустила шину з міцними гнучкими боковинами, що дозволяє збільшити опір до проколів протектора та боковин.

Для збільшення площі зіткнення шини із ґрунтом (пляма контакту) компанії-виробники вже досить давно перейшли на конструювання та

виробництво радіальних шин. При цьому форма плями контакту близька до прямокутної, у той час як у діагональних шин пляма контакту спереду та ззаду

обмежена півколом. До того ж радіальні або радіально-діагональні (комбінований варіант) шини значно еластичніші за діагональні і можуть

працювати при наднизьких (менше 80-100 кПа) внутрішньошинних тисках.

Приміром, Michelin випускає радіальні шини з діагональним брекером, ущільненим під «бігову доріжку», які можуть працювати при

внутрішньошинних тисках до 60 кПа, тоді як нижня межа внутрішньошинного

тиску в діагональних шинах дорівнює 110 кПа. За ще менших

внутрішньошинних тисків (до 35 кПа) допускається робота шин типу Terra-

Tires (Good Year, США).

Зі зростанням швидкості знижується допустиме навантаження на шини.

Наприклад, шини Trelleborg можуть працювати при тиску 50 кПа. Але не

можна забувати, що допустиме навантаження на шини залежить від виду

техніки, на яку вона встановлена. Так, при швидкості 30 км/год та тиску

50 кПа допустиме максимальне навантаження для тракторної та комбайної

шини – 1325 кгс.

До недоліків сучасних агрошин крім механічних пошкоджень, що легко

одержуються, можна віднести і залежність від перепадів температур. А, як

відомо, від температури довкілля залежить внутрішньошинний тиск. Тому

тиск у шині необхідно контролювати та адаптувати до температури

навколишнього середовища.

1.4. Існуючі методи випробування шин

В даний час значна увага приділяється розробці емпіричних методів

визначення чинників, які впливають на знос покриття шин.

Стендові випробування забезпечують якість виробів і їх технічну

надійність відповідно до стандартів, а саме, ISO 10191/2010 визначає методи

випробувань для перевірки можливостей шин для легкових автомобілів.

В Україні діють наступні основні нормативні документи щодо технічних

умов:

1. ДСТУ 4406:2005 Шини пневматичні Загальні технічні вимоги

безпеки.

2. ДСТУ 2219-93 Шини пневматичні. Конструкція. Терміни та визначення.

3. ГОСТ 22374-77 (ИСО 3877-1-78, ИСО 3877-3-78, ИСО 4223-1-78) Шини пневматичні. Конструкція. Терміни та визначення.

4. ДСТУ 3780-98/ГОСТ 30761-2002 Шини пневматичні великогабаритні та надвеликогабаритні.

5. ГОСТ 4754-97 Шини пневматичні для легкових автомобілів, причепів до них, легких вантажних автомобілів особливо малої місткості. Технічні умови.

6. ГОСТ 5513-97 Шини пневматичні для вантажних автомобілів, причепів до них, автобусів і тролейбусів. Технічні умови.

В даних документах визначені методи випробування шин, що описані в стандартах:

1. ГОСТ 26000-83 Шини пневматичні. Метод визначання основних розмірів.

2. ДСТУ UN/ECE R 30-02:2005 Єдині технічні приписи щодо офіційного затвердження пневматичних шин для дорожніх транспортних засобів і їхніх причепів (UN/ECE R 30-02:1999, IDT)

3. ДСТУ UN/ECE R 54-00:2004 Єдині технічні приписи щодо офіційного затвердження пневматичних шин для дорожніх транспортних засобів, неіндивідуального користування та їхніх причепів (UN/ECE R 54-00:2004, IDT).

На випробувальних стендах перевіряється конструктивна міцність шин, якість гумових сумішей, однорідність, жорсткісні і геометричні характеристики шин і багато іншого. З представлених методів випробувань можливо, що в залежності від типу перевіреній шини потрібно тільки деякі з них. Випробування проводяться в лабораторії в контрольованих умовах.

Методи випробувань, представлені в ISO 10191:2010, на призначені для градації характеристик шини або рівня якості. Цей міжнародний стандарт застосовується до всіх легкових автомобілів. ISO 10191: 2010 містить

випробування на міцність для оцінки здатності конструкції шини по енергії гальмування в області протектора.

Стендові випробування – один з невід'ємних етапів вивчення шини та її властивостей. Тільки тут можна отримати точні дані, наприклад, про температуру окремо взятого ділянки шини конкретного типорозміру при певній швидкості, навантаженні і тиску. Традиційні стенди призначені для динамічних випробувань пневматичних шин (рис. 1.2) і забезпечує визначення в лабораторних умовах терміну служби шини, залежність його від швидкості руху динамічного радіуса шини та шляхи пройденого шиною до руйнування.



а)



б)



в)



г)

Рис. 1.2. Традиційні стени випробування шин (компанія Michelin):

а), б) – стени для випробування на зношування протектора з одним ступенем вільності; в) – стени випробування жорсткості (плями контакту);

г) – трикоординатний стени для комплексного випробування параметрів шини.

Дорожні випробування цих даних не дають. Це не швидкий, виснажливий і монотонний, але дуже важливий процес.

Стени для випробування шин на знос відносяться до засобів випробувань пневматичних шин різної вантажопідйомності на зносостійкість протектора (рис. 2 а, б) і може бути використано на підприємствах автомобільної та шинної промисловості. Призначення стени скорочення

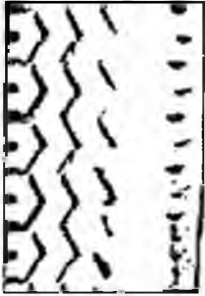





термінів випробувань за рахунок форсування усталостного зносу протектора шин (рис.2 в, г). На стенді досліджують зносостійкість протектора, напругу і деформацію шини в зоні контакту її з дорогою, сили, що діють на шину в процесі кочення, так як зовнішня поверхня стрічкового конвеєра імітує дорогу.

Колесо, яке повинно передавати зусилля і моменти, що діють між автомобілем і дорогою, забезпечуючи його рух, має надійно протистояти ударним і циклічним навантаженням протягом усього життєвого циклу.

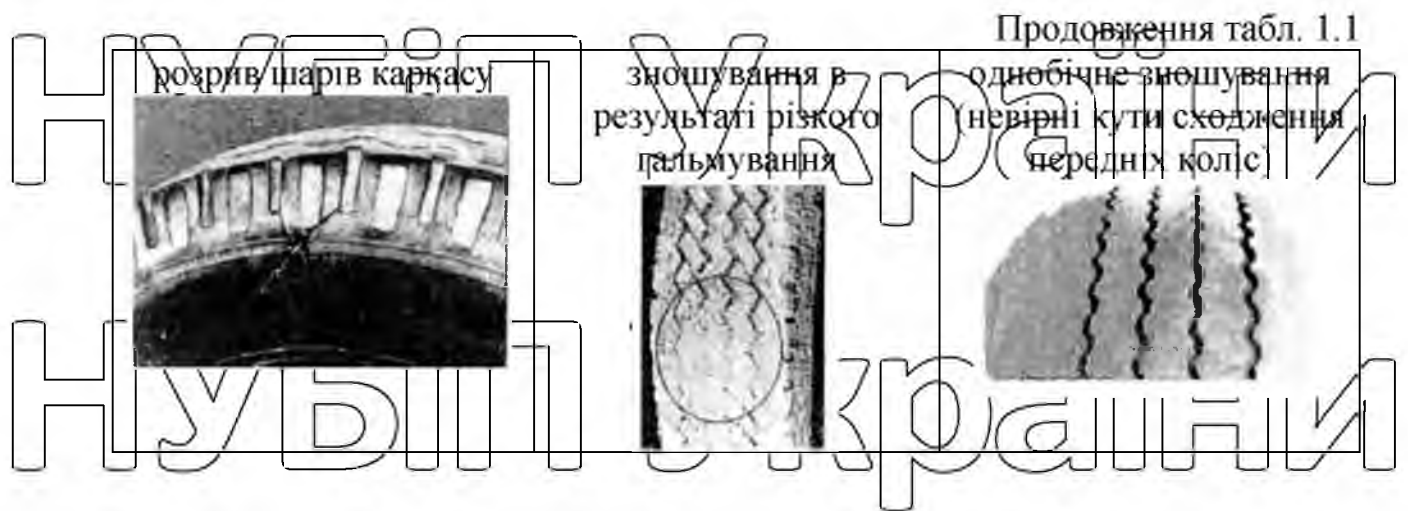
Найбільш типові пошкодження шин в процесі експлуатації наведено в таблиці 1.1 [4].

Таблиця 1.1

Типові пошкодження шин в процесі експлуатації

<p>зношування шин «на конус»</p> 	<p>зношування шин внаслідок непаралельності мостів</p> 	<p>зношування шин внаслідок низького тиску повітря</p> 
<p>зношування шин внаслідок підвищеного тиску повітря</p> 	<p>плямисте зношування</p> 	<p>відшарування на бокових поверхнях</p> 

НУБІП України



Способи випробування шини на стендах , містять наступні етапи:

- етап позиціонування випробувального стенду в певному місці випробувальної доріжки,

- етап визначення ідеальної траєкторії випробувального стенду на малій швидкості на поздовжньої осі випробувальної доріжки,

- один або кілька етапів випробувань, кожен з яких включає:

- фазу набору швидкості випробувального стенду,

- фазу випробувань, під час якої запускають цикл послідовних кутів заносу перевіряється шини, заздалегідь програмований і дистанційно завантажується на випробувальний стенд,

- фазу зупинки.

Існує випробування, випробування на зняття борта, коли оцінюють опір розтвіну шини на борт. Це відноситься тільки до безкамерних шин.

Випробування на витривалість, оцінює опір шини з обслуговування при повному навантаженні і помірної швидкості на великі відстані. Застосовують, високошвидкісний тест оцінює здатність шини у відповідності зі своєю категорією швидкості.

1.5. Параметри контролю і властивості шин як еластичного колеса

Тиск в шинах – один з важливих показників, який впливає на витрату палива будь-якого автомобіля. При зниженні тиску збільшується зона

деформації шини в плямі контакту, що призводить до помітного збільшення опору коченню.

Вплив тиску на ресурс шин визначають, також вивчаючи пляму контакту шини.

При зниженому тиску більш високе навантаження припадає на краю шини, тобто плечову зону, провокуючи в цій частині протектора підвищений знос. При підвищеному тиску – більш високе навантаження в плямі контакту доводиться на центральну частину протектора. В цьому випадку центральна частина шини починає зношуватися швидше, ніж бічні блоки протектора.

Авторами [31] для дослідження характеристик шин легкових автомобілів з обертаючим колесом був розроблений і виготовлений спеціальний стенд, схема якого показана на рис. 1.3. На цьому стенді, для визначення характеристик шин, застосований метод вільних коливань системи, пружним елементом якої є пневматик. Основні вузли стенда такі: стрічково-пластичний транспортер, призначений для імітації опорної площини; пневматична навантажувальний пристрій для створення необхідного радіального навантаження на колесо; маятник зі стрижнем для установки вантажів; привід; обурює пристрій, за допомогою якого коливальна система виводиться з рівноваги.



Рис. 1.3. Схема і конструкція стенду для визначення вібраційних характеристик шин [2]

На описаному стенді (рис. 1.4) були визначені радіальна жорсткість та коефіцієнт похибки шин при радіальних коливаннях для обертається колеса залежно від швидкості прокачування, тиску повітря в шині, радіальної навантаження та частот вібрацій.

На рис. 1.4 наведені деякі результати експерименту для шини 6,00-16 (I-77).

