

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:

"Модернізація та обґрунтування параметрів грядля  
широкозахватного універсального культиватора КШУ-8"

Виконав здобувач вищої освіти \_\_ІІ\_\_ курсу,  
групи ГМ-22М-1.2  
ОНП «Галузеве машинобудування»  
спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»  
\_\_\_\_\_ Розгачов Євгеній Романович  
« \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2024 р.

Керівник проекту  
доцент, канд.техн.наук  
\_\_\_\_\_ Дмитро АРТЕМЕНКО  
« \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2024 р.  
Рецензент Вадим БРЕДИХІН  
\_\_\_\_\_

Формат	Знач.	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
Перв. примен.				Документація загальна		
				Заново розроблена		
Справ. №	A4		МОК 00.000 ПЗ	Пояснювальна записка		
				Документація по складальним одиницям		
				Заново розроблена		
Підп. і дата	A1		МОК 00.000 СБ	Культиватор широкозахватний універсальний КШУ 8	1	
Підп. і дата	A1		МОК 00.110 СБ	Гряділь	1	
	A1		МОК 00.120 СБ	Рама	1	
Інв. № д.д.д.	A2		МОК 00.140 СБ	Ступиця	1	
				Документація по деталях		
Взам. інв. №	A3		МОК 00.110.01	Диск	1	
	A3		МОК 00.140.01	Корпус	1	
Підп. і дата						
Інв. № підл.	Розроб.	Розгачов			Лист	Лист
	Проб.	Артеменко				Листов
	Н.контр.	Мачок				1
	Утв.	Лещенко				
				МОК 00.000 ВП		
				Відомість проекту		
				ЦНТУ		
				гр. ГМ-22М-12		
				Копіював		
				Формат А4		



## Зміст

1. Вступ.....	6
2. Інженерна частина .....	7
3. Наукова частина.....	24
4. Охорона праці.....	39
5. Економічна частина.....	42
Висновки.....	44
Список використаної літератури.....	45
Додатки	

					<b>МОК 00.000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

## 1. Вступ

На сьогоднішній день Україна займає передові місця в світі, в галузі вирощування сільськогосподарської продукції. Поряд з цим Україна має потужний сектор виробництва сільськогосподарської техніки, який потребує постійного зростання і удосконалення для можливості забезпечення агровиробників сучасною технікою. Однією із самих відповідальних операцій рослинництва є передпосівний обробіток ґрунту який виконується культиваторами. Якісний передпосівний обробіток ґрунту є ключовим етапом у забезпеченні високих врожаїв. Цей процес відіграє важливу роль у підготовці ґрунту для культури, що висівається, забезпечуює оптимальні умови для росту рослин. Культиватор допомагає розпушувати та розгладжувати поверхню ґрунту, що сприяє розвитку кореневої системи рослин. Це забезпечує краще вбирання вологи та поживних речовин з ґрунту. Культиватор допомагає створити оптимальні умови для сходів, забезпечуючи рівний та розріджений шар ґрунту в зоні розміщення насіння. Передпосівний обробіток ґрунту допомагає знищити бур'яни та їх насіння, зменшуючи конкуренцію між бур'янами та культурою. Культивація допомагає розірвати стиснуті шари ґрунту, що покращує вентиляцію та водопроникність та сприяє здоровому росту рослин, допомагає утримувати вологу в ґрунті, що особливо важливо в умовах посухи.

Тому, проблема вдосконалення робочих органів культиватора для забезпечення підвищення якості виконання технологічного процесу передпосівного обробітку ґрунту є актуальною і на часі.

В даній роботі на основі аналізу існуючих конструкцій проводиться модернізація гряділя культиватора КШУ 8 з метою покращення агрегатного стану ґрунту, а також його вирівнювання для забезпечення кращих умов для проростання насіння.

					<b>МОК 00.000 ПЗ</b>					
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<b>Пояснювальна записка</b>					
<i>Розроб.</i>		<i>Розгачов</i>						<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Артеменко</i>							6	48
<i>Н. Контр.</i>		<i>Мачок</i>						<b>ЦНТУ</b>		
<i>Затверд.</i>		<i>Леценко</i>						<b>гр. ГМ-22М-1.2</b>		

## 2. Інженерна частина

Головним етапом, спрямованим на створення необхідних умов для посіву насіння, є поверхневий обробіток ґрунту, що включає культивуацію. Культиватори призначені для розпушення поверхні ґрунту на різні глибини, створення оптимальних умов для формування насінневого ложа та ефективного знищення бур'янів. Окрім цього, вони можуть виконувати інші операції, такі як внесення мінеральних добрив, що сприяє підвищенню родючості ґрунту. Таким чином, передпосівний обробіток є важливим етапом у використанні культиваторів для підготовки поля до посіву рослин [1].

Для виконання передпосівного обробітку широко використовують універсальні культиватори для суцільного дії на ґрунт. У сучасних моделях цих агрегатів використовуються різноманітні модулі, які дозволяють виконувати декілька технологічних процесів одночасно. Це значно підвищує їх універсальність, а самі культиватори все більше стають універсальними ґрунтообробними агрегатами [2,3]. Для визначення переваг і недоліків конструкцій таких машин необхідно провести огляд найбільш поширених моделей які конструктивно схожі із об'єктом модернізації.

### 2.1 Аналіз конструкцій агрегатів для передпосівного обробітку ґрунту

На сьогоднішній день широко представлена в Україні компанія Vednar. Компанія пропонує навісний передпосівний компактор який призначений для традиційного обробітку ґрунту перед посівом. Комбінування декількох операцій в одному агрегаті означає зниження витрат на підготовку ґрунту та меншу кількість проходів по полю. Передня планка ідеально вирівнює будь-які нерівності ріллі. Передній планчастий коток кришить грудки. Основна робоча секція розпушує, збагачує киснем та сприяє прогріванню ґрунту. Остаточне подрібнення грудок забезпечується різними типами задніх котків у можливому поєднанні з іншим додатковим обладнанням за ними [4].

					<b>МОК 00.000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7



Рис. 2.1 Навісний передпосівний культиватор SWIFTER SN

В конструкції агрегату можна використовувати два різних за конструкцією гряділя [4]: пластинчастий і пружинний (рис. 2.2).



а

б

Рис. 2.2 Конструкції гряділів SWIFTER SN:

а – пластинчастий, б - пружинний

Недоліком конструкції культиватора SWIFTER SN є використання пасивного скребка у вигляді гряділя, що на важких ґрунтах може не зовсім вирівнювати поверхню ґрунту після проходу агрегату.

Культиватор серії КПС "Весна" є універсальним, широкозахватним знаряддям яке призначене для передпосівної і парової культивації ґрунту,

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МОК 00.000 ПЗ

Арк.

8

вичісування та підрізання бур'янів, а також ущільнення та вирівнювання поверхні під посів. Цей культиватор застосовується на будь-яких типах ґрунту завдяки своїй універсальності, яка досягається за допомогою регулювань як самого культиватора, так і його навісного обладнання [5].



Рис. 2.3 КПС-4 «ВЕСНА»

Переваги цього культиватора полягають у використанні лапи, яка, завдяки зміненому куту атаки, забезпечує стабільність роботи передньої та задньої частини, зменшуючи борозну і навантаження на силовий агрегат. Конструкція навісного обладнання дозволяє регулювати висоту котків і гребінки незалежно один від одного зі зміною кута атаки гребінки. Культиватор також використовується для передпосівного обробітку ґрунту, вирівнювання та ущільнення площі під посів, а також для вичісування та підрізання бур'янів.

До недоліків можна віднести наявність пасивного пружинного гряділя який розміщений перед пластинчастим котком і може не в повній мірі вирівнювати поверхню ґрунту після проходження стрілочастих лап культиватора.

Комбінований ґрунтообробний агрегат АКГ-3 від Уманьферммаш ТіЗ (рис. 2.4) є пропозицією, яка призначена для основного або передпосівного обробітку ґрунту [6]. Цей агрегат відзначається виконанням декількох операцій одночасно: вирівнювання ґрунту і інтенсивне розпушення, механічне знищення бур'янів та збереження понад 80% пожнивних залишків мульчі на

					<b>МОК 00.000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

полі. Це сприяє запобіганню ерозії, перегріву ґрунту і зменшенню випаровування вологи, а також уникненню прикочування розпушеного ґрунту.



Рис. 2.4 Уманьферммаш ТіЗ - АКГ-3

Агрегат АКГ-3 оснащений гряділем у вигляді сферичних дисків робота яких направлена більше на мульчування ґрунту і загортання рослинних решток ніж на вирівнювання ґрунту після роботи лап, що стоять попереду.

Культиватор передпосівний навісний КПН-4,3Р виробництва ІСМ Промінь [7], розроблений для ефективного обробітку ґрунту перед посівом (рис. 2.5). Його функціональні можливості включають підрізання кореневої системи бур'янів, вирівнювання поверхні поля, подрібнення, закладення добрив і догляд за парами. У комплектацію цього культиватора входить стійка BELLOTA (Іспанія), що забезпечує надійну роботу на різних типах ґрунту. Лапа завдовжки 305 мм гарантує повне охоплення всіх рядів робочих органів і рівномірну обробку, а також знищення всіх бур'янів. Культиватор оснащений пружинною гребінкою, яка регулюється по висоті і куту нахилу, щоб створити рівномірну структуру ґрунту. Це сприяє додатковому вирівнюванню та подрібненню грудок. Наявність котків дозволяє вирівнювати і накочувати ґрунт на полі, а агрегується з тракторами потужністю від 70 до 100 к.с. Однією з переваг даної моделі є її зручність у транспортуванні: в транспортному положенні вона не перевищує ширину 2,6 м і не перешкоджає на дорогах загального значення. Налаштування може виконати одна людина, завдяки спеціальним регулювальним тягам.

					<b>МОК 00.000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10



Рис. 2.5 Культиватор передпосівний КПН-4,5-3Р

В конструкції культиватора присутні два гряділя перед котком і після нього, таке рішення може збільшити тяговий опір всього агрегату і підвищити собівартість виконуваних робіт.

Культиватор GeneralL КПС 4.0 - Bellota (рис. 2.6) є універсальним рішенням для передпосівної культивації та суцільного обробітку парів. Його конструкція дозволяє забезпечити повну підготовку ґрунту до посіву лише за один прохід по полю. Цей культиватор стане незамінним знаряддям для забезпечення оптимальних умов для вирощування рослин [8].



Рис. 2.6 Культиватор GeneralL КПС

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МОК 00.000 ПЗ

Арк.

11

General КПС може виконувати чотири операції одночасно: очищення парів від бур'янів з видаленням та підрізанням їх коріння, видалення рослинних залишків та розпушення ґрунту без оберту пласту, розбивання грудок та вирівнювання ґрунту пружинним гряділем, ущільнення та формування ідеальної структури "підшви" та поверхневого шару ґрунту прикочуючими котками для запобігання випаровування вологи. Робочі органи розташовані рівномірно у шаховому порядку у три ряди, що забезпечує ефективне розпушення та перемішування ґрунту, не забиваючись бур'янами та рослинними залишками.

В якості гряділю в конструкції культиватора використовується блок пружинних загортачів, які здійснюють планування поверхні ґрунту, але їх дія більше направлена на подрібнення грудок.

Таким чином аналізуючи конструкції представлених в Україні культиваторів для передпосівного обробітку ґрунту можна відзначити, що для використання в якості гряділів виробники пропонують встановлювати пластинчасті скребки, пружинні блоки або батареї дискових борін, або взагалі гряділі не використовуються, а їх функції виконуються пластинчастими, трубчастими і пружинними котками. На нашу думку використання гряділя в конструкціях культиваторів є доцільним і ефективним, необхідно забезпечити таке його конструктивне виконання щоб зменшити недоліки існуючих конструкцій.

## 2.2 Стан питання про машину, яка модернізується

Після огляду доступних машин в Україні можна зазначити, що всі вони в цілому ефективно виконують підготовку ґрунту під посів. Однак залишається питання про вирівнювання і підготовки агрегатного складу ґрунту в зоні розміщення насіння. Тому для модернізації та подальшого покращення операції передпосівного обробітку ґрунту ми обрали культиватор КШУ 8 від компанії "Elvorti" [9]. Цей культиватор є доступним за ціною, універсальним і багатофункціональним засобом для обробітку ґрунту. КШУ 8

					<b>МОК 00.000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

(рис. 2.7) призначений для суцільного передпосівного та парового обробітку ґрунту і підготовки поля під посів. У конструкції культиватора передбачені котки для суцільного обробітку по ширині захвату агрегату трубчастого типу для поліпшення кришення, а для планування поверхні поля використовується прутковий гряділь.

