

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Факультет інженерії та енергетики  
Кафедра агроінженерії та технічного сервісу

Кваліфікаційна робота  
на правах рукопису

**Лук'янчук Владислав Володимирович**

**УДК 631.5**

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

**ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО  
ПРОЦЕСУ ПЕРЕДПОСІВНОГО ОБРОБІТКУ  
ҐРУНТУ З УДОСКОНАЛЕННЯМ  
КОНСТРУКЦІЇ КУЛЬТИВАТОРА**

208 “Агроінженерія”

Подається на здобуття освітнього ступеня бакалавр кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

\_\_\_\_\_ Лук'янчук В.В.

**Керівник роботи**

**Білецький В.Р.**

кандидат технічних наук, доцент

**Житомир – 2023**

## АНОТАЦІЯ

**Лук'янчук Владислав Володимирович. Обґрунтування технологічного процесу передпосівного обробітку ґрунту з удосконаленням конструкції культиватора. – Кваліфікаційна робота на правах рукопису.**

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня бакалавр за спеціальністю 208 – Агроінженерія. – Поліський національний університет, Житомир, 2023.

Аналіз технічних засобів для поверхневого обробітку ґрунту засвідчив гостру необхідність у створенні робочих органів, здатних забезпечити рівну поверхню дна борозни, повне підрізання бур'янистої рослинності без виносу вологого шару на поверхню, а також необхідність знизити тяговий опір агрегату, а як наслідок – витрату палива. Тому модернізація робочого органу культиватора є актуальною.

Розроблені робочі органи культиватора покращують подрібнення шару ґрунту та зріз бур'янистої рослинності, сприяють зниженню тягового опору та збільшують діапазон застосування культиватора на ґрунтах різної густини та вологості. Визначено тягові опори культиватора та підібрано запобіжні пружини.

За допомогою проведених розрахунків обґрунтовано: оптимальну робочу швидкість агрегату, що дорівнює 11,5 км/год, основні кінематичні показники культиваторного агрегату та ділянки поля, а також змінну продуктивність агрегату – 36,5 га/год і витрату палива на одиницю виконаних робіт – 2,17 кг/га.

*Ключові слова: культиватор, робочий орган, тяговий опір, модернізація, ґрунт.*

## ANNOTATION

*Lukianchuk Vladyslav Volodymyrovych. Substantiation of the technological process of pre-sowing soil tillage with improvement of the cultivator design. – Qualification work on the rights of the manuscript.*

Qualification work for obtaining a bachelor's degree in the specialty 208 – Agricultural Engineering. – Polissya National University, Zhytomyr, 2023.

The analysis of technical means for surface tillage showed an urgent need to create working bodies capable of providing a flat surface of the furrow bottom, complete cutting of weeds without bringing the wet layer to the surface, as well as the need to reduce the traction resistance of the unit, and as a result, fuel consumption. Therefore, the modernization of the cultivator's working body is relevant.

The developed working bodies of the cultivator improve the crushing of the soil layer and the cutting of weeds, help to reduce traction resistance and increase the range of application of the cultivator on soils of different density and moisture. The traction resistance of the cultivator was determined and the safety springs were selected.

The calculations have been used to substantiate the optimal operating speed of the unit equal to 11.5 km/h, the main kinematic parameters of the cultivator unit and the field area, as well as the variable productivity of the unit - 36.5 ha/h and fuel consumption per unit of work performed - 2.17 kg/ha.

*Keywords: cultivator, working body, traction resistance, modernization, soil.*

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. СУЧАСНИЙ СТАН ПИТАННЯ ПОВЕРХНЕВОГО ОБРОБІТКУ ГРУНТУ.....	7
РОЗДІЛ 2. МОДЕРНІЗАЦІЯ КОМБІНОВАНОГО КУЛЬТИВАТОРА КНК-4Т...21	
РОЗДІЛ 3. РОЗРАХУНОК ОПЕРАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ КАРТИ.....	31
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	41
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	42

## ВСТУП

**Актуальність теми дослідження.** Підйом сільського господарства і задоволення зростаючих потреб країни в сільськогосподарській продукції багато в чому залежать від всебічної механізації та послідовної інтенсифікації виробництва. Інтенсифікація виробництва може бути вирішена за комплексної механізації сільськогосподарських процесів. Для цього потрібно безперервно створювати нові високопродуктивні й економічні машини, а також постійно приділяти увагу проблемам механізації енергоємних процесів, зокрема обробітку ґрунту.

Особлива увага приділяється системі підготовки ґрунту до сівби, що складається з основного та передпосівного обробітку ґрунту. Основний обробіток включає такі прийоми: луцення стерні або оброблення дернини та оранку відвальну (з оборотом пласта) або безвідвальну. За потреби виконуються ще напівпарова культивуація та підґрунтове розпушування. Передпосівний обробіток ґрунту спрямований на підготовку насінневого ложа і виконується на невелику глибину (до 8 або 15 см). Ці дві складові обробітку ґрунту нерозривні і тільки разом визначають якість підготовки ґрунту до посіву.

Останніми роками в землеробській практиці низки розвинених країн дедалі ширше застосовують нову прогресивну технологію вирощування сільськогосподарських культур - мінімальний обробіток ґрунту. Застосування її стало можливим завдяки використанню спеціальних комбінованих машин, що виконують за один прохід по полю кілька операцій, а також розширенню виробництва гербіцидів для боротьби з бур'янами.

Застосування машин у сільському господарстві збільшує продуктивність праці, дає змогу виконувати роботи в суворій відповідності з агротехнічними вимогами, що висуваються, і в найстисліші терміни. У кінцевому результаті правильне застосування машин призводить до зменшення витрат на одиницю продукції і до одержання її у великих кількостях, кращої якості.

**Мета і завдання дослідження.** Мета роботи: підвищення ефективності поверхневого обробітку ґрунту шляхом модернізації культиватора КНК-4.

Для реалізації поставленої мети необхідно вирішити основні завдання:

1. Проаналізувати основні види культиваторів і конструкції їхніх робочих органів.

2. Розробити культиваторну лапу для поверхневого обробітку ґрунту.

**Об'єкт дослідження:** технологічний процес передпосівного обробітку ґрунту.

**Предмет дослідження:** закономірності процесу передпосівного обробітку ґрунту в залежності від конструктивних особливостей робочих органів.

**Перелік публікацій за темою роботи:**

1. **Лук'янчук В.В.** Модернізація ґрунтообробного агрегата РВК-3,6. Збірник тез VI-ї всеукраїнської науково-практичної конференції *«Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь»* 30-10 квітня 2020 року. Житомир : ЖАТК. С. 140-141.

2. **Лук'янчук В.В.** Аналіз довговічності робочих органів плугів та методів визначення тиску ґрунту на поверхню тертя. Збірник тез VII-ї всеукраїнської науково-практичної конференції *«Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь»* 31 березня 2021 року. Житомир : ЖАТК. С. 174-177.

**Практичне значення.** Практичний інтерес для підприємств АПК представляє модернізація культиватора КНК-4.

**Структура та обсяг роботи.** Кваліфікаційна робота складається з вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел з 17 найменувань. Загальний обсяг роботи становить 44 сторінки комп'ютерного тексту, містить 15 рисунків.

## **РОЗДІЛ 1.**

### **СУЧАСНИЙ СТАН ПИТАННЯ ПОВЕРХНЕВОГО ОБРОБІТКУ ГРУНТУ**

Обробіток ґрунту – прийоми механічного впливу на нього, що сприяють підвищенню родючості та створенню кращих умов для росту й розвитку рослин. Окремі прийоми обробітку ґрунту мають надавати орному шару оптимально пухкої, дрібногрудкуватої будови; покращувати водний, повітряний і тепловий режими ґрунту; посилювати кругообіг поживних речовин, витягаючи їх з глибших горизонтів; очищати поля від бур'янів; закладати рослинні рештки та добрива; захищати ґрунт від водної та вітрової ерозії [1].

Розрізняють основний, поверхневий і спеціальний обробітки ґрунту. До поверхневого обробітку ґрунту належить культивація. Культиватори призначені для розпушування поверхні ґрунту на глибину до 12 см і глибокого розпушування на глибину до 25 см і більше, знищення бур'янистої рослинності, внесення в ґрунт мінеральних добрив, підгортання та нарізування поливних борозен [3].

За призначенням розрізняють культиватори для суцільного обробітку ґрунту та просапні. До культиваторів для суцільного обробітку ґрунту належать парові культиватори, призначені для догляду за парами та передпосівного обробітку ґрунту, культиватори-плоскорізи для розпушування стерньових полів на глибину до 16 см, штангові культиватори для знищення кореневищних бур'янів, культиватори-розпушувачі, садові та лісові культиватори. Просапними називають культиватори, які призначені для міжрядного обробітку посівів з метою розпушування ґрунту та знищення бур'янистої рослинності, проріджування рослин у рядках, підгортання та нарізування поливних борозен. До просапних відносять також велику групу культиваторів-рослиноживильників, призначених для підживлення рослин мінеральними добривами в період росту. Тракторні культиватори виготовляють навісними та причіпними [2].

Технологічні процеси поверхневого обробітку ґрунту, для механізації яких застосовують культиватори, можуть мати різний характер, що вимагає застосування на культиваторах різних типів робочих органів. До робочих органів, призначених для розпушування ґрунту, висуваються одні вимоги, а до робочих органів, призначених для знищення бур'янистої рослинності, - інші.

Розрізняють такі типи робочих органів культиватора [2].:

1) Лапи полольні:

- а) односторонні плоскоріжучі;
- б) стрілчасті плоскоріжучі;
- в) стрілчасті універсальні;
- г) комбінована плоскоріжуча лапа.

2) Лапи розпушувальні:

- а) долотоподібні;
- б) наральникові.

3. Спеціальні робочі органи культиваторів:

- а) лемішного типу;
- б) ротаційні;
- в) штангові.

4. підгортальники.

Культиватор посилений комбінований КУК-4 призначений для парового передпосівного обробітку різних ґрунтів, зокрема стерньового зябу, брилистих і заплелих. Допускається його використання для післязбирального розпушування полів зі стернею колосових і зернобобових на глибину до 10 см за твердості ґрунту не більш як 2 МПа, висоти стерні менш як 20 см і відсутності на полі куп рослинних решток.

За комплектацією культиватор має 4 основні модифікації: Культиватор КУК-4 навісний до тракторів класу тяги 2 і 3.

Культиватор КУК-4 (рис. 1.1) та його модифікації містять зварену раму 1, опорні колеса 2 із гвинтовим механізмом 3 регулювання глибини обробітку,



навіску 4 з віссю підвісу 5, пружні кронштейни 6 зі стійками 7 та лапами 8 і щиток сигнальний 9.

Під час роботи культиватора лапи, заглиблені в ґрунт, підрізають оброблюваний шар і бур'янисту рослинність, розпушують і кришать ґрунт.