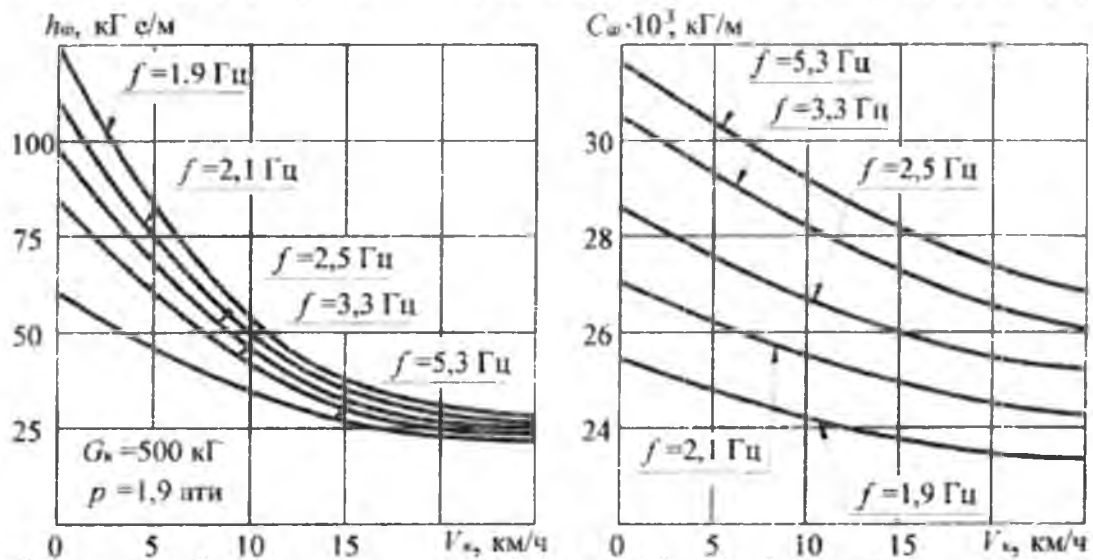


Рис. 1.4. Визначені авторами [3] експериментальним шляхом коефіцієнт демпфування і жорсткість шин в залежності від швидкості автомобіля для різних частот коливання колеса

Однак не наведено математичної моделі, що може дати уявлення про зміні конструкції шини та умов її орієнтації під час руху автомобіля.

Удосконалення можливе за рахунок використання багатокоординатної системи приводів і збільшення ступеню вільності колеса під час випробування.

РОЗДІЛ 2. ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

НУБІП УКРАЇНИ

2.1. Обґрунтування параметрів, які впливають на керованість колісного трактору

Велику кількість сировини для промисловості можна забезпечити шляхом розширення площі земель, які використовуються у сільському господарстві і інтенсифікації виробництва. Інтенсифікація

сільськогосподарського виробництва – це насамперед збільшення продукції, одержуваної з одиниці займаної площі при можливо менших витратах матеріальних засобів і праці. У досягненні цієї мети величезну роль грає механізація виробничих процесів.

Якість робіт, які виконують механізми, багато в чому обумовлена стабільністю технологічних процесів.

Під стабільністю розуміємо збереження постійними протягом тривалого часу основних параметрів технологічного процесу. Для оранки, наприклад, це рівномірність глибини обробки ґрунту, сталість ширини захвату, однакове огортання шару й розпушування ґрунту по пройденому агрегатом шляху. При

посіві – це закладення насіння на однакову глибину, збереження норми висіву й інші параметри. Із цього бачимо, що основним параметром є стабільність спрямованого руху МТА. Однак таке визначення стабільності й застосовувані

в цей час оціночні показники (середнє квадратичне відхилення, коефіцієнт варіації) не повністю розкривають сутність стабільності процесів, що ускладнює вибір оптимальних параметрів робочих органів машин і агрегатів.

Зовнішні умови, що впливають на роботу сільськогосподарської техніки, не залишаються постійними. Тому зберегти постійними основні параметри технологічних процесів сільськогосподарського виробництва не вдається.

Говорячи про стабільність процесів, потрібно передбачати коливання параметрів процесів у деяких межах. У даний час, ці межі визначаються

агротехнічними допусками з удосконалюванням конструкції машин стабільність технологічних процесів підвищується, що дозволяє зменшувати принустимі щодо агротехнічних вимог межі коливань показників різних процесів. Але поки мінливість останніх залишається настільки значною, що доводиться диференційовано визначати ці межі. Стабільність технологічних процесів повинна збільшуватися в результаті зниження чутливості машин і виконуваних ними процесів до зовнішніх факторів. Припустимі межі зміни параметрів різних процесів залежно від рельєсних і інших умов необхідно уточнити й обґрунтувати.

Велике значення для інтенсифікації сільськогосподарського виробництва має підвищення робочих швидкостей мобільних агрегатів. Однак робота на таких швидкостях не повинна супроводжуватися зменшенням стабільності процесів, інакше ефект від підвищення швидкостей зникає. При виконанні багатьох операцій у рільництві підвищення швидкості машини збільшує стабільність процесів у результаті зростання кінетичної енергії мас, що рухаються. Для деяких процесів встановлені оптимальні межі швидкостей, перевищення яких знижує якість роботи машин [24].

Варто визначати межі оптимальних режимів роботи й вишукувати технологічні прийоми, що дозволяють різко підвищити продуктивність праці. У зв'язку з переходом до комплексної механізації й автоматизації виробничих процесів стабільність сільськогосподарських процесів здобуває першорядне значення.

У сільськогосподарських виробничих процесах головними є технологічні, інші процеси, у тому числі пов'язані з рухом машин - допоміжні. Іноді технологічні процеси так тісно переплітаються й взаємодіють із допоміжними, що їх неможливо розділити. До виробничих процесів висувають вимоги якісного характеру. Вирішальним у питаннях якості є спосіб виконання основного процесу, а також характер протікання допоміжних процесів. Так, процес обробки ґрунту містить у собі головним чином розпушування й часткове обертання шару, а також деякі допоміжні

процеси, які у тому числі не впливають на остаточний результат, наприклад, переміщення ґрунтової маси вперед. Характер виконання технологічного процесу обробки ґрунту, його показники обумовлені конструкцією робочих органів машини й усього агрегату, швидкістю руху, ґрунтовими й іншими умовами й, безумовно, роботою водія агрегату.

Ґрунт являє собою неоднорідне середовище. Різний структурний склад, нерівномірний розподіл кореневих систем, неоднакова вологість призводять до різного опору ґрунту при механічних впливах. Через неоднорідність ґрунтових умов корпуса плугів, лапи культиваторів і інші робочі органи

ґрунтообробних машин одержують коливання випадкової частоти й амплітуди, що порушує стабільність технологічного процесу обробки ґрунту. При цьому зменшується рівномірність крошення, розпушування, погіршуються й інші якісні показники роботи. Виявлення характеру

неоднорідності фізико-механічних властивостей ґрунту й, у першу чергу, її опору механічним впливам при різних природних умовах і агрофонах дозволить намітити шляхи конструктивних удосконалень ґрунтообробних машин з метою підвищення стабільності технологічного процесу обробки ґрунту [20].

Опір ґрунту механічним впливам залежить від її стану – твердість, вологість й інші показники.

Змінність деяких зовнішніх факторів, що впливають на роботу мобільних сільськогосподарських агрегатів, обумовлена в основному діяльністю людини.

Характер зміни мікрорельєфу поверхні поля, структури ґрунту, рослинного покриву поля в значній мірі визначається особливостями виконання попередніх технологічних операцій і конструкцією машин. З удосконалюванням технології виробництва польових робіт, поліпшенням

конструкції машин і підвищенням культури землеробства випадково-діючі фактори менше впливають. Але є фактори, обумовлені природно-кліматичними умовами (наприклад, температура навколишнього середовища,

освітлюваність), вплинути на які з метою регулювання їх у бажаному напрямку неможливо. Якість виконання багатьох технологічних операцій у значній мірі залежить від характеру розподілу рослинного покриву ґрунту.

Після збирання на поверхні поля залишається стерня зернових, багаторічних і однолітніх трав, коріння і інші рослинні залишки, кількість яких залежить від способу виконання робочих процесів сільськогосподарських машин і інших факторів, що змінюються випадковим чином. Тому характер їхньої зміни по поверхні поля також випадковий. На роботу мобільних агрегатів і особливо на

роботу водіїв впливає велика кількість показників, такі як температура повітря, освітленість, швидкість руху машинно-тракторного агрегату, а також агротехнічні обмеження [21] та інші.

З удосконалюванням конструкцій машин, керування ними ускладнюється. З'являється проблема керування за допомогою машин. Однак автоматизація керування економічно вигідна лише за певних умов.

Машини беруть участь у різних процесах, параметри яких можуть змінюватися за часом або залишатися постійними. Мета керування – забезпечити потрібний закон зміни цих параметрів під час руху у гірських умовах і на рівнині. Керування включає чотири компоненти: збір інформації,

переробку її, рішення й перетворення рішення в дію. Залежно від характеру процесу деякі компоненти керування стають домінуючими. Керування може здійснюватися за участю людини й без неї [21].

Розрізняють стабілізуючу, програмну й стежачу системи керування.

Стабілізуюча система зберігає регульовану величину незмінною. Система програмного керування змінює регульовану величину по заданій програмі. У стежачих системах регульована величина також змінюється за часом, але закон зміни її заздалегідь невідомий.

Людина-оператор може застосовувати всі види керування, і залежно від ситуації переходити від одного виду керування до іншого.

Системи автоматичного керування можуть бути розімкнутими, замкнутими й комбінованими. У розімкнутих системах заданий режим роботи

забезпечується попереднім настроюванням. Вихідна величина об'єкта не вимірюється й стан його не контролюється. У замкнутих системах вихідна величина контролюється. На підставі цієї інформації об'єкт регулюється так, щоб вихідна величина мала потрібне значення. Характерна риса замкнутої системи – зворотний зв'язок. У такій системі керуючий пристрій прагне ліквідувати різницю між заданою й отриманою величинами. При цьому задана величина за часом може залишатися постійною або змінюватися. Очевидно, що при такому циклі регулювання, навіть при випадковому характері зовнішніх збурюючих факторів, його можна робити з великою точністю.

У комбінованих системах керування до замкнутої системи додається незамкнений вплив, що компенсує, будь-який вплив на вихідну величину, у результаті чого якість керування підвищується [15, 16].

У сучасних сільськогосподарських агрегатах в основному застосовують керування по розімкнутому циклу; автоматичне керування із замкнутим або комбінованим циклом і керування за участю людини по замкнутому циклу. При керуванні по розімкнутому циклу водій регулює робочі органи й контролює технологічний процес. Вплив водія на виконуваний процес обумовлено його кваліфікацією й досвідом проведення регулювань при різних умовах. Так регулюються глибина ходу робочих органів ґрунтообробних і посівних агрегатів і параметри інших процесів. Точність процесів при цьому забезпечується сталістю параметрів системи й обмеженням діапазону змін збурювань [16].

Керування за участю людини – найбільш складний і менш досліджений вид керування. Наукова дисципліна – інженерна психологія вивчає закономірності, що існують між людиною й машиною, і допомагає створювати найкращі умови для роботи й вибору раціональних способів керування.

Інженерно-психологічний аналіз процесів дозволяє створювати системи, за допомогою яких можна в багато разів підвищити продуктивність праці [5].

2.2. Опис лабораторного стенду

НУВБІП УКРАЇНИ

Дослідження на комп'ютерному імітаторі складається з кількох етапів:

– визначення типу рульового керування його параметрів та параметрів режиму руху МТА;

– проведення експериментального заїзду в умовах інтерактивного обміну інформації між комп'ютером і оператором, при цьому фіксується динаміка зміни керуючих впливів та показників якості керування.

– обробка результатів інтерактивного експерименту математичними методами – дисперсійний та спектральний аналіз та отримання кількісних показників керуваності – добротність.

НУВБІП УКРАЇНИ

Розроблене програмне забезпечення (рис. 2.1–2.4) дає можливість безперервно проводити всі три етапи дослідження.