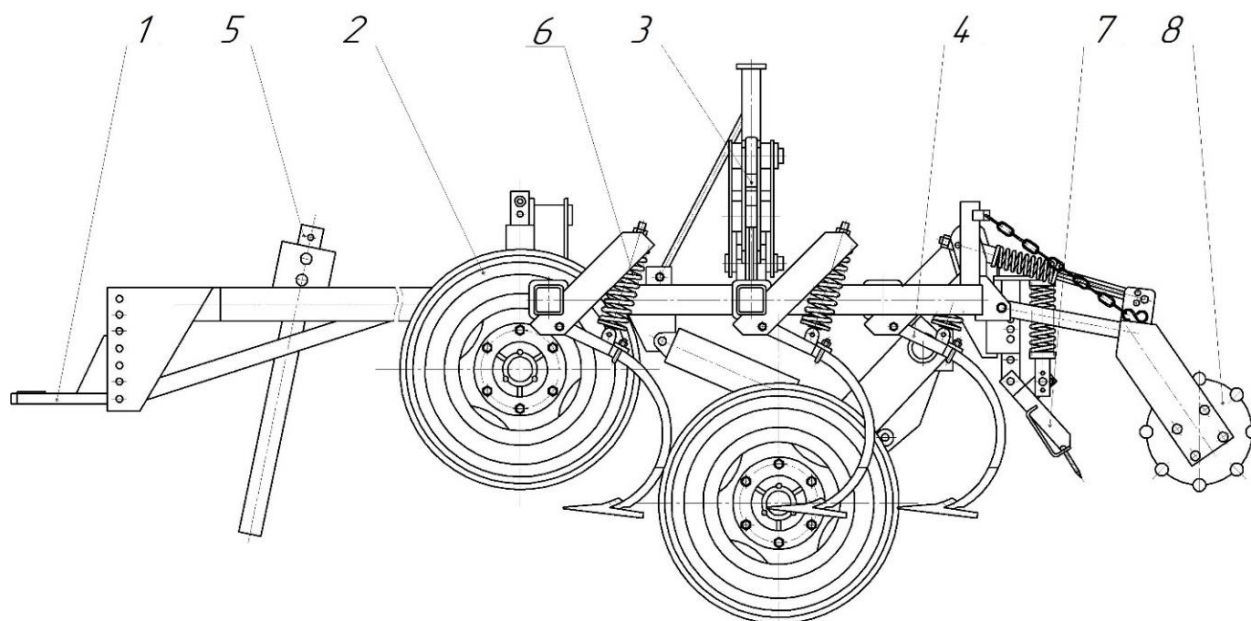


Рис. 2.7 Схема культиватора КШУ 8:

1 – причіпний пристрій; 2 – опорне колесо; 3 – гідросистема; 4 – стрілочаста лапа; 5 – опорна стійка; 6 – натискний механізм; 7 – пластинчастий гряділь; 8 – трубчастий коток

Характеристики культиватора КШУ 8 [9]:

- причіпний;
- ширина захвату 8 м;
- продуктивність 8 - 12 га/год;
- глибина обробки за прохід 6 - 15 см;
- швидкість в загінці до 12 км/год;
- кількість лап 27;
- ширина захвату лапи 240 мм.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МОК 00.000 ПЗ

Арк.

13

Габаритні розміри культиватора КШУ 8 в робочому (транспортному) положенні: довжина: 4470 (4470) мм; ширина: 8000 (складений 3000) мм; висота: 1300 (складена 2600) мм.

Культиватор використовується з тракторами класу 3 -4.

### 2.3 Обґрунтування модернізованої конструкції гряділя культиватора КШУ 8

Культиватор КШУ 8 оснащений пластинчастим гряділем із пружинними зубами (рис. 2.8 ) який призначений для вирівнювання поверхні ґрунту після проходу культиваторних лап. Пружинні зуби які розміщені в нижній частині гряділя занурюючись в ґрунт сприяють його подрібненню покращуючи його агрегатний склад.

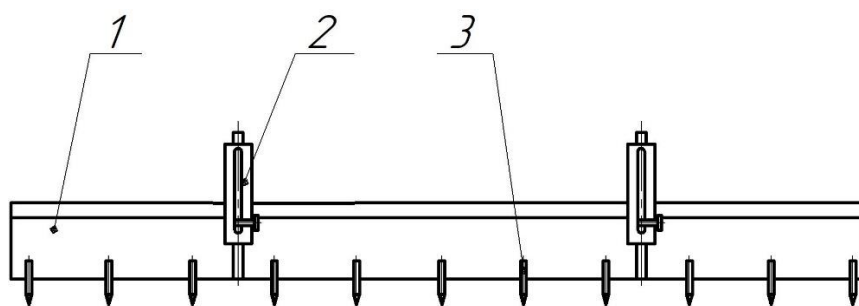


Рис. 2.8 Серійний гряділь культиватора КШУ 8:

1 – пластина; 2 – механізм тиску; 3 – пружинний зуб

В конструкцію гряділя також входить механізм тиску його на ґрунт за рахунок його регулювання можна забезпечувати визначений тиск який потрібен для роботи в визначених умовах. При наїзді на перешкоди чи ущільнені ділянки за рахунок запобіжного механізму пружної частини зуба відбувається його спрацювання. Конструкція серійного гряділя проста і надійна, але є суттєвий недолік такої конструкції покращення агрегатного складу ґрунту відбувається лише на глибині руху зуба, пластинчаста частина лише планує поверхню розгортаючи грудки або втискує їх в ґрунт, особливо це буде спостерігатись в посушливий період.

Тому нами проводилось удосконалення пластинчастого гряділя культиватора КШУ 8 шляхом зміни принципу дії його на ґрунт. Для можливості підготовки агрегатного складу ґрунту як в вертикальній площині так і в горизонтальній гряділь виконаний коткового типу (рис. 2.9).

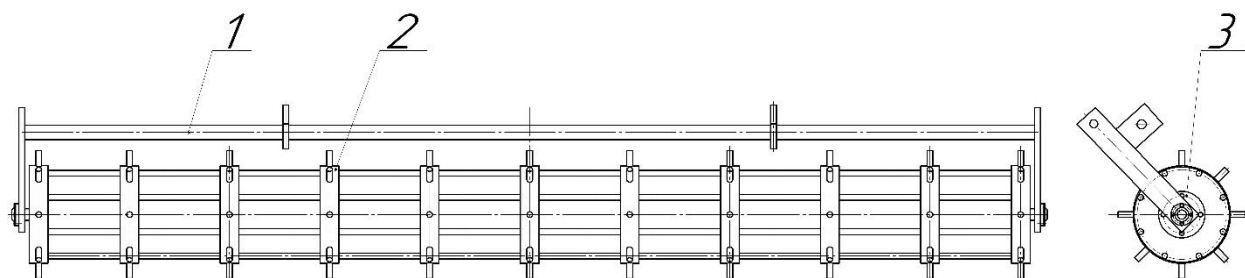


Рис. 2.9 Модернізований гряділь КШУ 8:

- 1 – рама гряділя; 2 – прутково штифтовий кільцевий коток;  
3 – підшипниковий вузол

З метою усунення вищенаведених недоліків, робоча поверхня гряділя виконана комбінованою, по ширині захвату гряділя розміщені циліндричні кільця з штифтовими робочими елементами для дії на ґрунт в вертикальній площині, по внутрішній поверхні кільця з'єднані між собою циліндричними прутками для дії на ґрунт в горизонтальній площині, причому штифти, диски і прутки розміщені на різній висоті в вертикальній площині, що сприяє підготовці агрегатного складу і вирівнюванню ґрунту на більшу глибину.

На рис. 2.9 показані дві проекції модернізованого гряділя культиватора КШУ 8 для передпосівного обробітку ґрунту. Запропонований гряділь складається із рами 1, прутково штифтового кільцевого котка 2, підшипникового вузла 3.

Процес роботи запропонованого гряділя культиватора КШУ 8 відбувається наступним чином: під час руху агрегату штифтовий робочий елемент який розміщений на циліндричному кільці занурюючись в ґрунт готує агрегатний склад ґрунту в вертикальній площині на висоту робочого елемента. Саме циліндричне кільце також здійснює вертикальний тиск на ґрунт по ширині захвату викликаючи додаткові напруження в ньому, а при наїзді на

грудки руйнує їх. Розміщені по внутрішній поверхні кільця циліндричні прутки руйнують, ущільнюють і планують верхній шар ґрунту в горизонтальній площині по ширині захвату гряділя. Після проходу гряділя утворюється шар розпушеного дрібногрудкуватого однорідного ґрунту.

Ефективність гряділя такої конструкції забезпечується:

збільшенням однорідності агрегатного складу ґрунту по ширині захвату гряділя як в вертикальній так і в горизонтальній площині;

пругова конструкція гряділя дозволяє не тільки подрібнювати, ущільнювати, а і вирівнювати поверхню ґрунту уникаючи утворення ефекту згруджування;

конструкція гряділя сприяє його самоочищенню при підвищенні вологості ґрунту.

#### **2.4 Розрахунок міцності різьбового з'єднання механізму навантаження гряділя**

Механізм навантаження гряділя складається із таких основних елементів: регулювального гвинта, пружини та обмежувальних стаканів, механізм кріпиться в двох кронштейнах які розміщені на рамі культиватора і гряділя відповідно. Кріпиться механізм навантаження гряділя за допомогою з'єднувальних штифтів і регулювальної гайки.

Складемо розрахункову схему для перевірки міцності різьбового з'єднання (рис. 2.10). Під час виконання робочого процесу на різьбове з'єднання механізму тиску гряділя на ґрунт діє сила  $F_6$ , що визначається вагою батареї котків. Ця сила розкладається на дві складові: вертикальну  $F_1$  та горизонтальну  $F_2$ . Під час руху культиватора по пересічній поверхні різьбове з'єднання сприймає навантаження розриву.

Визначимо величини сил  $F_1$  і  $F_2$ :

$$F_1 = F_6 \cdot \cos \alpha ;$$

					<b>МОК 00.000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

$$F_2 = F_{\delta} \cdot \sin \beta,$$

де  $F_{\delta}$  - сила яка діє на розтяг від ваги гряділя.

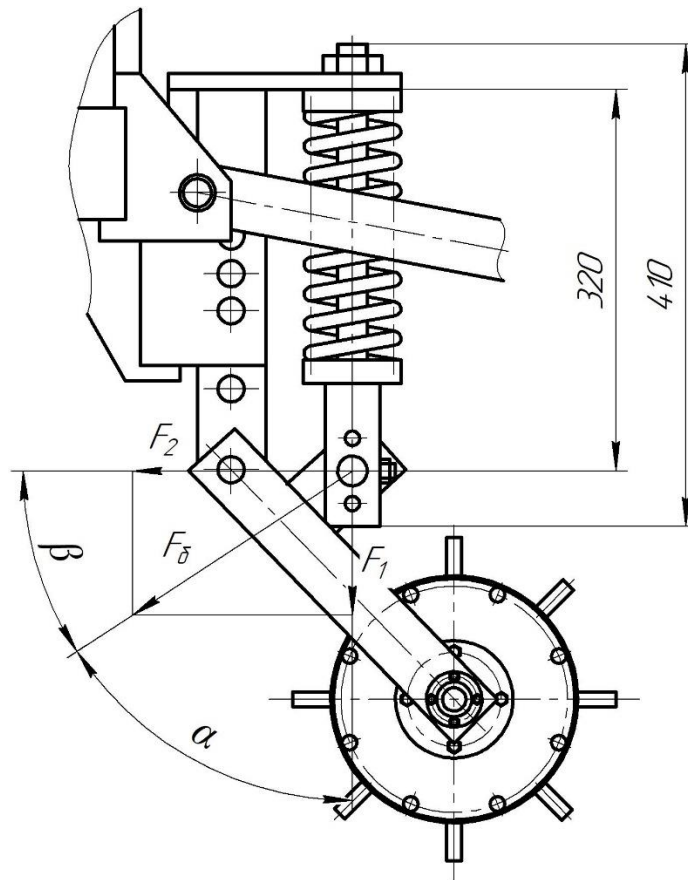


Рис. 2.10 Розрахункова схема різьбового з'єднання

Сила  $F_{\delta}$  відповідає вазі гряділя, яка дорівнює 85 кг, кут  $\alpha = 55^{\circ}$ , кут  $\beta = 35^{\circ}$ .

$$F_1 = 850 \cdot \cos 55^{\circ} = 850 \cdot 0,254 = 215,9H$$

$$F_2 = 850 \cdot \sin 35^{\circ} = 850 \cdot 0,286 = 243,1H$$

Діаметр різьбової частини із умови на розтяг згідно [10-13]:

$$\sigma_F = \frac{4F}{\pi d^2} \leq [\sigma_F]$$

де  $[\sigma_F]$  - допустиме напруження на розтяг гвинта виготовленого із звичайної конструкційної сталі, розрахуємо за:

					<b>МОК 00.000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

$$[\sigma_F] = \frac{\sigma_T}{k}$$

де  $\sigma_T = 200 \text{ мПа}$  - межа міцності сталі Ст.3 [11];

$k = 7$  - коефіцієнт запасу міцності, що залежить від з'єднання і навантаження та точності виготовлених деталей [11].

$$[\sigma_F] = \frac{\sigma_T}{k} = \frac{200}{7} = 28,6 \text{ мПа}$$

Визначаємо діаметр різьбової частини гвинта:

$$d > \sqrt{\frac{4F_{\delta}}{\pi[\sigma_F]}}$$

$$d > \sqrt{\frac{4 \cdot 850}{3,14 \cdot 28,6}} = 6,2 \text{ мм}$$

Із конструктивних міркувань, приймаймо  $d = 16 \text{ мм}$ , оскільки навантаження на гряділь залежить від змінних умов роботи і може варіюватись в декілька разів.

