

Центральноукраїнський національний технічний університет
Агротехнічний факультет
Кафедра сільськогосподарського машинобудування

“Допущено до захисту”
зав. кафедрою СГМ
к.т.н., доцент
_____Сергій ЛЕЩЕНКО
“ ____ ” _____ 2024 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
за другим (магістерським) рівнем вищої освіти
на тему:

"Вдосконалення конструкції культиватора-рослинопідживлювача
УСМК-8,1 з дослідженням секції робочих органів"

Виконав здобувач вищої освіти __ІІ__ курсу,
групи ГМ-22М-1.2
ОНП «Галузеве машинобудування»
спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»
_____Макітренко Владислав Васильович
« ____ » _____ 2024 р.

Керівник проекту
доцент, канд.техн.наук
_____Сергій ЛЕЩЕНКО
« ____ » _____ 2024 р.
Рецензент Вадим БРЕДИХІН

Центральноукраїнський національний технічний університет
Факультет Агротехнічний
Кафедра Сільськогосподарського машинобудування
Рівень вищої освіти _____
Галузь знань _____
Спеціальність _____
Освітньо-професійна (освітньо-наукова) програма _____

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Сергій ЛЕЩЕНКО

«___» _____ 2024 року

**ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗА ДРУГИМ
(МАГІСТЕРСЬКИМ) РІВНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ
ОСВІТИ**

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи (проекту)

2. Керівник роботи (проекту)

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

3. Строк подання роботи до захисту _____

4. Мета та завдання кваліфікаційної роботи (проекту) _____

5. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів роботи

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

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

Дата видачі завдання

«___» _____ 20__ р.

Підпис керівника

_____ (прізвище та ініціали)

Завдання прийнято до виконання

«___» _____ 20__ р.

Підпис здобувача

_____ (прізвище та ініціали)

Зміст

1. Вступ.....	6
2. Інженерна частина	8
3. Наукова частина	36
4. Охорона праці	48
5. Економічна частина	50
6. Висновок	52
Список використаної літератури	54
Додатки	57

					ВККР 00.000 ПЗ	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. ВСТУП

Кіровоградщина є одним із найбільш розвинених агрорегіонів України, адже на території нашої області зосереджено близько 20% загальних родючих угідь держави. Після болючого переходу виробників до ринкової економіки, утворення приватних агровиробників та їх об'єднань на зміну крупним колективним господарствам в сільськогосподарському виробництві прийшли середні та дрібні фермерські господарства із сумарними площами полів до 250-300 га. Після цих подій через складність реалізації ґрунтозахисних технологій, стрімкої зміни клімату, зменшення кількості опадів в період росту основних культур, що призвело до нестійких врожаїв та за умов низької культури землеробства, більшість агроформувань почали реформуватися, існує загальна тенденція до укрупнення та кооперування виробників продукції рослинництва. Однак проблема інтенсифікації технологій в рослинництві, реалізація принципів ресурсозбереження, збереження та відновлення родючості ґрунтів та ін. знижують загальну ефективність ведення сільського господарства.

Ці тенденції призвела до зміни спеціалізації багатьох господарств із зернового рослинництва до комбінованого із збільшенням обсягів вирощування просапних та технічних культур. А повноцінна війна тільки загострила зазначені процеси. Технології вирощування таких культур обов'язково передбачають проведення кількарязового міжрядного обробітку. Відомо, що під час цих операцій проводять не лише руйнування поверхневої кірки та знищення бур'янів в міжряддях, а й майже завжди внесення засобів агрохімії в підґрунтовий простір. Саме зростання кількості операцій, які проводяться під час догляду за посівами просапних культур, і є підставою для вдосконалення існуючих технологій та робочих органів і розробки нових ідей для інтенсифікації і розширення можливостей міжрядної культивуції.

					ВККР 00.000 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Пояснювальна записка		
Розроб.	Макітренко						
Перевір.	Лещенко						
Реценз.							
Н. Контр.	Мачок						
Затверд.	Лещенко						
					Літ.	Арк.	Аркушів
						6	
					ЦНТУ, гр. ГМ-22М-1.2		

Можна відмітити, що серійні культиватори, що призначені для міжрядного обробітку ґрунту а також робочі органи таких машин для виконання разом із обробітком внесення засобів агрохімії не забезпечують в повному об'ємі всіх існуючих вимог до подібних операцій, а тому питання вдосконалення робочих органів просапних культиваторів з метою підвищення ефективності внесення засобів агрохімії разом із обробітком міжрядь просапними культиваторами є актуальною практичною задачею, що дозволить зменшити кількість проходів агрегатів по полю під час реалізації технології вирощування просапних культур.

Виходячи із представленої інформації, метою цієї кваліфікаційної роботи стала вдосконалення конструкції культиватора-рослинопідживлювача УСМК-8,1 з дослідженням секції робочих органів.

					ВККР 00.000 ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. ІНЖЕНЕРНА ЧАСТИНА

2.1. Опис культиватора-рослинопідживлювача, особливості агрегатування та пропозиції по вдосконаленню конструкції

Агрегатом для міжрядного обробітку ґрунту, який робиться спроба вдосконалити в даній роботі є доволі поширений культиватор-рослинопідживлювач УСМК-8,1 (рис. 1), який за своїм функціональним призначенням є класичним агрегатом для проведення догляду за посівами просапних культур, зокрема посівів буряків із міжряддями 40 та 60 см, широкорядних посівів сої із міжряддям 45 см з одночасним підживленням оброблюваної зони міжрядь гранульованими мінеральними добривами та можливістю за таких умов проводити наступні операції:

- проведення рихлення ґрунту в міжряддях культурних рослин із руйнуванням ущільненої поверхневої кірки ґрунту, повним підрізанням в зоні руху робочих органів бур'янів;
- проведення першого та другого (а за потреби і третього) міжрядного обробітку ґрунту із проведенням одночасного підгортання рослин в рядку за потреби та міжряддях культурних рослин;
- забезпечення разом із міжрядним обробітком ґрунту підживлення культурних рослин в зоні руху робочих органів сухими мінеральними добривами.

Даний культиватор-рослинопідживлювач в агроформуваннях України може використовуватися у всіх без виключення фермерських господарствах різної форми власності та розмірів для виконання перелічених вище операцій. Цей культиватор є повністю адаптованим для використання у всіх існуючих природньо-кліматичних та ґрунтових зонах нашої держави.

Можна зазначити, що серійний агрегат УСМК-8,1 повинен забезпечувати задану нормативами якість виконання технологічних операцій за умови, що температура навколишнього середовища є не нижчою за 5 С°,

					ВККР 00.000 ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

при цьому твердість ґрунту, який обробляється не перевищує 2,0 МПа, а вологість ґрунту знаходиться в межах 12...25%.

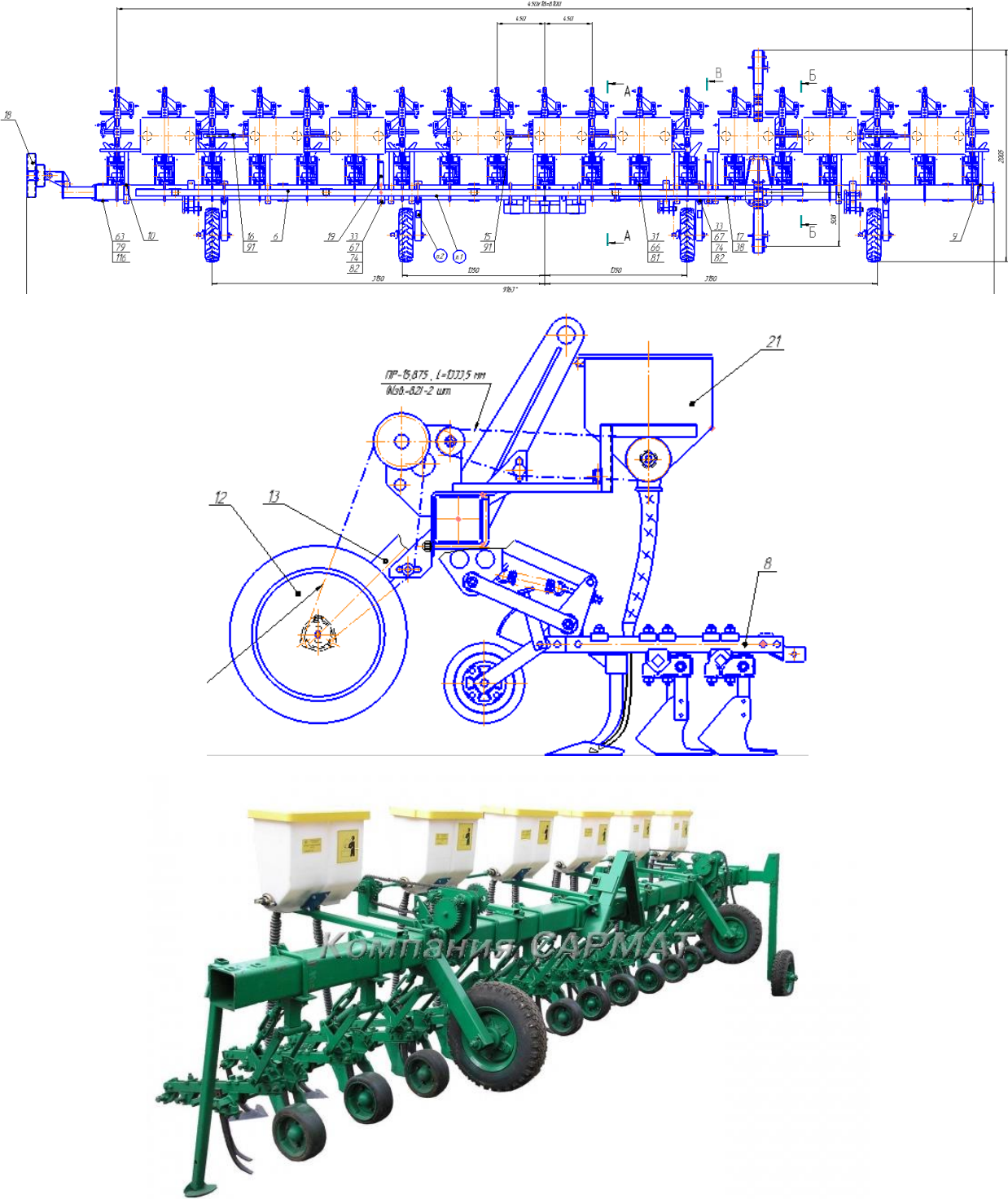


Рис. 1. Функціональна схема та загальний вигляд культиватора-рослинопідживлювача УСМК-8,1

Культиватор-рослинопідживлювач УСМК-8,1 (рис. 1) має типову будову для подібних агрегатів та складається із рами-бруса 6, на якій встановлюються опорні колеса агрегату 12, до рами на стяжках кріпляться секції робочих органів 8, вгорі рами на кронштейнах встановлюються туковисівні механізми 21 із механізмом їх приводу від опорно-приводного колеса, посередині рами виготовляється механізм автонавіски на трактор.

Рама культиватора-рослинопідживлювача 6 виконана у вигляді труби розміром 140×140×6 зварної конструкції із виготовленим посередині цієї рами замком автонавіски, крім цього з однієї сторони рами виготовляється навіска 18 для транспортування агрегату по дорогам загального призначення у поздовжньому напрямку.

Опорні колеса агрегату для міжрядного обробітку 12 встановлюються на кулькових підшипниках і виконуються швидкоз'ємними. Кожне із опорних коліс, яких на агрегаті чотири фіксуються до культиватора віссю до кронштейна 16. Кули відбувається переведення культиватора-рослинопідживлювача із робочого в транспортне положення ці ж колеса 12 використовуються агрегатом як транспортні. На рамі агрегату виготовляється додаткова опора, яка дозволяє уникнути аварійних ситуацій, що можуть проявлятися у вигляді перекидання агрегату під час його навішування та руху із енергетичним засобом, при проведенні технічного і технологічного обслуговування машини та при її зберіганні.

Кожна із встановлених на культиваторі секцій робочих органів (гряділя) 8 жорстко кріпиться до рами-бруса 6 переднім кронштейном 1 за допомогою скоби 2. В свою чергу, кожна із секцій робочих органів містить зв'язуючу рамку, гряділь та копіювальне колесо. До гряділей секції робочих органів за допомогою кронштейнів і тримачів закріплюється потрібний набір робочих органів для повноцінного виконання операцій міжрядного обробітку із підживленням посівів. Загальна технічна характеристика культиватора-рослинопідживлювача УСМК-8,1 зведена в таблицю 1.

					ВКРР 00.000 ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1

Зведена основна технічна характеристика культиватора-
рослинопідживлювача УСМК-8,1

Назва параметра та розміри	Одиниця виміру	Норма
1	2	3
1. Марка УСМК-8,1		
2. Культиватор агрегується з тракторами тягового класу		2; 3
3. Спосіб агрегування		напівнавісний
4. Продуктивність за 1 год,		
- основного часу,	га	від 3,16 до 6,86
- змінного часу, не менше		2,88
- експлуатаційного часу, не менше		2,5
5. Швидкість: робоча	км/год	від 4 до 9
транспортна, не більше		15,0
6. Робоча ширина захвату, не більше	м	8,1
7. Обслуговуючий персонал	<u>чол.</u>	1 (тракторист)
8. Можливість працювати на схилах, не більше	град.	5
9. Габаритні розміри в робочому стані.		
не більше: довжина x ширина x висота	мм	2200×9160×2025
10. Маса конструкційна, не більше	кг	1950
11. Температура навколишнього середовища, не менше	°С	+5
12. Кришення ґрунту під час міжрядного обробітку:		
грудки розміром: до 25 мм, не менше	%	70
більше 25 мм, не більше	%	30
13. Підрізання пророщених або <u>слабоукоренілих</u> бур'янів, не менше	%	97
14. Підрізання культурних рослин, не більше	%	3
15. Кут поперечної статичної стійкості культиватора, приєднаного до трактора, не менше	град.	30
16. Об'єм одного бункера, не більше	м³	0,05

Пристосування для транспортування культиватора-
рослинопідживлювача 18 (рис. 1) забезпечує зменшення ширини агрегату під

					ВКРР 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

час його переїздів до 2,2 м.

Туковисівний апарат агрегату складається з бункера для навантаження і транспортування туків, кришки, замка, піддона, пружинного висівного механізму із різносторонніми навивками (туковисівний апарат типу АТП-2), валу, пари відкидних козирків та пари тукопроводів (на кожному туковисівному апараті). Змонтований на ґрунтообробному агрегаті туковисівний апарат виконує функцію внесення мінеральних добрив в твердому, а це може бути як в гранульованому чи порошковидному так і в кристалічному стані в зону близьку до кореневої системи культурних рослин.

До приводу туковисівного апарата культиватора відносяться зірочки, що передають обертовий момент від опорно-приводного колеса за рахунок ланцюгової передачі та редуктор.

Ґрунтообробний агрегат УСМК-8,1 перед початком його роботи в полі повинен пройти ряд підготовчих операцій, в тому числі і щодо агрегування культиватора із енергетичним засобом.

Перед початком робіт і налаштування агрегату проводять повну розконсервацію, знімають спеціально нанесене консерваційне покриття, промивають весь агрегат гарячою водою, після чого проводять витирання агрегату та його обдув стиснутим повітрям до повного висихання культиватора. Робітникам на цьому етапі потрібно провести остаточне складання культиватора, встановити необхідні ґрунтообробні робочі органи враховуючи ті вимоги, що висуваються для міжрядного обробітку конкретних посівів.

Підготувати енергетичний засіб (трактор) до роботи із напівнавісними машинами, що слід провести за інструкціями із експлуатації та налаштування трактора на подібні роботи.