НУВБІП УКРАЇНИ

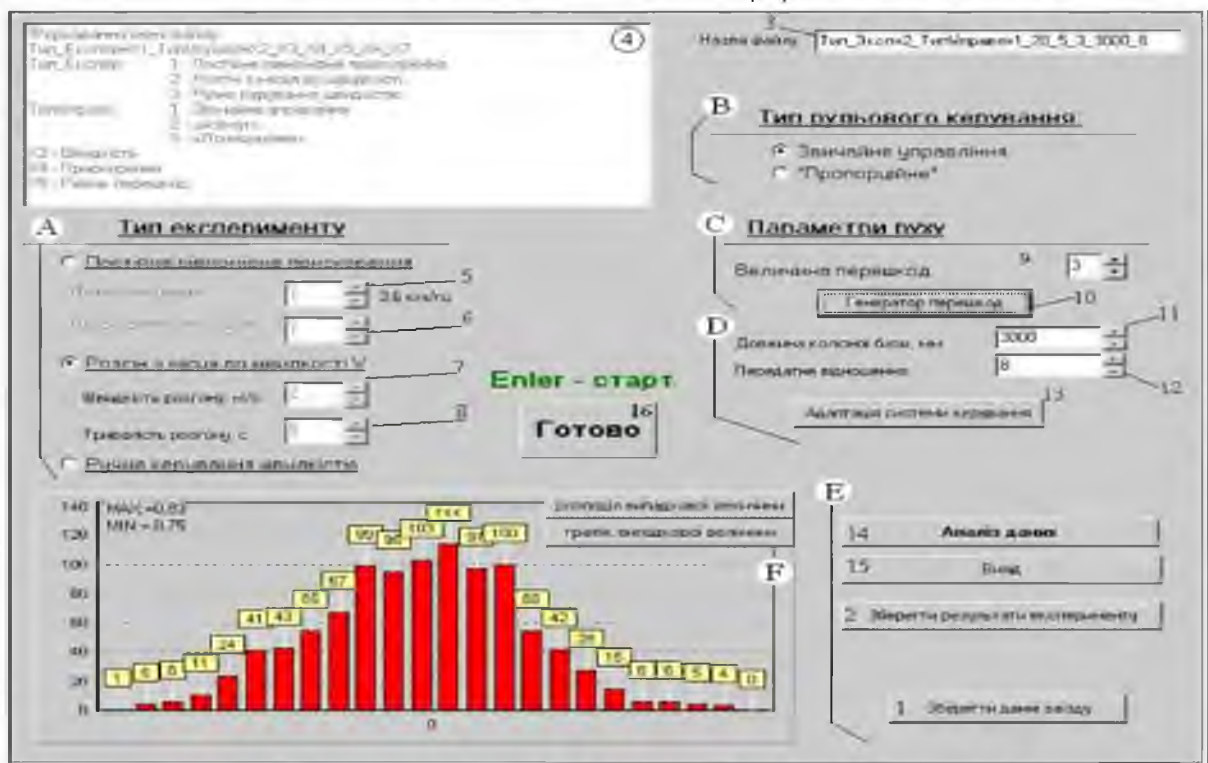


Рис. 2.1 Початкове діалогове вікно імітатора

Робота програми починається з налагодження імітатора (рис. 2.1):

– визначається тип моделі рульового керування;

– параметри машини та режими руху.

НУВБІП УКРАЇНИ

- встановлюється співвідношення між реальним та віртуальним кермом, шляхом визначення чутливості миші;
- встановлюється наявність впливів, що збурюють,
- записування файлів експериментальних даних.

Встановлення початкових даних. Послідовність встановлення початкових даних особливого значення не має, але необхідно більш детально зупинитись на значенні кожного елемента.

Як можна побачити з початкового діалогового вікна програми (рис. 2.1)

для початку роботи імітатора необхідно вибрати такі характеристики експерименту:

Тип експерименту (А). Дозволяється вибір «Постійного рівномірного прискорення», за яким швидкість безперервно починає збільшуватись до виходу машинно-тракторного агрегату за межі дороги. Після чого експеримент припиняється. Вихідними даними є початкова швидкість 1 (м/с) та прискорення 1 (м/с²) тобто, модель починає рух від встановленої швидкості з зазначеним прискоренням.

Експеримент «Розгін з місця до визначеної швидкості», яка відноситься до вхідних даних 7, використовують, коли необхідно визначити керованість МТА при різних типах рульового керування та при різних параметрах руху. З метою поступового розгону прийнятий вхідний параметр «тривалість розгону» 8.

Тип експерименту «Ручне керування швидкістю» необхідний для початкового ознайомлення користувача з можливостями програми при різних типах рульового керування та параметрів руху.

Тип рульового керування (В). Встановлюється відповідний тип рульового керування.

Параметри руху (D). «Величина перешкод» 9 має бальний вигляд та, відповідно до свого значення, після натискання на кнопку «Генератор перешкод» 10 буде отриманий масив випадкових збурень, який можна побачити в графічному вигляді та оцінити їх максимальну та мінімальну

величину в полі F. Даний параметр необхідний для визначення стійкості керування при перешкодах різного рівня.

Введення вхідних даних (Є). «Довжина колісної бази» 11 повного пояснення не потребує – величина зрозуміла.

«Передаточне відношення рульового механізму» 12 – на скільки необхідно повернути кермо, щоб кут повороту коліс склав 1° .

Більш повного роз'яснення потребує «Адаптація системи керування» 13 (рис. 2.2), котре необхідне у випадку, коли на комп'ютері налаштована велика чутливість миші, а користувач бажає її змінити, при цьому, не змінюючи чутливість ручного маніпулятора безпосередньо в операційній системі.

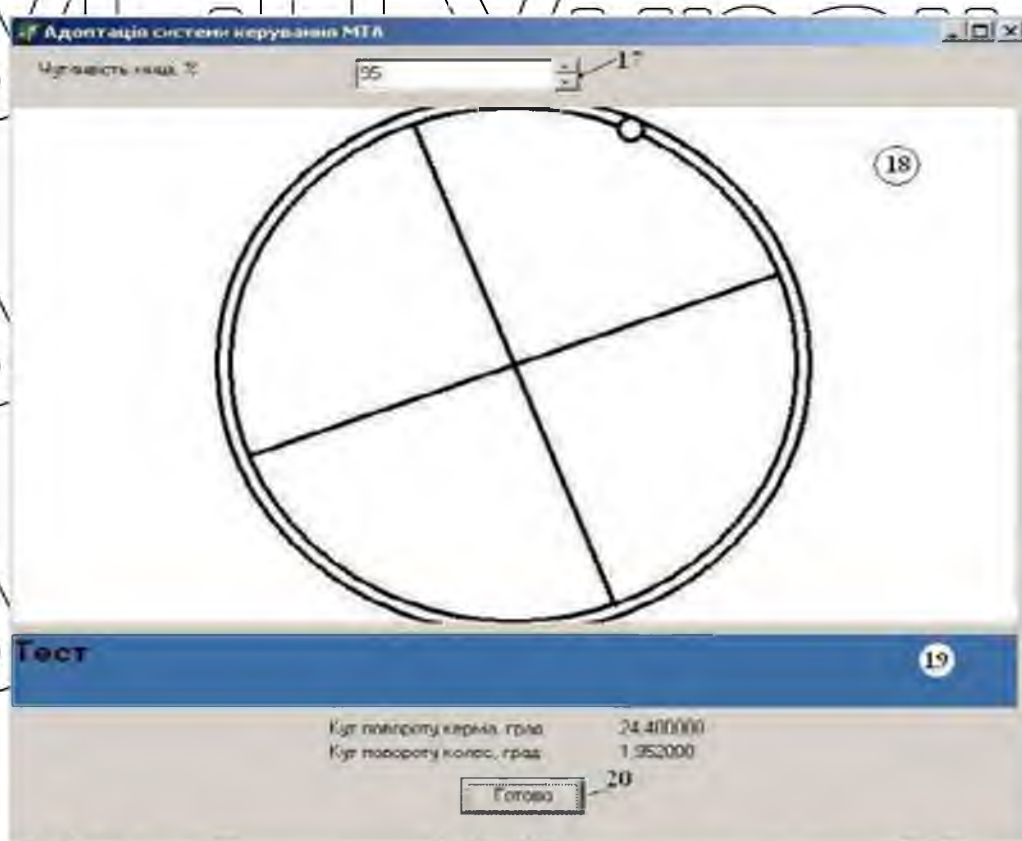


Рис. 2.2. Диалогове вікно меню «Адаптація системи керування»

Адаптація системи керування виконується в полі «Чутливість миші» 17, де вказана величина у відсотках до системної чутливості ручного маніпулятора.

Щоб оцінити зміну вищезазначеного параметра, необхідно провести курсором миші по кольоровій смужці з назвою «Тест» 19. При цьому, відповідно до «Передаточного відношення» 12 (рис. 2.2) буде відображатись кут повороту

керма 18 та коліс. При досягненні бажаної чутливості натиснути на кнопку «Готово» 20.

Після встановлення бажаних параметрів, величина яких знайде своє відображення в імені файлу 3 (розшифровка імені файлу показана в лівому верхньому куті головного вікна програми 4 (рис. 2.1), користувач натискає кнопку «Готово» 16, і переходить до виконання експерименту (рис. 2.3).



Рис. 2.3. Виконання експерименту

Якість керування оцінюється за здатністю моделі машинно-тракторного агрегату утримуватись вздовж базової лінії 25.

На діалоговому вікні представлена допоміжна інформація: поточна швидкість 21, кут повороту коліс 22, ім'я файлу 3, кількість експериментальних точок 23 та перелік можливостей для дострогового виходу із програми 24.

Після завершення активної фази експерименту, що може статися у двох випадках (користувач сам припинив роботу або модель МТА вийшла за визначені обмеження) користувач повертається до головного діалогового вікна (рисунок 3.1), де йому пропонується зберегти експериментальні дані (E).

При натисканні на кнопку «Зберегти результати експерименту» 2 з'явиться стандартне діалогове вікно Windows для збереження файлу, у якому пропонується ім'я файлу з розширенням *.mta.

При натисканні на кнопку «Зберегти результати заїзду» 1 дані зберігаються до текстового файлу з розширенням *.txt.

При натисканні на кнопку «Аналіз даних» 14 користувач переходить до відповідного діалогового вікна (рис. 2.4).

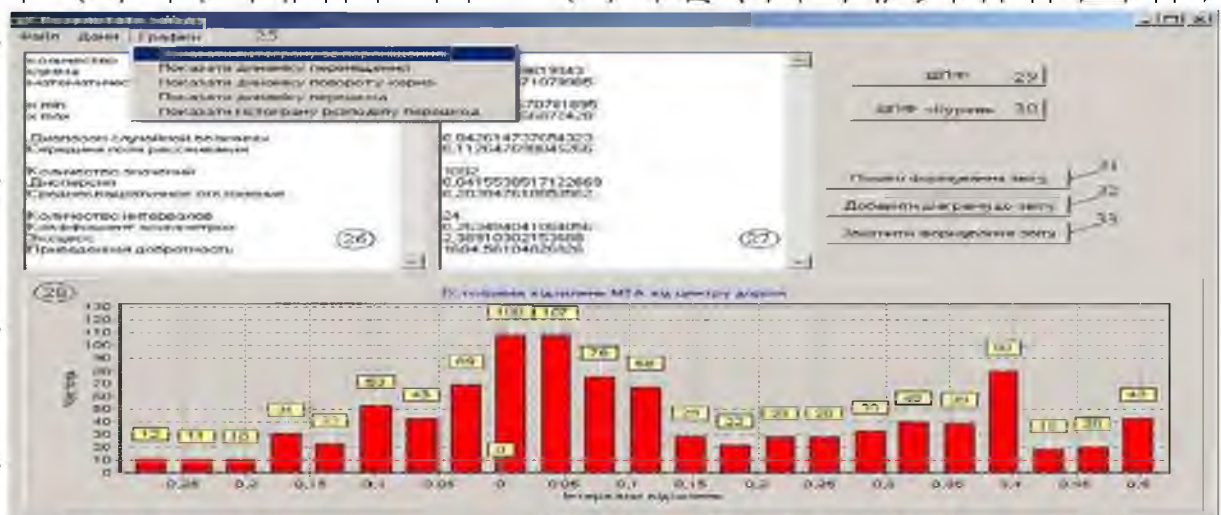


Рис. 2.4. Діалогове вікно «Результати заїзду» для формування звіту експерименту та аналізу експериментальних даних за допомогою наявних у програмі функцій

Починається обробка експериментальних даних з відкриття файлу: у верхньому меню 25 вибрати Файл → Відкрити. З'являється стандартне діалогове вікно Windows для пошуку необхідного файлу. При виборі файлу він завантажується в пам'ять EOM.

Для відображення форми розподілу експериментальних даних необхідно у верхньому меню 25 «Графіки» згорнути пункт «Показати гістограму за переміщенням». У даному випадку у відповідних текстових полях 26 та 27 з'явиться інформація відносно характеристик

експериментальних даних, також у полі 28 автоматично буде побудований відповідний графік, котрий обрано у верхньому меню «Графіки».