Перевірка різьбового з'єднання механізму навантаження гряділя на розтяг:

$$\sigma_F = \frac{4 \cdot 850}{3,14 \cdot 16^2} = 4,23 \text{ мПа} < [90 \text{ мПа}]$$

Згідно з проведеними розрахунками, навантаження на різьбове з'єднання виявилось значно меншим за допустиме значення. Таким чином, умова міцності виконується.

## 2.6 Розрахунок навантажень на гряділь

Виконуємо розрахунок відповідно до рекомендацій [11-13].

Вихідні дані:

Маса гряділя  $Q = 85 \text{ кг}$  ;

Максимальне зусилля пружини натиску 110 кг.

					<b>МОК 00.000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

Розрахунок зусилля натискної пружини гряділя проведемо в робочому положенні (рис. 2.11):

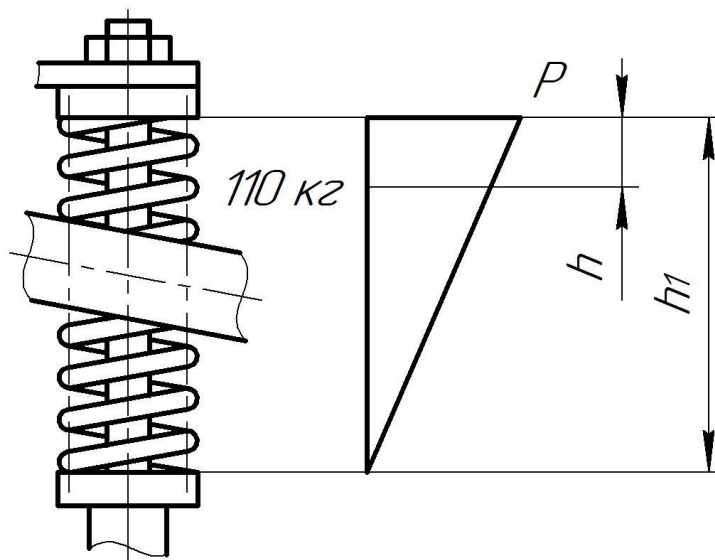


Рис. 2.11 Схема діючих сил на пружину

За допомогою методу інтерполяції визначаємо зусилля пружини під час роботи агрегату (рис. 2.11):

$$\frac{h}{110} = \frac{h_1}{P}$$

$$P = \frac{110 \cdot h_1}{h} = \frac{110 \cdot 210}{70} = 330 \text{ кг}$$

де  $h = 70 \text{ мм}$ ;  $h_1 = 210 \text{ мм}$

Із креслення загального вигляду культиватора бачимо, що пружина встановлена вертикально тому

$$P_{\text{заг}} = P = 330 \text{ кг}$$

Навантаження на елементи навіски гряділя культиватора КШУ 8 визначаємо згідно рис. 2.12.

Відстані  $l = 0,1 \text{ м}$  і  $l_1 = 0,19 \text{ м}$  визначаємо із креслення загального виду культиватора КШУ 8 графічно, тоді:

$$R = P \cdot l = 330 \cdot 0,1 = 33 \text{ кгс}$$

$$R_1 = P \cdot l_1 = 330 \cdot 0,19 = 62,7 \text{ кгс}$$

										Арк.
										19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<b>МОК 00.000 ПЗ</b>					

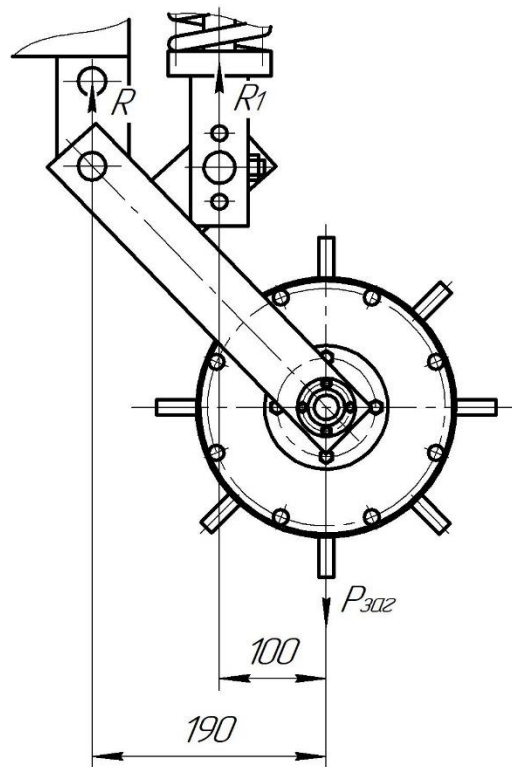


Рис. 2.12 Схема навантажень на гряділь

## 2.7 Обґрунтування діаметра коткової частини гряділя

Принцип поверхневого ущільнення ґрунту під час роботи робочих органів коткового типу полягає у його механічному впливі, який забезпечує стиснення ґрунтових агрегатів між поверхнею робочого органу і нерухомою поверхнею ґрунту. Це стиснення призводить до деструкції ґрунтових агрегатів або їх втискування у глибші шари ґрунтового середовища. Цей процес сприяє підвищенню щільності ґрунту, що зменшує пористість, покращує контакт між насінням та ґрунтом, а також зменшує втрати вологи через випаровування [14-17].

Технологічний процес подрібнення або втискування ґрунтових агрегатів залежить від дії сил на ось котка та реакції ґрунту. В той час коли сила тиску робочого органу перевищує тимчасовий опір деформації стиску ґрунту відбувається занурення грудки. Це стає можливим тоді коли ґрунтові агрегати на поверхні поля висихають швидше ніж нижні шари ґрунту, що мають більшу твердість. Втискування незруйнованих ґрунтових агрегатів у верхні шари

					<b>МОК 00.000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

грунту веде до утворення ущільнених ділянок у підповерхневому шарі, що може перешкоджати розвитку рослин до їх появи на денній поверхні.

Також, коли тиск робочої поверхні перевищує опір деформації ґрунту, створюються умови для ущільнення, які можуть призводити до зменшення кількості пор в ґрунті. Це знижує водопроникність та аерацію, що може негативно впливати на кореневу систему рослин. В результаті, погіршується обмін газів між ґрунтом і атмосферою, а також обмежується рух поживних речовин до коренів рослин. Таким чином, процес ущільнення ґрунту при неправильному регулюванні тиску робочого органу може мати негативний вплив на агрофізичні властивості ґрунту і розвиток сільськогосподарських культур.

Основний момент ущільнення поверхні ґрунту при роботі робочих органів коткувального типу полягає в тому, що ґрунтовий агрегат, який знаходиться на поверхні поля, стискається між робочими елементами поверхні і площиною спокою, внаслідок чого руйнується або втискується в ґрунтове середовище. Втискування або подрібнення грудок залежить від співвідношення прикладених сил до осі котка та сумарної реакції ґрунту. Занурення ґрунтового агрегату відбувається тоді, коли сила тиску робочого органу коткового типу перевищує тимчасовий опір деформації стиску ґрунту.

Таке явище вимагає необхідності культивування ґрунту розпушувачами з наступним боронуванням. Тому в реальних умовах підготовки ґрунту слід уникати значного проміжку часу між попередньою обробкою і використанням робочих органів коткового типу. У випадку, коли сумарний опір деформації стиску ґрунту більший або дорівнює тиску котка, ґрунтовий агрегат розпадається на дрібніші частинки, які, переміщуючись під впливом робочої поверхні, ущільнюють верхній шар ґрунту.

Якщо занурення робочої поверхні незначне, то умова, за якої ґрунтові агрегати руйнуються і вдавлюються в верхній шар ґрунту, визначається такими міркуваннями: при впливі робочої поверхні гряділя коткового типу на ґрунтовий агрегат між ним і ґрунтовим агрегатом, а також між поверхнею

					<b>МОК 00.000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

грунту і агрегатом виникають сили тертя. У випадку коли ці сили перевищують сили, які виштовхують грудки, то вони будуть затримані робочою поверхнею, зруйновані і занурені в верхній шар ґрунту. Коли ж сила, що виштовхує грудку, більша за сили тертя, то ґрунтові агрегати будуть виштовхуватися вперед по ходу руху котка, формуючи разом з іншими ґрунтовими агрегатами передкотковий пагорб.

У польових умовах виконання технологічного процесу ґрунтообробними машинами це явище призводить до нагромадження ґрунтових агрегатів перед робочим органом коткового типу і порушення роботи загортаючих робочих органів. Тому важливим завданням є пошук механіко-технологічних параметрів робочих органів коткового типу, які б виключали можливість утворення валків.

Залежно від величини ґрунтових агрегатів, що знаходяться на поверхні поля під час технологічного процесу робочими органами коткового типу, для визначення його діаметра можна використати наступне рівняння [18]:

$$D_k = d_n f_0 \left[ \frac{(2 + S_m^2) - 2\sqrt{1 + S_m^2}}{S_m^2} \right],$$

де  $D_k$  – діаметр робочого органу коткового типу, мм;

$f_0$  – визначений експериментально [18], коефіцієнт надійності защемлення, який має такі значення: для супісь 1,1, сірий суглинок 1,2, чорнозему 1,3;

$d_n$  – максимальний діаметр грудок під час обробки, мм;

$S_m$  – сума коефіцієнтів тертя.

На (рис. 3.7) представлений розрахунковий графік для вибору діаметра котка в залежності від величини ґрунтових агрегатів.

					<b>МОК 00.000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

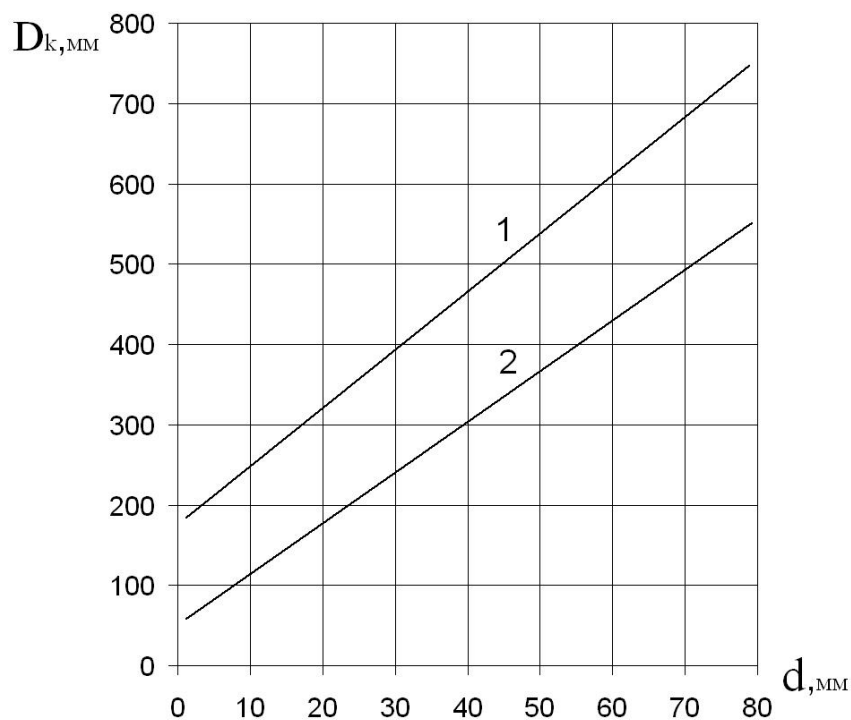


Рис. 2.13 Залежність для вибору діаметра робочого органу коткового типу в залежності від величини грудок на поверхні поля:

1 – супісь; 2 – чорнозем.

Наведене вище рівняння визначає взаємозв'язок розмірних величин між діаметром ґрунтових агрегатів і діаметром робочого органу коткового типу. Аналізуючи наведену залежність (рис. 2.13) можемо бачити, що під час передпосівного обробітку ґрунту на чорноземних ґрунтах навіть при отриманні після проходу лапи культиватора ґрунтових агрегатів діаметром до 30 мм достатньо, щоб діаметр робочого органу коткового типу знаходився в межах 200-250 мм.

### 3. Наукова частина

**Актуальність теми.** Якісний передпосівний обробіток ґрунту має вирішальне значення для майбутнього врожаю. Цей етап сільськогосподарських робіт створює необхідні умови для росту і розвитку рослин, що безпосередньо впливає на їх продуктивність та якість врожаю. Тому передпосівний обробіток ґрунту сприяє розпушенню і подрібненню ґрунту, забезпечуючи кращий доступ води і повітря до кореневої системи. Також він включає вирівнювання ґрунту і планування поверхні поля, що сприяє рівномірному проростанню рослин і покращує доступ коренів до води, поживних речовин та кисню. Тому забезпечення ефективного процесу подрібнення і вирівнювання поверхні ґрунту гряділем культиватора є надзвичайно важливим завданням.

#### **Мета і задачі дослідження.**

Мета роботи полягає в підвищенні ефективності підготовки агрегатного складу ґрунту під час передпосівного його обробітку шляхом обґрунтування та вдосконалення технологічних та конструкційних параметрів робочої поверхні гряділя культиватора КШУ 8.

