

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 котка
широкозахватного універсального культиватора КШУ-8"

Виконав здобувач вищої освіти __II__ курсу,
групи ГМ-22М-1.1

ОНП «Галузеве машинобудування»

спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»

_____Терехов Олег Віталійович

« ____ » _____ 2024 р.

Керівник проекту

доцент, канд.техн.наук

_____Дмитро АРТЕМЕНКО

« ____ » _____ 2024 р.

Рецензент Олександра БІЛОВОД

| 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 | Коток | 1 | |
| | A1 | | МОК 00.120 СБ | Рама | 1 | |
| Інв. № з'їдл. | A2 | | МОК 00.140 СБ | Ступиця | 1 | |
| | | | | Документація по деталях | | |
| Взам. інв. № | A3 | | МОК 00.110.01 | Диск | 5 | |
| | A3 | | МОК 00.140.01 | Корпус | 2 | |
| Підп. і дата | МОК 00.000 ВП | | | | | |
| | Ізм. | Лист | № докум. | Підп. | Дата | |
| Інв. № підл. | Розроб. | Терехов | | | Лист | Лист |
| | Проб. | Артеменко | | | | Листов |
| | Н.контр. | Мачок | | | | 1 |
| | Утв. | Лещенко | | | ЦНТУ зр. ГМ-22М-11 | |
| Копіював | | | | Формат А4 | | |

Зміст

| | |
|-------------------------------------|----|
| 1. Вступ..... | 6 |
| 2. Інженерна частина | 7 |
| 3. Наукова частина..... | 24 |
| 4. Охорона праці..... | 42 |
| 5. Економічна частина..... | 44 |
| Висновки..... | 47 |
| Список використаної літератури..... | 48 |
| Додатки | |

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | МОК 00.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 5 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

1. Вступ

Україна відома у світі своєю різноманітною аграрною галуззю, і вирощування зернових культур, особливо в контексті зростаючих цін на них, стає одним із важливих напрямків розвитку сільського господарства. Зернові культури відіграють ключову роль у виробництві хлібу, допомагають покращити структуру ґрунту та збагатити його поживними речовинами через включення їх в сівозміни. Завдяки високій врожайності та попиту, зернові культури є економічно привабливими культурами, особливо з урахуванням різноманітних сортів, які успішно адаптовані до умов українського клімату та ґрунтів.

Забезпечення максимальних врожаїв є одним із ключових завдань вирощування зернових культур, а це можливе лише за умови дотримання правильних технологічних процесів. Підготовка поля під посів насіння вважається вирішальним етапом, а правильна підготовка насінневого ложа визначає рівномірність та швидкість проростання рослин. Оскільки сучасні культиватори для передпосівного обробітку ґрунту використовують прикочуючі котки для цієї операції то удосконалення їх конструкції може значно підвищити ефективність даного процесу.

Тому, проблема вдосконалення технології підготовки насінневого ложа котками культиваторів та розробка їх нових конструкцій стає актуальною для забезпечення оптимальних умов для швидкого проростання насіння.

В даній кваліфікаційній роботі проводиться аналіз існуючих конструкцій прикочуючих котків культиваторів для передпосівного обробітку ґрунту та пропонується удосконалення конструкції культиватора КШУ 8, а саме котка для виконання якісного прикочування та формування насінневого ложа.

| | | | | | | | | | | |
|------------------|-------------------|-----------------|---------------|-------------|---------------------------------|--|--|---------------------|-------------|----------------|
| | | | | | МОК 00.000 ПЗ | | | | | |
| <i>Змн.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> | Пояснювальна записка | | | | | |
| <i>Розроб.</i> | <i>Терехов</i> | | | | | | | <i>Літ.</i> | <i>Арк.</i> | <i>Акрушів</i> |
| <i>Перевір.</i> | <i>Артемченко</i> | | | | | | | | 6 | 53 |
| <i>Н. Контр.</i> | <i>Мачок</i> | | | | | | | ЦНТУ | | |
| <i>Затверд.</i> | <i>Леценко</i> | | | | | | | ар. ГМ22-1.1 | | |

2. Інженерна частина

Обробіток ґрунту - це набір механічних методів і прийомів, спрямованих на поліпшення його структури, підвищення родючості та створення оптимальних умов для росту та розвитку рослин. Ці прийоми включають в себе різні операції, спрямовані на зміну фізичних і хімічних властивостей ґрунту, що є важливими для забезпечення високих врожаїв. Розрізняють три основні типи обробітку ґрунту: основний, поверхневий і спеціальний. Кожен з цих типів має свої характеристики та відповідні машини для виконання відповідних операцій [1,2].

Головною операцією для забезпечення необхідних умов для посіву насіння є поверхневий обробіток ґрунту, який зазвичай включає культивуацію. Культиватори призначені для розпушення поверхні ґрунту на різні глибини, знищення бур'янів та підготовки насінневого ложа. Вони також можуть вносити мінеральні добрива та виконувати інші операції для підготовки поля до посіву, тому передпосівний обробіток є основним напрямом їх використання [3].

Для цих операцій використовують універсальні культиватори для суцільного обробітку ґрунту. На сьогоднішній день в їх конструкцію входять різні модулі для виконання одночасно декілька технологічних процесів, що дає можливість збільшити їх універсальність, а самі культиватори все більше переходять в нішу універсальних ґрунтообробних агрегатів. З метою визначення недоліків і переваг конструкцій таких ґрунтообробних машин необхідно провести огляд найбільш розповсюджених зразків.

2.1 Огляд конструкцій ґрунтообробних агрегатів для передпосівного обробітку ґрунту

На сьогоднішній день виробники як закордонні так і вітчизняні пропонують свої варіанти універсальних ґрунтообробних знарядь [4-9], розглянемо ті їх варіанти які можна використовувати на передпосівному обробітку ґрунту під класичні культури які вирощуються в Україні.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | МОК 00.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 7 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Так, Уманьферммаш ТіЗ пропонує паровий причіпний культиватор КПП 8.2 [4], який представляє собою покращену та модифіковану версію для обробки ґрунту. Він оснащений сучасною імпортною лапою останнього покоління та розширеними котками для ефективного розбиття грудок. Цей агрегат призначений для повноцінної культивації та передпосівної обробки (рис. 2.1).



Рис. 2.1 Культиватор КПП 8.2 від Уманьферммаш ТіЗ

Особливістю культиватора є наявність пластинчастого котка але такий коток більше направлений на завершальну операцію подрібнення грудок і планування поверхні поля, для ущільнення ґрунту і підготовки насінневого ложа він не зовсім підходить.

Іншою пропозицією від Уманьферммаш ТіЗ є комбінований ґрунтообробний агрегат АКГ-3 [5], який призначений для основної обробки ґрунту або передпосівної (рис. 2.2). Цей агрегат одночасно виконує інтенсивне розпушення і вирівнювання ґрунту, механічне знищення бур'янів і збереження на полі понад 80% пожнивних залишків мульчі, що сприяє запобіганню ерозії, перегріву ґрунту і зменшенню випаровування вологи, прикочування розпушеного ґрунту.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | МОК 00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 8 |



Рис. 2.2 Ґрунтообробний агрегат Уманьферммаш ТіЗ

Агрегат АКГ-3 оснащений батареєю клинових котків спірального типу, які більше направлені на мульчування ґрунту і знищення бур'янів, для суцільного ущільнення насінневого ложа вони не зовсім підходять.

Культиватор 4-рядний причіпний суцільний General КПС 4.0 – Bellota [6] - універсальний культиватор, призначений для передпосівної культивації та суцільного обробітку парів (рис. 2.3). Даний культиватор здатний забезпечити повну підготовку ґрунту до посіву за один прохід по полю.



Рис. 2.3 Культиватор General Machines

| | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|----------------------|------|
| | | | | | | МОК 00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | 9 |

General КПС виконує чотири операції одночасно: видалення рослинних залишків та без обертання пласту розпушення ґрунту; для запобігання випаровування вологи, ущільнення та формування ідеальної структури насінневого ложа та поверхневого шару ґрунту прикочуючими котками; очищення пару від бур'янів з видаленням їх коріння та підрізанням; руйнування великих грудок та планування і вирівнювання ґрунту пружинним гряділем. Лапові робочі органи розташовані у три ряди, рівномірно, у шаховому порядку, це забезпечує ефективне перемішування ґрунту та розпушення, не забиваючись рослинними залишками та бур'янами. Але пластинчастий коток, яким оснащується агрегат добре планує і подрібнює ґрунт але ущільнююча його дія незначна.

TopDown 300-700 [7] - це машина для обробки ґрунту, розроблена компанією Great Plains (рис.2.4), ця техніка поєднує в собі кілька важливих функцій для досягнення оптимальних результатів обробки ґрунту перед посівом. Машина призначена для роботи на різних типах ґрунтів і в різних кліматичних умовах, що робить її досить універсальною в сільському господарстві. TopDown 300-700 об'єднує в собі декілька операцій, таких як розпушення, культивація, та внесення добрив, що дозволяє економити час і ресурси. Машина може працювати на різних глибинах обробки, що робить її універсальною для різних типів культур. Машина оснащена передовою системою контролю, яка дозволяє точно регулювати параметри обробки ґрунту, такі як глибина та інтенсивність обробки. Загалом, TopDown 300-700 є високоефективною та універсальною машиною для обробки ґрунту.



Рис. 2.4 Väderstad TopDown 300-700

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | МОК 00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 10 |

Поряд з перевагами цієї машини є один недолік, батарея котків має конструкцію направлену на рядкове, локальне ущільнення насінневого ложа, що ефективно не для всіх вирощуваних культур.

HORSCH Terrano FX [8] є компактним універсальним культиватором (рис. 2.5), який завдяки різним типам робочих органів може застосовуватися як для поверхневого обробітку стерні, так і для інтенсивної культивації з перемішуванням поживних решток на глибину від 5 до 30 см. Його надійна конструкція рами з трьома балками і високою прохідністю забезпечує рівномірне перемішування поживних залишків навіть в умовах високої складності. Довготривале перебування ґрунту в робочій зоні Terrano FX разом із спеціальною формою лап гарантує значно кращу якість перемішування порівняно з двобалковими моделями. Різні типи швидкознімних робочих органів (стрілчасті лапи для поверхневого обробітку або лапи для розпушування з інтенсивним перемішуванням) розширюють можливості використання машини як з точки зору робочої глибини, так і з точки зору якості обробітку. Завдяки гідравліці трактора і ущільнювальному котку, Terrano FX точно дотримується заданої глибини обробітку.



Рис. 2.5 Культиватор HORSCH Terrano FX

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | МОК 00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 11 |

Поряд з перевагами даної моделі до недоліків можна віднести конструкцію котка який ущільнює ґрунт локально по ширині захвату елемента котка.

Versatill Vo Profi [9] - це високо універсальний культиватор, розроблений для поверхневого або передпосівного обробітку ґрунту (рис. 2.6). Завдяки широкому асортименту різних типів долот і лап, розташованих у шести рядах, цей культиватор може бути налаштований на любі потреби. Навіть при роботі на полях з великою кількістю рослинних залишків або на вологих ґрунтах, культиватор має відмінну пропускну здатність. Versatill Vo Profi також ідеально підходить для передпосівної підготовки завдяки легкому, але міцному каркасу. Крім того, він може бути обладнаний передньою вирівнюючою планкою Crushbar, яка регулюється гідравлічно, або встановлена після секції лап для рівномірного вирівнювання нерівностей рельєфу та розбиття грудок. Завершальна обробка здійснюється за допомогою різних типів котків, які ущільнюють поверхню та створюють оптимальну структуру ґрунту.



Рис. 2.6 Культиватор Versatill Vo Profi

Недоліком такого культиватора є використання швелерних котків які можуть використовуватись не для всього діапазону вирощуваних культур.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | МОК 00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 12 |

2.2 Стан питання про машину, яка модернізується

Після проведеного огляду машин які представлені в Україні можна сказати, що всі вони добре справляються з процесом підготовки агрегатного складу ґрунту, але залишається питання про ущільнення насінневого ложа. Тому для модернізації і подальшого покращення операції передпосівного обробітку ґрунту нами взятий за основу культиватор КШУ 8 компанії «Агроліга» [10], він є недорогим універсальним багатофункціональним засобом для обробітку ґрунту. КШУ 8 призначений для суцільного передпосівного та парового обробітку ґрунту і підготовки поля під посів. В конструкції культиватора передбачені котки для суцільного обробітку по ширині захвату агрегату трубчастого типу для покращення кришення, а для планування поверхні поля в конструкції присутній гряділь (рис. 2.7).

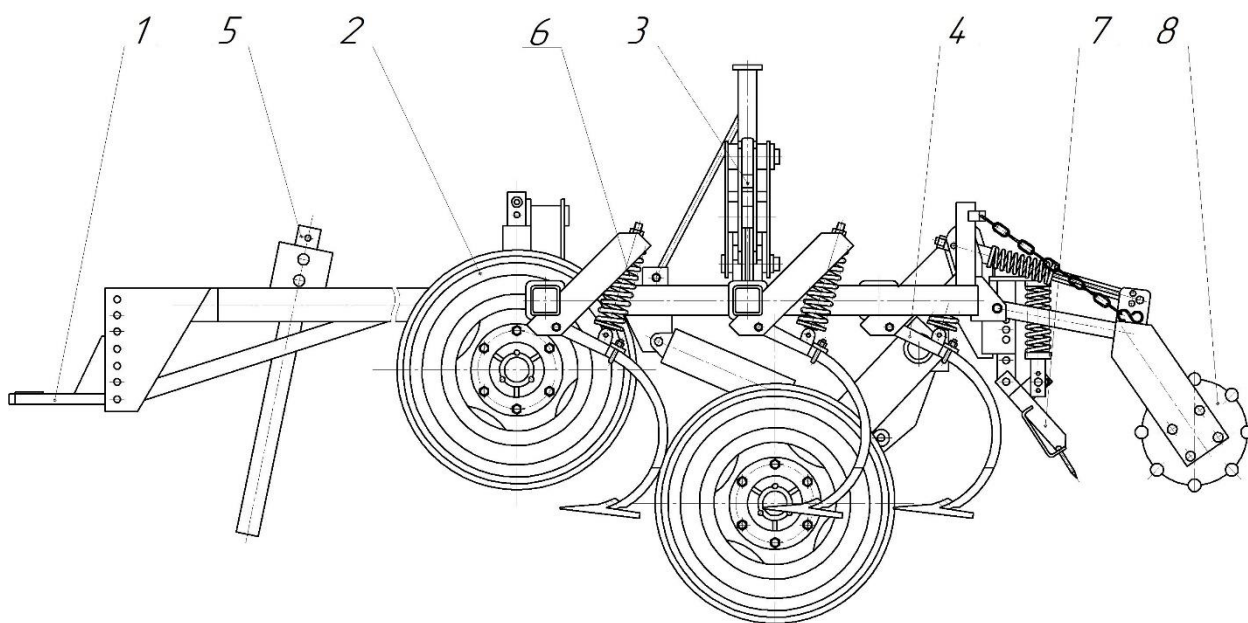


Рис. 2.7 Схема культиватора КШУ 8 для передпосівного обробітку ґрунту:

1 – причіп; 2 – опорне колесо; 3 – гідропривід; 4 – лапа; 5 – опорна стійка; 6 – пружинний механізм; 7 – гряділь; 8 – трубчастий коток

Основні характеристики культиватора КШУ 8 [10]:

- напівпричіпний;
- продуктивність 7,5 - 12 га/год;
- ширина захвату 8 м;

| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |
|------|------|----------|--------|------|
| | | | | |

МОК 00.000 ПЗ

Арк.

