

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ТАВРІЙСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРОТЕХНОЛОГІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ДМИТРА МОТОРНОГО**

Механіко-технологічний факультет

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Машиновикористання в землеробстві  
доцент \_\_\_\_\_ Володимир КУВАЧОВ

“ \_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2021 року

**Пояснювальна записка**

до дипломної роботи  
здобувача ступеня вищої освіти Магістр

на тему: **«ОБґРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ  
МІЖРЯДНОГО ОБРОБІТКУ ПОСІВІВ ПРОСАПНИХ КУЛЬТУР  
З ВИКОРИСТАННЯМ ПРУЖИННОЇ БОРОНИ В УМОВАХ ПП  
«АСКОН» ЯКИМІВСЬКОГО РАЙОНУ ЗАПОРІЗЬКОЇ ОБЛАСТІ»**

Виконав: здобувач ВО 21 МБАІ групи, 2 курсу  
Спеціальності 208 Агроінженерія  
за ОПІ Агроінженерія

\_\_\_\_\_ Владислав ШЕПІЛОВ

Мелітополь  
2021

## РЕФЕРАТ

**Дипломна робота:** 94 сторінки машинопису, 5 розділів, 9 таблиць, 26 джерел літератури.

**Графічна частина роботи** – 6 листів формату А1.

**Об'єкт досліджень** – технологічний процес міжрядного обробітку посівів просапних культур і знаряддя для його реалізації.

**Гіпотеза досліджень** полягає в тому, що успішна боротьба з бур'янами в міжрядді посівів кукурудзи зі збереженням ґрунтової вологи і здійсненням аерації ґрунту можлива шляхом обробітку ґрунту робочими органами, що містять пружинні борони і які працюють на глибині не більше 5 см.

**Мета роботи** – підвищення ефективності технологічного процесу міжрядного обробітку посівів кукурудзи в умовах ПП «Аскон» Запорізької області шляхом обґрунтування способу обробітку і засобів механізації для його реалізації.

В роботі проаналізовано актуальність теми та проблеми міжрядного обробітку посівів просапних культур (на прикладі вирощування кукурудзи).

Обґрунтовано енергоощадну екологічно безпечну технологію міжрядного обробітку посівів кукурудзи.

Теоретично досліджено процес агрегування трактора з пружиною бороною.

Проаналізовано, обґрунтовано та розроблено заходи з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

Оцінено економічну ефективність технологічного процесу міжрядного обробітку посівів кукурудзи новим боронувальним агрегатом в складі пружинних борін.

**Ключові слова:** МІЖРЯДНИЙ ОБРОБІТОК, КУЛЬТИВАТОР, КУКУРУДЗА, ПРУЖИННА БОРОНА, МОДЕЛЮВАННЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ЕФЕКТИВНІСТЬ.

## ЗМІСТ

Вступ	7
1 Аналіз технології міжрядного обробітку посівів кукурудзи	9
1.1 Аналіз існуючої технології міжрядного обробітку посівів кукурудзи	9
1.2 Перспективи використання пружинних борін при догляді за посівами кукурудзи	17
2 Обґрунтування енергоощадної екологічно безпечної технології міжрядного обробітку посівів кукурудзи	27
2.1 Обґрунтування технології міжрядного обробітку посівів кукурудзи та схеми с.-г. знаряддя для її реалізації	27
2.2 Оптимізація та вибір режиму роботи боронувального МТА	
2.3 Моделювання кінематики боронувального МТА	
2.4 Розроблення організаційної карти на міжрядний обробіток посівів кукурудзи	
3 Теоретичне моделювання необхідного рівня енергонасиченості трактора для його агрегування із пружиною	
4 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	
4.1 Основні законодавчі та нормативно-правові акти згідно вимог чинного законодавства України	
4.2 Охорона праці при комплектуванні та використанні машинно-тракторного агрегату для міжрядного обробітку кукурудзи	
4.3 Моделювання травмонебезпечних та небезпечних ситуацій під час виконання робіт з догляду за сільськогосподарськими культурами	
4.4 Безпека в надзвичайних ситуаціях	
5 Оцінка економічної ефективності технологічного процесу міжрядного обробітку посівів кукурудзи боронувальним агрегатом	
Висновки	
Список літератури	

## ВСТУП

Сьогодні сільське господарство України забезпечене високоякісними гербіцидами, гібридами насіння з високим потенціалом та технікою, яка добре виконує завдання агрономічної служби. Важливе завдання, яке стоїть перед аграріями на півдні України, – це збереження вологи. Чим більше вдалося її зберегти, тим краща буде врожайність культурних рослин, зокрема, кукурудзи.

Збереження вологи – це цілий комплекс заходів, у якому пружинна борона посідає ключову позицію. Зазвичай навесні структурований ґрунт ущільнюється й утворюється кірка. Чим скоріше кірку буде зруйновано, тим більше вологи вдасться зберегти. Адже зі стовщенням кірки утворюються тріщини в ґрунті, через які відбуваються колосальні втрати вологи. І навіть при якісному насіннєвому матеріалі та внесенні всіх необхідних добрив можна недоотримати той урожай, який запланували та в який інвестували, через недосягнення вологи за законом Лібіха. Як відомо за цим законом, від речовини, концентрація якої є мінімальною, залежить ріст рослин, величина і якість їх урожаю.

Тобто, завдання пружинної борони – це розпушення ґрунту, руйнування кірки та боротьба з бур'янами у фазі «білої ниточки». Це забезпечує краще поглинання опадів, підживлення і загортання міндобрив, що значно зменшує пестицидне навантаження.

Заміна хімічному або механічному пропольованню посівів просапних культур стрілковою культиваторною лапою на пружинну борону є актуальним для біогосподарств, які працюють з концепцією органічного землеробства і не використовують гербіциди. Як правило, 2-3 рази, залежно від стану забур'яненості, відбувається обприскування гербіцидом. Якщо господарство хоча б один раз зніме бур'ян у фазі «білої ниточки» пружинною бороною, то це значно зекономить хімічні засоби та зменшить навантаження на навколишнє середовище, не пригнічуючи культурну рослину після гербіциду.

Пружинна борона призначена для розумного господарювання. В середньому окупність машини становить 1-2 роки роботи залежно від інтенсивності використання. Як і кожна одиниця техніки, пружинна борона потребує правильного підходу. І якщо використовувати її правильно, отримаємо гідний результат, зокрема, на вирощуванні кукурудзи.

Гіпотеза досліджень полягає в тому, що успішна боротьба з бур'янами в міжрядді посівів кукурудзи зі збереженням ґрунтової вологи і здійсненням аерації ґрунту можлива шляхом обробітку ґрунту робочими органами, що містять пружинні борони і які працюють на глибині не більше 5 см.

Мета роботи полягає в підвищенні ефективності технологічного процесу міжрядного обробітку посівів кукурудзи в умовах ПП «Аскон» Запорізької області шляхом обґрунтування способу обробітку і засобів механізації для його реалізації.

# **1 АКТУАЛЬНІСТЬ ТЕМИ ТА АНАЛІЗ ПРОБЛЕМИ МІЖРЯДНОГО ОБРОБІТКУ ПОСІВІВ ПРОСАПНИХ КУЛЬТУР**

## **1.1 Аналіз існуючої технології міжрядного обробітку посівів кукурудзи**

Вирощування кукурудзи за сучасними технологіями з використанням високоефективних пестицидів не виключає механічних прийомів догляду за посівами. У ряді випадків це зумовлено проростанням однорічних і багаторічних бур'янів, стійких проти ґрунтових гербіцидів, або ущільненням та запливанням ґрунту чи появою сходів пізніх бур'янів після опадів у літній період вегетації кукурудзи [4-6].

Міжрядний обробіток кукурудзи [7-11] починають після появи на сходях 3-4 листочків. За весь період догляду проводять від двох до п'яти міжрядних обробітків. Глибина культивування залежить від ґрунтово-кліматичних умов зони і становить: для першої культивування - 8-12 см, другої - 6-10, третьої і наступних - 4-8 см. Культивування здебільшого поєднують із підживленням посівів.

В опрацьованій операційній технології вирощування кукурудзи міжрядний обробіток посівів у фазі 5-7 листочків проводять на глибину 10-12 см з одночасним знищенням бур'янів у рядках прополювальними борінками. При висоті рослин 35-10 см глибина розпушування міжрядь становить 6-7 см і бур'яни у рядках присипають шаром ґрунту. Відхилення фактичної глибини розпушування ґрунту в міжряддях від заданої допускається не більш як 1 см.

Між рослинами в рядках і обробленою частиною міжрядь залишають захисну зону, щоб культурні рослини під час обробітку не пошкоджувалися й не засипалися ґрунтом. Ширина захисної зони залежить від фази розвитку рослин і становить 7-17 см. Найбільш застосоввані захисні зони при першому, другому і третьому обробітках – відповідно 10, 12-13 та 15 см. Відхилення середньої ширини захисної зони від заданої не повинне перевищувати 2 см. Поверхня ґрунту в міжряддях після обробітку має бути

рівною, а глибина борозенок понад 3 см не допускається. При обробітку захисних зон прополювальними борінками має знищуватися не менше 65-70% однорічних бур'янів, а при присипанні ґрунтом із застосуванням загортачів – не менше 90%. Не зрізаних бур'янів у міжряддях не повинно залишатися. Пошкодження рослин кукурудзи понад 1 % не допускається, як не допускаються пропуски та огріхи.

При підживленні прийняту норму добрив вносять у ґрунт на задану глибину на визначеній відстані від рядків рослин і з урахуванням фаз їх розвитку. Відхилення висіву добрив окремими висівними апаратами не повинно перевищувати  $\pm 8\%$ .

При сівбі 6-рядною сівалкою для обробітку міжрядь застосовують культиватори КРН-4,2А і КРН-4,2Б, а при сівбі 8-рядною - КРН-5,6 та КРН-5,6Б, агрегатуючи їх з тракторами класу 1,4. Якщо сівба проводилася 12-рядним агрегатом, міжрядний обробіток виконують також 12-рядним культиватором КРН-8,4 або двома 6-рядними культиваторами КРН-12А, що начеплені на спеціальну зчіпку.

До тракторів, які використовують на міжрядному обробітку, висуваються такі вимоги: ширина колії трактора має відповідати ширині міжряддя; колеса чи гусениці трактора повинні проходити по міжряддях з достатньою захисною зоною; польовий просвіт має забезпечувати прохід трактора над культурними рослинами без їх пошкодження; трактор повинен бути обладнаний обтікачами або стебlopідіймачами та розпушувачами колії; тиск ходової частини трактора на ґрунт не мусить перевищувати 0,04 МПа, щоб не пошкодити кореневу систему рослин.

Бажана колія, за якої колеса трактора розміщуються посередині міжряддя, а зовнішня та внутрішня захисні зони однакові. Щодо трактора захисною зоною називають відстань по горизонталі від середньої осьової лінії рядка рослин до краю обода (шини) колеса або гусениці. Достатні розміри захисних зон забезпечують збереженість кореневої і наземної частин рослин при проході агрегату, а отже, зменшують втрати врожаю. Ураховуючи ці

вимоги та конструктивні можливості регулювання колії універсально-просапних тракторів класу 1,4 при міжрядному обробітку культур із міжряддями 70 см, задні та передні їх колеса розставляють на колію 1400 мм. Іноді колію передніх коліс тракторів налагоджують на відстань 1460 мм.

Після вибору потрібної колії можна розрахувати захисні зони. Розмір зовнішньої захисної зони визначають за формулою [11]:

$$b_{33.3} = \frac{b_m(n_{чрм} + 1) - (B_{кол.з} + b_{кол.з})}{2}, \quad (1.1)$$

а внутрішньої:

$$b_{33.6} = \frac{(B_{кол.з} - b_{кол.з}) - b_m(n_{чрм} + 1)}{2}, \quad (1.2)$$

де  $B_{кол.з}$  – ширина колії задніх коліс трактора, мм;

$b_m$  – ширина міжряддя, мм;

$n_{чрм}$  – кількість рядків рослин, що знаходяться між колесами трактора;

$b_{кол.з}$ ,  $b_{кол.п}$  – ширина профілю шини відповідно заднього і переднього коліс.

Агротехнічний просвіт трактора (відстань до поверхні ґрунту під передньою віссю і рукавами півосей кінцевих передач трактора), використовуваного на міжрядному обробітку, має забезпечувати випрямлення рослин без пошкодження після проходу трактора над ними. Допустиму ступінь пригинання рослин при проході трактора характеризують коефіцієнтом стійкості [11]:

$$k_{срп} = \frac{h_{рос} - h_{агр}}{h_{рос}}, \quad (1.3)$$

де  $h_{рос}$ ,  $h_{агр}$  – відповідно середня висота рослин під час обробітку і агротехнічний просвіт трактора, мм.

Гранична висота рослин, які можна обробляти трактором з певним агротехнічним просвітом, дорівнює [1]:

$$h_{рос} = h_{агр}(1 - k_{срп}). \quad (1.4)$$

Значення  $k_{срп}$  для кукурудзи становить 0,32-0,37, а соняшнику – 0,20-0,23 і залежить від вологості рослин. У денну пору він зростає на 15-20 %, а у



ранішній та вечірній час внаслідок насичення рослин вологою на стільки ж знижується.

Для кукурудзи нормоване значення агротехнічного просвіту, що повинні забезпечувати трактори, дорівнює 640 мм (так само і для соняшника), а мінімальної захисної зони 120 мм. Для соняшника захисна зона дещо менша і становить 100 мм.

Оскільки міжрядний обробіток ставить жорсткі вимоги до точності водіння агрегату, прямолінійності його руху, курсової стійкості і маневрованості, то в тракторах класу 1,4 перевіряють і регулюють сходження коліс, добиваються визначеного тиску в їх шинах. Для кращого копіювання рельєфу поля по ширині захвату в механізмі навішування вилки розкосів з'єднують із поздовжніми тягами через прорізи, а самі поздовжні тяги повністю блокують від поперечних зміщень. Для поліпшення керованості трактора довантажують його передню вісь шляхом кріплення в передній частині тягарів визначеної маси залежно від марки трактора і агрегатованих культиваторів. Тягарі із задніх коліс знімають.

При налагодженні просапних культиваторів важливо правильно вибрати захисну зону на момент проведення обробітку. Для цього оцінюють якість сівби, знаходять середню ширину рядка, що її займають рослини, та середнє квадратичне відхилення рослин у рядку від його середини і враховують точність водіння трактора в міжряддях.

При малій захисній зоні необроблена площа в міжрядді скорочується, але більше культурних рослин пошкоджуються. При збільшенні захисної зони необроблена площа зростає, але рослини пошкоджуються менше. Якщо прийняти допустиме пошкодження рослин 0,5%, то оптимальну захисну зону можна визначити за формулою [11]:

$$b_{зз.опт} = 2(\sigma_{pc} + \sigma_{po}) + b_{зкс} + h_{об} ctg\gamma, \quad (1.5)$$

де  $\sigma_{pc}, \sigma_{po}$  – відповідно середні квадратичні відхилення рослин від осі рядка і робочого органа;

$b_{зкс}$  – ширина зони кореневої системи на заданій глибині обробітку  $h_{об}$ ;

$\gamma$  – кут деформації ґрунту робочим органом у бік рослин.

Значення ширини захисної зони для кукурудзи і соняшника при першій культивуванні – 100 мм, другої – 120-130 мм і третьої – 150 мм.

Для виконання робіт із догляду за посівами просапні культиватори комплектують відповідними наборами робочих органів: прополювальними, універсальними стрілочастими і долотоподібними лапами, підживлювальними ножами, лапами-поличками, типу КРН-52 і КРН-53 (правими та лівими), ротаційними голчастими дисками, типу КРН-28, прополювальними борінками, типу КРН-38 (КЛТ-38) і захисними пристроями, типу КРН-29 [19].

Прополювальні лапи – лапи-бритви (право- і лівосторонні) застосовують для розпушування ґрунту та підрізання бур'янів у граничній з рядком посіву зоні міжряддя. Працюють пі лапи в технологічному налагодженні з універсальними стрілочастими лапами (рис. 1.2а) при обладнанні культиватора прополювальними борінками, захисними пристроями (рис. 1.2б) або ротаційними голчастими дисками (рис. 1.2в). Замість лап-бритв у деяких підприємствах встановлюють напівлапи, виготовлені із стрілочастих лап, в яких видалене одне з крил. Такі робочі органи більш стійко йдуть на заданій глибині і краще розпушують ґрунт.

Універсальні стрілочасті лапи захватом 220 та 270 мм, як і прополювальні, використовують для розпушування ґрунту та знищення бур'янів, але в осьових зонах міжрядь посівів. Стрілочасті лапи працюють у сполученнях схем розміщення з усіма типами робочих органів просапних культиваторів, за винятком обладнання культиватора долотоподібними лапами.

Долотоподібні лапи застосовують для розпушування міжрядь на ущільнених ґрунтах без винесення вологих шарів ґрунту на поверхню.

За допомогою підживлювальних ножів розпушують ґрунт у граничній з рядком посіву зоні міжрядь при одночасному внесенні добрив на відстані 120-200 мм від осі рядка (рис. 1.2г). З метою запобігання забивання ґрунтом отворів підживлювальних ножів їх рекомендують заглиблювати тільки на ходу.

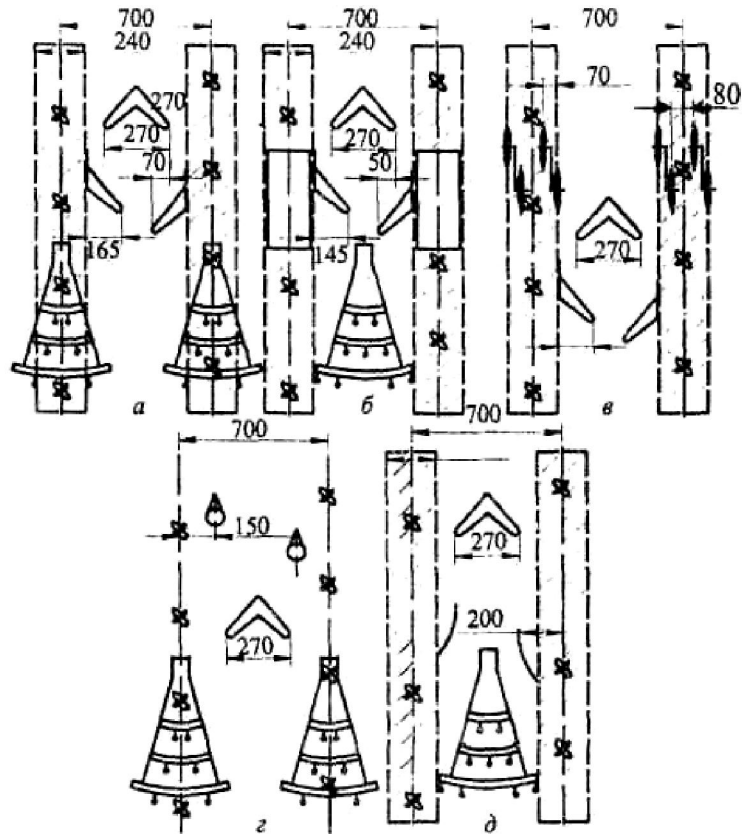


Рисунок 1.1 – Схема розміщення робочих органів на секції культиватора КРН-5,6А при міжрядному обробітку посівів кукурудзи: *а* – з обробітком захисних зон рядка прополювальними борінками; *б* – із застосуванням півлап, прополювальної борінки в міжрядді та захисних пристроїв у рядках; *в* – з обробітком захисних зон рядка ротаційними голчастими дисками; *г* – із застосуванням підживлювальних ножів для внесення добрив; *д* – з присипанням бур'янів у захисних зонах рядка лапами-полічками

Лапи-полічки застосовують при міжрядному обробітку для розпушування ґрунту, знищення бур'янів у зоні їх руху та переміщення частини ґрунту з цієї зони до рядків посіву для присипання бур'янів. Такий прийом дозволяє в захисній зоні до 250 мм значно сповільнити ріст і розвиток бур'янів або повністю їх знищити (рис. 1.2д). Лапи-полічки використовують, якщо рослини сягають висоти, не менш як 300-400 мм, а бур'яни – не більш як 150 мм.

Ротаційні голчасті диски застосовують для руйнування ґрунтової кірки та знищення бур'янів у захисній зоні рядка посіву. Голчасті диски можна встановити так, що при їх перекочуванні входження зуба в ґрунт

відбуватиметься або заокругленим боком, або гострим. В одному разі голчасті диски менше пошкоджують культурні рослини, а в іншому – більше знищують бур'янів.

Прополувальні борінки призначені для поверхневого розпушування ґрунту і знищення бур'янів у захисних зонах рядків посіву при перших міжрядних обробках та в міжряддях посіву – при наступних обробках. При обробці захисних зон пружинні зуби борінки розставляють по симетричній або несиметричній схемі (рис. 1.3 *а* і *б*). Несиметричне розміщення зубів борінки виконують при обробці поверхні поля з післяжнивними рештками або ґрунтовими брилами. При обробці міжрядь зуби борінок розставляють по симетричній схемі (рис. 1.3 *в*). Борінки шарнірно встановлюють у кронштейні і при роботі вони добре пристосовуються до рельєфу поверхні поля. Глибину ходу зуба регулюють за допомогою пружин стиску.

Захисні пристрої застосовують для запобігання присипанню рослин у рядках при перших міжрядних обробках або русі агрегату на підвищених швидкостях. Щиток пристрою над рядком рослин устанавлюють так, щоб нижній край його був на відстані 10-12 см від горизонту поля, а його твірна поверхня розміщувалася в зоні інтенсивного відкидання ґрунту робочими органами культиватора.

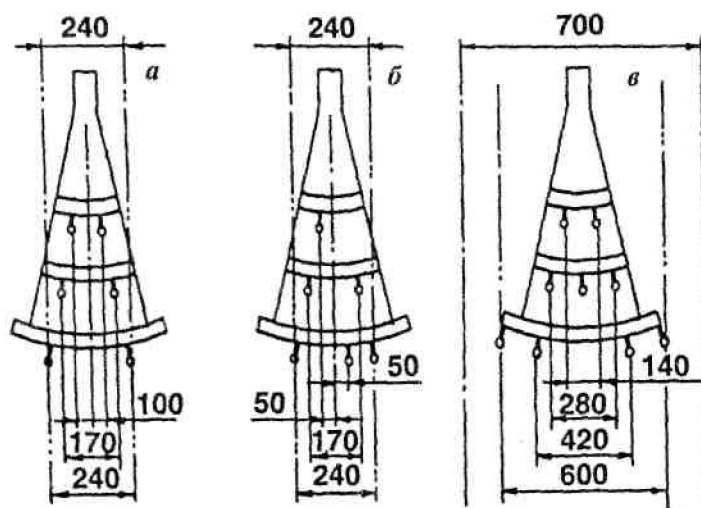


Рисунок 1.2 – Схема розстановки зубів прополювальної борінки для обробітку захисних зон рядка: *a* – симетрична; *b* – асиметрична; *в* – для обробітку міжрядь посівів

Підставою для вибору робочої швидкості агрегатів на міжрядному обробітку просапних культур є агротехнічно допустима найбільша швидкість. Це пов'язано з тим, що практично застосовуються одно машинні агрегати, які, як правило, не завантажують двигун трактора повною мірою. З метою економії палива рекомендовано працювати на підвищених передачах та частковому швидкісному режимі двигуна.