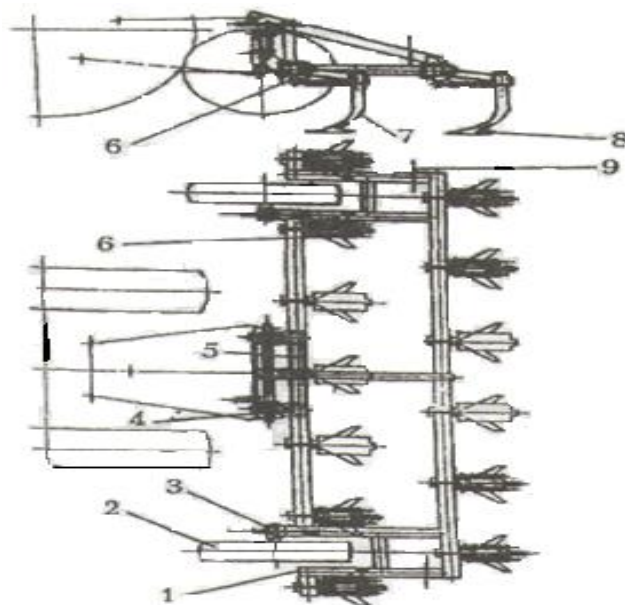


Рис. 1.1. Культиватор посилений комбінований КУК-4: 1 – рама; 2 – колесо опорне; 3 – механізм регулювання глибини обробітку; 4 – навіска; 5 – вісь підвісу; 6 – кронштейн підпружинений; 7 – стійка; 8 – лапа; 9 – щиток сигнальний.

Завдяки змінному стисненню пружин лапи під час роботи здійснюють коливання, що сприяє зниженню тягового опору й очищенню стійок від рослинних залишків, що нависають. При повному стисненні пружин лапа виглиблюється і обходить перешкоду. При аварійному навантаженні на стійку через неможливість обійти перешкоду зрізається палець, що утримує кронштейн зі стійкою і пружинним механізмом, і лапа стійкою, виглиблюється і вільно обходить перешкоду. Під час роботи з котками їхні зуби додатково кришать верхній шар, вичісують коріння бур'янистої рослинності та вирівнюють поверхню. Під час роботи з котками їхні зубчасті планки кришать верхній шар, ущільнюють ґрунт і вирівнюють його поверхню.

Піднімання й опускання культиватора в роботі здійснюється за допомогою механізму навішування трактора.

Пристрій і робота складових частин: Рама зварна з труб містить балки передні, поздовжні задню і перемички. На балці 1 є кронштейни 2 для встановлення осі підвісу і підпружиненого прутка її фіксації. До торців поздовжніх балок 9 приварені напрямні для стійок коліс. До балок 1 і 7 приварені розкоси навішування. На рамі є мітки для точного розміщення лап.

Культиватор (рис. 1.2) є широкозахватною причіпною машиною з шарнірно секційною рамою, з трирядним розташуванням робочих органів 2, із зарівнювальним пристосуванням у вигляді роторних (пружинних) боронок 3.

Культиватор агрегатується за причіпний пристрій трактора за допомогою сніці 6. На сніці шарнірно кріпиться підставка 7, призначена для встановлення сніці на висоту причіпної скоби трактора. На бічному промені сніці розташовані табличка з вказівками з техніки безпеки.

Колеса культиватора на пневматичних шинах консольно кріпляться на кронштейнах. На центральній рамі встановлено спарені колеса 5, на бічних секціях одинарні 9.

Механізм підкату коліс центральної рами культиватора складається з гідроциліндрів, одним кінцем закріпленого на качалці механізму регулювання глибини ходу робочих органом, а іншим - на кронштейнах поворотних валів, і служить для заглиблення робочих органів культиватора на розворотних смугах під час роботи та переведення культиватора в транспортне положення.

Транспортні габарити культиватора до 4 м забезпечуються складанням рами.

Механізм складання бічних секцій складається з гідроарматури, чотирьох гідроциліндрів і тяг. Фіксація складених бічних секцій проводиться замками на опорах 8, закріплених на передньому брусі рами.

Механізм підйому секцій: складається з гідроарматури, двох гідроциліндрів, важелів, тяг, лап, підняті секції фіксуються замками у фіксаторі 4.

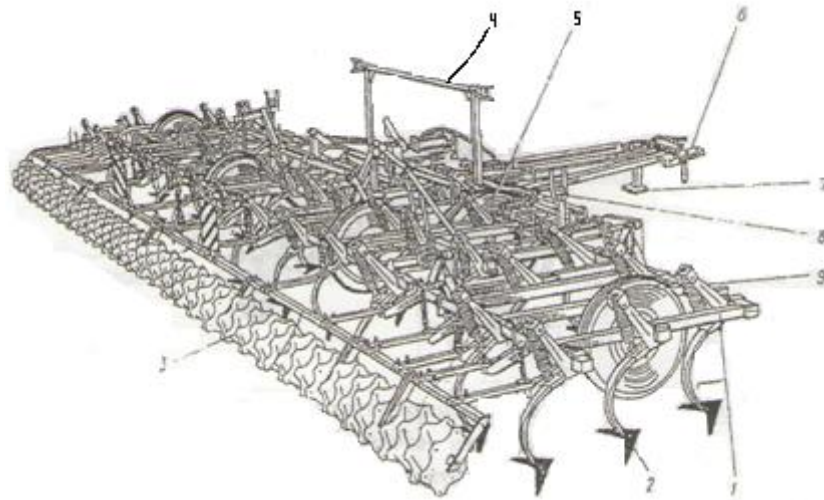


Рис. 1.2. Культиватор КШУ - 12: 1 – рама; 2 – секція робочих органів; 3 – роторна боронка; 4 – фіксатор; 5 - спарені колеса; 6 – сниця; 7 – підставка сниці; 8 – опора; 9 – колеса бічних секцій [2]

Гідротраса культиватора слугує для механічного виглиблення його на розворотних смугах під час роботи та переведення з робочого положення в транспортне і навпаки і складається: з двох незалежних ділянок, призначених для здійснення підкату коліс центральної рами та підйому (виглиблення) секцій робочих органів і для складання бічних крил у транспортне положення; для складання підкрилків у транспортне положення;

Переведення культиватора з транспортного положення в робоче і навпаки здійснюється з місця водія гідросистемою трактора з виходом тракториста з кабіни трактора для розфіксації (фіксації) секцій рами під час їхнього опускання (підйому) й одночасного блокування шарніром секцій.

Для позначення габаритів культиватора під час його транспортування дорогами слугують сигнальні щитки, встановлені на передньому брусі рами і на брусі боронок.

Для очищення робочих органів від землі та рослинних залишків до культиватора прикладається чистик.

Технологічний процес, який виконує культиватор, полягає в такому: - під час робочого ходу культиватора по полю лапи розпушують на задану глибину поверхневий шар ґрунту, підрізають бур'яни, а розміщене ззаду зарівнююче пристосування, зарівнює борозни, які утворюються від проходу робочих органів.

Культиватор КНК - 4 призначений для одночасного виконання культивації ґрунту, вирівнювання та прикочування поверхні ґрунту.

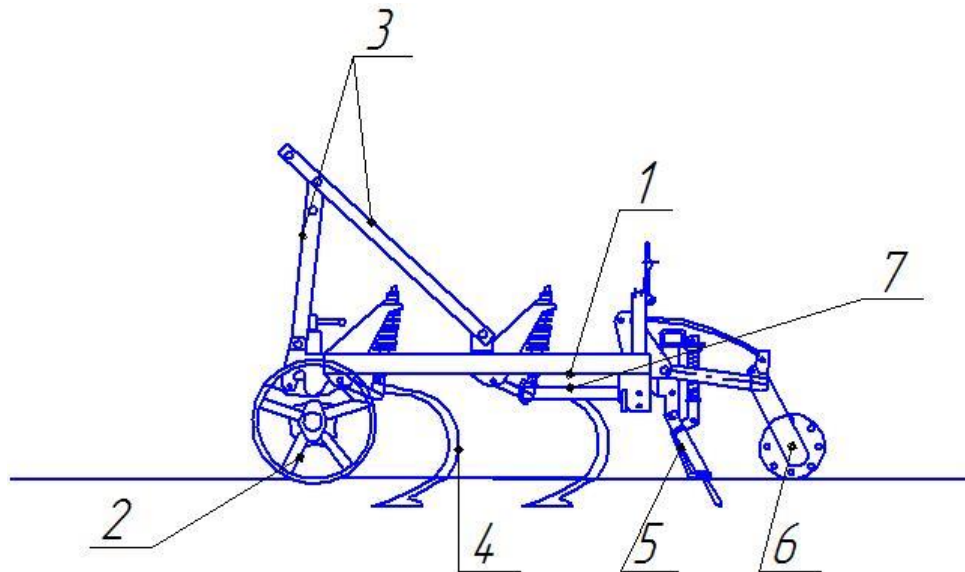


Рис. 1.3. Культиватор комбінований КНК - 4:1 – рама; 2 – опорне колесо; 3- навісний пристрій; 4 – механізм навішування; 5 – вирівнювач ґрунту; 6 – прикочувальний пристрій; 7 – стійка.

Культиватор комбінований (рис/ 1.3) складається з таких основних складальних одиниць: рама 1, колеса опорні 2, два навісні пристрої 3 (для МТЗ-80 і ДТ-75), стрілочаста лапа з механізмом навішування 4, вирівнювач ґрунту 5, коткування 6, стійка 7 з фіксатором 8.

Рама 1, зварена за формою прямокутника з квадратних труб, має три поперечних (відносно ходу агрегату) бруса. На передньому брусі кріпляться навісний пристрій, два опорні колеса і перший ряд стрілочастих лап. Спереду на передньому брусі, під місцями кріплення навішування, приварені кронштейни. У 3 пази кронштейнів вставляється вісь для автоматичного замикання, навішеного на трактор культиватора.

У комплекті культиватора є дві осі для агрегування культиватора з тракторами МТЗ-80 або ДТ-75. Другий ряд лап кріпиться на середньому брусі рами.

На задній брус рами кріпляться вирівнювач ґрунту, що складаються з двох секцій, і прикочувальний пристрій, що складається з двох котків. На брусі у верхній частині приварені чотири пари пластин для кріплення ресор, що приймають котки до землі, а в нижній частині приварені пластини з низкою отворів для кріплення вирівнювачів ґрунту двох секцій дощок, що вирівнюють ґрунт.

Колеса опорні 2, служать опорою культиватора в робочому положенні. Колесо обертається на осі стійки, усередині якої розміщений гвинт із гайкою.

Колесо до рами кріпиться за допомогою цієї стійки. Вона вставляється у втулку рами і фіксується віссю рукоятки із замком.