13

- швидкість в загінці до 12 км/год;
- глибина обробки за один прохід 6 - 15 см;
- кількість робочих органів (лап) 27;
- ширина захвату лапи 240 мм.

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

Вага: 3435 кг

Культиватор використовується з тракторами класу 3 -4.

2.3 Аналіз технологічних характеристик сучасних культиваторів

Універсальний культиватор суцільного обробітку призначений для поверхневого розпушування ґрунту, часткового загортання рослинних решток і створення рівного посівного ложа, знищення бур'янів та мульчування. Сучасні тенденції у вирощуванні зернових і технічних культур передбачають відмову від спеціалізованої техніки на користь універсальних багатофункціональних агрегатів. Це не лише економічно доцільніше завдяки зменшенню кількості проходів трактора по полю, але й сприяє зменшенню ущільнення ґрунту, що позитивно впливає на розвиток рослин і майбутню врожайність.

Результатом роботи сучасних робочих органів культиватора є створення дрібногрудкуватої структури ґрунту, яка має важливе значення для поліпшення умов проростання насіння. Ця структура збільшує площу контакту ґрунту з насінням, що забезпечує краще зволоження насіння та підвищує його шанси на успішне проростання. У відсутності такої структури насіння може проростати гірше, або ж взагалі не проростати.

Проте активне подрібнення ґрунту може призводити до зниження його загальної щільності. Це може бути небажаним, оскільки оптимальна щільність для росту рослин становить приблизно 1,1 г/см³, а після обробки культиватором щільність може зменшитися до 0,7 г/см³. Для створення оптимальних умов для рослин сучасні культиватори все частіше оснащують

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | МОК 00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 14 |

додатковими робочими органами для ущільнення ґрунту. Такі робочі органи, як пружинні борінки, гряділі, котки або системи котків, прикочувальні колеса тощо, допомагають повернути ґрунт до оптимальної щільності після активного розпушення. Це не лише сприяє кращому проростанню та розвитку рослин, але і корисно для біологічних процесів у ґрунті.

Універсальний культиватор КШУ 8 може виконувати як передпосівний обробіток як на невеликій глибині, так і працювати на глибині до 15 см. Він спроможний створювати сприятливі умови для збереження вологи взимку на полях, призначених для посіву ярих культур. Така машина має велику ширину захвату, міцну раму, глибоке ешелонування (зазвичай по 4–6 рядів робочих органів), а також обладнана вирівнювальним та ущільнювальним обладнанням. На універсальних культиваторах лапи закріплюються на жорсткій рамі. Для амортизації використовується пружинна стійка, яка має різний рівень жорсткості по довжині. Оскільки ґрунт має кілька рівнів нерівностей, на які необхідно впливати, використання низькочастотних та високочастотних коливань є ефективним. Цього зазвичай достатньо для якісного розпушування ґрунту з мінімальними енерговитратами і забезпечення відхилення лапи в разі зіткнення з перешкодою.

Таким чином, можна стверджувати, що на сьогоднішній день як закордонні так і вітчизняні виробники створили універсальні багатофункціональні агрегати для ефективного обробітку ґрунту, які можуть працювати в різних ґрунтових умовах. Але потрібно звернути увагу на заключний процес при передпосівному обробітку ґрунту, а саме прикочуванню і забезпеченню якісного виконання цього процесу через конструктивне удосконалення форми котків.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | МОК 00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 15 |

2.4 Конструктивно-технічний аналіз існуючих прикочуючих котків агрегатів для передпосівного обробітку ґрунту

Для з'ясування переваг та недоліків сучасних конструкцій котків агрегатів для передпосівного обробітку ґрунту проведемо аналіз показників їх роботи. Так компанія Horsch [8] встановлює на свій культиватор Terrano FX різноманітні види котків (рис. 2.8) для забезпечення максимальної кількості операцій широкого кола робіт.

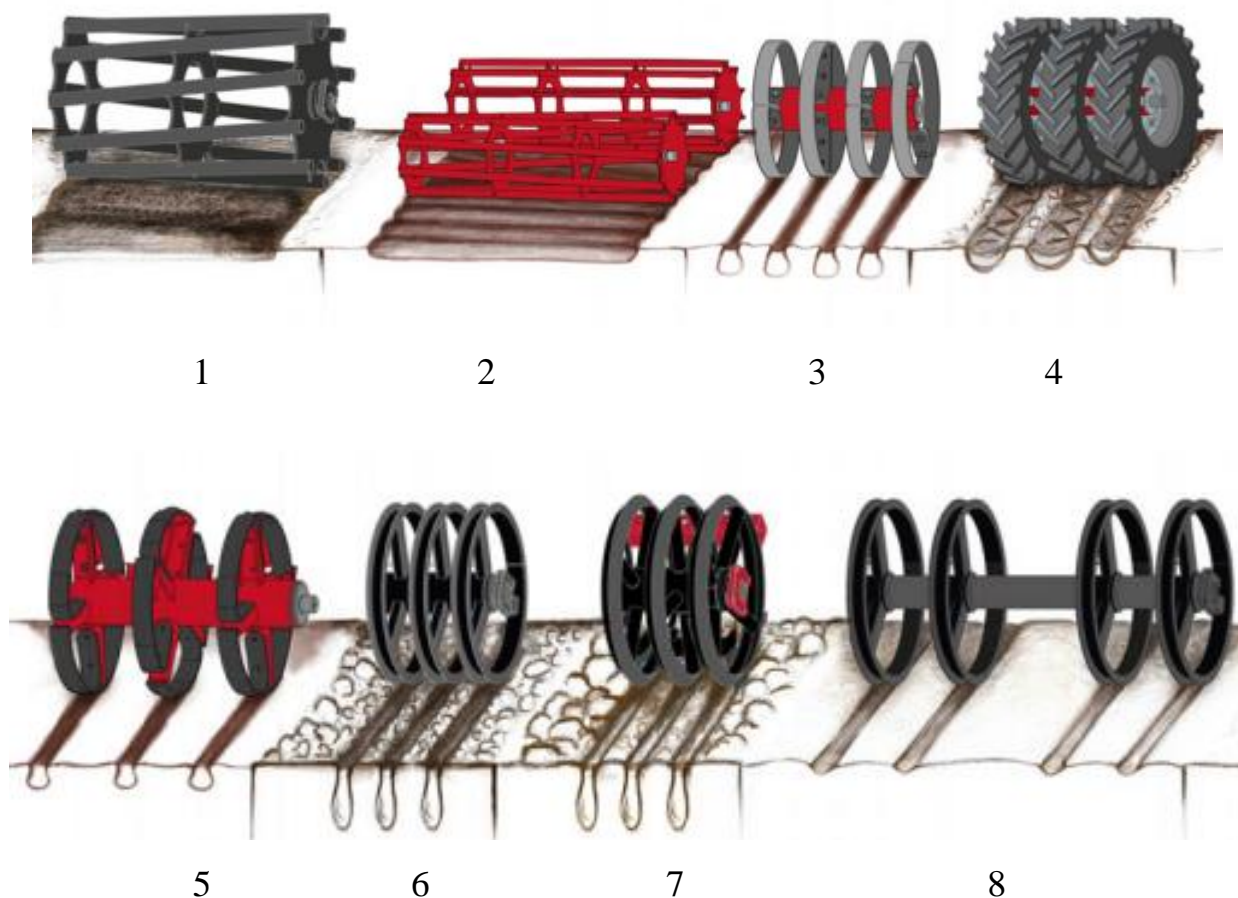


Рис. 2.8 Котки Terrano FX:

1 – прудковий коток; 2 - DoubleCage; 3 - RingFlex; 4 - Колісний коток \varnothing 65 см - 185/65-15; 5 – RollFlex; 6 – RollPack; 7 – RollCut; 8 – RollPack для перезвожених ґрунтів

Для передпосівного обробітку Horsch робить упор в основному на прикочування по сліду робочих органів які виконують розпушення (рис. 2.8 3-8) такі котки більше підходять для систем точного землеробства, а також в

агрегатах централізованого висіву як заключна операція. Для суцільного обробітку використовуються котки трубчастої конструкції, як одинокі так і спарені, такі котки (рис. 2.8 1,2) в основному направлені на планування поля і подрібнення або мульчування, якщо присутні рослинні рештки, ущільнююча їх дія мінімальна.

Котки виробництва компанії Farnet [11], мають суцільну дію на ґрунт (рис. 2.9), використовуються в системі ґрунтообробних знарядь як складова частина передпосівного агрегату. В основному робота направлена на подрібнення, вирівнювання, планування але не на ущільнення.



Рис. 2.9 Котки виробництва Farnet:

1 – пластинчастий; 2 – шпоровий; 3 - пластинчастий з ребордами

Для ущільнення і подрібнення підходить лише кільчасто шпоровий коток, але і в нього є ряд недоліків: конструкція котка не зовсім придатна для використання на ґрунтах з підвищеною вологістю, для роботи на більш сухих коток потрібно довантажувати, сам по собі він має значну вагу і складний у виготовленні.

Котки виробництва компанії Elvorti [12], направлені в основному на виконання робіт по розпушенню, підготовці агрегатного складу ґрунту та роботу із рослинними рештками (рис. 2.10).



Рис. 2.10 Котки виробництва Elvorti:

1 – пластинчастий; 2 – трубчастий; 3 – спіральний

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | МОК 00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 17 |

Так, пластинчастий коток направлений на подрібнення ґрунту і забезпечення його дрібногрудкуватої структури але має низьку ущільнюючу дію. Трубчастий коток під час своєї роботи перемішує рослинні залишки із ґрунтом, вирівнює його і планує, здійснює незначну ущільнюючу дію. Спіральний коток більше підходить для змішування рослинних решток з ґрунтом, вирівнювання поверхні після проходу основних робочих органів та вичісування бур'янів. Розглянувши котки Elvorti можна відмітити, що широкої універсальності вони не мають, значної ущільнюючої дії не несуть, для передпосівного обробітку підходять але потребують додаткових операцій.

Таким чином аналіз найбільш розповсюджених конструкцій котків відомих виробників показав, що котків із значною ущільнюючою дією і одночасно придатною для мульчування, подрібнення, планування та можливості працювати при підвищеній вологості практично немає. Тому актуальним є вдосконалення існуючих конструкцій в напрямку збільшення ущільнюючої дії для можливості підготовки насінневого лажа, а не тільки підповерхневого ущільнення.

2.5 Розрахунок міцності різьбового з'єднання механізму тиску котка на ґрунт

Механізм тиску котка на ґрунт складається із таких основних деталей: регулювального гвинта, пружинного механізму та обмежувальних шайб, механізм кріпиться в двох кронштейнах які розміщені на рамі і котку відповідно. Кріпиться механізм тиску котка за допомогою з'єднувальних штифтів та регулювальної гайки.

Для подальшого розрахунку складемо схему для розрахунку міцності різьбового з'єднання (рис. 2.11).

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | МОК 00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 18 |

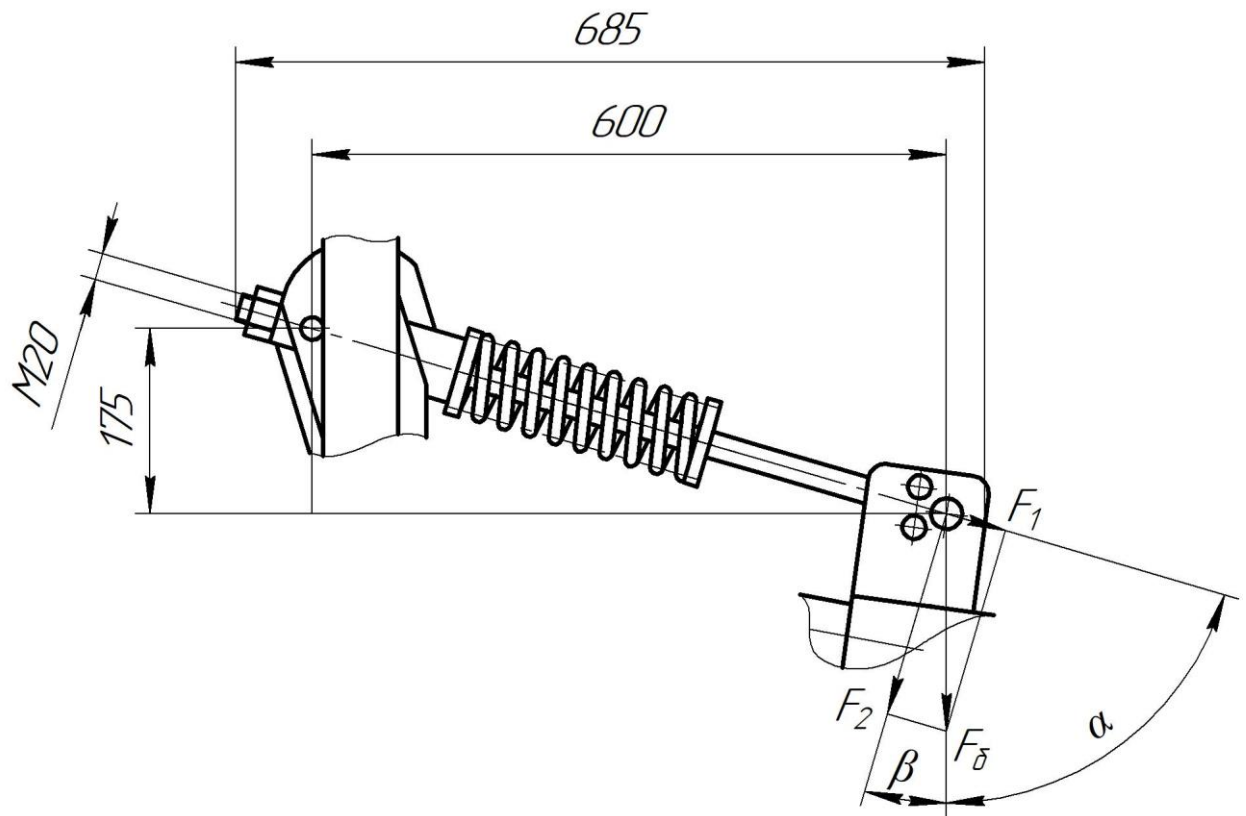


Рис. 2.11 Схема для визначення зусиль різьбового з'єднання

Під час роботи на різьбове з'єднання механізму тиску котка на ґрунт діє сила F_{δ} , яка дорівнює вазі батареї котків. Сила F_{δ} розкладається на складові F_1 і F_2 . Під час руху культиватора по нерівній поверхні різьбове з'єднання працює на розрив.