У фазі розвитку кукурудзи 5-7 листочків, коли для обробітку міжрядь використовують стрілчасту лапу і односторонні лапи-бритви, обробіток захисних зон здійснюють прополювальними борінками. Швидкість руху агрегату не повинна перевищувати 6-7 км/год. Ефективна робота ротаційних голчастих дисків забезпечується на швидкості 8-10 км/год. При міжрядному обробітку з присипанням бур'янів у рядках шаром ґрунту швидкість руху агрегату має бути 8-9 км/год.

При човниковому способі руху начіпних культиваторних агрегатів можливе здійснення грибоподібних поворотів заднім ходом із відкритою чи закритою петлею. Хоча реалізація цих поворотів вимагає дворазового переключення передач, проте дає змогу зменшити ширину поворотної смуги приблизно на 40% і, відповідно, скоротити пошкодження рослин.

При здійсненні грибоподібного повороту заднім ходом із відкритою петлею довжину холостого ходу на повороті визначають за формулою [11]:

$$l_{пов.х} = (4,1...5)R + 2e, \quad (1.6)$$

а із закритою петлею [11]:

$$l_{пов.х} = (5...5.5)R + 2e, \quad (1.7)$$

при однаковій мінімальній ширині поворотної смуги [11]:

$$E_{min} = 1,1R + 0,5B_{зум} + e, \quad (1.8)$$

де  $B_{зум}$  – габаритна ширина культиватора, м.

Найменший допустимий радіус повороту начіпних просапних культиваторних агрегатів при швидкості руху 5 км/год. становить  $K=(0,8-0,9)V_k$ , де  $V_k$  – конструктивна ширина захвату агрегату, м [11].

На першому проході через 20-30 м агрегат зупиняють і перевіряють якість роботи: повноту знищення бур'янів у міжряддях і в захисних зонах, ширину захисної зони, глибину розпушування та гребенистість поверхні ґрунту в міжряддях після проходу агрегату, пошкодження рослин кукурудзи, контролюють норму внесення добрив при підживленні.

Систематично (на поворотних смугах, а за необхідності і в загінці на зупиненому агрегаті) спеціальним чистиком очищують робочі органи від рослинних решток і бур'янів, а опорні і ходові колеса – від налиплого ґрунту. Стежать за перекочуванням опорних коліс секцій по поверхні ґрунту.

## **1.2 Перспективи використання пружинних борін при догляді за посівами кукурудзи**

Борона пружинна вже багато років є перевіреним інструментом не тільки для якісного механічного догляду, а й альтернативою хімічної боротьби з бур'янами [4]. Область застосування борони пружинної дуже широка. Завдяки успішному застосуванню при обробці зернових, технічних, овочевих, бобових культур, пасовищ. Борона пружинна стала відігравати вирішальну роль у сучасному землеробстві. Дуже важливо проводити боронування посівів для руйнування ґрунтової кірки, особливо на важких ґрунтах. Як правило, велика кількість опадів у період до появи сходів, спекотна суха погода призводить до утворення ґрунтової кірки, що заважає доступу повітря, ускладнює проростання рослин. У результаті рослини частково гинуть, сходи з'являються не дружні. Все це в кінцевому підсумку сильно знижує врожайність і якість посівів. Результатом роботи борони пружинної є максимальне знищення бур'янів, які не в змозі вплинути на основну культуру.

Позитивні ефекти при використанні борони пружинної (рис. 1.4):

- покращення циркуляція повітря в ґрунті;
- регулювання водного балансу (руйнування капілярів);
- посилення росту основної культури.

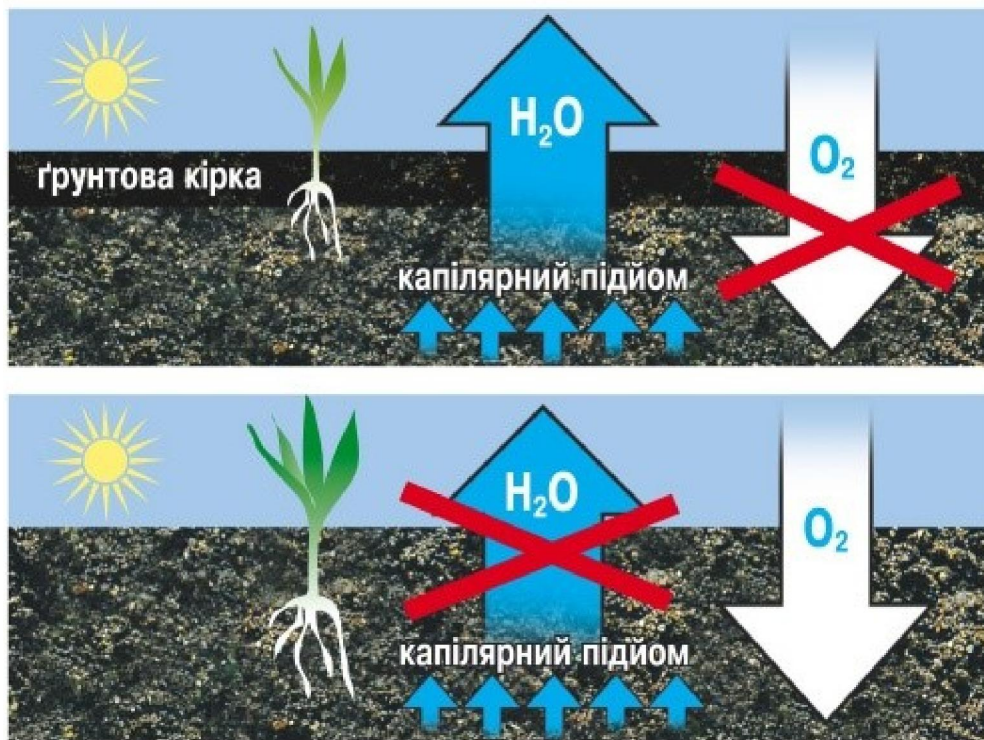


Рисунок 1.3 – Ґрунтовий ефект від використання пружинної борони

Успіх не хімічного регулювання кількості бур'янів залежить від того, наскільки в момент сонячної погоди правильно обрано час роботи борони пружинної, що сприяє висушуванню і знищенню зародків бур'янів. При цьому рілля не повинна бути дуже вологою. Оптимальний вплив на ґрунт, глибина, а також швидкість руху і регулювання зубів, повинні відповідати технологіям вирощування окремих сільськогосподарських культур.

Ефект від використання борони пружинної в боротьбі з бур'янами досягається на 70% завдяки вичісуванню бур'янів ще в початковій фазі, і сприяє утриманню та накопиченню продуктивної вологи, повітряно-газового обміну, що обумовлює динамічний розвиток на різних стадіях вегетації культурної рослини. Виходячи з цього факту, можна виявити різні аргументи успішного використання пружинних борін:

- конструктивно обумовлена рухливість і вібрація пружини забезпечує якісне розпушування, прополювання бур'янів у стадії "білої нитки" і при цьому надає дбайливе вплив на сходи культурних рослин;

- під час боронування швидкість руху агрегату повинна складати 8-12 км/год. Грунт при цьому приводиться в рух інтенсивніше, бур'ян засипається, забезпечуючи кращі результати боротьби з ним. Грамотне і своєчасне використання борін істотно знижує собівартість вирощування сільськогосподарських культур, скорочує витрати на хімічну обробку.

У нових умовах ведення сільського господарства, яке все більше орієнтується на вимоги екології, ґрунтообробні знаряддя останніми роками відіграють дедалі важливішу роль. Тож дедалі важливішими стають і профілактичні заходи боротьби з забур'яненістю, такі як правильна сівозміна, щадна обробка ґрунту, збалансоване внесення добрив, ретельна підготовка ґрунту під посів. Пружинна борона виступає не тільки знаряддям для механічного догляду за посівами, але й як альтернатива хімічної боротьби з бур'янами. Завдяки успішному використанню на зернових, кукурудзі, ріпаку, картоплі, овочах, горосі, сої, бобах і пасовищах, борона робить вагомий внесок у процес догляду за ґрунтами, адже сфера його застосування майже безмежна: від вентиляції ґрунту, регулювання водного балансу до стимулювання куціння культурних рослин.

**Перше, що важливо знати** при роботі з пружинною бороною [12], це оптимальні терміни, коли тяговий агрегат разом із машиною може зайти в поле для боронування і коли ми бачимо, що починає утворюватися кірка. Простіше кажучи, заходити в ґрунт потрібно якомога раніше. Але завжди слід урахувати вагу трактора та можливі негативні впливи його ходових систем, що можуть значно переущільнити ґрунт. При вологому ґрунті, який ще не досяг своєї оптимальної зрілості, відбудуватиметься значне трамбування нижніх шарів. Зазвичай боронувань може бути кілька. При цьому борони не тільки знищують кірку, а й борються з бур'янами у фазі «білої ниточки». Особливо актуальне механічне знищення бур'янів на озимих культурах. Альтернативою



є знищення бур'янів гербіцидами, але в такому разі відчувається кардинальна різниця у вартості (середня вартість одного проходу бороною співвідноситься як 1 га поля до 1 л дизельного палива). Зрозумілим залишається також питання екології.

Світове с.-г. машинобудування випускає сьогодні легкі, середні та важкі пружинні борони.

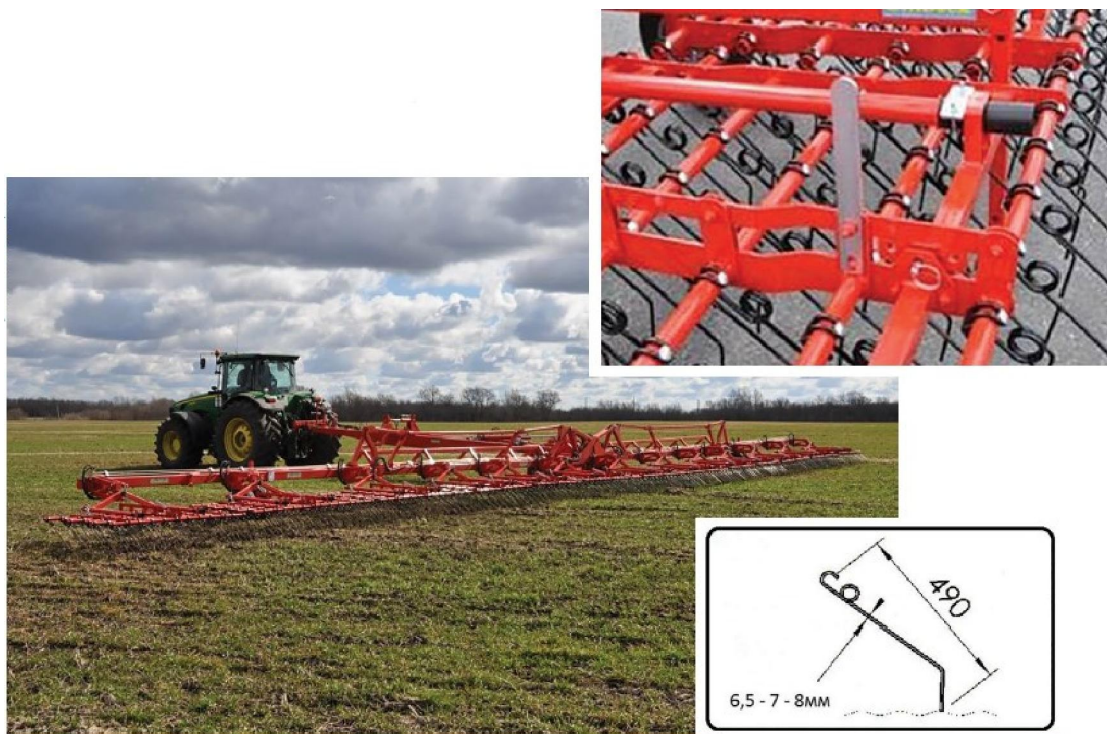


Рисунок 1.4 – Легка пружинна борона

**Легкі борони** (рис. 1.5) мають тонкий зуб близько 6 мм у діаметрі з загнутим кінцем. Зазвичай легкі пружинні борони – це начіпні агрегати. Їх основне завдання вичесати бур'яни у фазі «білої ниточки», адже зі сформованою ґрунтовою кіркою такий тип борони не справляється повною мірою. Варто зазначити, що легка борона найменше пошкоджує культурні рослини, що дає можливість працювати з рослинами, в яких малорозвинена коренева система.

**Середня борона** (рис. 1.6), як правило, має зуб 10-12 мм у діаметрі. Зуби зібрані в секції, які чіпляють на раму машини ланцюгами. Ширина однієї такої секції близько 1,5 м. Навантаження на ґрунт чиниться масою секцій із зубами.

Тобто, навантаження невелике, секції не залежать одна від одної, завдяки чому вони копіюють рельєф поля. Такий тип пружинної борони ефективно руйнує ґрунтову кірку, яка може бути як досить тонкою, так і надміру засушеною. Борона також вичісує бур'яни в фазі «білої ниточки» та мінімально пошкоджує культурні рослини, які укорінилися.

При роботі з середньою бороною потрібно враховувати погодні умови і те, як сильно вони впливають на утворення кірки. Якщо говорити про 2016 рік, коли сильні дощі чергувалися з посухою, то такі умови сприяли утворенню дуже щільної й товстої кірки. На пересушених ґрунтах середній бороні вже складно впорюватися зі своїм завданням. Тут допоможе інший тип машини. Найефективніше справляються ротаційні борони.



Рисунок 1.5 – Середня пружинна борона

Стосовно **важких пружинних борін** (рис. 1.7), то вони також складаються з секцій, які підвішуються на раму через різноманітні паралелограми, тяги або ресори. Тобто, в таких боролах вся вага знаряддя може бути перенесена на секції та, відповідно, на ґрунт. Діаметр зуба на важкій пружинній бороні – від 14 до 18 мм.

При використанні таких борін важлива не стільки довжина зубів, скільки навантаження на них. Якщо порівнювати за тиском борони між собою, то на легких іде незначне навантаження, через невелику вагу самої машини; у

середніх борін це навантаження вже відчутніше, а важкі борони справляють найбільший тиск завдяки власній масі.

Важкі борони найбільше підходять для вирівнювання весняної оранки. Інколи можна навіть проводити перше луцення легкої стерні. Адже якщо ми маємо стерню зернових, то чому б не зробити закриття вологи влітку після збирання врожаю? Важкі борони використовують, як правило, на вільному полі, де нема культурних рослин. Тобто, працювати по сходах нею категорично не можна, бо такий тип борони їх знищить.



Рисунок 1.6 – Важка пружинна борона

Явище забивання борін є більш актуальним для традиційних зубових борін типу БЗСС. Якщо говорити про сучасні пружинні борони, то, незалежно від типу, вони мають здатність до самоочищення. Тому пружинну борону важко уявити забитою. Бо зуб під час роботи рухається в різні боки, самоочищаючись. Звичайно, на полі з великою кількістю пожнивних залишків борона заб'ється, але в цьому буде винен не тип ґрунту, а кількість решток та використання знаряддя не по призначенню. В такому разі при збільшенні швидкості руху поступово нагорнуті рештки струшуються і не затримуються в

бороні. Також забивання залежить від кута атаки, адже чим він агресивніший, тим більше горне на себе борона. Незалежно від виробника.

Агресивність роботи та її вплив на боронування залежить від кута атаки борін. На всіх боронах є можливість регулювати кут атаки від 0 до 90°. Чим вертикальніше розміщено зуб, тим агресивніше працює машина і, відповідно, тим більший відсоток пошкоджень культурних рослин. При агресивному положенні борона підгортає під себе дедалі більше пожнивних решток, що значно збільшую навантаження на зуби. Інколи фермери при такому куті атаки здійснюють таку нетрадиційну для пружинних борін операцію, як збір соломи у валки. Так, це не основне їх призначення, але чому б і ні? Чим агресивніший кут атаки, тим більше руйнується кірка. Це особливо доцільно при пересушеному ґрунті.

Якщо, навпаки, відрегулювати кут атаки в діапазоні 15-30° на середній бороні, то досягається дбайливе ставлення до культурних рослин, це дає можливість працювати по озимих, вичісувати бур'яни у фазі «білої ниточки» й мінімально пошкоджувати культурні рослини.

Середнє навантаження на одну борону становить приблизно 2-3 тис. га за сезон. Якщо порівнювати між собою різні типи борін (наприклад, нові пружинні та зубові застарілого зразка), то пружинна борона нового зразка має термін окупності 1–2 сезони. Це завдяки принципово іншій конструкції борони. У пружинній зуб постійно вібрує і через це знижується тяговий опір, що приводить до зменшення палива та кращого вичісування бур'янів, а це, у свою чергу, збільшує врожайність. Також необхідно враховувати, що на різних типах ґрунтів зуби зношуватимуться також по-різному: на ґрунтах із великим умістом піску, гальки та щебеню зітруться швидше, ніж на чорноземі.

Незважаючи на зовнішню схожість, зуби різних виробників значно відрізняються один від іншого. Так, наприклад, зуби пружинної борони одного виробника необхідно замінювати кожного року, а в іншого вони пропрацюють понад три роки (при однаковому навантаженні в 2-3 тис.га на рік).



Головним критерієм вибору такого знаряддя є результат роботи в господарстві протягом 3-4 років. Саме тоді формується правильне розуміння співвідношення ціна-якість. Ціна знаряддя залежить від якості. Як показує практика [12], нерідко буває так, що господарство купує дешеву борону, яка швидко виходить з ладу, і згодом обирає надійний дорогий варіант. З точки зору ощадливості, економії так і не було досягнуто. Борона, як і всяка одиниця техніки, це інструмент для заробляння коштів, а не їх трата.

Наступне, на що варто звернути увагу, – кількість робочих органів на бороні. Різні виробники пропонують свої варіації. Помиляються ті, хто порівнює ширину захвату і ціну пружинної борони, не враховуючи при цьому кількість робочих органів на агрегаті, що може сягати лише 25-30 %.

Ширина пружинної борони залежить від кількості секцій. Кожна секція має балки з зубами. Трапляється так, що 60 зубів розміщено на 5 балках, а інколи на 6. Від кількості балок на секції залежить пропускна спроможність борони. А саме: чим більше балок, тим більша ця спроможність. Це важливо при роботі з пожнивними рештками. Прикладом є сівба пшениці по соняшнику, коли не використовується мульчувач і на полі багато решток. Коли пропускна спроможність невелика (тобто кількість балок на секціях мінімальна), борона може горнути рештки й забиватися.

Ще одним критерієм є якість робочих органів (зуба) [12]. Адже завдання пружинної борони – рівномірна обробка ґрунту: як у зоні рядка, так і в міжрядді. Виконання цього завдання залежить від таких факторів, як відстань між зубами та їх стійкість до навантажень. Головним показником якості пружинної борони є відповідність технічних характеристик після років роботи. Оскільки агрегат з неякісними робочими органами вже через рік роботи матиме зуби, які розходяться в різні сторони, і повернути їх у початкове положення неможливо. В результаті, коли зуб нечітко тримає міжряддя, ущільнені та тверді місця залишаються необробленими. При таких умовах свою основну функцію – зірвати кірку – пружинна борона не виконуватиме.

Варто оцінити також **стан зуба та його зношеність**, тобто наскільки цей зуб ламкий. Існують розбіжності між стійкістю до стирання і ламкістю. Адже чим стійкіший зуб до стирання, тим більша його ламкість. Від цього залежить і вартість машини в перший рік придбання і через 5 років роботи з урахуванням замін, поломок та ремонтів. Лише тоді можна отримати адекватну вартість борони.

Наступним критерієм є **надійність рами**. У слабкій рамі при навантаженнях утворюються тріщини, які треба підварювати. Це призводить до ослаблення рами. Знову ж таки, реальну картину роботи борони потрібно спостерігати через роки напрацювань із наробітком не менше 1000 га на рік.

Агресивність роботи пружинної борони визначається кутом атаки зуба, який зазвичай має декілька робочих положень. Також на агресивність роботи впливає швидкість роботи машини. Швидкість залежить від культури та стадії її вегетації. Прямих рекомендацій для швидкості роботи не існує. На неї впливає тип ґрунту, його стан розпушення, глибина кірки та стан культурної рослини. З практики можна сказати, що по люцерні оптимальна швидкість руху становить близько 12 км/год., тоді як на кукурудзі, соняшнику та сої – 4-6 км/год. Швидкість також залежить від типу кореневої системи рослини. Відомо, що соняшник має стрижневу систему, яка стійкіша до виривання порівняно, наприклад, із кукурудзою з її мичкуватим коренем. Це дає змогу збільшувати швидкість на кукурудзі і працювати на висоті рослини до 20-25 см. При роботі на рослинах з мичкуватим коренем варто зняти 1-2 зуби, які йдуть у рядку з рослиною. Такий спосіб дає швидко закрити вологу на кукурудзі та є альтернативою просапному культиватору.

Агресивність зубів також залежить від товщини кірки: чим вона більша, тим агресивніше регулюються зуби. Але при збільшенні агресивності збільшується ймовірність пошкодження культурних рослин. Тому, як уже зазначалось, необхідно стежити за оптимальними термінами для роботи агрегатом. Пружинна борона дає можливість працювати, починаючи від сліпого боронування. Наприклад, при проростанні рослини на висоті 2 см під

землею та при зовнішніх факторах, як-от дощ, котрий уже приплескав землю, доцільно провести боронування. В такому разі глибина обробітку пружинної борони становить 1 см. Це дає можливість однією операцією зняти першу хвилю бур'янів, розрихлити кірку і дати рослині можливість вільно рости. На агресивність роботи впливає і спосіб руху агрегату по полю. Можна рухатися агрегатом вздовж рядків, по діагоналі або впоперек (рис. 1.8).



