МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин

П о я с н ю в а л ь н а з а п и с к а

до дипломного проєкту
першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
на тему:

УДОСКОНАЛЕННЯ МЕХАНІЗАЦІЇ ВИРОЩУВАННЯ КУКУРУДЗИ І АГРЕГАТУ ДЛЯ ВНЕСЕННЯ ЗАСОБІВ ЗАХИСТУ РОСЛИН

Виконав: студент_____ Латишев Ігор Леонідович

Керівник: _____Кобець Анатолій Степанович

Рецензент: _____

Дніпро 2026

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Інженерно-технологічний факультет

Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин
Освітній ступінь: "Бакалавр"
Спеціальність: 208 "Агроінженерія"

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри тракторів і
сільськогосподарських машин
(назва кафедри)
доцент
(вчене звання)
_____ _____
(підпис) (прізвище, ініціали)
„_____” _____ 20__ р.

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ СТУДЕНТУ

_____
(прізвище, ім’я, по батькові)
1. Тема роботи _____
_____
_____
керівник роботи _____
(прізвище, ім’я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом закладу вищої освіти від “___”_____20__ року №_____
2. Строк подання студентом роботи _____
3. Вихідні дані до роботи _____
_____
_____
_____
_____
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)_____
_____
_____
_____
_____
_____

5. Перелік демонстраційного матеріалу _____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка

Студент _____ _____
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____
_____
(підпис) (прізвище та ініціали)

А Н О Т А Ц І Я

Латишев І.Л. Удосконалення механізації вирощування кукурудзи і агрегату для внесення засобів захисту рослин/ Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «Бакалавр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія». – ДДАЕУ, Дніпро, 2026. – 75 с.

В роботі представлено характеристики гербіцидів і аналіз конструкції машин для внесення засобів захисту рослин. Розглянуто технології і вимоги до машин для внесення гербіцидів. Обґрунтовано схему комплексного агрегату для внесення гербіцидів і розроблено конструкцію окремих вузлів і деталей. Проведено розрахунки і визначено основні параметри удосконаленого агрегату.

Розроблені заходи з охорони праці, які можуть бути використані при проведенні інструктажів для обслуговуючого персоналу і підвищать рівень безпеки працівників при виконанні технологічних операцій.

Економічний ефект від застосування розробок на практиці становить 265,7 грн./га.

Ключові слова: гербіциди, обприскувачі, технологія, агрегат, параметри, режим роботи, охорона праці, економічний ефект.

З М І С Т

В С Т У П. 6
1 ХАРАКТЕРИСТИКА ГЕРБІЦИДІВ. 10
2 АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЇ МАШИН ДЛЯ ВНЕСЕННЯ ГЕРБІЦИДІВ. 15
3 ВИМОГИ ДО МАШИН ДЛЯ ВНЕСЕННЯ ГЕРБІЦИДІВ. 24
3.1 Вимоги до якості роботи. 24
3.2 Екологічні вимоги. 26
4 ОБГРУНТУВАННЯ СХЕМИ УДОСКОНАЛЕННЯ АГРЕГАТУ. 27
5 РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ УДОСКОНАЛЕНОГО АГРЕГАТУ. 29
5.1 Вибір трактора із умов поздовжньої стійкості агрегату. 29
5.2 Перевірка агрегату на поперечну стійкість. 32
5.3 Розрахунок пружини підвіски культиватора. 35
5.4 Перевірка вертикальних стояків на стійкість. 37
5.5 Проєктування стрілчастої лапи з хвостовиком. 41
6 ОХОРОНА ПРАЦІ. 45
6.1 Загальні положення. 45
6.2 Аналіз можливих небезпек і пошкоджень при виконанні технологічних процесів на вирощуванні кукурудзи 46
6.3 Безпека при застосуванні хімічних речовин. 49
6.4 Пожежна безпека. 51
7 РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ. 53
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ. 61
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ. 63
Д О Д А Т К И. 66

В С Т У П

До початку повномасштабного вторгнення росії кукурудза була другою культурою за площею вирощування в Україні [1]. На сьогодні за даними експертів до 25% сільськогосподарських угідь в Україні не використовуються із-за тимчасової окупації, ведення бойових дій, замінювання і ін. Різке підвищення цін на пальне весною 2026 року призвело до значного подорожчання і інших складових майбутніх врожаїв – добрив, насіння, засобів захисту рослин і ін. Це також призведе до скорочення посівних площ і, в тому числі, кукурудзи.

Кукурудза є однією з найбільш продуктивних злакових культур універсального призначення, яку вирощують для продовольчих, кормових і технічних цілей. У країнах світу для продовольчих потреб використовується приблизно 20 % зерна кукурудзи, для технічних - 15–20 %, на корм худобі - 60–65 %. В ЄС для продовольчих потреб - 20 %, для технічних - 18 %, на корм худобі - 72 % (рис. 1, 2) [1].

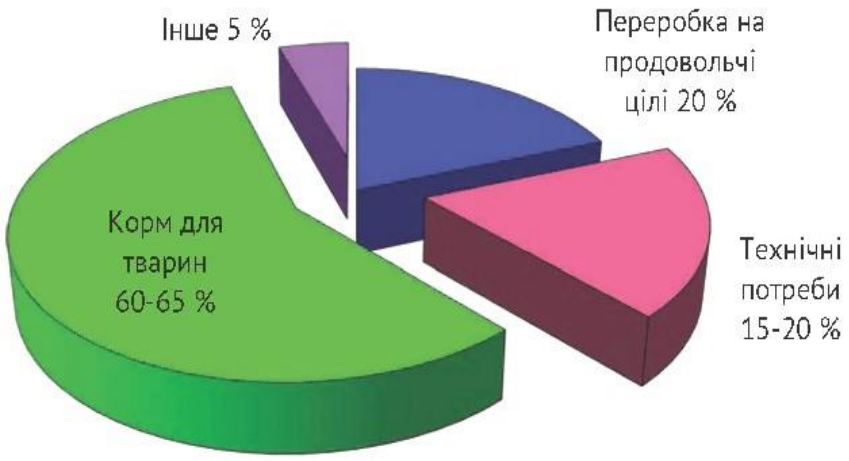

Рисунок 1 - Сфери використання кукурудзи на зерно в світі (за даними ФАО)

За умови високої агротехніки, оптимальних режимів зрошення і живлення кукурудза здатна забезпечувати 100-120 ц/га зерна і навіть більше.

Найвищих показників урожайності (на рівні 90-100 ц/га) останніми роками досягали в Чилі, Новій Зеландії та США [2, 3]. Найбільші площі під кукурудзу відводять у США, Китаї та Бразилії, а найвищі показники виробництва кукурудзи в середньому за останні п’ять сезонів зафіксовано в США, Китаї та ЄС.

Головні виробники кукурудзи є й найбільшими світовими споживачами зерна цієї культури. Зокрема, в США під кукурудзу відведено близько 33 млн. га (на всі цілі) за врожайності на рівні 93 ц/га і виробництво становить близько 280 тис. т (чиста вага) при споживанні 224-225 тис. т. США є також найпотужнішим світовим експортером кукурудзи (щороку з країни вивозять 45-50 млн. т кукурудзи).

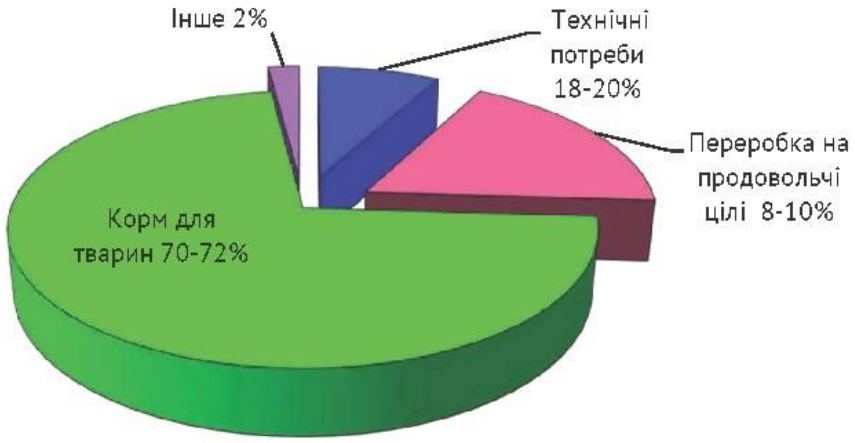

Рисунок 2 - Сфери використання кукурудзи на зерно в Європі (за даними ФАО)

Кукурудза – зернова культура надзвичайно великих потенційних можливостей, для вирощування якої Україна має досить сприятливі ґрунтово-кліматичні й економічні умови, значні генетично-селекційні досягнення, широкі можливості її ефективного використання.

Широкому розповсюдженню кукурудзи у сільському господарстві сприяла її важлива властивість – можливість різнобічного застосування: як

продукту харчування і цінного корму. З її зерна отримують крупу, консерви, різноманітні кондитерські вироби, крохмаль, патоку, спирт та багато інших необхідних продуктів.

Кукурудза має підвищені вимоги до вологи, тепла, світла, поживних речовин та інших факторів навколишнього середовища. Її гібриди значно відрізняються за вегетаційним періодом, звідси і різні вимоги до вищевказаних факторів. При застосуванні агротехнічних прийомів з урахуванням ґрунтово-кліматичних особливостей зони, екологічних вимог, кукурудза забезпечує отримання максимального врожаю.

Для посіву кукурудзи використовують гібридне насіння, яке отримують при схрещуванні самозапилених ліній. Залежно від батьківських форм розрізняють міжсортові, сортолінійні, міжлінійні гібриди. Гібриди на 25–30 % більш урожайні, ніж сорти за рахунок гетерозису. Максимальну прибавку врожаю забезпечує гібридне насіння першого покоління, після пересіву ефект гетерозису значно знижується, тому гібриди виробляють щорічно.

Як просапна культура кукурудза при правильному вирощуванні сприяє очищенню посівів від бур’янів. Це має особливо велике значення на зрошуваних землях, де створюються сприятливі умови не лише для культурних рослин, але й для бур’янистої рослинності. Завдяки усім цим властивостям кукурудза займає великі площі зрошуваних земель півдня України.

Хронічна нестача концентрованих кормів загострює проблему годівлі сільськогосподарських тварин. Тимчасом, як повні засіки кукурудзи можуть перетворитися на давно очікуваний кормовий і продовольчий достаток. Адже кілограм її зерна містить 1,34 кормових одиниці, тоді як ячменю – 1,2, вівса – 1,0 [4, 5]. Завдяки високому вмісту жиру і білка, кукурудзяне зерно є прекрасним концентрованим кормом для всіх тварин. Так заміна пшениці в раціоні свиней кукурудзою дає змогу підвищити середньодобовий приріст їхньої живої маси на 12-15%.

Виробнича практика багатьох господарств і досліди наукових установ переконливо свідчать: урожайність зерна кукурудзи можна довести до 100-120, а зеленої маси – до 500-600 ц/га. Тому кукурудза є однією з найбільш продуктивних зернофуражних культур зони Степу України з широким спектром використання продукції. Ґрунтово-кліматичні умови степу з великим потенціалом теплових ресурсів сприятливі для виробництва кукурудзи.

Багаторічні наукові дослідження, проведені в Україні та інших країнах світу, а також досвід передових господарств, свідчать про те, що для високоефективного і економічно вигідного виробництва зерна кукурудзи слід суворо дотримуватися технології її вирощування. Крім того, треба постійно вдосконалювати технологію вирощування кукурудзи шляхом широкого впровадження у виробництво наукових розробок і рекомендацій, спрямованих не лише на зростання врожайності кукурудзи і зменшення її собівартості, а й на збереження навколишнього середовища [4, 5].

Метою даної роботи є удосконалення механізації вирощування кукурудзи з обгрунтуванням параметрів і режиму роботи агрегату для внесення гербіцидів.

1 ХАРАКТЕРИСТИКА ГЕРБІЦИДІВ

Гербіциди (від лат. Herba - трава і caedo - вбиваю) - клас пестицидів, призначений для боротьби з небажаною рослинністю. Вони використовуються як для знищення вже вегетуючих рослин, так і для запобігання їх появи. У більшості випадків гербіциди застосовуються для боротьби з бур'янами сільськогосподарських культур. Використання гербіцидів дає можливість максимально зменшити або ж повністю відмовитися від ручної або механічної обробки грунту, що в свою чергу попереджає грунтову ерозію та зменшує непродуктивні втрати вологи [6, 7].