Для підготовки культиватора-рослинопідживлювача до транспортування потрібно з'єднати механізм автонавіски агрегату зі навісним пристроєм енергетичного засобу, підіймають культиватор, опускають в нижнє

					ВККР 00.000 ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

положення і фіксують фіксатором опору у верхньому отворі пальцем 4, що є швидкоз'ємним із пружинним шплінтом. Далі опускають на максимальну величину стійки 1, фіксують ці стійки фіксаторами та на завершення, кріплять до них опорні колеса 2, що виконували функцію приводних.

Після того, як агрегат встановлено в транспортне положення проводять від'єднання трактор від автозчіпки в центральній частині рами-бруса та під'єднують енергетичний засіб до бокової автонавіски 18, після чого, опору підіймають та фіксують цю опору в самому нижньому отворі пальцем-швидкоз'ємом із пружинним шплінтом.

Відомо, що мінімальна відстань між самою нижньою точкою культиватора-рослинопідживлювача і поверхнею ґрунту має бути не менше 300 мм. В транспортному положенні скомплектований агрегат для міжрядного обробітку може рухатися по дорогах загального призначення не більше 15 км/год, а на інших дорогах (переважно із ускладненим покриттям) цю швидкість руху зменшують.

Під час вдосконалення ґрунтообробного агрегату для міжрядного обробітку ґрунту змінені параметри лапи, які дозволять поліпшити підрізання бур'янів, а встановлений в підлаповий простір пасивний ділильник забезпечує можливість цією ж стрільчастою лапою вносити засоби агрохімії в підґрунтовий простір. Крім цього, під час проведення досліджень запропоновано підвищити жорсткість переднього кронштейна секції робочих органів, що забезпечує суттєве зниження коливань секції під час руху по міжряддям у горизонтальній площині, та за рахунок цього сприяє підвищенню точністю руху секції по рядкам, що загалом повинно знизити пошкодження культурних рослин під час обробітку до 2...4%. Під час аналізу існуючих прототипів, запропоновано змінити і механізм регулювання глибини обробітку культиватором-рослинопідживлювачем, що сприяє скороченню затрат праці для проведення означеного регулювання та поліпшить загальні умови праці механізатора.

					ВККР 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

2.2. Типові агровимоги до культиваторів-рослинопідживлювачів

Відомо, що ґрунтообробний агрегат можна рекомендувати до використання в полі лише за умов комплексного виконання цим агрегатом чинних агротехнічних вимог. Питання виконання агровимог є особливо актуальним для агрегатів, що проводять догляд за посівами, зокрема міжрядний обробіток, адже у випадку порушення чи невиконання цих вимог культурні рослини можуть пошкоджуватися, а загальна врожайність знижується.

Під час проведення в полі міжрядного обробітку культиватор має виконувати такі вимоги:

- забезпечувати однакову глибину обробітку ґрунту за всією шириною ґрунтообробного агрегату із відхиленням від заданої глибини обробітку не більше 10...15%;
- під час розпушування ґрунту в міжряддях не повинні утворюватися глиби, ґрунту не має розпилюватися, не мають виноситися на поверхню нижні вологі горизонти, має не допускатися надто суттєве ущільнення горизонтів, які розміщені нижче руху робочих органів, що має дозволити не знижувати газо- і повітрообмін, що в сукупності не повинно погіршувати розвиток кореневої системи культурних рослин;
- під час обробітку ґрунту на полях, що знаходяться в зонах із підвищеною загрозою виникнення ерозій (вітрової чи водної), ґрунтообробний агрегат має забезпечувати близько 70% стерні на поверхні поля, що дозволить знизити прояви ерозій;
- знищення бур'янів в зоні руху робочих органів має бути повним, із нормативом не менше 98%;
- під час проведення міжрядного обробітку розміри захисної зони рядка повинні бути мінімально допустимими;
- під час знищення бур'янів культиватор-рослинопідживлювач не повинен пошкоджувати в рядку культурні рослини, зрізати чи

					ВККР 00.000 ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

підрізати коріння культурних рослин, оголювати їх кореневу систему, якщо це не передбачено технологією – засипати ґрунтом сходи рослин чи під час технологічного процесу пошкоджувати листко-стеблову масу культурних рослин;

- при проведенні із міжрядним обробітком окучування рослин, ця операція має проводитися розпушеним шаром ґрунту із забезпеченням однакової товщини шару;
- при внесення разом із міжрядним обробітком мінеральних добрив, вони мають вноситися у вологий шар ґрунту із забезпеченням заданої глибини та відстані розміщення хімікатів від рослин;
- за умов внесення засобів агрохімії має забезпечуватися задана рівномірність розподілу як по ширині захвату агрегату так і по довжині гонів;
- після проходження ґрунтообробного агрегату поверхня поля має бути повністю готовою до проведення наступних етапів технології вирощування сільськогосподарських культур.

2.3. Технологічні розрахунки культиватора-рослинопідживлювача

2.3.1. Обґрунтування параметрів робочих органів культиватора

Перший етап обґрунтування параметрів робочих органів культиватора-рослинопідживлювача є вибір стрічатої лапи, яка буде виконувати основну роботу та обґрунтування її конструкції. Відомо, що робочу поверхню універсальних стріччастих лап прийнято представляти у вигляді зрізаного тригранного клину. Традиційно процес обробітку ґрунту клином, а саме деформацію ґрунту тригранним клином було вивчено при роботі класичних плугів [1, 2]. Під час роботи лап культиваторів, причому, як полольних так і універсальних однією із найбільш важливих операцій є підрізання бур'янів, безпосередньо їх коріння. Як зазначалося в ряді робіт [1-4], що за таких умов роботи різання із ковзанням є найбільш вигідним із енергетичної точки зору.

					ВККР 00.000 ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Виходячи з цього, на етапі визначення раціонального значення кута розхилу леза культиваторної лапи 2γ слід виходити з тієї умови, щоб різання бур'яну супроводжувалося його ковзанням по лезу робочого органу. Такий вид різання дозволяє значно полегшити перерізання коріння та створює умови для безперешкодного сходження частин рослин із леза за тих умов, коли ур'ян не перерізався, крім цього, за таких умов роботи недопускається зависання бур'яну чи його частин на лезу лапи (недопускається забивання лапи).

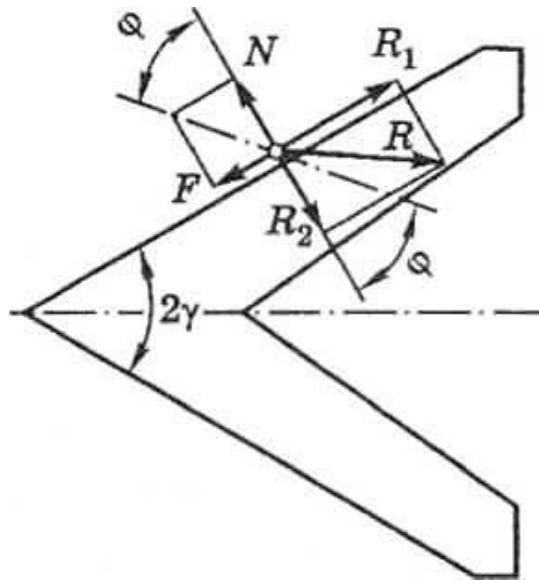


Рис 2. Силова схема діючих на лезо сил під час роботи стрільчастої лапи

З метою визначення потрібного кута розхилу лапи 2γ слід розглянути роботу леза тоді, коли це лезо перерізає бур'ян [2, 3]. Очевидно за рис. 2, що в цьому випадку сила опору бур'яну R розкладається по осям на дві сили R_1 та R_2 . Аналіз силової взаємодії підтверджує, що сила R_1 прагне зсунути бур'ян по направляючій леза, а протидіє цьому руху бур'яну по лезу сила тертя F . Таким чином, бур'ян буде ковзати по лезу лапи, якщо виконується наступна умова:

$$R_1 > F.$$

Виходячи із трикутників сил (рис. 2), можемо записати, що $R_1 = R \cdot \cos \gamma$ а сила тертя $F = R_2 \cdot \tan \varphi$. У останньому виразі коефіцієнт тертя виражено через

тангенс кута нахилу $tg\varphi$. Якщо традиційно виразимо складову силу R_2 через відому силу опору бур'яну R отримаємо наступне рівняння:

$$F = R \cdot \sin \gamma \cdot tg\varphi.$$

Після того, як підставимо в вище приведену умову ковзання знайдені вище складові R_1 і F , запишемо рівняння ковзання бур'яну по лезу лапи у такому вигляді:

$$R \cdot \cos \gamma > R \cdot \sin \gamma \cdot tg\varphi.$$

Так як при однакових значеннях аргументу можемо перейти до значення функції, маємо:

$$ctg\gamma > tg\varphi,$$

або запишемо цю умову так

$$tg(90^\circ - \gamma) > tg\varphi.$$

Після перетворення останньої нерівності маємо:

$$90^\circ - \gamma > \varphi,$$

Або в іншому вигляді умова ковзання має вигляд:

$$\gamma < 90^\circ - \varphi,$$

де $\varphi = 45^\circ$ – значення кута тертя бур'яну по лезу лапи, а значить $\gamma < 45^\circ$.

Виходячи з чого, для універсальної стрільчастої лапи приймемо $\gamma = 30^\circ$.

Інший характерний кут лапи – кут кришення β визначає нахил площини крила стрільчастої лапи до лінії горизонту. Цей кут обирають виходячи із необхідності розпушити ґрунт із заданими показниками якості та без винесення нижніх вологих горизонтів ґрунту на денну поверхню поля. Відомо [1...4], що для універсальних лап, кут кришення $\beta = 20 - 30^\circ$, а тому, для даного випадку можемо прийняти $\beta = 30^\circ$. Крім того, відомо [3], що кут $\beta \geq 25^\circ$, то загострення леза слід виконувати знизу.

					ВККР 00.000 ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Кут, що утворюється верхнім краєм леза із горизонтальною площиною у перпендикулярному до леза перетині називається кутом різання β_0 (рис. 3), що має наступне символічне вираження:

$$\beta_0 = i + \beta,$$

де i – значення кута загострення лапи, $i = 10^\circ$;

ε – потиличний кут леза лапи $\varepsilon = 30^\circ$.

$$\beta_0 = 10 + 30 = 40^\circ$$

Відомо, що кут підймання леза лапи α є кутом, який похідний і в сукупності залежить від фактичних значень кутів β і γ :

Кут підймання долота лапи α є похідним від значення кутів γ та β

$$\alpha = \arctg \cdot (tg \beta \cdot \sin \gamma),$$

що у числовому вираженні становить:

$$\alpha = \arctg \cdot (tg 30^\circ \cdot \sin 30^\circ) = 15^\circ.$$

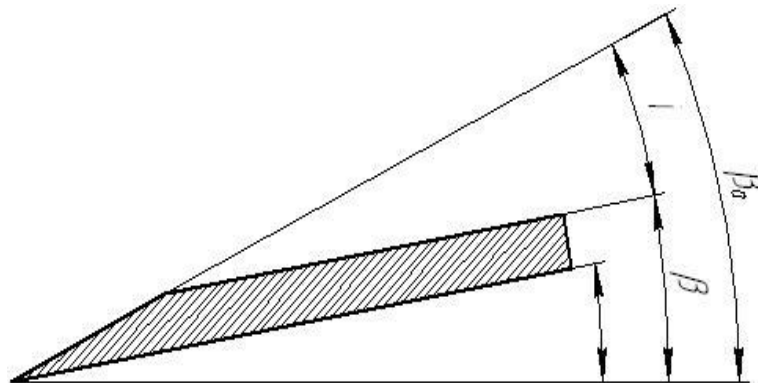


Рис. 3. Функціональна схема проведення загострення леза культиваторної лапи

Реальну ширину захвату стрільчастої лапи культиватора вибирають виконуючи умову стійкості руху лапи за глибиною обробітку, забезпечення умови самоочищення та враховуючи дійсні умови експлуатації ґрунтообробного агрегату в полі. Керуючись рекомендаціями [3] та забезпечуючи необхідність виконання вимог із самоочищення лапи, рекомендована ширина захвату не перевищує 400 мм. Куруючись набором

стандартних розмірів, для роботи культиватора вибираємо стрільчасту лапу із шириною захвату $B = 270$ мм.

Якщо вести мову про товщину матеріалу, з якого лапа виготовляється S , то ця товщина залежить від ряду інших показників, серед яких – ширина захвату лапи B , ширина крила лапи b_1 , глибини проведення розпушування h , типу і стану ґрунту та фізико-механічних властивостей самого матеріалу, з якого ця лапа виготовляється. Поряд із тим, в першому приближенні можна прийняти, що товщина матеріалу виготовлення лапи є функцією ширини захвату, за [1]. Отже, можемо записати:

$$S \leq 0,02 \cdot B.$$

Після підстановки маємо:

$$S \leq 0,02 \cdot 270 = 8,1 \text{ мм.}$$

Враховуючи конструктивні особливості і практичний польовий досвід використання лап, приймемо $S = 6$ мм.

Ширину крила стрільчастої лапи b_1 , оберемо як для стандартної універсальної стрільчастої лапи, що має кут кришення $\beta = 26^\circ$ і ширина крила становить $b_1 = 58$ мм.

Для визначення довжини прямолінійної ділянки культиваторної лапи скористаємося відомою залежністю [4]:

$$l = b_1 \cdot \sin \beta / \sin \alpha,$$

Після підстановки наведених вище значень маємо:

$$l = 58 \cdot \sin 30 / \sin 15 = 113 \text{ мм.}$$

Виходячи із розрахунку, приймаємо довжину прямолінійної ділянки $l = 115$ мм.

Для визначення вильоту L використаємо формулу:

$$L = l \cdot \cos \alpha + \delta,$$

де δ – товщина пластин, для стрільчастої лапи приймаємо $\delta = 7$ мм;

$$L = 115 \cdot \cos 15 + 7 = 118 \text{ мм}$$

Отже, приймаємо виліт $L = 118$ мм.

					ВККР 00.000 ПЗ	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для вибору висоти стояка, що фактично задає відстань носка лапи до нижньої поверхні рами знаряддя, використаємо умову запобігання забивання стояків рослинними рештками під час роботи. Це у символічному вираженні описується таким чином:

$$H = H_1 + h_0,$$

де H_1 – значення відстані від нижньої поверхні рами культиватора до поверхні поля, $H_1 = 140$ мм;

h_0 – фактична розрахункова максимально допустима глибина руху лапи в полі, $h_0 = 120$ мм.

Після підстановки числових значень отримаємо висоту стояка лапи:

$$H = 140 + 120 = 260 \text{ мм.}$$

2.3.2. Обґрунтування взаємного розташування лап на секції культиватора

Слід відмітити, що реальні умови роботи культиваторних лап, які працюють на велику глибину суттєво відрізняються від умов роботи тих ґрунтообробних робочих органів, які працюють із ґрунтом, що є відділений із однієї чи обох сторін. Відповідно такі умови роботи, чинять суттєвий вплив на процес деформації ґрунту культиваторними лапами. Під час руху в товщі ґрунту культиваторна лапа деформує оброблюване середовище попереду себе, а сама деформація відбувається в поздовжньо-вертикальній площині. Можна констатувати, що за таких умов роботи лапа деформує ґрунт аналогічно як звичайний двогранний клин. Під час цієї деформації відбувається деформація монолітів і у поперечно-вертикальній площині, а ця силова взаємодія із необробленим ґрунтом обумовлюється взаємним зчепленням часток ґрунту між собою і напряду залежить від даних фізико-механічних властивостей ґрунту.