Розрахуємо сили F_1 і F_2 :

$$F_1 = F_{\delta} \cdot \cos \alpha ;$$

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

де F_{δ} - сила розтягу, яка виникає від ваги батареї.

Силу F_{δ} можна визначити із креслення батареї, вага складає 125 кг, кут $\alpha = 74^{\circ}$, кут $\beta = 16^{\circ}$.

$$F_1 = 1250 \cdot \cos 74^{\circ} = 1250 \cdot 0,274 = 342,5H$$

$$F_2 = 1250 \cdot \sin 16^{\circ} = 1250 \cdot 0,276 = 345H$$

| | | | | |
|------|------|----------|--------|------|
| | | | | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |

Розрахуємо діаметр різьбової частини механізму із умови на розтяг [13-15]:

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

де $[\sigma_F]$ - допустиме напруження на розтяг для гвинта із конструкційної сталі, розраховуємо за залежністю:

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

де σ_T - межа міцності для сталі Ст.3, $\sigma_T = 200 \text{ мПа}$ [16];

k - коефіцієнт запасу міцності, який залежить від точності виготовлених деталей, з'єднання і навантаження. Згідно рекомендацій [13], приймаємо $k = 7$.

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

Діаметр різьбової частини:

$$d > \sqrt{\frac{4F_6}{\pi[\sigma_F]}}$$

$$d > \sqrt{\frac{4 \cdot 1250}{3,14 \cdot 28,6}} = 7,8 \text{ мм}$$

Приймаймо із конструктивних міркувань $d = 20 \text{ мм}$, оскільки навантаження на механізм залежить від конкретних умов і може варіюватись до двох разів.

Виконуємо перевірку різьбового з'єднання на розтяг:

$$\sigma_F = \frac{4 \cdot 1250}{3,14 \cdot 20^2} = 4 \text{ мПа} < [90 \text{ мПа}]$$

Як видно із проведених розрахунків отримане значення навантаження на різьбове з'єднання буде в кілька разів менше допустимого, тому умова міцності виконується.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | МОК 00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 20 |

2.6 Розрахунок навантаження на коток культиватора КШУ 8

Розрахунок виконаємо згідно рекомендацій [16-18].

Вихідні дані:

Маса батареї котків $Q = 125 \text{ кг}$;

Максимальне навантаження на натискну пружину 140 кг .

Проведемо розрахунок зусилля натискної пружини батареї котків в робочому положенні (рис. 2.12):

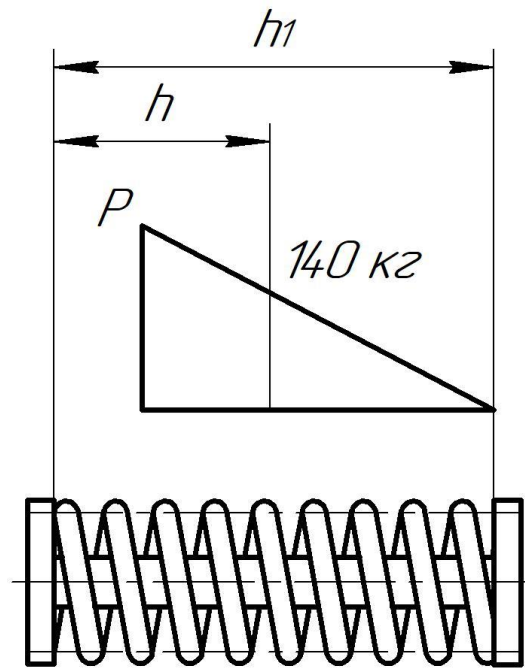


Рис. 2.12 Схема діючих сил на пружину

Методом інтерполяції (рис. 2.12) визначаємо зусилля пружини в робочому положенні:

$$\frac{h}{140} = \frac{h_1}{P}$$

$$P = \frac{140 \cdot h_1}{h} = \frac{140 \cdot 228}{303} = 105,4 \text{ кг}$$

де $h = 303 \text{ мм}$; $h_1 = 228 \text{ мм}$

Визначаємо графічно (рис. 2.13) із загального вигляду культиватора кут 16° між віссю пружини і віссю кронштейна батареї котків.

| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |
|------|------|----------|--------|------|
| | | | | |

МОК 00.000 ПЗ

Арк.

21

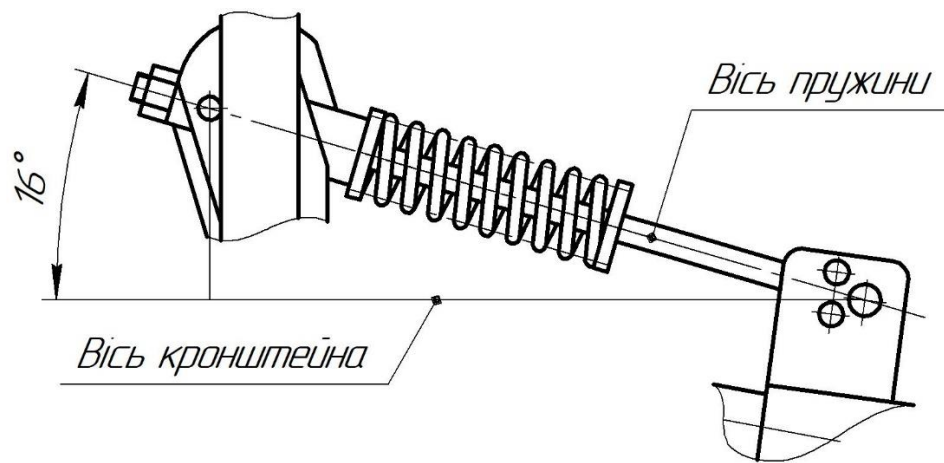


Рис. 2.13 Схема для визначення кута нахилу пружини

Визначимо кінцеве значення зусилля пружини в робочому положенні згідно розрахункової схеми (рис. 2.14).

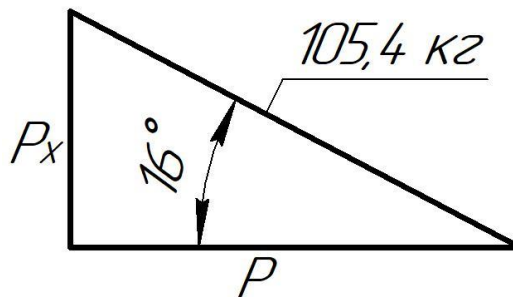


Рис. 2.14 Розрахункова схема для визначення зусилля пружини

$$\cos 16^\circ = \frac{P}{105,4}$$

$$P = 105,4 \cdot \cos 16^\circ = 95,5 \text{ кг}$$

$$P_x = \sqrt{105,4^2 - 95,5^2} = 44,597 \text{ кг}$$

Загальне навантаження складе:

$$P_{\text{заг}} = Q + P_x = 125 + 44,6 = 169,6 \text{ кг}$$

Навантаження на елементи навіски прикочуючого котка культиватора визначаємо згідно рис. 2.15.

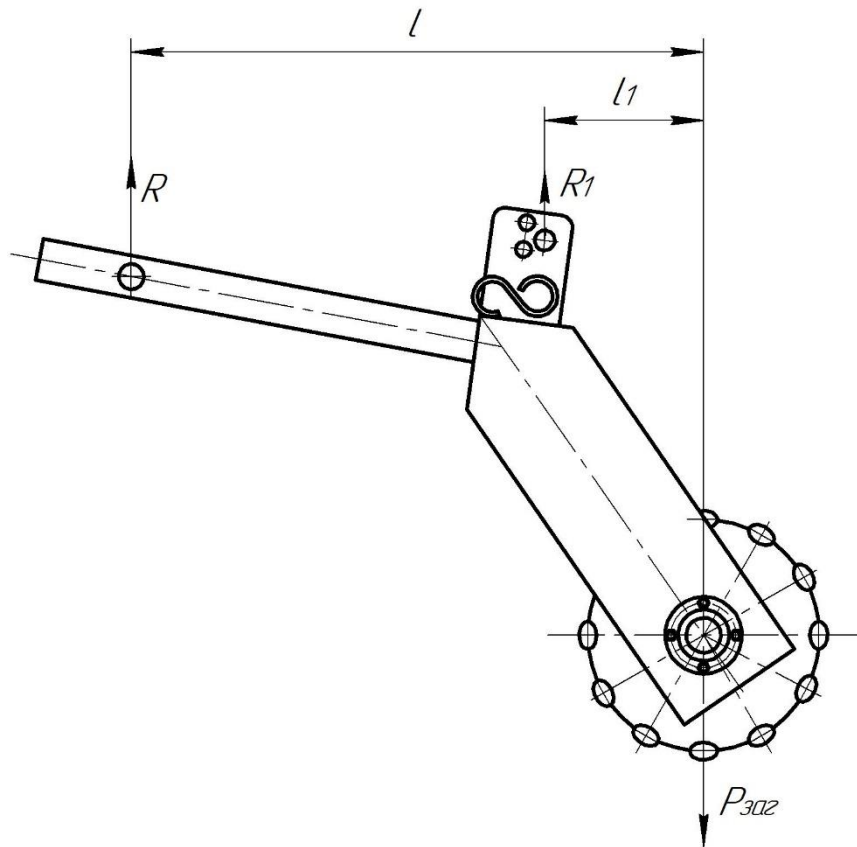


Рис. 2.15 Розрахункова схема навантажень на коток

Відстані $l = 0,525$ м і $l_1 = 0,135$ м визначимо графічно згідно креслення культиватора КШУ 8:

$$R = P \cdot l = 169,6 \cdot 0,525 = 89,04 \text{ кгс}$$

$$R_1 = P \cdot l_1 = 169,6 \cdot 0,135 = 22,9 \text{ кгс}$$

| | | | | |
|------|------|----------|--------|------|
| | | | | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |

МОК 00.000 ПЗ

Арк.

23

3. Наукова частина

Актуальність теми. Виконання якісного передпосівного обробітку ґрунту має величезне значення для майбутнього врожаю. Цей етап сільськогосподарських робіт забезпечує оптимальні умови для росту і розвитку рослин, що впливає на їх продуктивність та якість врожаю. Передпосівний обробіток ґрунту направлений на сприяння наступним процесам: розпушенню і подрібненню ґрунту для кращого доступу до кореневої системи води і повітря, вирівнюванню ґрунту і ущільненню насінневого ложа, що сприяє рівномірному проростанню кореневої системи рослин та забезпечує кращий доступ коренів до води, поживних речовин та кисню. Тому належне забезпечення технологічного процесу прикочування та підготовки насінневого ложа котком культиватора є актуальним завданням.

Мета і задачі дослідження. Мета роботи полягає в покращенні підготовки насінневого ложа та агрегатного складу ґрунту шляхом обґрунтування та вдосконалення конструкційних та технологічних параметрів прикочуючого котка культиватора для передпосівного обробітку ґрунту.

Для досягнення мети поставлено наступні задачі:

аналіз існуючого процесу роботи котків ґрунтообробних агрегатів для передпосівного обробітку для виявлення недоліків та обґрунтування шляхів їх усунення;

теоретично обґрунтувати конструкцію прикочуючого котка культиватора суцільної дії та визначити параметри які впливають на якісне виконання технологічного процесу;

провести оцінку техніко-економічної ефективності вдосконаленого котка в контексті збільшення врожайності при його використанні.

Об'єкт дослідження: технологічний процес роботи котка культиватора для передпосівного обробітку ґрунту.

Предмет дослідження: конструктивно-технологічні параметри котка культиватора для передпосівного обробітку ґрунту та його технологічні властивості які впливають на його роботу.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | МОК 00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 24 |

Наукова новизна отриманих результатів полягає в тому, що:

на основі теоретичного аналізу встановлено закономірності дії прутка котка на ґрунт та впливу його геометричних параметрів на виконання процесу прикочування;

теоретично встановлені залежності діаметра котка, відстані між сусідніми робочими елементами та зон перекриття від дії сусідніх прутків по відношенню до якісних показників процесу прикочування;

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

3.1 Патентний аналіз конструкцій котків

Для можливості вибору напрямку вдосконалення конструкції котка культиватора для передпосівного обробітку ґрунту виконаємо аналіз існуючих патентних конструкцій котків.

Патент на корисну модель №106459 [19]. Пропонується новий коток виконати комбінованим (рис. 3.1). Середня частина котка призначена для ущільнення ґрунту, а на ній розташовані просторово-трапецієвидні шпори, крайові ділянки яких відіграють роль направлених на мульчування ґрунту.

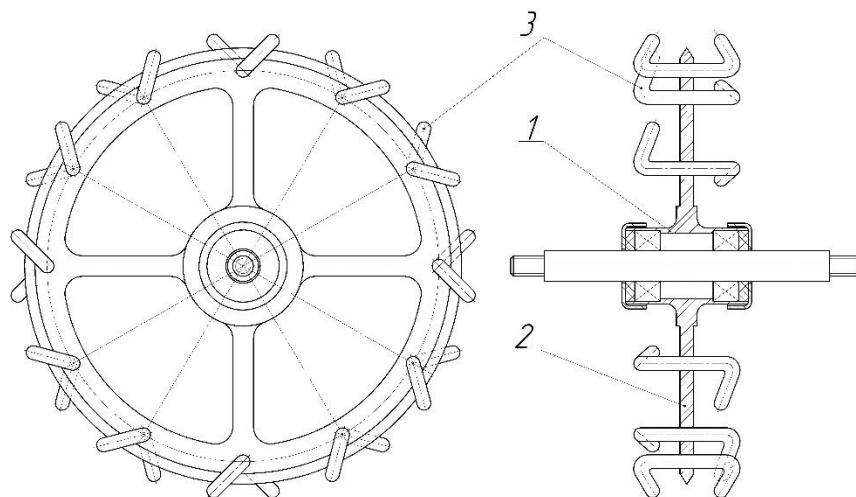


Рис. 3.1 Коток патент №106459

Запропонований коток має маточину 1, на якій розташований диск 2, що має загострення і служить для розгладжування великих грудок ґрунту, що потрапляють у зону прикочування та не зруйновані середньою частиною

| | | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Арк. |
| | | | | | | | | | 25 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | МОК 00.000 ПЗ | | | | |

котка. По колу на диску розташовані пальцеві шпори 3 просторово-трапецієвидного типу, що розігнуті в різні боки та призначені для ущільнення ґрунту у верхніх шарах ґрунту та його мульчування.

Недоліком такої конструкції є розмір пруткових шпор який якщо збільшити на більшу ширину буде втрачати свої властивості, такий коток більше призначений для мульчування ніж для ущільнення.