За характером дії на рослини гербіциди діляться на 2 групи:

- гербіциди суцільної дії або неселективні - призначені для знищення всіх видів рослин. На сільськогосподарських посівах застосовуються під час відсутності на полі основної культури (після збирання врожаю, до появи сходів культури, на парових полях). Також вони використовуються для знищення рослинності навколо промислових об'єктів, на лісових вирубках, аеродромах, залізничних і шосейних дорогах, під лініями високовольтних електропередач, в дренажних каналах, ставках і озерах;

- гербіциди вибіркової дії або селективні - призначені для ураження конкретних видів рослин, але не впливають на інші. Використовуються в сільськогосподарських посівах для знищення (хімічна прополка) і контролю появи бур'янів [8, 9, 11].

Такий поділ гербіцидів досить умовний, оскільки в більшості випадків один і той самий препарат в залежності від концентрації, норм витрати, умов застосування може проявляти себе як гербіцид суцільної або вибіркової дії. Селективність (вибірковість) дії гербіцидів визначається їх хімічним складом, препаративною формою і дозами внесення, термінами і методом обробки, фазами розвитку рослин, їх анатомічними і морфологічними особливостями, конкретними грунтово-кліматичними умовами і рядом інших, менш значущих

чинників.

Розрізняють біохімічну і топографічну селективність (вибірковість) гербіцидів.

Біохімічна вибірковість властива гербіцидам, принцип дії яких заснований на втручанні в обмін речовин рослин. Вона полягає в різному перетворенні діючої речовини препарату в рослині після її проникнення. У стійких рослинах гербіцид блокується компонентами клітини, і в кінцевому підсумку інактивується або розкладається до нетоксичних сполук. Також в деяких випадках для створення біохімічної селективності препаратів в них застосовують антидоти, які виключають фітотоксичність гербіциду для конкретних рослин. При попаданні ж в клітини чутливих рослин гербіцид або відразу пригнічує їх розвиток (інгібуюча дія), або під впливом внутрішньоклітинних процесів розпадається на токсичні речовини, які вбивають рослину.

Топографічна вибірковість пов'язана з особливостями морфології і анатомії рослин, а також залежить від техніки внесення гербіцидів та наявності в них сурфактантів (поверхнево-активних речовин, ПАР). Типовим прикладом може послужити застосування препаратів на основі 2М-4Х на посівах льону у фазу «ялинки». На відміну від більшості дводольних, льон у цей період малочутливий до даного гербіциду при звичайному обприскуванні за рахунок стікання крапель розчину з вузького листя, покритих товстим восковим нальотом і розташованих під гострим кутом до стебла. Даним типом селективності викликається стійкість до дії гербіцидів сильно опушених рослин, які погано змочуються, рослин з товстою малопроникливою кутикулою і невеликою кількістю продихів. Також топографічною вибірковістю пояснюється різна чутливість рослин одного виду залежно від умов зростання. Рослини, які ростуть на вологих ділянках на багатій поживними речовинами, особливо азотом, грунті, виростають більш зніженими і мають більш високу чутливість до дії гербіцидів.

По спектру дії розрізняють гербіциди з широкою і вузькою вибірковістю. Прикладом вузької вибірковості може послужити пропанід, який призначений виключно для знищення просянок в посівах рису. Широкою ж, наприклад, володіє 2,4-Д, який знищує всі дводольні рослини. Важливо також відзначити те, що вибіркова дія гербіцидів слабшає з збільшенням доз внесення.

Залежно від здатності до переміщення по живих тканинах рослини гербіциди поділяють на контактні та системні.

Контактні гербіциди при попаданні на рослину викликають місцеве ураження ділянок тканини, які відмирають або поступово деградують. Така дія не завжди повністю знищує рослину, і часто лише пригнічує її розвиток тимчасово, яка потім знову відновлює свою вегетацію.

Системні гербіциди при попаданні на поверхню рослини проникають в її внутрішні структури і розносяться по всих вегетативних і генеративних органах, викликаючи комплексне ураження. Вони здатні пересуватися по судинній системі рослин разом з водою, продуктами обміну речовин і поживними речовинами, досягаючи найбільш важкодоступних та віддалених місць, що особливо цінно при боротьбі з багаторічними бур'янами, які мають потужну кореневу систему.

Щодо строків внесення розрізняють досходові і післясходові гербіциди. За способом внесення препарати поділяють на листові, грунтові і кореневі гербіциди.

Листові гербіциди використовують для обробки вегетуючих рослин і діють через їх надземні органи. Основний спосіб застосування таких препаратів - обприскування за допомогою обприскувачів або літаків.

Грунтові гербіциди поділяють на леткі, які вимагають заробки (загортання) і ті, які не потребують заробки. Обов'язковою умовою ефективності внесення грунтових гербіцидів є висока вологість верхнього шару грунту, яка необхідна для рівномірного розподілу препарату по всій поверхні.

Кореневі гербіциди використовуються при застосуванні крапельного поливу або закладаються в грунт ще до посіву у вигляді гранул. Механізм їх дії полягає в проникненні в рослини через кореневу систему разом з потоком води і поживними речовинами.

Досходові гербіциди - у своїй більшості грунтові або гранульовані препарати, які застосовуються до появи сходів культурних рослин. Розрізняють передпосівне (проводиться при передпосівній культивації у вологий шар грунту) і досходове (проводиться після посіву, але до появи сходів культурних рослин) внесення таких гербіцидів. Суть дії досходових грунтових гербіцидів полягає в створенні так званого «екрану», який протистоїть появі сходів бур'янів. Гранульовані гербіциди мають набагато довший термін ефективної дії та вносяться в більшості випадків в захисну зону просапних культур при широкорядному посіві.

Післясходові гербіциди застосовують під час активної вегетації культурних рослин. У своїй більшості це листові препарати, але також використовуються і кореневі гербіциди при крапельному поливі.

На зрошуваних землях також можливе застосування гербіцидів одночасно з поливом по борознах або за допомогою наземних поливних агрегатів (дощувальних машин). Такий спосіб внесення отримав назву гербігація. Його перевагою є те, що при значному розчиненні у воді летючі препарати практично не випаровуються.

Сучасні гербіциди представлені в основному органічними сполуками, в невеликих масштабах також застосовують і деякі неорганічні речовини. Кожен препарат, в залежності від діючих речовин, має свій спектр дії, умови й особливості застосування, зберігання, приготування робочих розчинів, сумісності з іншими класами пестицидів (особливо при приготуванні бакових сумішей) і т.д.

Дуже важливим аспектом є суворе дотримання інструкцій із застосування та умов техніки безпеки при роботі з гербіцидами. Це підвищує ефективність і забезпечує безпеку їх використання. Також не варто забувати

про обгрунтованість застосування гербіцидів і визначати доцільність хімічних обробок виходячи з економічних порогів шкодочинності.

Використання гербіцидів забезпечує підвищення врожайності сільськогосподарських культур, зменшує необхідність ручної праці, полегшує збір врожаю, допомагає вдосконалювати прийоми агротехніки і забезпечує високу економічну ефективність ведення сільського господарства.

2 АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЇ МАШИН ДЛЯ ВНЕСЕННЯ ГЕРБІЦИДІВ

Машини для внесення гербіцидів – це широкий спектр обладнання, що включає обприскувачі (навісні, причіпні, самохідні), спеціалізовані агрегати що застосовується для внесення ґрунтових гербіцидів з одночасною або окремою заробкою в ґрунт та гербіцидні штанги/балки для пристовбурної обробки в садах та виноградниках. Вони забезпечують точне розпилення препаратів для захисту рослин від бур'янів [12, 14].

Вибір машини залежить від обсягів робіт, типу культури та необхідної точності внесення препаратів.

При внесенні гербіцидів під просапні культури хороший ефект можна досягти комбінованим агрегатом, який складається із набору окремих машин. Наприклад трактора К–701, на який встановлюється бак для розчину і штанга з розпилювачами. Заробку гербіцидів здійснюють дисковою бороною БДТ–7, яку агрегатує трактор.

Відомий комбінований агрегат для передпосівного обробітку ґрунту з одночасним внесенням гербіцидів, який складається з трактора Т–150, обприскувача ОПШ–15, середньої секції зчіпки СП–11, на якій встановлені два культиватори КПС–4 і зубові борони. Лапи культиваторів переобладнанні для внесення гербіцидів в ґрунт.

Даний комбінований агрегат замінює такі комбіновані агрегати: МТЗ – 80 + ОПШ–15 (ПОМ-630) для внесення гербіцидів; Т–150К + КПШ–8 або (2КПС-4) – для передпосівної підготовки ґрунту.

Для боротьби з бур’янами на посівних зернових культур промисловість випускає причіпний обприскувач підживлювач ОП–3200, конструкція якого передбачає суміщення операцій по внесенню гербіцидів і їх заробки в ґрунт за допомогою борін БИГ–3А, БМШ–15, БМШ–20. Місткість бака складає 3200 л, робоча ширина захвату 15 або 21,6 м.

Рисунок 2.1 – Обприскувач начіпний штанговий ОПШ-15-01
(ВО «Львівхімсільгоспмаш»)

Рисунок 2.2 – Обприскувач причіпний штанговий ОП-2000-2-16
(ВО «Львівхімсільгоспмаш»)

Рис. 2.3. Обприскувач причіпний штанговий ОПК-2000-18 ШПС

Рисунок 2.4 – Обприскувач малооб’ємний монтований штанговий ОМ-630-2 (ВО «Львівхімсільгоспмаш»)

Рисунок 2.5 – Обприскувач причіпний вентиляторний ОПВ-2000 (ВО «Львівхімсільгоспмаш»)

Обприскувач мало об’ємний навісний штанговий ОМ-630 (рис. 2.4) призначений для суцільного обприскування польових культур рідкими формами хімічних або мікробіологічних препаратів (табл. 2.1).

Обприскувач складається із наступних основних вузлів: рами, бака, мембранного насоса, штанги, гідро комунікації, регулятора тиску з розподільником та гідросистеми. Рама обприскувача являє собою зварну конструкцію, на якій кріпляться інші елементи. На рамі розміщений бак для робочої рідини та елементи конструкції навіски. У нижній частині розташований мембранний насос. На задній частині рами кріпиться

кронштейн встановлення польової штанги. Бак, виготовлений із поліетилену. У верхній частині бака знаходиться заливна горловина. В горловині розміщений змішувач, який представляє собою сито з форсункою, за допомогою яких проводиться розмивання препарату і його змішування. Сито служить також і для фільтрування робочої рідини. До передньої стінки бака прикріплений показник рівня рідини.

Таблиця 2.1 – Технічна характеристика ОМ-630

Показники призначення	
Тип машини	навісна
Агрегатується з трактором тягового класу	1,4
Робоча ширина захвату, м	16,2
Швидкість руху робоча, км/год	6,0-12,0
Місткість бака, л	630
Показники транспортабельності	
Габаритні розміри в транспортному положенні, мм: – довжина – ширина – висота	 1100 2800 2380
Конструкційна маса, кг	560
Дорожній просвіт, мм	360
Швидкість руху транспортна, км/год	20
Показники якості роботи	
Робоча швидкість, км/год	9,8
Середньозважений медіанно-масовий діаметр краплин, мкм	359
Витрата рідини при обробці пестицидами, л/га	199
Поверхня оброблена з густотою покриття краплями не менше 30 шт./см^2, %	100
Нерівномірність відкладення препарату по ширині захвату штанги, %	18,0
Густота покриття обробленої поверхні краплями, шт./см^2	57
Вилив рідини через один розпилювач, л/хв	1,6
Нерівномірність виливу рідини між розпилювачами, %	0,8
Економічні показники	
Кількість обслуговуючого персоналу, осіб	1

Мембранний насос призначений для нагнітання робочої рідини із бака до регулятора тиску і подачі її на штангу. Насос приводиться в дію від ВВП трактора за допомогою карданного вала. В корпусі насоса знаходиться повітряна камера, яка служить для зниження пульсації рідини, що виходить з

насоса. Штанга служить для рівномірного розподілу робочої рідини по поверхні поля і складається із п'яти секцій. Переведення штанги в робоче і транспортне положення проводиться за допомогою гідросистеми. Перпендикулярне встановлення штанги до напрямку руху забезпечується за допомогою профільних елементів в шарнірах секцій. До штанги кріпляться корпуси розпилювачів і гідро рукави, по яких подається робоча рідина до розпилювачів. Основні елементи гідросистеми – гідроциліндри та маслопроводи.