Є відомим [2, 3], що на скибу ґрунту, яка ковзає по робочій поверхні клина, діють сила тертя F та нормальна сила N , а ці дві сили в сумі дають рівнодіючу силу R . Зазначена рівнодіюча сила має кут нахилу по відношенню

					ВККР 00.000 ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

до нормалі, що рівний куту тертя клина по ґрунту φ [10]. Використовуючи теорію дотичних напружень всі можливі напрямки сколювання монолітів ґрунту мають симетричне розміщення відносно рівнодіючої сили R , що відбувається під кутом ω одна до одної і відповідно до досліджень Гологурського Т.М. [10], значення цього кута дорівнює $40...50^\circ$ (рис. 4). Зважаючи на те, що ґрунт є неоднорідним середовищем та має певну кількість порожнин, щілин, різних включень, зазначений вище напрямок сколювання ґрунту майже не відхиляється від напрямку рівнодіючої R .

Під час розміщення лап на культиваторі потрібно виконувати умову, за якої має виключатися можливість забивання робочих органів, що знаходяться поряд бур'яном, рослинними рештками і частками ґрунту. Поряд із цим, за чинними агротехнічними вимогами не допускається обробіток ґрунту із утворенням пропусків (огріхів). Тому, для виконання зазначеної умови, лапи культиваторів розміщуються у два, а іноді і в три ряди. Під час розстановки відстань між сусідніми робочими органами культиватора здійснюють виходячи із міркувань забезпечення перекриття зон деформації ґрунту самими культиваторними лапами.

Щоб визначити відстань між рядами культиваторних лап на культиваторі L_p можна скористатися формулою:

$$L_p \geq l_3 + L,$$

де L – значення вильоту культиваторної лапи, мм;

l_3 – відстань між стояком лапи переднього ряду до носка лапи заднього ряду (за рис. 4), що дорівнює $l_3 = h_0 \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi)$;

φ – кут тертя ґрунту по матеріалу лапи (металу).

Тоді, враховуючи наведену інформацію отримаємо:

$$L_p \geq h_0 \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi) + L,$$

після підстановки цифрових значень отримаємо:

$$L_p \geq 120 \cdot \operatorname{tg}(13 + 20) + 118;$$

					ВККР 00.000 ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$L_p \geq 196 \text{ мм.}$$

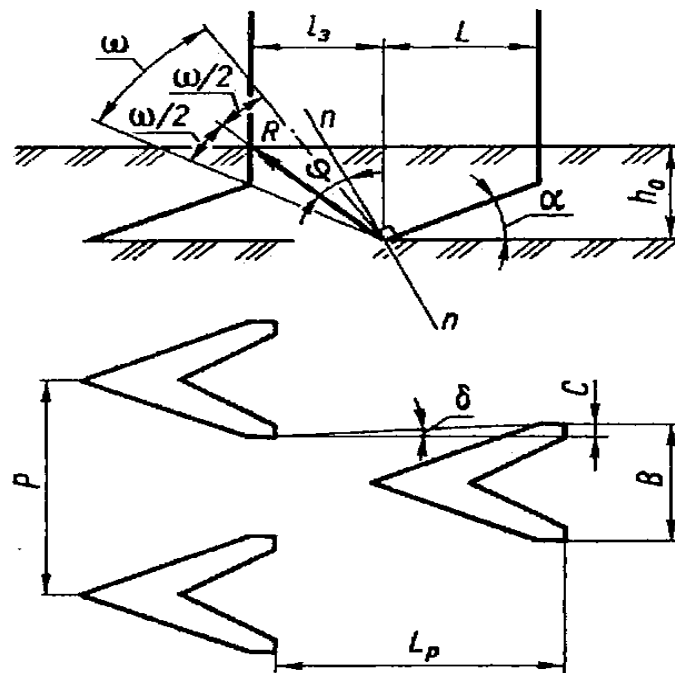


Рис. 4. Схема розміщення лап на культиваторі

Враховуючи можливі напрямки сколювання монолітів ґрунту мають місце граничні зони поширення деформацій ґрунту, які у поздовжньому напрямку дорівнюють:

$$L_{p \max} \geq h_0 \cdot \operatorname{tg} \left(\alpha + \varphi + \frac{\omega}{2} \right) + L ;$$

$$L_{p \min} = h_0 \cdot \operatorname{tg} \left(\alpha + \varphi - \frac{\omega}{2} \right) + L .$$

Після підстановки цифрових значень отримаємо:

$$L_{p \max} \geq 120 \cdot \operatorname{tg} \left(15 + 20 + \frac{40}{2} \right) + 118 ;$$

$$L_{p \max} \geq 227 \text{ мм.};$$

$$L_{p \min} = 120 \cdot \operatorname{tg} \left(15 + 20 - \frac{40}{2} \right) + 118 ;$$

$$L_{p \min} = 146 \text{ мм.}$$

Для визначення відстані P (рис. 4) між культиваторними лапами що забезпечує суцільний обробіток ґрунту, скористаємося відомою формулою [4]:

$$P \geq B + 2h_0 \cdot \operatorname{tg}\left(\frac{\omega}{2}\right);$$

$$P \geq 330 + 2 \cdot 120 \cdot \operatorname{tg}\left(\frac{40}{2}\right);$$

$$P \geq 417,4 \text{ мм.}$$

Значення перекриття C під час роботи культиватора між сусідніми лапами вибирають керуючись умовою повного підрізання бур'янів (рис 5). Це можна записати наступною залежністю:

$$C = L_p \cdot \operatorname{tg} \delta,$$

де δ – кут, що визначає відхилення культиватора від прямолінійного руху під час його переміщення в полі, що дорівнює [2] $\delta = 7^\circ \dots 9^\circ$.

Після підстановки наведених величин отримаємо:

$$C = 200 \cdot \operatorname{tg} 7 = 24,5 \text{ мм.}$$

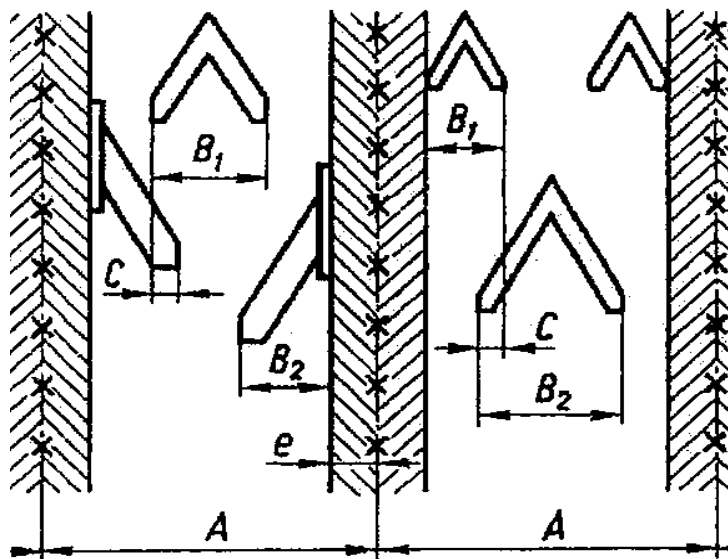


Рис. 5. Розрахункова схема розміщення лап на культиваторі за різних умов роботи піз час міжрядного обробітку посівів

Завжди на культиваторах для міжрядного обробітку класичні стрільчасті лапи встановлюють попереду однобічних лап (бритв), адже за такої

розстановки під час роботи вдається отримати більш рівну поверхню поля та забезпечити кращі показники щодо забезпечення рівномірності глибини обробітку. Крім цього, стрільчасті лапи, які мають меншу ширину захвату зазвичай встановлюються попереду лап, які мають більшу ширину захвату, що обумовлюється насамперед показниками зниження енергоємності процесу обробітку ґрунту.

Окрім наведеного, для просапних культиваторів (рис. 5) при відомій ширині міжряддя A , заданому перекритті C , визначеній захисній зоні e та вибраних параметрах, а саме – ширині лап B_1 і B_2 можемо використовувати відомі залежності [1...4]:

для випадку I: $B_2 + 0,5 \cdot B_1 = 0,5 \cdot A - (e - C);$

для випадку II $B_1 + 0,5 \cdot B_2 = 0,5 \cdot A - (e - C).$

2.3.3. Визначення параметрів копіювального колеса секції культиватора

Відомо, що основними робочими параметрами копіювального колеса секції є його діаметр і ширина. На етапі вибору діаметру колеса варто врахувати значення поздовжньої деформації поверхні ґрунту. Маємо забезпечити виконання умови, за якої кут обхвату колеса ґрунтом α (рис. 6) на повинен перевищувати розміру 20° [2, 3]. За таких умов роботи колеса, ґрунтовий валик (грудка), що буде утворюватися попереду колеса буде мати незначний розмір.

$$\cos \alpha = \frac{D - 2 \cdot h}{D} = 1 - \frac{2 \cdot h}{D},$$

де D – діаметр копіювального колеса секції, мм;

h – значення глибини колії, що утворюється на поверхні ґрунту після перекочування копіювального колеса секції, мм.

$$D \geq \frac{2h}{1 - \cos \alpha}.$$

Після підстановки числових значень маємо:

					ВККР 00.000 ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$D \geq \frac{2 \cdot 5}{1 - \cos 20^\circ} = 166 \text{ мм.}$$

З метою поліпшення копіювання колесом рельєфу ґрунту та поліпшення перекочування колеса через грудочку попереду, збільшуємо розрахунковий діаметр колеса і приймаємо $D = 300$ мм.

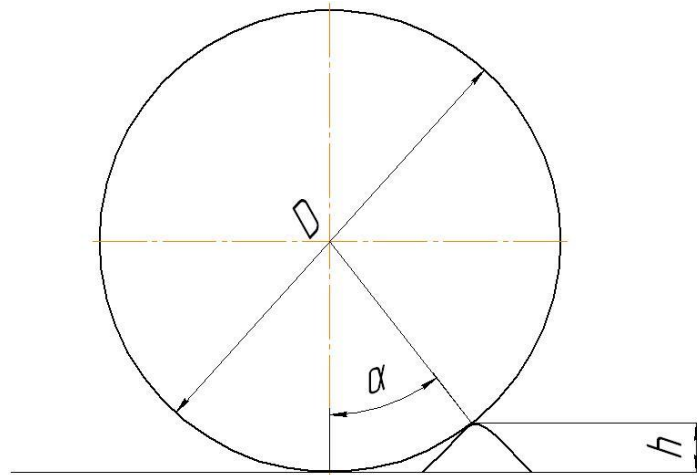


Рис 6. Розрахункова схема до визначення діаметра копіювального колеса

Для розрахунку зусилля, що потрібне для перекочування копіювального колеса секції скористаємося формулою:

$$P = 086 \cdot \sqrt[3]{\frac{G^4}{q_0 \cdot B \cdot D^2}},$$

де G – сила ваги копіювального колеса секції, Н;

q_0 – розрахункове значення коефіцієнту об'ємної деформації ґрунту, що за [2] знаходиться в діапазоні значень $q_0 = 0,3 \dots 0,5$ Н/см²;

B – ширина захвату копіювального колеса секції, см;

D – обраний діаметр копіювального колеса секції, що обґрунтовано вище, см.

Після підстановки цифрових значень знайдемо розрахункове значення зусилля на перекочування копіювального колеса

$$P = 0,86 \cdot \sqrt[3]{\frac{800^4}{0,4 \cdot 10 \cdot 30^2}} = 416 \text{ Н.}$$

					ВККР 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

2.4. Розрахунок продуктивності культиватора-рослинопідживлювача

Для розрахунку продуктивності культиватора- рослинопідживлювача скористаємося відомою залежністю для визначення продуктивності ґрунтообробних агрегатів [1...4], яку представимо у наступному вигляді:

$$W = 0,1 \cdot B \cdot V_m \cdot \tau,$$

де B – фактична ширина захвату ґрунтообробного агрегату, для культиватора УСМК-8,1 $B = 8,1$ м.;

V_m – робоча швидкість машини, в даному випадку для міжрядної культивації приймаємо $V_m = 9$ км/год;

τ – коефіцієнт використання робочого часу, що під час догляду за посівами [3] становить $\tau = 0,77$.

$$W = 0,1 \cdot 8,1 \cdot 9 \cdot 0,77 = 5,61 \text{ га/год.}$$

2.5. Визначення тягового опору культиватора-рослинопідживлювача

Відомо, що енергоємність роботи машин для поверхневого обробітку ґрунту є нижчою за енергоємність основного обробітку. Прийнято тяговий опір культиваторів розраховувати за формулою [10]:

$$R_x = K_k \cdot B_m,$$

де K_k – значення питомого опору культиватора, за [4] $K_k = 1,8...2,7$ кН/м;

B_m – ширина захвату культиватора, визначена вище $B_m = 8,1$ м.

$$R_x = 2,3 \cdot 8,1 = 12,42 \text{ кН.}$$

Враховуючи те, що культиватор-рослинопідживлювач проводить міжрядний обробіток, питомий опір такого агрегату описується наступною залежністю:

$$R_x = (A - 2 \cdot e) \cdot n \cdot K_k,$$

де A – ширина міжряддя, яку обробляє культиватор-рослинопідживлювач,

$$A = 450 \text{ мм;}$$

e – величина захисної рядка, яку має забезпечувати агрегат, $e = 15$ мм;

					ВККР 00.000 ПЗ	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

За заглиблення робочих органів культиватора-рослинопідживлювача відповідає сила ваги секції робочих органів Q та реакція R_{zx} . Цілком очевидно, що крім ваги положення ланок AB і $ДС$ (рис. 7) паралелограмного механізму має прямий вплив і на заглиблення робочих органів і на реакцію з боку ґрунту на копіювальне колесо секції R_0 . Загальну умову рівноваги секції робочих органів культиватора до визначення рівнодіючої всіх сил та реакції ґрунтового середовища на копіювальне колесо секції. Прийmemo ланку $ДС$ паралелограмного механізму підвіски секції у вигляді повернутого плану швидкостей. Після цього можемо прикласти до плану швидкостей (рис. 7) всі діючі сили, використовуючи при цьому метод Жуковського Н.Е. [10], такі дії дозволяють отримати наступний вираз:

$$R_x \cdot h_1 + R_0 \cdot h_3 - (Q + R_z) \cdot h_2 = 0.$$

Після визначення із останнього рівняння реакцію з боку ґрунту на копіювальне колесо секції отримаємо:

$$R_0 = \frac{l[(Q + R_z) \cos \alpha - R_x \cdot \sin \alpha]}{h_3}.$$

Можемо розрахувати реакцію:

$$R_0 = \frac{275[(15,6 + 0,2) \cos 10 - 0,58 \cdot \sin 10]}{310} = 13,7 \text{ кН}.$$

2.6. Обґрунтування повздовжньої стійкості агрегату для міжрядного обробітку

Найскладніше забезпечити стійкість скомплектованого агрегату у складі трактора МТЗ-82 та культиватора-рослинопідживлювача УСМК-8,1, за умови, що агрегат рухається на підйом із переведеним культиватором у транспортне положення (рис. 8). Загальна стійкість скомплектованого агрегату визначається коефіцієнтом запасу поздовжньої стійкості всієї системи. За таких умов руху умова стійкості буде повністю забезпечена, якщо буде виконуватися наступна умова:

					ВКРР 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

$$x_n \leq 0,4.$$

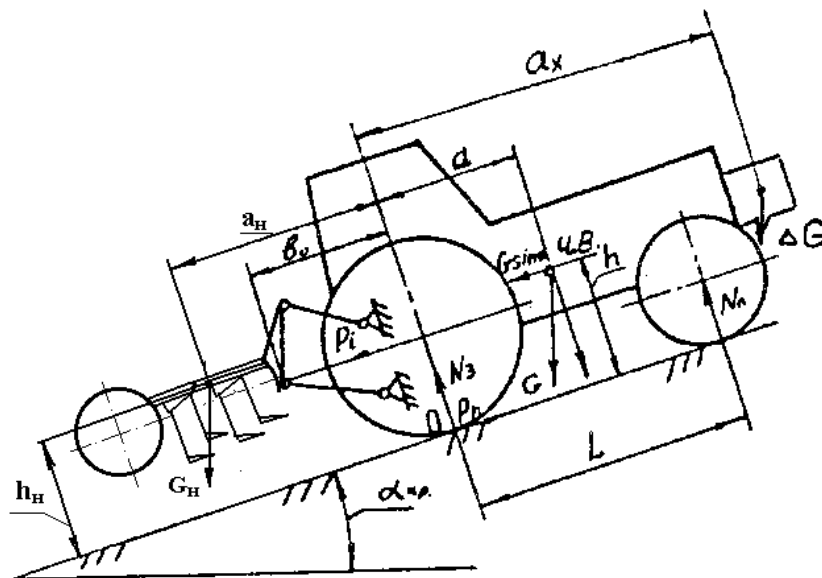


Рис. 8. Схема до розрахунку ґрунтообробного агрегату під час його руху в транспортному положенні на підйом

Для розрахунку коефіцієнту запасу поздовжньої стійкості агрегату варто використати наступну залежність:

$$x_n = \frac{G_n \cdot a_n}{G \cdot a},$$

де G_n – вага навішеного агрегату, в даному випадку – культиватора УСМК-8,1, за [5] $G_n = 12,5$ кН;

a_n – поздовжня координата центра ваги навішеного агрегату, для культиватора УСМК-8,1, який піднятий у транспортне положення $a_n = 1,5$ м;

G – вага енергетичного засобу, так як культиватор працює у агрегаті із трактором МТЗ-82, його вага [6] становить $G = 33,4$ кН;

a – поздовжня координата центра ваги енергозасобу по відношенню до осі його ведучих коліс, для МТЗ-82 [6] – $a = 0,724$ м.