Формування звіту виконується таким чином.

– отримати характеристики експериментальних даних, за приведеним вище алгоритмом;

– «Почати формування звіту» 31;

– при необхідності вставити у звіт певну діаграму – натиснути «Додати діаграму до звіту» 32;

– За необхідністю, продовжити вибір діаграм з верхнього меню «Графіки»;

– формування звіту закінчено – натиснути «Закінчити формування звіту» 33.

– якщо виконано все вірно, то з'явиться повідомлення про місце розташування та ім'я файлу.

– при необхідності складання ще одного звіту необхідно перейменувати попередній. У прогнелжному випадку новий звіт замінить старий, без можливості повернення.

2.3. Програма польових експериментальних досліджень

Програма експериментальних досліджень містить у собі проведення робіт для виконання наступних завдань:

– розробка й виготовлення апаратури для визначення керованості колісного трактора, що дозволяє робити лабораторні та польові вимірювання кута повороту рульового колеса і швидкості руху МТА;

– вимірювання кута повороту рульового колеса та коливань курсового кута трактора МТЗ-120, що працює в агрегаті з культиватором КРН-5,6 при міжрядній обробці для різних технологічних швидкостей;

– формування масивів значень курсового кута та керуючих впливів по 1024 точках та підготування їх до введення в ЕОМ;

– математична обробка експериментальних даних з використанням пакету програм імітатора для оцінки параметрів керованості МТА;
– візуальне визначення прямолінійності рядків просапної культури з метою перевірки обраного фону на відповідність агротехнічним вимогам;

– вибір оптимальної швидкості руху та передаточного числа рульового механізму МТА, який складається із трактора МТЗ-120 і культиватора КРН-5,6 при виконанні сільськогосподарської операції.

За умовами даного дослідження було обрано дві пари шин для передньої осі трактора: перша пара мала значення тиску $1,0 \text{ кг/см}^2$ (занижений тиск), інша пара $1,4 \text{ кг/см}^2$ (тиск у нормі). Тиск було виміряно за допомогою монومتру.

2.4. Методика проведення експерименту у польових умовах

Експериментальні дослідження проведені на тракторі МТЗ-120, що працює в агрегаті з культиватором КРН-5,6 на міжрядній обробці кукурудзи, яка вирощується у сільськогосподарському виробничому кооперативі

ДП ДГ «Ізвестія». Довжина, вирівненість і засміченість поля відповідають умовам, що є типовими для степової зони в якій розташоване господарство. Висота стебла кукурудзи становила 30-40 см.

Міжрядний обробіток кукурудзи проводився на полі, яке мало розміри $1100 \times 800 \text{ м}$ та на глибину 7 см. , культиватор був обладнаний стрілочастими лапами, та був відрегульований на величину теоретичної захисної зони 10 см при міжряддях 70 см.

Трактор МТЗ-120 в агрегаті з культиватором працював на швидкостях руху від $3,6 \text{ км/год}$ до $14,4 \text{ км/год}$. Показники керованості починали вимірюватися після того, як МТА набуде необхідну швидкість (приблизно 10 м ходу МТА). Швидкість руху та інші експлуатаційно-технологічні показники машинно-тракторного агрегату визначалися й контролювалися відповідно до

вимог [106, 107, 108, 109, 110]. Величина вільного ходу рульового колеса трактора МТЗ-120 становила 120, по ТУ не більше 250.

Кратність проведення експерименту становила 3 рази на кожній швидкості.

Таблиця 2.1

Технологічна карта вирощування кукурудзи на зерно

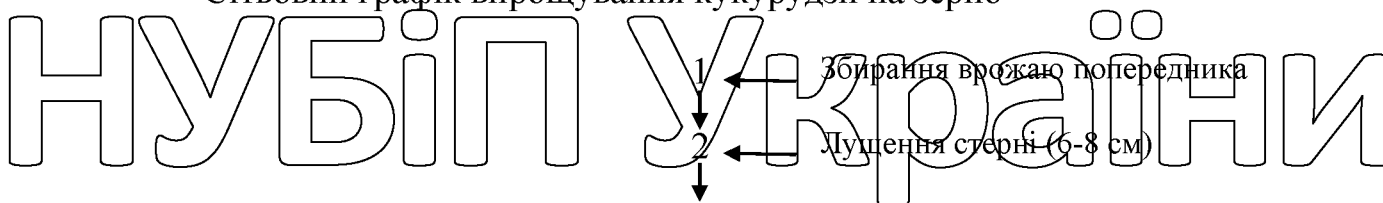
Попередник – озима пшениця

Площа – 36,8 га, переїзд 5 км.

№	Дата місяць/д еклада	Операція	Од. виміру	Обсяг робіт	Склад агрегату	
					Енергетичний засіб	с/г машина
1.	08. I	Лущення стерні	га	36,8	Т-150К	БДГ-7 на глибину 6-8/
2.	08. I	Лущення стерні	га	36,8	Т-150К	БДГ-7 на глибину 8-10
	08. I	Переїзд	км	5		
3.	08. III	Навантаження мінеральних добрив	т	49,6	Вручну	
		аміачна селітра, 34% N	т	12,9		
		супер фосфат, 20% P ₂ O ₅	т	16,3		
		калійна сіль, K ₂ O	т	20,4		
4.	08. III	Підвезення добрив	т	49,6	ЮМЗ-6	2ПТС-4
	08. III	Переїзд	км	5		
5.	08. III	Внесення мінеральних добрив	т	49,6	МТЗ-120	НРУ-0,5
	08. III	Переїзд	км	5		
6.	08. III	Оранка	га	36,8	Т-150	НШ-5,35 на глибину 25-27см
	08. III	Переїзд	км	5		
	04. I	Ранньовеснянє боронування	га	36,8	МТЗ-120	СГ-21 + БЗСС-1,0
	04. I	Переїзд	км	5		
	04. II	Культивація (6-8см)	га	36,8	МТЗ-120	КПС-4,0
	04. II	Переїзд	км	5		
8.	04. III	Навантаження добрив	т	7,4	Вручну	
10.	04. III	Підвезення добрив	т	7,4	Т-150К	бочка
	04. III	Переїзд	км	5		
21.	04. III	Внесення добрив	га	36,8	МТЗ-120	ОП-2000
	04. III	Переїзд	км	5		
	04. III	КАС-28	т	7,4		
7.	04. III	Передпосівна культивация	га	36,8	МТЗ-120	КПС-4,2+БЗСС-1,0 на глибину 6-8 см
	04. III	Переїзд	км	5		
9.	04. III	Навантаження насіння	т	0,8	Вручну	

11.	04.ІІІ	Підвезення насіння	т	0,8	ЮМЗ-6	ЗПТС-4
	04.ІІІ	Переїзд	км	5		
12.	04.ІІІ	Сівба	га	36,8	МТЗ-80+СВ-	СПЧ-6 на глибину 5-6 см.
		гібрид СИ ТОПМЕН норма висіву-22,4 кг/га	т	0,8		
	04.ІІІ	Переїзд	км	5		
13.	04.ІІІ	Прикочування		36,8	МТЗ-120	ЗКШ – 6
	04.ІІІ	Переїзд	км	5		
14.	04.ІІІ	Транспортування води та гербіциду	т	11,0	Газ-53	бочка
	04.ІІІ	Переїзд	км	5		
15.	04.ІІІ	Боротьба з бур'янами	га	36,8	МТЗ-120	ОП-2000
		Харнес 90 к.е. в нормі 3,0 л/га	л	110,4		
	04.ІІІ	Переїзд	км	5		
20.	05.ІІ	Транспортування води та гербіциду+стимулятор	т	11,04	Газ - 53	бочка
	05.ІІ	Переїзд	км	5		
21.	05.ІІ	Боротьба з бур'янами	га	36,8	МТЗ-120	ОП-2000
	05.ІІ	Переїзд	км	5		
		Діален Супер 464 SI в нормі 0,7 л/га	л	25,8		
		Супер Гумісол в нормі 3 л/га	л	110,4		
25.	06.І	Транспортування води та інсектициду	т	11,04	Газ - 53	бочка
	06.І	Переїзд	км	5		
26.	06.І	Боротьба зі шкідниками	га	36,8	МТЗ-120	ОП-2000
	06.І	Переїзд	км	5		
		Актелік 500 ЕС, к.е. в нормі 1,2 л/га	л	44,16		
		Карате Зеон 050 CS мк.с. в нормі 0,2 л/га	л	7,36		
27.	09.ІІІ	Збирання врожаю	га	36,8	Дон-1500Б	
	09.ІІІ	Переїзд	км	5		
28.	09.ІІІ	Відвезення зерна	т	2925,6	КАМАЗ-5510	
	09.ІІІ	Переїзд	км	5		
29.	-	Досушка та очистка зерна	т	2925,6	ЗАВ-25	
30.	-	Відвезення зерна на зберігання	т	2925,6	КАМАЗ 5510	