Обертанням гвинта в стійці регулюється глибина входу лап у ґрунт. Максимальна глибина входу лап у ґрунт 120 мм. Через навісний пристрій 3 культиватор приєднується до навісної системи трактора. Підйом і опускання культиватора проводиться з кабіни трактора трактористом за допомогою гідророзподільника.

На культиватор навішуються 15 лап у два ряди: у першому 7 лап, у другому ряду 8 лап. Механізм кріплення стійок лап на брусі складається зі спеціального кронштейна, хомута, гвинта з пружиною, скоби і двох сережок.

Кронштейн із хомутом охоплюють брус; гвинт зі скобою охоплюють стійку; стійка своєю втулкою і двома сережками кріпиться на кронштейні.

Пружина, встановлена на гвинт, під час роботи культиватора оберігає стійку з лапою від поломок під час наїзду на перешкоду. Вирівнювач ґрунту 5 - це дошка із зубами - 14 шт.

Призначена вона для вирівнювання ґрунту, а зуби - для розбивання великих грудочок землі. Кожна секція вирівнювача складається з дошки із зубами, двох стійок кріплення до рами і двох штоків із пружинами.

Секції навішуються на задній брус рами на пластини. У цих пластинах і стійках кріплення вирівнювача є низка отворів, завдяки яким вирівнювач може регулюватися за висотою.

Пружина на штоку працює як запобіжник від каменів.

Прикочувальний пристрій 6 - два котки, кожен коток складається: з центральної осі, на якій насаджено два шарикопідшипники; поверхня котків - трубчаста - вісім трубок, приварених до дисків за гвинтовою лінією; рама - брус із важелями. До бруса приварені пластини для кріплення до них ресор, на цій же пластині є ряд отворів для регулювання висоти кріплення котків. Котки призначені переважно для ущільнення ґрунту та вирівнювання поверхні поля. Стійка 7 з фіксатором служить для підтримування культиватора на майданчику в горизонтальному положенні.

На культиваторах встановлюють такі робочі органи: лапи - односторонні плоскоріжучі (бритви), стрілочасті плоскоріжучі та універсальні; зуби - розпушувальні (долотоподібні лапи), оборотні, списоподібні та пружинні; сталеві стрижні - штанги; голчасті диски; лапи-відвальчики; підгодівельні лапи чи ножі для сухого й рідкого підживлення; корпуси підгортальні й борозноріжучі (аричники).

Лапи культиваторів за призначенням поділяють на полольні та розпушувальні.

Односторонні плоскоріжучі лапи призначені для підрізання бур'янів, проріджування культурних рослин і розпушування ґрунту на глибину до 6 см у міжряддях. Наявність у лапи вертикальної частини, яка оберігає рядок від присипання ґрунтом, дає змогу вести обробіток із малими захисними зонами. Лапи виготовляють правими та лівими. Лезо заточують зверху під кутом 8-10°. Товщина леза має бути не більше 0,5 мм. Лапи, що поставляються з культиватором, мають ширину захвату 85, 120, 150, 165 і 250 мм.

Стрілочасті плоскоріжучі лапи призначені також для підрізання бур'янистої рослинності, коли потрібна невелика глибина обробітку (до 6 см) і

невелике зміщення ґрунту. Леза лап заточують зверху і знизу під кутом 8-12°. Товщина кромки леза не повинна перевищувати 0,3 мм.

Робочий орган культиватора з елементами вібрації розроблений Н.М. Безпам'ятною та С.В. Кравченком

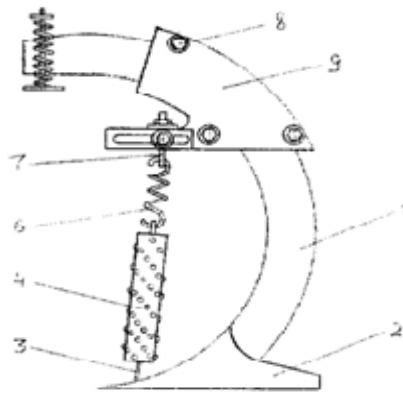


Рис. 1.4. Робочий орган з елементами вібрації: 1 – стійка; 2 – розпушувальна лапа; 3 – гнучкий елемент типу струни; 4 – шипи; 6 – пружина; 7 – регулювальний гвинт; 8 – стяжний болт; 9 – кронштейн.

Робочий орган культиватора (рис. 1.4) складається зі стійки 1, розпушувальної лапи 2 і розташованого перед стійкою гнучкого елемента 3 типу струни. Один кінець гнучкого елемента 3 жорстко приєднаний до розпушувальної лапи 2, а інший - до розміщеної в пазах кронштейна 9 пластини через пружину 6 і регулювальний гвинт 7 з гайкою, що спирається на пластинчасту пружину. На гнучкий елемент 3 встановлено гумову втулку з можливістю вільного обертання, що має на зовнішній поверхні шипи 4 довільної форми. Гумова втулка внутрішньою поверхнею спирається на шайбу, жорстко закріплену на тілі гнучкого елемента 3. Пластина 2 фіксується в пазах кронштейна 9 регулювальним болтом. Кронштейн 9 складається з двох частин, закріплених жорстко на стійці 1 трьома стяжними болтами 8.

Робочий орган культиватора працює таким чином.

Під час обробітку ґрунтового шару культиватором під впливом сил опору прогинається гнучкий елемент 3, розтягуючи пружину 6 і стискаючи пластинчасту пружину, а гумова втулка здійснює обертальний рух. За змінних

навантажень гнучкий елемент 3 здійснює коливальний рух і скидає навислі бур'яни. Гумова втулка, здійснюючи обертальний рух, шипами 4 взаємодіє з бур'янистою рослинністю і запобігає надмірному скупченню бур'янів на стійці 1, сприяючи зниженню тягового опору.

Регулювання натягу гнучкого елемента 3 здійснюється гайкою 13 регулювального гвинта 7. Зміна кута нахилу гнучкого елемента 3 досягається переміщенням пластини по пазах кронштейна 9 з фіксацією регулювальним болтом і кронштейна 9 відносно стійки 1. Переміщення кронштейна 9 дає змогу отримати різні режими коливань робочого органа культиватора.

Недоліком донного робочого органа є: недостатня якість обробітку парового поля, забивання робочих органів і зниження тягового опору робочого органа культиватора.

Лапа культиватора, розроблена П.В.Антроповим, В.Н. Ігнатенком, В.Ф. Карбушевим, (рис. 1.5) складається з тримача 1, за осьюовою лінією якого виконано отвори 2 для кріплення лапи на стійці культиватора, ріжучих пластин 3 і 4, заточених у передній частині. Тримач 1 сформовано таким чином, що його верхня частина 5, призначена для з'єднання зі стійкою лапи культиватора (на кресленні не показана), на якій виконано отвори 2, виконана похило, а нижня частина 6 увігнута та виконана з розрахунком одержання найбільшої поверхні контакту тримача з торцевими поверхнями ріжучих пластин 3, 4, що з'єднані зварюванням під кутом одна до одної торцевими скошеними поверхнями за лінією 7. Тримач 1 приварений до ріжучих пластин 3 і 4. Підсилювачі 8 своїми бічними поверхнями А і В приварені з одного боку до торцевої поздовжньої поверхні ріжучих пластин 3 і 4 (поверхня А), а з іншого - до тримача 1 (поверхня В). Підсилювачі 8 приварені до кожної торцевої поверхні 9 тримача 1. Кожен підсилювач 8 приварений до пластини під кутом до горизонталі 15-80 градусів - див. вид за стрілкою С.



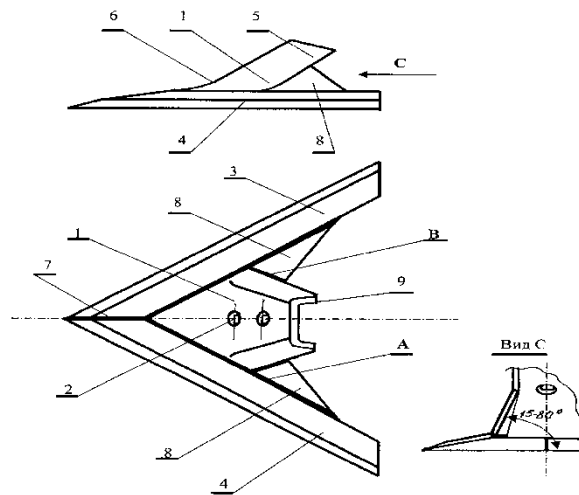


Рис. 1.5. Лапа культиватора розроблена П.В.Антроповим: 1 – тримач; 3 і 4 – ріжучі пластини; 5 – підсилювач.

Лапа культиватора працює так: під час заглиблення ріжучих пластин у ґрунт та їхнього переміщення останні по всій довжині починають сприймати навантаження, що постійно змінюються, внаслідок різного опору ґрунту в горизонтальній і вертикальній площинах. Навантаження на ріжучі пластини лап культиватора залежать не тільки від коливань глибини обробітку ґрунту, а й від забур'яненості поля, вологості та виду ґрунтів. Наприклад, навантаження зростають під час обробітку важких глинистих ґрунтів або за наявності трав і бур'янів, що накопичуються на тримачі лапи.

Під час впливу навантаження на ріжучі пластини 3 і 4 тримач 1 і підсилювачі 8 сприймають ці навантаження і розподіляють їх по всій довжині зварного шва. У лапи культиватора є в наявності два додатково приварених підсилювача 8. Вплив навантажень на зменшені за довжиною консольно виступаючі частини різальних пластин 3 і 4 знижується пропорційно зменшенню довжини консолі різальних пластин, що дає змогу працювати утримувачу 1 і різальним пластинам 3 і 4 у легшому режимі, що в остаточному підсумку підвищує працездатність лап і культиватора загалом. Оскільки підсилювачі 8 приварені до бічних поверхонь тримача 1 під кутом, що дорівнює 15-80 градусів, створюються додаткові умови, що збільшують міцність консольної частини ріжучих пластин у двох площинах горизонтальній і вертикальній та лап

культиватора загалом, а також можливість вибору оптимального режиму опору ґрунту під час роботи лапи культиватора.

Недоліком даної лапи культиватора є: підвищений опір робочого органу.

Робочий орган для обробітку парів, розроблений В.П. Зволинським, В.І. Мухортовим, О.М. Салдаєвим (рис. 1.6), містить стійку 1, універсальну стрілочасту (полицеву) лапу 2 і деформатор 3 стебел бур'янистої рослинності. Універсальна стрілочаста лапа 2 на нижній частині стійки 1 зафіксована хвостиком 4 лапи 2 і засобами кріплення 5.

Деформатор 3 стебел бур'янистої рослинності встановлений на стійці 1 з можливістю перевстановлення завдяки отворами 6, виконаним із декретним кроком, що дорівнює 4 см. Деформатор 3 виконано з пружнодеформованого сталевого листа у вигляді полоза 7. Матеріал - сталь 45 - сталь 65 Г. Товщина листа 1,5...2,0 мм.