Підстановка наведених числових значень у раніше приведену рівність для розрахунку коефіцієнту стійкості та вирішення рівності дозволяє отримати:

$$x_n = \frac{6,3 \cdot 1,5}{33,4 \cdot 0,724} = 0,391.$$

Таким чином, умова поздовжньої стійкості агрегату забезпечена і умова стійкості $x_n < 0,4$ виконується.

Проведемо розрахунок навантажень на колеса енергетичного засобу. Для розрахунку навантаження, що припадає на передні колеса трактора скористаємося відомою залежністю:

$$N_n = \frac{G \cdot a - G_n \cdot a_n - f \cdot r \cdot (G + G_n)}{L},$$

де f – коефіцієнт, що враховує перекочування колеса, для поля на якому розміщена стерня попередника, $f = 0,1$;

r – радіус кочення приводних коліс енергетичного засобу, для трактора МТЗ-82 [6], $r = 0,73$ м;

L – поздовжня база енергетичного засобу, для МТЗ-82, $L = 2,37$ м.

Після підстановки наведених цифрових значень отримаємо навантаження на колеса трактора складає:

$$N_n = \frac{33,4 \cdot 0,724 - 6,3 \cdot 1,5 - 0,1 \cdot 0,73(33,4 + 6,3)}{2,37} = 4,99 \text{ кН.}$$

Розраховане навантаження на колеса трактора є нижчим за допустиме, яке дорівнює $[N] = 12,0$ кН.

Проведемо розрахунок навантаження, що припадає на задні колеса енергетичного засобу, що з врахуванням ваги культиватора-рослинопідживлювача, ваги, що припадає на передні колеса та перерозподілу ваги між осями можна описати рівністю:

$$N_3 = G + \Delta G + G_n - N_n = 33,4 + 6,3 - 4,99 = 34,7 \text{ кН}$$

Хоч навантаження на задні колеса трактора і перевищують допустиме навантаження, яке встановлюється на рівні $[N] = 33,7$ кН, це перевищення складає всього 2,9%, а отже є несуттєвим і агрегат за таких умов може працювати.

					ВККР 00.000 ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Проведемо визначення критичного кута схилю для скомплектованого ґрунтообробного агрегату. Критичний кут схилю можна знайти використовуючи відому залежність [5]:

$$\alpha_1 = \arctg \left(\frac{\left(\frac{a}{h} \right) \cdot (1 - x_n)}{1 + \delta_n} - f \right),$$

де h – значення вертикальної координати центру ваги енергетичного засобу, яка для трактора МТЗ-82 [6] дорівнює $h = 0,821$ м;

δ_n – коефіцієнт приведеної ваги агрегату, що визначається із співвідношення ваги культиватора до ваги трактора за такою формулою:

$$\delta_n = \frac{G_n}{G} = \frac{6,3}{33,4} = 0,19.$$

Підстановка отриманих числових значень у формулу для визначення критичного кута схилю дозволяє розрахувати цей кут, який дорівнює:

$$\alpha_1 = \arctg \left(\frac{\left(\frac{0,724}{0,821} \right) \cdot (1 - 0,391)}{1 + 0,19} - 0,1 \right) = 19,3^\circ.$$

2.7. Розрахунок основних параметрів стояка культиваторної лапи

Щоб визначити параметри міцності стояків лап культиватора-рослинопідживлювача слід на першому етапі визначитися із параметрами, що визначають жорсткість цих лап, а це – радіус r_0 , висота стояка H та виліт носка лапи відносно стояка L (за рис. 9).

Для визначення радіусу скруглення лобової частини лапи використаємо відому формулу:

$$r_0 = \frac{(H_r - \ell \cdot \sin \alpha)}{\cos \alpha},$$

					ВККР 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

де ℓ – значення, що відповідає довжині прямої ділянки стрільчастої лапи, мм

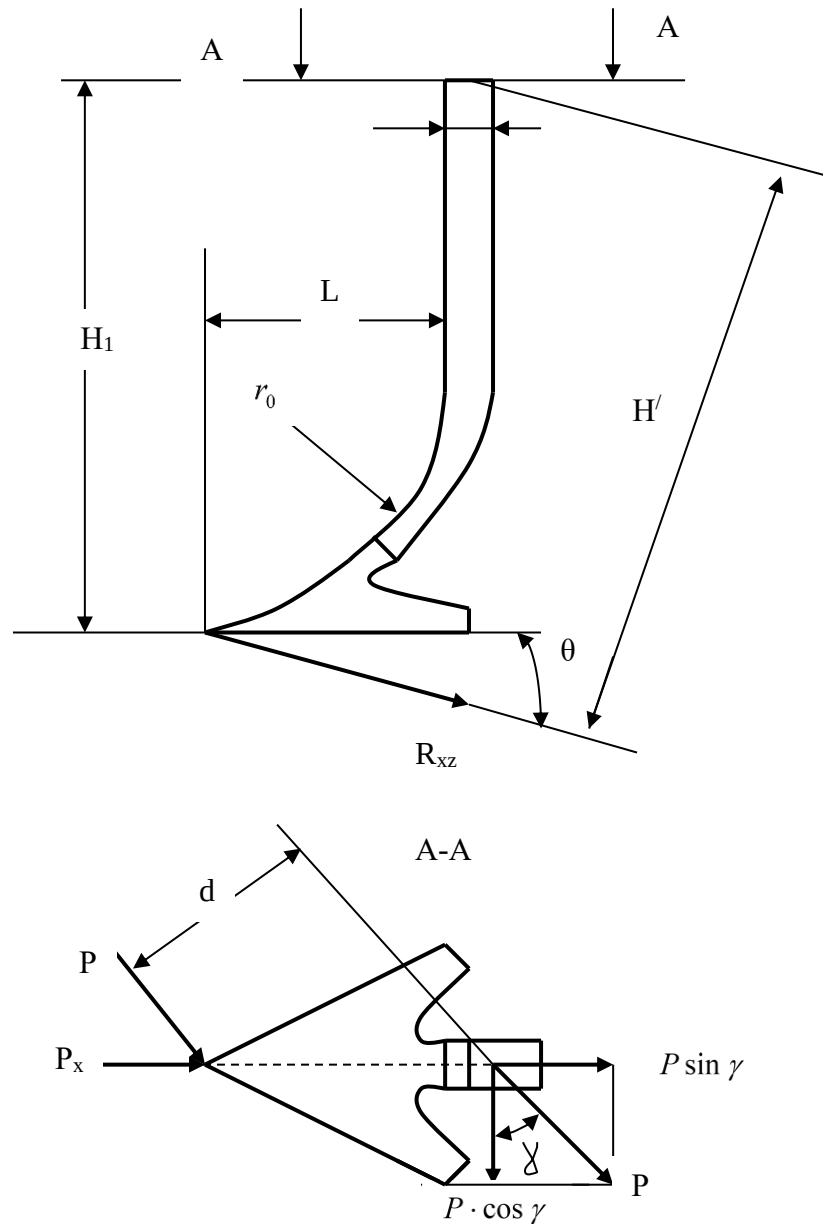


Рис. 9. Схема до визначення параметрів стояка лапи культиватора

$$H_r \geq 2 \cdot h_0,$$

$$H_r \geq 2 \cdot 200 = 400 \text{ мм.}$$

де h_0 – максимальна глибина ходу даної стрільчастої лапи, за якої можливе забезпечення технологічного процесу, мм.

Отже, відповідно радіус скруглення лапи складає:

$$r_0 = \frac{(400 - 100 \cdot \sin 16)}{\cos 16} = 390 \text{ мм.}$$

Для вильоту стояка L скористаємося формулою [5]:

$$L = r_0(1 - \sin \alpha) + \ell \cdot \cos \alpha ;$$

$$L = 390(1 - \sin 16) + 100 \cdot \cos 16 = 380 \text{ мм.}$$

І відповідно, для визначення висоти стояка культиваторної лапи, що є фактично відстанню від опорної поверхні лапи до нижньої площини рами знаряддя, слід виходити із умови того, що стояк не повинен забиватися рослинними рештками та глибами ґрунту. Виходячи з чого маємо:

$$H_1 = H + h_0 ,$$

де H_1 – фактична відстань від нижньої поверхні рами культиватора до поверхні ґрунту, мм.

$$H_1 = 315 + 200 = 515 \text{ мм.}$$

Для забезпечення запасу, приймаємо $H_1 = 650$ мм.

Відомо, що при силовому розрахунку перетину стояка культиваторної лапи, те зусилля, що діє на цю лапу має подвоюватися в наслідок високої нерівномірності діючих навантажень, що прикладаються для різних рядів відповідних робочих органів [4, 5].

Діючий на робочий орган згинальний момент у перерізі $A-A$ можна знайти таким чином:

$$M_{32} = 2 \cdot R_{zx} \cdot H' ,$$

де
$$R_{zx} = \frac{R_x}{\cos \theta} = \frac{K_k \cdot B_m}{n \cdot \cos \theta} ;$$

K_k – питомий опір культиватора-рослинопідживлювача, кН;

B_m – робоча ширина захвату агрегату, м;

n – дійсна кількість культиваторних лап на агрегаті, шт.;

θ – значення кута нахилу рівнодіючої сили до лінії горизонту, град.

Після проведення перетворень та підстановки цифрових значень маємо:

					ВККР 00.000 ПЗ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$M_{32} = \frac{2 \cdot K_{\kappa} \cdot B_{\text{м}} \cdot H'}{n \cdot \cos \theta};$$

$$M_{32} = \frac{2 \cdot 5,2 \cdot 4200 \cdot 650}{15 \cdot \cos 15} = 0,18 \text{ кН/м.}$$

За умов, якщо культиватор-рослинопідживлювач перебуває у робочому положенні і механізатор змінює траєкторію руху на заглиблені у ґрунт стояки діють напруження кручення та згину. Ці напруження стануть достатньо відчутними у тих культиваторів, у яких використовуються широкозахватні лапи, а тому врахування цих напружень під час визначення параметрів стояків на міцність є обов'язковим.

У подібних випадках максимальне напруження має місце тоді, коли навантаження прикладене до носка лапи або ж кінця леза, що залежить від розміщення самого стояка відносно культиваторної лапи. То ж, крутний момент, що виникає за таких умов роботи дорівнює:

$$M_{\text{кр}} = P \cdot d,$$

де P – значення сили опору, що дорівнює $P_{\text{max}} = R_x$;

d – відстань, що вимірюється від центру перетину стояка до точки прикладання сили, мм

Отже, у числових значеннях маємо:

$$M_{\text{кр}} = 0,218 \cdot 330 = 71,94 \text{ кН} \times \text{мм.}$$

Визначимо максимальні моменти згину, що виникають від складових сил опору P :

$$M_x = P \cdot H \cdot \sin \gamma;$$

$$M_y = P \cdot H \cdot \cos \gamma.$$

Після підстановки числових значень можемо розрахувати максимальні моменти згину:

$$M_x = 0,218 \cdot 650 \cdot 0,54 = 76,5 \text{ кН} \times \text{мм.};$$

$$M_y = 0,218 \cdot 650 \cdot 0,84 = 119 \text{ кН} \times \text{мм.}$$

					ВККР 00.000 ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Отже, момент опору дорівнює:

$$W = \frac{M_{\text{зг}}}{[\sigma_{-1}]} = \frac{180}{280 \cdot 10^6} = 0,65 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3.$$

Знайдемо момент опору відносно осей перетину, який дорівнює:

$$W_x = \frac{h \cdot a^3}{6} = \frac{70 \cdot 32^3}{6} = 1,19 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3;$$

$$W_y = \frac{a \cdot h^3}{6} = \frac{32 \cdot 70^3}{6} = 2,6 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3.$$

Визначимо приведені моменти по осям за наступними формулами:

$$M_{\text{прх}} = \sqrt{M_{\text{кр}}^2 + M_x^2} = R_x \sqrt{d^2 + H^2 \cdot \sin^2 \gamma};$$

$$M_{\text{пры}} = \sqrt{M_{\text{кр}}^2 + M_y^2} = R_x \sqrt{d^2 + H^2 \cdot \cos^2 \gamma}.$$

Після підстановки цифрових значень маємо:

$$M_{\text{прх}} = \sqrt{71,9 + 76,5} = 105 \text{ кН} \times \text{мм} = 0,105 \text{ кН} \times \text{м};$$

$$M_{\text{пры}} = \sqrt{71,9 + 119} = 139 \text{ кН} \times \text{мм} = 0,139 \text{ кН} \times \text{м}.$$

Отже, загальний перетин стояка визначається виходячи із максимального значення приведенного моменту, що зроблено вище. Враховуючи це, маємо:

$$W = \frac{M_{\text{пр max}}}{[\sigma_{-1}]} = \frac{139}{280 \cdot 10^6} = 0,5 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3.$$

Таким чином, проведені розрахунки дозволяють із забезпеченням певного запасу міцності для ефективної роботи культиваторної лапи прийняти стояк (рис. 9), що має перетин $a = 32 \text{ мм}$; $h = 70 \text{ мм}$.

3. НАУКОВА ЧАСТИНА

3.1. Способи та технічне забезпечення внесення мінеральних добрив

На врожайність сільськогосподарських культур впливає ряд факторів, серед яких світло, тепло, наявність доступної вологи і поживних речовин та ін, більшість з яких у своїй сукупності є прямим чи непрямим похідними від ефективної родючості ґрунту. Потрібні умови для найбільш якісного і ефективного розвитку польових рослин створюють за рахунок організації правильної науково-обґрунтованої сівозміни, якісному і вчасному механічному обробітку ґрунту, проведення посіву лише гарним посівним матеріалом і зрештою – найбільш раціональному та повному комплексу робіт із підбору, розрахунку та внесення засобів агрохімії.

