

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

Факультет інженерії та енергетики
Кафедра агроінженерії та технічного сервісу

Кваліфікаційна робота
на правах рукопису

ХАРЧЕНКО ДЕНИС ВІКТОРОВИЧ

УДК 631.3.02.632.01

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНІЧНОГО ПРОЦЕСУ ЗБИРАННЯ КАРТОПЛІ З
МОДЕРНІЗАЦІЄЮ КАРТОПЛЕЗБИРАЛЬНОГО КОМБАЙНУ**

208 “Агроінженерія”

Подається на здобуття освітнього ступеня бакалавр

Кваліфікаційна робота містить результати власних розробок. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

_____ Д. В. Харченко

Керівник роботи

Дерев'янку Д. А.

доктор технічних наук, професор

Житомир – 2024

АНОТАЦІЯ

Харченко Денис Вікторович. Удосконалення технічного процесу збирання картоплі з модернізацією картоплезбирального комбайну. – Кваліфікаційна робота на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота на здобуття першого освітнього ступеня бакалавр зі спеціальності 208 Агроінженерія. – Поліський національний університет, Житомир, 2024.

В роботі висвітлено вирішення питання удосконалення технологічного процесу збирання коренебульбоплодів комбайновим прямоковим способом. Виконано розробку індустріального технологічного процесу вирощування та збирання картоплі. Запропоновано виконати модернізаційні заходи збирального напівпрічипного двохрядного комбайна.

Проведено аналіз існуючих технологій та операційних процесів збирання коренебульбоплодів. На основі цього зроблено пропозиції по вдосконаленню процесу викопування та удосконалення системи машини. При модернізації даного комбайну були максимально враховані позитивні характеристики, що зустрічаються в інших картоплезбиральних комбайнах вітчизняного та зарубіжного виробництва. Основна увага приділяється вивантажувальному пристрою бульб.

Виконано розрахунок основних конструктивних параметрів картоплезбирального комбайну, обґрунтовано раціональні режими роботи регульованого струшувача пруткового елеватора. Проведено розрахунок кінематичних режимів роботи елеватора бульб.

Визначено експлуатаційно-технічні характеристики роботи збирального агрегату в загінці. Обґрунтовано техніко-економічні параметри при виконанні процесу збирання картоплі.

***Ключові слова:** процес збирання картоплі, збиральний агрегат, транспортер, елеватор, струшувач, кінематичний режим роботи, комбайн.*

ABSTRACT

Kharchenko Denys. Improvement of the technical process of harvesting potatoes with the modernization of the potato harvester. - *Qualification work on manuscript rights.*

Qualification work for obtaining the first bachelor's degree in specialty 208 Agricultural engineering. – Polissia National University, Zhytomyr, 2024.

The work highlights the solution to the issue of improving the technological process of harvesting root and tuber crops by the combine direct-flow method. The development of the industrial technological process of growing and harvesting potatoes has been carried out. It is proposed to carry out modernization measures of the harvesting semi-trailer two-row combine.

An analysis of existing technologies and operational processes of harvesting root vegetables was carried out. Based on this, proposals were made to improve the digging process and improve the machine system. When modernizing this combine, the positive characteristics found in other domestic and foreign potato harvesters were taken into account as much as possible. The main attention is paid to the tuber unloading device.

The calculation of the main structural parameters of the potato harvester was performed, the rational modes of operation of the adjustable shaker of the rod elevator were substantiated. The calculation of the kinematic modes of tuber elevator operation was carried out.

The operational and technical characteristics of the work of the harvesting unit in the corral were determined. The technical and economic parameters of the potato harvesting process are substantiated.