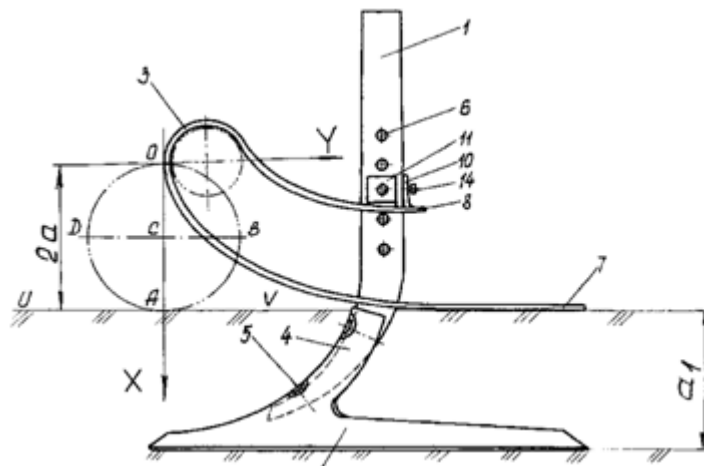


Рис. 1.6. Робочий орган для обробки парів: 1 – стійка; 2 – універсальна стрілочаста лапа; 3 – деформатор; 7 – полоз; 8 – несуча площина.

Робочий орган для обробітку парів технологічного процесу з розпушування верхнього шару ґрунту та підрізання коріння бур'янистої рослинності виконують у такий спосіб.

Під час усталеного руху носок універсальної стрілочастої лапи 2 врізається в шар ґрунту. Ріжучі кромки на крилах лапи 2 підрізають шар ґрунту. Підйом шару ґрунту вгору на крилах лапи 2 призводить до деформації верхнього горизонту та подрібнення ґрунту до агрономічно цінних фракцій. Одночасно з

цим вступає в роботу деформатор 3 стебел бур'янистої рослинності. Закругленим переходом несучої площини 8 і полоза 7 стебла нахиляються вперед. Нахил стебел уперед призводить до напруженого стану скелетного бічного і вертикального коріння. Напружене коріння підрізається ріжучими крайками крил стрілкової лапи 2. Стебла бур'янистої рослинності полозом 7 притискаються до поверхні парового поля і набувають орієнтованого укладання вздовж напрямку руху стійки 1. Полоз 7 деформатора 3 унеможливує нависання бур'янів на стійку 1. Цим забезпечують високу якість обробітку парових полів.

Недоліком даного робочого органа є забивання бур'янами стійки та утворення розвальної борозни.

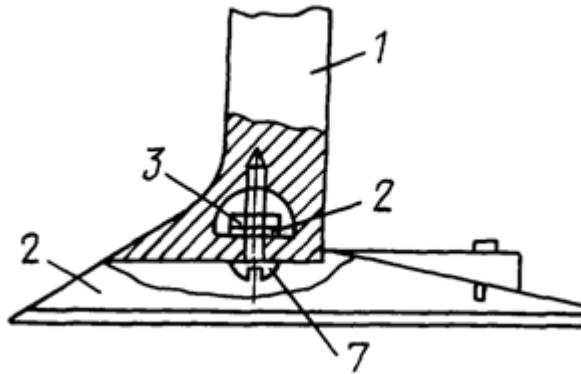


Рис. 1.7. Стрілчаста лапа, сконструйована Л.М. Бурковим: 1 – стійка; 2 і 3 – змінні крила; 4 – болт.

На стійці 1 у нижній частині виконано порожнину для встановлення і кріплення вушок змінних крил 2 і 3. Ззаду, за стійкою 1, на цих же крилах 2 і 3 жорстко прикріплені криволінійні кришки 4 і 5, які стягуються гвинтовим механізмом 6, за допомогою якого можна змінювати кут розкривання крил 2 і 3.

Крила 2 і 3 утворюють стрілоподібний наконечник. Крила 2 і 3 шарнірно з'єднані зі стійкою 1 і одне з одним. Крила закріплюють до стійки болтом 7. Кришки 4 і 5 з'єднані між собою і мають виконаний на їхньому краю перпендикулярно до напрямку руху паз для розміщення в ньому стопора 8. Механізм 6 регулювання кута розкривання крил розміщений усередині кришок 4 і 5.

Під час руху агрегату в напрямку загострення лапи відбуваються розпушування ґрунту і підрізання бур'янів заточеними лезами 2 і 3. Якщо за умовами роботи потрібно змінити центральний кут (між крилами 2 і 3), то досить послабити болт 7 і стопор 8 і гвинтовим механізмом 6 змінити кут між крилами 2 і 3, а потім, затягнувши обидва болти, можна продовжувати роботу. Кришки 4 і 5 унеможливають потрапляння ґрунту в механізм 6 зміни кута між крилами 2 і 3.

Стрілчаста лапа, сконструйована Л.М. Бурковим, не забезпечує потрібну за технічними умовами рівномірність обробітку дна борозни.

### **Висновки по розділу**

В другому розділі кваліфікаційної роботи розглянуто стан питання поверхневого обробітку ґрунту та проаналізовані сучасні культиватори та існуючі робочі органи для виконання технологічної операції культивації.

## РОЗДІЛ 2

### МОДЕРНІЗАЦІЯ КОМБІНОВАНОГО КУЛЬТИВАТОРА КНК - 4Т

Суцільну культивуацію проводять під час підготовки до посіву та догляду за парами. Ґрунт розпушують без обороту оброблюваного шару та підрізають бур'яни. Під час культивації стежать за тим, щоб верхній шар був дрібногрудкуватим, відхилення середньої глибини розпушування від заданої не перевищувало  $\pm 10$  мм, висота гребенів - 40 мм, нерівності дна - 20 мм, а перекриття між суміжними проходами агрегату дорівнювало 150 мм.

Культиватори мають виконувати такі умови:

- забезпечувати рівне дно борозни, поверхня поля має бути рівною, без гребенів і борозен (середня гребнистість не більше 4 см);
- робочі органи культиватора повинні знищувати щонайменше 98...99 % бур'янів, без оголення нижніх вологих шарів і без перемішування їх із верхніми;
- забезпечувати рівномірну глибину обробітку ґрунту в межах від 5 до 12 см (середнє відхилення глибини від заданої не повинно перевищувати  $\pm 1$  см);
- мати самозаточувальні робочі органи;
- створювати дрібногрудкуватий верхній шар ґрунту і домагатися рівномірності глибини розпушування;
- проводити культивуацію у встановлені агротехнічні строки.

Нижній вологий шар не повинен переміщатися на поверхню поля, а кількість непідрізаних бур'янів - перевищувати 3 %. Для кращого вирівнювання поверхні поля культивують одночасно з боронуванням. Першу культивуацію проводять поперек напрямку оранки, а наступну - поперек попередньої.

Культиватор КНК - 4 призначено для одночасного виконання культивуації, вирівнювання та прикочування поверхні ґрунту.

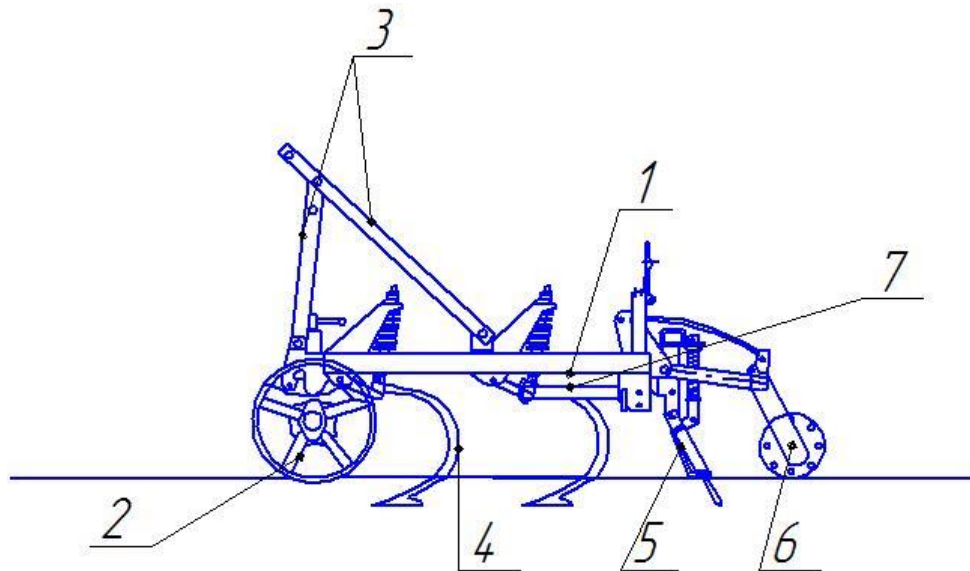


Рис. 2.1. Культиватор комбінований КНК - 4Т: 1 – рама; 2 – опорне колесо; 3 – навісний пристрій; 4 – механізм навішування; 5 – вирівнювач ґрунту; 6 – прикочувальний пристрій; 7 – стійка.

Культиватор комбінований (рис. 2.1) складається з рами 1, колеса опорного 2, двох навісних пристроїв 3 (для МТЗ-80 і ДТ-75), стрілкової лапи з механізмом навішування 4, вирівнювача ґрунту 5, прикочувального пристрою 6, стійки 7 з фіксатором.

Рама 1, зварена за формою прямокутника з квадратних труб, має три поперечних (відносно ходу агрегату) бруса. На передньому брусі кріпляться навісний пристрій, два опорні колеса і перший ряд стрілчастих лап. Спереду на передньому брусі, під місцями кріплення навішування, приварені кронштейни. З пази кронштейнів вставляється вісь для автоматичного замикання, навішеного на трактор культиватора.

Другий ряд лап кріпиться на середньому брусі рами.

У результаті встановлення модернізованих культиваторних лап підвищується експлуатаційна надійність і знижується тяговий опір культиватора.

Пропонований робочий орган культиватора містить стійку 1, наральник 2, стакан 3, стрижень змінного перерізу 4, розпушувальну лапу 5. До наральника 2 жорстко прикріплений стакан 3, у порожнині якого розміщується задня частина стрижня 7 і пружина з нелінійною характеристикою 8. Розпушувальна лапа 5

встановлена на стрижні змінного перерізу 4 з можливістю повороту відносно нього і фіксується від випадання болтом. Пружний елемент ресорного типу 6 відносно розпушувальної лапи фіксується за допомогою шпильок і гайок. Ступінь стиснення пружини 8 регулюється корончастою гайкою 10, яка стопориться шплінтом 9 і одночасно фіксує пружний елемент ресорного типу 6 відносно стакана.