Для досягнення мети поставлено наступні задачі:

проаналізувати існуючі конструкції та процес роботи робочих елементів гряділя сучасних культиваторів для передпосівного обробітку ґрунту, виявити недоліки та обґрунтувати шляхи їх усунення;

теоретично дослідити конструкцію робочих елементів гряділя культиватора для передпосівного обробітку ґрунту та визначити технологічні параметри які впливають на виконання процесу підготовки ним агрегатного складу ґрунту;

провести оцінку економічної ефективності вдосконаленої конструкції гряділя в контексті збільшення врожайності культури при його використанні.

**Об'єкт дослідження:** технологічний процес роботи гряділя та елементів його робочої поверхні при використанні на культиваторі для передпосівного обробітку ґрунту.

					<b>МОК 00.000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

**Предмет дослідження:** конструктивні і технологічні параметри робочих елементів робочої поверхні гряділя культиватора для передпосівного обробітку ґрунту та його технологічні властивості, що впливають на роботу.

**Наукова новизна** отриманих результатів полягає в тому, що:

під час теоретичного аналізу встановлені закономірності дії робочих елементів робочої поверхні гряділя на ґрунт та впливу його геометричних параметрів на виконання процесу підготовки агрегатного складу ґрунту;

теоретично встановлені залежності для розрахунку тиску в контакті робочої поверхні гряділя з ґрунтом, тягового опору робочих елементів гряділя, проаналізовані якісні показники процесу дії робочих елементів гряділя під час роботи;

виявлено зв'язок між геометричними параметрами гряділя культиватора та процесом його дії на ґрунт.

### **3.1 Аналіз розподілу тиску при взаємодії циліндричної частини гряділя із ґрунтом**

Ґрунтуючись на аналізі напружено-деформованого стану в контакті зовнішньої поверхні гряділя з ґрунтом [19-21] і використання принципу, що елементарні реакції ґрунту можна представити як системи сил [22], цю задачу будемо вирішувати поетапно. Спочатку визначимо закономірності розподілу розрахункових елементарних реакцій вздовж лінії контакту, а потім розробимо методи переходу від розрахункових значень реакцій до середніх значень, що реально діють на циліндричну поверхню гряділя. Потім проаналізуємо закономірності розподілу розрахункових реакцій на опорних поверхнях у радіальних перерізах котка (вздовж поперечних ліній контакту).

Як умову взаємозв'язку рівнянь, отриманих на обох етапах, використовуємо рівність середніх значень реакцій, що діють на опорні поверхні і визначені на обох етапах. Також, зберігається умова рівності активних сил, що діють на робочу поверхню гряділя, сумам відповідних складових реакцій. Тільки на поетапному підході базується методика

					<b>МОК 00.000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

розрахунку контактних напружень. Подальший розрахунок проводимо згідно [22]. Прийнятим моделям взаємодії робочої поверхні гряділя з ґрунтом відповідає таке рівняння для розрахунку шуканих реакцій:

$$\sigma = E_1 (\varepsilon_1 \pm \tau \dot{\varepsilon}_1 \pm v s n g \varepsilon_1) \quad (3.1)$$

де відповідно знак плюс передня ділянка контакту, а мінус – задня.

Рівняння дає можливість визначати значення реакцій в довільній точці повздожньої або поперечної лінії контакту робочої поверхні гряділя з ґрунтом, якщо відомі деформація  $\varepsilon_1$  самої робочої поверхні, а також її швидкість  $\dot{\varepsilon}_1$  в цій точці.

Розраховані за цим рівнянням реакції є середніми (розрахунковими), і хоча їх розподіл по довжині контакту може відображати реальні закономірності, їх значення в більшості випадків будуть відрізнятися від дійсних. Ці відмінності обумовлені тим, що робоча поверхня гряділя має різні конструктивні елементи, які занурюються в ґрунт на різну глибину. Тому по ширині контакту в різних точках цих поверхонь тиск буде різним.

Формули переходу розрахункового тиску  $\sigma$  до реального  $\sigma_{\bar{A}}$  і  $\sigma_{\bar{I}}$ , який діє на різні елементи конструкції робочої поверхні гряділя і проміжків між ними, можна представити у вигляді:

$$\begin{aligned} \sigma_{\bar{A}} &= K_{\bar{A}} \sigma ; \\ \sigma_{\bar{I}} &= K_{\bar{I}} \sigma , \end{aligned} \quad (3.2)$$

де  $K_{\bar{A}}$  - коефіцієнт збільшення тиску на робочу поверхню гряділя у порівнянні із розрахунковими;

$K_{\bar{I}}$  - коефіцієнт зменшення тиску на робочу поверхню проміжків між елементами гряділя в порівнянні з розрахунковими.

Врахувавши, що глибина занурення в ґрунт вказаних елементів відрізняються від розрахункової глибини  $h$ , маємо:

					<b>МОК 00.000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

$$K_{\bar{A}} = 1 + z(1 - k_i) / h ;$$

$$K_{\bar{i}} = 1 - k_i z / h , \quad (3.3)$$

де  $k_i$  - коефіцієнт насиченості елементами поверхні гряділя;

$z$  - середня висота елемента профілю гряділя.

Значення глибини  $h$  для передньої ділянки контакту можна розрахувати за формулою:

$$h = r_0 (\cos \varphi - \cos \varphi_0) \frac{\cos \varphi'_0 - \cos \varphi_0}{1 - \cos \varphi_0} , \quad (3.4)$$

для задньої

$$h = r_0 (\cos \varphi'_0 - \cos \varphi_0) . \quad (3.5)$$

Нерівномірність розподілу тиску по ширині контакту робочої поверхні гряділя з ґрунтом обумовлена кривизною взаємодіючих поверхонь у радіальних перерізах. Для визначення закономірності розподілу тиску по ширині робочої поверхні гряділя на схемі радіального перерізу поверхні гряділя, який взятий у межах його контакту з ґрунтом (рис. 3.1), відокремлюємо елементарну ділянку, центр якої співпадає з центром початкової кривизни робочої поверхні гряділя. Вважатимемо, що в межах ширини контакту вкладається нескінченна кількість таких ділянок. При обертанні робочої поверхні гряділя в процесі кочення на нескінченно малий кут  $d\varphi$ , тоді центр кривизни переміститься на  $dz$ . При цьому елементарна ділянка, що розглядається, зміниться так:

$$dR = dz / \cos \beta ,$$

де  $dR = d\rho + dl$  ;

$\rho, l$  і  $\beta$  - розміри, які наведені на рис. 3.1.

Після відповідних перетворень маємо диференційне рівняння

					<b>МОК 00.000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

$$d\rho = \frac{dz}{(1+m)\cos\beta},$$

його загальний розв'язок наступний:

$$\rho = \frac{z}{(1+m)\cos\beta} + C.$$

при  $d\beta = \beta_0$  і  $\rho = \rho_0$

$$\rho = \rho_0 - \frac{z}{1+m} \left( \frac{1}{\cos\beta_0} - \frac{1}{\cos\beta} \right). \quad (3.6)$$

В результаті перетворень було отримано рівняння лінії контакту робочої поверхні гряділя з ґрунтом в довільному радіальному перерізі (полярні координати цього перерізу і точок цієї лінії  $\rho$  і  $\beta$ ), що був взятий в межах передньої ділянки контакту.

В зв'язку з тим, що  $z$  змінюється при переході від одного перерізу до іншого, то форма лінії контакту буде змінна.

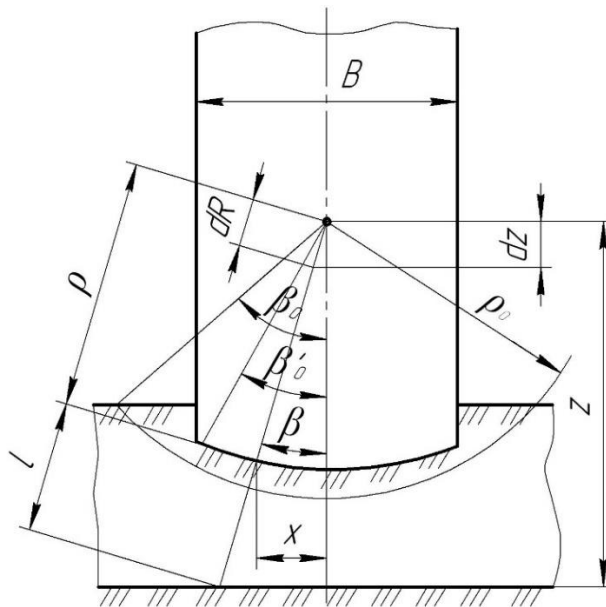


Рис. 3.1 Розподіл тиску по ширині контакту робочої поверхні гряділя з ґрунтом

Якщо брати за основу рівняння (3.1) то тиск  $\sigma_A$  в довільній точці лінії контакту на передній ділянці буде:

					<b>МОК 00.000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

$$\sigma_{\dot{A}} = E_1 \left[ \frac{z + \tau \dot{z}}{(1+m)H} \left( \frac{1}{\cos \beta_0} - \frac{1}{\cos \beta} \right) + \nu \right], \quad (3.7)$$

на задній

$$\sigma'_{\dot{A}} = E_1 \left\{ \left( \frac{\rho_0}{H} - \nu \right) - \frac{1 + \tau \omega t g \varphi}{H \cos \varphi} \left[ \rho_0 - \frac{z_0}{1+m_0} \left( \frac{1}{\cos \beta_0} - \frac{1}{\cos \beta} \right) \right] \right\}, \quad (3.8)$$

де  $\dot{z}$  - швидкість радіального переміщення центра кривизни робочої поверхні;

$z_0$  і  $m_0$  - значення  $z$  і  $m$  при  $\varphi = 0$ .

Щоб використати рівняння (3.7) і (3.8) для визначення тиску в точці поперечної лінії контакту, необхідно знати кут  $\beta_0$ . Для його знаходження використаємо рівняння (3.1) і (3.2) по яким можна розрахувати середні по ширині контакту напруження, що діють на конструктивні елементи робочої поверхні гряділя і проміжки між ними. Взявши за основу теорему про середній інтегральний розрахунок [23], а також залежностей (3.7) і (3.8) середній по ширині контакту тиск  $\sigma_c$  і  $\sigma'_c$  має значення на передній та задній ділянках контакту:

$$\sigma_c = \frac{1}{\beta'_0} \int_0^{\beta'_0} E_1 \left[ \frac{z + \tau \dot{z}}{(1+m)H} \left( \frac{1}{\cos \beta_0} - \frac{1}{\cos \beta} \right) + \nu \right] d\beta, \quad (3.9)$$

$$\sigma'_c = \frac{1}{\beta'_0} \int_0^{\beta'_0} E_1 \left\{ \left( \frac{\rho_0}{H} - \nu \right) - \frac{1 + \tau \omega t g \varphi}{H \cos \varphi} \left[ \rho_0 - \frac{z_0}{1+m_0} \left( \frac{1}{\cos \beta_0} - \frac{1}{\cos \beta} \right) \right] \right\} d\beta, \quad (3.10)$$

де  $\beta'_0$  - кут, що відповідає половині ширини контакту робочої поверхні гряділя з ґрунтом (рис. 3.1).

Інтегруючи отримана наступна залежність на передній і задній ділянці контакту:

$$\frac{1}{\cos \beta_0} = (1+m)H \frac{\sigma_c - \nu E_1}{E_1(z + \tau z)} + \frac{1}{2\beta'_0} \ln \frac{1 + \sin \beta'_0}{1 - \sin \beta'_0}, \quad (3.11)$$

$$\begin{aligned} \frac{1}{\cos \beta_0} = & \frac{(1+m_0)H \cos \varphi}{z_0 E (1 + \tau \omega g \varphi)} \left[ \sigma'_c - E_1 \left( \frac{\rho_0}{H} - \nu \right) \right] + \\ & + \frac{\rho_0 (1+m_0)}{z_0} + \frac{1}{2\beta'_0} \ln \frac{1 + \sin \beta'_0}{1 - \sin \beta'_0}. \end{aligned} \quad (3.12)$$

В нашому випадку, розрахунок тиску в контактї робочої поверхні гряділя з ґрунтом на основі наведених рівнянь проводиться в такій послідовності:

передня ділянка контакту

$$\sigma = E_1 \left\{ \frac{h_0}{(1+m)H} \left[ \left( \frac{1}{\cos \varphi_0} - \frac{1}{\cos \varphi} \right) + \tau \omega \frac{\sin \varphi}{\cos^2 \varphi} \right] + \nu \right\}; \quad (3.13)$$

задня

$$\sigma' = E_1 \left\{ \frac{r_0}{H} \left[ \left( 1 - \frac{\cos \varphi'_0}{\cos \varphi} - \frac{1}{\cos \varphi} \right) - \tau \omega \cos \varphi'_0 \frac{\sin \varphi}{\cos^2 \varphi} \right] - \nu \right\}. \quad (3.14)$$

Після чого за допомогою коефіцієнтів  $K_{\bar{A}}$  і  $K_{\bar{I}}$  і формули (3.4) можна розрахувати тиск  $\sigma_{\bar{A}}$  і  $\sigma_{\bar{I}}$ , який діє на робочу поверхню гряділя і проміжків між ними.

За наведеними вище залежностями розраховується кут  $\beta_0$ .

Використовуючи рівняння (3.7) і (3.8), можна визначити тиск в будь-якій точці поперечної лінії контакту робочої поверхні гряділя із ґрунтом. Ці рівняння дають можливість визначати тиск (напруження) в будь-якій точці контакту робочої поверхні гряділя із ґрунтом, а також характеристики закономірностей їх розподілу.