Сітьовий графік вирощування кукурудзи на зерно



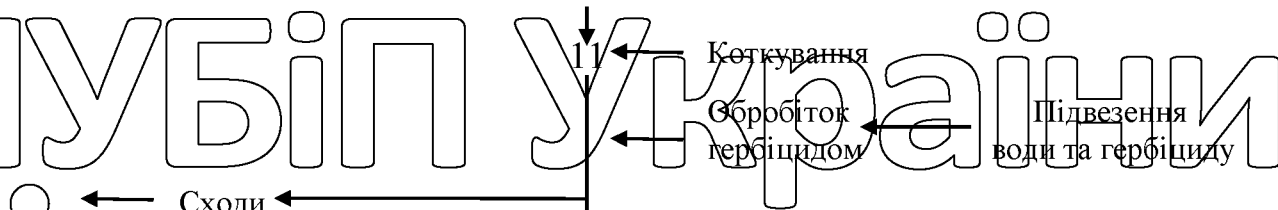
НУБІП УКРАЇНИ



НУБІП УКРАЇНИ



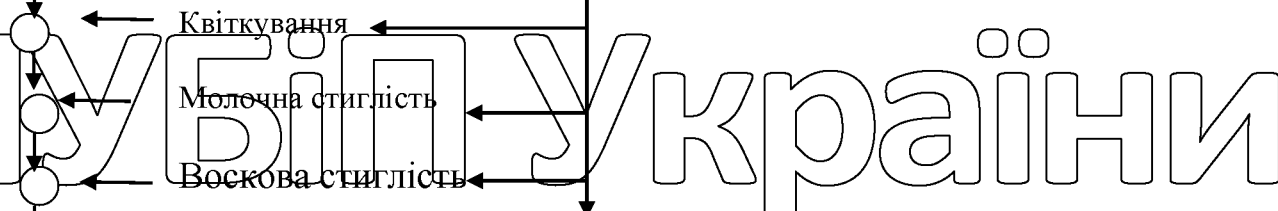
НУБІП УКРАЇНИ



НУБІП УКРАЇНИ



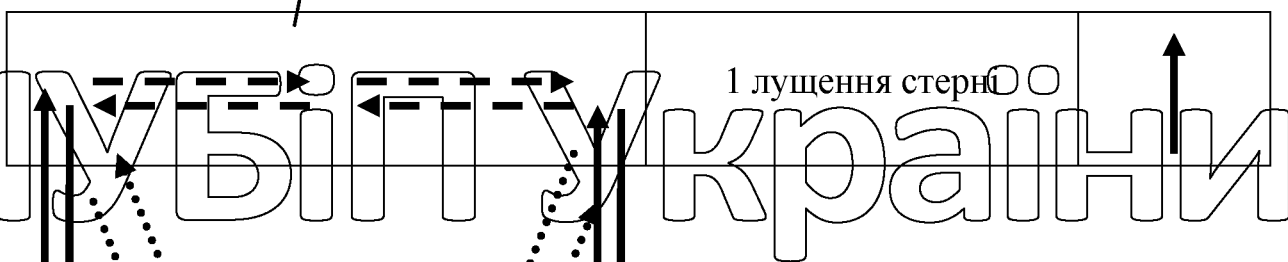
НУБІП УКРАЇНИ

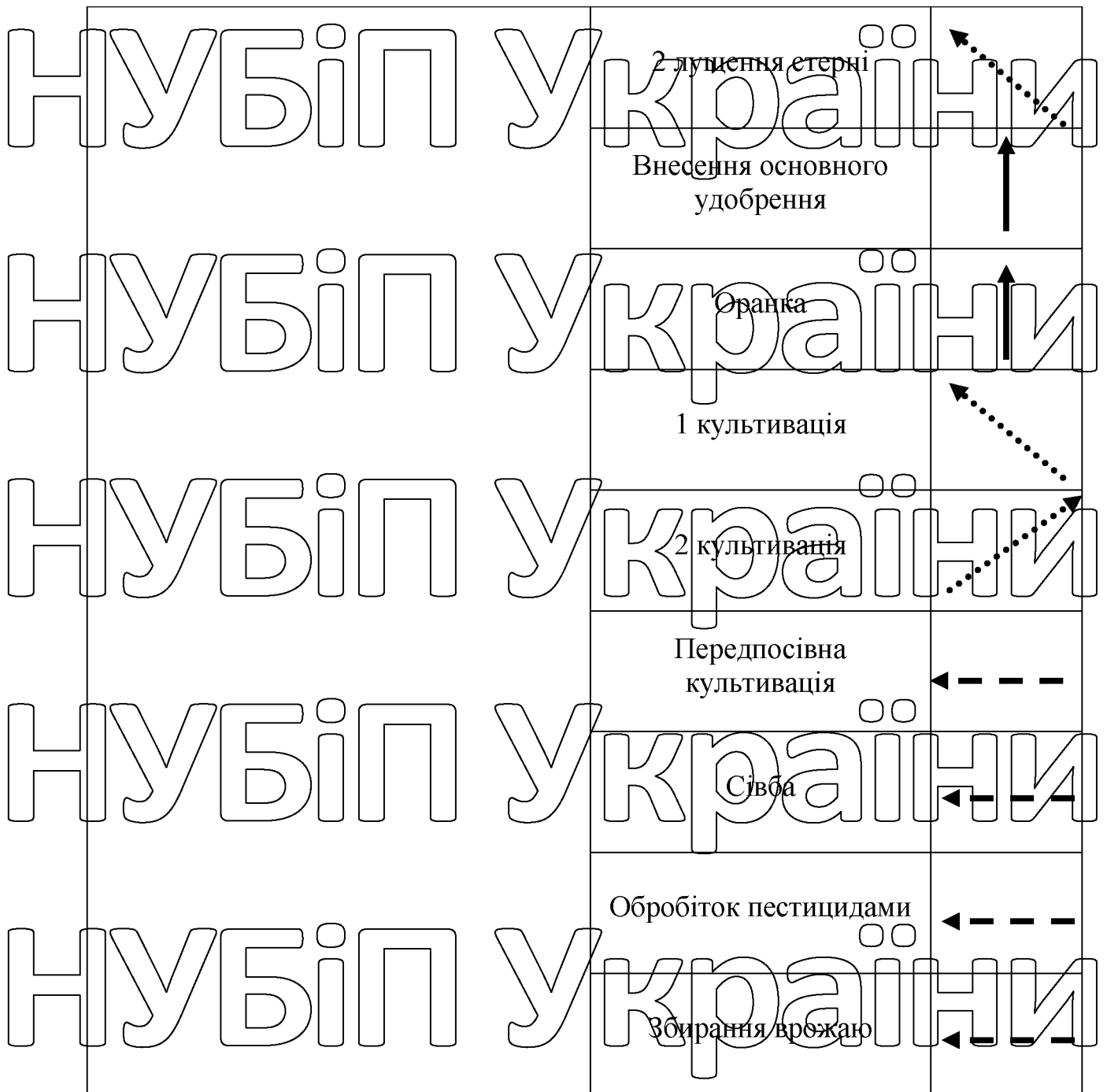


НУБІП УКРАЇНИ



НУБІП УКРАЇНИ





НУБІП УКРАЇНИ

РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ЇХ АНАЛІЗ

НУБІП УКРАЇНИ

3.1. Встановлення обладнання на трактор

Для проведення польових дослідів на трактор МТЗ-120 була встановлена додаткова апаратура для оцінки керованості.

Корпус приладу з гумометалевими амортизаторами був встановлений у кабіні трактора та закріплений болтами. Кроковий двигун (валкодер), що входить у комплект вимірювальної апаратури з механічним приводом був встановлений на рульовому колесі. На вал крокового двигуна була встановлена шестерня із кількістю зуб'їв $Z = 17$ шт., а на рульовий вал встановлена спеціальна шестерня із кількістю зуб'їв $Z = 136$ шт.

Для відстеження, контролю та фіксації теоретичної швидкості руху МТЗ використовується електронний спідометр. Вимірювальні перетворювачі ВП1 та ВП2 надсилають інформацію до сервоприводу з мікропроцесорним керуванням.

3.2. Загальна характеристика апаратури

Апаратура для виміру оціночних показників керованості складається із кількох конструктивів: вимірювального перетворювача кута повороту рульового колеса ВП1, вимірювального перетворювача швидкості руху трактора ВП2, прилад, що фіксує курсовий кут трактора та інформаційно-вимірювального блоку, який призначений для реєстрації й обробки сигналів, отриманих з вимірювальних перетворювачів.

Апаратура працює від бортової мережі трактора. Для живлення її основних елементів необхідна напруга 12В.

Рідкокристалічний модуль МТ-16S2И (рис. 3.1) складається з БІС контролера керування та рідкокристалічної панелі. Контролер керування КБ1013ВГ6, виробництва ПАТ «АНГСТРЕМ» (www.angstrem.ru), аналогічний HD44780 фірми HITACHI і KS0066 фірми SAMSUNG. Модуль зроблений із світлодіодним підсвічуванням.

Модуль дозволяє відображати 2 рядки по 16 символів. Символи відображаються в матриці 5x8 точок. Між символами є інтервали шириною в

одну відображану точку. Кожному відображуваному на рідкокристалічному екрані символу відповідає його код у гнізді ОЗУ модуля.

Модуль містить два види пам'яті – кодів відображуваних символів і користувацького знакогенератора, а також логіку для керування рідкокристалічною панеллю.



Рис. 3.1. Рідкокристалічний модуль MT-16S2H

Габаритні розміри модуля та його будова наведено на рис. 3.2.

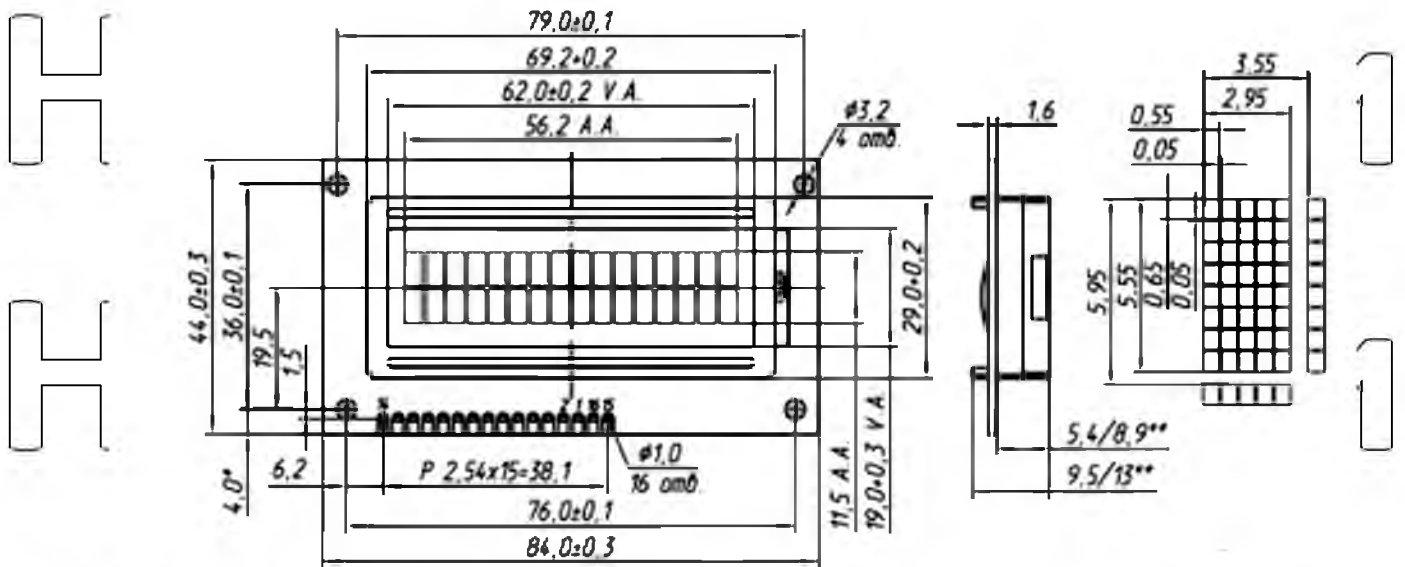


Рис. 3.2. Габаритні розміри і будова модуля MN-16S2H

При цьому необхідно пам'ятати, що неприпустимий вплив статичної електрики більше 30 В.

Модуль дозволяє:

- модуль має дві сторінки, які програмно-перемикаються із вбудованим знакогенератором (алфавіти: український, білоруський, казахський і англійський);

- працювати як по 8-ми, так і по 4-х бітній шині даних (задається при ініціалізації);

- приймати команди із шини даних;

- записувати дані в ОЗУ із шини даних;

- читати дані з ОЗУ на шину даних;

- читати статус стану на шину даних;

- запам'ятовувати до 8-ми зображень символів, що задаються користувачем;

- виводити миготливий (або не миготливий) курсор двох типів;

- управляти контрастністю та підсвічуванням.

Пропонується використовувати в якості вимірювального перетворювача кроковий двигун із значенням шагу 1,80.

Кроковий двигун (валкодер) – це пристрій, який може змінювати будь-яку величину залежно від кута повороту валу ротору (рисунк 4.3). Ем на напруги повинна бути реверсивною, з кількістю поділок не менш 80. Вихідний сигнал повинен бути ізольованим від робочої напруги приладу. Пристрій повинен зберігати роботоздатність в діапазоні напруги 8–15 В.

Двигун має дві обмотки. Під час обертання валу на виводах цих обмоток будуть з'являтися імпульси, які сдвинуті по фазі, і які можливо підсилити до рівня логічної «1».



Рис. 3.3 Вимірювальний перетворювач (кроковий двигун, валкодер)

Для цього пропонується наступна схема (рис. 3.4).