Останнім часом в Україні все більше стали використовувати машини для внесення засобів захисту рослин закордонного виробництва. Відомі фірми пропонують самохідні, причіпні і начіпні обприскувачі різної модифікації.

Рисунок 2.6 – Самохідний польовий обприскувач John Deere 4030

Компанія John Deere розпочала випуск нової серії самохідних обприскувачів 4030 (рис. 2.6), серед яких представлені в Україні моделі 4730 та 4930. Об’єм бака цих машин складає відповідно 3028 і 4542 літрів та ширина штанги від 24,4 до 36,5 м.

Ці машини мають високий кліренс, систему гідравлічного регулювання з кабіни обприскувача ширини колії (ширина колії може змінюватися при переході на інші культури гідравлічно з кабіни машини від 3 до 4 м в залежності від моделі). Встановлено також систему автоматичного вирівнювання штанги і автоматичної зміни норми виливу в залежності від з міни швидкості обприскувача. Максимально високу точність забезпечує комп’ютерна система управління.

Рисунок 2.7 – Самохідний польовий обприскувач Spra-Coupe 4660M фірми CHALLENGER

Рисунок 2.8 – Причіпний штанговий обприскувач Tracker DPA 3200 фірми BERTHOUD (Франція)

Самохідні польові обприскувачі фірми CHALLENGER (рис. 2.7) застосовуються в Україні серії 4000 і 7000. Робоча швидкість від 6 до 30 км/год, продуктивність 400 – 600 га/зм. Витрати робочої рідини від 30 до 500 л/га.

Причіпний штанговий обприскувач Tracker DPA 3200 (рис. 2.8) фірми BERTHOUD (Франція) агрегатується з тракторами МТЗ-80(82). Привід робочого насоса від колеса обприскувача, а не від ВВП. Це дозволяє забезпечити точність норми внесення і зекономити до 20% палива.

Рисунок 2.9 – Причіпний обприскувач UX 5200 фірми AMAZONE

Рисунок 2.10 – Причіпний обприскувач EVRARD 3300/4100
фірми HARDI INTERNATIONAL

Рисунок 2.11 – Причіпний штанговий обприскувач TWIN STREAM фірми “HARDI ”, обладнаний захисними кожухами

Рисунок 2.12 – Обприскувачі навісні з об'ємом бака 400, 600, 800 л

Начіпні обприскувачі призначені для проведення охоронних заходів засобами захисту рослин і внесення рідких добрив у малих і середніх господарствах. Особливо зручні вони при роботі в місцях важкодоступних і на невеликих площах.

Таблиця 2.2 – Технічні характеристики начіпних обприскувачів

Технічні характеристики	400/12	600/12-14	800/14-16
Об'єм бака, л	400	600	800
Робоча ширина, м		12-16	
Висота підйому штанги, м		0,5 - 1,7	
Продуктивність насоса, л/хв		105	
Робоча швидкість, км/год		3 - 10	
Доза рідини на, л/г		800	
Продуктивність, г/год		3 - 6	
Розміри (Д*Ш*В), м:	1.17*2.54*2.10	1.17*2.54*2.10	1,45*3,00*2,35
Маса, кг	220	236	510
Потреба в потужності, кв	30	35	55

Канадська фірма “Флеш-Коіль” розробила комплексний агрегат, який складається із борін з пружними зубами, ущільнювача ґрунту і великогабаритної машини для внесення гербіцидів або рідких добрив. Принцип роботи полягає в наступному стальні борони із зубами, виконаними у вигляді пружин, що вібрують розпушують ґрунт і знищують бур’яни. Спеціальні ущільнювачі з правими і лівими витками залишають за собою зигзагоподібні заглиблення, що сприяє захисту ґрунту вів вітрової і водної ерозії. Ширина захвату – 24 м. Машина сконструйована таким чином, що переведення її із транспортного положення в робоче і навпаки здійснюється шляхом маневрування трактора.

При внесенні гербіцидів в ґрунт для їх заробки використовують відповідні машини для поверхневого обробітку ґрунту – борони і культиватори.

Як показує огляд сучасних машин, для ефективного внесення гербіцидів слід використовувати комбіновані агрегати, які виконують технологічний процес за один прохід.

3 ВИМОГИ ДО МАШИН ДЛЯ ВНЕСЕННЯ ГЕРБІЦИДІВ

3.1 Вимоги до якості роботи

Вимоги до якості виконання технологічних операцій внесення гербіцидів постійно зростають, особливо, з агрономічної та екологічної сторін.

До сучасних технічних засобів висуваються наступні вимоги:

- точне дозування кількості внесеного препарату;
- забезпечення рівномірного розподілу по поверхні обробки;
- проникнення робочого розчину в посів або крону;
- досягнення високого або достатнього ступеня осадження краплин.

При цьому необхідність досягнення оптимального ефекту обробки сполучається зі значним зниженням знесення крапель для уникнення можливих небезпек для навколишнього природного середовища, корисних рослин та живих організмів [11].

Всі розпилювальні наконечники стандартизовані і в залежності від продуктивності мають кольорове кодування в відповідності з ISO 10625:2005(E) – «Обладнання для захисту рослин. Розпилювальні наконечники. Кольорове кодування для ідентифікації». Всього за цим показником наконечники кодуються 16-ма кольорами – з продуктивністю від 0,2 л/хв до 6 л/хв при робочому тиску рідини 300 кПа.

Відповідність вимогам Європейських норм (EN 12761-2) і близьких до нього вимог стандарту BBA (німецького федерального біологічного комітету) є необхідною умовою для оптимального і цільового використання засобів захисту рослин. При цьому необхідно враховувати виконання наступних вимог:

- кожен розпилювальний наконечник повинен створювати рівномірну форму факелу, яка може змінюватися тільки при зміні зовнішніх факторів;
- кожен розпилювач повинен мати чітке маркування з вказівкою

типу, розміру і кута факелу, а також мати кольорове кодування розміру;

- витрата рідини окремого розпилювача не повинна відхилятися на ±10% від табличного значення і при цьому відхилення від середнього значення не повинне перевищувати ±5%;

- при установці на штанзі показник рівномірності розподілу рідини по ширині захоплення (коефіцієнт варіації) у вказаному діапазоні тиску не повинен перевищувати 7% при стендових випробуваннях і 9% при випробуванні на обприскувачі;

- розмір крапель у факелі без використання додаткових засобів осадження крапель не повинен бути менше 115 мкм для показника VD10.

В Україні загальні агротехнічні вимоги на польові сільськогосподарські обприскувачі регламентуються СОУ 29.3 – 37-295:2005. Ними встановлені наступні вимоги до якості виконання технологічного процесу:

- допустима густота покриття краплинами верхньої сторони листа поверхні, що обробляється, повинна бути не менше ніж 20 шт/см^2;

- допустимий відхил від заданої норми внесення робочої рідини не повинен перевищувати ±5% для обприскувачів з автоматичною системою керування технологічним процесом, ±10% - для обприскувачів з ручним настроюванням;

- медіанно-масовий діаметр краплин, що осіли, повинен бути не більше ніж 500 мкм;

- нерівномірність розподілу робочої рідини за шириною захвату, вираженого коефіцієнтом варіації, не повинна перевищувати 25%;

- відхил виливу рідини через окремий розпилювач від середньоарифметичного всіх розпилювачів на робочому режимі не повинен перевищувати ±5%;

- відхил концентрації робочої рідини при спорожненні бака не повинен перевищувати ±5% від заданої;

- механічні пошкодження обприскувачами рослин не повинні

перевищувати 0,5%;

- обприскувачі повинні стало виконувати технологічний процес до витрачання рідини з бака не менше ніж 95%.

3.2 Екологічні вимоги

Під знесенням крапель при захисних заходах розуміється стан, коли краплі, заряджені хімічними засобами захисту рослин, не досягають цільової поверхні, як правило, за рахунок знесення вітром і температурної дії.

Наслідками цього можуть бути:

- пошкодження сусідніх культур;
- забруднення водоймищ;
- отруєння людей і тварин;
- додаткове навантаження на сусідні культури, лісонасадження і тощо при недоотриманні необхідної речовини на оброблюваних площах.

Причини знесення залежать як від технічного стану обприскувачів, так і від метеорологічних умов. До них відносяться:

- розмір крапель;
- швидкість обробки;
- висота розпилювання;
- швидкість вітру;
- температура повітря;
- вологість повітря.

Виходячи з цього, в багатьох європейських країнах були законодавчо прийняті розпорядження по застосуванню засобів захисту рослин, що слугують для захисту водоймищ, лісонасаджень і тим самим, нешкідливих для живих організмів.

Допустимі відстані до водоймищ і лісонасаджень можливо зменшувати залежно від токсичності препаратів і застосування техніки сертифікованої як такої, що «знижує знесення вітром». Це, у свою чергу, дозволяє застосовувати існуючі технології і використовувати додаткові сільськогоспо-дарські площі.

4 ОБГРУНТУВАННЯ СХЕМИ УДОСКОНАЛЕННЯ АГРЕГАТУ

Для підвищення врожайності кукурудзи рекомендується застосовувати технології, які потребують дотримання черговості виконання агротехнічних прийомів, при її вирощуванні, з врахуванням біологічних особливостей цієї культури. При цьому однією із умов цих технологій є застосування ефективних гербіцидів, переважна більшість з яких (агелон, алирокс, атразин, лассо, ратродан, сімазін і ін) вносяться під передпосівну культивацію з негайною заробкою в ґрунт. Згідно агровимог розрив у часі між внесенням гербіцидів і заробкою їх в ґрунт не повинен перевищувати 10 хв. виходячи із цієї вимоги в даному проєкті розроблено комбінований агрегат для передпосівного обробітку ґрунту з одночасним внесенням гербіцидів.

Практика показує, що застосування комбінованих дозволяє знизити витрати коштів на 30 – 50%, палива на 20 – 30%, металоємність на 20 – 25%. Підвищується врожайність на 10 – 15%.

Найбільш ефективно застосувати такі агрегати для суміщення передпосівного обробітку ґрунту і внесення гербіцидів.

Суміщення внесення гербіцидів з одночасною передпосівною культивацією забезпечує оптимальний розрив в часі між внесення і заробкою гербіцидів, а відтак сприяє збільшенню врожайності. Крім того, за рахунок суміщення операцій зменшується число проходів агрегатів, відтак і ущільнення ґрунту. Також зменшується витрата паливно-мастильних матеріалів.

Комбінований агрегат складається з трактора Т–150К, на якому спереду на кронштейнах закріплено штангу для внесення гербіцидів. На задній напіврамі трактора встановлюється резервуар місткістю 3м^3, який закріплено за допомогою спеціально виготовлених кронштейнів. Для підвищення якості змішування робочої рідини в бак вмонтовано механічну мішалку, яка

приводиться в дію за рахунок енергії потоку рідини. Заробка гербіцидів в ґрунт здійснюється культиватором.

Працює агрегат наступним чином. Робочий розчин гербіцидів поступає з баку через фільтр до насосу, який приводиться в рух від валу відбору потужності трактора. Від насосу робоча рідина поступає до крильчатки мішалки і приводить її в рух. Цим досягається рівномірність концентрації рідини в баку. Після чого розчин подається до регулятора тиску. З регулятора тиску рідина поступає до штанги. Заправка бака агрегату проводиться від водороздавача ВР–3М через автомат наповнення, який вмонтований в баку.

5 РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ УДОСКОНАЛЕНОГО АГРЕГАТУ

5.1 Вибір трактора із умов поздовжньої стійкості агрегату

Виконаємо вибір трактора за тяговим опором культиватора. Вибираємо трактор із умови [21, 22]

$$P_T > P_K, \tag{5.1}$$

де P_T - сила тяги трактора на гаку;

P_K - тяговий опір культиватора, P_K=10,16 кН.