Key words: *potato harvesting process, harvesting unit, conveyor, elevator, shaker, kinematic mode of operation, harvester.*

ЗМІСТ

ВСТУП

1. ОГЛЯД ВІТЧИЗНЯНИХ ТА ЗАРУБІЖНИХ ТЕХНОЛОГІЙ І МАШИН ДЛЯ ЗБИРАННЯ КАРТОПЛІ

1.1. Аналіз технології збирання картоплі.....7

1.2. Аналіз конструкцій картоплезбиральних машин.....11

Висновки до розділу 1..... .15

2. РОЗРАХУНОК ОСНОВНИХ КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ КАРТОПЛЕЗБИРАЛЬНОГО КОМБАЙНУ

2.1. Обґрунтування раціонального режиму роботи регульованого струшувача
пруткового елеватора.....17

2.2.Розрахунок раціонального режиму роботи пруткового
елеватора регульованого струшувача.....28

2.2.1. Розрахунок кінематичних режимів роботи елеватора.....28

Висновки до розділу 2.....29

3.РОЗРАХУНОК ОПЕРАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ РОБОТИ ЗБИРАЛЬНОГО АГРЕГАТУ

3.1. Умови роботи та вихідні дані.....31

3.1.2 Агротехнічні вимоги.....31

3.2. Комплектування і підготовка агрегату до роботи.....32

3.2.1. Розрахунок показників тягових властивостей трактора.....32

3.3. Комплектування машинно-тракторного агрегату.....35

Висновки до розділу 3.....40

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....41

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЕРЕЛ.....42

ВСТУП

В Україні картоплю культивують в усіх ґрунтово-кліматичних умовах, як в особистих, так і в великотоварних господарствах. Так уже склалося, що її вирощували на малих присадибних ділянках в основному в ручну і ця традиція ще більше поширилась в останні роки.

Найбільш картоплі збирають в приватному секторі - 95 %, решта припадає на господарства, в яких вирощують переважно насіннєву. Таке становище невикликає занепокоєння з боку держави.

Бульби картоплі практично не перероблюються на півфабрикати, тобто потрібно будувати сховища, відсутні випуск засобів механізації, а виробництво перейшло на присадибні ділянки, колективні городи, дачі.

Якщо великі спеціалізовані господарства можуть механізувати технологічні процеси і знизити витрати праці до 0,5-0,2 люд-годин на тонну продукції, то на невеликих ділянках механізація майже недосяжна і неефективна. Тут витрати праці можуть сягати 12-15 люд-годин на тонну, що в 25-75 разів більше, ніж у великих господарствах. Отже, для особистих секторів такий підхід стає надто витратним. Отже, подальший занепад сектору картоплярства вже неприпустимий.

В умовах Полісся картопля дає найбільші врожаї, а фізико-механічні властивості супіщаних ґрунтів дають можливість застосувати найпростіші робочі органи для механізації цієї операції по вирощуванню культури.

Щоб інтенсифікувати виробництво картоплі в лісостепових районах почали використовувати голландську і шотландську технології та фрезерні та сепарувальні машини для передпосадкового і міжрядного обробітку ґрунту.

Метою роботи є модернізація картоплезбиральної машини - двухрядного копача-навантажувача, який входить в комплекс машин і обладнання для інтенсивних технологій вирощування картоплі.

Для досягнення даної мети, необхідно розв'язати наступні задачі:

- провести аналіз машин і технологій збирання картоплі та встановити передумови застосування запропонованої машини ;
- виконати розрахунок основних конструктивних параметрів картоплезбирального комбайну;
- обґрунтувати раціональні режиму роботи регульованого струшувача пруткового елеватора;
- розрахувати параметри операційної технології застосування модернізованої машини.

Об'єкт удосконалення - операційна технологія збирання коренебульбоплодів комбайном.

Предметом обґрунтування є – взаємозв'язок параметрів роботи машини та режимів роботи агрегату.

Методи використані при виконанні. Розрахунки проводились із використанням механіко-технологічного та математичного моделювання, із застосуванням теорії сільськогосподарських машин і механізмів.

Перелік публікацій автора за темою роботи:

1. Харченко Д. В. Обґрунтування раціонального режиму роботи регульованого струшувача пруткового елеватора / Д. В. Харченко, Д. А. Дерев'яно // Зб. тез доп. наук.-практ. конф. І-го туру Всеукраїнського конкурсу студентських наукових робіт з галузей знань і спеціальностей. 20 березня 2024 р. Житомир: Поліський національний університет, 2024. С. 24-28.