Рисунок 1.7 – Обробіток сходів просапних культур пружинною бороною поперек рядків

## **2 ОБҐРУНТУВАННЯ ЕНЕРГООЩАДНОЇ ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ МІЖРЯДНОГО ОБРОБІТКУ ПОСІВІВ КУКУРУДЗИ**

### **2.1 Обґрунтування технології міжрядного обробітку посівів кукурудзи та схеми с.-г. знаряддя для її реалізації**

Прийняв до уваги переваги використання пружинних борін (див. розділ 1) нами було покладено припущення, згідно якого успішна боротьба з бур'янами в міжрядді посівів кукурудзи зі збереженням ґрунтової вологи і здійсненням аерації ґрунту можлива через глибину обробітку не більше 5 см і ефективне знищення бур'янів у фазі сходів.

За критерії розроблення нової технології та знаряддя для її реалізації було покладене наступне:

1) Схема нового знаряддя для міжрядного обробітку посівів кукурудзи була б за ціною меншою, ніж серійні пружинні борони. А агротехнічна якість міжрядного обробітку кукурудзи задовольняла би вимоги, які ставляться до механічного міжрядного обробітку просапних культур просапними культиваторами.

2) Також до завдань проекту входило обґрунтування конструктивно-технологічної схеми нового культиваторного агрегату в складі пружинної борони, конструкція якого була б на рівні деклараційного патенту на корисну модель.

3) Разом з цим вказана конструкція повинна зацікавити потенційного покупця за критеріями своєї практичності, технологічної корисності та економічної доцільності.

В результаті було запропоновано замість використання серійної або модернізованої пружинної борони переобладнати просапний культиватор, наприклад КРН-5,6 або ALTAIR-5,6 виробництва ПАТ «Ельворті» на предмет



його можливого використання з пружинними боронами при міжрядному обробітку посівів кукурудзи.

Відомий спосіб міжрядного обробітку посівів просапних культур [11] прийнятий за прототип, включає обробіток захисних зон рядка та міжряддя прополювальними або пружинними борінками.

Недоліком цього способу, прийнятого в якості прототипу, є низька ефективність розпушування ґрунту та знищення бур'янів при цьому. Оскільки діаметр зубців пружинної борінки доволі малий задля того, щоб висмикнути бур'ян і не залишити його після проходу агрегату. Особливо це набуває актуальності при роботі борони на глибині менше 5 см. Тому все ж певна частка бур'янів після проходу агрегату залишається на полі. До того ж доцільність використання вказаного способу націлена на стадію росту бур'янів в стані білої ниточки. А оскільки агрострок їх знищення в цій стадії росту дуже малий, то невчасне проведення міжрядного обробітку посівів просапних культур буде малоефективним, оскільки бур'ян вже встигне укріпитися в ґрунті. Також вказаним способом важко буде знищувати багаторічні бур'яни, такі, наприклад, як осот, і ті, які не були знищені за попередній обробіток зубовим пружинним робочим органом. Також суттєвим недоліком вказаного способу є велика відстань між зубцями пружинної борінки, що, як правило, в декілька разів перевищує їх товщину або діаметр. Цієї відстані достатньо для того, щоб залишити на полі бур'ян, навіть в стані білої нитки, з подальшим його укоріненням. З причин незадовільної боротьби з бур'яном на полі механічним способом тенденція з використання гербіцидних технологій на практиці тільки зростає. Однак з економічної точки зору імпорتنі препарати для хімпрополки посівів просапних культур коштовні. Крім цього пагубність впливу хімпрепаратів на ґрунтову біоту, на нашу думку, багато в чому не вивчена.

В основу запропонованої технології покладена задача удосконалення способу міжрядного обробітку посівів кукурудзи шляхом смугового обробітку захисної зони рядка та міжряддя додатково розміщеними зубовими

спіралеподібними пружинними борінками і плоскорізальними сегментами. Це дозволяє покращити агротехнічну якість розпушування ґрунту при обробітку посівів просапних культур з одночасним ефективним знищенням бур'янів, як в міжрядді, так і в рядку.

Поставлена задача вирішується тим, що в технології міжрядного обробітку посівів кукурудзи, який включає обробіток захисних зон рядка та міжряддя прополювальними або пружинними зубовими борінками, додатково захисна зона рядка та міжряддя посівів оброблюється смугами, які утворюються симетричними попарно розміщеними в два рядки зубовими спіралеподібними пружинними борінками з шириною захвату кожної щонайменше вдвічі більшу за товщину або діаметр пружинного зубця та розташованими в зоні міжряддя між борінками плоскорізальними сегментами під однаковим кутом їх атаки, які працюють на глибині обробітку до 4...6 см.

Застосування запропонованого способу, на відміну від відомого, дозволяє покращити агротехнічну якість розпушування ґрунту при обробітку посівів просапних сільськогосподарських культур з одночасним ефективним знищенням бур'янів, як в міжрядді, так і в рядку.

Реалізація способу пояснюється кресленнями, де:

- на рис. 2.1 зображено схему розміщення робочих органів при міжрядному обробітку просапних сільськогосподарських культур;
- на рис. 2.2 зображено схему утворення смуги заглибленого в ґрунт плоскорізального сегменту.

До складу робочих органів в запропонованому способі міжрядного обробітку посівів просапних культур входять чотири попарно розміщених зубових спіралеподібних пружинних борінок 1 з діаметром зуба  $d$  і відстанню між ними  $K$ , які на глибині обробітку  $h$  утворюють смуги шириною  $D$  та три плоскорізальні сегменти 2 з шириною захвату  $B$ . Кут атаки пружинної борінки  $\alpha$ , а плоско різального сегменту –  $\beta$ .

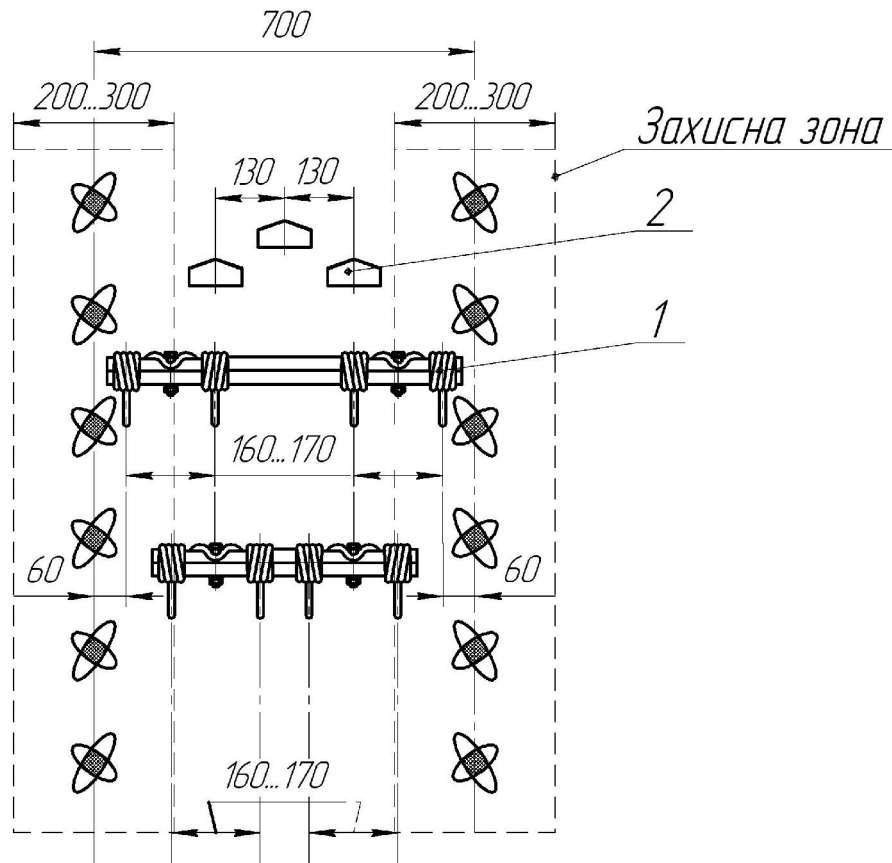


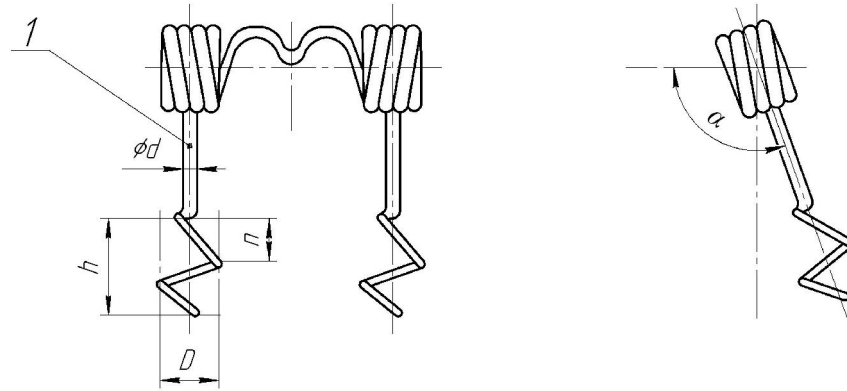
Рисунок 2.1 – Схема розміщення робочих органів при міжрядному обробітку кукурудзи

Заявлений спосіб реалізується наступним чином.

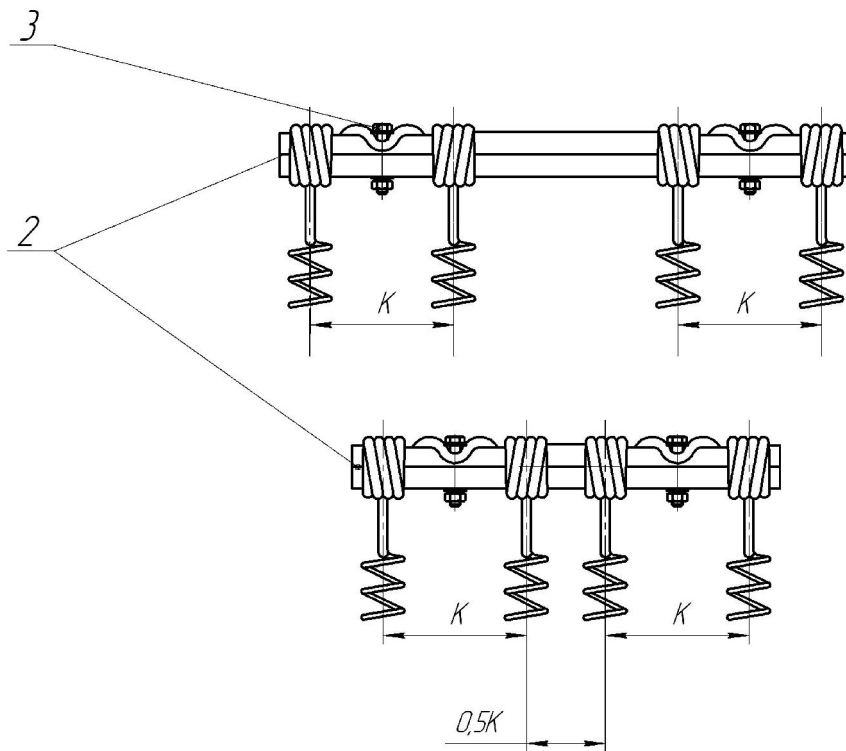
Перед початком міжрядного обробітку посівів кукурудзи з міжряддям 700 мм на секції просапного культиватора (на рис. 2.1 не показаний) зубві пружинні борінки 1 попарно розміщуються (на відстані 160...170 мм один від одного) в два рядки симетрично середини міжряддя. При цьому крайні борінки 1 розміщуються в близькості 60 мм от рядка культурної рослини (в захисній зоні). В зоні між пружинними борінками 1 встановлюються симетрично розміщені відносно середини міжряддя три плоскорізальні сегменти 2, які працюють на глибині обробітку до 4...6 см.

В процесі роботи пружинна борінка на глибині обробітку  $h$  за рахунок її спіралеподібної форми утворює смугу шириною  $D$  (рис. 2.2). Остання величина щонайменше вдвічі більша за товщину або діаметр  $d$  пружинного зубця 1, що збільшує ширини захвату пружинного робочого органу. А також,

це сприяє більш ефективному знищенню (шляхом висмикування) ним бур'янів та розпушуванню ґрунту. Кріпиться кожна пара пружинних борінок на брусі 2 секції робочих органів культиватора. Фіксатор 3 дозволяє зафіксувати положення кожної пари пружинних борінок на брусі 2.



а)



б)

Рисунок 2.2 – Схема робочого органу пружинних борінок (а) та їх розміщення на секції просапного культиватора (б)

Робочий орган пружинної борінки (рис. 2.2), складається з пари розпушувальних зубців 1 товщиною  $d$  розміщених на відстані  $K$  один від одного, закріплених за допомогою кріплення 3 на рамі або секції

сілськогосподарського знаряддя із зміщенням кожної пари зубців 1 по відношенню до іншої пари по ширині робочого захвату на половину відстані  $(0,5K)$  між зубцями кожної пари. Зубець 1 кожної пари на глибині обробітку  $h$  виконаний спіралеподібної форми з постійним або змінним кроком  $n$ . Кут атаки зубця  $\alpha$ . При цьому ширина оброблювальної смуги зубцем 1 кожної пари дорівнює  $D$ .

Плоскорізальний сегмент в процесі роботи утворює смугу шириною  $B$  (рис. 2.3). Його розміщення в зоні між зубцями пружинної борінки 1 дозволяє ефективно зрізати бур'яни. А його установка на малу глибину обробітку покращує стійкість руху знаряддя та агротехнічну якість виконуваного ним механічного обробітку ґрунту.

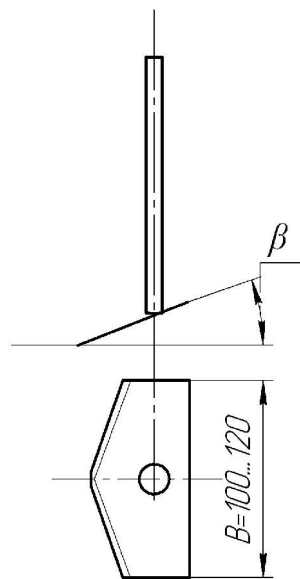


Рисунок 2.3 – Схема плоско різального сегменту

Запропонований спосіб міжрядного обробітку посівів просапних культур дозволяє ефективно знищувати бур'яни механічним способом без використання гербіцидних технологій, покращити агротехнічну якість цієї технологічної операції, що, в кінцевому рахунку, підвищує врожайність сілськогосподарських культур.

Для агрегування запропонованого знаряддя достатньо універсально-просапного трактора класичної компоновальної схеми. Загальна схема нового агрегату для догляду за паром, побудованого на основі просапного

культиватора типу ALTAIR-5,6 виробництва ПАТ «Ельворті» представлено на схемі рис. 2.4.

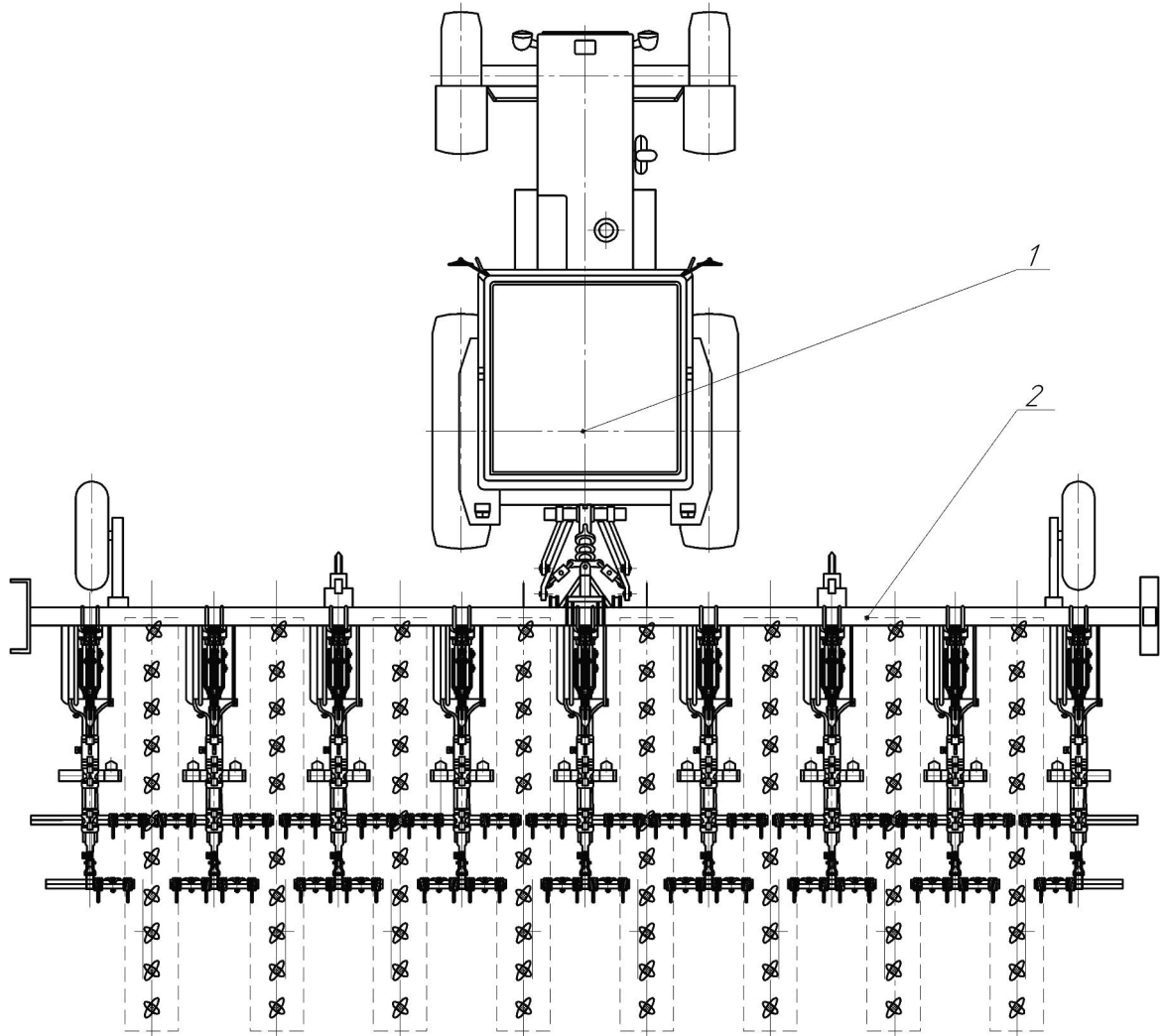


Рисунок 2.4 – Схема агрегату в складі універсально-просапного трактора (1) і нової пружинної борони, створеної на базі просапного культиватора ALTAIR-5,6 (2)

Крайні секції культиватора для обробітку стикових міжрядь слід комплектувати не повним комплектом робочих органів (див. рис. 2.4). При цьому стикові міжряддя обробляються на всій площі за два проходи агрегату – в прямому і зворотному напрямках.

## 2.2 Оптимізація та вибір режиму роботи боронувального МТА

### 2.2.1 Моделювання кінематики боронувального МТА

Кінематика розглядуваного нами боронувального МТА – це його рух (з точки зору геометричних форм) при виконанні технологічної операції. Основні елементи цього руху визначаються робочими і холостими ходами, обмовленими поворотами, заїздами, переїздами агрегату.

До кінематичних характеристик МТА відносяться: кінематичний центр; кінематична довжина; довжина виїзду; кінематична ширина; радіус і центр повороту; ширина захвата. Окремо для трактора основними кінематичними характеристиками є ширина колії і поздовжня колісна база, а для зчїпки та робочої машини визначають кінематичну довжину.

Найважливішою кінематичною характеристикою повороту є радіус повороту. Мінімальним радіусом повороту агрегату називається найменший радіус окружності, рух по якій за певних умов допускається конструктивними параметрами агрегату без деформації рушїїв і поверхні руху, тобто без ушкоджень машини і навколишнього середовища. Цей показник залежить від найменшого радіусу повороту трактора, конструкції зчїпки і знаряддя, габаритів агрегату по ширині і довжині, а також режиму його виконання.

Під кінематичним центром агрегату розуміють умовну геометричну точку (Ц.а.) на площині руху (поверхні поля), траєкторію якої розглядають як траєкторію МТА в процесі його руху.

Лінія, яка відділяє поворотну смугу від іншої частини загону, на якій здійснюються робочі руху машинно-тракторного агрегату, називають контрольною лінією.

Кінематичні характеристики трактора і агрегату. Точка агрегату, траєкторія якої при розрахунках використовується для визначення кінематики всіх інших точок, називається кінематичним центром МТА, або просто центром агрегату (Ц.а.). У колісних тракторів класичної компоновки – це проекція на площину руху середини задньої ведучої осі.

Умовний радіус повороту агрегату  $R$  приблизно визначають як відстань від центру агрегату (Ц.а.) до умовного центру повороту (Ц.п.). Звичайно при повороті центр агрегату переміщується не по окружності, а по дузі більш складної форми, тому що змінюється і положення самого центра повороту. Не залишається постійним і радіус повороту агрегату, але при експлуатаційних розрахунках з достатньою точністю приймають деяке усереднене значення  $Ra$ , обумовлене з урахуванням ширини захвата агрегату і робочої швидкості.

Кінематика будь-якого машинно-тракторного агрегату – це його рух (з точки зору геометричних форм) при виконанні технологічної операції. Основні елементи цього руху визначаються робочими і холостими ходами, обмовленими поворотами, заїздами, переїздами агрегату.

Для розглядуваного культиваторного агрегату його основні кінематичні параметри представлені на рис. 2.7. Точка агрегату, траєкторія якої при розрахунках використовується для визначення кінематики всіх інших точок, називається кінематичним центром МТА, або просто центром агрегату (Ц.а.) (див. рис. 2.5).