Патент на корисну модель № 106458 [20]. Запропонований коток виконаний комбінованим у середній частині передбачено ущільнювач ґрунту, а по обидва боки розміщені диски з пальцевими загортачами, які виконують функцію мульчування.

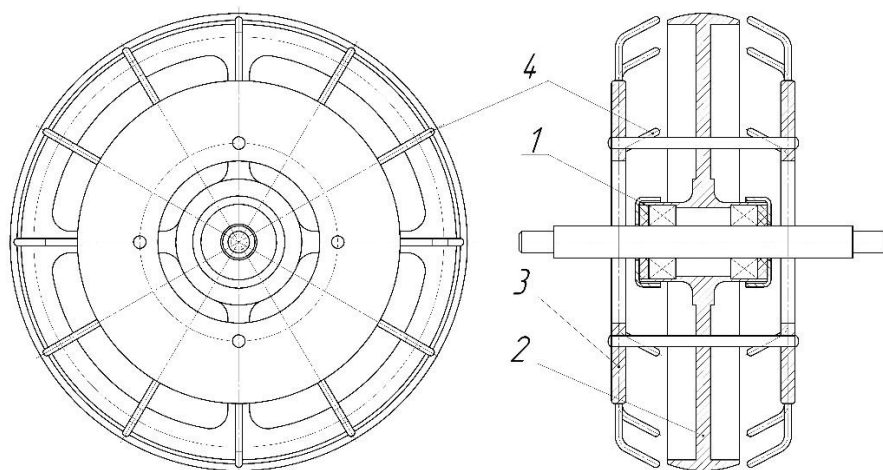


Рис. 3.2 Коток патент № 106458

Запропонований коток (рис. 3.2) має ступицю 1, на якій розташований ущільнювач котка 2, а з обох боків котка розміщені диски з нахиленими в бік рядка пальцевими загортачами 4. Робочий процес сівалки з запропонованим наступний: під час роботи центральна частина котка своєю округлою криволінійною поверхнею розбиває великі грудки ґрунту, які потрапляють у зону прикочування, та ущільнює ґрунт безпосередньо в зоні посіву насіння. Розміщені по обидва боки котка диски обертаються та за допомогою пальцевих загортачів, які нахилені в бік рядка, мульчують ґрунт і направляючи його до центру борозни, укривають її шаром дрібногрудкового ґрунту.

| | | | | |
|------|------|----------|--------|------|
| | | | | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |

Поряд з перевагами такої конструкції є головний недолік коток призначений для роботи тільки по сліду робочих органів і не здійснює суцільної дії на ґрунт.

Патент на корисну модель № 99740 [21]. На рис. 3.3 показано удосконалений прикочуючий коток. Запропонований коток складається з двох армованих гумових ободів 1 із сідлоподібним профілем, розміщених вертикально по обидва боки від рядка. Ободи з'єднані між собою прутковими рамками 2, закріпленими на диску маточини 3. Ці рамки мають мульчуючі елементи у вигляді прямої чотиригранної піраміди та загострення. Вертикальний тиск, який створює коток, рівномірно розподіляється в зоні залягання насіння, забезпечуючи оптимальні умови для його проростання.

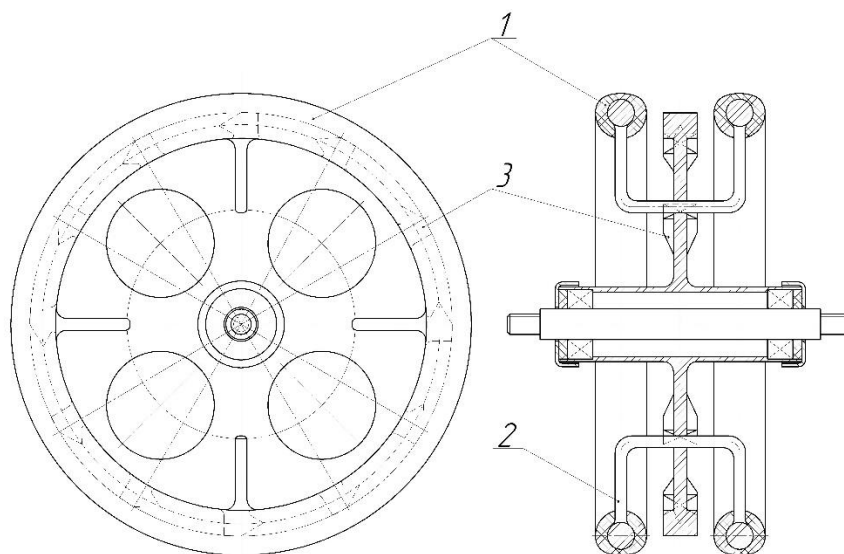


Рис. 3.3 Коток патент № 99740

Головним недоліком такого котка є утворення сліду після проходу прутків котка, що розміщені вертикально. При їх використанні буде існувати потреба у додаткових елементах для руйнування цього сліду у вигляді борін.

В патентах [22-24] пропонуються схожі за конструктивом котки які мають вже вище перераховані як переваги так і недоліки при їх використанні на передпосівному обробітку ґрунту.

Патент на корисну модель № 89181 [25]. Новий прикочуючий коток виконаний комбінованим і має два рівні (рис. 3.4): внутрішній - сітковий та зовнішній - прутковий.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | МОК 00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 27 |

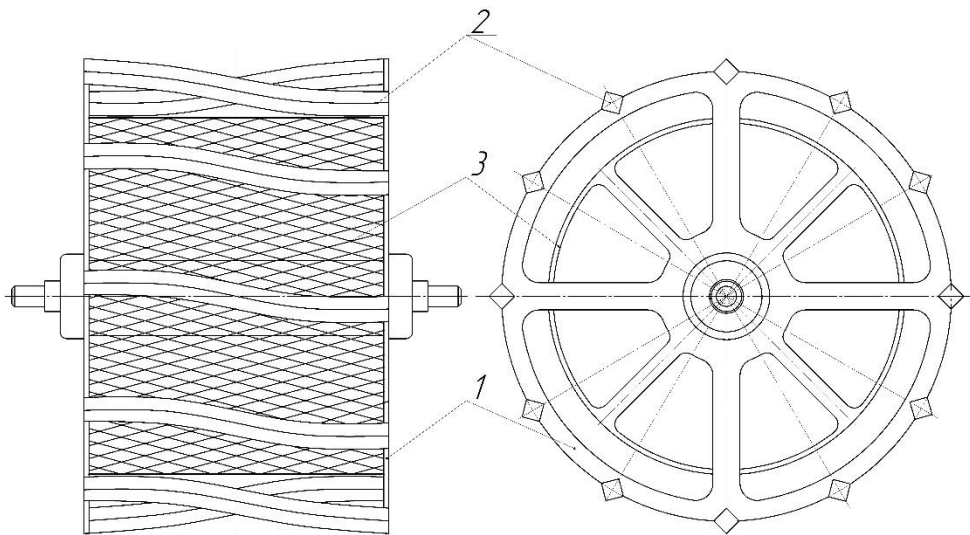


Рис. 3.4 Коток патент № 89181

Розроблена конструкція прикочуючого котка має розташовані вертикально по обидва боки від рядка два металеві ободи 1, які з'єднані прутками квадратного профілю 2. Прутки вигнуті по коробовій еліптичній кривій в горизонтальній площині і призначені для руйнування поверхневої кірки та ущільнення ґрунту над рядком. В середині пруткового котка розміщений другий сітковий коток 3 меншого діаметра, який знаходиться на спільній осі. Він призначений для руйнування часток ґрунту, які не були зруйновані прутками на першому рівні, та наступного мульчування над рядком.

Конструкцію такого котка можна використати для подальшого удосконалення так як він має суцільну ущільнюючу дію, але сам ущільнювач треба раціоналізувати під задачі прикочування на значну глибину.

Патент на корисну модель № 116937 [26]. Новий ущільнюючий коток виконаний у формі дворівневого, де перший рівень складається з циліндричної робочої поверхні з округленими кінцями, призначеної для рівномірного ущільнення верхнього шару ґрунту. Другий рівень має форму гвинтової просторової поверхні опуклої криволінійної форми і призначений для рівномірного ущільнення нижнього шару ґрунту.

| | | | | |
|------|------|----------|--------|------|
| | | | | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |

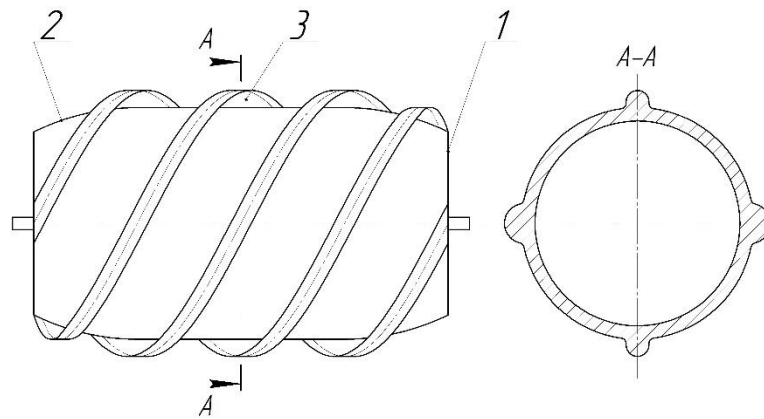


Рис. 3.5 Коток патент № 116937

На рис. зображено запропонований ущільнюючий коток із розрізом. Він включає боковини 1, на яких розміщена циліндрична робоча поверхня з округленими кінцями 2, а на цій поверхні розміщена гвинтова просторова поверхня опуклої криволінійної форми 3.

Перевагами котка можна вважати дворівневе ущільнення ґрунту, але така конструкція буде потребувати декілька проходів для рівномірного ущільнення на глибині посіву і додаткових мульчуючих пристроїв для вирівнювання поверхні після проходу котка і руйнування поврхневої кірки.

Для можливості теоретичного обґрунтування нової конструкції котка для передпосівного обробітку ґрунту необхідно провести аналіз наукових досліджень котків.

3.2 Аналіз наукових досліджень котків для обробітку ґрунту

У своїй роботі, що досліджує котки сівалок, Артеменко Д.Ю. [27] проводить експериментальні вимірювання, спрямовані на виявлення різних зон деформацій та ущільнення, що виникають під дією прикочуючих котків сівалок. Отриманий висновок підкреслює, що крім діаметра та навантаження на коток, значний вплив на процес прикочування має геометрична форма його робочої поверхні, що є однією з основних характеристик, що визначає якість виконання даного процесу.

В роботі [28] Іванюта М.В. проводить аналіз гладких котків і відзначає, що найбільший вплив на ущільнення ґрунту на глибину до 10 см має діаметр

| | | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Арк. |
| | | | | | | | | | 29 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | МОК 00.000 ПЗ | | | | |

котка. Дослідник встановив, що оптимальний діаметр котка знаходиться в діапазоні 400-500 мм. Підкреслюється, що збільшення діаметра котка не призводить до значних покращень у процесі ущільнення ґрунту. Також відзначається, що гладкий циліндричний коток при певних діаметрах та навантаженні на ґрунт 550-750 Н може забезпечити необхідну якість ущільнення згідно з агротехнічними вимогами. Однак у дослідженні не вказано відомостей щодо розподілу зон ущільнення при використанні циліндричного котка по всій ширині його захвату.

Рожков П.М. в [29], акцентує увагу на якості прикочування ґрунту. Проводились дослідження різних закономірностей деформації ґрунту під впливом котків, розроблено схему взаємодії між котками та ґрунтом, отримане рівняння для розрахунку напружень у зоні контакту котків з ґрунтом в залежності від властивостей ґрунту і їх параметрів. Визначено оптимальну форму котка для рівномірного ущільнення та показано, що поперечний профіль котка значно впливає на якість прикочування. Також встановлюється, що конструкція котка з прямолінійною ділянкою та з криволінійними краями підвищує ефективність ущільнення. Відмічено, що використання котків з криволінійним профілем може сприяти підвищенню врожайності сільськогосподарських культур.

Дослідження, проведене Шустіком Л. [30], демонструє, що застосування шпорового котка у передпосівному обробітку ґрунту в поєднанні з робочими органами культиваторів забезпечує більш високу якість обробки у порівнянні з котком швелерного типу. За результатами експериментів шпоровий коток діє комплексно на ґрунт, сприяючи створенню оптимальної щільності у посівному шарі та сприяючи збереженню вологи. Також дослідження вказує на доцільність використання швелерного котка під час луцення стерні, поверхневого та напівпарового обробітку ґрунту.

Експериментальні дослідження, проведені з метою порівняння роботи кольчасто-шпорових і зубчасто-шпорових котків [31], показують, що такі типи котків не можна універсально використовувати на всіх етапах ґрунтообробки.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | МОК 00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 30 |

Тому у передпосівному обробітку вони переважно мають обмежене застосування, де вони ефективні у виконанні операцій подрібнення та поліпшення структури верхнього шару поля. У випадку підвищення вологості, такі котки можуть мати схильність до залипання, хоча в деяких конструкційних варіантах вони придатні виконувати технологічний процес в задовільній якості.

У своїй статті [32] Степченко С. підкреслює значний вплив процесу прикочування ґрунту як для передпосівного, так і післяпосівного обробітку, визначаючи його як важливу операцію в землеробстві. Він пропонує огляд конструкцій котків, як вітчизняного, так і закордонного виробництва, і робить висновок, що асортимент котків постійно розширюється, а виробники все більше удосконалюють цей робочий орган.

Аналіз конструкцій котків [4-12, 19-26] які можуть використовуватись для передпосівного обробітку ґрунту показав, що на сучасних машинах в основному використовуються котки класичних конструкцій шпорові, трубчасті спіральні, пружинні, пруткові, а також котки закордонних виробників направлених на системи точного землеробства. Конструкції поверхонь робочих елементів котків культиваторів переважно мають прості і прямолінійні форми кругового профілю. Основна мета таких котків подрібнення ґрунту і планування поверхні, ущільнююча їх спроможність залишається в верхніх шарах оброблюваної поверхні. Тому необхідно направити зусилля на розробку конструкцій котків культиваторів із збільшеною здатністю ущільнювати ґрунт на більш глибокі шари не втрачаючи переваг у подрібненні.

3.3 Обґрунтування удосконаленої конструкції котка культиватора КШУ 8

Культиватор КШУ 8 оснащений прутковим котком (рис. 3.6) який призначений для подрібнення великих грудок і підповерхневого ущільнення

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | МОК 00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 31 |

грунту, разом з подрібненням нахилені під кутом прутки сприяють вирівнюванню поверхні ґрунту.