2. Харченко Д. В. Розрахунок пруткового транспортера картоплезбиральних машин / Д. В. Харченко, Д. А. Дерев'яно // Зб. Тез X Всеукраїнської науково-практичної конференції «Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь» 18 квітня 2024 р. Житомир: ЖАТК, 2024. С.59-60.

Структура та обсяг роботи. Кваліфікаційна робота складається зі вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел з 11 найменування. Загальний обсяг роботи становить 42 сторінки комп'ютерного тексту, 1 рисунок та 1 таблиця.

1. ОГЛЯД ВІТЧИЗНЯНИХ ТА ЗАРУБІЖНИХ ТЕХНОЛОГІЙ І МАШИН ДЛЯ ЗБИРАННЯ КАРТОПЛІ

1.1. Аналіз технології збирання картоплі

Однією з найвідповідальніших складових у технології вирощування картоплі є збирання врожаю. Відомо, що збір картоплі раніше, ніж це потрібно, може призвести до недостатнього врожаю. З іншого боку, відкладений збір, особливо для ранньостиглих і середньостиглих сортів, може спричинити великі втрати через розкидання бур'янів, що перешкоджає роботі збиральних машин, та може призвести до пошкодження бульб шкідниками і хворобами. Тому для продовольчих потреб картоплю зазвичай збирають не пізніше кінця вересня, а для використання в насінництві - до повного відмирання рослин. Погодні умови, такі як вологість та температура, також мають велике значення для успішного збирання врожаю. На легких ґрунтах погодні умови мають менший вплив на процес збирання, ніж на важких ґрунтах. Останні, при пониженій вологості, стають більш щільними, що ускладнює роботу машин і може пошкодити бульби, коли вони потрапляють в транспортери комбайнів. [1]

Чутливість бульб до механічних пошкоджень зменшується в міру їх дозрівання. При збиранні врожаю шкідливість зростає при температурі ґрунту нижче 10°C, при вологості нижче 17 % і вище 23 %. Якщо температура нижче, тоді зростає пошкодження м'якоті бульб. На зв'язних ґрунтах за низької їх вологості (10,8 - 11,2 %) утворюються міцні ґрунти, які обдирають шкірку бульб, а з підвищенням вологості (до 20,4 %) підвищується їх пошкодження. [1]

Характерною особливістю сучасної технології вирощування картоплі є зміщення вегетації на весняно-літній період в наслідок підбору відповідних сортів, підготовки ґрунту з осені, осіннього формування гребені, для раннього садіння - попереднє прогрівання бульб перед початком їх садіння. Це дає змогу прискорити досягання картоплі і провести збирання в оптимальні строки. [1]

Розроблено ряд інших прийомів, спрямованих на прискорення досягання бульб і менше травмування їх при збиранні. Серед них хімічне знищення картоплинняз наступним скошенням і вивезенням з поля, завдяки чому в основному припиняється ріст бульб і прискорюється окорковіння шкірки. Попередив знищення картоплинняз зменшує ураження бульб фітофторозом і макропірозом, завдяки чому знижуються втрати під час їх зберігання. [1]

В останні роки все ширше застосовують десикацію картоплини за 10 ... 12 днів до збирання картоплі розчином хлорату магнію: 25 ... 30 кг препарату розчиняють у 800 - 1000 л води з розрахунку на гектар. Воно відмирає поступово і в цей період поживні речовини переходять у бульби. Отже, врожай практично не знищується. На насінневих посівах для зниження картоплинняз використовують також реглой (2...2,5 л/га). Перевага хімічного способу особливо проявляється при значному ураженні наземної вегетативної маси фітофторозом.

Поєднання механічного і хімічного способів знищення картоплинняз дорожще, але це дає можливість практично за будь-якої погоди якісно підготувати поле до збирання врожаю і зменшити пошкодження бульб збиральними машинами.