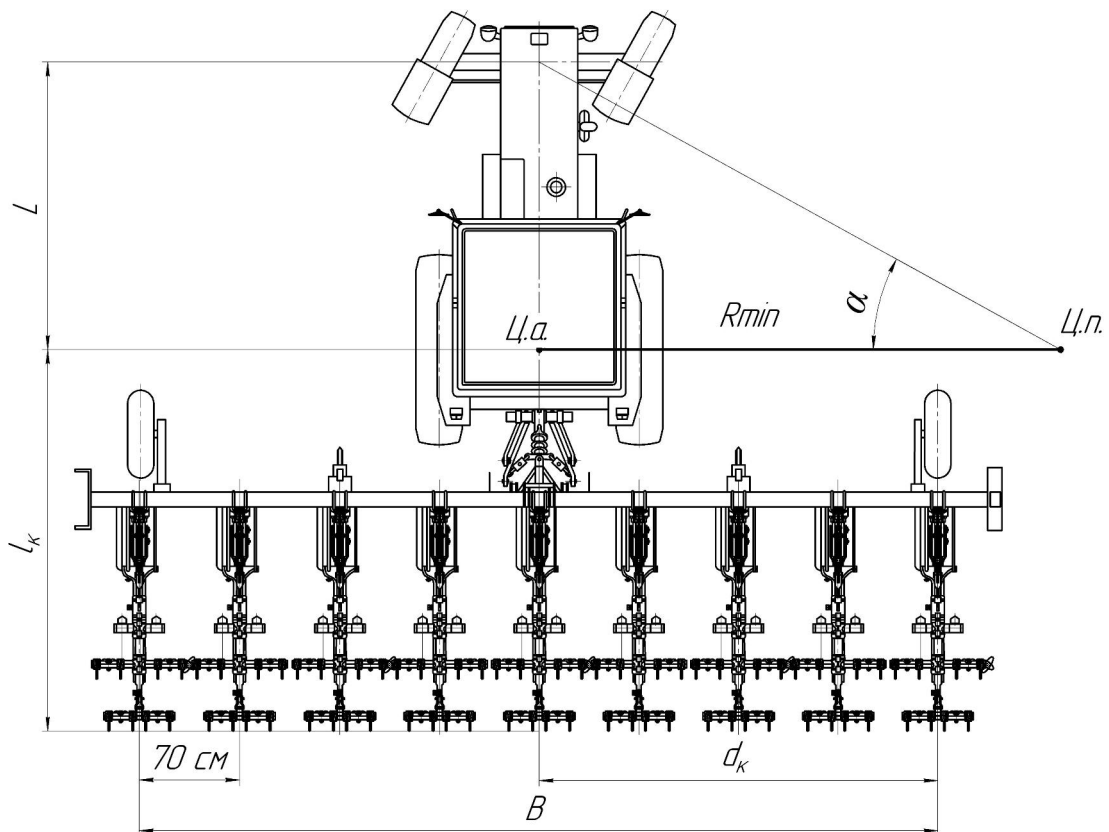




Рисунок 2.5 – Кінематичні параметри культиваторного агрегату у складі трактора John Deere 6095B і переобладнаного культиватора ALTAIR-5,6

Повороткість колісних тракторів прийнято оцінювати коефіцієнтом ( $K_n$ ), який розраховують за рівнянням [14, 15]:

$$K_n = \frac{LV_n}{\omega}, \quad (2.8)$$

де  $L$  – поздовжня база трактора;

$V_n$  – швидкість руху МТА під час виконання повороту, м/с;

$\omega$  – інтенсивність перемінного керуючого впливу на органи керування трактора, рад./с. Оптимальна значина цього параметру знаходиться в межах  $\omega = 0,20 \dots 0,22$  рад./с.

Для трактора John Deere 6110B прийємо наступні параметри, які визначають повороткість за (8):  $L=2,31$  м;  $V_n=2,2$  м/с;  $\omega=0,22$  рад./с. Тоді коефіцієнт повороткості дорівнюватиме:

$$K_n = \frac{2,31 \cdot 2,2}{0,22} = 23,1 \text{ м}^2 / \text{рад}.$$

Кінематична довжина агрегату ( $l_k$ ) (див. рис. 2.5) – це проекція на площину руху відстані між Ц.а. і лінією розміщення найбільш віддаленого робочого органу знаряддя/машини.

Кінематична ширина агрегату ( $d_k$ ) (див. рис. 2.5) – це проекція на площину руху відстані між поздовжньою віссю агрегату і найбільш віддаленою його точкою у поперечному напрямку.

Мінімальний радіус повороту ( $R_{min}$ ) (див. рис. 2.5) – найкоротша відстань між центром агрегату (Ц.а.) та центром повороту (Ц.п.), тобто точкою, відносно якої здійснюється поворот МТА. Даний параметр для тракторів класичної компоувальної схеми з керованими передніми колесами можна знайти із виразу:

$$R_{min} = \frac{L}{\text{tg}\alpha}, \quad (2.9)$$

де  $\alpha$  – максимальний середній кут повороту керованих коліс трактора,  $\alpha=30$  град (див. рис. 2.7).

$$R_{min} = \frac{2,31}{tg30} = 4,0 м.$$

Умовний радіус повороту ( $R_y$ ) – це радіус півкола, довжина якого дорівнює фактичній довжині безпетлевого дугоподібного (без прямолінійної ділянки) повороту агрегату на кут  $180^\circ$ . Даний параметр розраховують за формулою [14, 15]:

$$R_y = R_{min} + \frac{K_n}{\pi R_{min}}. \quad (2.10)$$

$$R_y = 4,0 + \frac{23,1}{3,14 \cdot 4,0} = 5,84 м.$$

Довжина виїзду агрегату ( $e$ ) – відстань, на яку слід перемістити від контрольної лінії агрегат з тим, щоб запобігти огріхам, пошкодженню рослин тощо. Для розглядуваного культиваторного агрегату довжину його виїзду можна розрахувати за рівнянням:

$$e = L + l_k. \quad (2.11)$$

Кінематичну довжину агрегату ( $l_k$ ) можна безпосередньо визначити за конструктивними параметрами трактора і с.-г. машини.

Для розглядуваного культиваторного агрегату маємо

$$e = 2,31 + 2,5 = 4,81 м.$$

Мінімальний розмір ширини поворотної смуги ( $E_{min}$ ) визначається за умови, згідно з якою крайня точка МТА, що визначається його кінематичною шириною  $d_k$ , не виходила за межі поворотної смуги.

При безпетлевих поворотах

$$E_{min} = R_y + d_k + e. \quad (2.12)$$

При петлевих поворотах

$$E_{min} = 2,7 \cdot R_y + d_k + e. \quad (2.13)$$

Для того, щоб після обробітку основної ділянки поля обробити цілим числом проходів агрегату і поворотні смуги, дійсний їх розмір ( $E$ ) повинен бути кратним ширині захвату агрегату ( $B_p$ ). Тобто

$$E_{min} < E = k \cdot B_p, \quad (2.14)$$

де  $k$  – найменше із можливих ціле число.

де  $B_p$  – робоча ширина захвату агрегату, яка розраховується:

$$B_p = k_g B_k, \quad (2.15)$$

де  $k_g$  – коефіцієнт використання конструктивної ширини захвата агрегату [1-7].

Для розглядуваного культиваторного агрегату  $k_g=1,0$ .

Якщо вибір способу повороту МТА здійснюється із варіантів безпетлевого та петлевого, то з деяким наближенням можна вважати, якщо умовний радіус повороту  $R_y \leq (X_{\pi}/2)$ , тут  $X_{\pi}$  – відстань на контрольній лінії між виїздом та заїздом агрегату, то МТА здатний виконати безпетлевий маневр на повороті. В іншому випадку необхідно здійснити петлевий маневр на повороті.

Положимо, що для розглядуваного культиваторного агрегату  $X_{\pi}=B_p$ . В результаті маємо, що  $R_y=5,84$  м  $>$   $5,6/2=2,8$  м. А тому спосіб повороту МТА однозначно буде тільки петлевий. Тому мінімальний розмір ширини поворотної смуги ( $E_{min}$ ) визначають за рівнянням (14). Отримане значення  $E_{min}$  узгоджують з вимогою (15).

$$E_{min} = 2,7 \cdot 5,84 + 2,8 + 4,81 = 23,38 \text{ м.}$$

$$k = \frac{23,38}{5,6} = 4,17.$$

Округлюємо число проходів на поворотній смузі  $k=4$ . Тоді

$$E = 4 \cdot 5,6 = 22,4 \text{ м.}$$

Дійсний умовний радіус повороту при цьому дорівнюватиме:

$$R_y = (E - d_k - e) / 2,7. \quad (2.16)$$

$$R_y = (22,4 - 2,8 - 4,81) / 2,7 = 5,4 \text{ м.}$$

А дійсний коефіцієнт поворотності при цьому дорівнюватиме:

$$K_n = (R_y - R_{min}) \pi R_{min}.$$

$$K_n = (5,4 - 4,0) \cdot 3,14 \cdot 4,0 = 17,58 \text{ м}^2/\text{рад}.$$

Результати розрахунку кінематичних параметрів культиваторного агрегату представимо в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Параметри і кінематичні характеристики культиваторного МТА в складі трактора John Deere 6095B і переобладнаного культиватора ALTAIR-5,6

Параметр	Позначення	Величина
Поздовжня база трактора, м	$L$	2,31
Кінематична довжина агрегату, м	$l_k$	2,8
Кінематична ширина агрегату, м	$d_k$	2,8
Конструктивна ширина захвату МТА, м	$B_k$	5,6
Максимальний кут повороту керованих коліс трактора, град.	$\alpha_{max}$	30
Мінімальний радіус повороту МТА, м	$R_{min}$	4,0
Коефіцієнт повороткості агрегату, м <sup>2</sup> /рад	$K_n$	17,58
Умовний радіус повороту МТА, м	$R_y$	5,40
Вид повороту	-	Петлевий
Довжина виїзду агрегату, м	$e$	4,81
Дійсна ширина поворотної смуги МТА, м	$E$	22,4

Схема повороту агрегату за результатами розрахунків представлена на рис. 2.6.

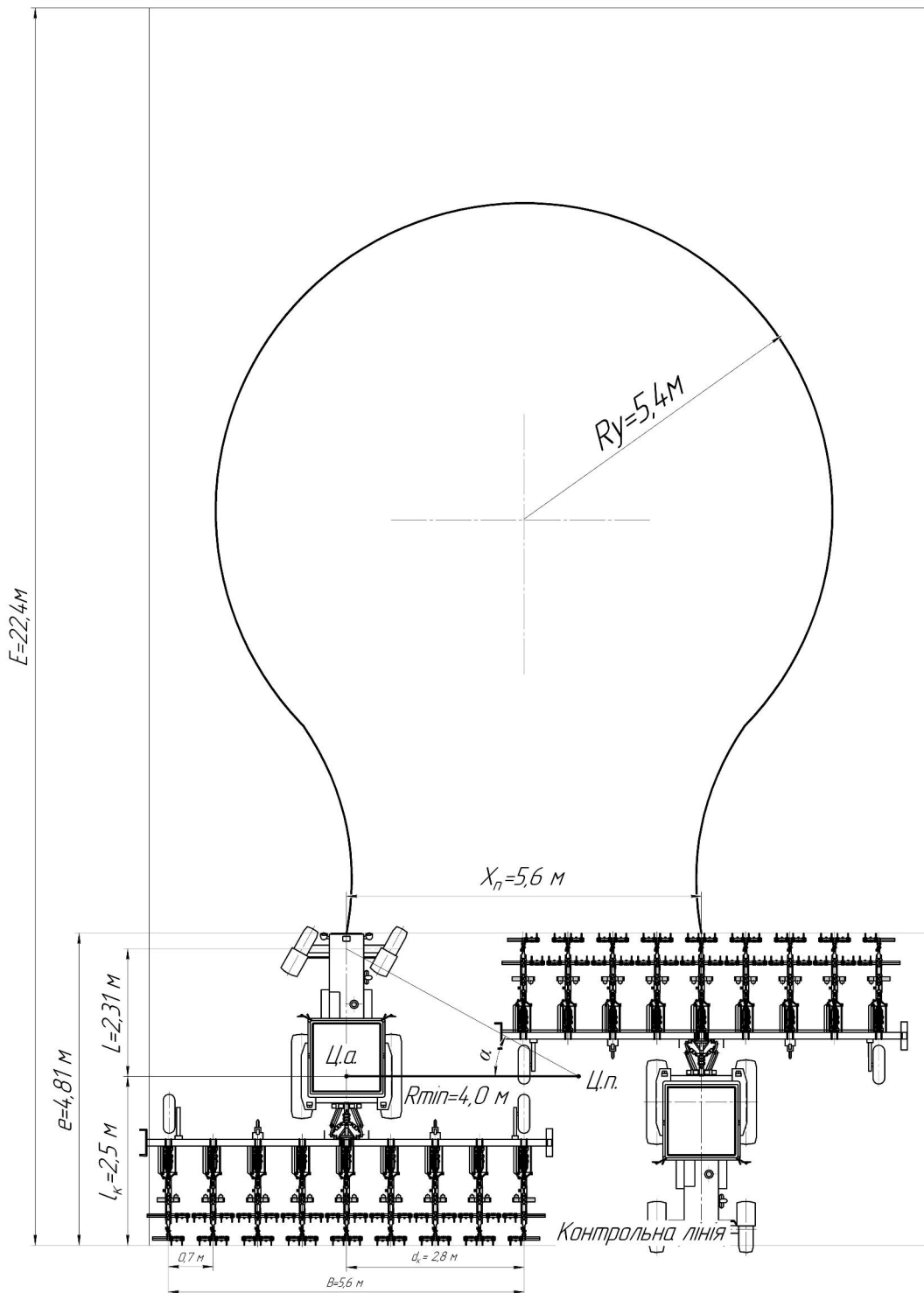


Рисунок 2.6 – Схема повороту культиваторного агрегату в складі трактора John Deere 6095B і переобладнаного культиватора ALTAIR-5,6

## **2.3 Розроблення організаційної карти на міжрядний обробіток посівів кукурудзи**

### ***Характеристика умов роботи.***

Агрофон – поле під посівами соняшника.

Довжина поля – 1000 м.

Ширина поля – 1000 м.

### ***Агротехнічні вимоги.***

Ґрунт в міжряддях треба обробляти на глибину, що відповідає агротехнічним вимогам культури. Для розглядуваного боронувально-культиваторного агрегату глибина обробітку становить 4...6 см.

Поверхня ґрунту в зоні обробітку має бути рівною, а оброблений шар дрібно грудочкуватим і розпушеним. Глибина борозенок у міжряддях допускається не більше 3...5 см.

Обробіток ґрунту потрібно проводити без перемішування нижніх шарів ґрунту з верхнім.

Ширина захисної зони повинна бути мінімальною, але такою, щоб не пошкоджувалися корені і наземні органи рослин під час обробітків.

При міжрядному обробітку в зоні проходу робочих органів культиватора бур'яни треба повністю підрізати.

Сухі й рідкі добрива потрібно вносити і загортати на глибину, встановлену агротехнічними вимогами.

### **Організація роботи агрегату [18, 21]**

Культиватор з пружинними боронами для міжрядного обробітку готують на спеціальному розмічувальному майданчику з нанесеними осями агрегату, розміщенням секцій на рівновіддалених відстанях від умовних рядків та позначеннями захисних зон рядка. Робочі органи встановлюють на задану глибину обробітку, а леза плоскорізальних сегментів на всій довжині мають торкатися поверхні майданчика.

Порядок підготовки механізму начіпки такий: встановити та закріпити подовжувачі поздовжніх тяг; з'єднати вертикальні розкоси з поздовжніми тягами через прорізи вилок для копіювання рельєфу (довжина розкосів 515

мм); встановити на начіпну систему трактора рамку автозчіпки; довжину центральної тяги відрегулювати в межах 600-650 мм.

Встановити передні і задні колеса трактора на колію 140см (ширина міжрядь 70 см).

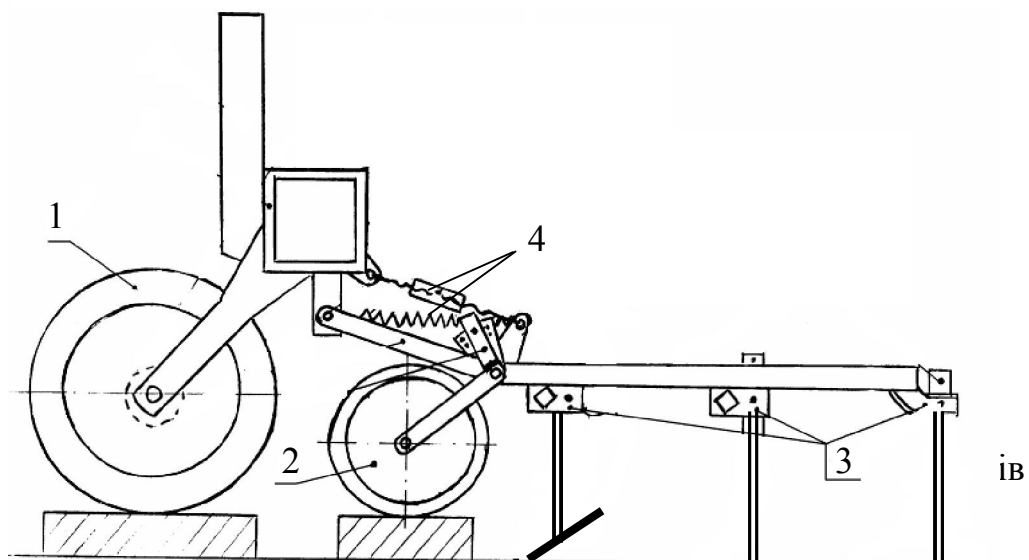
Перевірити і встановити тиск в шинах задніх коліс 0,1 – 0,12 МПа, передніх – 0,17 – 0,19 МПа.

Начіпити на передню частину рами вантаж масою 150 кг.

Схід передніх коліс встановити 8-12 мм.

Підготовка культиватора включає наступні операції. Перевірити комплектність культиватора, кріплення вузлів та деталей.

Регулювання пружинних борін на глибину обробітку виконують на рівному майданчику, встановивши борону так, щоб опорні колеса культиватора (поз 1, рис. 2.9) і кожне опорне колесо секції робочих органів (поз 2, рис. 2.9) було встановлене на прокладки, товщиною на 2-3 см меншою заданою глибини. Глибину обробітку змінюють переміщенням вверх-вниз стійки (поз. 3, рис. 2.9) робочих органів пружин і плоско різальних пластин в пазу тримача. А також глибину обробітку змінюють шляхом зміни на тяжіння спіральних пружин або стяжної гайки (поз.4, рис. 2.7). Останніми також регулюють горизонтальність секції робочих органів по відношенню до поверхні ґрунту в робочому стані.



Перевіряють справність механізмів і правильність взаємодії окремих вузлів і деталей борони. Задля цього приєднують с.-г. машину до трактора за допомогою гідронавісного механізму по трьохточковій системі. При поєднанні борони з трактором перевіряють та при необхідності виконують наладку навісної системи трактора. Перевіряють надійність роботи розподільвача, щоб забезпечити підйом навісного знаряддя.

Перевіряють надійність роботи гідророзподільвача та операцію підйому.

Перевіряють надійність кріплення робочих органів знаряддя.

Для підготовки поля слід оглянути його з метою усунення перешкод які негативно впливають на якість виконання операцій і продуктивність агрегатів, а також вибираємо напрям і спосіб руху.

Відмітити на полі вішкою перше від краю стикове міжряддя.

Якщо на кінцях ділянки неможливий вільний виїзд агрегату, позначають поворотні смуги, ширина яких має відповідати ширині поворотних смуг посівного агрегату.

При роботі агрегату слідкувати за шириною захисної зони.

Поворотні смуги обробляти в останню чергу.

Кінематичні характеристики робочої ділянки поля подані на рис. 2.8.

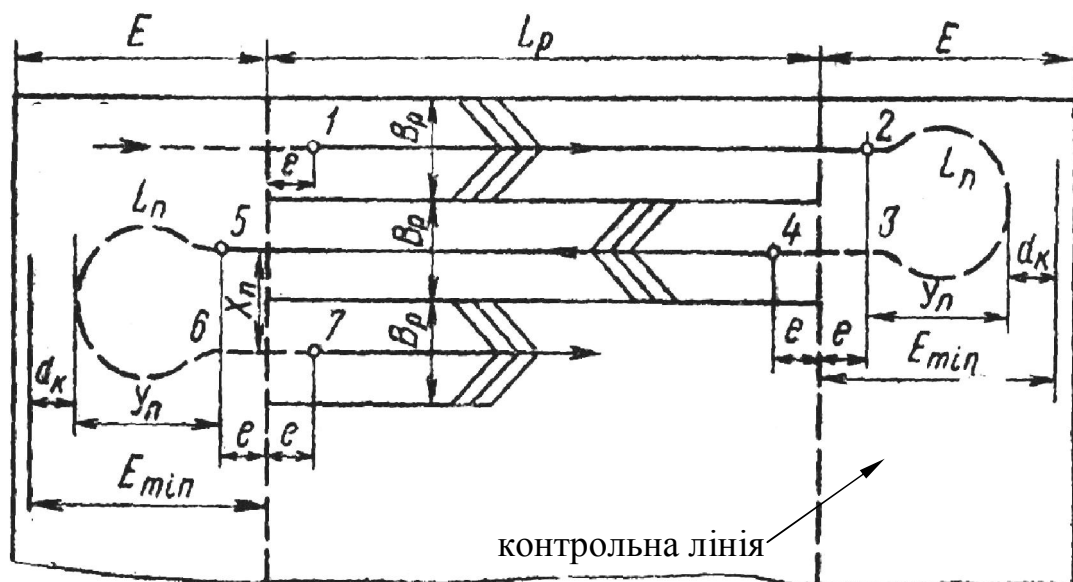


Рисунок 2.8 – Схема робочої ділянки поля



При підгортанні ґрунт треба прикидати до рослин.

Експлуатаційна характеристика агрегату.