					<b>МОК 00.000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

### 3.2 Обґрунтування основних параметрів робочого елемента гряділя культиватора КШУ-8

Оскільки на поверхні циліндричної поверхні гряділя розміщені штифтові робочі елементи для покращення процесу кришення ґрунту то необхідно також розглянути взаємодію цих елементів із ґрунтовим середовищем.

Взаємодія робочого елемента розміщеного на поверхні гряділя з ґрунтом повинна сприяти ковзанню ґрунтового шару визначеного об'єму по його зовнішній поверхні (рис. 3.2). Вказана деформація ґрунту можлива за рахунок його зминання поверхнею робочого елемента на рівні насінневого ложа в період виходу із ґрунтового шару за рахунок пружності робочої поверхні гряділя [24-26].

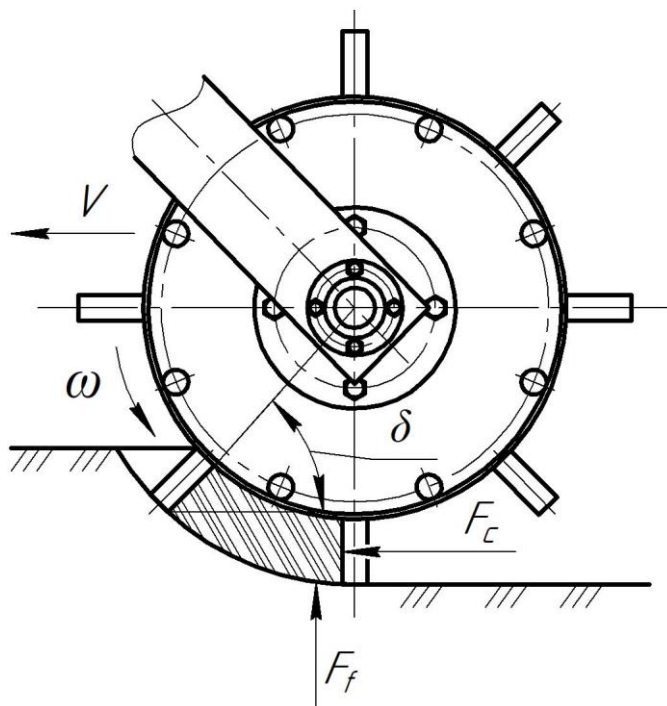


Рис. 3.2 Схема установки робочого елемента гряділя

Наведені умови можливі якщо:

$$\delta = 90 - \varphi, \quad (3.15)$$

де  $\delta$  - кут нахилу робочого елемента в момент виходу із ґрунтового шару;

$\varphi$  - кут тертя ґрунту об поверхню робочого елемента.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МОК 00.000 ПЗ

Арк.

31

Переміщення ґрунтового шару можливе з врахуванням залежності:

$$F_c \geq F_x,$$

$$F_x = F_y \cdot \operatorname{tg} \cdot (\delta + \varphi_1) = \frac{F_y \cdot (\operatorname{tg} \delta + f_1)}{(1 - f_1 \cdot \operatorname{tg} \delta)}, \quad (3.16)$$

де  $F_c$  - зусилля опору, яке діє на робочу поверхню елемента;

$F_x$  - зусилля яке забезпечує рівновагу ґрунтового шару на поверхні робочого елемента;

$F_y$  - опір ґрунту деформації;

$f_1$  - коефіцієнт тертя ґрунту об поверхню робочого елемента.

Ґрунт діє на поверхню робочого елемента нормальною силою  $F'$ , але ковзання ґрунту по поверхні робочого елемента утворює силу тертя  $F_f$ . Сума вказаних сил визначає результуючу  $F_p$ , яка характеризує дію ґрунтового об'єму на поверхню робочого елемента гряділя [26].

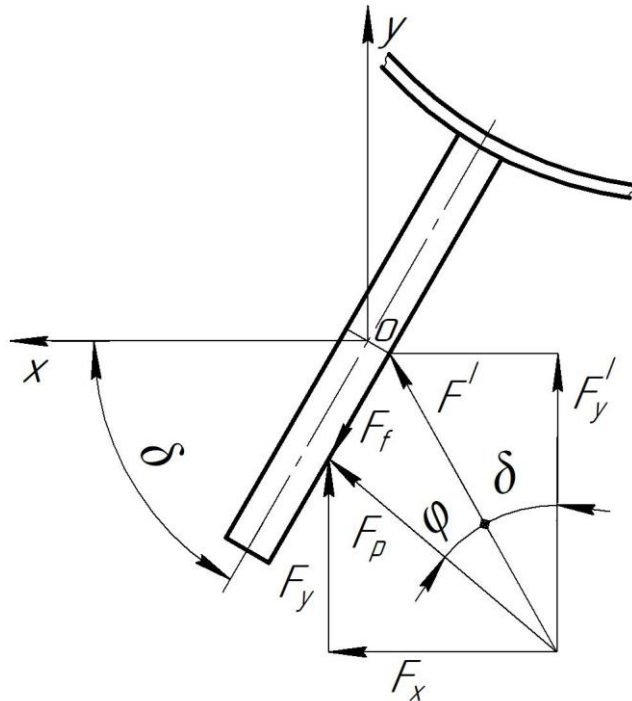


Рис. 3.3 Схема зусиль які виникають при взаємодії робочого елемента з ґрунтом

Із рис. 3.3 можна визначити вертикальну складову результуючої сили:

$$F_y = F' \cdot (\cos \delta - f_1 \sin \delta) \quad (3.17)$$

Приймаємо, що зусилля яке утворене ґрунтом на поверхню робочого елемента пропорційне глибині деформованого ґрунтового шару. На елементарну ділянку робочої площини поверхні робочого елемента діє зусилля із значенням довжини  $L$  і значенням ширини  $db$ :

$$dF = Lhqdb, \quad (3.18)$$

де  $q$  - коефіцієнт об'ємного зминання ґрунтового шару;

$h$  - глибина деформованого ґрунтового шару.

Інтеграл отриманого виразу з врахуванням  $h$  буде мати вигляд:

$$F_y = 0,5 \cdot qLb^2 \cdot \sin \delta \cdot (\cos \delta - f_1 \sin \delta). \quad (3.19)$$

Приймаючи, що зусилля  $F_c$  дорівнює зусиллю, яке необхідно прикладати до поверхні контакту ґрунтового шару то для визначення деформації зсуву використаємо закон Кулона.

$$\tau = \frac{F_{зч}}{S} + \sigma_n \cdot tg\varphi_2, \quad (3.20)$$

де  $\tau$  - дотичне напруження;

$F_{зч}$  - зусилля зчеплення;

$S$  - поверхня контакту;

$\sigma_n$  - нормальне напруження в площині деформації.

Горизонтальна ґрунтова поверхня відносно нахиленої поверхні робочого елемента може забезпечити оптимальне значення кута  $\lambda$ , який супроводжує ковзання.

$$\lambda = 90 - 0,5 \cdot (\delta + \varphi_1 + \varphi_2), \quad (3.21)$$

де  $\varphi_2$  - коефіцієнт внутрішнього тертя в ґрунтовому шарі.

					<b>МОК 00.000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33



За рахунок дії на ґрунтовий шар робочим елементом об'єм ґрунту стискається до пластичних деформацій, це сприяє відокремленню ґрунтового об'єму із ґрунтового шару. Під кутами  $\alpha, \gamma_1, \gamma_2$  (різання в повздовжній і поперечній площині), ґрунтовий шар рухається по поверхні робочого елемента гряділя. Оскільки черговість циклів деформації стиску і зсуву ґрунтового шару постійна, то можна встановити сумарне зусилля [28] при взаємодії з робочим елементом за наступним рівнянням:

$$F = F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5, \quad (3.24)$$

де  $F_1$  - зусилля від дії робочого елемента на ґрунтовий шар;

$F_2$  - зусилля, яке діє на робочий елемент під дією сили тяжіння ґрунтового шару;

$F_3$  - зусилля яке виникає під дією сили інерції за рахунок змінної швидкості деформації;

$F_4$  - зусилля зсуву ґрунтового шару;

$F_5$  - зусилля яке виникає за рахунок тертя ґрунту об поверхню робочого елемента.

Зусилля при вході робочого елемента гряділя в ґрунт має дві складові: зусилля підрізання  $F_n$  ґрунтового шару і зусилля стиску  $F_c$ .

Сила підрізання  $F_n$  знайдемо як:

$$F_n = K_n H, \quad (3.25)$$

де  $K_n$  - питомий опір шару ґрунту, який виникає при занурені робочого елемента;

$H$  - висота робочої частини елемента гряділя.

Зусилля стиску  $F_c$ :

$$F_c = \sigma_m l_{20} H, \quad (3.26)$$

					<b>МОК 00.000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

де  $\sigma_m$  - напруження від деформації стиску ґрунту;

$l_{zo}$  - довжина деформованого ґрунтового об'єму.

Тоді зусилля від дії робочого елемента на ґрунтовий шар:

$$F_1 = (K_n + \sigma_m \cdot l_{zo}) \cdot H. \quad (3.27)$$

Зусилля на робочий елемент яке виникає при дії сили тяжіння ґрунтового шару:

$$F_2 = \rho \cdot S_{zc} \cdot l_{zo} \cdot g, \quad (3.28)$$

де  $g$  - прискорення вільного падіння;

$\rho$  - щільність ґрунтового шару;

$S_{zc}$  - площа ділянки, по якому відбувається зсув ґрунтового шару.

Зусилля  $F_3$  залежить від змінної швидкості переміщення ґрунтового шару та інерційних сил.

$$F_3 = m \cdot a, \quad (3.29)$$

де  $a$  - прискорення ґрунтового шару.

Оскільки ґрунтовий шар переміщується з прискоренням після його відокремлення, то час переміщення ґрунтового шару і значення прискорення можна розрахувати [28]:

$$V_a = V_0 + at, \quad (3.30)$$

$$S_a = S_0 + V_0t + \frac{at^2}{2}. \quad (3.31)$$

$$t = \frac{V_a}{a}$$

тоді

$$a = \frac{V_a^2}{2S_a}, \quad (3.32)$$

де  $V_a$  і  $S_a$  - значення абсолютної швидкості і переміщення ґрунтового шару;

$t$  - час взаємодії шару ґрунту із робочим елементом гряділя.

Переміщення ґрунтового шару напрям якого збігається з переміщенням робочого елемента гряділя визначиться так:

$$S_a = \frac{S_n \sin \alpha}{\sin 180 - (\alpha + \mu)}. \quad (3.33)$$

З врахуванням рівності швидкостей структурних агрегатів шару ґрунту абсолютна швидкість буде:

$$V_a = \frac{V_n \sin \alpha}{\sin 180 - (\alpha + \mu)}. \quad (3.34)$$

Оскільки значення лінійного переміщення робочого елемента гряділя відоме то:

$$S_n = l = l_{zo} \cdot \cos \alpha. \quad (3.35)$$

Тоді можна визначити  $F_3$ :

$$F_3 = \frac{S \rho V^2 \cdot \sin \alpha}{2 \cdot \sin 180 - \cos \alpha \cdot (\alpha + \mu)}. \quad (3.36)$$

Зусилля  $F_4$  виникає в результаті зсуву ґрунтового шару:

$$F_4 = \tau_{zn} \cdot S^2, \quad (3.37)$$

де  $\tau_{zn}$  - граничне значення дотичних напружень ґрунтового шару.

Використовуючи закон Кулона можна визначити силу тертя [28]:

$$F_5 = N \cdot f, \quad (3.38)$$

де  $N$  - нормальна реакція ґрунтового шару на робочий елемент гряділя;

$f$  - коефіцієнт тертя ґрунту об матеріал робочого елемента гряділя.

					<b>МОК 00.000 ПЗ</b>	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначимо значення нормальної реакції спроектувавши сили  $F_2$ ,  $F_3$ ,  $F_4$  на вісь  $OX$ , яка перпендикулярна поверхні контакту робочого елемента з ґрунтом.

$$N = F_2 \cos \alpha + F_3 \cos 90^\circ - (\alpha + \mu) + F_4 \cos 90^\circ - (\alpha + \mu). \quad (3.39)$$

Тоді

$$F_5 = (F_2 \cos \alpha + (F_3 + F_4) \cos 90^\circ - (\alpha + \mu)) \cdot f. \quad (3.40)$$

Тяговий опір робочих елементів гряділя можна записати як:

$$F = (K_n + \sigma_m \cdot l_{zo}) \cdot H + \rho \cdot S_{zc} \cdot l_{zo} \cdot g + \left( \frac{\rho V^2 \cdot \sin \alpha}{2 \cdot \sin 180 - \cos \alpha \cdot (\alpha + \mu)} + \tau_{np} \right) \cdot S + \\ + \left( \rho \cdot S_{zc} \cdot l_{zo} \cdot g \cos \alpha + \left( \frac{\rho V^2 \cdot \sin \alpha}{2 \cdot \sin 180 - \cos \alpha \cdot (\alpha + \mu)} + \tau_{np} \right) \cdot S \cos 90^\circ - (\alpha + \mu) \right) \cdot f.$$

Отримана залежність дозволяє визначити тяговий опір робочих елементів гряділя з врахуванням характеристик ґрунтового шару та самого робочого органу в залежності від технологічних характеристик (швидкості, глибини обробки). В результаті чого можна спрогнозувати енергетичні витрати агрегату на передпосівну підготовку ґрунту.