Залежно від ґрунту і зони, збирання проводять комбайнами і картоплекопачами. Пряме комбайнування групову роботу комбайнів ККУ-2А, Е-667/2, Е-668/7 та копача-навантажувача Е-684 застосовують в умовах задовільної сепарації ґрунтом та робочих органів збиральних машин. Втрати бульб не повинні перевищувати 3% врожаю, а кількість з механічними пошкодженнями 12 %.[1]

Картоплезбиральні комбайни краще працюють, якщо вологість ґрунту не вища 27%, а щільність не перевищує 1,4 МПа, а глибина загортання нижніх бульб до 22 см, ширина гнізда - до 40 см. [1,2]

Роздільний дофазовий спосіб збирання полягає в тому, що копач-валкоукладач УВК-2 викопані бульби з 2-4-6 рядків складає валки. Урожай відбирається через 5...6 годин. Таке збирання продовольчої картоплі доцільне при

підвищеній вологості ґрунту. Бульби, що підсохли краще сортуються і зберігаються, затрати праці порівнянні з витратами при прямому комбайнуванні знижуються на 20 - 40 %.[1,2]

Комбайновий спосіб збирання застосовують на легких ґрунтах, використовуючи картоплекопачі-валкоукладачі і комбайни. Бульби викопують з 2 -4 рядків. Складають у міжряддя між двома не зібраними рядками. Пізніше комбайн викопує картоплю із залишених рядків і підбирає викопані. Відповідно до стану ґрунту та його типу формують збиральні агрегати. Проблема полягає в різній сепарації ґрунту, яка прискорюється або значно сповільнюється за різною його вологістю. [1,2]

На середньосуглинкових ґрунтах вологістю 14 - 25 % збиральні агрегати комплектують з трактора МТЗ-82 і комбайна ККУ-2А або КСК-4. Домішка землі в бункерах на тому ґрунті може досягати 50%. Якщо вологість вища і становить 25 - 27 % застосування комбайнів не доцільне, бо частка ґрунту у воросі картоплі може досягати 70 - 80 % і відокремлення його від бульб на стаціонарному пункті за один раз не можливе. Тому збиральний агрегат комплектують з трактором МТЗ-52 з ходосповільнювачем і комбайна ККУ-2А, а якщо грузько, то використовують трактор Т-74 чи ДТ-75М. Якіснішу роботу агрегати забезпечують на швидкості 1,2 км/год. За такої вологості ґрунту доцільно використовувати картоплекопачі. Агрегат комплектують з тракторів МТЗ-82 або МТЗ-52, картоплекопачів КТЕ-1А або КТН-2Б, обладнаних пристроєм для роботи на перезволожених ґрунтах. [2,3]

При вологості ґрунту понад 27 % застосовувати комбайни і картоплекопачі не можливо [1,2]. Ускладнюється збирання і на пересушених ґрунтах, особливо на чорноземах суглинкових і глинистих, піщаних і супіщаних.

На ґрунтах легкого механічного складу основна маса землі при роботі комбайну сепарується і просипається на першій третині довжини основного

транспортеру. Дані бульби пересуваються в шарі ґрунту, від чого різко зростає їх механічне пошкодження і втрати через щілини між пружками транспортеру.

На зв'язних ґрунтах з пониженою вологістю утворюється багато твердих грудок, погіршується їх просіювання на робочих органах, одночасно зростає кількість механічних пошкоджень бульб від контактів з грудками. Ускладнення поглиблюється ще й тим, що грудки часто не можливо зруйнувати, бо твердіші за бульби, не має можливості також відібрати їх на перебиральному столі. Тому не рідко в транспортні засоби потрапляє більше грудок ніж картоплі. Якщо застосувати картоплекопачі, кількість бульб викладених на поверхню зменшується, а вибирання їх з-під грудок утруднюється [1,2].