### Розрахунок елементів часу зміни.

Види та тривалість елементів часу зміни при роботі агрегату залежить від його складу, технологічної операції, способу його руху, робочої швидкості, технологічних і інших видів зупинок. Характеристика елементів часу зміни представлена в табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Характеристика елементів часу зміни

Назва елемента часу зміни	Позначення	Характеристика	Рекомендації з нормування
1	2	3	4
Час одного циклу роботи агрегату	$T_{Ц}$	Час, на протязі якого техніка безпосередньо здійснює технологічний процес (обробіток ґрунту, збирання врожаю, внесення добрив чи інших технологічних матеріалів тощо) та маневрування техніки в кінці робочого гону з метою її повороту (заїзду) для продовження виконання технологічного процесу на наступному гоні.	Розраховується за (2.17)
Витрати часу на технологічне обслуговування	$T_{ТЕХ}$	Тривалість зупинок, обумовлених необхідністю заправлення техніки технологічним матеріалом, розвантаженням зібраного врожаю, переведенням техніки/знаряддя чи її окремих агрегатів із робочого положення у транспортне і навпаки (підймання і опускання маркерів, вигублення робочих органів машин/знарядь, заміна транспортних засобів, контроль якості роботи тощо). Витрати часу на технологічні регулювання, обумовлені зміною умов роботи (регулювання глибини обробітку ґрунту, норми внесення	Витрати часу залежать від виду агрегату і умов його роботи. З деяким припущенням можна запланувати в межах 20...30 хв. за зміну [16]

1	2	3	4
		технологічних матеріалів, частоти обертання робочих органів тощо).	
Витрати часу на технологічні відмови	$T_{Т.В.}$	Витрати часу на усунення забивання (залипання) робочих органів машин/ знарядь	Витрати часу залежать від технологічної надійності агрегату і умов роботи. З деяким припущенням можна запланувати в межах 2...5 % від часу зміни, тобто 8...20 хв. [16]
Витрати часу на технічне обслуговування	$T_{ТО}$	Витрати часу на щоденне технічне обслуговування техніки, її очищення, змазування, заправлення, підтягування кріплень, переведення із транспортного положення в робоче і навпаки, переобладнання з однієї технологічної схеми на іншу, приєднання/від'єднання с.-г. машин/знарядь	Встановлюється за нормативами для трактора і с.-г. Мащини [16, 17], але повинні бути в межах 10...15 хв.
Витрати часу на щоденне технічне обслуговування машин	$T_{ЩТО}$	Витрати часу на операції технічного обслуговування машин, передбачених їх технічними інструкціями	Встановлюється за нормативами для трактора і с.-г. машини [16, 17]
Витрати часу на відпочинок обслуговуючого персоналу	$T_{О}$	Витрати часу на відпочинок і особисті потреби обслуговуючого персоналу	Згідно рекомендацій [16, 17] встановлюється в обсязі 30 хв. за зміну
Витрати часу на холості переїзди	$T_{ПЕР}$	Витрати часу на переїзди з однієї ділянки поля на іншу, холості переміщення по полю	Згідно рекомендацій [16, 17] встановлюється в обсязі 6...20 хв за зміну, при необхідності розраховуються
Витрати часу	$T_{Н.В.}$	Витрати часу, обумовлені	Витрати часу

1	2	3	4
із-за причин, не залежних від використовуваної техніки		очікуванням транспорту для підвезення технологічного матеріалу, відвезення врожаю, підготовкою поля до роботи, усуненням технічних відмов техніки, яка використовується із використовуваною машиною, обіднею перервою, простоюванням із-за кліматичних умов, коригуванням організаційних рішень тощо.	залежать від виду агрегату і умов його роботи. З деяким припущенням можна запланувати в межах 10...30 хв за зміну, при необхідності розраховуються [16, 17]

Тривалість одного циклу роботи агрегату на робочому гоні розраховується:

$$T_{\text{Ц}} = (T_P + T_{\text{ПОВ}}) \cdot 2, \quad (2.17)$$

де  $T_P$  – витрати часу на робочий хід агрегату, год;

$T_{\text{ПОВ}}$  – витрати часу на поворот агрегату, год.;

2 – кількість робочих ходів за цикл для простих агрегатів (які не мають технологічних місткостей).

Витрати часу на робочий хід агрегату розраховуються за рівнянням:

$$T_P = \frac{L_P}{V_P}, \quad (2.18)$$

де  $L_P$  – довжина робочого ходу агрегату, км:

$$L_P = L - 2 \cdot E, \quad (2.19)$$

тут  $L$  – довжина поля, км.

$$L_P = 1000 - 2 \cdot 22,4 = 955,2 \text{ м}$$

Тоді Витрати часу на робочий хід агрегату дорівнюватимуть:

$$T_P = \frac{0,9552}{12} = 0,0796 \text{ год.}$$

Витрати часу на поворот агрегату ( $T_{\text{ПОВ}}$ ) розраховуються за рівнянням:

$$T_{\text{ПОВ}} = \frac{L_X}{V_n}, \quad (2.20)$$

де  $V_n$  – швидкість руху агрегату на поворотах, км/год.;

$L_X$  – довжина шляху при повороті, км.

Довжина грушоподібного петлевого повороту агрегату визначається:

$$L_X \approx (6,6 \dots 8) \cdot R_y + 2 \cdot e. \quad (2.21)$$

$$L_X \approx 6,6 \cdot 5,4 + 2 \cdot 4,81 = 45,26 \text{ м.}$$

$$T_{\text{ПОВ}} = \frac{0,04526}{7,2} = 0,0063 \text{ год.}$$

$$T_{\text{Ц}} = (0,0796 + 0,0063) \cdot 2 = 0,172 \text{ год.}$$

Фактична кількість робочих ходів за основний час зміни розраховується за рівнянням:

$$n_{\text{ЦОСН}} = \frac{T_{\text{ОСН}}}{T_{\text{Ц}}}, \quad (2.22)$$

Час для виконання основних циклів ( $T_{\text{ОСН}}$ ) розраховується:

$$T_{\text{ОСН}} = T_{\text{ЗМ}} - T_{\text{ТЕХ}} - T_{\text{ТО}} - T_{\text{Н.В.}} - T_{\text{ЩТО}} - T_{\text{О}} - T_{\text{ПЕР}} - T_{\text{Н.В.}}, \quad (2.23)$$

де  $T_{\text{ЗМ}}$  - час зміни (нормативний). Прийmemo  $T_{\text{ЗМ}}=7$  год.

$$T_{\text{ОСН}} = 7 - 0,30 - 0,15 - 0,15 - 0,5 - 0,4 - 0,15 - 0,15 = 5,2 \text{ год.}$$

$$n_{\text{ЦОСН}} = \frac{5,2}{0,172} = 30,3 \text{ цикл.}$$

Результати розрахунків  $n_{\text{ЦОСН}}$  округляються до цілого числа в меншу сторону. Тому приймаємо  $n_{\text{ЦОСН}}=31$  цикл.

Площа  $S_{\text{Ц}}$  обробітку агрегатом (га) за цикл визначається:

$$S_{\text{Ц}} = 2S_{1P}, \quad (2.24)$$

де  $S_{1P}$  - площа обробітку за один прохід агрегату (га) розраховується:

$$S_{1P} = \frac{L_P \cdot B_P}{10^4}. \quad (2.25)$$

$$S_{1P} = \frac{955,2 \cdot 5,6}{10^4} = 0,535 \text{ га.}$$

$$S_{\text{Ц}} = 2 \cdot 0,535 = 1,07 \text{ га.}$$

Площа  $S_{\text{Ц ОСН}}$  обробітку за основні цикли (га) розраховується:

$$S_{\text{Ц ОСН}} = S_{\text{Ц}} \cdot n_{\text{Ц ОСН}}. \quad (2.26)$$

$$S_{\text{Ц ОСН}} = 1,07 \cdot 31 = 33,17 \text{ га}.$$

Фактичний час  $T_{\text{ЗМФ}}$  зміни розраховується:

$$T_{\text{ЗМФ}} = T_{\text{Ц}} \cdot n_{\text{Ц ОСН Ф}} + T_{\text{ТЕХ}} + T_{\text{ТО}} + T_{\text{Н.В.}} + T_{\text{ЩТО}} + T_{\text{О}} - T_{\text{ПЕР}} + T_{\text{Н.В.}} \quad (2.27)$$

$$T_{\text{ЗМФ}} = 31 \cdot 0,172 + 0,3 + 0,15 + 0,15 + 0,5 + 0,4 + 0,15 + 0,15 = 7,132 \text{ год}.$$

Коефіцієнт використання часу зміни ( $\tau$ ) розраховується як відношення часу для виконання основних циклів до фактичного часу зміни:

$$\tau = \frac{T_{\text{Ц}} \cdot n_{\text{Ц ОСН Ф}}}{T_{\text{ЗМФ}}}. \quad (2.28)$$

$$\tau = \frac{31 \cdot 0,172}{7,132} = 0,75.$$

Продуктивність  $W_{\text{га/зМ}}$  агрегату за годину змінного часу (га/год.) розраховується за рівнянням:

$$W_{\text{га/зМ}} = 0,1 \cdot B_P \cdot V_P \cdot \tau. \quad (2.29)$$

$$W_{\text{га/год}} = 0,1 \cdot 5,6 \cdot 12 \cdot 0,75 = 5,04 \text{ га/год}.$$

Змінна продуктивність  $W_{\text{ЗМ}}$  агрегату розраховується:

$$W_{\text{ЗМ}} = 0,1 \cdot B_P \cdot V_P \cdot \tau \cdot T_{\text{ЗМ}}. \quad (2.30)$$

$$W_{\text{ЗМ}} = 5,04 \cdot 7,132 = 35,95 \text{ га/зМ}.$$

Ефективність обраного способу руху агрегату оцінюється коефіцієнтом робочих ходів  $\varphi$ , який визначається:

$$\varphi = \frac{\sum L_P}{\sum L_P + \sum L_X} = \frac{L_P \cdot n_P}{L_P \cdot n_P + L_X \cdot n_X}, \quad (2.31)$$

де  $L_P, L_X$  – середня довжина робочого та холостого ходів, м;

$n_P, n_X$  – відповідно кількість робочих та холостих проходів агрегату па загінці.

$$n_P = \frac{C}{B_P}; \quad n_X = n_P - 1, \quad (2.32)$$

де  $C$  – ширина загінки, м, розраховується за рівнянням:

$$C = \frac{10^4 W_{3M}}{L_p}. \quad (2.33)$$

$$C = \frac{10^4 \cdot 35,95}{955,2} = 375,2 м.$$

В результаті отримаємо:

$$n_P = \frac{375,2}{5,6} = 67.$$

$$n_X = 67 - 1 = 66.$$

$$\varphi = \frac{955,2 \cdot 67}{955,2 \cdot 67 + 45,26 \cdot 66} = 0,96.$$

Отримане значення  $\varphi=0,96$  свідчить про високу ефективність обраного гонового човникового способу руху розглядуваного культиваторного агрегату при обробітку поля (загінки).

Витрати праці  $Z$  (люд·год/га) розраховуються:

$$Z = \frac{N_m + N_{дон}}{W_{3M}}, \quad (2.34)$$

де  $N_m$  і  $N_{дон}$  – кількість механізаторів і допоміжних працівників, які залучені до виконання технологічної операції.

$$Z = \frac{1}{5,04} = 0,198 \text{ люд} \cdot \text{год} / \text{га}.$$

Питомі витрати пального агрегатом  $Q_{ag}$  (кг/га) розраховуються:

$$Q_{ag} = \frac{q_{mp} \cdot N_e}{W_{га/год}}, \quad (2.35)$$

$q_{mp}$  – питома витрата палива двигуном трактора на одиницю потужності, кг/год. Для трактора John Deere 6095B  $q_{mp}=0,209$  г/кВт·год.

$$Q_{ag} = \frac{0,209 \cdot 47}{5,04} = 1,95 \text{ кг} / \text{га}.$$

Основні складові часу роботи агрегату представлені даними табл. 2.3.

Таблиця 2.3 – Елементи часу зміни роботи культиваторного агрегату на загоні

Елементи часу зміни	Витрати часу, год.
Період одного циклу	0,476
Робочий хід	0,119
Поворот	0,0097
Витрати часу на технологічне обслуговування	0,33
Витрати часу на технологічні відмови	0,16
Витрати часу на технічне обслуговування	0,16
Витрати часу на щоденне технічне обслуговування машин	0,5
Витрати часу на відпочинок обслуговуючого персоналу	0,5
Витрати часу на холості переїзди	0,16
Витрати часу із-за причин, не залежних від використовуваної техніки	0,16
Всього за зміну	6,73

Експлуатаційна характеристика агрегату представлені в табл. 2.4

Таблиця 2.4 – Експлуатаційні показники агрегату

Марка складових МТА		Робоча ширина захвату, $B_p$ , м	Швидкість руху, км/год.	Продуктивність, га/год.	Витрати пального, кг/га	Витрати праці, люд.-год./га	Коефіцієнт використання часу зміни	Експлуатаційні витрати, грн./га
трактор	сільськогосподарська машина							
John Deere 6095B	ALTAIR-5,6 з пруж. борон.	5,6	12,0	5,04	1,95	0,198	0,75	109,2

### **Робота агрегату в полі.**

Перед початком виконання операції агрегат встановлюють на поворотній смузі і при виїзді на контрольну лінію робочі органи машини переводять у робочий стан. Якщо робочі органи приводяться в дію від валу відбору потужності, треба включити вал, довівши частоту обертання колінчастого вала двигуна до номінальної і тільки після цього починати робочий хід агрегату. При міжрядному обробітку перший прохід культиватора спрямовують по першому проходу посівного агрегату у тому ж напрямку. Наступний рух цього агрегату здійснюється човниковим способом з петльовими поворотами на поворотних смугах.

При першому проході, проїхавши 20...30 м, зупинити агрегат і перевірити якість виконання операції відповідно до агротехнічних вимог.

При дальшому виконанні операції постійно стежити за станом робочих органів.

У кінці загінки, на поворотній смузі повертають агрегат для зворотного руху. При повороті робочі органи піднімають у транспортне положення в момент проходження останнього робочого органу (останнього ряду) через межу поворотної смуги. При необхідності очищають робочі органи від ґрунту і бур'янів.

Після закінчення загінки обробляють поворотні смуги.

### **Контроль якості роботи [22].**

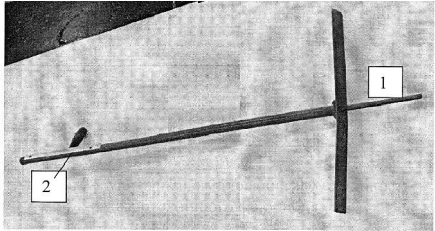
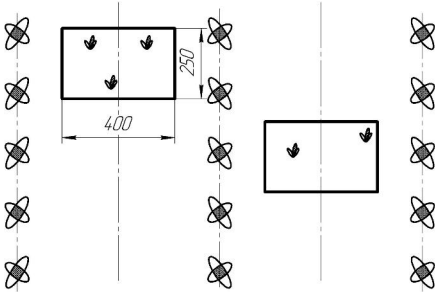
Відповідність забезпечення агротехнічних вимогам міжрядний обробіток кукурудзи полягає оцінки якості роботи. Остання визначена сумарним балом за показниками. Зокрема, глибину розпушення вимірюють лінійкою в 3-4-х місцях уздовж діагоналі поля за кожною секцією робочих органів агрегату на відрізках рядків 10-20 м, одержуючи не менше 100 результатів. Одночасно вимірюють і ширину захисної зони. Кількість пошкоджених рослин підраховують до і після обробітку на відрізках рядків 10м у межах захвату агрегату через кожні 40-60м уздовж діагоналі поля.

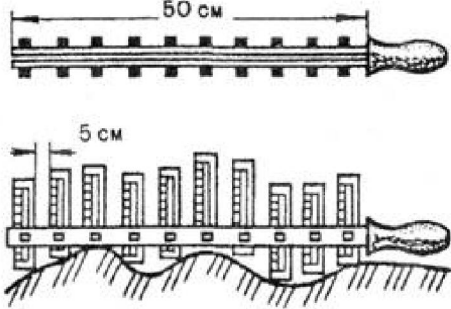


Висоту гребенів вимірюють у 3-5-й місцях уздовж діагоналі поля в усіх міжряддях у межах захвату культиватора.

Контрольні показники і оцінка якості міжрядного обробітку та підживлення посівів кукурудзи представлені в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Контрольні показники і оцінка якості міжрядного обробітку та підживлення посівів просапних культур

Показник	Норматив	Бал	Метод визначення
1. Відхилення від заданої глибини обробітку при розпушуванні	±1,0 ±1,5 ±2,0	3 2 1	<p>Глибину розпушення вимірюють лінійкою в 3-4-х місцях уздовж діагоналі поля за кожною секцією робочих органів агрегату на відрізках рядків 10-20 м, одержуючи не менше 100 результатів. Одночасно вимірюють і ширину захисної зони рулеткою.</p>  <p>Рис. 2.5.1 - Прилад для вимірювання глибини обробітку ґрунту: 1 – рухомий штир; 2 - лінійка</p>
2. Кількість залишених (не підрізаних) бур'янів в міжрядді, шт/м <sup>2</sup>	до 2 до 4	2 1	<p>У 10 місцях по діагоналі поля підраховують кількість бур'янів на ділянках 40х25 см</p>  <p>Рис. 2.5.2 – Підрахунок не підрізаних бур'янів в міжрядді</p>

Показник	Норматив	Бал	Метод визначення
3. Вирівняність поверхні поля (середня висота гребенів), см	до 4 4-5 більше 5	3 2 1	<p>Висоту гребенів двома лінійками вимірюють у 3-5-й місцях уздовж діагоналі поля в усіх міжряддях у межах захвату агрегату.</p>  <p>Рис. 2.5.3 - Визначення якості вирівняності поверхні поля</p>
4. Пошкодження рослин, %	до 2 до 4	2 1	<p>Кількість пошкоджених рослин підраховують до і після обробітку на відрізках рядків 10м у межах захвату агрегату через кожні 40-60м уздовж діагоналі поля. Різницею їх кількості і є кількість пошкоджених рослин</p> $\Delta = N_{до} - N_{після}$ <p>Відсоток пошкоджених рослин розраховують за рівнянням</p> $\% = \Delta / N_{до}$
5. Наявність огріхів	Візуально		<p>Не допускаються. При їх наявності, незалежно від оцінки за іншими показниками, якість роботи знижують.</p>

### **3 ТЕОРЕТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ НЕОБХІДНОГО РІВНЯ ЕНЕРГОНАСИЧЕНОСТІ ТРАКТОРА ДЛЯ ЙОГО АГРЕГАТУВАННЯ ІЗ ПРУЖИННОЮ БОРІНКОЮ**

У попередньому розділі нами було доведено що одним із шляхів підвищення врожайності і якості просапних культур, а також зменшення кількості внесення азотних добрив при їх підживленні є використання пружинних борін під час міжрядного обробітку (рис. 3.1). На практиці обґрунтований ефект, який здійснює використання пружинних борін. Це дозволяє досягти:

- покращення циркуляція повітря в ґрунті;
- покращення ґрунтової аерації і підсилення ефекту «сухого поливу», який утворюється в результаті перепаду атмосферних температур;
- регулювання водного балансу;
- руйнування капілярів, що утворилися в поверхневих, злежалих шарах ґрунту, завдяки розпушуванню знищуються, і волога вже не піднімається вгору і не випаровується даремно
- насичення рослин азотом із повітря;
- посилення росту основної культури;
- ефективно знищення бур'янів в фазі сходів або «білої ниточки»
- руйнування ґрунтової кірки, створюючи ідеальні умови для початкового розвитку кореневої системи рослини і забезпечуючи потужний старт їх росту.



Рисунок 3.1 – Грунтообробні агрегати в складі пружинних борін на міжрядному обробітку просапних культур

Задля здійснення цієї технологічної операції нами запропоновано замість самостійної пружинної борони переобладнати просапний культиватор, наприклад ALTAIR-5,6, на предмет можливого його використання з пружинними борінками при міжрядній обробки посівів просапних культур. Для цього встановити на секціях робочих органів просапного культиватора пружинні борінки за новим способом.

Вибір потужності енергоустановки є однією з найбільш складних і відповідальних задач будь-яких мобільних агрегатів і транспортних систем. Основною вимогою і критерієм правильного вибору енергетичної установки трактора є відповідність його потужності і параметрів умовам технологічного процесу робочої машини [1].

Для визначення необхідної маси та ефективної потужності двигуна і рівня енергонасиченості агрегатуєчого трактора використано методику проф. В.Т. Надикто. В основу якої покладено баланс потужності трактора та відомі залежності з теорії трактора. Мінімально необхідну потужність двигуна трактора визначають за рівнянням балансу потужності [1]:

$$N_e = N_f + N_{tr} + N_\delta + N_a, \quad (3.1)$$

де  $N_e$  – ефективна потужність двигуна трактора;

$N_f, N_{tr}, N_\delta$  – потужності, які характеризують витрати енергії на подолання опорів коченню трактора, тертя в трансмісії, та буксування його рушіїв;

$N_a$  – тягова потужність трактора.

Вираз (3.1) характеризує статичний баланс потужностей енергетичного засобу. У розкритому вигляді його можна представити так [8]:

$$N_e = f(M_m) = \frac{D_1 \cdot M_m^3 + D_2 \cdot M_m^2}{M_m^2 - D_3 \cdot M_m - D_4} \cdot D_5, \quad (3.2)$$

де  $D_1 = V_p \cdot f \cdot g$ ;

$D_2 = V_p \cdot P_{кр.т} \cdot (1 + 3V_x)$ ;

$D_3 = A \cdot P_{кр.т} \cdot (1 + 3V_x) / g$ ;

$D_4 = B \cdot [P_{кр.т} \cdot (1 + 3V_x) / g]^2$ ;

$D_5 = k_v / \eta_{тр}$ ,

де  $M_m$  – експлуатаційна маса трактора, кг;

$V_o$  – робоча швидкість руху МТА, м/с;

$f$  – коефіцієнт опору коченню коліс трактора;

$P_{кр.т}$  – тягове зусилля, що розвиває трактор, Н;

$A$  і  $B$  – коефіцієнти апроксимації кривої буксування енергетичного засобу;

$V_x$  – коефіцієнт варіації коливань тягового навантаження трактора;

$k_v$  – коефіцієнт кінематичної невідповідності в приводі мостів енергетичного засобу;

$\eta_{тр}$  – ККД трансмісії трактора.