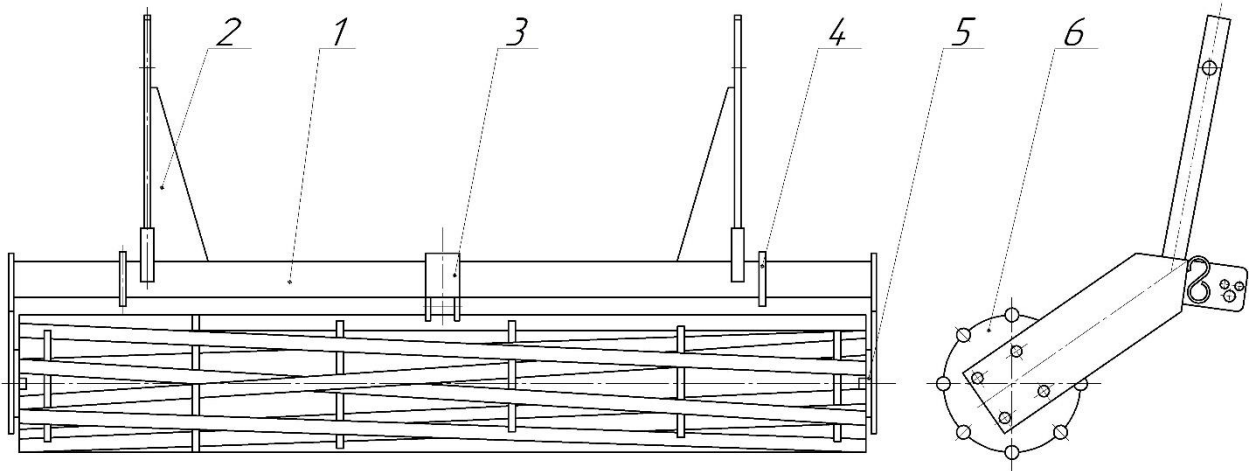


Рис. 3.6 Серійний коток культиватора КШУ 8:

1 – рама котка; 2 – кронштейн навіски; 3 – кронштейн кріплення механізму навантаження; 4 – кріплення ланцюгового обмежувача; 5 – підшипниковий вузол; 6 – коток

Прутковий коток має таку конструкцію (рис. 3.6). Рама котка 1 має підшипниковий вузол 5 через який відбувається з'єднання її з диском котка за допомогою осі. На рамі також розміщені: кронштейни навіски 2, для під'єднання до рами культиватора; кронштейн кріплення механізму навантаження, через який можна регулювати тиск на коток; кріплення ланцюгового обмежувача 4; коток 6 складається із 8 прутків нахилених під кутом атаки і розміщених з кроком під 45 градусів один відносно одного. Коток за рахунок кута атаки прутків подрібнює грудки та може здійснювати ущільнюючу дію на ґрунт.

Але недоліком такої конструкції є незначна ущільнююча дія на насінневий шар ґрунту де буде розміщуватись насіннєве ложе, особливо це буде відчуватись в посушливий період.

Тому нами проводилось удосконалення котка культиватора КШУ 8 шляхом зміни конструкції робочого елемента котка (прутка) для збільшення його ущільнюючої дії в зоні розміщення насіння незалежно від фізичного стану ґрунту, такий коток зможе не тільки більш вагомо подрібнювати ґрунт і

планувати його, а і утворювати на глибині посіву сприятливі умови для росту рослин.

Для подальшого вдосконалення конструкції прикочуючого котка культиватора для передпосівного обробітку ґрунту є важливим мати наукове розуміння процесу формування його робочих параметрів. Наукові дослідження, що включають теоретичний аналіз та експериментальні вимірювання [27-31, 33-36], підтверджують наявність полів напружень та деформацій у масиві ґрунту при впливі ґрунтообробних машин. Ці дослідження свідчать про те, що розподіл цих полів має вирішальне значення для процесу прикочування. Таким чином, при проектуванні конструкції робочої поверхні котка можна значно впливати на якість виконання технологічного процесу, забезпечуючи однорідне ущільнення ґрунту на всій глибині і ширині шару, на який діє коток.

Проведений нами аналіз конструкцій котків культиваторів як вітчизняного так і закордонного виробництва показав, що якість виконання процесу прикочування в значній мірі визначається формою його робочої поверхні та конструкцією котка. Основні недоліки існуючих робочих органів полягають у обмеженому впливі їх робочих елементів лише на верхній шар ґрунту та нерівномірному ущільненні ґрунту вздовж ширини захвату котка.

З метою усунення наведених недоліків, ми пропонуємо робочу поверхню котка виконати у вигляді прутків вигнутих по гвинтовій лінії на всю ширину захвату котка, в поперечному перерізі пруток має еліптичний профіль, а величина одного витка дорівнює половині ширини захвату котка (рис. 3.7).

На рис. 3.7 показані дві проекції модернізованого котка культиватора для передпосівного обробітку ґрунту. Запропонований коток складається із рами котка 1, котка 2, еліптичних прутків 3, підшипникового вузла 4.

Процес роботи запропонованого котка відбувається наступним чином: під час руху котка 2 прутки еліптичного профілю 3 плавно по гвинтовій траєкторії входить в розпушений шар ґрунту і здійснює поступову його деформацію по всій ширині захвату котка.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | МОК 00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 33 |

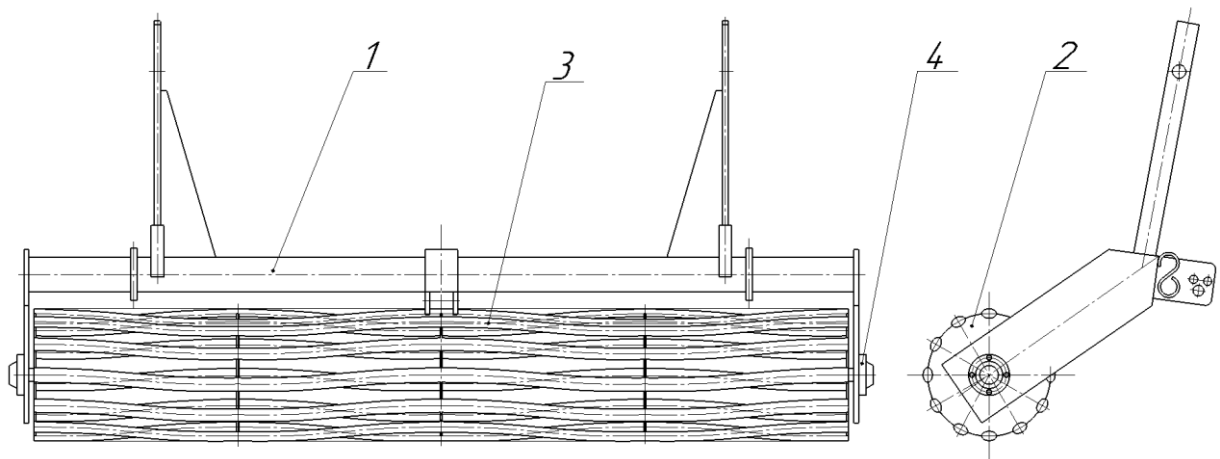


Рис. 3.7 Модернізований коток культиватора КШУ 8:

1 – рама котка; 2 – коток; 3 – прутки; 4 – підшипниковий вузол

Пруток еліптичного профілю 3 формує максимальний тиск в повздовжньому напрямку, а за рахунок кроку між прутками відбувається перекриття зон ущільнення. Еліптична поверхня прутка 3 під час зустрічі із грудками великих розмірів завдяки більшій площині контакту руйнує їх на більшу кількість складових частин покращуючи агрегатний склад ґрунту. За рахунок кроку між прутками і кращого подрібнення ґрунту відбувається більш плавне планування поверхні поля після проходження котка. При підвищенні сухості ґрунту за рахунок дії на раму котка 1 навантажувального механізму можна збільшити ущільнюючу дію котка, а бо забезпечити ущільнення більш глибоких шарів ґрунту при сприятливих умовах. Таким чином за рахунок прутка 3 який має еліптичний профіль і вигнутий по гвинтовій лінії можна досягти ущільнення ґрунту по всій ширині захвату котка і на більшу глибину.

Ефективність прикочуючого котка культиватора забезпечується: збільшенням щільності ґрунту в зоні розміщення, що допомагає підтягнути капілярну вологу і покращує його структуру, це створює сприятливі умови для проростання насіння. Конструкція профілю прутка котка дозволяє не тільки плавно збільшувати напруження в ґрунті, а і уникнути його згруджування, забезпечуючи однаковий рівень щільності по довжині і глибині роботи котка.

| | | | | |
|------|------|----------|--------|------|
| | | | | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |

МОК 00.000 ПЗ

Арк.

34

3.4 Обґрунтування основних параметрів котка КШУ-8

Для забезпечення необхідної якості прикочування ґрунту, коток повинен подрібнювати грудки, утворюючи верхній дрібногрудкуватий шар ґрунту та ущільнювати його в насіннєвому шарі до значень рекомендованих агро вимогами.

Подрібнення великих грудок та втискування їх у верхні шари ґрунту в основному залежить від конструктивних особливостей котка та сил які створюють його робочі елементи. Подрібнення грудок можливо коли напруження виникаючі за рахунок сил тиску які виникають від дії елементів котка більші тимчасового опору стискування ґрунту і вище допустимого напруження стискання руйнування грудки [37-39].

$$\sigma_k > \sigma_z > \sigma_p \quad (3.1)$$

Рекомендована нерівність (3.1) не повністю розкриває сам процес роботи котка тому, що на добре підсушених ґрунтах можуть бути грудки твердість яких набагато вища ніж в інших, тоді напруження стискання значно зростає. Тоді в процесі прикочування такі грудки можуть втискуватись в більш м'який ґрунт і утворювати зони переущільнення. Неврахування таких процесів може негативно впливати на схожість культури і втрат врожаю.

Для руйнування грудок робочими елементами котка потрібно розглянути умови взаємодії котка і грудки, що дасть можливість обґрунтування діаметра його робочої поверхні, подібні задачі розглядалась в [1,2,40,41] і були взяті нами за основу.

Визначимо сили які діють на коток при його взаємодії із ґрунтом. Під час дії поверхні котка на грудку виникає сила F_k , а також сила дії самої грудки на ґрунт F_z (рис. 3.8). Якщо розкласти ці сили можна отримати нормальні їх складові F_{nk} , F_{nz} і сили тертя F_{kmm} , F_{zmp} . Якщо скласти проекції сил тертя по осі x , а отримане значення буде більше суми сил, які працюють на виштовхування тоді грудка залишається незруйновною, що приводить до її

де f_1, f_2 – коефіцієнти тертя котка об ґрунт і грудки об ґрунт.

Підставляючи (3.42) і (3.5) в (3.2) і (3.3) отримаємо:

$$\sum F_{zx} = F_{nk} \cdot \sin \gamma - f_1 \cdot F_{nk} \cdot \cos \gamma - f_2 \cdot F_{nz} = 0 \quad (3.6)$$

$$\sum F_{zy} = F_{nz} - f_2 \cdot F_{nz} \cdot \cos \gamma - f_1 \cdot F_{nk} \cdot \sin \gamma = 0 \quad (3.7)$$

Знайдемо силу F_{nz} із рівняння (3.7) яка з'являється під час взаємодії грудки і ґрунту і підставимо в рівняння (3.6):

$$\begin{aligned} \sum F_{zx} = F_{nk} \cdot \sin \gamma - f_1 \cdot F_{nk} \cdot \cos \gamma - f_2 \cdot F_{nz} \cdot \cos \gamma - \\ - f_1 \cdot f_2 \cdot F_{nk} \cdot \sin \gamma = 0 \end{aligned} \quad (3.8)$$

Перетворивши рівняння (3.8) отримаємо:

$$(1 - f_1 \cdot f_2) \cdot \sin \gamma = (f_1 + f_2) \cdot \cos \gamma \quad (3.9)$$

Розділимо обидві частини на $\cos \gamma$:

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{(f_1 + f_2)}{(1 - f_1 \cdot f_2)} \quad (3.10)$$

Бачимо, що для надійного защемлення грудки котком необхідно:

$$\operatorname{tg} \gamma \geq \frac{(f_1 + f_2)}{(1 - f_1 \cdot f_2)} \quad (3.11)$$

Тоді умова надійного защемлення грудки котком відбудеться якщо:

$$\gamma \geq \operatorname{arctg} \cdot \frac{(f_1 + f_2)}{(1 - f_1 \cdot f_2)} \quad (3.12)$$

Діаметр котка D можна визначити в залежності від висоти h шару ґрунту, що зминається під його поверхнею, діаметра грудки d_z та кута γ .

Відстань від точки дотику з поверхнею котка і грудки до неприкоченої поверхні ґрунту:

$$H_z = h + 0,5 \cdot d_z + 0,5 \cdot d_z \cdot \cos \gamma \quad (3.13)$$

$$H_z = h + 0,5 \cdot d_z (1 + \cos \gamma) \quad (3.14)$$

$$H_k = H_z = R_k + R_k \cdot \cos \gamma = R_k \cdot (1 + \cos \gamma) \quad (3.15)$$

Враховуючи рівняння (3.15) і (3.8) можна отримати мінімальний діаметр котка:

$$D = \frac{h + R_k \cdot \left(1 + \cos \cdot \left(\arctg \left[\frac{(f_1 + f_2)}{1 - f_1 \cdot f_2} \right] \right) \right)}{1 + \cos \cdot \left(\arctg \left[\frac{(f_1 + f_2)}{1 - f_1 \cdot f_2} \right] \right)} \quad (3.16)$$

$$R_k = \frac{h + r_{\max} \cdot (1 - \cos \gamma)}{1 - \cos \gamma} \quad (3.17)$$

Залежність (3.16) показує взаємозв'язок між діаметром котка і висотою прикочуваного шару, максимального діаметру грудок згідно агрономічних властивостями ґрунту, коефіцієнта тертя між елементами котка і ґрунту. Також можна бачити, що при збільшенні товщини прикочуваного шару і радіуса грудки кут заземлення збільшується як і радіус котка.

3.4.1 Обґрунтування взаємодії робочих елементів котка з ґрунтом

Якщо на робочих елементах котка обрати точки з максимальним віддаленням від його центра, то вони будуть здійснювати складний рух, який може бути описаний рівнянням циклоїди [44].

Візьмемо на поверхні котка точку C . Її координати в початковий момент часу збігаються з початком координат, при цьому точка O_1 також збігається з точкою O (рис. 3.9).