## 4. Охорона праці

### 4.1 Перед початком робіт з обробітку ґрунту необхідно [29,35]:

перевірити наявність засобів індивідуального захисту та правильне їх використання. Необхідно спеціальний одяг правильно одягнути, застібнути рукава, на одязі не повинно бути виступаючих частин, для уникнення травматичних ситуацій;

перед виїздом на місце робіт слід ознайомитися з маршрутом руху машинно-тракторного агрегату. Необхідно звернути увагу на інформацію від керівника робіт щодо місця їх проведення, зокрема про можливі небезпечні місця, розташування попереджувальних і контрольних міток, наявність ліній електропередач, доступ до питної води та місця для відпочинку;

необхідно також переконатися, що машинно-тракторний агрегат обладнаний належними засобами пожежогасіння та аптечкою для надання першої медичної допомоги.

### 4.2 ОП при виконанні робіт з культиваторами

Забезпечення безпеки праці є ключовим аспектом у сільськогосподарських роботах. Перед початком роботи необхідно виконувати і дотримуватись таких важливих кроків [29-35]:

ознайомитися з правилами експлуатації обладнання та інструкціями з техніки безпеки;

одягнути спеціальний захисний одяг, головний убір та взуття, а також при необхідності використовувати респіратори, навушники та окуляри для захисту від хімікатів, шуму та пилу;

перевірити технічну справність трактора і ґрунтообробного агрегату перед початком робіт, провести необхідне обслуговування та технічний огляд, переконатися в наявності аптечки та засобів пожежогасіння;

бути уважним до навколишнього середовища, уникати контакту з рухомими частинами обладнання, стежити за працівниками, які можуть знаходитись або працювати поруч;

					<b>МОК 00.000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

перевірити функціонування захисних пристроїв та правильність їх встановлення на обладнанні;

якщо відбувся нещасний випадок на виробництві необхідно знати процедури надання першої допомоги;

під час роботи уникати тривалого впливу вібрації, шуму та високих температур;

необхідно контролювати справність кріплення культиватора, його складових частин до причіпних пристроїв;

переконатися в наявності мастила для агрегату, комплекту інструментів для дрібного ремонту в полі.

### **4.3 Охорона праці по закінченню роботи**

Після завершення роботи з ґрунтообробними агрегатами необхідно дотримуватися наступних вимог з охорони праці [29-35]:

вимкнути двигун і зупинити всі рухомі частини обладнання, переконатися, що агрегат перебуває в безпечному стані для проведення подальших операцій;

видалити залишки ґрунту, рослинних залишків та інших забруднень з агрегату, виконати це тільки після повної зупинки всіх механізмів та використовуючи відповідні інструменти та засоби захисту;

провести візуальний огляд агрегату на предмет пошкоджень або зносу, перевірити всі з'єднання, кріплення та механізми на справність;

виконати необхідні роботи з технічного обслуговування, змащування вузлів і механізмів, заміну зношених або пошкоджених деталей відповідно до інструкцій з експлуатації;

перемістити агрегат у призначене для зберігання місце, забезпечивши захист від погодних умов та вандалізму, встановити агрегат на підставки або інші пристрої, щоб уникнути деформації робочих органів;

					<b>МОК 00.000 ПЗ</b>	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

записати всі проведені роботи з обслуговування та ремонту в журнал технічного обслуговування, повідомити керівника про виконані роботи та стан обладнання;

оглянути і привести в порядок засоби індивідуального захисту (спеціальний одяг, взуття, рукавиці, окуляри та інші засоби), за потреби замінити або очистити їх;

прибрати робочу зону, видалити всі залишки матеріалів, інструментів і сміття, переконатися, що робоча зона є чистою і безпечною для подальшої експлуатації;

перевірити, чи всі джерела займання усунені, і чи засоби пожежогасіння знаходяться на своїх місцях та готові до використання.

					<b>МОК 00.000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

## 5. Економічна частина

### 5.1 Економічна ефективність використання удосконаленого гряділя культиватора КШУ 8

Ефективність розробленої конструкції гряділя культиватора для передпосівного обробітку ґрунту оцінювалась через:

перевірку, наскільки розроблена конструкція гряділя відповідає вимогам для підготовки агрегатного складу ґрунту під час його передпосівного обробітку;

оцінку переваг при використанні розробленого гряділя у порівнянні із заводськими варіантами;

оцінка ефективності розробленого гряділя культиватора для передпосівного обробітку ґрунту базувалась на прогнозуванні можливого урожаю ярої пшениці в господарстві при його використанні в технологічному процесі передпосівної культивації.

Порівняння ефективності використання розробленого гряділя культиватора КШУ 8 із стандартним показало, що урожайність ярої пшениці може збільшитись на 2 центнера на гектар за рахунок більш якісної підготовки ґрунту до посіву в порівнянні із базовими показниками.

Оскільки економічна вигода удосконаленої технології визначається збільшенням врожайності культури, що вирощується то це виражається у вигляді залежності, що показує, за рахунок чого споживач може отримати додаткові економічні вигоди:

$$B_c = \Delta P_v \cdot C_{mz} \cdot H_{mc}, \quad (5.1)$$

де  $\Delta P_v$  – приріст врожаю, ц;

$C_{mz}$  – ціна на закупівлю, грн/ц;

$H_{mc}$  – сезонний наробіток машини (за нормами), га.

За сезон наробіток за нормативними документами визначимо так:

					<b>МОК 00.000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

$$H_{mc} = 0,1 \cdot B \cdot V_p \cdot K_{ez} \cdot N_3, \quad (5.2)$$

де  $B$  – робоча ширина захвату культиватора, м;

$V_p$  – робоча швидкість культиватора, км/год;

$K_{ez}$  – коефіцієнт використання часу зміни;

$N_3$  – завантаження культиватора КШУ 8 за сезон (мінімальне), год.

Розраховуємо річний очікуваний економічний ефект:

$$E_p = E_k - K_{ne} E_n \Delta K_{ok}; \quad (5.3)$$

де  $E_k$  – додана економічна користь, грн;

$K_{ne}$  – коефіцієнт ефективності капітальних витрат;

$\Delta K_{ok}$  – капітальні вкладення споживача, грн.

Прогнозований ефект на гектар від використання однієї машини:

$$E_n = E_p / H_{mc},$$

Для проведення розрахунків нами були прийняті наступні дані: врожайність ярої пшениці по розробленій машині 2 ц/га; мінімальна закупівельна ціна 1 ц ярої пшениці [36]; значення нормативних величин [37]; технічних характеристик культиватора КШУ 8 [9]. В результаті підстановки отриманих даних в залежності (5.1, 5.2, 5.3, 5.4) отримали наступні значення показників економічної ефективності:

$$B_c = 2 \cdot 725 \cdot 95,5 = 138475 \text{ грн}$$

$$H_{mc} = 0,1 \cdot 2,1 \cdot 7 \cdot 0,65 \cdot 100 = 95,5 \text{ га}$$

$$E_p = 138475 - 0,15 \cdot 5000 = 137725 \text{ грн}$$

$$E_n = 137725 / 95,5 = 1442 \text{ грн / га}$$

					<b>МОК 00.000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

## Висновки

1. Аналіз існуючих технологій при передпосівному обробітку ґрунту показав, що значного покращення підготовки агрегатного складу після проходу культиватора можна досягти, якщо покращити якість подрібнення ґрунту додатковими елементами машини які встановлюються в базову конструкцію в результаті чого значно покращуються умови росту рослин і як наслідок врожаї культури.

2. В процесі модернізації культиватора для передпосівного обробітку ґрунту КШУ 8 був розроблений удосконалений гряділь коткового типу робоча поверхня якого виконана комбінованою, по ширині захвату гряділя розміщені циліндричні кільця з штифтовими робочими елементами для дії на ґрунт в вертикальній площині, по внутрішній поверхні кільця з'єднані між собою циліндричними прутками для дії на ґрунт в горизонтальній площині, причому штифти, диски і прутки розміщені на різній висоті в вертикальній площині, що сприяє підготовці агрегатного складу і вирівнюванню ґрунту на більшу глибину.

3. На основі математичної моделі встановлені закономірності дії робочих елементів робочої поверхні гряділя на ґрунт та впливу його геометричних параметрів на виконання процесу підготовки агрегатного складу ґрунту.

4. Теоретично встановлені залежності для розрахунку тиску в контакті робочої поверхні гряділя з ґрунтом, тягового опору робочих елементів гряділя, проаналізовані якісні показники процесу дії робочих елементів гряділя під час роботи та виявлено зв'язок між геометричними параметрами гряділя культиватора та процесом його дії на ґрунт.

5. Обґрунтовані заходи для покращення і усуненню шкідливих умов праці та небезпечних факторів під час роботи культиватора КШУ 8.

6. Розроблена конструкція гряділя культиватора, дає можливість значно покращити процес підготовки агрегатного складу ґрунту перед посівом ярої пшениці і збільшити врожайність до 10%.

					<b>МОК 00.000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Заїка П.М. Теорія сільськогосподарських машин. Том 1, частина 1. Машини та знаряддя для обробітку ґрунту. – Харків: Око, 2001. – 444 с.
2. Сисолін П.В. та інші. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування, Кн. 1: Машини для рільництва / П.В. Сисолін, В.М. Сало, В.М. Кропівний – К.: Урожай, 2001. – 384 с.
3. Лихочвор В.В., Петриченко В.Ф. Рослинництво. Сучасні інтенсивні технології вирощування основних польових культур. Львів: НВФ «Українські технології», 2006. 730 с.
4. SWIFTER SN Навісний передпосівний культиватор. URL: <https://www.bednar.com/uk/swifter-sn/>
5. Техпромсвіт КПС-4 «ВЕЧА». URL: [https://tehpromsvit-tm.com/product/%D0%BA%D0%BF%D1%81-4-%D0%B2%D0%B5%D1%81%D0%BD%D0%B0/?gad\\_source=1&gclid=CjwKC\\_Ajw57exBhAsEiwAaIxaZgSKzWuAGJACSshIObjqC\\_2-E28DdjAFqc7LVoWiLEtxUzKxfARFMRoCgW4QAvD\\_BwE](https://tehpromsvit-tm.com/product/%D0%BA%D0%BF%D1%81-4-%D0%B2%D0%B5%D1%81%D0%BD%D0%B0/?gad_source=1&gclid=CjwKC_Ajw57exBhAsEiwAaIxaZgSKzWuAGJACSshIObjqC_2-E28DdjAFqc7LVoWiLEtxUzKxfARFMRoCgW4QAvD_BwE)
6. Уманьферммаш ТіЗ - АКГ-3. URL: <https://umanfermmash.com.ua/kultyvatory/kombinovanyj-agregat-kompaktor-akg-3/>
7. ІСМ Промінь. Культиватор передпосівний навісний складний КПН-4,5-3 Р. URL: <https://agrott.com.ua/p1254734054-kultivator-peredposivnij-navisnij.html>
8. GeneralL КПС 4.0 – Bellota. URL: <https://general-machines.ua/product/kultivator-4-rjadnyj-pricepnoj-sploshnoj-general-4-0-bellota/>
9. Каталог продукції Elvorti. Культиватор КШУ 8. URL: <https://elvorti.com/catalog/>
10. Гевко Р.Б., Хомик Н.І., Жаровський О.С., Довбуш Т.А Деталі машин та основи автоматизованого конструювання: навчальний посібник до лабораторних робіт Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2021. 256 с.

					<b>МОК 00.000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

11. Рудь Ю.С. Основи конструювання машин: Підручник для студентів інженерно-технічних спеціальностей вищих навчальних закладів. 2-е вид., переробл. - Кривий Ріг: Видавець ФО-П Чернявський Д.О., 2015. – 492 с.

12. Довбуш А.Д. Прикладна механіка і основи конструювання: навчально-методичний посібник до розрахунково-графічної роботи / А.Д. Довбуш, Т.А. Довбуш, Н.А. Рубінець. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2015. 116 с.

13. Деталі машин : підручник / [А.В Міняйло, Л.М. Тіщенко, Д.І. Мазоренко та ін.] – К.: Агроосвіта, 2013. – 448с.

14. Артеменко Д.Ю., Настоящий В.А. Обґрунтування робочої поверхні конусного прикочуючого котка просапної сівалки. Scientific Journal «ScienceRise». №5/2(34)2017. – С. 18-22. URL: <http://journals.uran.ua/sciencerrise/article/view/101960>

15. Артеменко Д.Ю., Магопєць О.С., Ауліна Т.М., Семенова Д.А. Результати експериментальних досліджень розподілу полів деформацій в ґрунті від дії прикочуючих котків бурякових сівалок. Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин / КНТУ, 2007, випуск 37, 1 – С. 286 – 290.

16. Артеменко Д.Ю. Теоретичне дослідження процесу взаємодії конусного котка просапної сівалки з ґрунтом. Вісник аграрної науки Причорномор'я: науково-теоретичний фаховий журнал / В. С. Шєбанін (гол. ред.) та ін. – Миколаїв, 2012. Вип. 1 (65). – С. 171 – 177.