Крім того, збільшуються поломки Збиральних агрегатів. Тому на зв'язних ґрунтах в зонах, де вони можуть пересушуватись, слід застосовувати картоплекопачі. Для цього потрібно насамперед зменшити грудкуватість ґрунту своєчасним і якісним осіннім та передсадівним обробітком його із застосуванням фрез, а також осіннім нарізуванням гребенів; внесенням підвищених доз органічних добрив; виділенням по можливості, під картоплю ґрунтів легкого механічного складу; своєчасними і якісними доглядами за посівами з максимальним знищенням бур'янів. [1,2]

Картоплю збирають двома способами: потоковим і потоково-перевалочним. При поточковому способі картопля зводиться одразу до місця сортування та зберігання. При потоковому способі зберігання, картопля зазнає найменших пошкоджень і має найбільший вихід повноцінних бульб після збирання та зберігання. [1,2]

В багатьох господарствах кращими вважаються потоково-перевалочний спосіб збирання, за якого зібраний урожай зберігається в тимчасових буртах. Останній обладнується вентиляцією і накривається соломою. Так бульби зберігаються 15 -20 днів. Це так званий "лікувальний період". Бульби підсихають, твердішає шкірка, проявляються хворі. При сортуванні після

тимчасового зберігання кількість пошкоджених бульб зменшується в 2 - 3 рази у порівнянні із сортуванням після збирання врожаю. [1,2]

Таким чином, якість бульб, що закладаються на зберігання поліпшується.

1.2. Аналіз конструкцій картоплезбиральних машин

Для збирання картоплі існує ряд збиральних машин. Розглянемо деякі з них.

Розроблюваний в даній роботі двохрядний картоплезбиральний комбайн ККП-2ВС призначений для підкопування картоплі з попередньо зібраною гичкою, відділення картоплі від ґрунту, гички і бур'янів з послідуочим навантаженням картоплі на транспортні засоби. Використовується на всіх зонах вирощування картоплі на території України. [2,3]

Комбайн складається з наступних основних складових частин та вузлів: [2,3]

- рами - несучої металокопструкції, призначеної для встановлення на неї вузлів і механізмів комбайна;

- ходової частини - пневматичних шин, змонтованих на балці, яка кріпиться до рами. Колеса ходової частини зроблені поворотними і обладнані колодочними гальмами з пневматичним приводом;

- причіпної балки, яка призначена для приєднання комбайна до трактора і представляє собою металокопструкцію у вигляді прямокутної труби, яка повертається у горизонтальній площині;

- підкопуючого пристрою призначеного для підкопування і подачі на сепаруючий

транспортер двох рядків картопляної маси і виконаної в двох варіантах: с пасивними (не приводними) ріжучими дисками і активними (приводними) ріжучими;

- сепаруючих транспортерів - перший (основний) і другий призначені для відділення ґрунтових і рослинних домішок від картоплі з гичковидаляючими рештками, обладнаних вібраторами;

- транспортуючих пристроїв призначених для додаткової очистки, а також

транспортування картоплі від сепаруючого транспортера до під'ємного елеватора;

- бункера - призначеного для накопичення картоплі; вивантажувального елеватора із змінною висотою вивантаження в залежності від транспортного засобу;

- приводу, що складається з карданих валів, редукторів, ланцюгових, конічних і пасових передач, гідромотора та гідроциліндрів. Головний привід здійснюється від ВВП трактора за допомогою карданової передачі [2,3].

Картоплезбиральний комбайн КГПС-2 напівначіпний, двохрядний, призначений для збирання картоплі на легких, середніх і важких ґрунтах вологістю до 24 % і засмічених камінням розміром до 150 мм з загальною масою не більше 8 т/га. [2,3]

Картоплезбиральний комбайн КПК-3 трьохрядний, призначений для збирання картоплі посаженої грибневим способом з міжряддям до 70 см на легких, середніх і важких ґрунтах. Комбайн складається з грядообтискних котків, викопувальних дисків, лемішів, першого і другого шнекових сепаратарів, підпружиненого грудкоподрібнювача, гірки задньої, ківшого під'ємного транспортеру завантажувача, бункера, ходових коліс, основної рами і системи автоматичного контролю за роботою основних агрегатів і вузлів. [2,3]