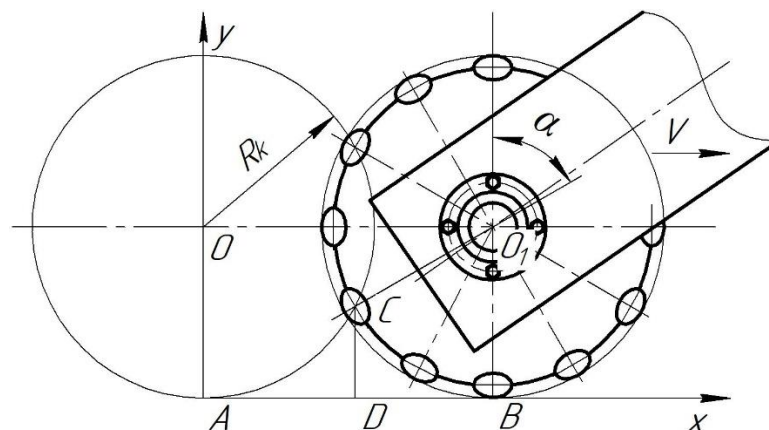


Рис. 3.9 Схема руху котка по поверхні поля

| | | | | |
|------|------|----------|--------|------|
| | | | | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |

Під час руху по полю фізико-механічні властивості ґрунту залежать від його щільності, структурності і вологості [45]. Велике значення при русі котка по ґрунту мають такі його властивості: опір зминанню і зсуву, коефіцієнт тертя між ґрунтом і робочими елементами котка, здатність до налипання, пористість і вологість ґрунту. При роботі котка в ґрунті виникають деформації зсуву і зминання [46].

Розглянемо випадок коли коток рухається по ґрунту без проковзування. Тоді дуга $CB = AB = OO_1 = Vt$ тоді $CB = R_k \alpha = Vt$, з цього рівняння можна визначити кут повороту котка.

$$\alpha = \frac{V}{R_k} \cdot t \quad (3.18)$$

де - V - швидкість руху котка;

R_k - радіус котка;

t - час руху котка.

Знайдемо координати найбільш віддаленої від центра точки на поверхні робочого елемента котка, елементи якого не проковзують це буде рівняння руху точки:

$$\begin{cases} x = Vt - R_k \sin \alpha \\ y = R_k \cdot (1 - \cos \alpha) \end{cases} \quad (3.19)$$

В рівнянні (3.18) необхідно врахувати проковзування, тому введемо коефіцієнт проковзування K_{np} . Тоді рівняння руху буде мати вигляд:

$$\begin{cases} x = (Vt - R_k \sin \alpha) \cdot K_{np} \\ y = R_k \cdot (1 - \cos \alpha) \end{cases} \quad (3.20)$$

Для подальшого обґрунтування конструкції котка в основі робочого елемента якого є пруткова конструкція необхідно розглянути рух і дію на ґрунт при зануренні робочого елемента котка на глибину середини робочого профілю ущільнювача [47].

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | МОК 00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 39 |

Складемо схему дії робочого елемента на ґрунт (рис. 3.10). При дії робочого елемента на ґрунт під ним будуть розповсюджуватись поля деформацій [29,33,48] які можна обмежити по краям їх форми ґрунтовим клином по дугі AB який обмежений кутом $2\psi_2$. Висоту клину можна визначити за формулою:

$$l_{кл} = R \sin \psi_2 \operatorname{tg} \psi_1 = \frac{b}{2} \operatorname{tg} \psi_1 \quad (3.21)$$

де b - ширина прутка (із конструктивних міркувань приймаємо $b = 0,71d \cdot \sin \psi_2$);

ψ_1 - кут між лініями, що обмежують зону розподілу тиску в ґрунті при зануренні робочого елемента на глибину рівну радіусу;

ψ_2 - кут між лініями які обмежують зону розподілу тиску в ґрунті при зануренні робочого елемента на глибину більшу за його радіус.

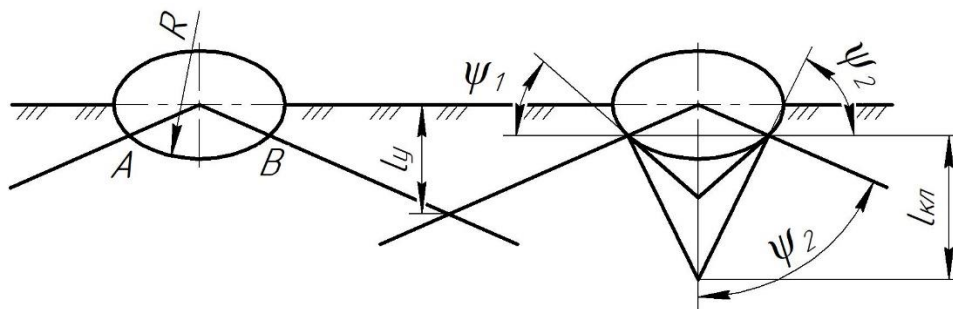


Рис. 3.10 Схема взаємодії робочого елемента котка з ґрунтом

Максимальна щільність ґрунту в зоні його ущільнення робочим елементом досягається при його зануренні на глибину рівну радіусу при подальшому зануренні відбувається збільшення зони ущільнення вниз.

$$l_y = R \cdot \cos \psi_2 + \left(\frac{b}{2} - R \cdot \sin \psi_2 \right) \cdot \operatorname{ctg} \psi_1 \quad (3.22)$$

де l_y - висота зони ущільнення ґрунту.

Для визначення відстані R_2 на яку віддалені центри робочих елементів відносно осі котка, необхідно розглянути випадок коли на ґрунт діє лише один пруток і глибина занурення дорівнює його радіусу (рис. 3.11).

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | МОК 00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 40 |

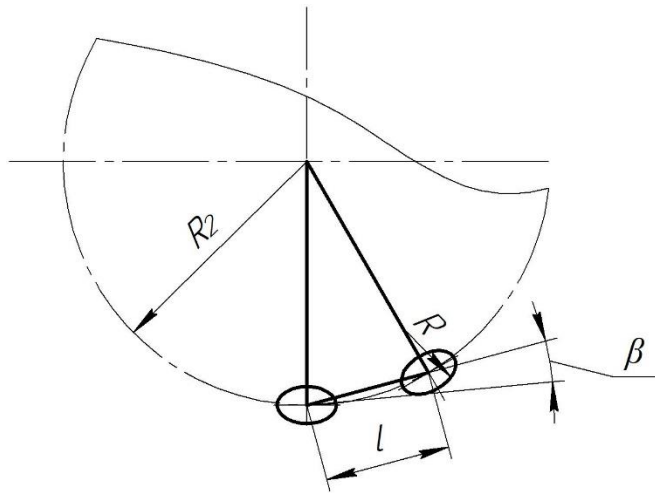


Рис. 3.11 Схема до визначення кроку робочих елементів по поверхні котка
 Із залежності (3.22) визначимо відстань між двома сусідніми робочими елементами:

$$l = \frac{2(l_y - R \cos \psi_2 + R \sin \psi_2 \cdot \operatorname{ctg} \psi_1)}{\operatorname{ctg} \psi_1} \quad (3.23)$$

На рис. 3.11 - β це кут між прямою, що з'єднує центри двох сусідніх робочих елементів і прямою яка з'єднує центр одного елемента з крайньою зовнішньою точкою на поверхні другого елемента.

Із рис. 3.11

$$l = \sqrt{2 \cdot R_2^2 - 2R_2^2 \cos 2\beta} = \sqrt{2R_2^2 (1 - \cos 2\beta)} \quad (3.24)$$

Так як $\cos 2\beta = 1 - 2 \sin^2 \beta$, то після перетворень рівняння 3.24 отримаємо:

$$R_2 = \frac{l^2}{2R} \quad (3.25)$$

Таким чином із отриманих залежностей видно, що ступінь ущільнення ґрунту залежать від радіуса котка, величини профілю робочих елементів і відстані між робочими елементами. При цьому, чим менші параметри прутків, тим більше вони будуть занурюватись в ґрунт і ущільнювати його на більшу глибину, але при цьому площа ущільнення буде менша. Тому, чим менше розміри робочих елементів, тим менше повинна бути між ними відстань для забезпечення рівномірного ущільнення ґрунту на задану глибину.

4. Охорона праці

4.1 Перед початком виконання робіт необхідно

Перевірити наявність та правильне використання засобів індивідуального захисту. Важливо правильно одягнути спеціальний одяг, а рукава застібнути та забезпечити відсутність виступаючих частин одягу, щоб уникнути травматичних ситуацій. До того, як рушити до місця робіт, слід ознайомитися з маршрутом руху машинно-тракторного агрегату. Важливо також звернути увагу на інформацію від керівника робіт щодо території, у тому числі про можливі небезпечні місця, розташування контрольно-попереджувальних міток, наявність електропередач, місця для відпочинку та доступ до питної води. Необхідно переконатись також, що на машинно-тракторному агрегаті є належні засоби пожежогасіння та аптечка для надання медичної допомоги.

4.2 Охорона праці при виконанні робіт на передпосівних агрегатах

Належить до ключових аспектів забезпечення безпеки праці. Перш ніж розпочати роботу, слід дотримуватися наступних важливих кроків [49-54]:

ознайомлення з інструкціями з безпеки та правилами експлуатації обладнання;

вдягання спеціального захисного одягу, взуття та головного убору, а також використання респіраторів, окулярів та навушників для захисту від пилу, шуму та хімікатів;

перевірка технічної справності агрегату перед використанням, а також наявність засобів пожежогасіння та аптечки, і проведення необхідного обслуговування та технічного огляду;

уважність стосовно навколишнього середовища, слід стежити за працівниками, які працюють поруч та уникати контакту з рухомими частинами обладнання;

перевірка коректності встановлення та функціонування захисних пристроїв на обладнанні;

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | МОК 00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 42 |

знати процедури надання першої допомоги у випадку нещасного випадку на виробництві;

уникати тривалих періодів впливу високих температур, вібрації та шуму;
проконтролювати справність кріплення культиватора і його складових до навісних або причіпних пристроїв;

перевірка наявності комплекту інструментів для дрібного ремонту в полі та мастила для агрегату.

4.3 Вимоги з ОП по закінченню роботи

Після завершення роботи на агрегаті для передпосівного обробітку ґрунту необхідно дотримуватися ряду важливих вимог з охорони праці [49,53,55]:

щоб уникнути можливих травматичних ситуацій, перш ніж відключити обладнання, слід переконатися, що всі рухомі частини агрегату зупинені або вимкнені;

у разі виявлення проблем з обладнанням під час роботи, слід негайно повідомити відповідних фахівців для їх вирішення та усунення;

необхідно після завершення роботи ретельно очистити агрегат від залишків ґрунту, рослинних залишків та інших забруднень;

на рівній ділянці поля потрібно проводити від'єднання агрегату від трактора, встановивши упори під раму сівалки або причіпний пристрій;

доповісти керівнику робіт про завершення роботи та виявлені недоліки, виявлені під час процесу роботи, а також необхідно заповнити журнал обслуговування та проведення робіт.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | МОК 00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 43 |

5. Економічна частина

5.1 Економічна ефективність використання культиватора КШУ 8 з модернізованим прутковим котком

Ефективність нової конструкції модернізованого культиватора КШУ 8 оцінювалась через:

перевірку, наскільки удосконалена конструкція культиватора КШУ 8 відповідає вимогам для передпосівного обробітку ґрунту;

оцінку переваг при використанні удосконаленого культиватора КШУ 8 порівняно із іншими варіантами;

результат ефективності нового котка культиватора КШУ 8 для передпосівного обробітку базувалась на прогнозуванні можливого врожаю зернових культур, а саме озимої пшениці за умови його використання в господарстві.

Порівняння ефективності використання удосконаленого котка культиватора КШУ 8 із заводським показало, що урожайність озимої пшениці в порівнянні із базовими показниками може зрости на 10% або 2 центнера на гектар.

Оскільки економічні вигоди нової технології передпосівного обробітку культиватором КШУ 8 визначаються збільшенням врожайності культури, це може бути виражено у вигляді залежності:

$$B_c = \Delta\Pi_v \cdot C_{мз} \cdot H_{мс}, \quad (5.1)$$

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

де $H_{мс}$ –наробіток машини за сезон (нормативний), га;

$C_{мз}$ – закупівельна ціна (мінімальна), грн/ц;

$\Delta\Pi_v$ –приріст врожайності (мінімальний), ц.

Нормативний наробіток культиватора КШУ 8 за сезон визначаємо як:

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | МОК 00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 44 |

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

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

де B – ширина захвату сівалки, м;

K_{ez} – коефіцієнт використання експлуатаційного часу зміни;

V_p – швидкість руху сівалки, км/год;

N_3 – завантаження сівалки за сезон (мінімальне), год.

Очікуваний річний економічний ефект:

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

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

де $K_{не}$ – коефіцієнт ефективності додаткових капітальних витрат, нормативний;

E_k – додаткова економічна користь, грн;

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

Очікуваний ефект на гектар:

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

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

Для виконання розрахунків були використані наступні дані: врожайність озимої пшениці при використанні удосконаленого культиватора КШУ 8; мінімальна закупівельна ціна 1 ц озимої пшениці [56]; значення нормативних величин [57]; технічних характеристик культиватора КШУ 8.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | МОК 00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 45 |

Висновки

1. Аналіз найбільш розповсюджених конструкцій котків відомих виробників показав, що котків із значною ущільнюючою дією і одночасно придатною для мульчування, подрібнення, планування та можливості працювати при підвищеній вологості практично немає. Тому актуальним є вдосконалення існуючих конструкцій в напрямку збільшення ущільнюючої дії для можливості підготовки насінневого лажа, а не тільки підповерхневого ущільнення.

2. В процесі модернізації культиватора для передпосівного обробітку ґрунту КШУ 8 був розроблений удосконалений прикочуючий коток поверхня якого виконана у вигляді прутків вигнутих по гвинтовій лінії на всю ширину захвату котка, в поперечному перерізі пруток має еліптичний профіль, а величина одного витка дорівнює половині ширини захвату котка. Конструкція профілю прутка котка дозволяє не тільки плавно збільшувати напруження в ґрунті, а і уникнути його згруджування, забезпечуючи однаковий рівень щільності по довжині і глибині роботи котка.

3. На основі математичної моделі обґрунтовано закономірності впливу геометричних параметрів елементів прикочуючого котка на виконання процесу обробітку ґрунту. Теоретично показано вплив робочого елемента котка на якість ущільнення ґрунту.

4. Теоретично було встановлено, що ступінь ущільнення ґрунту залежать від радіуса котка, величини профілю робочих елементів і відстані між робочими елементами. При цьому, чим менші параметри прутків, тим більше вони будуть занурюватись в ґрунт і ущільнювати його на більшу глибину, але при цьому площа ущільнення буде менша. Тому, чим менше розміри робочих елементів, тим менше повинна бути між ними відстань для забезпечення рівномірного ущільнення ґрунту на задану глибину.