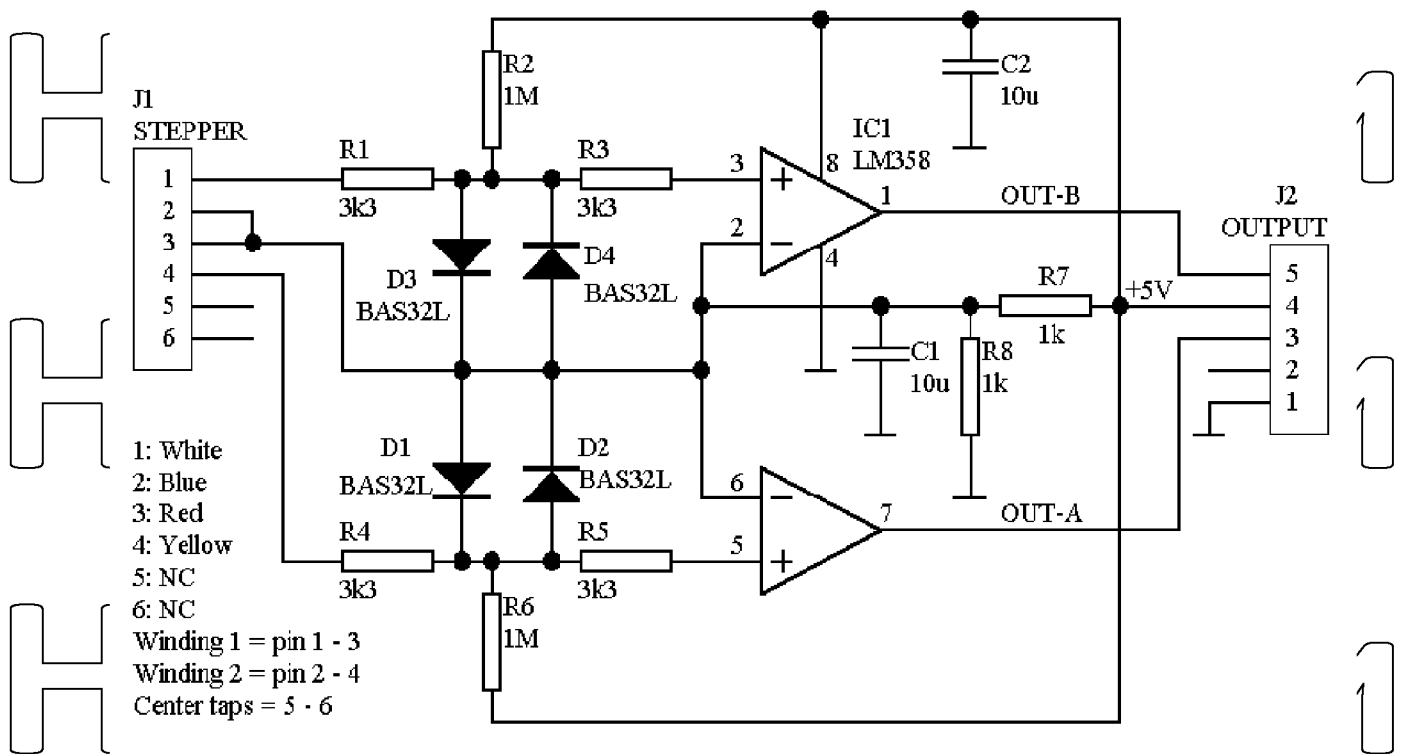


Рис. 3.4. Схема підключення крокового двигуна

До обчислювальної апаратури відноситься сервопривод з мікропроцесорним керуванням, основним призначенням якого є корегування кута повороту керуючих коліс, відповідно до сигналів які надходять із вимірювальних перетворювачів ВП1 і ВП2 (рис. 3.5). Після одержання сигналів сервопривод робить корегуючий вплив відповідно до розрахунків мікропроцесора.

Сервопривод — це система привода, яка в широкому діапазоні регулювання швидкості забезпечує динамічні, високоточні процеси і забезпечує добру повторність. Вона призначена для відпрацювання моменту, швидкості та позиції із заданою точністю та динамікою. Сервопривод складається з двигуна, датчика позиції і системи керування, яка має три контура регулювання (по позиції, швидкості і току).

НУБІП України



Рис. 3.5. Модуль для введення та обробки інформації

3.3. Встановлення апаратури для проведення вимірювання оціночних показників керованості на трактор

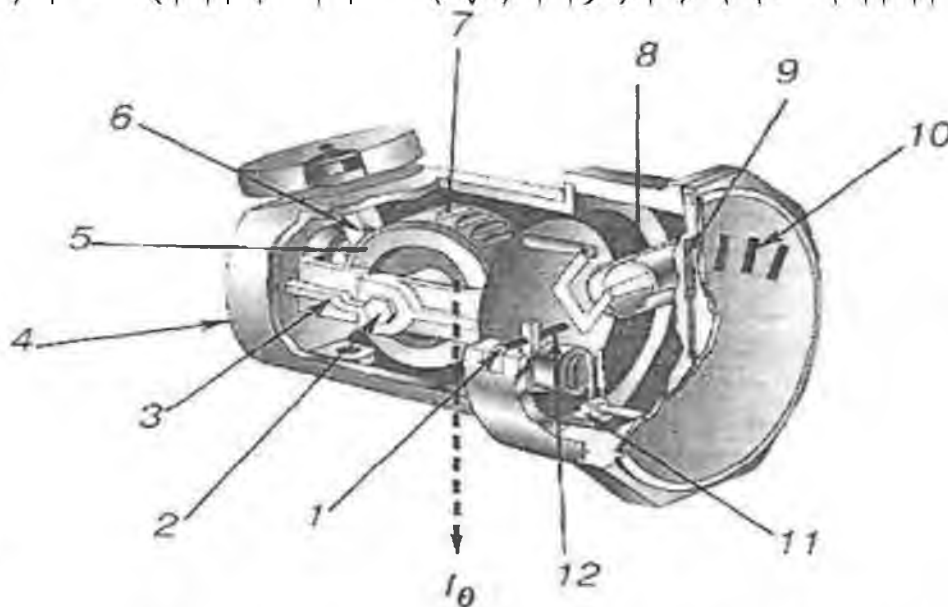
Корпус приладу оснащений гумометалевими амортизаторами, встановлюється в кабіні трактора й закріплюється болтами. Для цього в підлозі кабіни необхідно просвердлити 2 отвори. На тракторі МТЗ-120 прилад встановлюється на підлозі праворуч між панеллю керування і бічною стінкою кабіни.

Вимірювальний перетворювач ВП1 має механічний привод і встановлюється на рульовому колесі. Для здійснення зв'язку на приводному валу рульової колонки та на вимірювальному перетворювачі встановлюються спеціальні шестірні з передатним відношенням 8.

Апаратуру, яку використовують для введення, реєстрації та контролю параметрів, необхідно розташувати так, щоб оператору було зручно візуально контролювати процес.

3.4. Прилад, який фіксує положення трактора під час виконання технологічних операцій

На рисунку 3.6 показані основні елементи датчика кутової швидкості, що став у цей час одним із найбільш розповсюджених [11, 12]. Саме цей прилад використовується як датчик, який регіструє кут повороту поздовжньої осі колісної машини.



1 – регулювання протидіючої пружини; 2 – вісь власного обертання ротора; 3 – рамка; 4 – корпус; 5 – ротор; 6 – повітряне сопло; 7 – турбінний обід ротора; 8 – демпфер рамки; 9 – стрілка; 10 – шкала; 11 – вказуюча система; 12 – протидіюча пружина

Рис. 3.6. Датчик кутової швидкості (напівгірокомпас)

Для гасіння вихідного моменту сили щодо осі двоступеневого гідровузла можна використовувати в'язкісне демпфування. Кінематична схема такого механізму представлена на рисунку 3.7. Коли він обертається з постійною кутовою швидкістю навколо вхідної осі, вихідний момент гідровузла змушує рамку прецесіювати навколо вихідної осі. За винятком ефектів інерційної реакції (з інерцією рамки пов'язане в основному лише деяке запізнювання відгуку) цей момент урівноважується моментом сил в'язкого опору, створюваним демпфером. Момент демпфера пропорційний кутовій швидкості обертання рамки щодо корпусу, так що вихідний момент гідровузла теж пропорційний цій кутовій швидкості. Оскільки цей вихідний момент пропорційний вхідній кутовій швидкості (при малих вихідних кутах рамки), вихідний кут рамки збільшується в міру того, як корпус повертається навколо вхідної осі. Стрілка, що рухається по шкалі (рис. 3.7) вказує кут повороту рамки. Показання пропорційні інтегралу кутової швидкості обертання щодо вхідної осі в інерційному просторі, і тому обладнання називається інтегруючим двоступеневим гірочдатчиком.

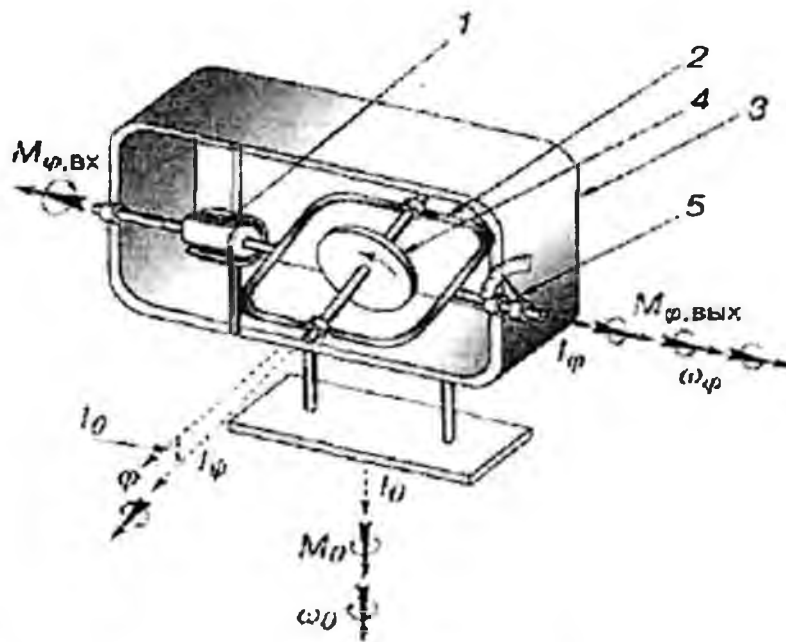


Рис. 3.7. В'язкісне демпфування двоступеневого гірочдатчика

3.5. Проведення експерименту у польових умовах

За умовами даного дослідження було обрано дві пари шин для передньої осі трактора: перша пара мала значення тиску $1,0 \text{ кг/см}^2$ (занижений тиск), інша пара $1,4 \text{ кг/см}^2$ (тиск у нормі). Тиск було виміряно за допомогою манометру.

Для проведення експерименту були обрані наступні умови руху МТА:

- швидкість руху МТА, м/с – від 1 до 4 ($3,6 - 14,4 \text{ км/год}$);
- кратність повторювань кожного заїзду – 3;
- довжина рядків 1100 м , ширина міжряддя – 70 см .

Результати кожного заїзду фіксуються ЕОМ та виводяться у текстовій та графічній формі (рис. 3.8, 3.9, 3.10):

- тип рульового керування постійної чутливості;
- довжина колісної бази, мм 2750 ;
- кількість експериментальних точок, шт 1024 ;
- дисперсія $1,85 \cdot 10^{-6}$;
- середнє квадратичне відхилення $0,02$;
- коефіцієнт асиметрії $-0,27$;

- ексцес $2,3$;

- приведена добротність, с-1 $53,84$.