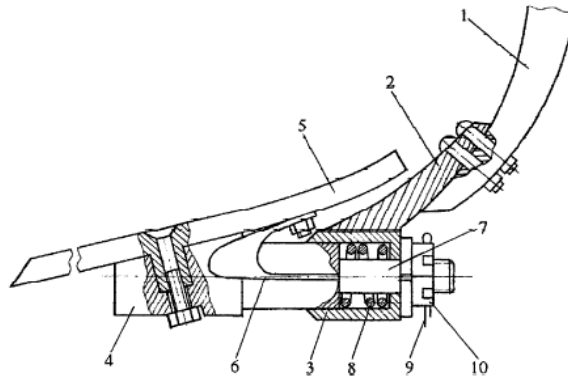


Рис. 2.2. Лапа культиватора: 1 – стійка; 2 – наральник; 3 – стакан; 4 – стрижень; 5 – лапа; 6 – пружний елемент; 7 – задня частина стрижня; 8 – пружина; 9 – шплінт; 10 – корончаста гайка.

Робочий орган культиватора працює таким чином.

Під час руху внаслідок неоднорідності будови ґрунту, зміни швидкісного режиму виникають автоколивання культиваторної лапи, що складаються з автоколиваний за ходом руху культиватора й автоколиваний за кутом повороту культиваторної лапи відносно стрижня. Такі коливання культиваторної лапи покращують подрібнення шару ґрунту та зріз бур'янистої рослинності, сприяють зниженню тягового опору та збільшують діапазон застосування на ґрунтах різної щільності та вологості.

Визначаємо тяговий опір культиватора КНК - 4 М під час суцільного обробітку за формулою:

$$P = q \cdot B, \quad (2.1)$$

де  $q$  - питомий опір, Н/м;

$B$  - ширина захвату культиватора при суцільному обробітку, м.

Значення питомого опору  $q$  культиватора на 1м ширини захвату з урахуванням опору перекочування  $q = 2кН / м$ .

$$P_c = 2 \cdot 4 = 8кН .$$

Визначаємо навантаження, що припадає на одну лапу культиватора:

$$F = \frac{P_c}{n}, \quad (2.2)$$

де  $n$  – кількість лап культиватора.

$$F = \frac{P_c}{n} = \frac{8}{15} = 0,53кН.$$

Лапа культиватора діє на ґрунт як клин із кутом  $\alpha$  (кут підйому), створюючи в ньому стискальні та зсувні напруження. Кут  $2\gamma$  між ріжучими лезами лапи в горизонтальній площині називають кутом розведення (рис. 2.2). Від значення  $\gamma$  залежить ступінь підрізання бур'янів.

Для запобігання обволікання леза бур'янами і ґрунтом необхідно, щоб:

$$\gamma < 90^\circ - \varphi \quad (2.3)$$

де  $\varphi = 26,5^\circ$  - кут тертя бур'яну по лезу лапи.

За  $\gamma > 90^\circ - \varphi$  різання відбувається без ковзання.

Визначаємо кут розведення лез лапи за коефіцієнта тертя бур'янів об лезо  $f = 0,82$ .

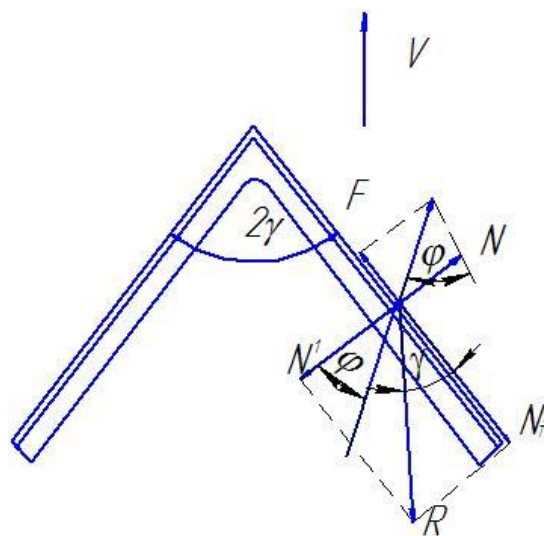


Рис. 2.3. Схема сил, що діють на лапу культиватора.



Як видно з рис. 2.2, отримаємо складову, спрямовану вздовж леза  $N_T = R \cos \gamma$ , і нормальну реакцію  $N_T = R \sin \gamma$ . Для реакції з ковзанням необхідне виконання умови:

$$N_T \leq F,$$

$$\text{де } F = N \cdot \operatorname{tg} \varphi = N \cdot f$$

Підставивши в цю умову значення сил, отримаємо:

$$R \cos \gamma > R \sin \gamma \cdot \operatorname{tg} \varphi.$$

$$\text{або } \operatorname{tg} \gamma < \frac{1}{\operatorname{tg} \varphi} = \operatorname{ctg} \varphi = \operatorname{tg}(90 - \varphi).$$

$$\text{тоді } \gamma < 90 - \varphi = 90 - 48,5^\circ = 41,5^\circ.$$

$$\text{Отже, } 2\gamma \leq 83^\circ.$$

За дослідними даними опір різанню за  $\gamma > 90^\circ - \varphi$  збільшується і може відбуватися висмикування та обмотування леза корінням. Аналогічне явище виходить і при збільшенні вологості. Коріння на кінцях леза іноді підрізається не повністю, якщо шлях руху його по лезу виявляється коротким. Для усунення цієї небезпеки лапи культиваторів розставляють у два ряди з деяким перекриттям  $\Delta b$ , значення якого вибирають з умови забезпечення повного підрізання:

$$\Delta b = L \operatorname{tg} \delta \quad (2.4)$$

де  $L$  - відстань між передньою і задньою лапами;  $\delta = 7 \dots 9^\circ$  - кут випадкового відхилення культиваторів від прямої лінії.

Для забезпечення повного підрізання бур'янів і запобігання забиванню лапи встановлюють у два або три ряди. Причому стрілчасті лапи рекомендується розміщувати попереду односторонніх для отримання більш рівномірної глибини обробітку та рівної поверхні. Навантаження, що сприймаються лапами культиватора першого ряду, приблизно в 2 рази більші за навантаження лап другого ряду. Це пояснюється тим, що лапи першого ряду впливають на ще не деформований ґрунт.

Оптимальну відстань між лапами по ходу визначають за виразом:

$$L_0 = \frac{B}{\operatorname{tg} \cdot (90 - (\gamma + \varphi^1))}, \quad (2.5)$$

де  $\varphi$  – кут тертя ґрунту об метал; приймаємо  $\varphi=25^\circ$ ;

$2\gamma$  – кут розведення леза лапи.

$$L_0 = \frac{4}{\operatorname{tg} \cdot (90 - (35 + 25))} = 550 \text{ мм}$$

Приймаємо  $L=550$  мм.

Тоді величина перекриття  $\Delta b$  дорівнювати:

$$\Delta b = 550 \cdot \operatorname{tg} 7^\circ = 67 \text{ мм.}$$

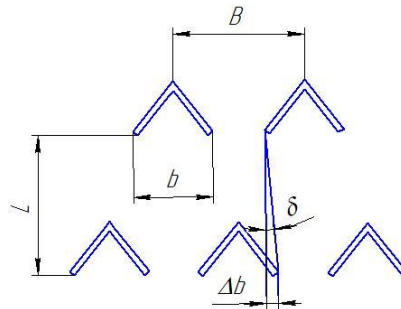


Рис. 2.3. Схема розміщення робочих органів

Відстань між лапами в ряду визначається за формулою:

$$B = 2b - 2\Delta b,$$

де  $b$  - ширина захвату лапи культиватора,  $b = 330$  мм.

$$B = 2 \cdot 330 - 2 \cdot 67 = 526 \text{ мм.}$$

Розрахунок запобіжної натискної пружини

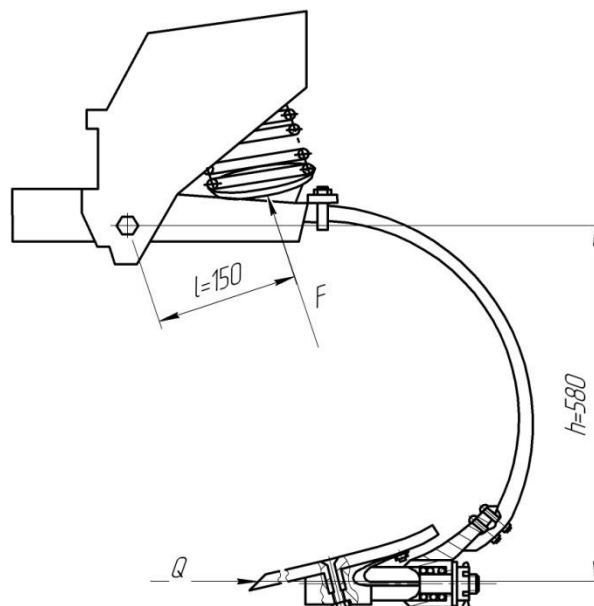


Рис. 2.5. Схема для розрахунку запобіжного пристрою

Визначимо зусилля, за якого лапа культиватора має виглиблюватися з ґрунту:

$$Q = \left( \frac{F_T}{n} \right) \cdot k, \quad (2.6)$$

де  $F_T$  – тяговий опір культиватора,  $F_T = 8кН$  ;

$n$  – число робочих органів культиватора;

$k$  – коефіцієнт запасу стійкості ходу робочих органів,

$k = 1,5 \dots 2,5$  приймаємо  $k = 1,5$ .

$$Q = \left( \frac{8}{15} \right) \cdot 1,5 = 0,8кН. \quad (2.7)$$

Визначимо зусилля натягу пружини під час спрацьовування запобіжного пристрою:

$$F = \frac{Qh}{l}, \quad (2.8)$$

де  $h$  і  $l$  – плечі сил  $Q$  і  $F$ .

$$F = \frac{0,8 \cdot 0,58}{0,15} = 3,1кН.$$

Умова міцності для циліндричних пружин:

$$\tau = \frac{8kF_3c}{(\pi d^2)} \leq [\tau], \quad (2.9)$$

де  $\tau$  – розрахункове максимальне напруження в поперечних перерізах витків пружини, МПа;

$[\tau]$  – допустимі напруження для дроту пружини, МПа;

$k$  – коефіцієнт впливу на напруження кривизни витків і поперечної сили;

$F$  – максимальна стискаюча сила, Н;

$c$  – індекс пружини.

$$c = \frac{D}{d}, \quad (2.10)$$

де  $d$  – діаметр дроту пружини, мм;

$D$  – середній діаметр пружини, мм.

Визначаємо сили при початковій деформації та максимальній деформації.

Пружина виготовлена з хромованадієвої сталі 50 ХФА-4А ГОСТ 14959 - 79. Вважаючи, що діаметр дроту пружини дорівнює  $d = 11$  мм, прийmemo допустиме напруження для дроту  $[\tau] = 610$  МПа, що відповідає рекомендації ГОСТ 13764 - 86.