5. Розроблені заходи для усунення шкідливих та небезпечних виробничих факторів покращення умов праці і під час передпосівного обробітку ґрунту культиватором КШУ 8.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | МОК 00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 46 |

6. Розроблена конструкція прикочуючого котка культиватора для передпосівного обробітку ґрунту КШУ 8, може дати можливість значно покращити процес загортання підготовки насінневого ложа для подальшого посіву насіння озимої пшениці і збільшити врожай до 10%.

| | | | | | | |
|-------------|-------------|-----------------|---------------|-------------|----------------------|------|
| | | | | | <i>МОК 00.000 ПЗ</i> | Арк. |
| <i>Змн.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> | | 47 |

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Заїка П.М. Теорія сільськогосподарських машин. Том 1, частина 2. Машини для сівби та садіння. – Харків: Око, 2002. – 452 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. Уманьферммаш ТіЗ. URL: <https://umanfermmash.com.ua/kultyvatory/kultyvator-parovyj-prychipnyj-kpp-8-2/>
5. Уманьферммаш ТіЗ. URL: <https://umanfermmash.com.ua/kultyvatory/kombinovanyj-agregat-kompaktor-akg-3/>
6. General KPC 4.0 – Bellota. URL: <https://general-machines.ua/product/kultivator-4-rjadnyj-pricepnoj-sploshnoj-general-4-0-bellota/>
7. Great Plains. TopDown 300-700. URL: <https://www.vaderstad.com/ua/obrobitok-gruntu/kombinovany-kultyvator/topdown/>
8. Horsch. Terrano FX. URL: <https://www.horsch.com/ua/produkti/gvruntoobrobna-tehnika/kultivatori/terrano-fx>
9. Bednar. Versatill Vo Profi. URL: https://www.bednar.com/uk/versatill-vo_profi/
10. Культиватор КШУ 8. URL: <https://agro-liga.com/catalog-produkcii/kultivator-polaris-kshu-4-kshu-8-5/>
11. Farnet, Kompaktomat NS – Котки. URL: <https://www.farnet.cz/uk/seedbed-combinator-kompaktomat-ns>

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | МОК 00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 48 |

12. Каталог продукції Elvorti. URL: <https://elvorti.com/catalog/>
13. 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.
14. 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.
15. Деталі машин та основи конструювання: метод. вказ. для студ. механ. спец. / [уклад.: Ю.А. Невдаха, А.Ю. Невдаха, В.В. Пирогов]; М-во освіти і науки України, Центральноукраїн. нац. техн. ун-т. - Кропивницький: ЦНТУ, 2019. - 51 с.
16. Павлице В. Т. Основи конструювання та розрахунок деталей машин / В.Т. Павлице. – Львів: Афіша, 2003. – 560 с.
17. Деталі машин : підручник / [А.В Міняйло, Л.М. Тіщенко, Д.І. Мазоренко та ін.] – К.: Агроосвіта, 2013. – 448с.
18. Рудь Ю.С. Основи конструювання машин: Підручник для студентів інженерно-технічних спеціальностей вищих навчальних закладів. 2 вид., переробл. - Кривий Ріг: Видавець ФОП Чернявський Д.О., 2015. – 492 с.
19. Патент на корисну модель № 106459. Прикочуючий коток сівалки. <https://uapatents.com/4-106459-prikochuyuchijj-kotok-sivalki.html>
20. Патент на корисну модель № 106458. Прикочуючий коток сівалки. <https://uapatents.com/4-106458-prikochuyuchijj-kotok-sivalki.html>
21. Патент на корисну модель № 99740. Прикочуючий коток сівалки. <https://uapatents.com/4-99740-prikochuyuchijj-kotok-sivalki.html>
22. Патент на корисну модель № 89181. Прикочуючий коток сівалки. <https://uapatents.com/4-89181-prikochuyuchijj-kotok-sivalki.html>
23. Патент на корисну модель № 106457. Прикочуючий коток сівалки. <https://uapatents.com/4-106457-prikochuyuchijj-kotok-sivalki.html>

24. Патент на корисну модель № 84027. Прикочуючий коток сівалки.
<https://uapatents.com/4-84027-prikochuyuchijj-kotok-sivalki.html>
25. Патент на корисну модель № 108215. Прикочуючий коток сівалки.
<https://uapatents.com/4-108215-prikochuyuchijj-kotok-sivalki.html>
26. Патент на корисну модель № 116937. Ущільнюючий коток.
<https://uapatents.com/4-116937-ushhilnyuyuchijj-kotok.html>
27. 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/sciencrise/article/view/101960>
28. Іванюта М.В. Числове дослідження процесу взаємодії поверхні гладкого котка з ґрунтом. Вісник Вінницького політехнічного інституту. 2015. № 5 С. 128-133. URL:
<https://visnyk.vntu.edu.ua/index.php/visnyk/article/download/780/779/779>
29. Рожков П.М. Дослідження процесу взаємодії гладких котків з ґрунтом і обґрунтування їх форми: Дис...канд. техн. наук: 05.20.01. – Мелітополь, 1975. – 161 с.
30. Шустік Л., Погорілий В., Нілова Н. та інш. Кільчасто-шпорові і зубчато-шпорові котки. Функційні та динамічні випробування. Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України. Вип. 28 (42). 2021. - С. 86 – 101. URL:
<http://tta.org.ua/article/view/236557>
31. Шустік Л., Степченко С., Нілова Н., Сидоренко С. Порівняльний аналіз прикочувальних котків різних конструкцій виробництва тов «Ропа-Україна» та експертне оцінювання їхньої дії на ґрунт. Сільськогосподарська техніка та обладнання: прогнозування, конструювання, випробування. Вип. 25(39). 2019. – С. 89-95. URL: [http://dx.doi.org/10.31473/2305-5987-2019-2-25\(39\)-9](http://dx.doi.org/10.31473/2305-5987-2019-2-25(39)-9)

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | МОК 00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 50 |

32. Степченко С. Коткування як один із способів основного обробітку ґрунту. Техніка і технології АПК. № 5(8), 2010. - С. 15 – 19. URL: http://base.dnsgb.com.ua/files/journal/TiTAPK/2010_5/5_10_s15.pdf

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

34. Артеменко Д.Ю., Магопець 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.

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

36. 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>

37. 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.

38. 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.

39. 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.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | МОК 00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 51 |

40. 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.

41. Теорія проектування та розрахунки посівних машин: Навч. Посібник /П.В. Сисолін.-К.: ІСДО, 1994.-148с.

42. Саакян С.С. Взаємодія веденого колеса з жорстким циліндричним ободом і ґрунту. – Єреван, 1959. – 240 с.

43. Бакум М.В. Сільськогосподарські машини / М.В. Бакум, І.С. Бобрусь, А.О. Михайлов та ін. Харківський національний технічний ун-т сільського господарства ім. Петра Василенка. – Х.: ХНТУСГ, 2005. Ч. 3: Посівні машини. – 2005. – 332с.

44. 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.

45. Гуков Я.С. Обробіток ґрунту. Технологія і техніка. – К.: Нора-прінт, 1999. – 280 с.

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

47. Артеменко Д.Ю. Обґрунтування робочої поверхні прикочуючого котка бурякової сівалки. Збірник наукових праць Кіровоградського національного технічного університету / техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація. // Вип. 17. - Кіровоград: КНТУ, 2006. – С. 82 – 89.

48. Артеменко Д.Ю. Аналіз процесу роботи прикочуючих котків посівної секції просапної сівалки. Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин / КНТУ, 2006, випуск 36, – С. 115 – 120

49. 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.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | МОК 00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 52 |

50. ДСТУ 7239:2011. Засоби індивідуального захисту.
http://opcb.kpi.ua/wp-content/uploads/2011/09/dstu_7239_2011.pdf

51. ДСТУ 2867-94. Державний стандарт України. Шум. Методи оцінювання виробничого шумового навантаження.
https://ksv.do.am/GOST/DSTY_ALL/DSTY3/dsty_2867-94.pdf

52. СП 4282-87. Санітарні правила по устрою тракторів та сільськогосподарських машин.
https://dnaop.com/html/57502/doc-%D0%A1%D0%9F_4282-87

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

54. ГОСТ 25942-90. Трактори і сільськогосподарські машини. Пристрої швидковідєднуючі. Вимоги до конструкції.
http://www.leonorm.lviv.ua/p/DG/CND2015_2.HTM

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

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

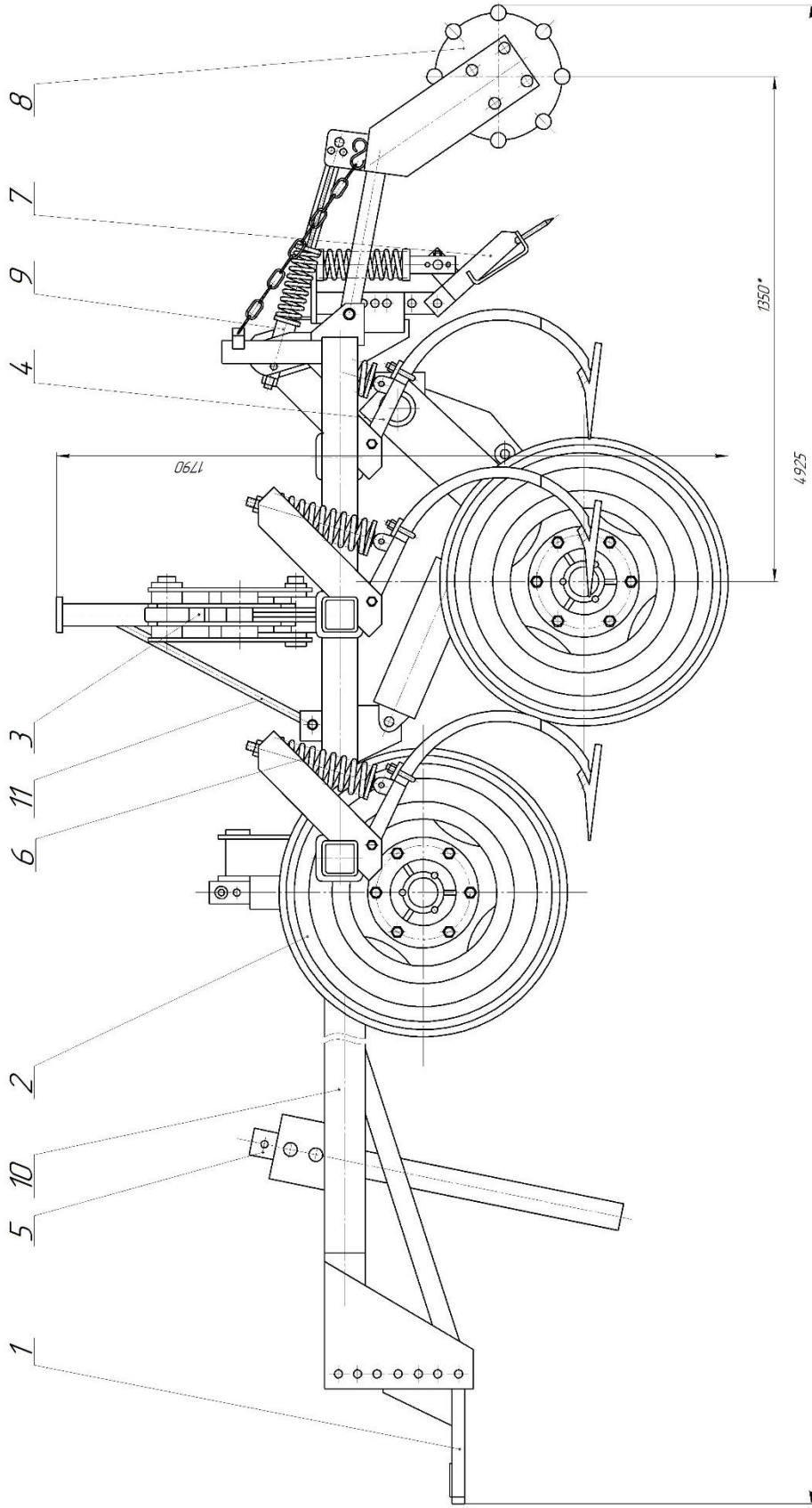
57. Єрмаков О.Ю. Організація сільськогосподарського виробництва. Навч. метод. посібник– 2 –ге вид., доп. і перер. - К.: НАУ, 2007. – 266 с.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | МОК 00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 53 |

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 | |
| | | | МОК 00.000 | | | |
| Изм./лист | | № докум. | | Подп. | | Дата |
| Разроб. | | Терехов | | | | |
| Проб. | | Артеменко | | | | |
| Н.контр. | | Мачок | | | | |
| Утв. | | Лещенко | | | | |
| | | | | Культиватор широкозахватний універсальний КШУ 8 | | |
| | | | | | | Лист Лист Листов 1 1 1 |
| | | | | ЦНТУ зр. ГМ-22М-11 | | |
| | | | | Копіювал | | Формат А4 |

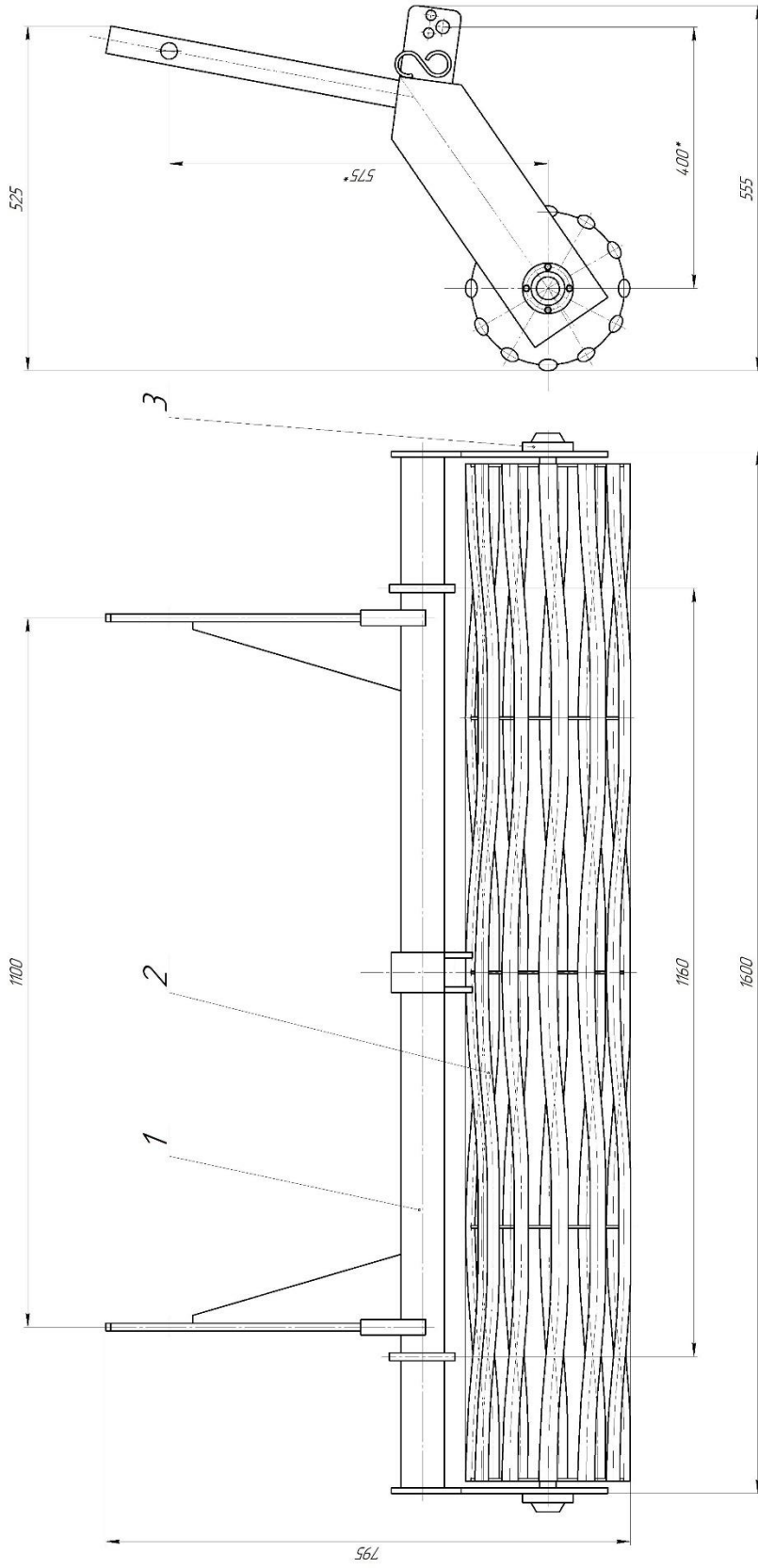
МКК 00.000.00.00 СБ



1. Невказані граничні відхилення розмірів по ОСТ 234.209 – 82.
2. Культиватор падиinna дyти пафарбаданий по ГОСТ 6572 – 91 емалями АС – 182 по ГОСТ 19024 – 79.
3. Фарбувати "Місце стропидки" трафаретом Т-4 ГОСТ 14763-73.
4. Якість готування зідраного культиватора падиinna відпадатти темнічим умодам на культиватор КШУ-8.
5. Після здірання культиватор падиинен проіти обкатування.
6. Тиск в шинах опрно-привідних коліс падиинен складати 0,157 мПа.
7. *Розміри для двідок.