Оптимальне значення експлуатаційної маси трактора визначають за рівнянням [8]:

$$M_m = \sqrt[3]{-\frac{q}{2} - \sqrt{D}} + \sqrt[3]{-\frac{q}{2} + \sqrt{D}}, \quad (3.3)$$

де  $D = (p/3)^3 + (q/2)^2$ ;

$p = (3 \cdot s - r^2)/3$ ;

$$q = (2 \cdot r^3 / 27) - r \cdot s / 3 + t;$$

$$r = -2 \cdot D_3;$$

$$s = -(D_2 \cdot D_3 + 3 \cdot D_1 \cdot D_4) / D_1;$$

$$t = -2 \cdot D_2 \cdot D_4 / D_1.$$

Відношення потужності двигуна ( $Ne$ , кВт) до експлуатаційної маси трактора без баласту ( $M_m$ , т) характеризує рівень його енергонасиченості ( $E_m$ ):

$$E_m = Ne / M_m, \text{ кВт/т.} \quad (3.4)$$

Після підстановки залежностей із визначення потужності двигуна і маси трактора в (3.4) отримаємо рівняння для розрахунку необхідного рівня енергонасиченості трактора (кВт/т):

$$E_m = \frac{D_1 \cdot \left( \sqrt[3]{-\frac{q}{2} - \sqrt{D}} + \sqrt[3]{-\frac{q}{2} + \sqrt{D}} \right)^2 + D_2 \cdot \left( \sqrt[3]{-\frac{q}{2} - \sqrt{D}} + \sqrt[3]{-\frac{q}{2} + \sqrt{D}} \right)}{\left( \sqrt[3]{-\frac{q}{2} - \sqrt{D}} + \sqrt[3]{-\frac{q}{2} + \sqrt{D}} \right)^2 - D_3 \cdot \left( \sqrt[3]{-\frac{q}{2} - \sqrt{D}} + \sqrt[3]{-\frac{q}{2} + \sqrt{D}} \right) - D_4} \cdot D_5. \quad (3.5)$$

В якості змінного фактору розглядали ширину захвату агрегату, яка коливалась в межах 4,2 м до 11,2 м, що відповідає типорозміру 6 і 16 рядного просапних культиваторів виробництва ПАТ «Ельворті». Також, змінним параметром виступав коефіцієнт опору коченню трактора. Значення якого за варіантом 1 було обрано  $f=0,15$ , що відповідає Агрофону “Поле підготовлене під сівбу”. За варіантом 2 коефіцієнту опору кочення трактора  $f=0,08$ , значення якого можливо досягти при використанні постійної технологічної колії (рис. 3.2).

### 1 Варіант

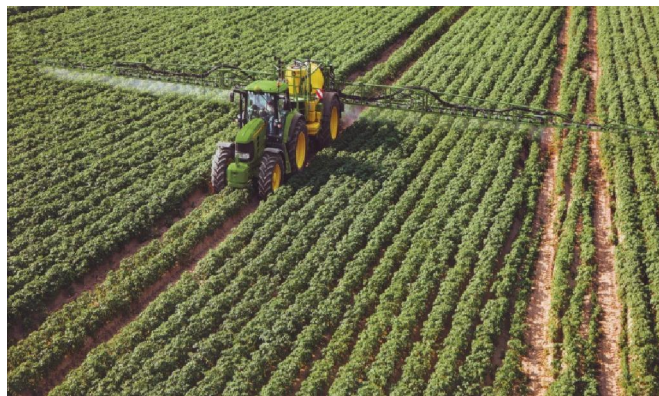
Агрофон при виконанні міжрядного обробітку



Агрофон “Поле підготовлене під сівбу”. Коефіцієнт опору кочення трактора  $f=0,15$

### 2 Варіант

Агрофон в слідах постійної технологічної колії



Агрофон “Ущільнена ґрунтова дорога”. Коефіцієнт опору кочення трактора  $f=0,08$

Рисунок 3.2 – Варіанти руху ґрунтообробного агрегату

Вхідні параметри для проведення розрахунків:

- 1) Номінальний питомий тяговий опір агрегату  $k_0 = 1,20 \cdot 10^3$  Н/м (при швидкості руху  $V_0=1,4$  м/с) [14, 15].
- 3) Робоча швидкість руху МТА  $V_p = 8 \dots 12$  км/год.
- 4) Коефіцієнт опору коченню коліс трактора  $f = 0,15$  [14, 15].
- 5) Коефіцієнт варіації коливань тягового навантаження трактора  $V_x = 0,04$  [13].
- 6) Коефіцієнти апроксимації кривої буксування енергетичного засобу  $A = -0,07$ ;  $B = 0,7$  [13].
- 7) Коефіцієнт кінематичної невідповідності в приводі мостів енергетичного засобу  $K_v = 1,0$ .
- 8) ККД трансмісії трактора  $\eta_{тр} = 0,93$ .
- 9) Тягове зусилля, що розвиває трактор, повинний бути достатнім для подолання тягового опору агрегату:

$$P_{кр.т} \geq R_a. \quad (3.6)$$

При сталому руху агрегату тяговий опір, як відомо, розраховується



$$R_a = k \cdot B_k, \quad (3.7)$$

де  $B_k$  – конструктивна ширина захвату агрегату, м,  $B_k=5,6$  м;

$k$  – тяговий опір агрегату для заданої швидкості руху, Н/м [14, 15]:

$$k = k_0 \left[ 1 + (V_p - V_0) \frac{\Delta c}{100} \right], \quad (3.8)$$

тут  $V_p$  – робоча швидкість руху агрегату, км/год;

$\Delta c$  – темп зростання питомого тягового опору,  $\Delta c = 2,3\%$  [14, 15].

Необхідні розрахунки для виконання завдання за вищенаведеною методикою здійснювали у середовищі Excel. Для цього був сформований певний інтерфейс робочої сторінки (рис.3.3).

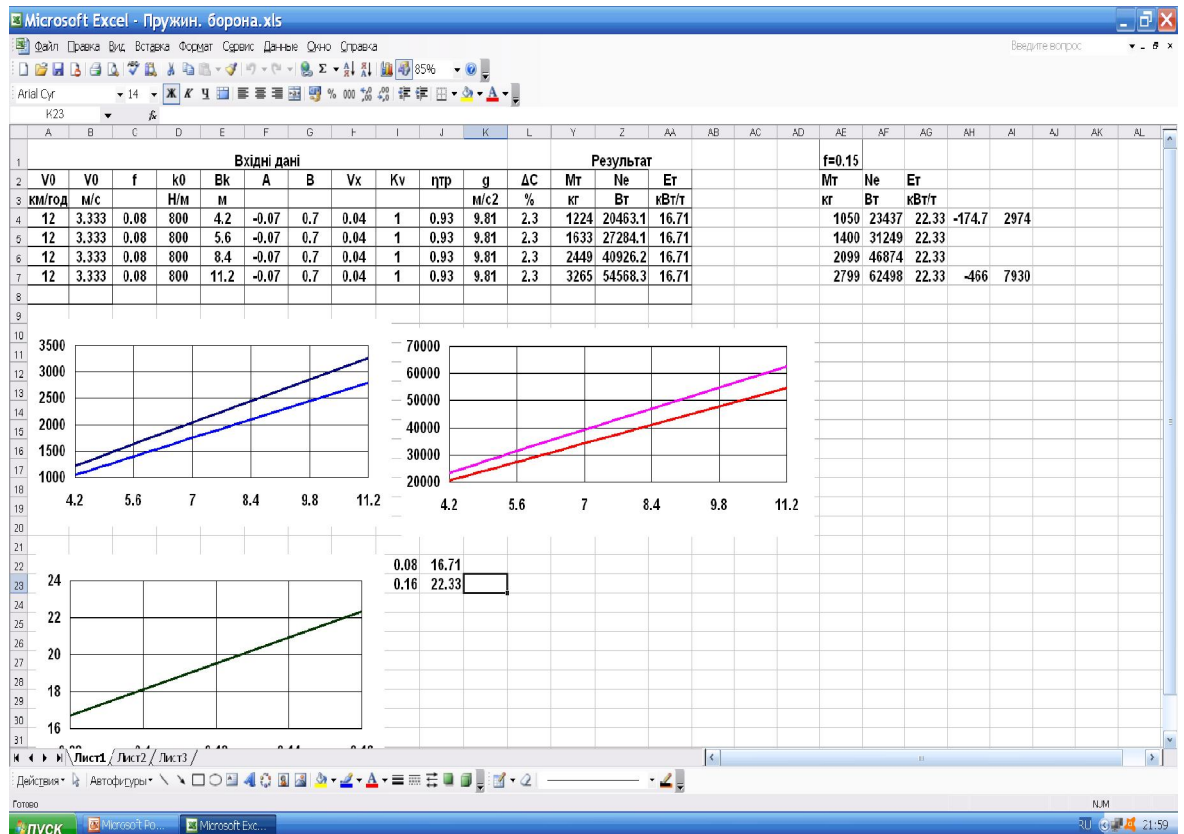


Рисунок 3.3 – Інтерфейс програми розрахунку необхідної маси трактора і потужності його двигуна у середовищі Microsoft Excel

Результатами розрахунків встановлено, що із збільшенням ширини захвату необхідна маса природно збільшуються (рис.3.4). При використанні постійної технологічної колії на відміну від агрофону при міжрядному



обробітку необхідна маса агрегуючого трактора збільшується. При цьому за абсолютною величиною це розходження більше для більшої ширини захвату агрегату. Цю величину можна компенсувати, наприклад його балансуванням.

Пояснити отриманий результат можна через необхідність покращення зчіпних властивостей рушіїв трактора з ґрунтом при зменшенні опору їх коченню.

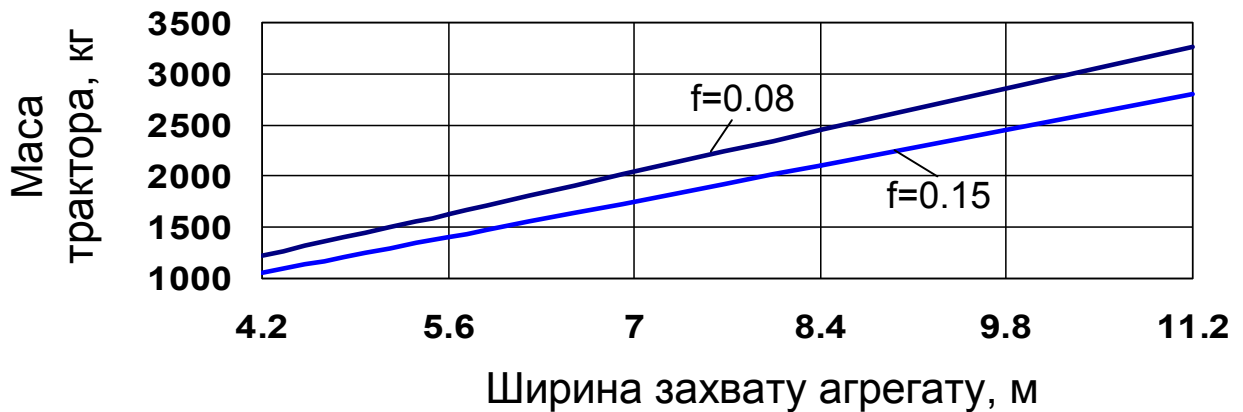


Рисунок 3.4 – Залежність мінімально-необхідної маси агрегуючого трактора від коефіцієнту опору його кочення

Необхідна ефективна потужність двигуна трактора при переході агрегату на постійну технологічну колію природно зменшується (рис. 3.5). Це пояснюється зменшенням витрат потужності на додання опору кочення трактора при використанні постійної технологічної колії.

За абсолютною величиною ця різниця між 1 та 2 варіантами руху ґрунтообробного МТА становить близько 5 кВт. При питомій витраті палива сучасного двигуна трактора на рівні 266 г/кВт.год і вартості палива 28 грн/кг встановлено, що при переході на постійну технологічну колію при використанні даної технологічної операції можна заощаджувати:

$$0,266 \cdot 5 \cdot 28 = 37,24 \text{ грн./год.}$$

При продуктивності роботи агрегату шириною захвату 4,2м за 1 год змінного часу у 4,53 га/год економія тільки на паливі на 1 га роботи становитиме:

$$37,24 / 4,53 = 8,22 \text{ грн/га.}$$

При продуктивності роботи агрегату шириною захвату 5,6м за 1 год змінного часу у 6,04 га/год економія тільки на паливі на 1 га роботи становитиме:

$$37,24 / 6,04 = 6,16 \text{ грн/га.}$$

При продуктивності роботи агрегату шириною захвату 8,4 м за 1 год змінного часу у 9,07 га/год економія тільки на паливі на 1 га роботи становитиме:

$$37,24 / 9,07 = 4,10 \text{ грн/га.}$$

При продуктивності роботи агрегату шириною захвату 11,2м за 1 год змінного часу у 12,09 га/год економія тільки на паливі на 1 га роботи становитиме:

$$37,24 / 12,09 = 3,08 \text{ грн/га.}$$

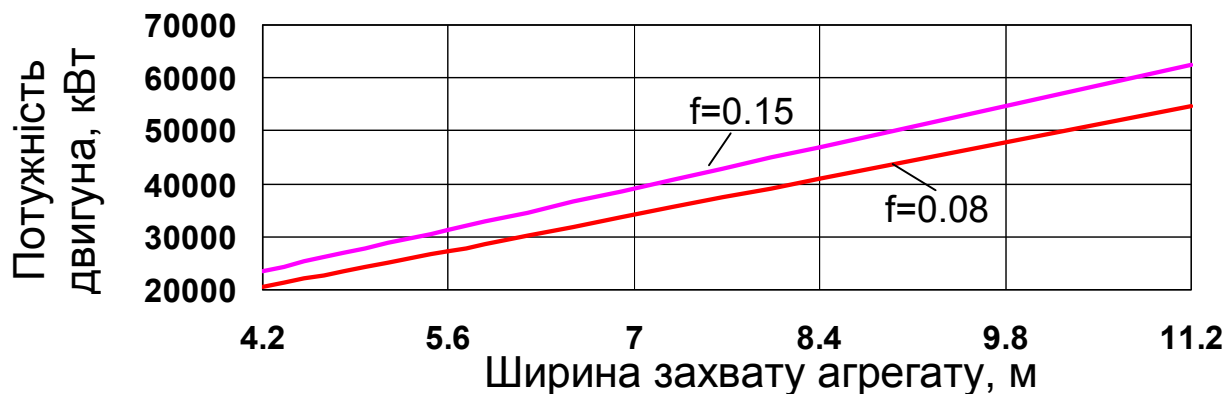


Рисунок 3.5 – Залежність мінімально-необхідної потужності двигуна агрегуючого трактора від коефіцієнту опору його кочення

Розрахунок необхідного рівня енергонасиченості трактора для його агрегування з новим агрегатом показав, що при його використанні на природному агрофоні при міжрядному обробітку просапних культур потрібен енергонасичений трактор тягово-енергетичної концепції, рівень енергонасиченості якого становить близько 22 кВт/т (рис.3.6). А при використанні постійної технологічної колії необхідний рівень енергонасиченості трактора зменшується, наближаючись до рівня тракторів

тягової концепції. Переважна більшість останніх в тракторному парку країни свідчить про їх можливе ефективне використання для виконання цієї технологічної операції.

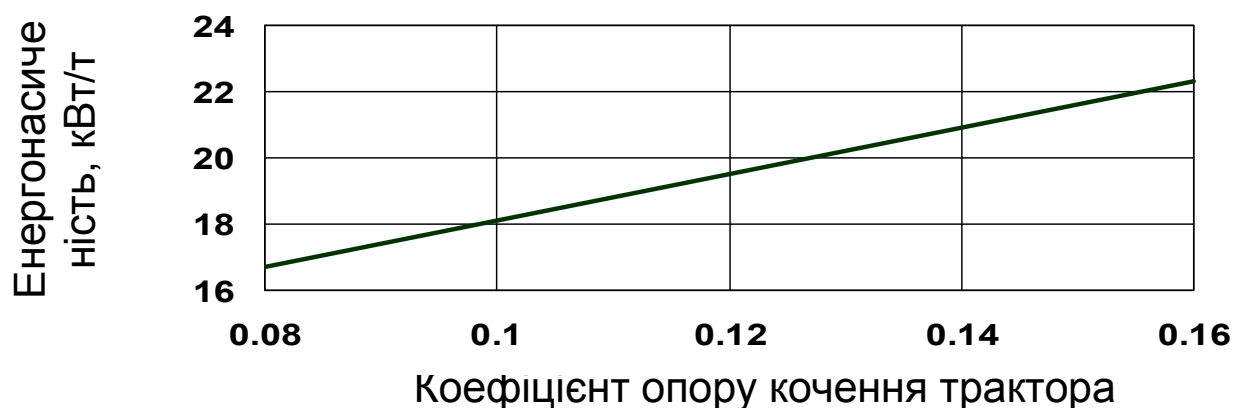


Рисунок 3.6 – Залежність мінімально-необхідного рівня енергонасиченості агрегатуючого трактора від коефіцієнту опору його кочення

Розрахунок необхідної ефективної потужності і маси агрегатуючого трактора для його агрегування з новим агрегатом для міжрядного обробітку посівів кукурудзи показав (рис.3.7), що при питомому тяговому опорі 1,4 кН/м необхідна маса трактора в діапазоні робочих швидкостей руху від 8 до 12 км/год не перевищує 2,1 т. Але для руху агрегату з максимально допустимою швидкістю руху потрібен енергонасичений трактор тягово-енергетичної концепції. Оскільки рівень його енергонасиченості при цьому становить 22,33 кВт/т. Величина необхідної потужності двигуна трактора повинна бути не менше 47 кВт.

Згідно з проведеними розрахунками та враховуючи наявний тракторний парк в господарстві для агрегування нового агрегату обираємо трактор John Deere 6095В. Його номінальна ефективна потужність двигуна дорівнює 95 к.с., а експлуатаційна маса – 4290 кг, що відповідає проведеним нами розрахункам.



Рисунок 3.7 – Агрегатуючий трактор John Deere 6095B

Microsoft Excel - Пружин. борона.xls

Файл Правка Вид Вставка Формат Сервіс Данні Справка

Аrial Cy

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	Y	Z	AA
1	Вхідні дані											Результат			
2	V0	V0	f	k0	Bk	A	B	Vx	Kv	ηтр	g	ΔC	Mт	Ne	Et
3	км/год	м/с		Н/м	м						м/с <sup>2</sup>	%	кг	Вт	кВт/т
4	8	2.2222	0.15	1200	5.6	-0.07	0.7	0.04	1	0.93	9.81	2.3	1933	28770.8	14.88
5	9	2.5	0.15	1200	5.6	-0.07	0.7	0.04	1	0.93	9.81	2.3	1974.6	33064.2	16.74
6	10	2.7778	0.15	1200	5.6	-0.07	0.7	0.04	1	0.93	9.81	2.3	2016.2	37512.4	18.61
7	11	3.0556	0.15	1200	5.6	-0.07	0.7	0.04	1	0.93	9.81	2.3	2057.8	42115.6	20.47
8	12	3.3333	0.15	1200	5.6	-0.07	0.7	0.04	1	0.93	9.81	2.3	2099.5	46873.6	22.33
9															
10															
11															
12															
13															
14															
15															
16															
17															
18															

Лист1 / Лист2 / Лист3

Действия

Рисунок 3.8 – Інтерфейс програми розрахунків необхідної потужності і маси агрегатуючого трактора у середовищі MicrosoftExcel

### Висновки.

1.Результатами проведеного математичного моделювання встановлено, що при використанні постійної технологічної колії на відміну від агрофону при міжрядному обробітку необхідна маса агрегатуючого трактора боронувального агрегату збільшується що можна компенсувати, наприклад його балансуванням.

2. Необхідна ефективна потужність двигуна трактора при переході агрегату на постійну технологічну колію природно зменшується на 5 кВт, що дозволяє заощаджувати 37,24 грн./год, заощадження з гектару буде різним, відповідно до ширини захвату агрегата.

3. Розрахунок необхідної ефективної потужності і маси агрегатуючого трактора для його агрегування з новим агрегатом для міжрядного обробітку посівів кукурудзи показав, що при питомому тяговому опорі 1,4 кН/м необхідна маса трактора в діапазоні робочих швидкостей руху від 8 до 12 км/год не перевищує 2,1 т. Але для руху агрегату з максимально допустимою швидкістю руху потрібен енергонасичений трактор тягово-енергетичної концепції. Оскільки рівень його енергонасиченості при цьому становить 22,33 кВт/т. Величина необхідної потужності двигуна трактора повинна бути не менше 47 кВт.

Згідно з проведеними розрахунками та враховуючи наявний тракторний парк в господарстві для агрегування нового агрегату обираємо трактор John Deere 6095B. Його номінальна ефективна потужність двигуна дорівнює 95 к.с., а експлуатаційна маса – 4290 кг, що відповідає проведеним нами розрахункам.

## 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

### 4.1 Основні законодавчі та нормативно-правові акти згідно вимог чинного законодавства України

Законодавство України про охорону праці – це система взаємозв'язаних нормативно-правових актів, що регулюють відносини у галузі охорони праці. Воно складається з Кодексу законів про працю України, Законів України «Про охорону праці», «Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення», «Про охорону здоров'я», «Про використання ядерної енергії та радіаційний захист», «Про пожежну безпеку», «Про загальнообов'язкове державне соціальне страхування від нещасного випадку на виробництві та професійного захворювання, які спричинили втрату працездатності» та інших. Базується законодавство України про охорону праці на конституційному управі всіх громадян України на належні, безпечні і здорові умови праці, гарантовані статтею 43 Конституції України. Ця ж стаття встановлює також заборону використання праці жінок і неповнолітніх на небезпечних для їхнього здоров'я роботах. Стаття 45 Конституції гарантує право всіх працюючих на щотижневий відпочинок та щорічну оплачувану відпустку, а також встановлення скороченого робочого дня щодо окремих професій і виробництв, скорочення тривалості роботи в нічний час. Інші статті Конституції встановлюють право громадян на соціальний захист, що включає право забезпечення їх у разі повної, часткової або тимчасової втрати працездатності (ст. 46); охорону здоров'я, медичну допомогу та медичне страхування (ст. 49); право знати свої права та обов'язки (ст. 57) й інші загальні права громадян, у тому числі право на охорону праці.

Основоположним документом у галузі охорони праці є Закон України «Про охорону праці», який визначає основні положення щодо реалізації конституційного права працівників на охорону їх життя і здоров'я у процесі трудової діяльності, на належні, безпечні і здорові умови праці, регулює за участю відповідних державних органів відносини між роботодавцем і працівником з питань безпеки, гігієни праці та виробничого середовища і встановлює єдиний порядок організації охорони праці в Україні. Інші нормативно-правові акти мають відповідати не тільки Конституції та іншим законам України, але, насамперед, цьому закону.

Кодекс законів про працю (КЗпП) України затверджено Законом Української РСР від 10 грудня 1971 р. і введено в дію з 1 червня 1972 р. До нього неодноразово вносилися зміни і доповнення. Правове регулювання охорони праці в ньому не обмежується главою XI «Охорона праці». Норми щодо охорони праці містяться в багатьох статтях інших глав КЗпП України: «Трудовий договір», «Робочий час», «Час відпочинку», «Праця жінок», «Праця молоді», «Професійні спілки», «Нагляд і контроль за додержанням законодавства про працю».