Дуже важливим показником, який має визначальний вплив на створення умов для підвищення загальної врожайності сільськогосподарських культур є вчасне і ефективне, з точки зору реалізації технологічного процесу, внесення стартової і фінішної дози мінеральних добрив. Такі операції в залежності від виду внесення добрив можуть відбуватися під час обробітку ґрунту, на різних стадіях і етапах проведення таких робіт, під час проведення посівних робіт, під час проведення догляду за посівами. Реалії сьогоденних технологічних процесів вирощування продукції рослинництва відводять чільне місце підживленню рослин під час їх розвитку на етапі догляду за посівами, що під час вирощування просапних культур найчастіше реалізують просапними культиваторами, до яких і відноситься культиватор-рослинопідживлювач УСМК-8,1.

Тривалий досвід внесення мінеральних добрив та інших засобів агрохімії під час вирощування польових культур дав змогу підтвердив високу ефективність такого удобрювання і їх вагомий вплив на врожайність. Дослідниками, конструкторами і заводами виробниками створено і вироблено велике різноманіття машин та агрегатів для внесення добрив як по поверхні поля, так і безпосередньо у внутрішні горизонти ґрунтового середовища. Ряд

					ВККР 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

наукових досліджень підтверджують [2...5, 10...12], що загальна якість засвоєння поживних речовин, що вносяться в ґрунтове середовище під час удобрення та їх сприймання кореневою системою культурних рослин суттєво відрізняються залежно від способів внесення цих засобів агрохімії. Це пояснюється тим, що за різних умов внесення добрив у ґрунт гранули мінеральних добрив можуть розміщуватися в товщі ґрунту із різною концентрацією, із різною рівномірністю та хаотично розміщуватися в горизонті відносно кореневої системи рослин, що з однієї сторони може призводити до ускладненого доступу рослин до активних речовин, що потрапляють у ґрунт разом із добривами, а з іншої – можуть призводити до вигорання і загибелі культурних рослин за умов суттєвого перевищення допустимих концентрацій хімікатів.

Таким чином, питання раціонального розміщення мінеральних добрив має вивчатися і вдосконалюватися не з точки зору загального удобрення орного горизонту ґрунту а з врахуванням аспекту раціонального живлення культурних рослин при їх вирощуванні враховуючи конкретні ґрунтово-кліматичні умови.

Саме з наведених вище міркувань, все частіше постає питання ефективності різних способів та методів просторового розміщення добрив у ґрунтовому середовищі та їх розташування відносно коренів рослин, що вирощуються на конкретному полі. За дослідженнями ряду фахівців, зокрема і Р.Т. Вільдлуша констатовано, що ступінь розвитку кореневої системи більшості польових культур має прямий зв'язок із розташуванням туків добрив у товщі ґрунту по відношенню до цього коріння, що загалом є повністю залежним від обраного у господарстві способу внесення добрив та загальної системи технічного забезпечення такого внесення.

Існуючі способи внесення добрив у ґрунт, які залежать від способів реалізації технологічного процесу та особливостями функціонування машин і агрегатів для цього, розділені на кілька груп і представлені на рис. 10

					ВККР 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

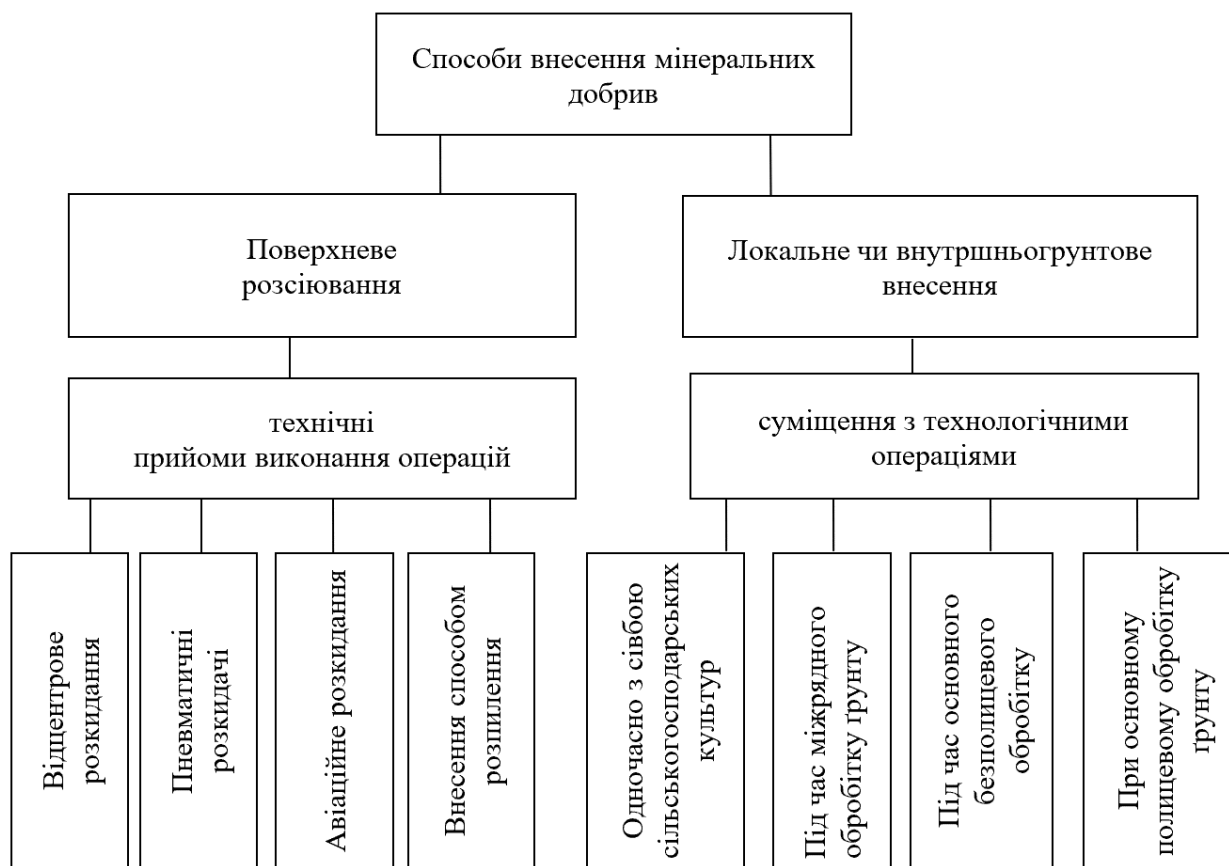


Рис. 10. Способи та прийоми внесення мінеральних добрив

Сьогодні в більшості господарств України через свою простоту здійснення і доступність машин і агрегатів найчастіше вносять добрива методом поверхневого їх розкидання із наступною заробкою ґрунтообробними машинами чи знаряддями. Для поверхневого розкидання добрив по поверхні поля на полях фермерських господарств застосовуються агрегати у складі енергетичного засобу і причіпних чи начіпних розкидачів, серед яких: МВУ-8Б (рис. 11); МВУ-0,5; НРУ-0,5; МД-4; МУП-6пш; 1РМГ-4 та ін. В основному така технологія внесення добрив реалізується за рахунок їх розкидання по поверхні відцентровими розкидачами різних конструкцій, але які є досить продуктивними, зручними в експлуатації, надійними і легкими в обслуговуванні.

Вагомим недоліком всіх розкидачів добрив, причому це є характерним і для агрегатів закордонного виробництва є висока нерівномірність розподілу часток по площі поля, а показники цієї нерівномірності, навіть для кращих

випадків і зразків машин досягають 25-30%. Це звичайно має негативний вплив і призводить до погіршення умов живлення рослин по площі поля, загострює ймовірність нерівномірного дозрівання та робить врожайність по площі поля макимально нерівномірною а рослини подекуди розвиваються із суттєвою строкатістю.

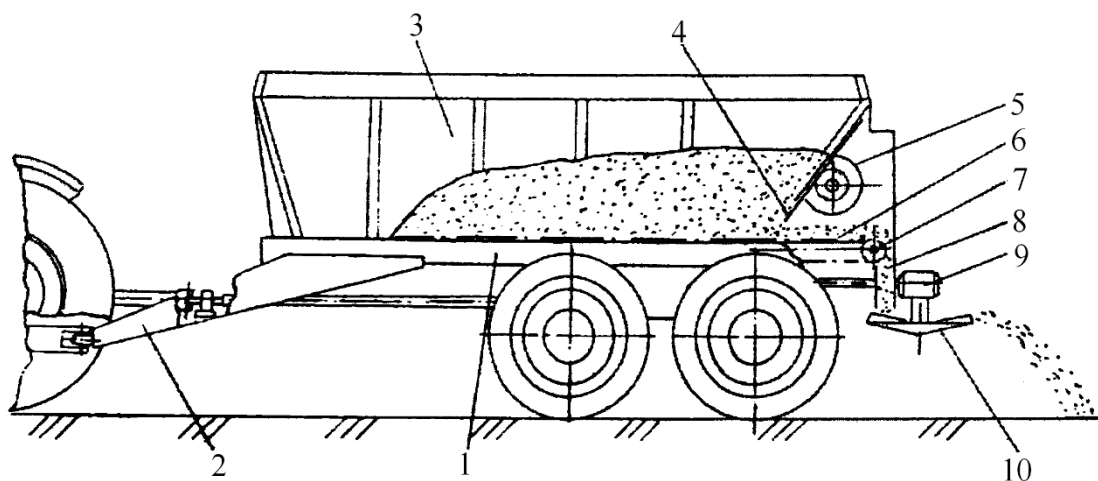


Рис. 11. Функціональна схема розкидача мінеральних добрив МБУ-8Б:
1 – рама; 2 – сниця; 3 – кузов розкидача із активним днищем; 4 – заслінка дозуюча; 5 – регулювальний штурвал; 6 – транспортер живильний;
7 – механізм приводу транспортера; 8 – туконапрямник; 9 – редуктор приводу диска; 10 – дисковий розкидач

Поверхневий спосіб внесення мінеральних добрив передбачає наступні операції по заробці добрив, що розподілені із певною рівномірністю по поверхні поля наприклад під час реалізації технологічних процесів дискування, оранки, поверхневого обробітку.

Дослідники відмічають [2, 4, 9-12], що під час заробки добрив ґрунтообробними машинами та знаряддями туки дуже нерівномірно перерозподіляються в ґрунтовому середовищі, певна їх частина взагалі залишається на поверхні, що призводить до вивітрювання активних речовин чи вимивання разом із опадами. Це суттєво знижує загальну ефективність використання добрив та підвищує економічні затрати на вирощування одиниці врожаю. Шляхом тривалих перевірок та польових досліджень було доведено,

що спосіб внесення добрив методом поверхневого розкидання із наступною заробкою розкиданих добрив ґрунтообробними агрегатами, незалежно від того якими агрегатами ці добрива закривають, приводе до розподілення гранул в ґрунті, що співставний з випадковим розподіленням, а отже певна частина цих добрив, інколи і значна, не потрапляють до того місця, як є потрібно для засвоєння рослинами.

Як показали дослідження, проведені Івановим І.А. [12] мінеральні добрива при їх заробці під час основного обробітку у вигляді оранки розподіляються у ґрунтовому середовищі таким чином: 17,5...48,1% розміщуються в горизонті ґрунту від 0 до 5 см; близько 38...78% розподіляються в горизонті ґрунту 0...10 см. Під час же заробки добрив дисковими агрегатами та культиваторами, більшість часток, а саме 50...90% розміщуються в шарі ґрунту від 2 до 3 см.

Порядь з тим, для південних і більшості центральних регіонів України, які перебувають у зоні землеробства, де має місце знижена кількість опадів під час росту і розвитку рослин, глибина стійкої вологості ґрунту перебуває на глибині більше 10 см, враховуючи це, мінеральні добрива, які вносяться і розподіляються мілкіше стають недосяжними для кореневої системи рослин польових культур. Такі тенденції призводять до нераціонального використання засобів агрохімії, призводить до необов'язкових зайвих витрат енергії, підвищує собівартість вирощеної продукції та завдає шкоди мікрофлорі ґрунтового середовища. До того ж мають місце та можуть загострюватися ерозійні процеси на верхньому розпушеному шарі ґрунту, який утворюється в результаті їх заробки добрив робочими органами ґрунтообробних машин, а під час вимивання чи вивітрювання поверхневого шару ґрунту ще й добрива достатньо часто потрапляють до місць проживання населення, у водойми, підземні води, що призводить до нанесення ще й і екологічної шкоди.

Підсумовуючи наведену інформацію можна констатувати, що внесення добрив методом поверхневого розкидання із подальшою заробкою

					ВККР 00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		40

розподілених хімікатів в напрямку подальшого вдосконалення і вивчення є не дуже актуальним. Всі існуючі наукові дослідження в напрямку інтенсифікації такої технології внесення мінеральних добрив присвячуються питанню поліпшення рівномірності розподілу туків по поверхні поля та забезпечення необхідної якості заробки туків із їх розміщенням на заданій глибині, що загалом являється достатньо складною прикладною задачею.

Більш ефективним і раціональним є інший спосіб підвищення родючості сільськогосподарських культур шляхом внесення добрив під час проведення деяких технологічних операцій, наприклад під час посіву чи догляду за посівами.

Місцеві виробники продукції рослинництва найчастіше використовують в полях внесення засобів агрохімії разом із проведенням сівби. При внесення добрив разом із сівбою туки добрив вдається розмістити із максимальною концентрацією безпосередньо біля кореневої системи рослин, що сприяє кращому засвоєнню культурними рослинами поживних речовин. Дана технологія внесення добрив є дуже ефективною і широко використовуваною при проведенні посіву зернових культур рядковими сівалками.

Під час росту і розвитку рослин має місце розвиток і їх кореневої системи, яка змінює розміри, проникає в нижні горизонти ґрунту з метою пошуку поживних речовин та вологи. Характер і інтенсивність розвитку кореневої системи польових культур має прямий зв'язок із кількістю і рівномірністю розподілення в товщі ґрунту поживних речовин, які за теперішніх умов потрапляють в орний горизонт в більшості випадків тільки під час їх внесення у вигляді мінеральних добрив. Агрономи агропідприємств доводять, що під час внесення в ґрунту суперфосфату, коріння культурних рослин щільно обплітають гранули даних добрив. Якщо внесення добрив у ґрунту відбувається разом із посівними операціями в той-же рядок безпосередньо збоку від насінини основної культури, то має місце більш

					ВККР 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

інтенсивний і активний розвиток коріння сам в місці концентрації гранул добрив. Така реакція коріння польових культур на наявність в конкретному місці добрив пов'язана із переміщенням добрив у товщі самого ґрунту.

Недоліком підживлення гранулами мінеральних добрив під час сівби є те, що добрива вносять безпосередньо збоку від рядка або всередину рядка, що є неприпустимим для насіння деяких культур. Якщо гранула мінеральних добрив будуть зосереджуватися з боків від ряду основної культури, то частина енергії, що мають добрива буде витрачатися на живлення бур'янів, і коріння польової культури будуть змушені «тягнутися» у вегетативну зону, втрачаючи певну кількість енергії росту. При такому локальному способу можна вносити лише початкову (стартову) дозу добрив, оскільки розміри бункерів сівалок та їх ємність не дозволяють вносити високі дози мінеральних добрив. До того ж, зосередження великої кількості мінеральних добрив безпосередньо в зоні розміщення насіння рослин може призвести до погіршення чи взагалі втрати схожості.