Картоплезбиральний комбайн ККУ-2А являється базовою моделлю для причіпних комбайнів. Він підкопує шар ґрунту, в якому розміщені бульби, лемішами відділяє їх від ґрунту, просіює його через елеватори, подрібнює грудки на грудко-роздавлювачах, відокремлює картоплинню від бульб рідкопрутковим

транспортером, подає на перебиральний стіл картоплю, де вручну видаляються рослинні рештки, грудки та каміння, а бульби надкодають у бункер-нагромаджувач, з якого їх вивантажують у транспортні засоби. Комбайн має активні леміші. Привід робочих органів комбайну від ВВП трактора. Агрегатується з тракторами типу МТЗ і ДТ-75М обладнаними ходозменшувачами. [2,3]

Модефікований комбайн ККУ-2А-3 з активним лемішем для збирання прямим комбайнуванням і двофазним способом картоплі, посадженої на окультурених торфових і торфоболотних ґрунтах.

Картоплезбиральний комбайн ККУ-2А-4 напівпричіпний, елеваторний з активним лемішем, призначений для збирання картоплі посадженої картоплесаджалкою СКМ-3. [2,3]

Українським науково-дослідним інститутом механізації і електрофікації сільського господарства розроблений новий багаторядний картоплезбиральний комбайн. Він має встановлену на опорні колеса раму, підкопуючі органи, секційний сепаруючий елеватор, пристрій для видалення домішок від бульб і вивантажувальний транспортер, який відрізняється тим, що з метою зниження пошкодження бульб картоплі шляхом розділення їх на фракції після первинної їх сепарації, пристрій для видалення домішок від бульб має встановлений поперечно-сепаруючим елеватором транспортер для видалення великої фракції бульб і розміщені в його контурі сепаратори із зустрічно-направляючої подачі. [4]

Комбайн оснащено поздовжнім транспортером з пальчастою гіркою, приймальна частина якого встановлена під вивантажувальними частинами сепараторів. Ходові колеса комбайна розміщені в провітах між секціями сепаруючого елеватора. [2,3]

Комбайн Л-601 призначений для механізованого збирання картоплі на ґрунтах засмічених насінням. Комбайн обладнаний сучасними елеваторами і

типовими полотнами, машина зменшує пошкодження бульб до мінімуму. Агрегується з тракторами МТЗ всіх модифікацій.

На розгляд представлені також машини іноземного виробництва. Наприклад, комбайн фірми "Reekie" (Великобританія). Цей комбайн має гідравлічне керування, яке забезпечує високу маневреність на краю поля і можливість регулювання ширини колії в залежності від ширини рядка, відрізняється простотою експлуатації і ремонтних робіт. Комбайн Е-684 німецької фірми не має механізмів видалення домішок, робота машини обмежується викопуванням картоплі, відділенням землі, видаленням гички. Завдяки цьому машина стала більш оглядовою, роботоздатною та продуктивнішою. Комбайн викопує одночасно 3 рядка при ширині міжрядь від 70 до 75 см.

Комбайн просіює викопану землю за допомогою двох плоскопасових грохотів. Видалення довгої гички здійснюється гичковтягуючим валком. Дрібну гичку видаляє грубопрофільований регульований по нахилу транспортер з гумовими пальцями. Вивантажувальний елеватор що являє собою стрічковий транспортер з шинами, вивантажує зібрану масу на транспортний засіб, що їде зліва.

Картоплезбиральний напівначіпний комбайн Е-668/1 двохрядний, призначений для збирання картоплі з міжряддям 62,5 і 70 см на легких та середніх ґрунтах не засмічених камінням. Машина обладнана опорно-пересувальними котками, встановленими перед лемішами, транспортером з гумовими пальцями на перебиральному столі та елеватором з плоскими і прогумованими пасами.

Комбайн Е-686Б-06 - дворядний, напівпричіпний, призначений для збирання картоплі з міжряддям 70 і 75 см. Відрізняється від інших комбайнів ківшовим під'ємним транспортером для подачі маси на другий ярус.