| | |
|--------------------------|-----------------|
| МКК 00.000.00.00 СБ | |
| Культиватор шарнирний | 15 |
| Універсальний КШУ-8 | 1 |
| Лист | 1 |
| Масштаб | 1:1 |
| Матеріал | Сталь |
| Розробник | В.П. 174-274-11 |
| Проверено | |

МОК 00.110.05



1. Заднішні поверхні фарафобити червоною емаллю Пер-115, ГОСТ 6465-76
2. При складанні всі парамунчи ступиці запобити маслом Литол 24, ГОСТ 2150-87.
3. Всі шарніри стражені деталі латунні вільно рухатись одна відносно одної без загодень і перекосів.
4. *Разміри для довідок.

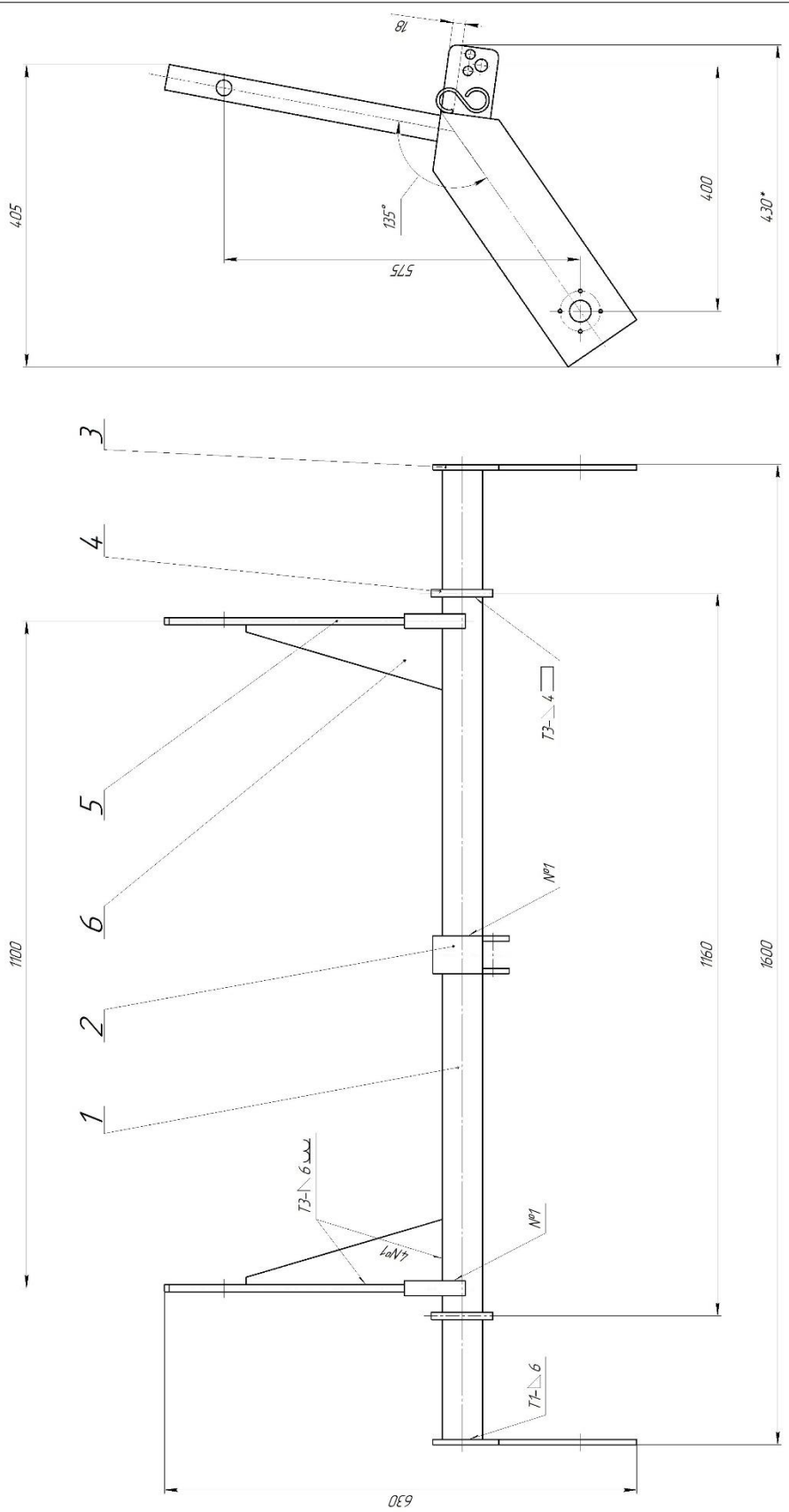
МОК 00.110.05

Крісло

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

| 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 | 1 | |
| Б/К | 3 | | МОК 00.120.03 | Боковина | 2 | |
| Б/К | 4 | | МОК 00.120.04 | Кронштейн | 2 | |
| Б/К | 5 | | МОК 00.120.05 | Підвіс | 2 | |
| Б/К | 6 | | МОК 00.120.06 | Упор | 2 | |
| МОК 00.120 | | | | | | |
| Изм. | Лист | № док. | Подп. | Дата | | |
| Разр. | Терехов | | | | Лист | Лист |
| Проб. | Артеменко | | | | | Листов |
| Исполн. | Мачок | | | | | 1 |
| Утв. | Лещенко | | | | ЦНТУ зр. ГМ-22М-11 | |
| <i>Рама</i> | | | | | | |
| <i>Копировал</i> | | | | <i>Формат А4</i> | | |

МДК 00120 СБ



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

| | | | | |
|--------------|--------|--------|--------|----------|
| МДК 00120 СБ | | ЗМ. | МДК | СВЯЗУЮЧО |
| Рама | | КМ | 125 | |
| Лист | Листів | Листів | Листів | Листів |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| № документа | № змін | № змін | № змін | № змін |
| 88 | 88 | 88 | 88 | 88 |
| 88 | 88 | 88 | 88 | 88 |

Мета, об'єкт, предмет і задачі дослідження
Мета і задачі дослідження. Мета роботи полягає в покращенні підготовки насіннєвого ложа та агрегатного складу ґрунту шляхом обґрунтування та вдосконалення конструкційних та технологічних параметрів прикочуючого котка культиватора для передпосівного обробітку ґрунту.

Для досягнення **мети** поставлено наступні задачі:
 аналіз існуючого процесу роботи котків ґрунтообробних агрегатів для передпосівного обробітку для виявлення недоліків та обґрунтування шляхів їх усунення;
 теоретично обґрунтувати конструкцію прикочуючого котка культиватора суцільної дії та визначити параметри які впливають на якісне виконання технологічного процесу;
 провести оцінку техніко-економічної ефективності вдосконаленого котка в контексті збільшення врожайності при його використанні.

Об'єкт дослідження: технологічний процес роботи котка культиватора для передпосівного обробітку ґрунту.

Предмет дослідження: конструктивно-технологічні параметри котка культиватора для передпосівного обробітку ґрунту та його технологічні властивості які впливають на його роботу.

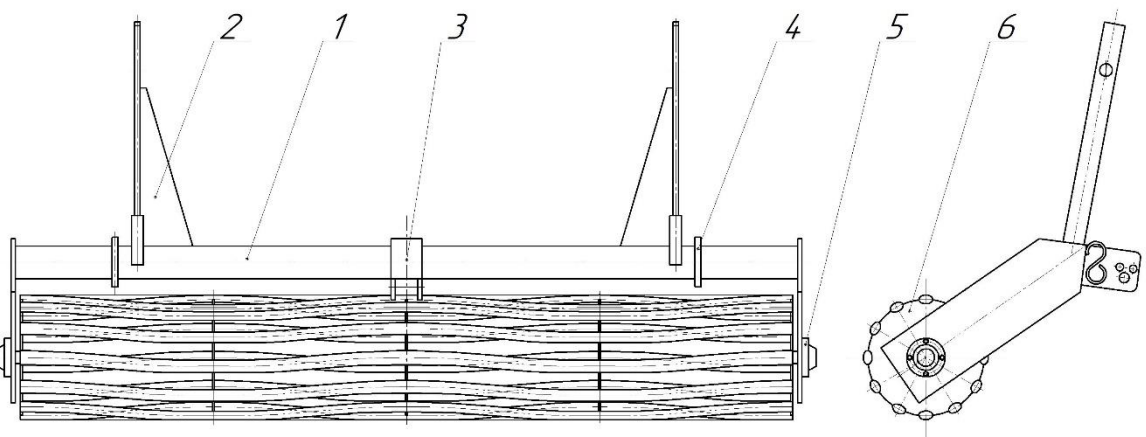


Схема удосконаленого котка
 культиватора КШУ 8:
 1 - рама; 2 - підвіс; 3 - вухо; 4 - кронштейн;
 5 - ступиця; 6 - коток

| | | | | | | | |
|--------------|---------------|--------|--------|--|----------------------------|--------|---|
| | | | | | МОК 00.001 НЧ | | |
| М.п. / підп. | М.п. / викон. | Г.п.п. | В.п.п. | | Мета та задачі дослідження | | |
| Розроб. | Легенд. | | | | Дет. | Листів | 1 |
| Заб. | Специфікац. | | | | ЦНТУ | | |
| Виконав. | Уточн. | | | | зр. ПТ-22/4-11 | | |
| Знат. | Відзнак. | | | | Варіант А1 | | |

Теоретичні дослідження взаємодії котка з ґрунтом

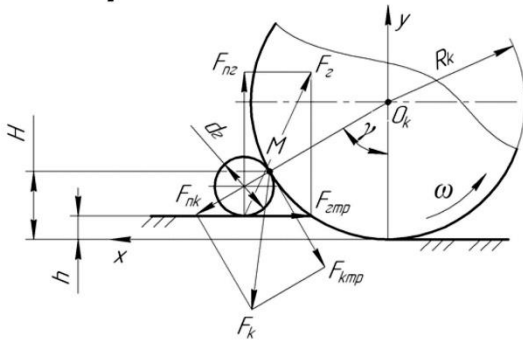


Схема взаємодії котка з ґрунтом

Мінімальний діаметр котка

$$D = \frac{h + R_k \cdot \left(1 + \cos \cdot \left(\arctg \left[\frac{(f_1 + f_2)}{1 - f_1 \cdot f_2} \right] \right) \right)}{1 + \cos \cdot \left(\arctg \left[\frac{(f_1 + f_2)}{1 - f_1 \cdot f_2} \right] \right)}$$

де h - висота шару прикочування;
 R_k - радіус котка;
 $f_1; f_2$ - коефіцієнти тертя котка об ґрунт і грудки об ґрунт.

Висота зони ущільнення ґрунту

$$l_y = R \cdot \cos \psi_2 + \left(\frac{b}{2} - R \cdot \sin \psi_2 \right) \cdot \operatorname{ctg} \psi_1$$

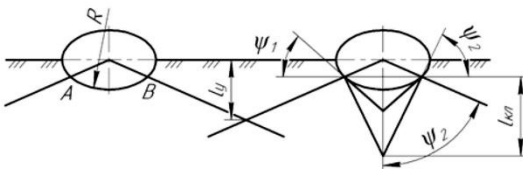


Схема взаємодії робочого елемента з ґрунтом

де R - радіус робочої частини елемента котка;
 b - ширина робочого елемента;
 ψ_1 - кут між лініями, що обмежують зону розподілу тиску в ґрунті;
 ψ_2 - кут між лініями які обмежують зону розподілу тиску в ґрунті при зануренні робочого елемента на глибину більшу за його радіус.

Відстань між сусідніми робочими елементами

$$l = \sqrt{2R_2^2(1 - \cos 2\beta)}$$

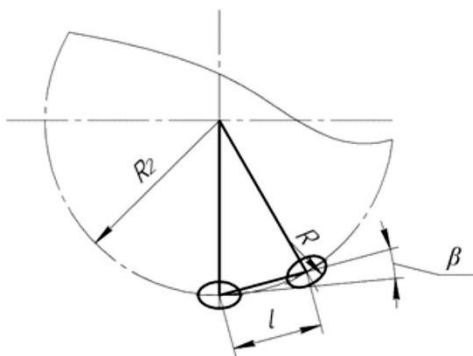


Схема для визначення кроку робочих елементів на поверхні котка

де R_2 - радіус розміщення прутків на поверхні котка;
 β - кут між сусідніми прутками.

Радіус установки робочих елементів

$$R_2 = \frac{l^2}{2R}$$

де R - радіус робочої поверхні прутка;
 l - відстань між сусідніми робочими елементами.

Лист 1 з 1
 Стор. 1 з 1
 Конт. 1 з 1
 Вид. 1 з 1
 Дод. 1 з 1
 Змін. 1 з 1

| | | | | | | | |
|-------|----------|-------|------|------------------------|------|---|---|
| | | | | МОК 00.002 НЧ | | | |
| № п/п | № докум. | Назва | Дата | Теоретичні дослідження | | | |
| 1 | 1 | 1 | 1 | Дет. | Лист | 1 | - |
| 2 | 2 | 2 | 2 | ЦНТУ | | | |
| 3 | 3 | 3 | 3 | зр. П1-22/4-11 | | | |
| 4 | 4 | 4 | 4 | Версія 1.1 | | | |