Для внесення основної дози мінеральних добрив локальним способом найкраще підходять технології основного безполицевого чи полицевого обробітку ґрунту, що реалізують такими агрегатами як МКП-4, ГУН-4, КПП-2,2, АВМ-8, та подібними за конструкцією і призначенням, які забезпечують внесення гранульованих мінеральних добрив в підґрунтову порожнину, що тимчасово утворює конкретний робочий орган (рис. 12).

Внесення основної дози мінеральних добрив під час проведення основного обробітку має ряд яскраво виражених переваг у порівнянні із іншими технологіями внесення добрив, так як такий спосіб дозволяє практично реалізувати суміщення кількох операцій в одну, зокрема основного обробітку ґрунту, внесення добрив та заробка цих добрив, що дозволяє знизити собівартість вирощування врожаю за рахунок зменшення кількості проходів агрегату по полю та більш раціональному використанню поживних речовин, що вносяться разом із мінеральними добривами. Саме цей спосіб

					ВКРР 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

дозволяє уникнути негативних витрат активних речовин, що містяться у гранулах добрив під атмосферним впливом, оскільки добрива потрапляють одразу в ґрунт та концентруються в потрібному горизонті.

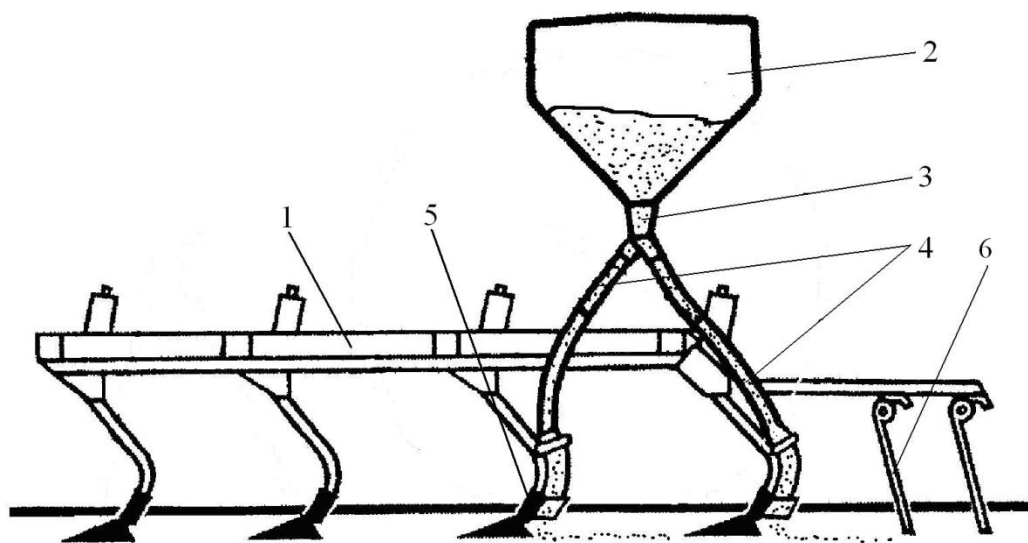


Рис. 12. Загальна схема внесення твердих мінеральних добрив під час безполіцевого обробітку ґрунту:

- 1 – рама ґрунтообробного агрегату; 2 – бункер для добрив; 3 – туковисівний апарат; 4 – тукопроводи; 5 – лапи з пристосуванням для внесення добрив; 6 – загортачі

Серед основних недоліків локального внутрішньогрунтового способу внесення добрив під час основного обробітку можна відмітити суттєве ускладнення комбінованих агрегатів для реалізації в полі таких робіт, а також той факт, що іноді виявляється достатньо складним питання узгодження глибини обробітку ґрунту та конкретної потреби щодо глибини розташування туків що виходить із агротехнічних особливостей вирощування конкретної сільськогосподарської культури.

Зрештою, одним із найбільш перспективних способів внесення добрив у ґрунтове середовище залишається спосіб внесення добрив у міжряддя просапних культур під час їх міжрядного обробітку. Наведений спосіб внесення добрив дає можливість забезпечити рослини поживними речовинами в найбільш сприятливий період вегетації, при цьому з мінімальними змінами конструкції існуючих просапних культиваторів та культиваторів-

рослинопідживлювачів. Крім того, раціональний розподіл хімічних частинок у просторі, що формується під лапою робочого органу дозволяє знищувати хімічним способом і бур'яни шляхом внесення в безпечну зону рядку гербіцидів спрямованої дії.

Отже, враховуючи всі переваги та недоліки існуючих способів внесення та розподілення по полю мінеральних добрив, можна стверджувати, що спосіб локального внесення добрив безпосередньо у товщу ґрунту є найбільш прийнятним і доцільним з агротехнічної точки зору ефективності вирощування культури та використання активних речовин добрив. Крім того, локальний спосіб внесення мінеральних добрив Додаткове внесення добрив не вимагає для заробки їх у ґрунт проводити додаткові операції, а втрати поживних речовин, що може спостерігатися через вивітрювання чи вимивання через опади мінімалізовані. Внутрішньогрунтові способи внесення мінеральних добрив дозволяють максимально раціонально використовувати добрива, за умови скорочення загальних витрат і часу на виконання робіт.

3.2. Експериментальні дослідження оцінки якості розподілу мінеральних добрив у підлаповому просторі лапи

Дослідження якості розподілу мінеральних добрив в підлаповому просторі культиваторної лапи проводилися в ґрунтовому каналі кафедри сільськогосподарського машинобудування ЦНТУ. При проведенні експериментів вивчали розподіл добрив на стрільчастій культиваторній лапі, параметри якої обґрунтовані вище, а для проведення розподілу туків у підлаповому просторі до нижньої зони встановлювали пасивний ділильник, що виготовляється у вигляді призми, місце розташування якої та основні конструктивні параметри і визначають рівномірність і якість розподілу гранул та можуть визначати конкретне місце чи зону концентрації добрив. Експериментальні дослідження проводилися із використанням елементів класичної теорії планування багатофакторного експерименту, яка наведена в [20,

					ВККР 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

21], а критерієм оптимізації виступала рівномірність, яка визначалася дальністю польоту гранул та концентрацією добрив.

В науковій роботі [16] реалізовані фундаментальні дослідження, які базуються на науковій гіпотезі, суть якої заключається в тому, що існує нагальна необхідність забезпечувати розподіл добрив у внутрішній порожнині, утвореній між крилами лапи і падаючим після зрушення ґрунтом, причому цей розподіл має відбуватися за шириною захвату підлапового простору, що досягається шляхом встановлення в нижню частину підлапового простору пасивного призматичного ділильника. З ціллю вивчення ефективності роботи та обґрунтування раціональних параметрів пристрою для локального внесення добрив для культиваторної лапи під час експериментів досліджували вплив найвпливовіших чинників (факторів) на дальність польоту туків (поперечного польоту) ℓ_n^n та фактичну концентрацію гранул добрив в різних зонах підлапового простору лапи M .

Експериментальні дослідження проводили використовуючи стандартну методику [19, 20]. Зазначимо, що кожен дослід проводився із трикратною повторюваністю і далі використовували середнє значення цих повторюваностей, а планування та обробку досліджень проводили в програмі STATISRICA 12. У цьому програмному продукті реалізовували матрицю планування експерименту у вигляді центрального композиційного плану, який має вигляд $2^4 + \text{зіркові точки}$. Результати планування експерименту і результати досліджень наведені на рис. 13. Зазначимо, що у наведеній матриці експерименту факторами, вплив яких на критерій оптимізації досліджували були початкова швидкість руху туків мінеральних добрив $V_{\text{над.}}(x_1)$, кут нахилу пасивного призматичного ділильника добрив до горизонталі, $\varphi(x_2)$, кут між гранями призматичного ділильника, $\Theta(x_3)$ та висота відбивання туків від дна борозни, $h(x_4)$.

					ВККР 00.000 ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

№ п/п	Швидкість падіння часток добрив на виході з тукопроводу $V_{пад}, \text{ м/с}$	Кут нахилу ребра призми розсіювача відносно горизонтальної площини, $\varphi, ^\circ$	Кут між гранями призми (розсіювача), $\Theta, ^\circ$	Висота поверхні відбивання відносно дна борозни, $h, \text{ м}$	Дальність поперечного польоту гранул, ℓ_n^n , см	Показник концентрації, $M, \%$
	$x_1(V)$	$x_2(\varphi)$	$x_3(\Theta)$	$x_4(h)$	$Y_1(\ell)$	$Y_2(M)$
1.	1,0	50,0	50,0	0,04	7	22,05
2.	1,0	50,0	50,0	0,06	8	17,93
3.	1,0	50,0	100,0	0,04	10	17,5
4.	1,0	50,0	100,0	0,06	6,5	20
5.	1,0	80,0	50,0	0,04	7	19,2
6.	1,0	80,0	50,0	0,06	8	22
7.	1,0	80,0	100,0	0,04	11	16,19
8.	1,0	80,0	100,0	0,06	14	17,75
9.	2,0	50,0	50,0	0,04	7	20,5
10.	2,0	50,0	50,0	0,06	5	20,63
11.	2,0	50,0	100,0	0,04	5	20,19
12.	2,0	50,0	100,0	0,06	6	18,3
13.	2,0	80,0	50,0	0,04	6	21,01
14.	2,0	80,0	50,0	0,06	7	18,29
15.	2,0	80,0	100,0	0,04	11	17,19
16.	2,0	80,0	100,0	0,06	16	18,46
17.	1,5	65,0	75,0	0,05	10	17,76
18.	0,5	65,0	75,0	0,05	9	18,81
19.	2,5	65,0	75,0	0,05	8	16,47
20.	1,5	34,1	75,0	0,05	7	18,42
21.	1,5	95,9	75,0	0,05	6	21,09
22.	1,5	65,0	23,6	0,05	5	26,05
23.	1,5	65,0	126,4	0,05	7	18,2
24.	1,5	65,0	75,0	0,03	9	17,89
25.	1,5	65,0	75,0	0,07	8,5	18
26.	1,5	65,0	75,0	0,05	6,25	21

Рис. 13. Результати планування експерименту та реалізації центрального композиційного плану по дослідженню впливу факторів на якість розподілення туків у підлаповому просторі стрільчастої лапи

Після обробки матриці експерименту (рис. 13) у програмі STATISRICA 12 можемо отримати традиційні для сприйняття статистичні математичні моделі по оцінці впливу факторів на критерії оптимізації, що фактично виступали

дальність поперечного польоту гранул $Y_1(\ell_n^n)$ і концентрація гранул добрив в різних зонах підлапового простору лапи $Y_2(M)$. Отже, обробка результатів дозволила отримати наступні статистичні моделі, які цим-же програмним продуктом перевірені на відтворюваність і адекватність.

$$Y_1(l_n^n) = 8,233 - 0,431x_1 + 0,958x_2 + 1,169x_3 + 0,229x_4 + 0,207x_1^2 - 0,265x_2^2 - 0,383x_3^2 + 0,291x_4^2 + 0,531x_1x_2 + 0,094x_1x_3 + 0,219x_1x_4 + 1,469x_2x_3 + 0,844x_2x_4 + 0,281x_3x_4$$

$$Y_2(M) = 19,363 - 0,117x_1 - 0,062x_2 - 1,315x_3 - 0,01x_4 - 0,43x_1^2 + 0,069x_2^2 + 0,629x_3^2 - 0,38x_4^2 - 0,146x_1x_2 + 0,216x_1x_3 - 0,372x_1x_4 - 0,362x_2x_3 + 0,393x_2x_4 + 0,459x_3x_4$$

Таким чином, реалізовані лабораторні дослідження, які дозволили отримати статистичну математичну модель та встановити раціональні параметри ряду факторів, що визначають конструкцію стрільчастої лапи, які після внесення запропонованих змін можна використовувати під час міжрядного обробітку із одночасним внесенням засобів агрохімії в підлаповий простір. Дані експерименти підтверджують, що для ефективного і повноцінного розподілу туків добрив у підлаповому просторі на етапі вдосконалення конструкції лапи слід забезпечити такі параметри: початкову швидкість руху туків мінеральних добрив $V_{над.} = 1,4...1,5$ м/с; кут нахилу пасивного призматичного ділильника добрив до горизонталі $\varphi = 60^\circ...70^\circ$; кут між гранями призматичного ділильника $\Theta = 75^\circ...80^\circ$ та висота відбивання туків від дна борозни $h = 0,045...0,05$ м.

					ВККР 00.000 ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4. ОХОРОНА ПРАЦІ

Гідропривід культиватора-рослинопідживлювача розроблений відповідно до чинних вимог ДСТУ 2189-93 та ДСП 3.3.2.041-99. Гідросистема сільськогосподарського агрегату з'єднується з гідросистемою енергетичного засобу виключно за допомогою розривних муфт, які допомагають попередити розбризкування мастила під час під'єднання-від'єднання та при розривах муфт. Регулювання всіх робочих органів, що здійснюється під час робочого ходу агрегату виконується з кабіни енергетичного засобу. Окремі елементи культиватора-рослинопідживлювача, як і агрегат в цілому не повинні перешкоджати чи обмежувати оглядовість із робочого місця механізатора чи інших об'єктів постійного спостереження під час перебігу технологічного процесу обробітку ґрунту із локальним внесенням засобів агрохімії. Для вільного і легкого доступу механізатора до робочого місця і в зворотньому напрямку передбачені спеціальні підніжки та поручні.

У місцях скомплектованого агрегату, що є важкодоступними до обслуговування передбачено проведення одноразового змащення підшипників та інших регламентних робіт на весь період між ремонтами агрегату. Точки розташування місць змащення позначаються на машині контрастними кольоровими вказівниками, які чітко видна на загальному кольорі ґрунтообробного агрегату.

Культиватор-рослинопідживлювач має в своєму комплекті додактовий інструмент, який потрібне для роботи машини в полі і є відсутнім у основному комплекті трактора. З метою ручного очищення окремих елементів та робочих органів культиватора агрегат комплектується спеціальними чистиками. На етапі проектування і розстановки робочих органів на рамі культиватора-рослинопідживлювача всі робочі органи розміщені зручно і безпечно для проведення їх обслуговування і очищення а доступ до них нічим не ускладнено. Допустимі значення рівня шуму та вібрацій на робочому місці під час виконання міжрядного обробітку знаходяться в допустимих межах, а

					ВКРР 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

рівень зазначених факторів не здатен нанести шкоди для здоров'я чи життя працюючих.

На етапі виготовлення ґрунтообробного агрегату, обираючи колір культиватора варто дотримуватися наступних вимог:

- колір фарбування культиватора-рослинопідживлювача має яскраво відрізнятися від фону поля, на якому переважно експлуатується даний ґрунтообробний агрегат;

- окремі елементи культиватора-рослинопідживлювача, які під час виконання технологічного процесу постійно чи часто перебувають у полі зору тракториста, мають фарбуватися матовою фарбою для уникнення відбиваючого світла.

На рамі та корпусі культиватора-рослинопідживлювача наносяться відповідні написи, які попереджають про ймовірні аварійні ситуації та інші написи що забороняють певні дії із працюючим агрегатом.

Рівні вібрації у горизонтальному і вертикальному напрямках на сидінні тракториста чи на робочій площадці оператора мають відповідати чинним санітарним нормативам. Робоче місце механізатора та обслуговуючого персоналу має бути надійно захищеним від скидання часток ґрунту з-під коліс трактора чи культиватора та робочих органів ґрунтообробного агрегату.

З ціллю забезпечення стійкості агрегату у поздовжній площині і можливості безпечного керування скомплектованого ґрунтообробного агрегату в комплекті передбачено кронштейн з вантажами, що дозволяє закріпити ці вантажі на передньому брусі рами. Кути поперечної статичної стійкості скомплектованого ґрунтообробного агрегату для міжрядного обробітку не повинен бути меншим за 30°.