Попередньо приймаємо колісний трактор Т-150К, у якого сила тяги на гаку P_T=33,25 кН при робочій швидкості Vр =10,8 км/год., [14], що повністю відповідає заданій умові

$$P_T = 33{,}25\,\text{кН} > P_K = 10{,}16\,\text{кН}.$$

Необхідна умова виконується, тому остаточно приймаємо колісний трактор Т-150К.

Показником, що характеризує можливість навішування машин на колісний трактор, є значення коефіцієнта зміщення центра тиску ν_H над опорою трактора під дією маси машини, піднятої у транспортне положення і визначається з формули [21]

$$\nu_H = \frac{C_M - C_Г}{L_T}, \tag{5.2}$$

де C_M - поздовжнє зміщення центра тиску трактора відносно центра його ваги, яке визначається з формули [21]

$$C_M = \frac{\delta_M \cdot b_M}{1+\delta_M}, \quad (5.3)$$

тут δ_M визначається з формули

$$\delta_M = G_K / G_T, \quad (5.4)$$

де G_K - вага культиватора, G_K = 9 кН;

G_T - вага трактора Т-150К, G_T = 83,2 кН [21];

Тоді,

$$\delta_M = 9/83{,}2 = 0{,}11;$$

b_M - поздовжня координата центра ваги піднятої у транспортне положення навісної машини, яка визначається за формулою [21]

$$b_M = a_M + a, \quad (5.5)$$

де a_M - поздовжня координата центра ваги трактора відносно осі ведучих коліс, a_M = 1,15 м; відповідно a = 0,964 м [21].

Тоді,

$$b_M = 1{,}15 + 0{,}964 = 2{,}114 \text{м};$$

$C_Г$ - поздовжня координата середини опорної поверхні коліс відносно центра ваги трактора, $C_Г$ = 0,116 м [23];

L_T - поздовжня база трактора, L_T = 1,216 м [23];

Підставивши дані, отримаємо, що

$$C_M = \frac{0{,}2 \cdot 2{,}114}{1+0{,}2} = 0{,}35 \text{м},$$

Тоді,

$$v_H = \frac{0{,}35 - 0{,}116}{1{,}216} = 0{,}19.$$

Умова стійкого положення агрегату $v_H \le 0{,}2$ виконується, так як $v_H = 0{,}19 < 0{,}2$.

Визначимо критичний кут підйому схилу, на якому може працювати даний агрегат, користуючись формулою [21]

$$tg\alpha_{KP} = \frac{a_{mp} - C_k}{h_{mp}}, \qquad (5.6)$$

де a_{mp} і h_{mp} - координати центра ваги всього агрегату у транспортному положенні, які визначимо із формул [21].

$$a_{mp} = \frac{G_T \cdot a - G_K \cdot a_M}{G_T + G_K}, \qquad (5.7)$$

$$h_{mp} = \frac{G_T \cdot h + G_M \cdot h_M}{G_T + G_M}, \qquad (5.8)$$

де h - вертикальна координата центра ваги трактора від опорної поверхні, $h = 0{,}9$ [21],

h_M - вертикальна координата центра ваги культиватора від опорної поверхні, $h_M = 1{,}1$ м;

C_k - поздовжня відстань від осі ведучої зірочки трактора до опорної поверхні коліс, для трактора Т-150К $C_k = 0$ [21].

Підставивши дані у вирази (5.7) і (5.8), отримаємо

$$a_{mp} = \frac{45{,}2 \cdot 0{,}964 - 9 \cdot 1{,}15}{45{,}2 + 9} = 0{,}62\,\text{м},$$

$$h_{mp} = \frac{45{,}2 \cdot 0{,}9 + 9 \cdot 1{,}1}{45{,}2 + 9} = 0{,}93\text{м}.$$

Тоді, будемо мати

$$tg\alpha_{KP} = 0{,}62/0{,}93 = 0{,}67.$$

Звідси, кут підйому схилу

$$\alpha_{KP} = arctg0{,}67 = 33^0 .$$

Визначимо степінь використання сили тяги трактора за формулою [22]

$$K = P_K / P_T . \qquad (5.9)$$

Підставивши дані, отримаємо

$K = 10{,}16/33{,}25 = 0{,}31$, що є прийнятним.

5.2 Перевірка агрегату на поперечну стійкість

При русі будь-якого машинно-транспортного агрегату рельєфом поля з поперечним нахилом (рис. 4.1) виникає небезпека його бокового перекидання або сповзання у бік, особливо це може трапитися з навісними машинами. Це вимагає обов'язкової перевірки допустимих кутів нахилу рельєфу, на яких можливе безпечне виконання технологічного процесу такими агрегатами.

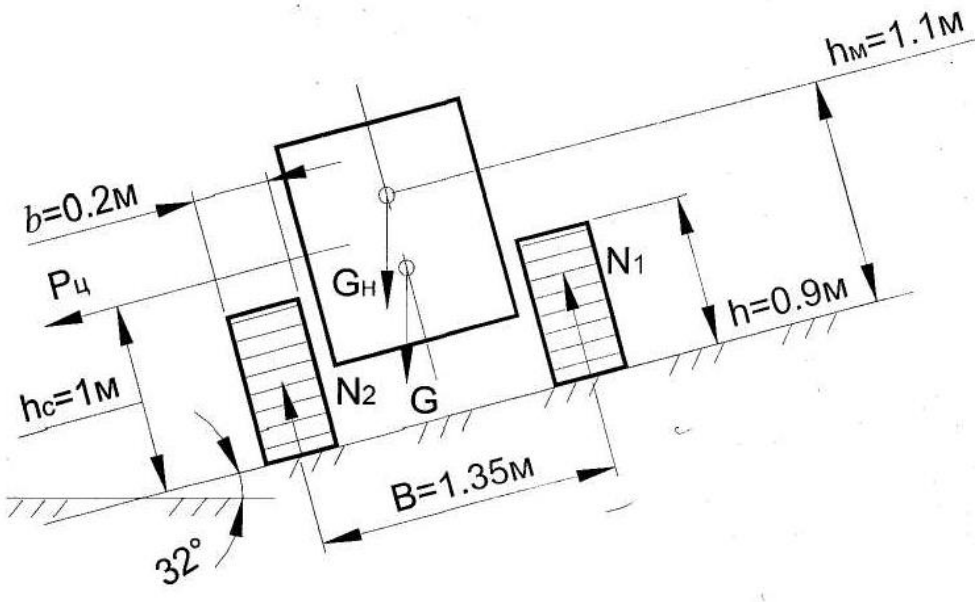

Рисунок 5.1 - Розрахункова схема агрегату (трактора з навісним культиватором) на поперечному схилі

Граничний поперечний кут нахилу рельєфу поля при розвороті агрегату на ньому визначаємо згідно формули [22]

$$tg\alpha_{нахилу} < \frac{G_A^2\left(B_T + b\right) - P_A\sqrt{G_A^2\left(B_T + b_1\right)^2 + 4\left(G_A^2 - P_A^2\right)\cdot h_C^2}}{2\left(G_A^2 - P_A^2\right)\cdot h_C}, \qquad (5.10)$$

де G_A - сила тяжіння агрегату, яка визначається за формулою

$$G_A = G_K + G_T, \qquad (5.11)$$

де G_K - сила тяжіння культиватора, G_K = 9 кН;

G_T - сила тяжіння трактора Т-150К, G_T = 83,2 кН;

Тоді,

$$G_A = 83{,}2 + 9 = 92{,}2\,\text{кН},$$

B_T - ширина колії трактора, B_T =1,35 м [22];

P_A - відцентрові сили всіх частин агрегату, які виникають при русі на повороті, визначимо за формулою [ ]

$$P_A = \frac{G_A \cdot V_A^2}{g \cdot R}, \qquad (5.12)$$

тут V_A - швидкість агрегату, V_A= 2,5 м/с;

g - прискорення сили тяжіння, $g = 9{,}8$ м/с^2;

R - радіус повороту агрегату, який визначимо за формулою

$$R \geq R_{\min} = 0{,}5 \cdot B_T. \qquad (5.13)$$

Підставивши дані, отримаємо

$$R_{\min} = 0{,}5 \cdot 1{,}35 = 0{,}7 \text{ м.}$$

Приймаємо R = 1м, оскільки необхідно, щоб виконувалася умова

$$V < \sqrt{\frac{0{,}5 B_T \cdot g \cdot R}{h_C}}, \tag{5.14}$$

де величину h_C, користуючись розрахунковою схемою (рис. 5.1), визначимо за формулою

$$h_C = 0{,}5(h + h_M) = 0{,}5(0{,}9 + 1{,}1) = 1 \text{ м;}$$

Тоді,

$$V = \sqrt{\frac{0{,}5 \cdot 1 \cdot 9{,}8 \cdot 1{,}35}{1}} = 4 \text{ км/год.} \approx 1{,}1 \text{ м/с.}$$

Результат розрахунку формули (5.12)

$$P_A = \frac{54{,}2 \cdot 1{,}1^2}{9{,}8 \cdot 1} = 6{,}7 \text{кН.}$$

Підставивши дані у формулу (5.10), отримаємо

$$tg\alpha_{нахилу} = \frac{54{,}2^2(1{,}35 + 0{,}5) - 6{,}7\sqrt{54{,}2^2\ (1{,}35 + 0{,}2)^2 + 4\left(54{,}2^2 - 6{,}7^2\right) \cdot 1^2}}{2\left(54{,}2^2 - 6{,}7^2\right) \cdot 1} = 0{,}62$$

Звідси, $\alpha_{нахилу} < arctg 0{,}62 = 32^0$ (рис. 5.1).

Перевіримо вплив стану ґрунту схилу на характер нестійкого положення агрегату:

- при $tg\alpha_{нахилу}$ = 0,62 > f_C = 0,4 - раніше настане сповзання агрегату;

- при $tg\alpha_{нахилу}$ = 0,62 < f_C = 1,1 - раніше настане перекидання агрегату,

тут f_C - коефіцієнт зчеплення гусеничних рушіїв з ґрунтом [17], f_C = 0,4 - для вологого ґрунту, f_C = 1,1 - для сухого ґрунту.

5.3 Розрахунок пружини підвіски культиватора

Розрахунок пружини здійснюється за відомими з курсу “Опір матеріалів” залежностями [ ].

Діаметр дроту пружини визначимо за формулою [18]

$$d = 1{,}6\sqrt{\frac{\nu \cdot T \cdot C_П}{[\tau]}}, \qquad (5.15)$$

де $[\tau]$ - допустиме напруження, для пружинної сталі $[\tau]$ = 700 МПа [15];

$C_П$ - жорсткість пружини, $C_П$ = 6;

T - сила натягу амортизаційної пружини, яка дорівнює вазі гряділя з навішаними робочими органами і силі опору перекочуванню, визначимо її із формули [18]

$$T = M_P(1 + f), \qquad (5.16)$$

тут M_P - маса гряділя з робочими органами, M_P = 75кг;

f - коефіцієнт перекочування, f = 0,2.

Підставивши дані, отримаємо

$$T = 75(1 + 0{,}2) = 90\,\text{кг} = 900\ \text{Н},$$

ν - коефіцієнт, значення якого вибирається залежно від жорсткості пружини, визначається за формулою [18]

$$\nu = \frac{4C_П - 1}{4C_П - 4} + \frac{0{,}615}{C_П}. \qquad (5.17)$$

Підставивши дані, отримаємо

$$\nu = \frac{4 \cdot 6 - 1}{4 \cdot 6 - 4} + \frac{0{,}615}{6} = 1{,}25;$$

Враховуючи результат формул (4.16) і (4.17), знайдемо, що

$$d = 1{,}6\sqrt{\frac{1{,}25 \cdot 900 \cdot 6}{700}} = 4{,}9 \text{ мм},$$

приймаємо діаметр дроту пружини $d = 5$ мм.

Діаметр витків пружини визначаємо із співвідношення [18]

$$\frac{D_П}{d} = C_П, \qquad (5.18)$$

звідки

$$D_П = d \cdot C_П, \qquad (5.19)$$

підставивши дані, отримаємо

$$D_П = 5 \cdot 6 = 30 \text{мм}.$$

Деформацію пружини визначимо за формулою [18]

$$\lambda_П = \frac{8T \cdot D_П^3 \cdot n}{\Delta \cdot G_{ПР} \cdot d^4}, \qquad (5.20)$$

де n - кількість витків пружини, приймемо n=15;

$G_{ПР}$ - модуль пружності при крученні, для сталі $G_{ПР} = 8 \cdot 10^4$ МПа;

Δ - коефіцієнт динамічності, Δ=1,1.