Підкопувальний пристрій комбайна - плоскі клиноподібні пасивні диски і середні активні леміші. Дискові відокремлюють бульбоносну частину від ґрунтової маси, частково зміщують до пасивних лемішів, перерізаючи рослинні рештки, а

також запобігають розвалювання рядка при переміщенні їх плоскими лемішами. Глибину підкопування регулюють зміною положення копіювальних котків. [2,3]

На першому елеваторі руйнуються грудки і просіюється ґрунт, потім маса проходить через грудкоподрібнювач, де роздавлюються міцні грудки і потрапляє на другий сепаруючий елеватор. На пальцевій гірці відокремлюється дрібне бадилля і земля, які виносяться за межі машини на поле. [2,3]

Картопля скочується на ківшовий прогумований під'ємний елеватор, який спрямовує масу на верхній ярус комбайна, де триває очищення бульб від землі і рослинних решток двома пальцевими гірками і на перебиральному столі. Чисті бульби завантажувальним транспортером спрямовують в бункер-накопичувач. Потім їх вивантажують стрічковим транспортером в транспортний засіб. [2,3]

Німецька фірма “Wuhlmaus” випускає картоплезбиральний комбайн з боковим розташуванням приймальної частини 1733Р. [2,3]

Підкопування рядків здійснюється трьохсекційним лемішем і встановленим по обидві сторони підпружиненими автономними регульованими дисковими ножами. Ґрунт сепарується на прутковому елеваторі. На комбайні знаходиться відмінно зарекомендувавши себе відкрита система відділення гички. Остаточні домішки віділяються на пальцевій гумовій гірці. Вони вдавлюються між пальцями і за допомогою відведених щитків передаються на транспортер на видалення домішок. [2,3].

Висновки до розділу 1. Технічні характеристики розробленого картоплезбирального комбайну знаходяться на рівні кращих вітчизняних та зарубіжних зразків машин, які експлуатуються в даний час. Обладнання, що застосовується в конструкції машини, випускається серійно заводами України та Європи і не потребує спеціального впровадження у виробництво.

Основними недоліками серійних машин виявлено, недостатня якість сепарації бульб картоплі від домішок та рослинних решток, що потребує уточнення

конструкційних та кінематичних параметрів режимів роботи активних систем очистки.

Нами обрано дврядний комбайн ККП-2ВС для подальшої модернізації, оскільки, дана машина агрегується із більшістю вітчизняних тракторів та має кратність ширини захвату, що підпадає під більшість садалок бульб.

2. РОЗРАХУНОК ОСНОВНИХ КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ КАРТОПЛЕЗБИРАЛЬНОГО КОМБАЙНУ

2.1. Обґрунтування раціонального режиму роботи регульованого струшувача пруткового елеватора

В картоплезбиральних комбайнах для підвищення сепарації застосовують елеватори з еліптичними струшувачами (нерегульовані) та струшувачів з ударним двоплечим важелем (регульовані).

Істотним недоліком елеватора зі струшуючими зірочками (еліптичні струшувачі) є те, що відсутня можливість змінювати інтенсивність струшування, не змінюючи швидкості полотна. Результати багатьох досліджень показують, що не можна рекомендувати якийсь один, заздалегідь установлений, постійний кінематичний режим струшувачів. Різному завантаженню робочої галузі сепаратора ґрунтом повинна відповідати різна інтенсивність струшування. Зі збільшенням товщини шару ґрунту на сепараторі інтенсивність струшування потрібно збільшити. Бульби при цьому добре оберігаються від ушкоджень шаром ґрунту. При малому завантаженні сепаратора ґрунтом інтенсивність струшування необхідно знизити, а при роботі на ґрунті, що добре просівається (коли бульби проходять сепаратору незахищеними) струшувачі варто відключати зовсім.