Сила пружини при початковому навантаженні визначаємо за формулою:

$$F_1 = (0,1 \dots 0,5) \cdot F_2, \quad (2.11)$$

при максимальній деформації визначаємо за формулою:

$$F_3 = (1,05 \dots 1,66) \cdot F_2, \quad (2.12)$$

Припустимо, що  $F_1 = 0,3 \cdot F_2$ ,  $F_3 = 1,2 \cdot F_2$ , отримаємо:

$$F_1 = 0,3 \cdot 3100 = 930 \text{ Н};$$

$$F_3 = 1,2 \cdot 3100 = 3720 \text{ Н}.$$

Приймаємо індекс пружини  $c = 8$  [5]. Коефіцієнт впливу кривизни витків  $k = 1,17$ .

З умови міцності визначаємо [формула (2.9)] діаметр дроту пружини:

$$d = 1,6 \sqrt{\frac{kcF_3}{[\tau]}} = 1,6 \sqrt{\frac{1,17 \cdot 8 \cdot 3720}{610}} = 11,87 \text{ мм}.$$

Відповідно до ГОСТ 14959-79 остаточно приймаємо  $d = 12$  мм.

Перевірка міцності пружини проводиться за формулою :

$$\tau = 8 \cdot 1,17 \cdot 3720 \cdot 8 / (3,14 \cdot 12^2) = 616 \text{ МПа} > [\tau] = 610 \text{ МПа}.$$

Визначаємо середній діаметр пружини  $D$  і зовнішній діаметр пружини  $D_n$ .

$$D = c \cdot d = 8 \cdot 12 = 88 \text{ мм}.$$

$$D_n = D + d = 88 + 12 = 100 \text{ мм}.$$

Визначаємо жорсткість одного витка пружини:

$$C_1 = 10^4 \cdot d / c^3 = 10^4 \cdot 12 / 8^3 = 234,4 \text{ Н/мм}.$$

Визначаємо жорсткість пружини:

$$C = (F_2 - F_1) / h; \quad (2.13)$$

$$C = (3100 - 930) / 55 = 39,45 \text{ Н/мм}.$$

Визначаємо число робочих витків пружини:

$$n = C_1 / C; \quad (2.14)$$

$$n = 234,4 / 39,45 = 5,94.$$

Приймаємо  $n = 6$ .

Уточнюємо жорсткість пружини і початкове навантаження

$$C = C_1 / n = 234,4 / 6 = 39 \text{ Н/мм.}$$

$$F_1 = F_2 - C \cdot h = 3100 - 39 \cdot 55 = 955 \text{ Н.}$$

Визначаємо деформації пружин:

Попередню деформацію обчислюємо за формулою:

$$\lambda_1 = F_1 / C = 955 / 39 = 24,5 \text{ мм.}$$

Робочу деформацію обчислюємо за формулою:

$$\lambda_2 = F_2 / C = 3100 / 39 = 79,5 \text{ мм.}$$

Максимальну деформацію обчислюємо за формулою:

$$\lambda_3 = F_3 / C = 3720 / 39 = 95,4 \text{ мм.}$$

Максимальну деформацію одного витка пружини визначаємо за формулою:

$$\lambda'_3 = \lambda_3 / n = 95,4 / 6 = 15,9 \text{ мм.}$$

Визначаємо повне число витків пружини:

$$n_1 = n + n_2,$$

де  $n_2$  – число опорних витків ( $n_2 = 1,5 \dots 2$ ), приймаємо  $n_2 = 2$ .

$$n_1 = 6 + 2 = 8.$$

Визначаємо крок пружини:

$$t = \lambda'_3 + d = 15,9 + 12 = 27,9 \text{ мм.}$$

Визначаємо висоту пружини при максимальній деформації:

$$L_3 = (n_1 + 1 - n_3)d, \quad (2.15)$$

де  $n_3$  – число зашліфованих витків, приймемо  $n_3 = 2$ .

$$L_3 = 12 \cdot (8 + 1 - 2) = 84 \text{ мм.}$$

Визначаємо висоту пружини у вільному стані:

$$L_0 = L_3 + \lambda_3 = 84 + 95,4 = 179,4 \text{ мм.}$$

Визначаємо висоту пружини при робочій деформації:

$$L_2 = L_0 - \lambda_2 = 179,4 - 79,5 = 99,9 \text{ мм.}$$

Визначаємо висоту пружини при попередній деформації:

$$L_1 = L_0 - \lambda_1 = 179,4 - 24,5 = 154,9 \text{ мм.}$$

Довжина розгорнутої пружини визначається за формулою:

$$L = 3,2 \cdot D \cdot n_1; \quad (2.16)$$

$$L_0 = 3,2 \cdot 100 \cdot 8 = 2560 \text{ мм.}$$

Визначаємо кут підйому витків:

$$\alpha = \arctg \alpha = \arctg t/\pi \cdot D = \arctg 27,9/(3,14 \cdot 100) = \arctg 0,088 = 5^\circ.$$

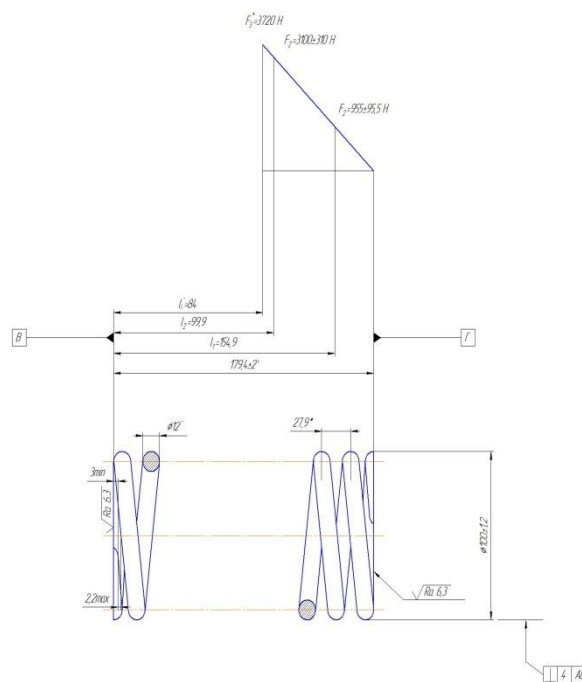


Рис. 2.6. Розрахункова схема отриманої пружини

## Висновки по розділу

В другому розділі кваліфікаційної роботи представлено модернізований культиватор для передпосівного обробітку ґрунту.

### РОЗДІЛ 3

#### РОЗРАХУНОК ОПЕРАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ КАРТИ

Вихідні дані для розрахунку:

1. Приймаємо склад МТА: трактор МТЗ-82 і культиватор КНК - 4М.  
 2. Діапазон робочих швидкостей, на яких доцільне виконання культивуації за агротехнічними вимогами:  $V=8-12$  км/год.

3. Площа поля - 140 га.

4. Агрофон поля та кут схилу: вологість - середня,  $=1^\circ$ .

5. Вага трактора  $G=35$ кН.

6. Вага культиватора  $G_M=9,5$  кН.

7. Конструктивна ширина захвату культиватора  $b_k=4$  м.

8. Питомий опір культиватора за  $V_o=5$  км/год  $K_o=2$  кН/м.

Спочатку необхідно вибрати всі передачі трактора, які відповідають діапазону швидкостей 8...12 км/год. Потім для кожної з передач вибирають значення тягових показників, які наведено в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Тягові показники трактора МТЗ-82 за швидкості руху 8..12 км/год.

Агрофон	Поле, підготовлене під посів		
	Передача		
Параметр	5	6	7
$N_{кр.мах}$ , кВт	33,3	33,6	33,8
$P_{кр.н}$ , кН	13,5	12,3	10,5
$V_{р.н}$ , км/ГОД	8,85	10,2	11,5
$G_{т.н}$ , кг/ГОД	14,5	14,1	13,6

Як відомо з дослідних даних, питомий опір  $K_o$  культиваторів за швидкості їхнього руху  $V_o = 5$ км/год становить 2 кН/м, тому питомий опір для кожної обраної передачі з урахуванням їхньої робочої швидкості знаходиться за формулою:

$$K_{0i} = K_0 \left[ 1 + (V_{pi} - V_0) \frac{C}{100} \right] \quad (3.1)$$

де  $K_{0i}$  - питомий опір для обраної передачі, кН/м;  $V_0$  - робоча швидкість агрегату для обраної передачі, км/год;  $C$  - темп наростання питомого опору, %,  $C = 5\%$ .

Тоді, підставивши відповідні значення, отримаємо:

$$K_5 = 2 \cdot \left[ 1 + (8,85 - 5) \cdot \frac{5}{100} \right] = 2,39 \text{ кН / м}$$

$$K_6 = 2 \cdot \left[ 1 + (10,2 - 5) \cdot \frac{5}{100} \right] = 2,52 \text{ кН / м}$$

$$K_7 = 2 \cdot \left[ 1 + (11,5 - 5) \cdot \frac{5}{100} \right] = 2,65 \text{ кН / м}$$

Максимальна ширина захвату агрегату  $B_{\max i}$  визначається з виразу:

$$B_{\max i} = \frac{P_{kpi} - R_{сц}}{K_{0i} + q_m \sin \alpha} \quad (3.2)$$

де  $P_{kpi}$  - сила тяги трактора в умовах, що розглядаються, кН;  $R_{сц}$  - опір зчипки, кН,  $R_{сц} = 0$ ;  $q_m$  - вага машини, що припадає на 1 м ширини захвату сівалки, м;  $\alpha$  - кут схилу оброблюваної поверхні, що обробляється, град.,  $\alpha = 1^\circ$ .

Сила тяги трактора обчислюється як:

$$P_{kpi} = P_{кр.н} - G \sin \alpha \quad (3.3)$$

де  $P_{кр.н}$  - номінальна сила тяги трактора на гаку, кН;  $G$  - вага трактора, кН.

Значення сили тяги на різних передачах дорівнюватимуть:

$$P_{кр. 5.} = 13,5 - 35 \cdot \sin 1^\circ = 12,9 \text{ кН};$$

$$P_{кр. 6.} = 12,3 - 35 \cdot \sin 1^\circ = 11,7 \text{ кН};$$

$$P_{кр. 7.} = 10,5 - 35 \cdot \sin 1^\circ = 9,9 \text{ кН}.$$

Вага, що припадає на 1 м ширини захвату культиватора:

$$q_m = G_m / b_k, \quad (3.4)$$

де  $G_m$  - вага культиватора, кН;  $b_k$  - конструктивна ширина захвату культиватора, м,  $b_k = 4$  м.



$$q_m = 9,5/4 = 2,4 \text{ кН/м.}$$

Отже, максимальна ширина захвату агрегату становитиме:

$$B_{\max 5} = \frac{12,9 - 0}{2,39 + 2,4 \sin 1} = 5,1 \text{ м;}$$

$$B_{\max 6} = \frac{11,7 - 0}{2,52 + 2,4 \sin 1} = 4,4 \text{ м;}$$

$$B_{\max 7} = \frac{9,9 - 0}{2,65 + 2,4 \sin 1} = 3,6 \text{ м.}$$

Кількість машин в агрегаті  $n_{схmi}$  визначається за формулою:

$$n_{схmi} = B_{\max i} / b_k. \quad (3.5)$$

Отже:

$$n_{схm5} = 5,1 / 4 = 1,3;$$

$$n_{схm6} = 4,4 / 4 = 1,1;$$

$$n_{схm7} = 3,6 / 4 = 0,9.$$

Округляємо кількість машин в агрегаті до найближчого цілого числа.