Культиватор-рослинопідживлювач у відчепленому стані має зберігати стійкість при зусиллях, що прикладаються до нього на рівні 200 Н. З метою транспортування агрегату дорогами загального призначення, зокрема вночі чи за умов недостатньої видимості, агрегат обладнується світловідбивачами:

					ВККР 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

переді білого кольору, ззаду червоного кольору. Для інформування інших учасників руху на задній частині з лівої сторони культиватора наноситься знак обмеження допустимої транспортної швидкості.

З ціллю стропування культиватора-рослинопідживлювача під час його завантаження в причіп транспортного засобу, ремонту та збирання на агрегаті виготовляються спеціальні петлі, які позначені відповідним знаком та фарбою, яка відмінна від загального кольору машини.

Конструкція культиватора-рослинопідживлювача виготовлена так, що забезпечується можливість комплектування агрегату одним механізатором. Зусилля, що потрібно затратити для натиснення важелів регулювання глибини обробітку мають не перевищувати 200 Н.

Всі існуючі схеми стропування та місця встановлення на агрегаті домкратів мають бути вказаними в документації по експлуатації культиватора.

В кабіні енергозасобу під час проведення міжрядного обробітку ґрунту передбачено встановлення первинних засобів пожежогасіння. Місця в яких встановлюються засоби пожежогасіння мають бути максимально легкодоступними і повинно забезпечуватися їх легке знімання без використання додаткових інструментів. Час на знімання цих засобів не має перевищувати 6...8 секунд.

Агрегат для міжрядного обробітку комплектується одним вогнегасником марки ОП-5, однією санітарною лопатою. Також в кабіні трактора зроблено місце для закріплення бачка з водою об'ємом 10 літрів.

5. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

Під час виконання кваліфікаційної роботи запропоновано вдосконалити конструкцію культиватора-рослинопідживлювача УСМК-8,1. Для оцінки економічної ефективності запропонованих розробок оцінено доцільність проведення міжрядного обробітку із підживленням посівів у базовому фермерському господарстві із площею полів, що потрібно обробляти на рівні 100 га агрегатом у складі трактора МТЗ-82 і культиватора-

					ВКРР 00.000 ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

рослинопідживлювача УСМК-8,1. На етапі проведення інженерного розрахунку та експериментальних досліджень внесені певні зміни в конструкцію агрегату, що дають змогу адаптувати стрільчасту лапу до внутрішньогрунтового внесення засобів агрохімії у підлаповий простір лапи.

З метою оцінки можливість використання запропонованих розробок у дійсних польових умовах фермерського господарства проведено розрахунок економічної ефективності наведених вдосконалень, що проведено за стандартною методикою, аналогічній до [21, 22]. Кінцевий результат оцінки економічної ефективності розробок зведені у таблицю 2.

Таблиця 2

Оцінка економічної ефективності впровадження міжрядного обробітку із локальним внесенням мінеральних добрив культиватором-рослинопідживлювачем УСМК-8,1

Показник	Од. виміру	Технології		Відхилення	
		Базова	Проектна	+/-	%
1	2	3	4	5	6
Площа	га.	100	100	-	-
Капітальні вкладення	грн./га	508,3	411,5	-96,8	-19,5
Продуктивність праці	га/зм.	20,02	24,8	+4,78	+23,9
Собівартість міжрядної культивації	грн.	28414,8	20387	-8027,8	-28,2
Собівартість 1 га культивації	грн./га	236,8	170,0	-66,8	-28,2
Річна економія	грн.		8027,8		
Річний економічний ефект	грн.		8627,8		

Отже, наведені обґрунтування економічної доцільності внесених змін доводять, що разом із підвищенням продуктивності праці на 7,39 гектар за зміну та прогнозованого зниження витрат пального до 0,92 кг на гектар площі досягається зниження собівартості догляду за посівами із внесенням засобів

агрохімії до 8027,8 грн. Поряд з цим має місце загальне скорочення собівартості міжрядної обробітку ґрунту, так під час догляду за посівами із кожного гектару площі собівартість дорівнює 170 грн/га, тоді як до проведення вдосконалень собівартість проведення цієї ж операції складала 236,8 грн. До того ж в результаті впровадження перелічених вдосконалень досягається прогнозований річний економічний ефект у розмірі 8627,8 грн. Таким чином, дані вдосконалень до конструкції культиватора-рослинопідживлювача дозволяють знизити собівартість проведення операцій міжрядного обробітку та досягти позитивного річного економічного ефекту, що і підтверджує доцільність запропонованих змін.

6. ВИСНОВОК

Під час виконання кваліфікаційної роботи запропоновано вдосконалення конструкції культиватора-рослинопідживлювач УСМК-8,1, а саме в його конструкцію були внесені наступні зміни:

- змінено конструкцію стрільчастої лапи, що дозволило проводити внутрішньогрунтове підлапове внесення засобів агрохімії;
- змінено механізм регулювання копіювального колеса секції, що дозволило зробити регулювання глибини більш простим і точним.

Стрільчата лапа, яка встановлюється на кожній секції робочих органів під час догляду за посівами виконує основні функцію підрізання бур'яну і розпушення ґрунту у міжряддях культурних рослин. Вагомою перевагою запропонованої стрільчастої лапи є її дообладнання спеціальним пристосуванням, а саме – тукопроводу і пасивного призматичного ділильника, що в сукупності дозволяють реалізувати під час догляду за посівами локальний спосіб внесення в ґрунт засобів агрохімії, зокрема – гранульованих добрив.

З метою поліпшення копіювання рельєфу поля, незалежно від агрофону і забезпечення стабільності ходу за глибиною обґрунтовано збільшення діаметру копіювального колеса секції до 300 мм.

					ВККР 00.000 ПЗ	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

В науковій частині магістерської роботи підтверджено, що найбільш поширені розкидні способи внесення добрив під час вирощування продукції рослинництва є не дуже ефективними, а широке впровадження у фермерських господарствах внутрішньогрунтових способів внесення добрив обмежується через складність і недосконалістю окремих агрегатів і робочих органів для здійснення локального внесення добрив. Проведені в роботі експериментальні дослідження підтверджують актуальність гіпотези щодо забезпечення рівномірності розподілу добрив у випадку проведення внесення разом із обробітком ґрунту стрільчастою лапою та встановлення в її підлаповий простір додаткового елемента у вигляді пасивного призматичного ділильника, який залежно від параметрів дозволяє забезпечити задану концентрацію добрив у підлаповому просторі.

Експериментально доведено, що для розподілу туків добрив у підлаповому просторі слід забезпечити такі параметри: початкову швидкість руху туків мінеральних добрив $V_{над.} = 1,4...1,5$ м/с; кут нахилу пасивного призматичного ділильника добрив до горизонталі $\varphi = 60^\circ...70^\circ$; кут між гранями призматичного ділильника $\Theta = 75^\circ...80^\circ$ та висота відбивання туків від дна борозни $h = 0,045...0,05$ м.

					ВККР 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

Список використаної літератури

1. Методичні рекомендації до оформлення випускної кваліфікаційної роботи здобувачів другого (магістерського) освітнього рівня спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» / Васильковський О.М., Петренко Д.І., Васильковська К.В., Лещенко С.М., Мороз С.М. Кропивницький: ЦНТУ, 2020. – 38 с.
2. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування: Підруч. для студент. вищ. навч. зал. із спец. «Машини та обладн. с.-г. вир-ва»/ За ред. М.І. Черновола. Кн. 1: Машини для рільництва/ П.В. Сисолін, Т.І. Рибак, В.М. Сало; За ред. М.І. Черновола. – К.: Урожай, 2002. – 364 с.
3. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку: Підручник / Д.Г. Войтюк, В.М. Барановський, В.М. Булгаков та ін.; за ред. Д.Г. Войтюка. – К.: Вища освіта, 2005. – 464 с.
4. Сільськогосподарські машини / В.Ю. Комаристов, М.М. Петренко, М.М. Косінов. – К.: Урожай, 1996. – 240 с.
5. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів: підручник / [Войтюк Д. Г. та ін.]; за ред. С. С. Яцуна. – [2-ге вид., перероб. і допов.]. – Суми: Сумський нац. аграр. ун-т, 2011. – 444 с.
6. Дипломне та курсове проектування /Д.Г. Войтюк та ін.; За ред. О. В. Дацишина. – К.: Урожай, 1996. – 192 с.
7. Заїка П.М. Теорія сільськогосподарських машин. Т.1 (частина1) Машини та знаряддя для обробітку ґрунту.- Харків: ОКО, 2001. – 444 с.
8. Машини для обробітку ґрунту та внесення добрив. Навчальний посібник для студентів агротехнічних спеціальностей / Сало В.М., Лещенко С.М., Лузан П.Г., Мачок Ю.В., Богатирьов Д.В. – Х.: Мачулін, 2016. – 244 с.
9. Заїка П.М. Теорія сільськогосподарських машин: Навч. посібник./ - Харків: Око, 2001. Т.1. Машини та знаряддя для обробітку ґрунту. Ч.1., 2001 – 444 с.

					ВККР 00.000 ПЗ	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

10. Проектування сільськогосподарських машин : навч. посіб. / [Бендера І. М. та ін.]; за ред. І. М. Бендери, А. В. Рудя, Я. В. Козія. – Кам'янець-Подільський : ФОП Сисин О. В., 2011. – 640 с.
11. Бабенко Д.В. Механіка матеріалів і конструкцій: практикум: навчальний посібник / Д.В. Бабенко, О.А. Горбенко, Н.А. Доценко. – Миколаїв: МНАУ, 2017. – 384 с.
12. Іванчук А.В. Деталі машин: Навч. посібник [для студ. вищ. пед. навч. закл.] / А.В. Іванчук. – Вінниця: ТОВ фірма «Планер», 2010. – 336 с.
13. Сучасні тенденції розвитку конструкцій сільськогосподарської техніки / за ред. В. І. Кравчука, М. І. Грицишина, С. М. Коваля. – Київ: Аграрна наука, 2004. – 396 с.
14. Рудь Ю.С. Основи конструювання машин: Підручник для студентів інженерно-технічних спеціальностей вищих навчальних закладів. 2-е вид., переробл. – Кривий Ріг: Видавець ФОП Чернявський Д.О., 2015. – 492 с.
15. Гевко Р.Б., Ткаченко І.Г., Павх І.І. Машини сільськогосподарського виробництва – Тернопіль:, 2005. – 228 с.
16. Дейкун В.А. Обґрунтування параметрів робочого органа для внутрішньогрунтового внесення мінеральних добрив: дис... канд. техн. наук / В.А. Дейкун. – Кіровоград, 2013.
17. Булгаков В. М., Адамчук О. В. Методика експериментальних досліджень технологічного процесу внесення мінеральних добрив машинами, обладнаними ТОН. Інноваційне забезпечення виробництва органічної продукції в АПК: збірник тез доповідей VIII-ї Міжнародної наукової конференції в рамках роботи XXXII Міжнародної агропромислової виставки «АГРО 2020», 11-14 серпня 2020 року. НУПіБ. К., 2020. С. 131-133.
18. Адамчук В.В. Механіко-технологічні і технічні основи підвищення ефективності внесення твердих мінеральних добрив та хімміліорантів: дис. доктора техн. наук / В.В. Адамчук. – К., 2006. – С. 441.

					ВККР 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

19. Основи наукових досліджень. Перші наукові кроки: Навч. посіб. для студ. агротехн. спец. / О.М. Васильковський, С.М. Лещенко, К.В. Васильковська, Д.І. Петренко. – Харків: Мачулін, 2019. – 164 с. Режим доступу: <http://dspace.kntu.kr.ua/jspui/handle/123456789/10486>
20. Підручник дослідника. Навчальний посібник для студентів агротехнічних спеціальностей. / Васильковський О.М., Лещенко С.М., Васильковська К.В., Петренко Д.І. – Кіровоград, Х.: Мачулін, 2016. – 204 с.
21. Ільчук М.М., Зрібняк Л.Я., Мельник С.І. Організація і планування сільськогосподарського виробництва: Підручник – К.: Вища освіта, 2013. – 535 с.
22. Андрійчук В. Г. Економіка підприємств агропромислового комплексу: підручник / В. Г. Андрійчук. – К. : КНЕУ, 2013. – 779 с.
23. Шелюк Л.Ю. Організація і планування діяльності аграрних формувань: Підручник. – К.: Аграрна освіта, 2011. – 324 с.
24. Гандзюк М.П., Желібо Є.П., Халімовський М.О. Основи охорони праці: Підручник для студентів вищих навчальних закладів. За редакцією М.П. Гандзюка. – К.: Каравела, 2003.– 408 с.
25. Цілинський В.П. Охорона праці в рослинництві / В.П. Цілинський. – К.: "Урожай", 1991.- 136 с.

					ВККР 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

ДОДАТКИ

Центральноукраїнський національний технічний університет

Презентація графічної частини магістерської
кваліфікаційної роботи на тему:

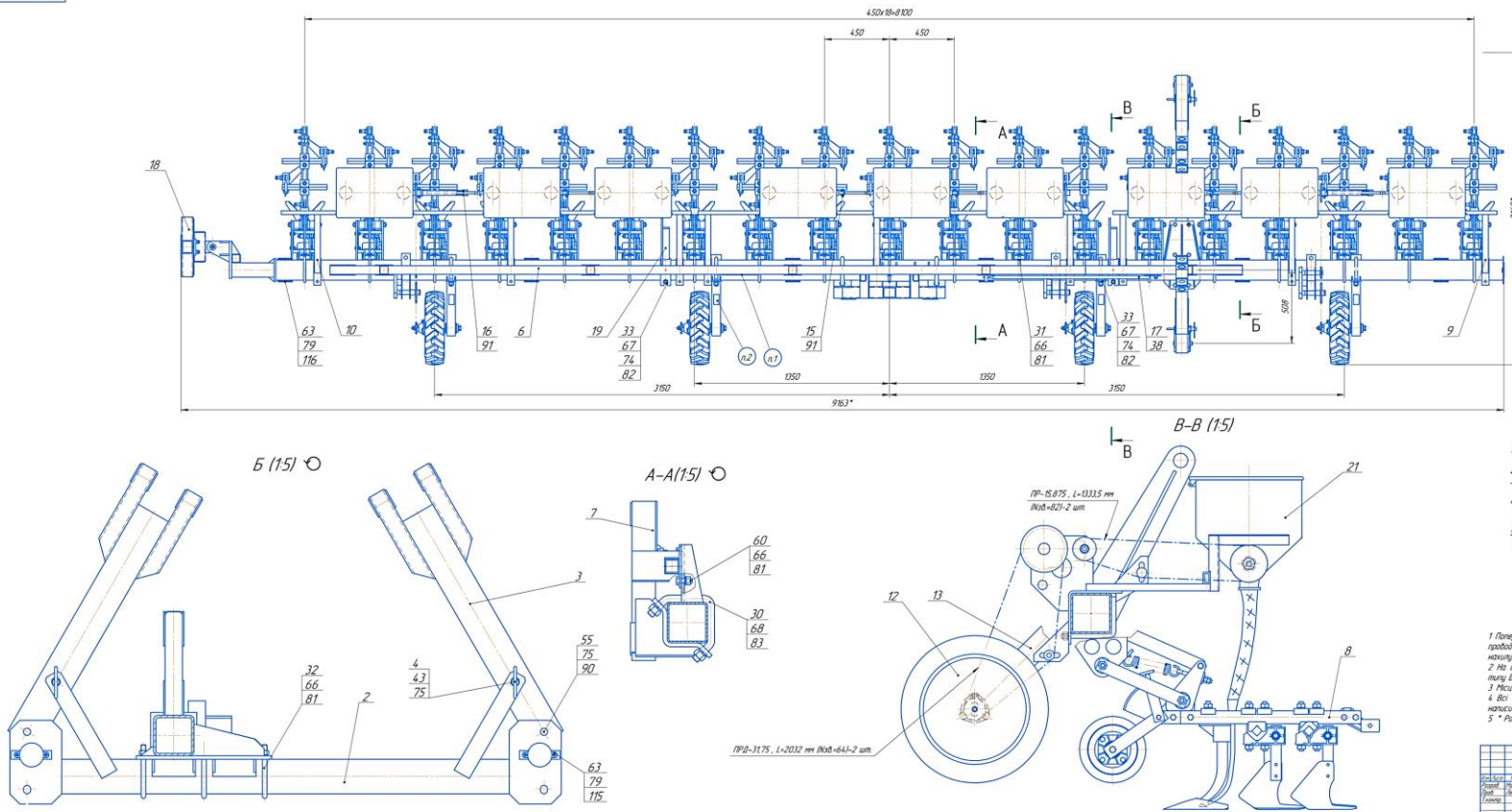
Вдосконалення конструкції культиватора- рослинопідживлювача УСМК-8,1 з дослідженням секції робочих органів

Виконав: ст. гр. ГМ-22М-1.2 Макітренко Владислав Васильович

Керівник роботи: доц. Лещенко С.М.