Підставивши дані у формулу (5.20), отримаємо

$$\lambda = \frac{8 \cdot 900 \cdot 30^3 \cdot 15}{1{,}1 \cdot 8 \cdot 10^4 \cdot 5^4} = 1{,}8 \text{мм}.$$

5.4 Перевірка вертикальних стояків на стійкість

Вертикальний стояк транспортного пристрою культиватора (рис. 5.2) - це частина рами, яка зі сторони ригеля має жорстке кріплення і навантажена силою реакції коліс R_K. Висота стояка $l = 0{,}75$ м. Поперечний переріз стояка - трубчатий квадрат із зовнішньою стороною $a = 50$ мм, внутрішньою стороною $a_1 = 40$ мм із сталі Ст.3, для якої границя пропорційності $\sigma_{ПР} = 200$ МПа, границя текучості $\sigma_T = 240$ МПа, допустимий коефіцієнт запасу стійкості $n_{CT} = 2$ [18].

Визначимо реакцію коліс R_K, яка діє на стійку, користуючись формулою

$$R_K = \frac{F + G_{РИГ}}{2}, \qquad (5.21)$$

де F - сила ваги культиватора, яка діє на раму, $F = 6$ кН;

$G_{РИГ}$ - вага ригеля, $G_{РИГ} = 350$ Н.

Підставивши дані, отримаємо

$$R_K = \frac{6 + 0{,}35}{2} = 3{,}175 \text{кН}.$$

Встановлюємо геометричні характеристики стояка:

- осьовий момент інерції поперечного перерізу визначимо за формулою

$$I_Z = I_Y = I_{\min} = \frac{a^4 - a_1^4}{12}, \qquad (5.22)$$

у числовому вигляді

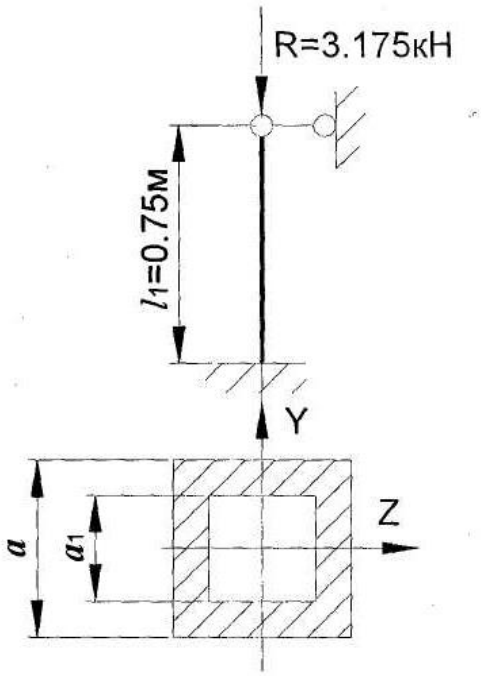

Рисунок 5.2 - Розрахункова схема стояка лапи культиватора

$$I_{\min} = \frac{5^4 - 4^4}{12} = 30{,}75\,\text{см}^4;$$

Радіус інерції [22]

$$i_{\min} = i_Y = i_Z = \sqrt{\frac{I_{\min}}{A}}, \qquad (5.23)$$

де A - площа поперечного перерізу стояка, яку визначимо за формулою

$$A = a^2 - a_1^2. \qquad (5.24)$$

Підставивши дані, отримаємо

$$A = 5^2 - 4^2 = 9\,\text{см}^2,$$

а

$$i_{\min} = \sqrt{\frac{30{,}75}{9}} = 1{,}8\,\text{см}.$$

Максимальну гнучкість стояка визначимо за формулою [18]

$$\lambda_{\max} = \frac{\mu \cdot l}{i_{\min}}, \tag{5.25}$$

де μ - коефіцієнт, який залежить від форми закріплення кінців стояка, $\mu = 0{,}7$.

Підставивши дані, отримаємо

$$\lambda_{\max} = \frac{0{,}7 \cdot 75}{1{,}8} = 30.$$

Граничну гнучкість стержня визначимо із формули

$$\lambda_{ГР} = \pi \sqrt{\frac{E}{\sigma_{ПР}}}, \tag{5.26}$$

де E - модуль пружності, для сталі $E = 2{,}15 \cdot 10^5$ МПа.

$$\lambda_{ГР} = 3{,}14 \sqrt{\frac{2{,}15 \cdot 15^5}{200}} = 100.$$

Оскільки $\lambda_{\max} = 30 < \lambda_{ПР} = 100$, то критичне зусилля визначимо за формулою:

$$R_{КР} = \sigma_{КР} \cdot A, \tag{5.27}$$

де $\sigma_{КР}$ - критичне зусилля $\sigma_{КР} = \sigma_T$, для пластичних матеріалів σ_T = 240 МПа.

Підставивши дані, отримаємо

$$R_{КР} = 240 \cdot 9 \cdot 10^2 = 21{,}6\,\text{кН}.$$

Визначимо коефіцієнт запасу міцності

$$n_{CT} = \frac{R_{KP}}{R}, \qquad (5.28)$$

$$n_{CT} = \frac{21{,}6}{3{,}175} = 6{,}8,$$

що є більшим за допустиме $[n_{CT}] = 2$.

Такий великий запас стійкості конструктивно не доцільний, тому замінюємо стійку квадратного перерізу на швелер.

Визначимо дійсне критичне зусилля за формулою [18]

$$R_{KP.Д} = \sigma_{KP.Д} \cdot A = (a - b\lambda_{\max}) \cdot A, \qquad (5.29)$$

де a і b коефіцієнти, які рівні $a = 310$МПа, $b = 1{,}14$МПа,

Тоді, дійсне критичне напруження

$$\sigma_{KP.Д} = 310 - 1{,}14 \cdot 30 = 275{,}8\,\text{МПа}, \quad \text{а}$$

$$R_{KP.Д} = 275{,}8 \cdot 9 \cdot 10^2 = 248{,}2\,\text{кН}.$$

Оскільки розміри швелера не відомі, то визначимо необхідну площу поперечного перерізу з формули

$$A \geq \frac{R_{KP.Д}}{\sigma_{KP.Д}}. \qquad (5.30)$$

Підставивши дані, отримаємо

$$A \geq \frac{248{,}2 \cdot 10^3}{275{,}8} \approx 900\,\text{мм}^2 = 9\ \text{см}^{2.}$$

Вибираємо із таблиць сортаменту швелер №10 ГОСТ 8240-72, у якого площа поперечного перерізу $A = 10{,}9\,\text{см}^2$, мінімальний осьовий момент інерції $I_Z = I_{\min} = 20{,}4\,\text{см}^4$.

Отже, необхідні параметри культиватора підібрані правильно.

5.5 Проєктування стрілчастої лапи з хвостовиком

В даному розділі для кращої заробки гербіцидів в ґрунт розглянемо розрахунок стрільчастих лап з хвостовиком. Цей вид лап поширений під назвою універсальних лап.

Для їх проєктування необхідно задатися параметрами побудови бокової проекції і плану лапи [20].

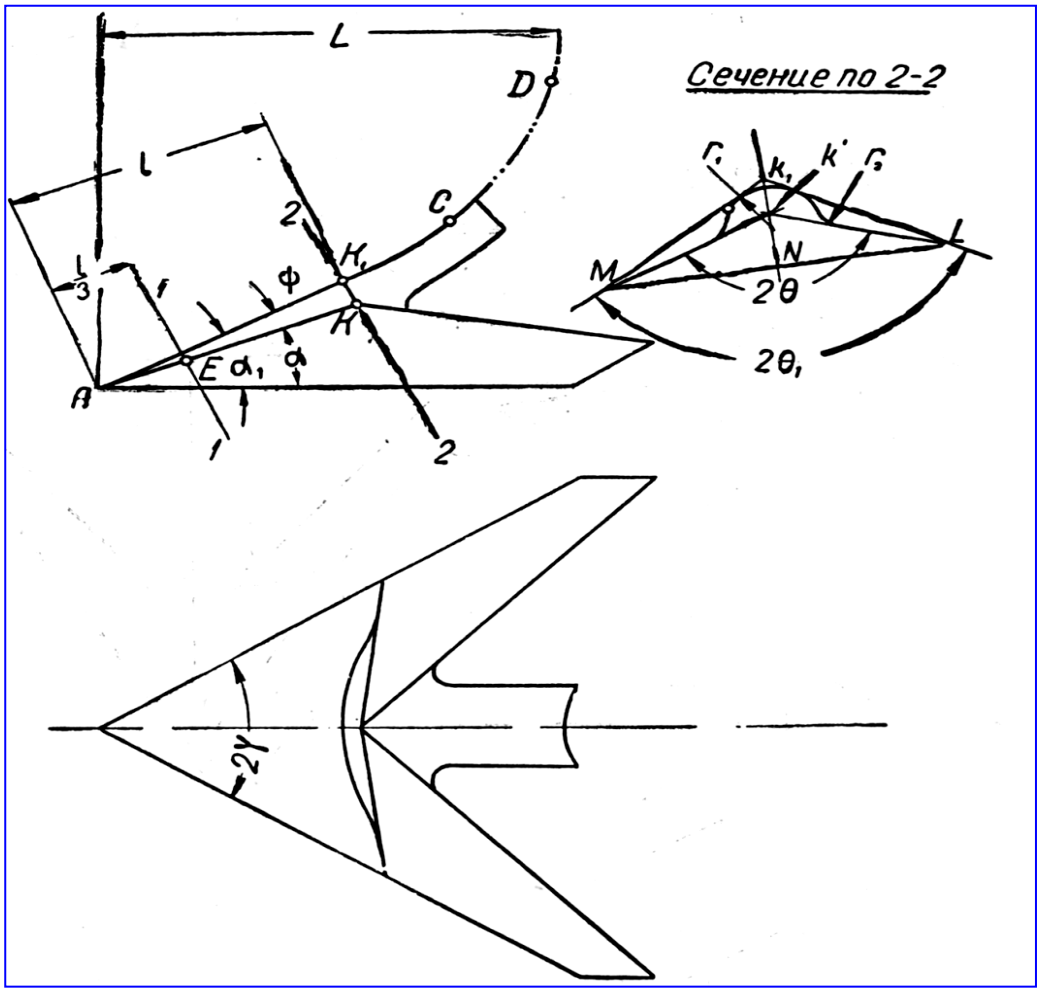

Рисунок 5.3 - Схема побудови проекції стрілчастої лапи з хвостовиком

При малих значення кута α можливі випадки, коли нахил прямої *AK* не буде відповідати прийнятій формі профілю хвостовика і стояка лапи. Крім того, при такому нахилі неможливо правильно розташувати під лапою гайки гвинтів, що кріплять її до стояка.

Збільшення підйому груді лапи досягається відповідним вибором форми перерізу груді і хвостовика лапи. Переріз проводиться по нормалях до кривої AK_1CD через точки *E, K₁, і C*. Точка *E* приймається на відстані *l/3* від носка лапи (точка *A*); положення точки *C* вибирається в залежності від розмірів хвостовика.