Дійсний опір  $R_{ai}$  розраховують із виразу:

$$R_{ai} = K_{0i} \cdot b_k \cdot n_{схmi} + G_m \cdot n_{схmi} \cdot \sin \alpha + R_{сц} \quad (3.6)$$

Числові значення дійсного опору становитимуть:

$$R_{a5} = 2,39 \cdot 4 \cdot 1 + 9,5 \cdot 1 \cdot \sin 1^\circ = 9,73 \text{ кН/м;}$$

$$R_{a6} = 2,52 \cdot 4 \cdot 1 + 9,5 \cdot 1 \cdot \sin 1^\circ = 10,25 \text{ кН/м;}$$

$$R_{a7} = 2,65 \cdot 4 \cdot 1 + 9,5 \cdot 1 \cdot \sin 1^\circ = 10,77 \text{ кН/м.}$$

Коефіцієнт використання сили тяги  $\xi_i$  знаходиться зі співвідношення:

$$\xi_i = \frac{R_{a.i}}{P_{кр.i}} \quad (3.7)$$

Підставляючи в останній вираз відповідні числові значення, отримаємо:

$$\xi_5 = \frac{10,77}{12,9} = 0,83;$$

$$\xi_6 = \frac{10,25}{11,7} = 0,88;$$

$$\xi_7 = \frac{10,77}{9,9} = 1,09.$$

Через застосування нових лап культиватора зменшиться опір оброблюваної поверхні поля на 15 -20 %, внаслідок чого загальний тяговий опір культиватора зменшиться на 15 %.

Тоді:

$$\xi_{7M} = \frac{10,77 \cdot 0,85}{9,9} = 0,925.$$

З урахуванням того, що  $\xi_i$  не повинен перевищувати 0,93 і має бути максимальним, приймаємо 7-му робочу передачу трактора і швидкість агрегату 11,5 км/год.

Поле має бути очищене від каміння, соломи та інших рослинних залишків. Стерню соняшнику, кукурудзи, ріпаци та інших високостеблових культур рекомендується подрібнювати.

Далі встановлюється напрямок обробітку ґрунту, обирається спосіб руху, відбиваються поворотні смуги, розбивається поле на загони, відорюються поворотні смуги.

Для агрегату МТЗ-80 + КНК-4М обираємо спосіб руху з перекриттям і представляємо схему руху МТА обраним способом (рис. 3.1).

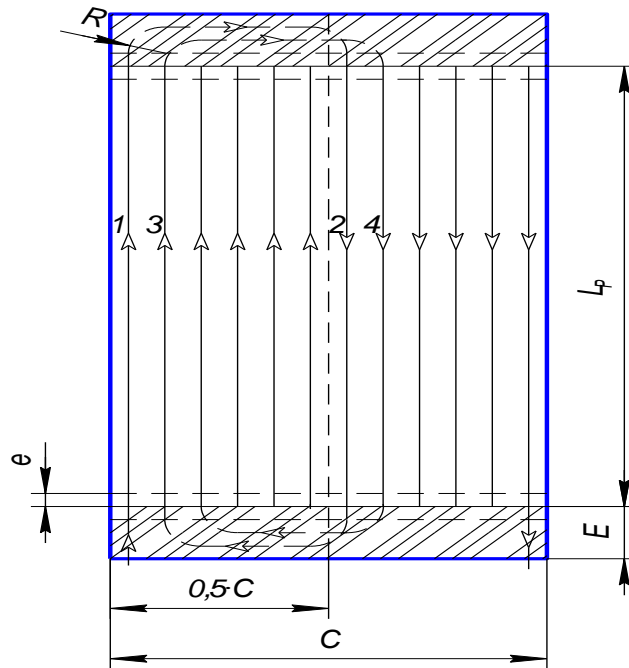


Рис. 3.1. Спосіб руху агрегату "з перекриттям":  $L_p$  – робоча довжина ходу;  $E$  – ширина поворотної смуги;  $e$  – довжина вільного виїзду культиватора;  $C$  – ширина поля;  $R$  – найменший допустимий радіус повороту.

Кінематична довжина агрегату  $L_k$  визначається за формулою:

$$L_k = L_m + L_M + L_c, \quad (3.8)$$

де  $L_m$  - кінематична довжина трактора, м;  $L_M$  - кінематична довжина культиватора, м;  $L_c$  - кінематична довжина зчіпки, м  $L_m = 1,3$  м,  $L_M = 2,3$  м.

Отже:

$$L_k = 1,3 + 2,3 = 3,6 \text{ м.}$$

Довжина вільного виїзду культиватора  $e$  становитиме:

$$e = 0,5 \cdot L_k, \quad (3.9)$$

Підставивши відповідні числові значення, отримаємо:

$$e = 0,5 \cdot 3,6 = 1,8 \text{ м.}$$

Найменший допустимий радіус повороту  $R$  визначають як:

$$R = 0,9 \cdot B_p, \quad (3.10)$$

де  $B_p$  - робоча ширина захвату культиватора, м;

$k$  - коефіцієнт, що враховує швидкість руху,  $k = 1,32$ . Тоді:

$$B_p = b_k \cdot n_{схм} \cdot \beta \quad (3.11)$$

де  $\beta$ - коефіцієнт використання конструктивної ширини захвату,  
 $\beta = 0,96$ .

$$B_p = 4 \cdot 0,96 = 3,84 \text{ м.}$$

$$R = 0,9 \cdot 3,84 = 3,46 \text{ м}$$

Представляємо схему агрегату із зазначенням усіх кінематичних параметрів (рис. 3.2).

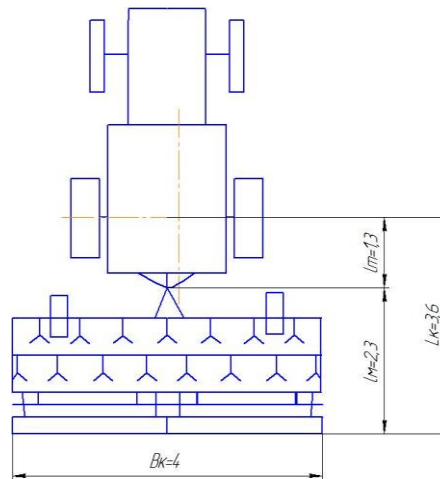


Рис. 3.2. Основні кінематичні характеристики агрегату:  $B_p$  – робоча ширина захвату культиватора;  $L_m$  – кінематична довжина трактора;  $L_M$  – кінематична довжина культиватора;  $L_K$  – кінематична довжина агрегату.

Розраховуємо кінематичні параметри робочої ділянки:

Розрахункова ширина поворотної смуги для безпетльових поворотів  $E_p$  знаходиться за виразом:

$$E_p = 1,5 \cdot R + e. \quad (3.12)$$

$$E_p = 1,5 \cdot 3,46 + 1,8 = 7 \text{ м.}$$

Слід зазначити, що прийнята ширина поворотної смуги  $E$  має бути кратна ширині захвату, тобто:

$$E = B_p \cdot n \quad (3.13)$$

де  $n$  - показник кратності,  $n = E_p / B_p$ .

$$n = 7 / 3,84 = 1,83.$$

Показник кратності  $n$  округлюється в більший бік до цілого значення, тому приймаємо  $n = 2$ . Тоді величина ширини поворотної смуги  $E$  дорівнюватиме:

$$E = 3,84 \cdot 2 = 7,68 \text{ м.}$$

Робоча довжина гона  $L_p$  знаходиться за формулою:

$$L_p = L - 2 \cdot E \quad (3.14)$$

Якщо підставити відповідні числові значення, отримаємо:

$$L_p = 1000 - 2 \cdot 7,68 = 984,64 \text{ м.}$$

Розраховуємо довжину повороту:

$$L_x = 0,5 \cdot C_p + 1,14 \cdot R_0 + 2 \cdot e \quad (3.15)$$

$$C_p = 5 \cdot R_0 = 5 \cdot 3,46 = 17,3 \text{ м.}$$

$$L_x = 0,5 \cdot 17,3 + 1,14 \cdot 3,46 + 2 \cdot 1,8 = 16,2 \text{ м.}$$

Визначаємо число робочих ходів агрегату в загоні:

$$n_p = \frac{C_p}{B_p} = \frac{17,3}{3,84} = 4,5. \quad (3.16)$$

Округляємо і приймаємо число робочих ходів посівного агрегату в більший бік, тоді  $n_p = 5$ .

Число холостих поворотів  $n_x$  приймають рівним числу робочих ходів, тобто  $n_x = 5$ .

Коефіцієнт використання робочих ходів  $\varphi_{px}$  рівний:

$$\varphi_{px} = \frac{L_p}{L_p + L_x}, \quad (3.17)$$

$$\varphi_{px} = \frac{984,64}{984,64 + 16,2} = 0,98.$$

Результати розрахунку показують, що для агрегату МТЗ-82 + КНК-4М за вказаної довжини гону спосіб руху з перекриттям доцільний.

Для розрахунку продуктивності культиваторного агрегату необхідно визначити коефіцієнт використання часу зміни  $\tau$ , який дорівнює:

$$\tau = T_p / T_{cm} \quad (3.20)$$

де  $T_{cm}$  – час зміни, год.,  $T_{cm} = 10$  год.;  $T_p$  – час роботи агрегату за зміну, год.

Час роботи агрегату за зміну  $T_p$  знаходиться за виразом:

$$T_p = \frac{T_{cm} - (T_{обсл} + T_{пз} + T_{лн})}{1 + K_{вст}}, \quad (3.21)$$

де  $T_{обсл}$  - час організаційно-технічного обслуговування агрегату в загинці (час на очищення робочих органів, перевірку якості роботи, технологічні регулювання, технічне обслуговування сівалки в загинці, завантаження сівалок насінням і добривами), год.;  $T_{пз}$  - підготовчо-заклучний час, год.;  $T_{лн}$  - час на відпочинок та особисті потреби тракториста, год.;  $K_{всп}$  - коефіцієнт допоміжної роботи.

Час організаційно-технічного обслуговування агрегату в загинці  $T_{обсл}$  визначається за формулою:

$$T_{обсл} = T_{см} \cdot t_0, \quad (3.22)$$

де  $t_0$  – тривалість зупинок за 1 годину зміни, год.,  $t_0 = 0,1$  год.

$$T_{обсл} = 10 \cdot 0,1 = 1 \text{ год.}$$

$T_{пз}$  – підготовчо-заклучний час,  $T_{пз} = 0,14 \dots 0,3$  год.