Кропивницький, 2024 р.

Складальне креслення культиватора-рослинопідживлювача



1. Продуктивность, га/год - при механизированной обработке	324, 729
2. Рабочая ширина захвата, м	8,1
3. Рабочая широкость, км/год - при механизированной обработке	4,9
4. Габариты: длина, ширина, высота, мм - рабочее положение	9160x2160x1245
- транспортное положение	9160x2515x1860
5. Агрегатируется с тракторами того же класса	2-3MT3, XT3I

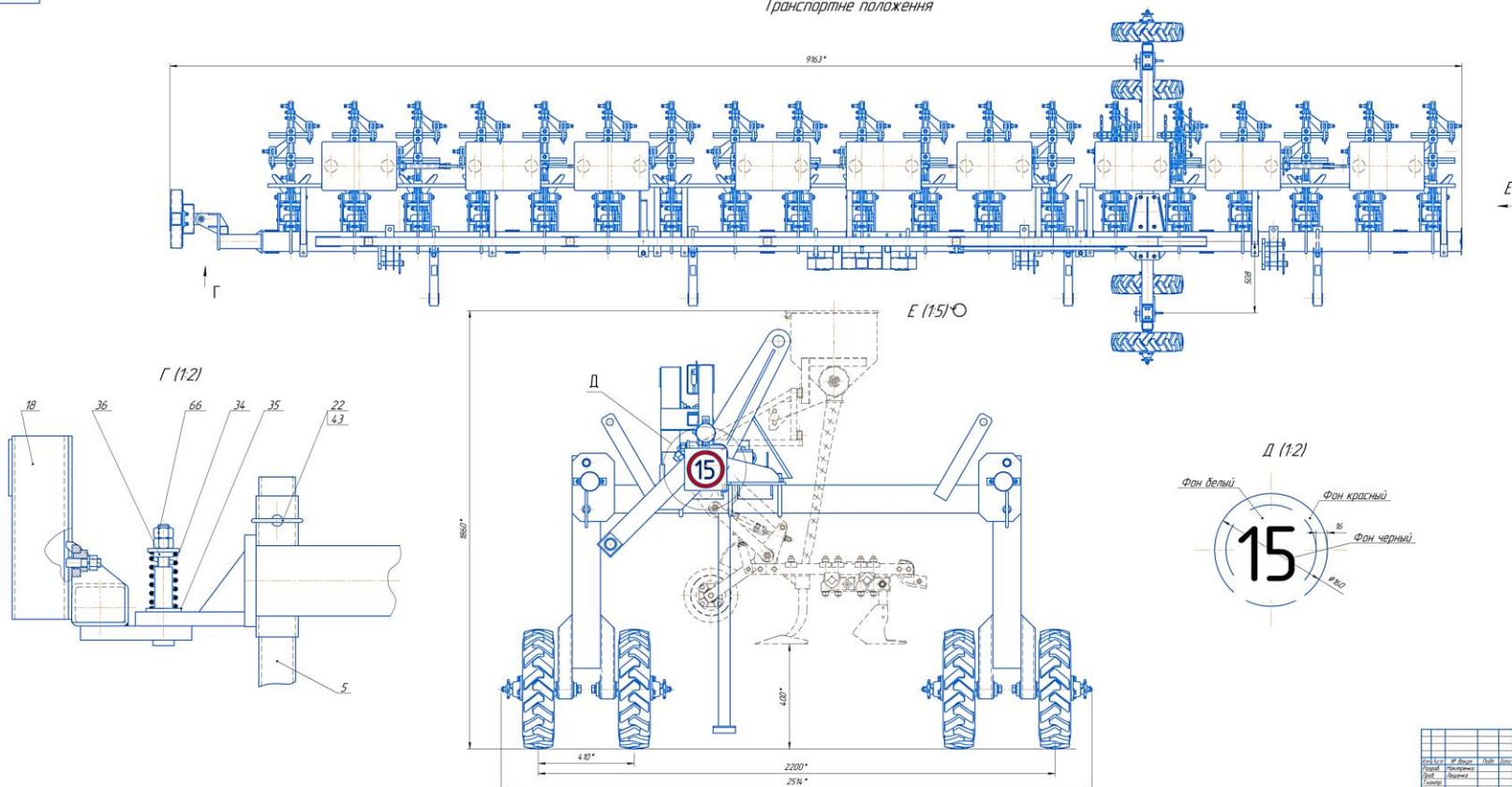
- 1 Поверхня металевих написів "Рентген та обслуговування агрегату" проходить при вимірюванні довжини * вихисати ширинот тилу 5 без нахилу н=20 по ГОСТ 2.304-81
- 2 На стійці колеса нанести напис "0,25 мПа" вихисати ширинот тилу 5 без нахилу н=20 по ГОСТ 2.304-81
- 3 Місце згадування позначити згідно з ТУ на виріб
- 4 Всі написи нанесити аналогіч до ТУ на дані Поверхня металевих написи допускається наносити за допомогою напалку
- 5 * Розміри для довідки

[illegible]

Складальне креслення культиватора-рослинопідживлювача

ВКР 00.000 СБ

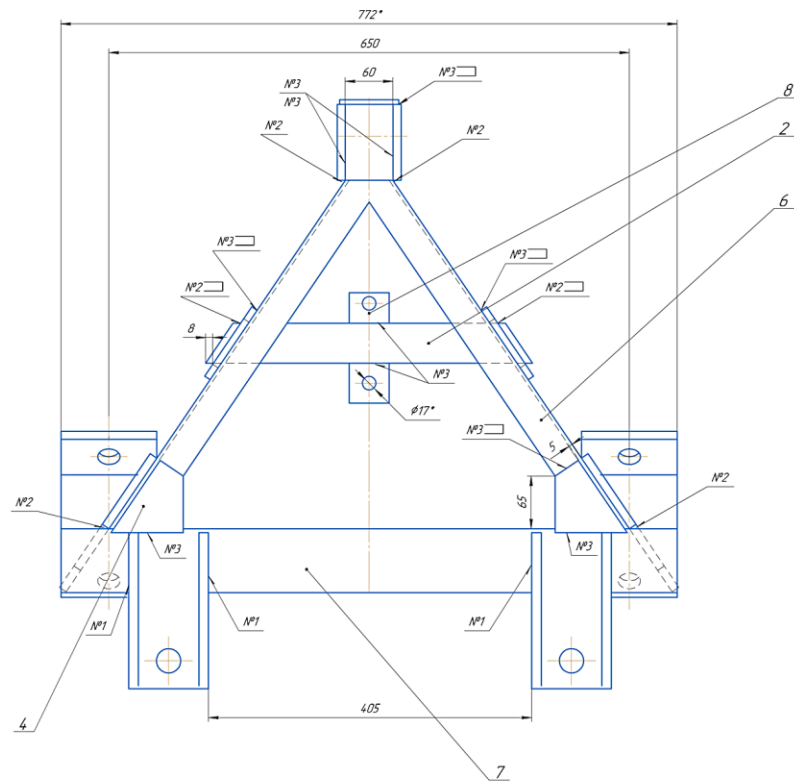
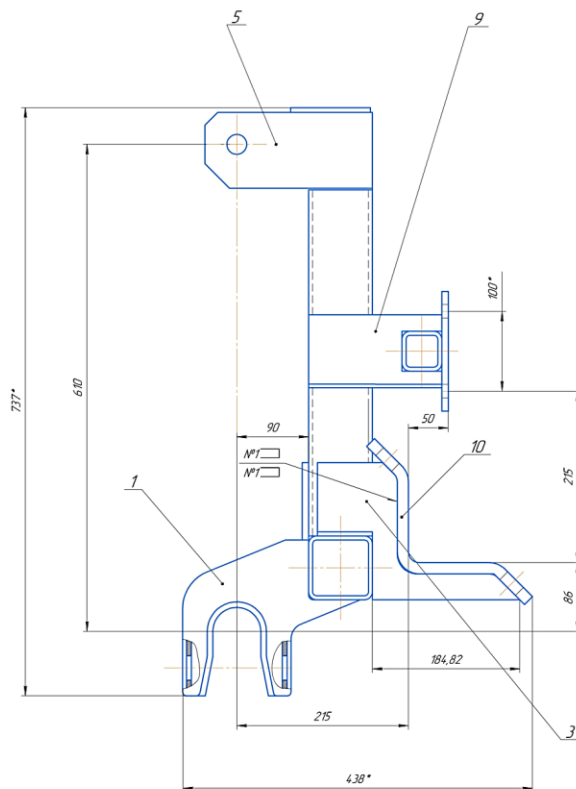
Транспортне положення



ВКР 00.000 СБ				Лист 1		Всего листов
Культиватор-рослинопідживлювач МКМ-81				1950	11	
—				Лист	Листов	
—				ДНТ	ДНТ	
—				ЗР	ЗР-22М-12	
—				Контракт	201	

Складальне креслення вдосконалених елементів конструкції

ВКРР 00.020 СБ



- * Розміри для ввідок
 1. Зварна конструкція II кл. по ГОСТ 23429-80
 2. Зварний шов II кл. по ГОСТ 2246-70
 3. Зварні шви по ГОСТ 14771-76
 4. Невказані граничні відхилення розмірів за IT14
 5. Покриття по ТУ на виріб

ВКРР 00.020 СБ					
Лист	№ документа	Вид	Дата	Лист	Масштаб
Розроб.	Виконав.	Перев.	Листов.	Лист	Листов.
Провер.	Листов.	Листов.	Листов.	Лист	Листов.
Назнач.	Листов.	Листов.	Листов.	Лист	Листов.
Мат.	Листов.	Листов.	Листов.	Лист	Листов.
Зчіпка				ІТ14	
-				пр. ГМ-22М-12	
Калькуляція				Формат А1	



1. *Розміри для довідок.
2. Складанням забезпечити відхилення осі лапи відносно осі стійки не більше 3°.

Пред. правлен.



1. Точність відливки 11-0-0-9 ГОСТ 26645-85
2. Решта технічні вимоги по ГОСТ 13218.11-80
3. Невказані граничні відхилення розмірів оброблених поверхонь: H14; h14; $\pm$ IT14/2

				ВКР 00.070.105		
				Зрочка		
				СЧ 20 ГОСТ 14.12-85		
				ЦНТУ, гр. М-22М-12		
Имя	Адрес	№ докум.	Подп.	Дата	Акт	Масса
Результат	Проверка	Проверка	Проверка	Проверка	Проверка	Проверка
Имя	Адрес	№ докум.	Подп.	Дата	Акт	Масса
Результат	Проверка	Проверка	Проверка	Проверка	Проверка	Проверка
Имя	Адрес	№ докум.	Подп.	Дата	Акт	Масса
Результат	Проверка	Проверка	Проверка	Проверка	Проверка	Проверка

Neandri paday



- ក្រសួង ឬ ដ្ឋាន

11/24	
-------	--

Пери. промен

- ગોંડલ, ૫ ઈંગલ

116

Наукова частина роботи

№ п/п	Швидкість падіння часток добрих на виході з тупопроводу $V_{пад}, \text{ м/с}$	Кут нахилу ребра призми розсіювача відносно горизонтальної площини, $\varphi, ^\circ$	Кут між гранями призми (розсіювача), $\vartheta, ^\circ$	Висота поверхні відбивання відносно дна борозни, $h, \text{ м}$	Дальність поперечного польоту гранул, $\ell_n^{\text{м}}$, см	Показник концентрації, $M, \%$
	$x_1(V)$	$x_2(\varphi)$	$x_3(\vartheta)$	$x_4(h)$	$Y_1(\ell)$	$Y_2(M)$
1.	1,0	50,0	50,0	0,04	7	22,05
2.	1,0	50,0	50,0	0,06	8	17,93
3.	1,0	50,0	100,0	0,04	10	17,5
4.	1,0	50,0	100,0	0,06	6,5	20
5.	1,0	80,0	50,0	0,04	7	19,2
6.	1,0	80,0	50,0	0,06	8	22
7.	1,0	80,0	100,0	0,04	11	16,19
8.	1,0	80,0	100,0	0,06	14	17,75
9.	2,0	50,0	50,0	0,04	7	20,5
10.	2,0	50,0	50,0	0,06	5	20,63
11.	2,0	50,0	100,0	0,04	5	20,19
12.	2,0	50,0	100,0	0,06	6	18,3
13.	2,0	80,0	50,0	0,04	6	21,01
14.	2,0	80,0	50,0	0,06	7	18,29
15.	2,0	80,0	100,0	0,04	11	17,19
16.	2,0	80,0	100,0	0,06	16	18,46
17.	1,5	65,0	75,0	0,05	10	17,76
18.	0,5	65,0	75,0	0,05	9	18,81
19.	2,5	65,0	75,0	0,05	8	16,47
20.	1,5	34,1	75,0	0,05	7	18,42
21.	1,5	95,9	75,0	0,05	6	21,09
22.	1,5	65,0	23,6	0,05	5	26,05
23.	1,5	65,0	126,4	0,05	7	18,2
24.	1,5	65,0	75,0	0,03	9	17,89
25.	1,5	65,0	75,0	0,07	8,5	18
26.	1,5	65,0	75,0	0,05	6,25	21

Результати планування експерименту та реалізації центрального композиційного плану по дослідженню впливу факторів на якість розподілення туків у підлаповому просторі стрільчастої лапи

Статистичні математичні моделі впливу факторів на критерії оптимізації

$$Y_1(l_n^{\text{м}}) = 8,233 - 0,431x_1 + 0,958x_2 + 1,169x_3 + 0,229x_4 + 0,207x_1^2 - 0,265x_2^2 - 0,383x_3^2 + 0,291x_4^2 + 0,531x_1x_2 + 0,094x_1x_3 + 0,219x_1x_4 + 1,469x_2x_3 + 0,844x_2x_4 + 0,281x_3x_4$$

$$Y_2(M) = 19,363 - 0,117x_1 - 0,062x_2 - 1,315x_3 - 0,01x_4 - 0,43x_1^2 + 0,069x_2^2 + 0,629x_3^2 - 0,38x_4^2 - 0,146x_1x_2 + 0,216x_1x_3 - 0,372x_1x_4 - 0,362x_2x_3 + 0,393x_2x_4 + 0,459x_3x_4$$

Дякую за увагу!