#### **4.2 Охорона праці при комплектуванні та використанні машинно-тракторного агрегату для міжрядного обробітку кукурудзи**

Охорона праці при комплектуванні та використанні машинно-тракторного агрегату для міжрядного обробітку кукурудзи полягає в наступному [24]. Комплектує машинно-тракторний агрегат тракторист-машиніст, при потребі, за допомогою допоміжних робітників під обов'язковим контролем бригадира, механіка або агронома. Довільна заміна машин у складеному агрегаті без дозволу цих осіб не допускається. За технічний стан, комплектування і безпечне використання машин, що знаходяться у приватній власності, несе повну відповідальність власник. До експлуатації допускаються

абсолютно справні, відрегульовані і перевірені машини, що пройшли відповідну обкатку, у тому числі і нові машини.

Причіпні і начіпні машини заздалегідь перевіряють і агрегують лише з тим трактором, що зазначений у заводській інструкції машини.

До роботи на агрегатах допускаються фізично здорові, навчені за спеціальною програмою (наявність посвідчення про кваліфікацію) і проінструктовані механізатори. Залежно від виду роботи, механізатори мають бути забезпечені відповідними засобами захисту і спецодягом.

Перед виконанням польових робіт поле спочатку обов'язково оглядає агроном (власник). Після цього (при потребі) його готують: видаляють велике каміння, засипають рови, яри, ями та інші перешкоди, а ті, що не можливо усунути, позначають віхами, табличками з попереджувальними написами. Після цього поле розмічають, відповідно до операційної карти. Якщо працюватиме група агрегатів, то обов'язково вибирають, обладнують і позначають місце для відпочинку.

На місце роботи агрегатів не допускають сторонніх осіб, які не мають відношення до технологічного процесу. Механізовані роботи і рух агрегатів мають відповідати розробленим і затвердженим головним агрономом або керівником господарства технологіям та маршрутам руху агрегатів.

Особливу увагу необхідно приділяти агрегатам, що працюють на схилах. До керування такими агрегатами допускають механізаторів не нижче II класу, зі стажем роботи за спеціальністю тракториста-машиніста не менше трьох років, що пройшли спеціальне навчання й інструктаж з безпеки праці. В умовах гористої місцевості (на схилах), як правило, застосовують спеціальні машинно-тракторні агрегати і окремі машини (крутосхильної модифікації). Для роботи на схилах крутістю не більш як 8-9° допускаються трактори і комбайни загального призначення. Працювати на схилах колісним тракторам на вузькій колії заборонено. Трактори та інші самохідні сільськогосподарські машини, що працюють на схилах, повинні бути обов'язково обладнані пристроями для постійного контролю кута похилу (або спеціальними



сигналізаторами), а також дерев'яними упорами(відповідно до кількості ведучих коліс) або гальмовими башмаками, щоб не допустити скочування або сповзання машини на зупинках.

Всі роботи на схилах і в гористій місцевості виконують тільки у світлий час доби. На схилах не дозволяється виконувати технічне обслуговування машинно-тракторних агрегатів.

При агрегуванні різної сільськогосподарської техніки з універсальними тракторами застосовують автоматичні зчіпні пристрої. Під час автоматичного зачеплення машини на трактор не допускається перебування працюючих у небезпечній зоні, щоб запобігти виникненню небезпечних ситуацій в процесі агрегування.

Одним з недоліків багатьох сільськогосподарських машин є те, що їх робочі органи не обладнані пристроями для самоочищення. Це призводить до травмування механізаторів (допоміжних працівників), які намагаються очищати робочі органи на ходу машини або при працюючому двигуні, що заборонено. Відповідно до існуючих правил таку роботу необхідно виконувати спеціальними пристроями (чистиками) при зупиненому агрегаті, а деяких машин – і при зупиненому двигуні.

Виконувати роботи під машинами, піднятими за допомогою гідромеханізмів (гідросистем), забороняється. Правилами передбачається, що таку роботу можна виконувати при заглушеному двигуні і надійно зафіксованій у піднятому положенні начіпній машині. Для цього рекомендуються спеціальні підставки або пристрої. У момент під'їзду трактора до причіпної машини допоміжний робітник повинен відійти на відстань 2 м від правого боку трактора, тобто перебувати за межами небезпечної зони.

Під час руху агрегату забороняється виконувати будь-які регулювання, усувати несправності, а також очищати робочі органи.

Усунення несправностей, заміну ножів, пасів, ланцюгів, операції технічного обслуговування виконують тільки при зупиненому двигуні.

Головними умовами безпечного виконання робіт є: висока професійна підготовка всіх робітників на агрегаті, абсолютна справність машин і укомплектованість їх відповідно до вимог безпеки; наявність засобів очищення робочих органів та інших засобів безпеки (огороження, запобіжні муфти, підніжки тощо); чітка організація роботи групи агрегатів на одному полі; забезпечення всіх працюючих необхідними засобами індивідуального захисту.

### 4.3 Моделювання травмонебезпечних та небезпечних ситуацій під час виконання робіт з догляду за сільськогосподарськими культурами

Можливі небезпеки та вимоги безпеки під час обробітку ґрунту [25] представлені в табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Можливі небезпеки та вимоги безпеки під час обробітку ґрунту боронувальним МТА

№ з/п	Можливі небезпеки	Вимоги безпеки перед початком роботи	Вимоги безпеки під час виконання робіт
1	2	3	4
1	Отруєння вихлопними газами, пестицидами, агрохімікатами	Перевірити наявність і справність гумових прокладок і замків на бокових щитах капоту двигуна. Впевнитися у відсутності підтікання палива, мастил і охолоджуючої рідини, а також пропуску випускних газів у	При виявленні попадання відпрацьованих газів в кабінку трактора негайно припинити роботу. Не відпочивати в кабінку трактора при працюючому двигуні. Дотримуватися вимог інструкцій з безпеки праці під час роботи з пестицидами та агрохімікатами. Не працювати без засобів індивідуального захисту або з

		<p>з'єднаннях випускних і всмоктувальних патрубків з блоком двигуна.</p> <p>При обробітку ґрунту з одночасним внесенням пестицидів, мінеральних добрив тощо до початку робіт потрібне додаткове інструктування.</p> <p>Перевірити наявність та справність індивідуальних засобів захисту.</p>	<p>несправними засобами.</p> <p>Під час роботи дотримуватися правил особистої гігієни, не допускати проливання технологічних розчинів, пального і мастил на одяг, взуття та відкриті частини тіла, а також на землю. Не вживати їжу і не паліть на робочому місці під час виконання робіт, особливо з використанням шкідливих речовин.</p>
2	Перекидання агрегату	<p>Переконатися, що поле, відведене для обробітку ґрунту, очищене від зайвих предметів. Ями та канави загорнуті. Перешкоди, які не можна ліквідувати, відмічені віхами висотою 2 м; біля ярів і крутих схилів, на їх краю, встановлені попереджувальні знаки та відорана</p>	<p>Витримувати відстань від зовнішніх країв коліс агрегату до початку схилу, канави, інших нерівностей не менше 1 м. Бути обережними при переїздах по крутих схилах, ровах, глибоких вибоїнах, поворотах і особливо після дощу.</p> <p>Маневрування агрегату проводити в межах відміченої поворотної смуги поля.</p> <p>Після закінчення маневрування, на початку прямолінійного руху агрегату, перевести машину</p>

		<p>контрольна борозна на відстані 10 м, шириною не менше 50 см.</p> <p>Ділянки розбиті на загінки.</p>	<p>(робочі органи) в робоче положення.</p> <p>Забороняється робити круті повороти та маневрування агрегатом заднім ходом, якщо робочі органи заглиблені в ґрунт.</p> <p>Швидкість руху агрегату при поворотах знижувати до 3–4 км/год.</p> <p>Перед спуском з гори зупинити трактор, включити першу передачу, заблокувати гальма і на зниженій частоті обертання вала двигуна, обережно гальмуючи, з'їжджати з гори.</p> <p>Забороняється змінювати швидкість руху на спусках або підйомах за рахунок перемикання передач.</p> <p>Забороняється робота тракторних агрегатів під час дощу, туману, вночі, а також на схилах із слизьким глинистим ґрунтом.</p> <p>Всі роботи на схилах і в гористій місцевості виконувати тільки у світлий час доби.</p>
3	Травмування внаслідок наїздів	Впевнитися, що на відведеній для	Не допускати знаходження на агрегаті, а також на полі, де

		<p>обробітку ділянці відсутні сторонні особи.</p> <p>При виконанні робіт за участю обслуговуючого персоналу перевірити дієвість двосторонньої сигналізації.</p>	<p>проводиться обробіток ґрунту, людей, які не беруть участі у виконанні технологічного процесу.</p> <p>Перед початком руху агрегату, включенням гідросистеми або валу відбору потужності подати звуковий сигнал, впевнитися, що переміщення агрегату нікому не загрожує, і тільки після цього розпочинати рух.</p> <p>При маневруванні агрегату (поворот, розворот) спочатку впевнитися, що в радіусі його руху не знаходяться люди, і тільки після цього перевести робочі органи транспортного положення і виконати маневр.</p> <p>Не залишати без догляду ґрунтообробний агрегат з працюючим двигуном трактора.</p> <p>При тривалій зупинці агрегату – загальмувати трактор, опустити знаряддя та вимкнути двигун.</p> <p>При зупинці колісного трактора – підкласти башмаки під колеса.</p> <p>Відпочивати в полі тільки в спеціально відведених місцях, які обладнуються добре помітними віхами (жердина</p>
--	--	---	---

			<p>висотою до 3 м з червоним прапорцем) вдень і освітленими ліхтарями в темну пору доби.</p> <p>Не відпочивати під транспортними засобами, в борозні, серед поля, у копицях тощо.</p>
4	Травмування при усуненні несправностей	Перевірити наявність та справність інструменту і пристроїв.	<p>Не користуватися несправним інструментом, інвентарем, пристроями. При перевірці роботи гідравлічної системи та зачіпного пристрою не залишати зачіпне знаряддя в піднятому стані та не здійснювати усунення дефектів в гідросистемі при наявності в ній тиску. Управління гідравлічною системою проводити тільки з сидіння трактора.</p> <p>Не проводити технічне обслуговування, заправку трактора на схилах, не ставити агрегат на стоянку з метою запуску двигуна накатом.</p> <p>Регулювання та очистку робочих органів від сторонніх предметів, налиплого ґрунту і рослинних залишків проводити тільки спеціальними чистиками в рукавицях при зупиненому,</p>

			загальмованому агрегаті з виключеним двигуном. Не ставити ноги при цьому в зону можливого падіння (опускання) робочих органів машини.
5	Зіткнення	Перевірити надійність засобів сигналізації, домовитися з іншими працюючими про умовні сигнали та порядок виконання технологічних операцій.	<p>При роботі двох і більше агрегатів розпочинати роботу після подання передбаченого сигналу. Стежити за тим, щоб відстань між тракторами була в межах 30–40 м.</p> <p>При зупинці трактора, що рухається попереду, об'їжджати його з боку необробленого поля.</p> <p>Під час роз'їзду тракторів завжди триматися правого боку і на відстані не менше як 2 м від зустрічного трактора.</p> <p>Під час роботи в умовах видимості менше 20 м знизити швидкість, включити задній ліхтар, габаритні вогні та ближнє світло фар, періодично подавати звуковий сигнал і відповідати на сигнали іншого тракториста.</p>
6	Падіння	Опори (підніжки) та поручні (перила, ручки) повинні бути справними та сухими.	Під час роботи агрегату сидіти тільки на спеціально обладнаних сидіннях, які передбачені конструкцією машини.

		<p>Перед входом у кабіну очистити взуття й сходинки від бруду.</p>	<p>Не стрибати на землю з кабіни та інших місць трактора.</p> <p>Під час руху агрегату не зіскакувати і не вискакувати на нього, не висовуватися із кабіни трактора, не ставати на підніжку для огляду робочих органів, не ремонтувати (регулювати) робочі органи, не сидіти та не стояти на крилах трактора, причіпних сергах або рамах машин.</p>
7	Загоряння агрегату	<p>Перевірити наявність первинних засобів пожежогасіння та їх розміщення в місцях, спеціально передбачених для цих цілей.</p> <p>Ознайомитися із правилами користування ними, забезпечити до них вільний доступ.</p>	<p>Не працювати у спецодязі, просоченому паливом і мастилами. Це пожежонебезпечно!</p> <p>Не зупинятися, не ремонтувати і не обслуговувати агрегат під лініями електропередач високої напруги. Не торкатися обірваних проводів ЛЕП.</p> <p>Не використовувати пожежний інвентар не за призначенням.</p> <p>Не завішувати одягом і не складати будь-які предмети на засоби пожежогасіння.</p> <p>Під'їжджати на тракторі до заправного пункту пально-мастильними матеріалами так, щоб випускна труба знаходилася</p>



			<p>із протилежного боку від пункту.</p> <p>Перед заправкою трактора загальмувати агрегат, виключіть двигун і заправляти паливом лише за допомогою насоса та шланга через лійку (тільки закритим способом).</p> <p>При виникненні необхідності заправки пально-мастильними матеріалами в темну пору доби на полі освітлювати місце заправки світлом фар іншого трактора(автомобіля) або електричним ліхтарем. Не використовувати для освітлення відкритий вогонь.</p>
--	--	--	--

#### **4.4 Безпека в надзвичайних ситуаціях**

##### **Інформування та оповіщення**

Інформування та оповіщення у сфері захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру є основним принципом та головним і невід'ємним елементом усієї системи заходів такого захисту.

Інформацію у сфері захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру становлять відомості про надзвичайні ситуації техногенного та природного характеру, що прогноуються або виникли, з визначенням

їх класифікації, меж поширення і наслідків, а також способи та методи реагування на них.

Інформація у сфері захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру, діяльність центральних та місцевих органів виконавчої влади, виконавчих органів рад у цій сфері є гласними і відкритими, якщо інше не передбачено законом.

Центральні та місцеві органи виконавчої влади, виконавчі органи рад зобов'язані надавати населенню через засоби масової інформації оперативну і достовірну інформацію про стан захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру, про виникнення надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру, методи та способи їх захисту, вжиття заходів щодо забезпечення безпеки.

Оповіщення про загрозу виникнення надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру і постійне інформування населення про них забезпечуються шляхом:

- завчасного створення і підтримки в постійній готовності загальнодержавної і територіальних автоматизованих систем централізованого оповіщення населення;
- організаційно-технічного з'єднання територіальних систем централізованого оповіщення і систем оповіщення на об'єктах господарювання;
- завчасного створення та організаційно-технічного з'єднання з системами спостереження і контролю постійно діючих локальних систем оповіщення та інформування населення в зонах можливого катастрофічного затоплення, районах розміщення радіаційних і хімічних підприємств, інших об'єктів підвищеної небезпеки;
- централізованого використання загальнодержавних і галузевих систем зв'язку, радіопровідного, телевізійного оповіщення,

радіотрансляційних мереж та інших технічних засобів передавання інформації.

### **Спостереження**

З метою своєчасного захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру, запобігання та реагування на них відповідними центральними та місцевими органами виконавчої влади здійснюються:

- створення і підтримання в постійній готовності загальнодержавної і територіальних систем спостереження і контролю з включенням до них існуючих сил та засобів контролю;

- організація збирання, опрацювання і передавання інформації про стан довкілля, забруднення харчових продуктів, продовольчої сировини, фуражу, води радіоактивними, хімічними речовинами, мікроорганізмами та іншими біологічними агентами.

### **Укриття в захисних спорудах**

Укриттю в захисних спорудах, у разі необхідності, підлягає населення відповідно до його належності до груп (працююча зміна, населення, яке проживає в небезпечних зонах).

Створення фонду захисних споруд забезпечується шляхом:

- комплексного освоєння підземного простору міст і населених пунктів для взаємопогодженого розміщення в ньому споруд і приміщень соціально-побутового, виробничого і господарського призначення з урахуванням необхідності пристосування і використання частини приміщень для укриття населення в разі виникнення надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру;

- обстеження і взяття на облік підземних і наземних будівель та споруд, що відповідають вимогам захисту, споруд підземного простору міст, гірничих виробок і природних порожнин;

- дообладнання з урахуванням реальної обстановки підвальних та інших заглиблених приміщень;
- будівництва заглиблених споруд, які окремо розташовані від об'єктів виробничого призначення та пристосовані для захисту;
- масового будівництва, в період загрози виникнення надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру, найпростіших сховищ та укриттів;
- будівництва окремих сховищ та протирадіаційних укриттів.

Перелік таких сховищ, укриттів та інших захисних споруд, які необхідно будувати, щорічно визначається спеціально уповноваженим центральним органом виконавчої влади, до компетенції якого віднесено питання захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру, і затверджується Кабінетом Міністрів України.

### **Евакуаційні заходи**

В умовах неповного забезпечення захисними спорудами в містах та інших населених пунктах, що мають об'єкти підвищеної небезпеки, основним засобом захисту населення є евакуація і розміщення його у зонах, які є безпечними для проживання людей і тварин.

Евакуації підлягає населення, яке проживає в населених пунктах, що знаходяться у зонах можливого катастрофічного затоплення, можливого небезпечного радіоактивного забруднення, хімічного ураження, в районах виникнення стихійного лиха, аварій і катастроф (якщо виникає безпосередня загроза життю та здоров'ю людей).

Залежно від обстановки, яка склалася на час надзвичайної ситуації техногенного та природного характеру, може бути проведено загальну або часткову евакуацію населення тимчасового або безповоротного характеру.

Загальна евакуація проводиться за рішенням Кабінету Міністрів України для всіх категорій населення і планується на випадок:

- можливого небезпечного радіоактивного забруднення територій навколо атомних електростанцій (якщо виникає безпосередня загроза життю та здоров'ю людей, які проживають в зоні ураження);
- виникнення загрози катастрофічного затоплення місцевості з чотиригодинним добіганням проривної хвилі.

Часткова евакуація проводиться за рішенням Кабінету Міністрів України у разі загрози або виникнення надзвичайної ситуації техногенного та природного характеру.

Під час проведення часткової евакуації завчасно вивозиться не зайняте у сферах виробництва та обслуговування населення: діти, учні навчальних закладів, вихованці дитячих будинків, разом з викладачами та вихователями, студенти, пенсіонери та інваліди, які утримуються у будинках для осіб похилого віку, разом з обслуговуючим персоналом і членами їх сімей.

У сфері захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру евакуація населення планується на випадок:

- аварії на атомній електростанції з можливим забрудненням території;
- усіх видів аварій з викидом сильнодіючих отруйних речовин;
- загрози катастрофічного затоплення місцевості;
- лісових і торф'яних пожеж, землетрусів, зсувів, інших геофізичних і гідрометеорологічних явищ з тяжкими наслідками, що загрожують населеним пунктам.

Проведення організованої евакуації, запобігання проявам паніки і недопущення загибелі людей забезпечується шляхом:

планування евакуації населення;

визначення зон, придатних для розміщення евакуйованих з потенційно небезпечних зон;

організації оповіщення керівників підприємств і населення про початок евакуації;

організації управління евакуацією;

всебічного життєзабезпечення в місцях безпечного розселення евакуйованого населення;

навчання населення діям під час проведення евакуації.

Евакуація населення проводиться способом, який передбачає вивезення основної частини населення із зон надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру усіма видами наявного транспорту, а в разі його відсутності чи недостатності, а також у випадку руйнування транспортних шляхів - організоване виведення населення пішим ходом по заздалегідь розроблених маршрутах.

### **Інженерний захист**

Під час проектування і експлуатації споруд та інших об'єктів господарювання, наслідки діяльності яких можуть шкідливо вплинути на безпеку населення та довкілля, обов'язково розробляються і здійснюються заходи інженерного захисту з метою запобігання виникненню надзвичайної ситуації техногенного та природного характеру. Заходи інженерного захисту населення і території повинні передбачати:

- врахування під час розроблення генеральних планів забудови населених пунктів і ведення містобудування можливих проявів у окремих регіонах та на окремих територіях небезпечних і катастрофічних явищ;

- раціональне розміщення об'єктів підвищеної небезпеки з урахуванням можливих наслідків їх діяльності у разі виникнення аварій для безпеки населення і довкілля;

- спорудження будинків, будівель, споруд, інженерних мереж і транспортних комунікацій із заданими рівнями безпеки та надійності;

- розроблення і здійснення заходів безаварійного функціонування об'єктів підвищеної небезпеки;

- створення комплексної схеми захисту населених пунктів та об'єктів господарювання від небезпечних природних процесів;

- розроблення і здійснення регіональних та місцевих планів запобігання і ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру;

- організацію будівництва протизсувних, протиповеневих, протиселевих, протилавинних, протиерозійних та інших інженерних споруд спеціального призначення;

- реалізацію заходів санітарної охорони території.

## **5 ОЦІНКА ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МІЖРЯДНОГО ОБРОБІТКУ ПОСІВІВ КУКУРУДЗИ БОРОНУВАЛЬНИМ АГРЕГАТОМ**

В основу оцінки економічної ефективності використання агрегату в складі універсально-просапного трактора і нової пружинної борони, створеної на базі просапного культиватора ALTAIR-5,6 при міжрядному обробітку посівів просапних культур положимо припущення згідно якого використання вказаного знаряддя за рахунок ефекту аерації ґрунту і його насиченням з повітря дозволить зменшити норму внесення мінеральних добрив щонайменше вдвічі, а також дозволить збільшити урожайність кукурудзи щонайменше на 5%.

За методику визначення показників економічного оцінювання культиватора ALTAIR-5,6 з додатковими робочими органами (пружинними борінками) положимо ДСТУ 4397:2005 «Методи економічного оцінювання техніки на етапі випробовування» [26]. Цей стандарт поширюється на спеціалізовану сільськогосподарську техніку (далі за текстом – машини), призначену для виконання окремих операцій, трактори, транспортні засоби, універсальні самохідні машини, технологічні мобільні та стаціонарні комплекси. Стандарт встановлює загальні положення, показники економічного оцінювання та методи їх визначення на етапі випробування вказаних машин.

За базовий варіант МТА положимо агрегат у складі трактора John Deere 6095B і культиватора ALTAIR-5,6 з серійними робочими органами виробництва ПАТ «Ельворті».

За новий варіант культиваторного агрегату положимо МТА у складі трактора John Deere 6095B і культиватора ALTAIR-5,6 з додатковими пружинними борінками для міжрядного обробітку посівів просапних культур.

Річний економічний ефект від експлуатації нової машини з урахуванням кількості та якості продукції ( $E_p$ ) у гривнях визначаються за формулою:



$$E_p = (P_{\text{б}} - P_{\text{н}}) \cdot B_z + E_{\text{я}}, \quad (5.1)$$

де  $P_{\text{б}}$ ,  $P_{\text{н}}$  – сукупні витрати на га відповідно по базовій і новій машинах, грн/га;

$B_z$  – річний обсяг наробітку новою машиною в умовах певної природно-кліматичної зони, га;

$E_{\text{я}}$  – річний економічний ефект, отриманий за рахунок зміни кількості та якості продукції, грн.