Кут θ_1 в перерізах 1 – 1 і 2 – 2 (рис. 5.3.) може бути визначений графічно або аналітично. З малюнка 6.1. маємо:

$$tg\theta_1 = \frac{MN}{K_1 N} \quad \text{і} \quad tg\theta_1 = \frac{MN}{KN} \tag{5.31}$$

Звідси:

$$tg\theta_1 = \frac{KN}{K_1 N} tg\theta \tag{5.32}$$

$$KN = K_1 N - KK_1 \tag{5.33}$$

де:

$$K_1 K_1 = K_1 N \frac{tg\psi}{tg(\alpha + \psi)} \tag{5.34}$$

Тоді:

$$KN = K_1 N \left[1 - \frac{tg\psi}{tg(\alpha + \psi)} \right] \tag{5.35}$$

Приймаючи до уваги вираз (5.35), рівняння (5.32) можна записати так:

$$tg\theta_1 = tg\theta\left[1 - \frac{tg\psi}{tg(\alpha+\psi)}\right] \tag{5.36}$$

$$tg\theta_1 = \frac{MN}{KN} = \frac{tg\gamma}{\sin\alpha} \tag{5.37}$$

Так як

$$MN = l\cos\alpha tg\gamma$$

$$KN = l\cos\alpha\sin\alpha$$

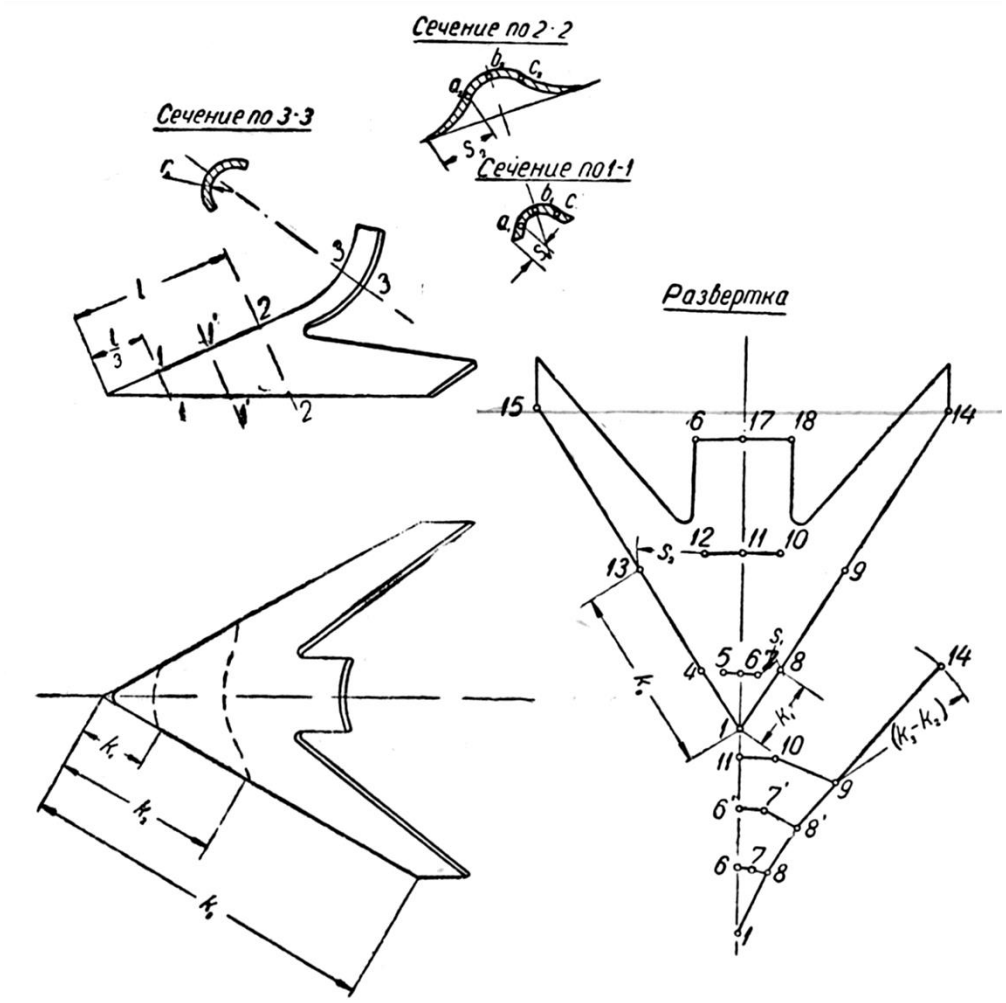

Рисунок 5.4 - Проекції стрільчастої лапи з хвостовиком

$$\psi = \alpha_1 - \alpha \tag{5.38}$$

Шляхом підбору радіусів закруглення придається форма, що відповідає перерізам стояка і конфігурації кріплення лапи.

Побудову розгортки лапи відбувається таким чином: від точки 1 на осьовій лінії відкладаємо відрізки *l/3* - положення точки 6 і *l* – положення точки 11. На перпендикулярах до осьової лінії, проведених через точки 6 і 11, відкладаємо довжину відповідних дуг a_1 b_1 c_1 і a_2 b_2 c_2. Отримаємо точки 5, 7, 10 і 12.

З точки *l* проводимо коло радіусом k_1, а з точок 5 і 7 – кола радіусом s_1.

Перетин цих кіл дає точки 4 і 8. Аналогічно визначаємо положення точок 9 і 13.

Задній контур полиць лапи визначаємо прийнятими значеннями b_1 і b_2 у відповідності з таблицями ГОСТ.

Наступним кроком є побудова розгортки хвостовика лапи. По осьовій лінії розгортки від точки 11 відкладаємо відрізок, рівний довжині хвостовика лапи. Отримуємо точку 17. На перпендикулярі до осьової, поставленому з точки 17, відкладаємо довжину дуги перерізу хвостовика. Носок лапи і гострі кути розгортки закругляють відповідними радіусами.

Отримані розрахункові дані використовуємо при проєктуванні окремих вузлів і деталей, які представлені в графічній частині проєкту.

6 ОХОРОНА ПРАЦІ

6.1 Загальні положення

При організації охорони праці слід керуватися «Правилами охорони праці у сільськогосподарському виробництві», які затверджені наказом Міністерства соціальної політики України 29 серпня 2018 року № 1240 (Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 21 вересня 2018 р. за № 1090/32542).

Організація роботи з охорони праці щодо технічного обслуговування машинно-тракторного парку у господарствах і на підприємствах покладається на головного інженера, на пунктах технічного обслуговування на безпосередніх керівників цих підрозділів.

Особи, відповідальні за дотримання правил техніки безпеки і охорони праці (інженери з експлуатації, механіки, бригадири, майстри й інші керівники), зобов'язані:

- не допускати перевірку тракторів, комбайнів і самохідних машин, що знаходяться в русі;
- не допускати до роботи на пересувних засобах технічного обслуговування, металообробних верстатах, до електрогазозварювальних, ковальських і інших робіт осіб, що не мають відповідних чи посвідчень інших документів;
- стежити за справним станом пересувних засобів технічного обслуговування й устаткування, що знаходиться на стаціонарному пункті технічного обслуговування, а також за наявністю і справністю всіх передбачених правилами техніки безпеки запобіжних пристроїв, огороджень і індивідуальних засобів захисту, що забезпечують безпечні умови праці на відповідній ділянці роботи;
- вимагати дотримання штатними працівниками і особами, що працюють за трудовою угодою, правил та інструкцій з техніки безпеки, строго

стежити за дотриманням безпечних методів праці і використанням усіх наявних запобіжних і захисних засобів;

- визначати маршрути проходження пересувних засобів технічного обслуговування до місця роботи.

Усі працівники, що влаштовуються на роботу, повинні пройти вступний інструктаж, інструктаж на робочому місці, а потім через кожні шістьох місяців роботи періодичний інструктаж. Робітники, зайняті на особливо небезпечних і шкідливих роботах (електрогазозварювальні, ковальські, зарядка акумуляторів і ін.), періодичний інструктаж проходять через три місяці.

Важливим у зниженні виробничого травматизму є пропаганда безпечних методів ведення робіт, тому керівництво пункту технічного обслуговування зобов'язано організувати куточок з техніки безпеки.

Куточок з техніки безпеки організується у спеціальному приміщенні чи безпосередньо в основному відділенні майстерні пункту технічного обслуговування. Ділянку куточка доцільно відокремити декоративною стінкою зі склоблоків висотою приблизно 2,6 м. Куточок повинен відповідати вимогам естетики. Його необхідно забезпечити аптечкою для надання першої медичної допомоги, столом і стільцями. Тут же повинні бути виставлені зразки захисних окулярів, світлофільтрів, респіраторів та інших індивідуальних засобів захисту. Варто також представити для порівняння справний і несправний інструмент. Тематика ілюстрацій і експозиції стендів повинні відбивати безпечні прийоми праці при технічному обслуговуванні і ремонті сільськогосподарської техніки, а також спеціальні види робіт, виконувані на пункті технічного обслуговування.

6.2 Аналіз можливих небезпек і пошкоджень при виконанні технологічних процесів на вирощуванні кукурудзи

При вирощуванні кукурудзи існують небезпечні фактори, які приводять до професійних захворювань або травмування людини. При лущенні стерні:

- несправний трактор (гальма, рульове управління, тягово-зчіпний пристрій);

- гідросистемою піднятий лущильник, який ремонтується;

- перевищення швидкості;

- рух агрегату вздовж і впоперек схилів, перевищуючих допустимі значення;

- очищення робочих органів при працюючому двигуні і на ходу трактора.

Шкідливим фактором є запиленість повітря і високотемпературний режим в кабіні трактора.

Для усунення цих шкідливих факторів необхідно ізолювати доступ пилу в кабіну трактора і встановити кондиціонер.

При подрібненні, змішуванні і внесенні мінеральних добрив:

- несправний трактор (гальма, рульове управління, тягово-зчіпний пристрій);

- робота машини без захисних пристроїв в небезпечних зонах;

- ремонт і регулювання на ходу агрегату;

- находження людей під піднятим вантажем;

- відсутні відсмоктувальні пристрої при подрібненні мінеральних добрив;

- робота обслуговуючого персоналу без засобів індивідуального захисту;

- недотримання правил безпеки.

При оранці зябу:

- оранка на схилах, які перевищують допустимі значення;

- усунення неполадок і регулювання на ходу трактора;

- неполадки тягово-зчіпного пристрою;

- заміна лемішів без запобіжних підставок;

- очищення робочих органів на ходу;

- несправність рульового управління і гальм.

При посіві:

- сівалки не обладнані підніжними дошками і поручнями;
- очищення робочих органів на ходу;
- відсутня двостороння сигналізація;
- заправка сівалки на ходу.

При внесенні гербіцидів:

- робота без засобів індивідуального захисту і спеціального одягу;
- заправка агрегату в незапланованих місцях;
- робота агрегату при температурі вище 25° С;
- робота агрегату при сильному вітрі;
- знаходження людей близько агрегату;
- недотримання правил безпеки;
- заміна розпилювачів при працюючому насосі;
- зберігання гербіцидів в спеціально непризначених місцях;
- приготування робочої суміші з порушенням інструкції;
- транспортування гербіцидів на транспорті, не призначеному для цієї мети;
- знищення гербіцидів не у відповідності з інструкцією. При збиранні кукурудзи:
- недотримання інтервалу між працюючими машинами;
- робота кукурудзозбиральних комбайнів в тумані;
- робота комбайнів без захисних кожухів;
- очищення робочих органів на ходу;
- відсутня сигналізація і не працює сигнальний пристрій;
- заміна робочих органів при працюючому двигуні.

При транспортуванні качанів і листо-стеблової маси:

- робота транспортних засобів на підвищених швидкостях;
- неполадки рульового управління і гальма;
- неполадки тягово-зчіпного пристрою;
- рух агрегатів на великих підйомах і спусках без гальмування

причепу;

- перевезення людей в причепах;
- рух на великій швидкості на поворотах;
- рух агрегату на схилах з вимкненою передачею.

Аналіз можливих і існуючих небезпек і шкідливих факторів показує, що травмування працюючих буває головним чином із-за незадовільного технічного стану трактора і агрегатуючи з ним машин, очистці робочих органів при працюючому двигуні чи на ходу трактора, неузгодженої чи неуважної дії працюючих на агрегаті, відсутність чи несправність індивідуальних засобів захисту, невідповідності одягу для роботи на машинах.

Заходи при оздоровленні умов праці при вирощуванні кукурудзи наступні:

- виготовлення захисних кожухів на карданні і шестеренчасті передачі;
- виготовлення підставок для проведення техоглядів і ремонтів;
- обладнання пересувних вагончиків і душових на час збирання врожаю;
- придбання плакатів з техніки безпеки;
- обладнання кімнат для прийому їжі на тракторних бригадах;
- благоустрій території тракторних бригад.
- встановлення наглядної агітації по техніці безпеки і охороні праці.