17. Артеменко Д.Ю., Онопа В.А., Скриннік С.С. Обґрунтування конструкції комбінованого прикочуючого котка просапної сівалки. Scientific Journal «ScienceRise» №11 (28) 2016. – С. 25-29. <http://journals.uran.ua/sciencerrise/article/view/80814>

					<b>МОК 00.000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

18. Василенко П.М., Шевельов В.М. Ущільнення ґрунту котками при посіві квадратно-гніздовими сівалками. Вісник сільськогосподарської науки – К., 1962. – № 9. – С. 23 – 28.

19. Кушнар'ов А.С. Механіко – технологічні основи обробітку ґрунту / А.С. Кушнар'ов, В.І. Кочев. – К.: Урожай, 1989. – 144 с.

20. Ловкіс В.Б., Бакач Н.Г., Радько Е.Г., Лисай Н.К. Дослідження впливу прикочуючого котка на зміни характеристик ґрунту по глибині. Агропанорама. – 2011. - № 6. – С. 4-6.

21. Кравченко В.І. Вивчення зміни щільності ґрунтів під дією сільськогосподарських тракторів і машин. Вивчення властивостей ґрунтів у зв'язку з ущільнюючою дією сільськогосподарської техніки на ґрунт. Зб. наук. праць – Київ, 1984. – С. 91-97.

22. Водяник І.І. Вплив ходових систем на ґрунт (наукові основи). – М.: Агропромвидавництво, 1990. – 172 с.

23. Бевз Г.П., Боголюбов О.М., Фільчаков П.Ф., Швецов К.І., Яремчук Ф.П. Довідник з елементарної математики / Ред. П.Ф. Фільчаков. Київ, Видавництво: Наукова думка. 1975. – 656 с.

24. Заїка П.М. Теорія сільськогосподарських машин. У 2 т. Т.1. Ч.1. Машини та знаряддя для обробітку ґрунту. Х.: ОКО, 2001. 443 с.

25. Войтюк Д.Г. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку / Д.Г. Войтюк, В.М. Барановський, В.М. Булгаков та ін.; за ред. Д.Г. Войтюка. - К.: Вища освіта, 2005. - 464 с.

26. Сисолін П.В. та інш. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування, Кн. 1: Машини для рільництва / П.В. Сисолін, В.М. Сало, В.М. Кропівний – К.: Урожай, 2001. – 384 с.

27. Механіка ґрунтів, основи та фундаменти: підручник / Л.М. Шутенко, О.Г. Рудь, О.В. Кічаєва та ін.; за ред. Л.М. Шутенка; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О.М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О.М. Бекетова, 2017. - 563 с.

					<b>МОК 00.000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

28. Штанько П.К., Шевченко В.Г., Омельченко О.С., Дзюба Л.Ф., Пасіка В.Р., Поляков О.М., Теоретична механіка. Навчальний посібник / За ред. Штанька П.К. – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2021. – 464 с.

29. Гандзюк М.П. Основи охорони праці: Підручник для студентів вищих навчальних закладів / М.П. Гандзюк, Є.П. Желібо, М.О. Халімовський. За редакцією М.П. Гандзюка. – К.: Каравела, 2003. – 408с.

30. ДСТУ 7239:2011. Засоби індивідуального захисту. [http://opcb.kpi.ua/wp-content/uploads/2011/09/dstu\\_7239\\_2011.pdf](http://opcb.kpi.ua/wp-content/uploads/2011/09/dstu_7239_2011.pdf)

31. ДСТУ 2867-94. Державний стандарт України. Шум. Методи оцінювання виробничого шумового навантаження. [https://ksv.do.am/GOST/DSTY\\_ALL/DSTY3/dsty\\_2867-94.pdf](https://ksv.do.am/GOST/DSTY_ALL/DSTY3/dsty_2867-94.pdf)

32. СП 4282-87. Санітарні правила по устрою тракторів та сільськогосподарських машин. [https://dnaop.com/html/57502/doc-%D0%A1%D0%9F\\_4282-87](https://dnaop.com/html/57502/doc-%D0%A1%D0%9F_4282-87)

33. ДСТУ 2189-93. Система стандартів безпеки праці. Машина сільськогосподарські навісні та причіпні. Загальні вимоги безпеки. Київ, 1994. – 25 с.

34. ГОСТ 25942-90. Трактори і сільськогосподарські машини. Пристрої швидковідєднуючі. Вимоги до конструкції. [http://www.leonorm.lviv.ua/p/DG/CND2015\\_2.HTM](http://www.leonorm.lviv.ua/p/DG/CND2015_2.HTM)

35. Жидецький В.Ц. Основи охорони праці. Підручник / В.Ц. Жидецький – Львів: Афіша, 2002.– 320 с.

36. Tripoli-land. Закупівельні ціни. <https://tripoli.land/ua/fasol>

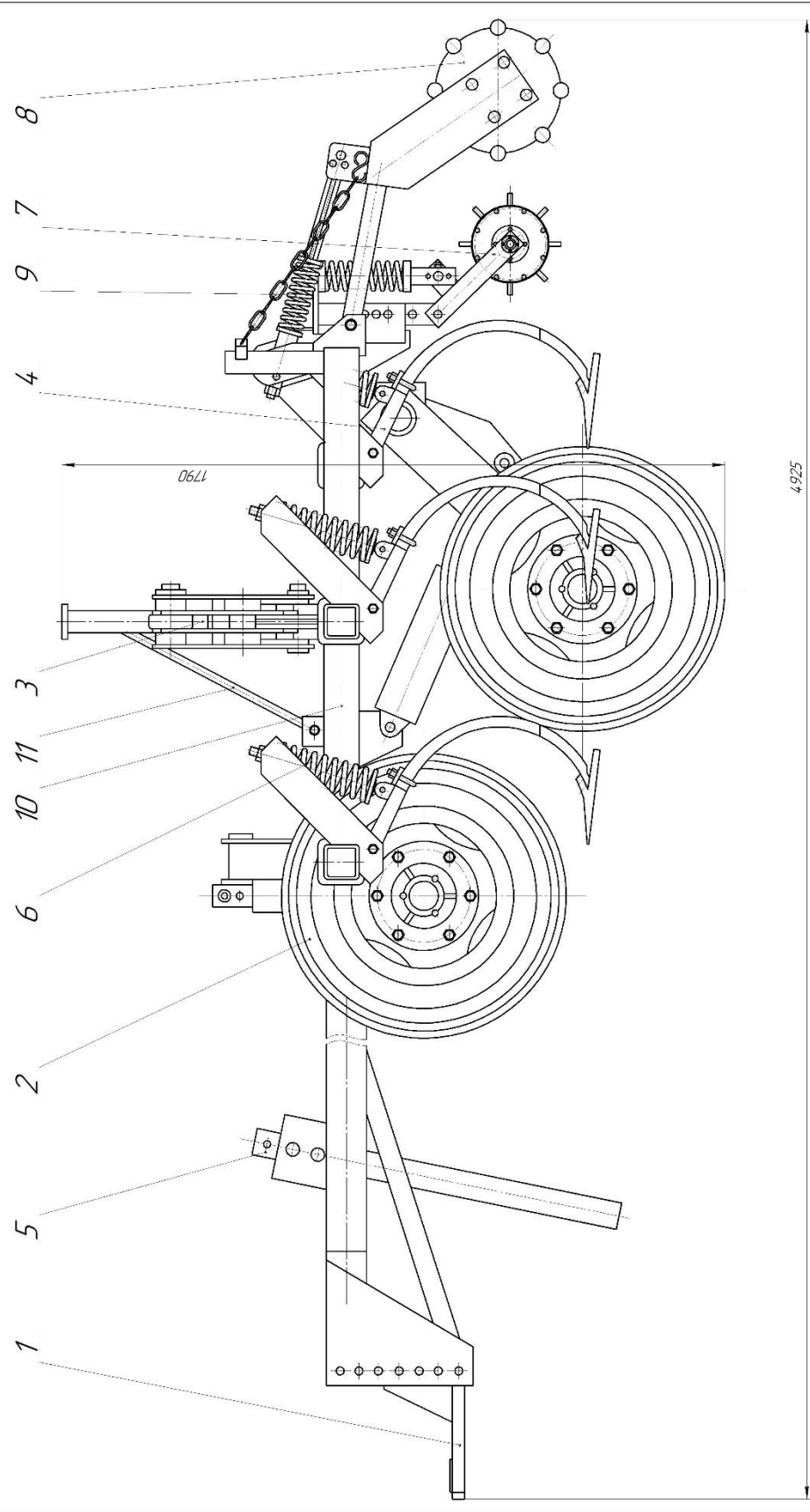
37. Єрмаков О.Ю. Організація сільськогосподарського виробництва. Навч. метод. посібник– 2 –ге вид., доп. і перер. - К.: НАУ, 2007. – 266 с.

					<b>МОК 00.000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

## **Додатки**

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
<i>Документація</i>						
A1			МОК 00.000 СБ	Складальне креслення	1	
<i>Складальні одиниці</i>						
		1	МОК 00.000.01	Причип	1	
		2	МОК 00.000.02	Опорне колесо	4	
		3	МОК 00.000.03	Гідросистема	1	
		4	МОК 00.000.04	Лапа	24	
		5	МОК 00.000.05	Опорна стійка	1	
		6	МОК 00.000.06	Натискний пристрій	24	
		7	МОК 00.000.07	Гряділь	4	
		8	МОК 00.000.08	Коток	4	
		9	МОК 00.000.09	Натискний пристрій	4	
		10	МОК 00.000.10	Рама	1	
		11	МОК 00.000.11	Регулятор горизонтального ходу	2	
<b>МОК 00.000</b>						
Изм. / лист		№ док.ум.		Подп.		Дата
Разроб.		Разгачоб				
Проб.		Артеменко				
Нкантр.		Мачок				
Утв.		Лещенко				
				Культиватор широкозахватний універсальний КШУ 8		
						Лист Лист Листов 1
				ЦНТУ гр. ГМ-22М-12		
				Копіровал		Формат А4

97 000000 МКМ



1. Невказані граничні відхилення розмірів по ОСТ 234.209 - 82.
2. Культиватор ланкова дуги пофарбований по ГОСТ 6572 - 91 емалями АС - 182 по ГОСТ 19024 - 79.
3. Фарбувати "Місце строповки" трафаретом Т-4 ГОСТ 14763-73.
4. Якість збирання культиватора ланкового відповідати технічним умовам на культиватор КШУ-8.
5. Після збирання культиватор ланковий повинен пройти адкатування.
6. Тиск в шинах опрно-приводних коліс ланковий складати 0,157 МПа.
7. \*Розміри для довідок.

97 000000 МКМ		МКМ 000000 СБ	
№	Вид	№	Вид
1	Чертеж	2-997	15
2	Спецификация	1	1
3	Спецификация	1	1
4	Спецификация	1	1
5	Спецификация	1	1
6	Спецификация	1	1
7	Спецификация	1	1
8	Спецификация	1	1
9	Спецификация	1	1
10	Спецификация	1	1
11	Спецификация	1	1
12	Спецификация	1	1
13	Спецификация	1	1
14	Спецификация	1	1
15	Спецификация	1	1
16	Спецификация	1	1
17	Спецификация	1	1
18	Спецификация	1	1
19	Спецификация	1	1
20	Спецификация	1	1
21	Спецификация	1	1
22	Спецификация	1	1
23	Спецификация	1	1
24	Спецификация	1	1
25	Спецификация	1	1
26	Спецификация	1	1
27	Спецификация	1	1
28	Спецификация	1	1
29	Спецификация	1	1
30	Спецификация	1	1
31	Спецификация	1	1
32	Спецификация	1	1
33	Спецификация	1	1
34	Спецификация	1	1
35	Спецификация	1	1
36	Спецификация	1	1
37	Спецификация	1	1
38	Спецификация	1	1
39	Спецификация	1	1
40	Спецификация	1	1
41	Спецификация	1	1
42	Спецификация	1	1
43	Спецификация	1	1
44	Спецификация	1	1
45	Спецификация	1	1
46	Спецификация	1	1
47	Спецификация	1	1
48	Спецификация	1	1
49	Спецификация	1	1
50	Спецификация	1	1
51	Спецификация	1	1
52	Спецификация	1	1
53	Спецификация	1	1
54	Спецификация	1	1
55	Спецификация	1	1
56	Спецификация	1	1
57	Спецификация	1	1
58	Спецификация	1	1
59	Спецификация	1	1
60	Спецификация	1	1
61	Спецификация	1	1
62	Спецификация	1	1
63	Спецификация	1	1
64	Спецификация	1	1
65	Спецификация	1	1
66	Спецификация	1	1
67	Спецификация	1	1
68	Спецификация	1	1
69	Спецификация	1	1
70	Спецификация	1	1
71	Спецификация	1	1
72	Спецификация	1	1
73	Спецификация	1	1
74	Спецификация	1	1
75	Спецификация	1	1
76	Спецификация	1	1
77	Спецификация	1	1
78	Спецификация	1	1
79	Спецификация	1	1
80	Спецификация	1	1
81	Спецификация	1	1
82	Спецификация	1	1
83	Спецификация	1	1
84	Спецификация	1	1
85	Спецификация	1	1
86	Спецификация	1	1
87	Спецификация	1	1
88	Спецификация	1	1
89	Спецификация	1	1
90	Спецификация	1	1
91	Спецификация	1	1
92	Спецификация	1	1
93	Спецификация	1	1
94	Спецификация	1	1
95	Спецификация	1	1
96	Спецификация	1	1
97	Спецификация	1	1
98	Спецификация	1	1
99	Спецификация	1	1
100	Спецификация	1	1