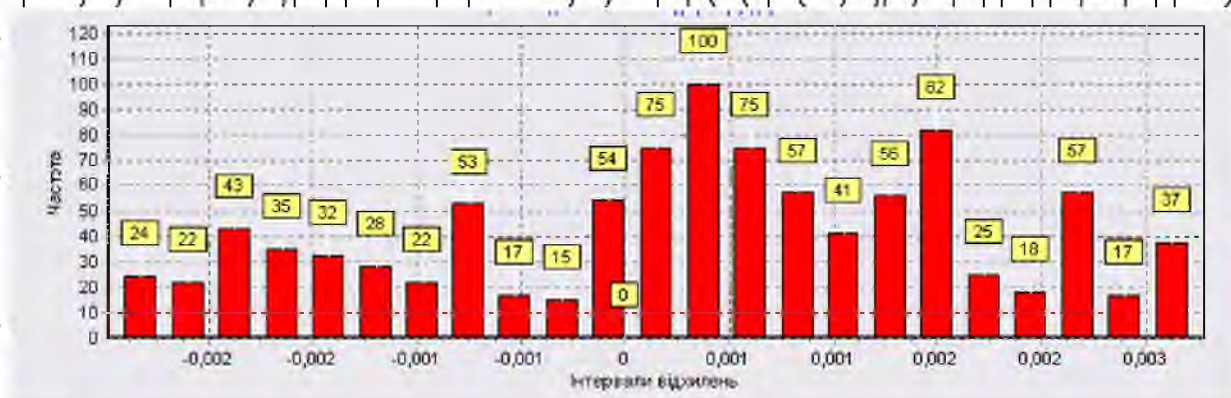


Рис. 3.8. Гістограма вихідного відлику відхилень від середини дороги

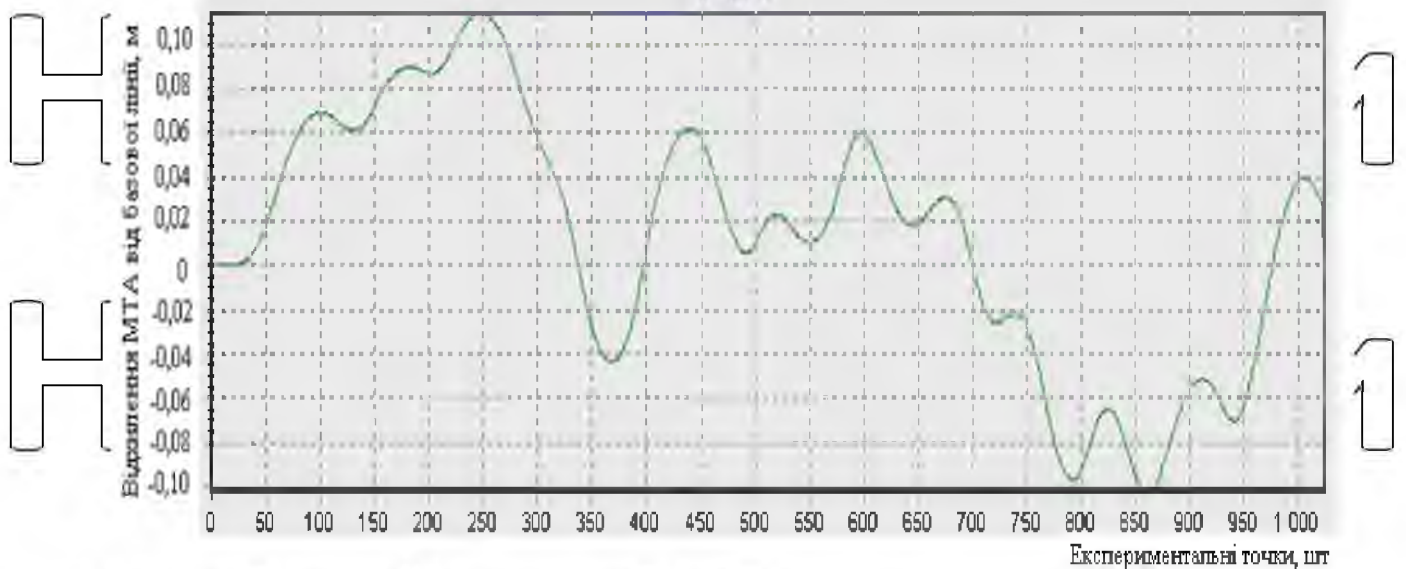


Рис. 3.9. Траєкторія руху МТА

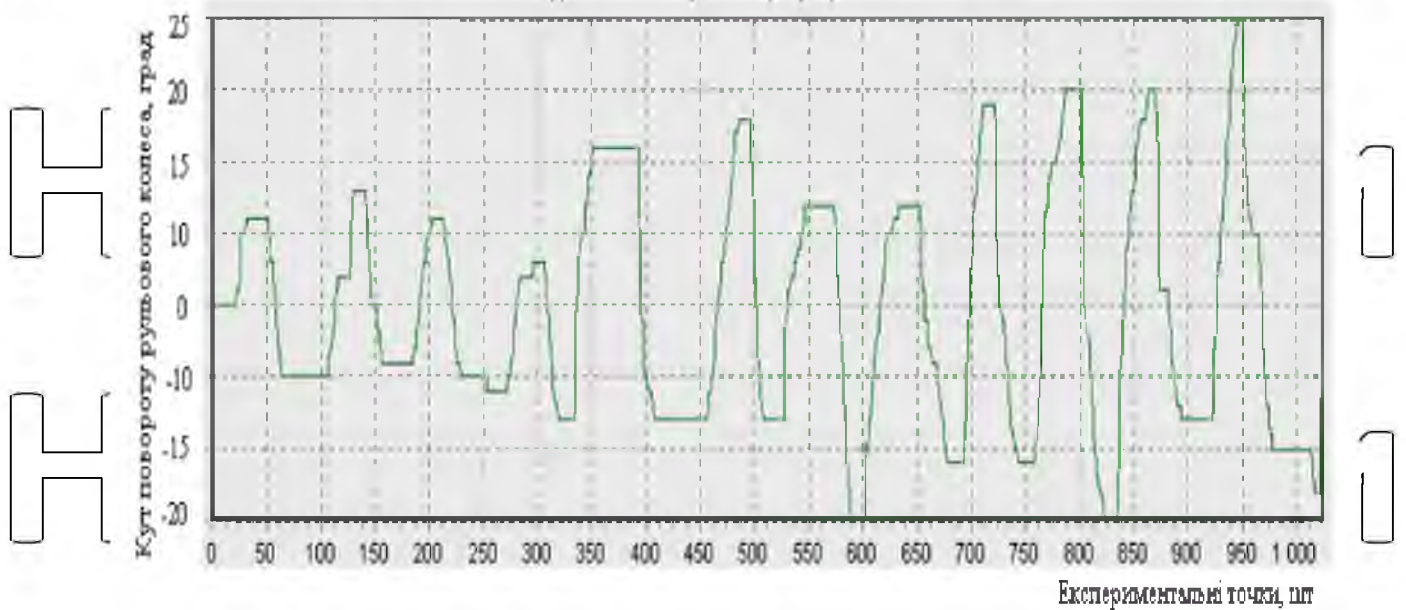


Рис. 3.10. Динаміка зміни кутів повороту керма трактора

Аналогічно виконуються заїзди на різних швидкісних режимах з використанням двох пар шин з різним тиском.

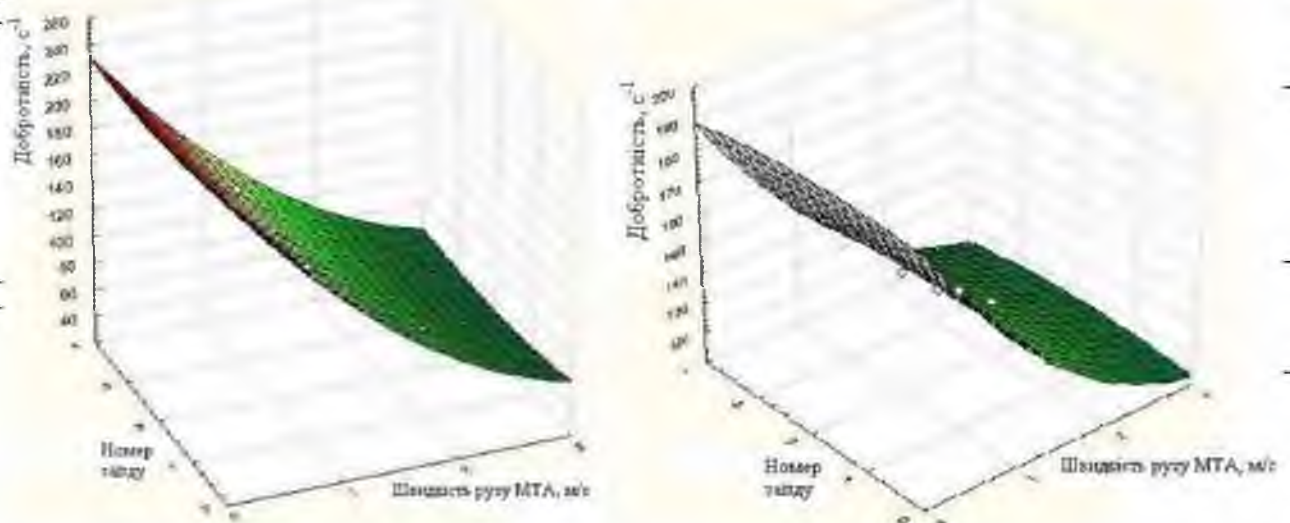
Порівняння результатів польового експерименту міжрядної обробки наведено в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1

Результати польових досліджень

Швидкість руху МТА м/с, (км/год)	Добротність, с ⁻¹ / Середньоквадратичне відхилення, м							
	Трактор зі заниженим тиском шин				Трактор з нормальним тиском шин			
	1	2	3	Середнє арифметичне	1	2	3	Середнє арифметичне
1 (3,6)	146/0,019	144/0,014	147/0,017	146/0,016	156/0,0125	151/0,012	155/0,011	154/0,011
2 (7,2)	84/0,039	79/0,033	81/0,035	82/0,036	120/0,019	128/0,017	121/0,018	123/0,018
3 (10,8)	61/0,081	57/0,071	56/0,068	58/0,073	122/0,025	118/0,023	121/0,025	120/0,024
4 (14,4)	45/0,093	49/0,111	50/0,105	48/0,103	116/0,026	120/0,026	117/0,026	118/0,026

На підставі експериментальних даних були побудовані графіки добротності руху МТА (рис. 3.11) залежно від швидкості його руху.



а) Трактор зі заниженим тиском шин
б) Трактор з нормальним тиском шин

Рис. 3.11. Добротність процесу руху МТА залежно від швидкості

Отже, на підвищеному швидкісному режимі роботи МТА його керованість значно поліпшується, тому що при швидкості МТА $v=4$ м/с (14,4

км/год) передаточне число керування при зниженому тиску шин $W_{tr}=12$, а передаточне число керування при нормальному тиску шин $W_{екс}=30$.

Визначено, що при малих швидкостях руху МТА ($V=1-1,5$ м/с) похибка незначна для обох видів тиску шин, але із збільшенням швидкості руху похибка значно зростає для керування зі зниженим тиском шином $\sigma_1=0,103$ м і незначно для нормального тиску шин $\sigma_2=0,026$ м.

Використання керування за умов нормального тиску шин має значну перевагу над керуванням зі зниженим тиском шин, особливо на підвищених швидкостях руху, має запас стійкості керованого руху та забезпечує зручність маневрування, що значно підвищує продуктивність роботи МТА.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ РЕЗУЛЬТАТІВ

ДОСЛІДЖЕНЬ

НУВБІП України

4.1. Загальні положення

НУВБІП України

Визначення ефективності витрат на наукове дослідження, його розробку та впровадження, призначено для об'єктивної та достовірної оцінки прикладної науково-технічної розробки, як потенційної інновації на всіх стадіях її життєвого циклу.

НУВБІП України

Визначення ефективності витрат здійснюється на підставі спільного наказу Міністерства економіки та з питань європейської інтеграції України та Міністерства фінансів України від 25 вересня 2001 року, №218/466 [114].

НУВБІП України

В умовах ринкової економіки розширюється діапазон оцінки ефективності науково-технічних розробок, а отже, збільшується кількість основних видів ефективності НДДКР, які можуть бути визначені з метою цієї оцінки. До них належать:

НУВБІП України

– науково-технічний ефект. Стосовно технологічних розробок – це підвищення науково-технічного рівня, поліпшення параметрів техніки і технологій, що є наслідком відкриття нових законів та закономірностей у природі, а отже, і нових технологічних засобів виробництва речовин, матеріалів та видів продукції;

НУВБІП України

– економічний ефект полягає в отриманні економічних результатів від науково-технічних розробок як для народного господарства загалом, так і для кожного виробничого суб'єкта. Економічна ефективність проектів науково-технічних розробок за відповідною системою показників має відображати інтереси економіки країни в цілому, а також регіонів, галузей, організацій і підприємств, що беруть участь у реалізації технологічних нововведень;

НУВБІП України

– соціальний ефект, що відображає зміни умов діяльності людини в суспільстві. Його вияв спостерігається в змінах характеру та умов праці, підвищення життєвого рівня населення, поліпшення його побутових умов,

розширення можливостей духовного розвитку особистості, у змінах стану довкілля.

Суб'єктом науково-технічної розробки є Таврійський державний агротехнологічний університет.

Суб'єктом впровадження науково-технічної розробки є ДП ДГ «Ізвестія» НААН Веселівського району Запорізької області.

Економічна ефективність результатів дослідження виконувались на технологічній операції – другий міжрядний обробіток кукурудзи, площею 170

га, що відповідає нормативному річному навантаженню на один культиватор

КРН-5,6, врожайність кукурудзи в дослідному господарстві складає 2,27 т/га.

Собівартість однієї тони кукурудзи складає 413 грн. Витрати на культивування, згідно з технологічними картами, складає 2,65 відсотка від

собівартості продукції. Таким чином, в існуючій ситуації експлуатаційні витрати складають 11,8 грн/т.

Загальна сума експлуатаційних витрат на другий міжрядний обробіток кукурудзи в існуючому і в проектному варіанті залишиться незмінною і дорівнює 4554 грн.

Додаткова вартість експериментального обладнання для контролю керування за умови різного тиску шин складає 10350 грн. І воно надає можливість отримати додатково врожайність кукурудзи в обсязі 0,19 т/га, що дозволить отримати врожайність в розмірі 2,46 т/га.