6.3 Безпека при застосуванні хімічних речовин

У сучасному сільськогосподарському виробництві, широко використовуються такі хімічні речовини, як пестициди, мінеральні добрива, розчинники, фарба, лаки, кислота та ін., їх проникнення у повітря робочої зони або навколишнє середовище, в продукти харчування, на одяг працюючих створюють умови для виникнення гострих хронічних отруєнь людей та тварин.

Пестициди застосовуються для боротьби із шкідниками сільськогосподарських культур. При виробництві, застосуванні та

зберіганні пестицидів (ДНАОПО 03-1. 12-73 №1123-73) необхідно врахувати їх основні особливості запобігти їх циркуляції у біосфері, концентрації препаратів, необхідні для знищення шкідників, одночасно небезпечні для людини (зменшувати їх неможливо оскільки препарати втрачають свої властивості). При роботі з пестицидами потрібний комплексний захист органів дихання від парів і аерозолів. Для боротьби з бур'янами при вирощуванні кукурудзи застосовують гербіциди: радикан, диален, алірокс, лон трен, аміачну сіль та інші які належать до мало небезпечних речовин.

Мінеральні добрива при застосуванні, зберіганні та транспортуванні можуть надходити в робочу зону і негативно впливати на працюючих. Азотні, фосфорні та калійні добрива здатні сильно подразнювати шкіру, слизову порожнину.

До робіт з хімічними речовинами не допускаються особи віком до 18 років, чоловіки старше 55 років та жінки – 50 років, вагітні жінки та матері, що годують немовлят, а також особи (за рішенням медичної комісії) які перенесли інфекційні захворювання або хірургічні операції або виявлені такі хвороби як туберкульоз, захворювання нервової системи, психічні захворювання та інші [25].

Особи що допущенні після комісії, допускаються до роботи з хімічними речовинами при умові проходження відповідного навчання з охорони праці, інструктажів, при забезпеченні засобами індивідуального захисту і наявності медичної книжки.

Категорично забороняється під час роботи з хімічними речовинами вживати алкоголь, бо він сприяє інтенсивному всмоктувані отруйних речовин в кров. На місці роботи з отруйними речовинами забороняється палити та приймати їжу. Прийом їжі в польових умовах дозволяється на відстані 200 м від оброблених ділянок. Там повинна бути вода, мило та рушник. Перед прийняттям

їжі знімають спецодяг, миють руки, обличчя, полощуть ротову порожнину.

При сівбі протруєним насінням прямий контакт сівача з насінням не дозволяється. Під час сівби кришки сівалок повинні бути щільно зачинені. Забороняється сидіти на мішках з протруєним насінням, перевозити його з продуктами харчування.

6.4 Пожежна безпека

Найбільш небезпечний в пожежному відношенні період збирання кукурудзи.

До початку збирання врожаю вся збиральна техніка, агрегати та автомобілі повинні мати відрегульовані системи живлення, мащення, охолодження, запалювання. Також бути оснащені справними іскрогасниками, обладнанні первинними засобами пожежогасіння (комбайни і трактори - двома вогнегасниками, двома штиковими лопатами, двома мітлами, автомобілі справними вуглекислотним чи порошковим вогнегасником та штиковою лопатою).

Корпуси комбайнів повинні бути оснащенні заземлювальним металевим ланцюгом, що торкається землі.

Збиральну техніку необхідно регулярно перевіряти на щільність з'єднання вихлопної труби з патрубком випускного колектора та колектора з блоком двигуна. У разі появи ознак пробивання прокладок роботу слід припинити до їх заміни.

Трактори комбайни та інші самохідні машини, обладнанні електричним пуском двигуна, повинні мати вимикач для виключення акумулятора від споживача струму. Клеми акумулятора, стартера дистанційного електро-магнітного пуску та генератора повинні бути захищенні від потрапляння на них струмопровідних предметів, їх електропроводка повинна бути справною і надійно закріпленою.

У польових умовах заправлення пальним збиральної техніки повинне здійснюватися за межами поля (не ближче 30 м) паливозаправниками, коли

заглушені двигуни.

При гасінні пального, яке зайнялося, слід користуватися піском, землею або покривалом, застосовувати воду в цьому випадку не можна, так як нафтопродукти легші за воду і випливають, збільшуючи поверхню пожежі.

В якості технічних засобів гасіння пожеж можуть бути використані, крім спеціальних пожежних машин, мийні машини, автозаправники і дощувальні машини.

7 РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

Доцільність впровадження нововведень підтверджується економічною ефективністю. Новизна повинна не тільки не уступати базовому варіантові, а й перевищувати по певним показникам. На реалізацію нововведення потрібні певні затрати, або можливе більш повне і правильне використання машин і енергетичних засобів, що використовуються в базовому варіанті.

В економічних розрахунках, пов'язаних з ефективністю використання машин при виконанні механізованих робіт застосовують, головним чином, прямі і приведені експлуатаційні витрати і розрахунок затрат праці. Всі складові експлуатаційних витрат розділяють на три групи: витрати, що залежать від балансової вартості, встановлених нормативів відрахувань і строку служби машини; витрати пов'язані з оплатою праці; витрати, що залежать від обсягу фактичного наробітку й втрати паливно-мастильних матеріалів. Відношення прямих експлуатаційних витрат до одиниці наробітку (продуктивності) називають питомими.

Розрахуємо економічну ефективність нового варіанту внесення гербіцидів. За базу для порівняння вибрана наступна технологічна схема: внесення гербіцидів здійснюється штанговим обприскувачем ОПШ-15, який агрегатує трактор ЮМЗ-6КЛ, а для заробки гербіцидів в ґрунт використовують культиватор КШП-8,0 з трактором Т-150К. Продуктивність обприскувача буде визначатися продуктивністю культиватора і буде становити W = 3,69 га/год. Кожен агрегат обслуговує один механізатор, оплату праці яким здійснюють по V-му розряду тарифної сітки.

По новому варіанту внесення і загортання гербіцидів здійснюється одним агрегатом (Т150К + культиватор КПШ–8,0 + обприскувач ПОМ-630). Агрегат обслуговує один механізатор, оплату праці якому також здійснюють по V-му розряду. Продуктивність агрегату також буде становити W = 3,69 га/год.

Затрати праці на виконання операції визначаються по формулі:

$$З_п = \frac{m}{W} \quad (7.1)$$

де m – кількість обслуговуючого персоналу.

Затрати праці при виконанні двох операцій по базовій технології становитимуть:

$$(З_п)^б = \frac{m}{W_{год}} = \frac{2}{3,69} = 0,54 \text{ люд.-год./га.}$$

Для комбінованого агрегату, який обслуговує один чоловік, затрати праці складатимуть:

$$(З_п)^н = \frac{m}{W_{год}} = \frac{1}{3,69} = 0,27 \text{ люд.-год./га.}$$

Як бачимо, спостерігається зниження затрат праці на 0,27 люд-год./га.

Питомі прямі експлуатаційні витрати $С_{пит}$ (грн./га), на виконання механізованих робіт визначають за формулою:

$$С_{пит} = С_{оп} + С_{пмм} + С_{ра} + С_{кто} \quad (7.2)$$

де $С_{оп}$ – питомі прямі експлуатаційні витрати грошових коштів на оплату праці обслуговуючого персоналу, грн../га;

$С_{пмм}$ – вартість витрачених паливо-мастильних матеріалів, грн./га;

$С_{ра}$ – відрахування на реновацію (повне відновлення) складових елементів машинно-тракторного агрегату в цілому, грн./га;

$С_{кто}$ – відрахування на капітальний і поточний ремонт та технічне обслуговування по всіх складових елементах машинно-тракторного агрегату, грн./га.

Оплата праці обслуговуючого персоналу, можна визначити за формулою:

$$С_{оп} = \frac{m_1 \cdot f_1 + m_2 \cdot f_2}{W_{зм}}, \quad (7.3)$$

де m_1 і m_2 – кількість працівників, які обслуговують агрегат окремо за кожною кваліфікацією;

f_1 і f_2 – оплата праці за змінну норму виробітку працівника кожної кваліфікації;

$W_{зм}$ – змінна норма виробітку, га.

По базовій технології внесення і заробку гербіцидів проводиться двома агрегатами, які обслуговують два механізатори з оплатою праці по п'ятому (культивація) та шостому розряду (внесення гербіцидів). Враховуючи, що з 1 січня 2026 р. мінімальна заробітна плата становить 8647 грн., оплата за норму виробітку становить 360,3 грн. Тоді, витрати на оплату праці для базового набору машин становитимуть

$$C_{оп}^{б} = \frac{1 \cdot 360{,}3 + 1 \cdot 360{,}3}{25{,}86} = 27{,}9 \text{ грн./га.}$$

Внесення гербіцидів і його заробка по новій технології проводиться одним агрегатом, який обслуговує один механізатор. Оплату праці йому здійснюють по шостому розряду. Тоді, оплата праці обслуговуючого персоналу по новій технології з врахуванням підвищення зарплати буде становити

$$C_{оп}^{б} = \frac{1 \cdot 360{,}3}{25{,}86} = 13{,}9 \text{ грн./га.}$$

Вартість витрачених паливо-мастильних матеріалів, грн./га, можна визначити за формулою:

$$С_{пмм} = Ц_к \cdot g_{га} \quad (7.4)$$

де $Ц_к$ – комплексна ціна 1 л палива з урахуванням основного палива, пускового бензину і мастильних матеріалів, $Ц_к$ = 85,7 грн./л;

$g_{га}$ – витрата палива, кг/га.

По базовій технології витрата палива на виконання змінної норми для першого агрегату становить: $g_{га}$ = 1,5 л/га, для другого - $g_{га}$ = 3,5 л/га. Тому, вартість витрачених паливо-мастильних матеріалів становлять

$$С_{пмм}^{б} = (1,5 + 3,5) \cdot 85,7 = 428,5 \text{ грн./га.}$$

По новій технології витрати палива на одиницю виконаної роботи становлять $g_{га}$ = 2,35 л/га. Тоді, затрати на паливо-мастильні матеріали становитимуть

$$С_{пмм}^{н} = 2,35 \cdot 85,7 = 201,4 \text{ грн./га.}$$

Відрахування на реновацію машин в агрегаті $С_{ра}$ грн./га визначаються за рівнянням

$$С_{ра} = \frac{\alpha_{рт} \bullet Б_{т}}{100 \bullet W_{га} \bullet t_{фт}} + \frac{\alpha_{рм} \bullet Б_{м}}{100 \bullet W_{га} \bullet t_{фм}} \qquad (7.5)$$

де $\alpha_{рт}$ і $\alpha_{рм}$ – норма річних відрахувань на реновацію від балансової вартості відповідного трактора і машини, %;

$Б_{т}$ і $Б_{м}$ – балансова вартість відповідно трактора і робочої машини, грн.;

$W_{г.ек}$ – продуктивність агрегату за годину експлуатаційного часу, га;

$t_{фт}$ $t_{фм}$ – зональне річне завантаження відповідно трактора і робочої машини, год.

Для базової технології відрахування на реновацію будуть становити для агрегату ЮМЗ-6 + ОПШ-15

$$(С_{ра})^{б} = \frac{10 \cdot 685800}{100 \cdot 3,69 \cdot 1600} + \frac{20 \cdot 77700}{100 \cdot 3,69 \cdot 320} = 24,8 \text{ грн./га.}$$

Для агрегату Т-150К + КШП-8,0

$$\left(C_{ра}\right)^{н} = \frac{10 \cdot 138500}{100 \cdot 3{,}69 \cdot 1500} + \frac{14{,}2 \cdot 19525}{100 \cdot 3{,}69 \cdot 200} = 6{,}3 \text{ грн./га.}$$

Отже, сумарні відрахування по базовій технології становлять

$$C_{ра}^{б} = 24{,}8 + 6{,}3 = 31{,}1 \text{ грн./га.}$$

В новій технології в комбінованому агрегаті використовується додаткова ємність, вартість якої становить 10 % від вартості обприскувача ПОМ-630, тобто

$$Б_{є} = 0{,}1Б_{м} = 9430 \cdot 0{,}1 = 943 \text{ грн.}$$

Тоді, вартість обприскувача становитиме:

$$Б_{м}' = Б_{м} + Б_{є} = 9430 + 943 = 10373 \text{ грн.}$$

Таким чином, відрахування на реновацію по новій технології становитимуть

$$\left(C_{ра}\right)^{н} = \frac{10 \cdot 138500}{100 \cdot 3{,}69 \cdot 1500} + \frac{14{,}2 \cdot 19525}{100 \cdot 3{,}69 \cdot 200} + \frac{20 \cdot 10373}{100 \cdot 3{,}69 \cdot 320} = 8{,}0 \text{ грн./га.}$$

Відрахування на капітальний і на поточний ремонти, а також технічне обслуговування, $С_{кто}$, грн./га, обчислюються за формулою:

$$С_{кто} = \frac{\alpha_{кт} \bullet Б_{т}}{100 \bullet W_{г.ек} \bullet t_{нт}} + \frac{1}{100 \bullet W_{г.ек}} \bullet \left(\frac{\alpha_{т} \bullet Б_{т}}{t_{нт}} + \frac{\alpha_{м} \bullet Б_{м}}{t_{нм}}\right) \qquad (7.6)$$

де $\alpha_{кт}$ – норма річних відрахувань на капітальний ремонт трактора, %;

$\alpha_т$ і $\alpha_м$ – норма річних відрахувань на поточний ремонт від балансової вартості відповідно трактора і робочої машини, %;

$t_{нт}$ і $t_{ни}$ – нормативне річне завантаження відповідно трактора і робочої машини, год.