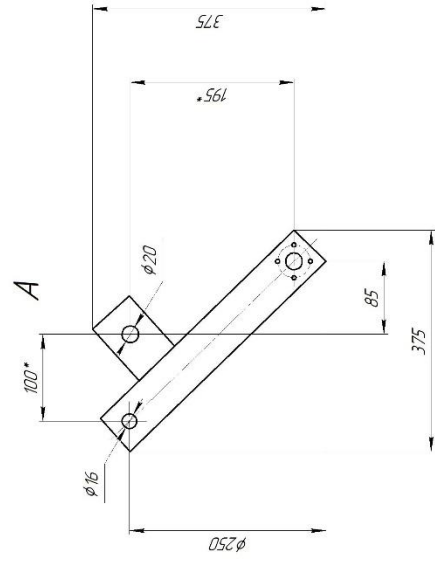
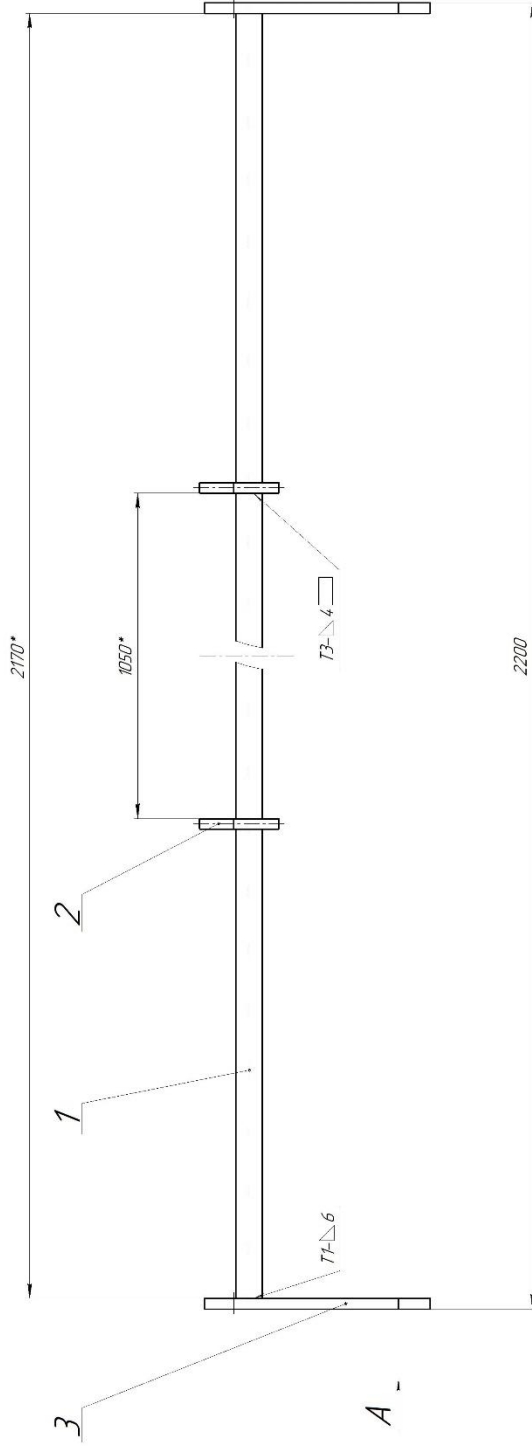




Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
<i>Документація</i>						
A1			МОК 00.120 СБ	Складальне креслення		
<i>Деталі</i>						
Б/К	1		МОК 00.120.01	Основа	1	
Б/К	2		МОК 00.120.02	Вуха	2	
Б/К	3		МОК 00.120.03	Боковина	2	
МОК 00.120						
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
Разроб.	Разроб.				Лист	Лист
Проб.	Артеменко					Листов
						1
Нконтр.	Мачок				ЦНТУ	
Утв.	Лещенко				гр. ГМ-22М-12	

Копіював
Формат А4

ММК 00.120.СБ



1. Зварна конструкція 2. Класи
2. Зварні шви по ГОСТ 5264-80.
3. Електрода марки Е50 ГОСТ 9467-75
4. Гострі кромки притупити.
5. \*Розміри для довідок.

ММК 00.120.СБ		№	К-т	К-т	К-т
Рамка		№	4,2	12,5	
Лист	№	1	1	1	1
Масштаб	1:1	Матеріал	Сталь	Група	С235
Стр.	1	Висота	1720	Ширина	1200

Формат	Зона	Лист	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
<i>Документація</i>							
A2			МОК 00.14.0 СБ	Складальне креслення			
<i>Деталі</i>							
		1	МОК 00.14.0.01	Корпус	1		
		2	МОК 00.14.0.02	Фланець	1		
		3	МОК 00.14.0.03	Кришка	1		
		4	МОК 00.14.0.04	Заглушка	1		
		5	МОК 00.14.0.05	Ущільнювач	1		
<i>Стандартні вироби</i>							
		7		Гайка М16х1 ГОСТ 10605-94 Кільце стопорне ГОСТ 24559-71	1		
		8		φ45	1		
		9		Підшипник 1027305А ГОСТ 27365-87	1		
		10		Шайба 16 ГОСТ 11374-78	1		
<b>МОК 00.14.0</b>							
Ізм. / лист		№ док.м.		Підп.		Дата	
Розроб.		Розроб.					
Проб.		Артеменко					
Нконтр.		Мачок					
Утв.		Лещенко					
<b>Ступиця</b>				Лист		Лист	
				Листов		1	
<b>ЦНТУ</b> гр. ГМ-22М-12				Лист		Листов	
				Листов		1	

Копіював

Формат А4



**Мета, об'єкт, предмет і задачі дослідження**

**Мета роботи** полягає в підвищенні ефективності підготовки агрегатного складу ґрунту під час передпосівного його обробітку шляхом обґрунтування та вдосконалення технологічних та конструкційних параметрів робочої поверхні гряділя культиватора КШУ 8.

Для досягнення **мети** поставлено наступні задачі:

проаналізувати існуючі конструкції та процес роботи робочих елементів гряділя сучасних культиваторів для передпосівного обробітку ґрунту, виявити недоліки та обґрунтувати шляхи їх усунення;

теоретично дослідити конструкцію робочих елементів гряділя культиватора для передпосівного обробітку ґрунту та визначити технологічні параметри які впливають на виконання процесу підготовки ним агрегатного складу ґрунту;

провести оцінку економічної ефективності вдосконаленої конструкції гряділя в контексті збільшення врожайності культури при його використанні.

**Об'єкт дослідження:** технологічний процес роботи гряділя та елементів його робочої поверхні при використанні на культиваторі для передпосівного обробітку ґрунту.

**Предмет дослідження:** конструктивні і технологічні параметри робочих елементів робочої поверхні гряділя культиватора для передпосівного обробітку ґрунту та його технологічні властивості, що впливають на роботу.

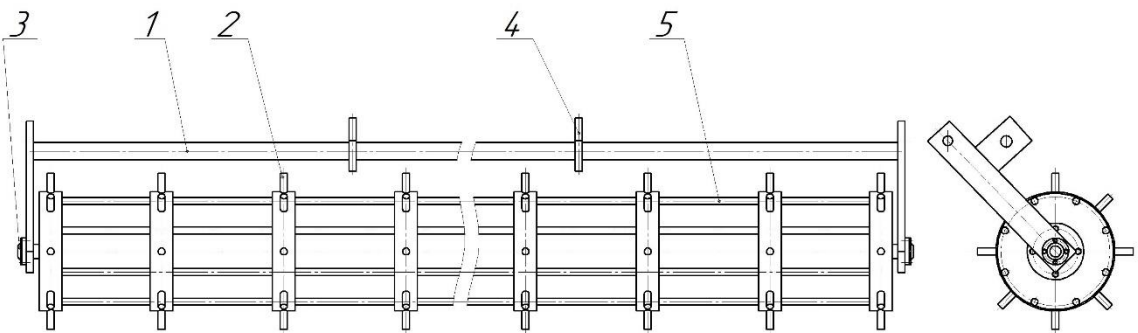


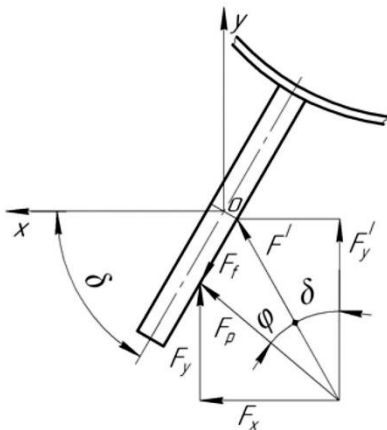
Схема удосконаленого гряділя культиватора КШУ 8:

- 1 - рама; 2 - кільцевий коток; 3 - ступиця;
- 4 - кронштейн; 5 - пружок

					МОК 00.001 НЧ		
М.п. / підп.	М.п. / підп.	Інст.	Інст.	Інст.	Мета та задачі дослідження		
Розроб.	Розроб.				Авт.	Інст.	Інст.
Зам.	Зам.						
Виконав.	Виконав.				ЦНТЧ		
Зам.	Зам.				зр. ПМ-22П-12		
					Варіант А1		

# Теоретичні дослідження взаємодії гряділя з ґрунтом

МОК 00.002 НЧ

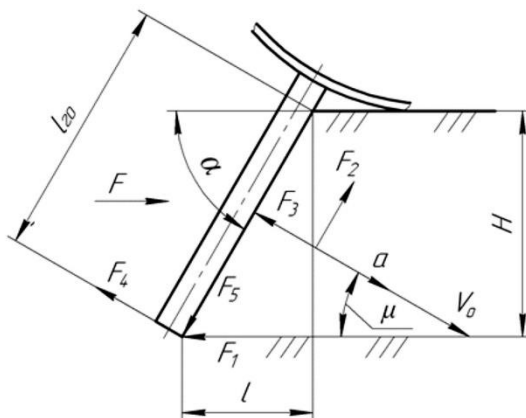


Зусилля опору ґрунтового шару

$$F = \frac{h \cdot \Delta h \cdot \cos \varphi_2}{\sin \lambda \cdot \cos(\lambda + \varphi_2)} + 0,5 \cdot \rho g h^2 \cdot ctg \lambda \cdot tg \varphi_2$$

де  $h$  - висота деформованого шару;  
 $\varphi_2$  - кут тертя в ґрунтовому шарі;  
 $\lambda$  - кут ковзання ґрунту по робочій поверхні;  
 $\rho$  - щільність ґрунту;  
 $g$  - сила тяжіння.

Схема зусиль які виникають при взаємодії робочого елемента з ґрунтом



Кут нахилу робочого елемента гряділя

$$\delta = -0,5 f_1 + \left( 0,25 f_1^2 + \frac{2F_c}{qb^2} \right)^{\frac{1}{2}}$$

де  $f_1$  - коефіцієнт тертя ґрунту об поверхню робочого елемента;  
 $F_c$  - зусилля опору, яке діє на робочу поверхню елемента;  
 $q$  - коефіцієнт об'ємного зминання ґрунтового шару;  
 $b$  - ділянка робочої поверхні на яку діє зусилля.

Схема сил, що діють на робочий елемент гряділя

Тяговий опір робочих елементів гряділя

$$F = (K_n + \sigma_m \cdot l) \cdot H + \rho \cdot S \cdot l \cdot g + \left( \frac{\rho V^2 \cdot \sin \alpha}{2 \cdot \sin 180 - \cos \alpha \cdot (\alpha + \mu)} + \tau_{np} \right) \cdot S +$$

$$+ \left( \rho \cdot S \cdot l \cdot g \cos \alpha + \left( \frac{\rho V^2 \cdot \sin \alpha}{2 \cdot \sin 180 - \cos \alpha \cdot (\alpha + \mu)} + \tau_{np} \right) \cdot S \cos 90^\circ - (\alpha + \mu) \right) \cdot f$$

де  $K_n$  - питомий опір шару ґрунту, який виникає при зануренні робочого елемента;  
 $\sigma_m$  - напруження від деформації стиску ґрунту;  
 $l$  - довжина деформованого ґрунтового об'єму;  
 $H$  - висота робочої частини елемента гряділя;  
 $S$  - площа ділянки, по якому відбувається зсув ґрунтового шару;  
 $V$  - швидкість переміщення ґрунтового шару;  
 $\alpha$  - кут руху ґрунтового шару.

				МОК 00.002 НЧ			
М.п. / підп.	М.п. / підп.	М.п. / підп.	М.п. / підп.	Теоретичні дослідження			
Розроб.	Розроб.	Розроб.	Розроб.	Дет.	Листів	Листів	1
Уклад.	Уклад.	Уклад.	Уклад.	ЦНТУ			
Виконав.	Уклад.	Уклад.	Уклад.	зр. ПМ-22П-12			
Зміст.	Видано			Варіант А1			