4.2. Оцінка науково-технічної ефективності

Науково-технічна ефективність запропонованої системи ґрунтового керування машинно-тракторного агрегату з постійною чутливістю визначається в комплексі з оцінкою їх економічної та соціальної ефективності за допомогою показників науково-технічного рівня.

Науково-технічний рівень результатів наукових досліджень визначають за ознаками, які порівнюють, у тому числі і з вітчизняними аналогами, що дозволяє виявити, наскільки ці результати:

- перевищують кращі світові аналоги;
- відповідають світовому рівню;
- є нижчими за кращі світові аналоги.

Оцінки науково-технічного рівня адаптивної системи контролю керування машинно-тракторного агрегату з постійною чутливістю наведені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1

Технічні параметри науково-технічного рівня результатів НДДКР

№	Показники НТЕ	Ознаки показників	Кількість балів	Обрана категорія	Коефіцієнт важливості
1	Науково-технічний рівень	Перевищує світові аналоги Відповідає світовому рівню Нижчий від світових аналогів Перевищує вітчизняні аналоги Відповідає вітчизняному рівню Нижчий від вітчизняного рівня	10 7-9 5-6 3-4 1-2 0	- - 4 - -	0,3-0,35
2	Перспективність	Першочергова важливість Важливі Корисні	10 5-7 1-3	- 6 -	0,35-0,4
3	Потенційні масштаби практичного використання	Світовий ринок Галузі національної економіки Галузь (регіон) Окреме підприємство	10 7-8 3-5 1-2	0 - 2	0,2
4	Ступінь імовірності досягнення позитивних результатів НДДКР	Великий (значний) Помірний (середній) Малий (слабкий)	10 5-6 1-3	10 - -	0,1

Індекс науково-технічного ефекту результатів НДДКР визначається

наступним чином:

$$I_{НТЕ} = \sum_{j=1}^4 O_{П} * K_{В} \quad (4.1)$$

де $I_{НТЕ}$ – індекс науково-технічного ефекту;

$O_{П}$ – рівень ознаки показника науково-технічного ефекту, бал.;

K_j – коефіцієнт важливості j -го показника НТЕ;

j – кількість показників НТЕ.

$$INTE = 4 \cdot 0,3 + 6 \cdot 0,4 + 2 \cdot 0,2 + 10 \cdot 0,1 = 5$$

Виходячи з даних таблиці 4.1 можемо сказати, що індекс НТЕ

знаходиться в наступних межах:

$$INTE_{min} \leq INTE \leq INTE_{max}, \quad (4.2)$$

де $INTE_{min}$ – мінімальне значення індекса науково-технічного ефекту,

$$INTE_{min} = 1,9;$$

$INTE_{max}$ – максимальне значення індекса науково-технічного ефекту,

$$INTE_{max} = 10.$$

Залишимо рівняння індексу НТЕ в числових значеннях.

$$1,9 \leq INTE \leq 10$$

Порівнюючи розрахунковий індекс науково-технічного ефекту з гранично можливими значеннями, можемо зазначити його високий рівень при використанні запропонованої адаптивної системи керування транспортного засобу.

4.3. Визначення річного економічного ефекту

Вихідні дані для розрахунку ЧДД:

– площа посівів кукурудзи у господарстві, га – 170;

– підвищення врожайності за рахунок зменшення агротехнічних строків,

поліпшення розпушування ґрунту та підгортання рослин, ц/га – 1,9;

– вартість зерна кукурудзи, грн./т – 670;

– вартість виготовленого обладнання та програмного забезпечення, грн.

– 10350.

Кількість врожаю, який можна зібрати за рахунок впровадження системи рульового керування транспортного засобу з постійною чутливістю розраховується за формулою

$$W = K \cdot N \quad (4.3)$$

де W – кількість врожаю, який можна зібрати за рахунок впровадження системи рульового керування транспортного засобу з постійною чутливістю, ц;
 K – площа, яку обробляє один культиватор, га;

N – значення підвищення врожайності за рахунок зменшення агротехнічних строків та поліпшення підгортання рослин, ц.

$$W = 170 \cdot 1,9 = 323,0 \text{ ц.}$$

Розрахуємо кількість коштів, які можливо отримати від реалізації додаткової врожайності кукурудзи:

$$S = W \cdot Ц, \quad (4.4)$$

де S – кількість коштів, які можливо отримати від реалізації додаткової врожайності кукурудзи, грн;

$Ц$ – ринкова вартість зерна кукурудзи, грн/т.

$$S = 33,25 \cdot 670 = 22277,5 \text{ грн.}$$

Відповідно на один гектар надходження складуть:

$$R = \frac{S}{K} \quad (4.5)$$

$$R = \frac{22277,5}{170} = 131,0 \text{ грн/га.}$$

Чистий грошовий потік – складається зі щорічних значень касової готівки, що є різницею між сумою притоку та відтоку грошей (табл. 4.2).

Таблиця 4.2

Чистий дисконтований дохід від використання адаптивного рульового керування

Роки	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Чистий грошовий потік	11927,5	22277,5	22277,5	22277,5	22277,5	22277,5	22277,5
Чистий дисконтований дохід	10649,6	17759,5	15857	14157,9	12641,2	11286,6	10077,1
Разом							92428,9

Відповідно до таблиці 4.2 цей показник складатиме: $PI = 92428,9$ грн.

ВИСНОВКИ

Правильний підбір шин завжди був і залишається запорукою надійності та довговічності будь-якого автотранспорту, а сільгосптехніки – особливо.

Оскільки вона працює часом цілодобово, в різних погодних умовах та з великими навантаженнями, до шин аграрії висувають підвищені вимоги. До

того ж термін експлуатації агрегату багато в чому залежить від якості. З тим, що шини – це найважливіший компонент сільгосптехніки, погоджуються і експерти, і аграрії.

Тиск в шинах – один з важливих показників, який впливає на витрату палива будь-якого автомобіля. При зниженні тиску збільшується зона деформації шини в плямі контакту, що призводить до помітного збільшення опору коченню.

Вплив тиску на ресурс шин визначають, також вивчаючи пляму контакту шини.

Проведене нами експериментальне дослідження дає підстави зробити наступні висновки:

На підвищеному швидкісному режимі роботи МТА його керованість значно поліпшується, тому що при швидкості МТА $V=4$ м/с (14,4 км/год)

передаточне число керування при зниженому тиску шин $W_{тр}=12$, а передаточне число керування при нормальному тиску шин $W_{екс}=30$.

Визначено, що при малих швидкостях руху МТА ($V=1-1,5$ м/с) похибка незначна для обох видів тиску шин, але із збільшенням швидкості руху похибка значно зростає для керування зі зниженим тиском шином $\sigma_1=0,103$ м і незначно для нормального тиску шин $\sigma_2=0,026$ м.

Використання керування за умов нормального тиску шин має значну перевагу над керуванням зі зниженим тиском шин, особливо на підвищених швидкостях руху, має запас стійкості керованого руху та забезпечує зручність маневрування, що значно підвищує продуктивність роботи МТА.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бондар А. М. Використання бальної оцінки для визначення економічної ефективності результатів наукової роботи / А.М. Бондар // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету – Мелітополь – 2012. – Вип. 12, т.1. – С. 172-176.

2. Бондар А. М. До питання дослідження рульових керувань із перемінним передаточним числом / А. М. Бондар, М. С. Бондар, М. М. Луб'яний // Праці Таврійської державної агротехнічної академії / видп. за вип. В.Т. Надикто. – Мелітополь, 2005. – Вип. 26. – С. 81-87.

3. Бондар А. М. Надійність людини-оператора в складній технічній системі / А. М. Бондар // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету – Мелітополь – 2009. Вип. 9, т.5. – С. 13-18.

4. Бондар А. М. Про необхідність застосування рульових керувань із змінним передаточним числом / А. М. Бондар, А. М. Петренко // Матеріали науковотехнічної конференції магістрів та студентів факультету МСГ ТДАТА. – Мелітополь, 2005. – Вип. 4. – С. 51-53.

5. Бондар А. М. Фактори поліпшення керованості МТА / А. М. Бондар // Вісник Дніпропетровського державного аграрного університету. – Дніпропетровськ, 2009. – Вип. 2009. – С. 150-160.

6. Бондар А.М. Вдосконалення рульових механізмів із перемінним передаточним відношенням / А. М. Бондар // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету - Мелітополь – 2010. – Вип. 10, т.2. – С. 13-18.

7. Войтович О. А., Ткач В. О. Вплив тиску в шинах на безпеку руху автотранспорту // Вісник ХНТУ. – 2017. – №4(63). – С. 33-38.

8. Динаміка колеса автомобіля. Монографія / А.У. Абдулгасіс, Д.В. Абрамов, М.П. Артьомов, В.І. Гацько, З.Е. Забелишенский, Д.М. Клец, О.О. Назарько, М.А. Подригало, О.С. Полянський, М.М. Потапов, В.Л. Файст; под. ре. М.А. Подригало та Полянський – Х. ХНАДУ, 2019. – 199 с.

9. Дмитрієв Д.О. Дослідження властивостей шин для забезпечення прохідності автомобілів // Кваліфікаційна робота магістра, Харків: ХНАДУ, 2019р. – 74 с.

10. Дмитрієв Д.О., Войтович О.А., Чурсов С.О., Баль О.Д. Застосування багатокоординатних механізмів в якості випробувальних стендів шин автотранспорту // Матеріали VIII міжнародної науковопрактичної конференції «Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем». ЧНТУ:10-12 травня 2018р., м. Чернігів. – С.147-148.

11. Зінько Р.В., Крайник Л.В., Горбай О.З. Основи конструктивного синтезу та динаміка спеціальних автомобілів і технологічних машин: монографія – Львів: видавництво Львівської політехніки, 2019. – 344с

12. Ключові аспекти взаємодії шини з опорною поверхнею: монографія / В.В. Біліченко, О.Л. Добровольський, В.М. Ребедайло. – Вінниця:ВНТУ, 2013. – 128 с.

13. Лубяний М. М. Аналіз функціонування системи «водій-рульове керування» МГА / М. М. Луб'яний // Праці Таврійської державної агротехнічної академії / видп. за вип. В. Т. Надикто. – Мелітополь, 2000. – Вип. 1, Т. 17. – С. 21-27.

14. Методика визначення економічної ефективності витрат на наукові дослідження і розробки та їх впровадження у виробництво спільний наказ Міністерства економіки та з питань європейської інтеграції України та Міністерства України від 25 вересня 2001р. №218/446 // Урядовий кур'єр. – 2001. – №39. – С. 6.

15. Петров В. О. Постійна чутливість рульового керування мобільних машин у транспортному режимі / В. О. Петров, А. М. Бондар // Праці Таврійської державної агротехнічної академії / видп. за вип. В. Т. Надикто. – Мелітополь, 2006. – Вип. 43. – С. 98 – 102.

16. Про затвердження Кодексу законів про працю України: закон України // Кодекси України. – 1997. – Т. 1. – С. 149 – 224.

17. Про інвестиційну діяльність: закон України // Закони України. – Т.2.
– К., 1997. – С. 173 – 181.

18. Про наукову і науково-технічну діяльність: закон України // Голос
України. – 1995. – 10 лютого. – С. 6 – 9 с.

19. Про оподаткування прибутку підприємств: закон України // Збірник
законодавчих та нормативних актів України в сфері науки та науково-
технічної діяльності. – К.: УкрІНТЕІ, 1997. – С. 296 – 297.

20. Про податок на додану вартість: закон України // Відомості
Верховної Ради України. – 1997. – №21 – Ст. 756.

21. Теорія руху автомобіля: підручник / В.П. Волков, Г.Б. Вільський. –
Суми: Університетська книга, 2010. – 320 с.

22. Чирков В. Г. Обґрунтування фінансування інноваційних проєктів /
В. Г. Чирков // Фінанси України. – 1996. №6. – С. 70 – 74.

23. Gough V.E. Contribution to discussion of papers on research in
automobile stability, control and tyre performance, 1956-1957. Proc. Auto Div. Inst.
Mech. Eng.

24. J.-P. Merlet Parallel Robots //solid mechanics and its applications.
Volume 128. 2006 Springer.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України