Відрахування на капітальний і поточний ремонти і технічне обслуговування по базовій технології становить:

для агрегату ЮМЗ - 6 + ОПШ-15

$$(C_{КТО})^{б1} = \frac{5 \cdot 68580}{100 \cdot 3{,}69 \cdot 1600} + \frac{1}{100 \cdot 3{,}69} \cdot \left(\frac{8 \cdot 68580}{1600} + \frac{9 \cdot 7770}{320} \right) = 2{,}3 \text{ грн./га},$$

для агрегату Т-150К + КШП-8,0

$$(C_{КТО})^{б2} = \frac{5 \cdot 138500}{100 \cdot 3{,}69 \cdot 1500} + \frac{1}{100 \cdot 3{,}69} \cdot \left(\frac{8 \cdot 138500}{1500} + \frac{12{,}5 \cdot 19525}{200} \right) = 7{,}2 \text{ грн./га}.$$

Сумарні витрати на ремонти і ТО для базової технології будуть становити

$$C_{кто} = 2{,}32 + 7{,}22 = 9{,}5 \text{ грн./га}.$$

Відрахування на капітальний і поточний ремонти і технічне обслуговування по новій технології становлять

$$(C_{КТО})^{н} = \frac{5 \cdot 138500}{100 \cdot 3{,}69 \cdot 1500} + \frac{1}{100 \cdot 3{,}69} \cdot \left(\frac{8 \cdot 138500}{1500} + \frac{12{,}5 \cdot 19525}{200} + \frac{9 \cdot 10370}{320} \right) = 8{,}1 \text{ грн./га}.$$

Таким чином, питомі прямі експлуатаційні витрати для базової технології становлять

$$C^{б}_{пит} = 27,9 + 428,5 + 31,1 + 9,6 = 497,1 \text{ грн./га.}$$

Для нового комбінованого агрегату прямі експлуатаційні витрати становлять

$$C^{н}_{пит} = 13,9 + 201,4 + 8,0 + 8,1 = 231,4 \text{ грн./га.}$$

Таким чином, економічні розрахунки показують, що при впровадженні комбінованого агрегату питомі експлуатаційні витрати зменшяться на

$$E_е = 497,1 – 231,4 = 265,7 \text{ грн./га}$$

Таблиця 7.1 - Результати розрахунку економічної ефективність проєкту

Найменування показника	Набір машин		Відхилення +, -
	Базовий	Новий	
Продуктивність, га/год.	3,69	3,69	0
Затрати праці, люд-год./га	0,54	0,27	- 0,27
Прямі питомі експлуатаційні затрати, грн../га	497,1	231,4	- 265,7
в т. ч.- оплата праці з нарахуваннями, грн../га	27,9	13,9	- 14,0
- затрати на паливо-мастильні матеріали, грн./га	428,5	201,4	-227,1
- відрахування на реновацію, грн../га	31,1	8,0	-23,1
- затрати на ремонт і ТО, грн../га	9,5	8,1	- 1,4
Річний економічний ефект, грн..		26570	
Строк окупності затрат, років		0,12	

При впровадженні комбінованого агрегату на площі 100 га річний економічний ефект становитиме

$$Е_р = 265,7 \cdot 100 = 26570 \text{ грн.}$$

Строк окупності затрат на модернізацію комбінованого агрегату визначимо по формулі:

$$О = \frac{Б_м - Б_м}{Е_р}, \qquad (7.7)$$

де $Б_{мм}$ – вартість модернізації ПОМ-630, грн.

$$О = \frac{10373-9430}{26570} \approx 0,04 \text{ рік.}$$

Результати розрахунків економічної ефективності проєкту заносимо в таблицю 7.1. Таким чином, впровадження комбінованого агрегату економічно вигідно для господарства.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Аналіз наукової літератури, досліджень і практичних даних дозволив нам визначити характеристики гербіцидів, способи їх внесення і конструкцію машин для внесення засобів захисту рослин. Їх використання залежить від культури, стану полів і їх забур'яненості. Вибір технологій і машин залежить від розмірів господарства і його фінансових можливостей.

2. Для боротьби з бур'янами на посівах більшість гербіцидів передбачається вносити в ґрунт весною до передпосівного обробітку. Причому з метою зменшення втрат летких гербіцидів заробляти їх в ґрунт необхідно на глибину 10 – 12 см при інтенсивному перемішуванні ґрунту. Досягти зазначеного можна, якщо заробляти гербіциди, після їх внесення культиваторами з ротаційними боронами. Тривалість між внесенням гербіциду і його загортанням в ґрунт не повинна перевищувати 15 хв.

3. Розроблений комбінований агрегат дозволить без розриву в часі вносити і заробляти в ґрунт леткі гербіциди, що дасть змогу збільшити зв'язаність їх з ґрунтом і тим самим підвищити ефективність дії, зменшити дози внесення препаратів, зменшуючи при цьому витрати на виробництво продукції.

4. Проведені розрахунки дали можливість визначити оптимальні параметри робочих органів і режими роботи комбінованого агрегату. Визначено всі основні показники роботи агрегату, що дає змогу для оптимального планування робіт.

5. Розроблено заходи з охорони праці, які можуть бути використані при проведенні інструктажів на робочому місці перед початком польових робіт, проведенні навчання працівників господарства і оновленню засобів з охорони праці. Заходи з охорони праці підвищать безпеку і комфортність роботи в господарстві.

6. Запровадження розробленого комбінованого агрегату дасть змогу одержати економічний ефект в сумі 26570 грн. в рік, а додаткові витрати окупляться протягом першого року його використання.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Новіцький В. Кукурудза: уроки воєнного року. 17.01.2023. // https://agrotimes.ua/opinion/kukurudza-uroky-voyennogo-roku/.

2. Україна тримається на 7 місці за обсягами виробництва кукурудзи в світі // https://superagronom.com/news/19645-ukrayina-trimayetsya-na-7-mistsi-za-obsyagom-virobnitstva-kukurudzi-u-sviti.

3. Савченко Н. Битва за врожай: як українським аграріям адаптуватися до умов війни? 17.04.2023 // https://fmc.com.ua/articles/bitva-za-vrozhaj-yak-ukrayinskim-agrariyam-adaptuv/.

4. Що відбувається з посівною кукурудзи в Україні та ЄС, і чи варто аграріям відмовлятися від цієї культури// https://ukrseeds.org.ua/blog/shcho-vidbuvayetsya-z-posivnoyu-kukurudzy-v-ukrayini-ta-yes-i-chy-varto-agrariyam.

5. Кукурудза – королева полів/ Навчальний посібник. Херсон: Грінь Д.С., 2014. 448 с.

6. Застосування грунтових гербіцидів: особливості, правила, використання прилипача. – 26.04. 2021.// https://superagronom.com/blog/809-zastosuvannya-gruntovih-gerbitsidiv-osoblivosti-pravila-vikoristannya-prilipacha.

7. Особливості внесення гербіцидів// https://agrobona.com.ua/information-ua/zaschita-rasteniy/osobennosti-vnesenija-gerbitsidov-ua.

8. Сторчоус І. Особливості застосування ґрунтових гербіцидів.// – Агробізнес сьогодні. – 12.04.2015. / https://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/519-osoblyvosti-zastosuvannia-gruntovykh-herbitsydiv.html.

9. Розумне застосування гербіцидів. – 03.06.23./ https://agroelita.info/rozumne-zastosuvannia-herbitsydiv/.

10. Зінченко В.Н. Рослинництво. - К.: Урожай, 2001.

11. Як вносити гербіциди// https://posivna.com.ua/ua/zamitky-ahronoma/yak-vnositi-gerbitsidi?srsltid=AfmBOooKvlLEIscVlK5_8I8fgOo1d0RY-6H-FjiKLA-0Rgvb2cWu9VnO.

12. Машини для хімічного захисту рослин. Посібник /За ред. Кравчука В.І., Войтюка Д.Г. – Дослідницьке: УкрНДІПВТ ім. Л.Погорілого. – 2010. – с.184.

13. Кобець А.С., Іщенко Т.Д., Волик Б.А., Демидов О.А. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів: Навчальний посібник. – Дніпропетровськ: РВВ ДДАУ, 2009. – 84 с.

14. Сільськогосподарські машини /Д.Г.Войтюк, Л.В.Аніскевич, В.В.Іщенко та ін..; за ред.. Д.Г.Войтюка. – К.: «Агроосвіта», 2015. – 679 с.

15. Кобець А.С. Основи теорії робочих органів сільськогосподарських машин: Навчальний посібник/ Дніпропетровський державний аграрний університет. – Дніпропетровськ, 1999. – 204 с.

16. Механізація вирощування сільськогосподарських культур в Україні/ А.С.Кобець, О.Д.Деркач, М.І.Ролдугін, В.М.Яцук, П.М.Кухаренко, А.М.Пугач; Дніпропетровський державний аграрно-економічний університет. – Дніпропетровськ, 2014. – 285 с.

17. Мізін І.А., Омеляненко І.С. Кінематичний розрахунок приводу. Методичні вказівки по курсу деталей машин. - Полтава. 2000.

18. Довідник з опору матеріалів / Пісаренко Г.С., Яковлев А.П., Матвієв В.В. Відп. Ред. Писаренко Г.С. – 2-е вид., перероб. і доп. К: Наукова думка, 1988 – 736 с.

19. Опір матеріалів/ Під заг. ред. Г.С. Писаренка, К.: Вища школа, 1973р. – 672 с.

20. Землеробська механіка. Т.2. Теоретичні основи сільськогосподарської механіки/ А.С. Кобець, А.Г. Дем'яненко, О.Ю. Береза, О.А. Гонь і ін.- Дніпро, «Свідлер А.Л.», 2022. – 712 с.

21. Ільченко В.Ю. Експлуатація машинно-тракторного парку в аграрному виробництві. -К.: Урожай, 1993.

22. Машиновикористання в землеробстві /В.Ю.Ільченко, Ю.П.Нагірний, А.П. Джолос та ін.; За ред. В.Ю. Ільченка і Ю.П. Нагірного. – К.: Урожай, 1996. – 384 с.

23. Практикум з використання машин у рослинництві/ В.Ю.Ільченко та ін.; Дніпропетр. держ. агр. ун-т.- 2002.

24. Машиновикористання та екологія довкілля: Підручник/ Головчук А.Ф., Лімонт А.С., Бондаренко М.Г. За ред. А.Ф.Головчука. – К.: Грамота, 2007.- 360 с.

25. Гряник Г.М., Лехман С.Д., Бутко Д.А. Охорона праці. – К.: Урожай, 1994. – 272 с., іл..

26. Правила охорони праці у сільськогосподарському виробництві// Затверджені наказом Міністерства соціальної політики України 29 серпня 2018 року № 1240, зареєстровано в Міністерстві юстиції України 21 вересня 2018 р. за № 1090/32542.

27. Вініченко І.І, Сітковська А.О. Методичні рекомендації з економічного обґрунтування дипломних робіт для студентів факультету механізації сільського господарства// Дніпропетровськ: ДДАЕУ, 2016. – 27 с.