$T_{лн}$  – час на відпочинок та особисті потреби тракториста

$$T_{лн} = (0,03 \dots 0,05) \cdot T_{см} \quad (3.23)$$

$$T_{лн} = 0,04 \cdot 10 = 0,4 \text{ год}$$

Коефіцієнт допоміжної роботи  $K_{всп}$  знаходиться як:

$$K_{всп} = K_{пов} + K_{п}, \quad (3.24)$$

де  $K_{пов}$  - коефіцієнт холостих поворотів;  $K_{п}$  - коефіцієнт внутрішньозмінних переїздів.

Коефіцієнт холостих поворотів  $K_{пов}$  обчислюється за формулою:

$$K_{пов} = \frac{t_{пов} \cdot V_p}{3,6 \cdot L_p} \quad (3.25)$$

де  $t_{пов}$  – час одного повороту за секунду, год:

$$t_{пов} = \frac{L_x}{V_x} \quad (3.26)$$

де  $V_x$  – швидкість агрегату на холостих поворотах,  $V_x = 6$  км/год.

$$t_{пов} = \frac{0,017}{6} = 0,003.$$

$$K_{нов} = \frac{0,003 \cdot 11,5}{3,6 \cdot 0,985} = 0,01.$$

Коефіцієнт внутрішньозмінних переїздів  $K_n$  рівний:

$$K_n = \left( T_{nn} + \frac{L_n}{V_{mp}} \right) \left( \frac{W_q}{F_{cp}} \right), \quad (3.27)$$

де  $T_{nn}$  – час, що витрачається на підготовку агрегату до переїзду і до роботи після переїзду, приймаємо  $T_{nn} = 0,05$  год;  $L_n$  – відстань одного переїзду, км,  $L_n = 1,5$  км;  $V_{mp}$  – транспортна швидкість МТА,  $V_{mp} = 14$  км/год;  $F_{cp}$  – середня площа поля, га  $F_{cp} = 140$  га;  $W_q$  – чиста годинна продуктивність МТА, га/год.

Визначаємо чисту годинну продуктивність:

$$W_q = 0,1 \cdot B_p \cdot V_p \quad (3.28)$$

$$W_q = 0,1 \cdot 3,84 \cdot 11,5 = 4,42 \text{ га/год.}$$

$$K_n = \left( 0,05 + \frac{1,5}{14} \right) \cdot \left( \frac{4,42}{140} \right) = 0,005.$$

$$K_{всн} = 0,001 + 0,005 = 0,015.$$

$$T_p = \frac{10 - (1 + 0,2 + 0,4)}{1 + 0,015} = 8,27 \text{ год.}$$

$$\tau = \frac{8,3}{10} = 0,827.$$

Продуктивність агрегату за одну годину робочого часу розрахуємо за виразом:

$$W_q = 0,1 \cdot B_p \cdot V_p \cdot \tau, \quad (3.29)$$

де  $W_q$  – продуктивність агрегату за одну годину часу зміни, га/год;

$B_p$  – робоча ширина захвату агрегату, м;  $V_p$  – робоча швидкість руху агрегату, км/год;  $\tau$  – коефіцієнт використання часу зміни.

Коефіцієнт використання зміни  $\tau$  дорівнюватиме:

$$\tau = 8,27 / 10 = 0,827.$$

Продуктивність агрегату за зміну знайдемо за формулою:

$$W_{см} = W \cdot T_{см}, \quad (3.30)$$

де  $W_{cm}$  - змінна продуктивність агрегату, га/см;  $T_{cm}$  - нормативний час зміни,  $T_{cm} = 10$  год.

$$W_{cy} = 0,1 \cdot 3,84 \cdot 11,5 \cdot 0,827 = 3,65 \text{ га / год.}$$

$$W_{cm} = 3,65 \cdot 10 = 36,5 \text{ га / см.}$$

Витрата палива на одиницю виконаної роботи  $q_e$  знаходиться за виразом:

$$q_e = \frac{G_m T_p + G_x T_x + G_o T_o}{W_{cm}}, \quad (3.31)$$

де  $G_p$  – годинна витрата палива на основній роботі,  $G_p = 8,9$  кг/год;  $G_x$  - годинна витрата палива на холостих поворотах, заїздах і переїздах,  $G_x = 4,23$  кг/год;  $G_o$  - годинна витрата палива на зупинках,  $G_o = 2,115$  кг/год;  $T_x$ ,  $T_o$  – час холостих поворотів і переїздів, технологічних зупинок, год.

$$T_x = T_o = (T_{cm} - T_p) / 2 = (10 - 8,3) / 2 = 0,85 \text{ год} \quad (3.32)$$

$$q_e = \frac{8,9 \cdot 8,3 + 4,23 \cdot 0,85 + 2,115 \cdot 0,85}{36,5} = 2,17 \text{ кг / га.}$$

### **Висновки по розділу**

В третьому розділі дипломного проекту проведено розрахунок операційно-технологічної карти.

## **ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ**



Аналіз використуваних технічних засобів для поверхневого обробітку ґрунту засвідчив гостру необхідність у створенні робочих органів, здатних забезпечити рівну поверхню дна борозни, повне підрізання бур'янистої рослинності без виносу вологого шару на поверхню, а також необхідність знизити тяговий опір агрегату, а як наслідок – витрату палива. Тому модернізація робочого органу культиватора є актуальною.

Розроблені робочі органи культиватора покращують подрібнення шару ґрунту та зріз бур'янистої рослинності, сприяють зниженню тягового опору та збільшують діапазон застосування культиватора на ґрунтах різної густини та вологості. Визначено тягові опори культиватора та підібрано запобіжні пружини.

За допомогою проведених розрахунків обґрунтовано: оптимальну робочу швидкість агрегату, що дорівнює 11,5 км/год, основні кінематичні показники культиваторного агрегату та ділянки поля, а також змінну продуктивність агрегату – 36,5 га/год і витрату палива на одиницю виконаних робіт – 2,17 кг/га.

## **СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ**

1. Алфьоров О. І., Гринченко О. С. Визначення показників механічної надійності за результатами прискорених випробувань у комбінованих режимах. Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів. 2015. № 3. С. 259–265.

2. Алфьоров О. І. Динаміка руху та надійність робочих органів ґрунтообробних агрегатів на пружній підвісці. Вісник Харків. нац. техн. ун-ту сіл. госп-ва ім. П. Василенка, 2015. Вип. 158: Ресурсозберігаючі технології, матеріали та обладнання у ремонтному вир-ві. С. 271–278.

3. Алфьоров О. І. Динамічні характеристики пружної підвіски робочих органів ґрунтообробних агрегатів. Вісник Харків. нац. техн. ун-ту сіл. госп-ва ім. П. Василенка. Харків, 2015. Вип. 163: Проблеми надійності машин та засобів механізації с.-г. вир-ва. С. 174–177.

4. Алфьоров О. І., Антощенко Р. В., Юр'єва Г. П. Експериментальне дослідження коливань робочих органів культиватора на пружній стійці. Machinery & Energetics. Journal of Production Research. Kyiv. Ukraine. 2019. Vol. 9. № 2. P. 129–132.

5. Гринченко О. С., Алфьоров О. І., Ройтих А. О., Воробйов Д. Д. Контроль рівня затягування різьбового з'єднання в місцях кріплення пружних робочих органів культиваторів методом коерцитиметрії. Підвищення надійності машин і обладнання: збірник тез доповідей 1 Міжнар. наук.-практ. конф., 17-19 квітня. Кропивницький : ЦНТУ, 2019. С. 19–20.

6. Антощенко Р. В. Вимірювальна система динамічних та тяговоенергетичних показників функціонування мобільних машин. Інженерія природокористування. 2014. Вип. 2 (2). С. 15–19.

7. Антощенко Р. В. Динаміка та енергетика руху багатоелементних машинно-тракторних агрегатів: монографія. Харків: Міськдрук, 2017. 244 с.

8. Антощенко Р. В., Антощенко В. М., Голубничий М. А., Шаповалов Д. І. Мобільний вимірювальний комплекс для збору та обробки даних

функціонування мобільних енергетичних засобів. Вісник Харків. нац. техн. ун-ту. сіл. госп-ва ім. П. Василенка. Харків: ХНТУСГ, 2013. Вип. 134: Технічний сервіс машин для рослинництва. С. 52–57.

9. Антощенко Р. В. Обробка даних мобільного вимірювального комплексу для контролю за функціонуванням мобільних енергетичних засобів. Вібрації в техніці та технологіях. 2013. №2(70). С. 6–9.

10. Антощенко Р. В., Антощенко В. М. Спосіб та вимірювальна система для визначення енергетичних витрат мобільної машини. Вісник Харків. нац. техн. ун-ту. сіл. госп-ва ім. П. Василенка. Харків: ХНТУСГ, 2014. Вип. 145: Технічний сервіс машин для рослинництва. С. 210–216.

11. Антощенко Р. В. Вимірювальна система динамічних та тяговоенергетичних показників функціонування мобільних машин. Інженерія природокористування. 2014. Вип. 2 (2). С. 15–19.

12. Балабуха О. В. Підвищення довговічності і ефективності роботи ріжучих елементів ґрунтообробних машин шляхом управління спрацюванням при дискретному зміцненні: автореф. дис. канд. техн. наук: спец. 05.05.11 «Машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва». Кіровоград: КДТУ, 2001. 18 с.

13. Гевко Р.Б., Ткаченко І.Г., Павх І.І. Машини сільськогосподарського виробництва - Тернопіль:, 2005. - 228 с.

14. Гринченко О. С. Методичні особливості аналізу результатів випробувань на надійність дослідних зразків техніки. Збірник наук. праць УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого. Дослідницьке, 2004. Вип. 7 (21). С. 396–401.

15. Гринченко О. С. Методологічні основи формування та забезпечення механічної надійності сільськогосподарської техніки. Вісник Харків. нац. техн. ун-ту сіл. госп-ва ім. П. Василенка. Харків, 2013. Вип. 139: Проблеми надійності машин та засобів механізації с.-г. вир-ва. С. 80–85.

16. **Лук'янчук В.В.** Модернізація ґрунтообробного агрегата РВК-3,6. Збірник тез VI-ї всеукраїнської науково-практичної конференції «Перспективи і

*тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь» 30-10 квітня 2020 року. Житомир : ЖАТК. С. 140-141.*

17. **Лук'янчук В.В.** Аналіз довговічності робочих органів плугів та методів визначення тиску ґрунту на поверхню тертя. Збірник тез VII-ї всеукраїнської науково-практичної конференції «Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь» 31 березня 2021 року. Житомир : ЖАТК. С. 174-177.