Зональний річний обсяг наробітку новою машиною ( $B_z$ ) в одиницях наробітку визначають за формулою:

$$B_z = W_{\text{ек}} \cdot T_z, \quad (5.2)$$

де  $W_{\text{ек}}$  – продуктивність нової машини за 1 год експлуатаційного часу, га/год.

$T_z$  – зональне річне навантаження машини, год.

$$B_{z\text{б}} = 350 \cdot 5,04 = 1764 \text{ га.}$$

$$B_{z\text{н}} = 350 \cdot 5,04 = 1764 \text{ га.}$$

Річний економічний ефект, отриманий за рахунок зміни кількості та якості продукції ( $E_{\text{я}}$ ) у гривнях, визначається за формулою:

$$E_{\text{я}} = C_{\text{ян}} - C_{\text{яб}}, \quad (5.3)$$

де  $C_{\text{ян}}$ ,  $C_{\text{яб}}$  – вартість продукції, отриманої у разі застосування відповідно нової та базової машини протягом року, грн.

В дипломному проекті положимо, що за рахунок більш якісного міжрядного обробітку посів кукурудзи дозволить збільшити її урожайність щонайменше на 5%. В натуральних одиницях це становитиме 225 кг/га насіння кукурудзи (від урожайності 45 ц/га). При його вартості 5000 грн/т річний економічний ефект, отриманий за рахунок зміни кількості та якості продукції становитиме

$$E_{\text{я}} = 225 \cdot 5 = 1125 \text{ грн/га.}$$

Вартість продукції, отриманої у разі застосування нової чи базової ( $C_{\text{я}}$ ) у гривнях, визначають за формулою:

$$C_{я} = \sum_{j=1}^n C_j \cdot V_j, \quad (5.4)$$

де  $C_j$  – закупівельна ціна одиниці  $j$ -ї продукції, грн;

$V_j$  – кількість  $j$ -ї продукції, одержаної у разі застосування нової чи базової машини, т.

Сукупні витрати ( $\Pi$ ) у гривнях на га визначають за формулою:

$$\Pi = I + K \cdot E_n, \quad (5.5)$$

де  $I$  – прямі експлуатаційні витрати, грн/га;

$K$  – питомі інвестиційні вкладення, грн/га.

Коефіцієнт ефективності капітальних вкладень ( $E_n$ ) визначають за формулою:

$$E_n = C_{\sigma} / 100, \quad (5.6)$$

де  $C_{\sigma}$  – ставка пільгового кредиту Національного банку України у відсотках,  $C_{\sigma} = 17,5\%$ .

Прямі експлуатаційні витрати ( $I$ ) у гривнях на га визначають за формулою:

$$I = Z + \Gamma + A + \Phi + M, \quad (5.7)$$

де  $Z$  – затрати на оплату праці обслуговуючого персоналу, грн/га;

$\Gamma$  – затрати на паливно-мастильні матеріали та електроенергію, грн/га;

$P$  – затрати на технічне обслуговування, поточне та капітальне ремонтування, грн./га;

$A$  – затрати на амортизацію, грн./га;

$\Phi$  – затрати на допоміжні матеріали, грн./га;

$M$  – затрати на зберігання, страхування та монтування, грн./га.

Затрати на оплату праці обслуговуючого персоналу ( $Z$ ) у гривнях на га визначають за формулою:

$$Z = \frac{\sum_{i=1}^n L_i \cdot t_i \cdot r_i \cdot k_d \cdot n_i}{W_{3M}}, \quad (5.8)$$

де  $L_i$  – кількість  $i$ -ої категорії виробничого персоналу, зайнятого для виконання основного технологічного процесу, технічного обслуговування та ремонтування машини (визначаються за даними випробувань), люд;

$t_i$  – тривалість зайнятості  $i$ -го виробничого персоналу, год;

$r_i$  – погодинна тарифна ставка оплати праці на  $i$ -му виді робіт, грн./люд.год.;

$k_D$  – коефіцієнт, що враховує доплати до годинної ставки за продукцію, класність, стаж роботи тощо;

$n_i$  – коефіцієнт нарахувань на заробітну плату (пенсійний фонд, соціальне страхування, фонд сприяння зайнятості);

$W_{cm}$  – продуктивність машини за годину змінного часу, га/год.

$$З = \frac{59,8}{5,04} = 11,86 \text{ грн / га} .$$

Затрати коштів на паливно-мастильні матеріали ( $\Gamma$ ) у гривнях на га визначають за формулою:

$$\Gamma = q \cdot k_n \cdot Ц_n, \quad (5.9)$$

де  $q$  – питомі витрати палива, л/га;

$Ц_n$  – ціна одного літру палива грн/л;

$k_n$  – коефіцієнт, що враховує вартість мастильних матеріалів.

$$\Gamma = 1,9 \cdot 1,15 \cdot 29 = 63,37 \text{ грн/га}.$$

Затрати на капітальне, поточне ремонтування та технічне обслуговування ( $P$ ) у гривнях на га визначають за формулою:

$$P = \frac{B \cdot (r_T + r_K)}{W_{ек} \cdot T_n}, \quad (5.10)$$

де  $r_T$  – коефіцієнт відрахувань на поточний ремонт та технічне обслуговування;

$r_K$  – коефіцієнт відрахувань на капітальний ремонт;

$T_n$  – нормативне річне завантаження, год.

$$P_6 = \frac{3500000 \cdot (0,0638)}{1800} + \frac{127000 \cdot (0,0146)}{1764} = 125,10 \text{ грн / га} .$$

$$P_n = \frac{3500000 \cdot (0,0638)}{1800} + \frac{146530 \cdot (0,0146)}{1764} = 125,27 \text{ грн / га} .$$

Затрати на амортизацію машини ( $A$ ) у гривнях на га визначають за формулою:

$$A = \frac{B \cdot a}{W_{3M} \cdot T_3}, \quad (5.11)$$

де  $a$  – коефіцієнт відрахувань на амортизацію машини. Визначають за допомогою прямолінійного методу нарахування амортизації, тобто

$$a = 1 / n, \quad (5.12)$$

де  $n$  – термін служби в роках.

$$A_6 = \frac{3500000 \cdot (0,105)}{1800} + \frac{127000 \cdot (0,125)}{1764} = 213,16 \text{ грн / га} .$$

$$A_n = \frac{3500000 \cdot (0,125)}{1800} + \frac{146530 \cdot (0,125)}{1764} = 214,55 \text{ грн / га} .$$

Затрати на допоміжні технологічні матеріали, зокрема, мінеральні добрива на підживлення сходів кукурудзи ( $\Phi$ ) у гривнях на га визначають за формулою:

$$\Phi = \sum h_i \cdot C_{Ti}, \quad (5.13)$$

де  $h_i$  – питомі витрати  $i$ -го виду технологічного матеріалу, кг/га;

$C_{Ti}$  – ціна одиниці  $i$ -го технологічного матеріалу, грн./кг.

$$\Phi_6 = 45 \cdot 10 = 450 \text{ грн / га} .$$

$$\Phi_n = 22,5 \cdot 10 = 225 \text{ грн / га}$$

Затрати на зберігання, страхування та монтування машин ( $M$ ) у гривнях на га визначають за формулою:

$$M = \frac{\sum_{i=1}^n Z_{mi} \cdot r_i \cdot n_i + C_d + S_{3CM}}{W_{ER} \cdot T_3}, \quad (5.14)$$

де  $Z_{mi}$  – затрати праці  $i$ -ої категорії працівників на доскладання та монтування устаткування, люд.-год.;

$C_D$  – вартість матеріалів, які використані на доскладанні та монтуванні машини, грн.;

$S_{ЗСМ}$  – річні витрати на зберігання та страхування машини, грн.

$$M_{\delta} = \frac{3500000 \cdot (0,03)}{1800} + \frac{127000 \cdot (0,03)}{1764} = 60,5 \text{ грн / га} .$$

$$M_n = \frac{3500000 \cdot (0,03)}{1800} + \frac{146530 \cdot (0,03)}{1764} = 60,8 \text{ грн / га}$$

Питомі інвестиційні вкладення ( $K$ ) у гривнях на га визначають за формулою:

$$K = \frac{B + K_{БВД}}{B_3}, \quad (5.15)$$

де  $K_{БВД}$  – балансова вартість будівельної частини, необхідної для експлуатації машини, (вводиться в формулу за наявності різниці в обсягах будівельної частини нової та базової машини), грн.

$$K_{\delta} = \frac{3500000 + 0}{1800} + \frac{127000 + 0}{1764} = 2016,4 \text{ грн / га} .$$

$$K_n = \frac{3500000 + 0}{1800} + \frac{146530 + 0}{1764} = 2027,5 \text{ грн / га} .$$

Прямі експлуатаційні витрати ( $I$ ) у гривнях на га складатимуть:

$$I_{\delta} = 11,85 + 213,16 + 125,10 + 63,37 + 450 + 60,49 = 924,0 \text{ грн/га.}$$

$$I_n = 11,85 + 214,55 + 125,26 + 63,37 + 225 + 60,82 = 700,9 \text{ грн/га.}$$

Сукупні витрати ( $\Pi$ ) у гривнях на га складатимуть:

$$\Pi_{\delta} = 924,0 + 2016,4 \cdot 0,175 = 1264,0 \text{ грн/га.}$$

$$\Pi_n = 700,9 + 2027,5 \cdot 0,175 = 1041,0 \text{ грн/га.}$$

Річний економічний ефект від експлуатації нової машини з урахуванням кількості та якості продукції ( $E_p$ ) у гривнях дорівнюватиме:

$$E_p = (1264,0 - 1041,0 + 1125) \cdot 1764 = 2378088,0 \text{ грн.}$$

Річний прибуток ( $O$ ) від експлуатації нової машини у гривнях визначають за формулою:

$$O = (I_{\delta} - I_n) \cdot B_3 + E_p, \quad (5.16)$$

де  $I_0, I_n$  – прямі експлуатаційні витрати відповідно по базовій та новій машинах на одиницю наробітку, грн/га.

$$O = (924,0 - 700,9 + 1125) \cdot 1764 = 2378088,0 \text{ грн.}$$

Термін окупності додаткових інвестиційних вкладень на нову машину ( $T_{окд}$ ) у роках визначають за формулою:

$$T_{окд} = \frac{K_n}{O}, \quad (5.17)$$

де  $K_n$  – сумарні інвестиційні вкладення відповідно у нову машину, грн.

$$T_{окд} = \frac{3646530}{2378088} = 1,5 \text{ років.}$$

Результати розрахунку прямих експлуатаційних витрат по елементах представлено в табл. 5.1.

Таблиця 5.1 – Результати розрахунку прямих експлуатаційних витрат

Склад МТА за варіантом	Заробітна плата		Амортизація		Капітальне, поточне ремонтування, ТО		Паливо		Затрати на допоміжні матеріали (мін. добрива)		Затрати на зберігання, страхування та монтування		Всього
	грн/год	грн/га	%	грн/га	%	грн/га	кг/га	грн/га	кг/га	грн/га	%	грн/га	
Базовий варіант													
John Deere 6095B	59,8	11,86	10,5	204,2	6,38	124,0	1,9	63,37	45	450	3	58,33	924,0
ALTAIR-5,6			12,5	8,99	1,46	1,05						2,16	
Новий варіант													
John Deere 6095B	59,8	11,86	10,5	204,2	6,38	124,0	1,9	63,37	22,5	225	3	58,33	700,9
ALTAIR-5,6 з пружин. борінками			12,5	10,38	1,46	1,21						2,49	

Результати обчислювання показників порівняльної економічної ефективності представлено в табл. 5.2.

Результати розрахунків економічної ефективності свідчать, що новий МТА для догляду за посівами кукурудзи, побудований на основі культиватора ALTAIR-5,6 з пружинними борінками, за рахунок скорочення витрат на мінеральні добрива для підживлення сходів кукурудзи та збільшення її урожайності щонайменше на 5% можна одержати річний економічний ефект

при його зональному завантаженні в сумі 2378088 грн. Затрати на придбання нового культиваторного агрегату при його річному зональному завантаженні окупляться за 1,5 роки.

Таблиця 5.2 - Показники порівняльної економічної ефективності нового культиваторного агрегату

Найменування показника	Варіант МТА		Відхилення (+,-)
	Базовий	Новий	
	John Deere 6095B + ALTAIR-5,6	John Deere 6095B + ALTAIR-5,6 з пружин. борінками	
1	2	3	4
Балансова вартість агрегату, грн	3500000+ 127000	3500000+ 146530	+19530
Продуктивність змінна, га/год	5,04	5,04	-
Зональний наробіток, год га	350 1764	350 1764	-
Затрати праці, люд.-год/га	0,198	0,198	-
Прямі експлуатаційні витрати, грн/га	924,0	700,9	-223,1
Сукупні витрати, грн/га	1264,0	1041,0	-223,1
Річна економія ресурсів (мін.добрив), т	-	39,6	-
Річний економічний ефект, одержаний за рахунок економії ресурсів та зміни кількості продукції, грн	-	2182950,0	-
Річний економічний ефект від експлуатації нового агрегату, грн.	-	2378088,0	-
Термін окупності додаткових інвестиційних вкладень, років	-	1,5	

## ВИСНОВКИ

1. Проблема традиційного міжрядного обробітку просапних культур серійним культиватором типу КРН полягає в тому, що його використання направлено на знищення бур'янів та розпушування ґрунту. А це призводить практично до повної втрати вологи в родючому шарі ґрунту. Через це рослини не можуть реалізувати свій біологічний потенціал, особливо на початковій стадії їх зростання. Тому в дипломній роботі поставлена задача планування наукових та прикладних досліджень технологічного процесу міжрядного обробітку ґрунту за допомогою пружинних робочих органів.

2. Розроблена технологія міжрядного обробітку посівів кукурудзи, який включає обробіток захисних зон рядка та міжряддя прополувальними або пружинними зубовими борінками, додатково в роботи запропоновано захисну зону рядка та міжряддя посівів оброблювати смугами, які утворюються симетричними попарно розміщеними в два рядки зубовими спіралеподібними пружинними борінками з шириною захвату кожної щонайменше вдвічі більшу за товщину або діаметр пружинного зубця та розташованими в зоні міжряддя між борінками плоскорізальними сегментами під однаковим кутом їх атаки, які працюють на глибині обробітку до 4...6 см. Застосування запропонованого способу, дозволяє покращити агротехнічну якість розпушування ґрунту при обробітку посівів просапних сільськогосподарських культур з одночасним ефективним знищенням бур'янів, як в міжрядді, так і в рядку.

3. Запропонована нова конструктивно-технологічна схема боронувального агрегату на основі просапного культиватора ALTAIR-5,6, кожна секція робочих органів

4. Результатами проведеного математичного моделювання процесу агрегування запропонованого боронувального агрегату встановлено, що при використанні постійної технологічної колії на відміну від агрофону при міжрядному обробітку необхідна маса агрегуючого трактора збільшується на 250 кг, що можна компенсувати, наприклад його балансуванням. Необхідна



ефективна потужність двигуна трактора при переході агрегату на постійну технологічну колію природно зменшується на 6 кВт, що дозволяє заощаджувати 37,24 грн./год, або 3,08 грн/га.

5. Розв'язання математичної моделі ефективної потужності і маси агрегуючого трактора що для його агрегування з новим агрегатом для міжрядного обробітку посівів кукурудзи на основі культиватора ALTAIR-5,6 виробництва ПАТ «Ельворті» показав, що при питомому тяговому опорі 1,4 кН/м необхідна маса трактора в діапазоні робочих швидкостей руху від 8 до 12 км/год не перевищує 2,1 т. Оскільки рівень його енергонасиченості при цьому становить 22,33 кВт/т. Величина необхідної потужності двигуна трактора повинна бути не менше 47 кВт. Згідно з проведеними розрахунками, для агрегування нового агрегату обираємо трактор John Deere 6095B, що відповідає проведеним нами розрахункам.

6. Оптимізовано інноваційну техніко-технологічну систему на міжрядній обробіток посівів кукурудзи новим агрегатом у складі пружинної борони ALTAIR-5,6 обґрунтовані експлуатаційні показники його роботи. Зокрема, змінна продуктивність становить 5,04 га/год за раціональною швидкістю руху 12,0 км/год.

7. У відповідності до вимог чинного законодавства України розроблені заходи з охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях при комплектуванні та використанні машинно-тракторного агрегату для міжрядного обробітку кукурудзи.

8. Результати розрахунків економічної ефективності свідчать, що новий МТА для догляду за посівами кукурудзи, побудований на основі культиватора ALTAIR-5,6 з пружинними борінками, за рахунок скорочення витрат на мінеральні добрива для підживлення сходів кукурудзи та збільшення її урожайності щонайменше на 5% можна одержати річний економічний ефект при його зональному завантаженні в сумі 2378088 грн. Затрати на придбання нового культиваторного агрегату при його річному зональному завантаженні окупляться за 1,5 роки.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Фізична географія Запорізької області: Хрестоматія / Відп. ред. Даценко Л.М. - Мелітополь: Вид-во МДПУ ім. Б. Хмельницького, 2014.- 200 с.
2. Гавриленко О.П. Екогеографія України / О.П. Гавриленко. – К.: Знання, 2008. – 646 с.
3. Ґрунти Запорізької області / За ред. Стариковського Ф.П. – Днепропетровск: Промінь, 1969. – 57 с.
4. Кувачов В.П. Теоретичні основи статичної та динамічної поворотності спеціалізованого ширококолієного агрозасобу // Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів.- Харків, 2017. - №8. – С.210-218.
5. Кувачов В.П. Дослідження плавності ходу спеціалізованого ширококолієного агрозасобу // Вісник аграрної науки. – Київ: Державне видавництво «Аграрна наука», 2017. – №4. – С. 46-53.
6. Грицаєнко З.М. Гербициди та їх раціональне використання / Грицаєнко З.М., Ковальський Є.П., Бутило А.П. [та ін.]. – К.:Урожай, 1996. – 46 с.
7. Кувачов В.П. Дослідження технологічних властивостей спеціалізованого ширококолієного агрозасобу / В.П. Кувачов // Всеукраїнський науково-технічний журнал: Техніка, енергетика, транспорт АПК. - Вінниця, 2017. - Випуск 1 (96). - С. 30-36.
8. Кувачов В.П. Механіко-технологічні основи використання спеціалізованих ширококолієних агрозасобів /В.П. Кувачов // Техніка, енергетика, транспорт АПК. - Вінниця, 2017. - Випуск 2 (97). - С. 161-166.
9. Булгаков В. М., Адамчук В. В., Петриченко Є.А., Кувачов В. П. Теоретичне дослідження нового удобрювально-посівного агрегату // Механізація та електрифікація сільського господарства: [загальнодержавний збірник]. - Глеваха: ННЦ «ІМЕСГ, 2017. – Випуск № 6 (105). – С. 11-25.
10. Сайко В.Ф. Операционная технология возделывания кукурудзи / В.Ф. Сайко, Н.В. Сокоренко, Д.А. Димнович [та ін.]. – К.: Урожай 1990. – 312 с.

11. Адамчук В.В., Петриченко Є.А., Булгаков В.М., Кувачов В.П., Ігнат'єв Є.І. Теоретичне обґрунтування стійкого руху нового удобрювально-посівного агрегату // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин, 2017, вип. 47, ч.І. – С. 11-31.

12. Шустік Л. Головне в боронуванні ґрунту – правильний вибір борони / Л. Шустік, С. Маринін, Л. Мариніна // Пропозиція. – 2017. – № 3. – С. 40-44.

13. Надикто В.Т. Методика визначення потужності двигуна с.-г. трактора / В.Т. Надикто // Техніка і технолог в АПК. – 2014. – №1. – С. 7–9.

14. Адамчук В.В. Теоретичне дослідження руху робочих органів ширококолієного агрозасобу / Адамчук В.В., Булгаков В.М., Кувачов В.П. // Вісник аграрної науки, 2017. - №10. – С. 44-50.

15. Кувачов В.П. Дослідження ефективності колійної системи землеробства / В.П. Кувачов // Механізація та електрифікація сільського господарства: загальнодержавний збірник. – Глеваха, 2017. – Вип. 5(104). – С. 94-104.

16. Вітвицький В.В. Механізовані польові роботи. Методика розрахунку і норми виробітку та витрати палива на збирання сільськогосподарських культур / В.В. Вітвицький, Н.М. Семененко, І.В. Лобвстов [та ін.]. – К.: ТОВ «Комілекс Віта», 1996. – 668 с.

17. Методичні положення та норми продуктивності і витрати палива на обробіток ґрунту / В.С. Пивовар, В.В. Вітвицький, Є.М. Нужден [та ін.]. – К.: 2010. – 583 с.

18. Лімонт А.С. Практикум із машиновикористання в рослинництві / А.С. Лімонт, І.І. Мельник, А.С. Малиновський [та ін.]. – К.: Кондор, 2004. – 282с.

19. Каталог-довідник сільськогосподарської техніки та обладнання для переробки сільськогосподарської продукції. / Відпов. ред. В.С. Мурашко. – К.: ТОВ «Арітіс», 2002. – 128 с.

20. Доспехов Б.А. Практикум по земледелию / Б.А. Доспехов, И.П. Васильев, А.М. Туликов. – ВО «Агропромиздт», 1987 – 383 с.

21. Антонишин Р.З. Практическое руководство по технологической наладке сельскохозяйственной техники: Подготовка почвы, сев и уход за посевами/ Р.З. Антонишин, Г.Т. Олейничук, С.С. Судья [та ін.]. – К.: Урожай, 1987.–224 с.

22. Довідник по визначенню якості польових робіт / В.Ф. Сайко, А.М. Малієнко, М.В. Коломієць [та ін.]. – К.: Урожай, 1987.–120 с.

23. Протоєрейський О.С. Охорона праці в галузі: Навч. посіб./ Протоєрейський О.С, Запорожець О.І.– К.: Книжкове вид-во НАУ, 2005.–268 с.

24. Ткачук К.Н. Основи охорони праці: Підручник. – 2-ге вид., допов. і перероб. / Ткачук К.Н., Халімовський М.О., Зацарний В.В. [та ін.].– К.: Основа, 2006. – 444 с.

25. Основи охорони праці: Підручник / За ред. проф. В.В. Березуцького – Х.: Факт, 2005. – 480 с.

26. ДСТУ 4397:2005 «Методи економічного оцінювання техніки на етапі випробовування». – К., 2005. – 24 с.