Спроби створити пристосування для регулювання інтенсивності струшування полотна елеватора з еліптичними струшувачами починали як в Україні, так і за кордоном. Наприклад, на комбайні ККР-2 був установлений підйомний пристрій, що дозволяє відводити із зачеплення з полотном еліптичні струшувачі і підводити замість них циліндричні ролики. На закордонних комбайнах застосовують більш складні пристрої, що дозволяють регулювати й амплітуду коливань, і швидкість полотна. Наприклад, на комбайні "Дальман" (США) є механізми для зміни як швидкості елеваторного полотна, так і амплітуди його струшування. Швидкість полотна основного елеватора, установленого за лемешем 1, змінюється важелем 10, зв'язаним тросом 8 через ролики 9 і важіль

7 з варіатором 6, встановленим у приводі основного елеватора 2. Амплітуда коливань елеваторного полотна змінюється важелем 5, зв'язаним через систему проміжних важелів і тяг з роликом 4, що піднімає елеваторний ланцюг над пасивними струшувачами 3, у результаті чого змінюється ступінь впливу їх на елеваторне полотно. Важелі 5 і 10 установлені на площадці комбайнера. Однак це спосіб регулювання є недосконалим, оскільки частота струшувань не може регулюватися без зміни швидкості полотна.

Один з перших варіантів механізму струшування полотна з приводом, незалежним від приводу елеватора, був розроблений у лабораторії картоплезбиральних машин ВИСХОМа.

Механізм струшування містить у собі ексцентриковий вал 1, шатун 2, передаточні планки 3, двохплечі важелі 4, спарені ролики 5. Полотно 6 елеватора проходить між спареними роликами і піддається струшуванню, причому верхній ролик запобігає можливому відставанню ланцюга від нижнього ролика під дією сил інерції. Інтенсивність струшувань можна регулювати, змінюючи частоту обертання ексцентрикового вала й амплітуду коливань полотна.[3]

Механізм струшування іншого варіанта здійснює коливання полотна 2, установленного за лемешем 1, за допомогою пари роликів 3, закріплених на кінцях двохплечого важеля і, що приводяться в дію шатуном 4. Для можливості регулювання амплітуди кривошип виконаний складеним з диска 5 з отворами 6 і планки 7. Цей механізм дозволяє регулювати частоту й амплітуду коливань шляхом зміни радіуса кривошипа.[4]

Останнім часом з'явилися механізми струшувачів, що дозволяють регулювати амплітуду коливань без зупинки агрегату. Один з варіантів подібного механізму розроблений у ІМЕСГ (1). Пристрій складається з кривошипа 1, шатуна 2, куліси 3, шарнірно з'єднаного з кулісою в точці В рухливої ланки 4, шатуна 5 з важелем 6 вала струшувачів, двох ланок 7 і 8 і гідроциліндра 9. У

залежності від положення штока гідроциліндра точка C ланки 4 може займати різне положення в заданому інтервалі. Відстань O_2C відповідно змінюється при цьому від нуля до максимального значення, що забезпечує регулювання амплітуди коливань роликів.[3]

В даний час найбільш розповсюдженим є механізм, показаний на рис. 2.3. Розглянемо кінематику процесу струшувань полотна цим механізмом. Механізм приводу струшувача є чотирьохланковим, який складається з кривошипа OA , що обертається з постійною кутовою швидкістю навколо точки O , шатуна AB і коромисла OIB . До коромисла жорстко під прямим кутом приєднані важелі OIE і OIB , на кінцях яких знаходяться струшуючі ролики. Позначимо довжину кривошипа OA через r . Оскільки за один його оберт обидва ролики послідовно взаємодіють з полотном, частота струшування полотна, так само як і при еліптичному струшувачі, у 2 рази більше частоти обертання вала струшувача. Нормальні переміщення полотна визначаються амплітудою коливань роликів, що, у свою чергу, залежить від радіуса r кривошипа і співвідношення розмірів плеч важелів[4]

$$y_E = \pm \frac{O_1E}{O_1B} r \cdot \sin \omega \cdot t \quad (2.1)$$

У зв'язку з тим, що точки $B, D, i E$ рухаються не по прямих, а по дугах, закон нормальних переміщень полотна теоретично відрізняється від закону гармонійних коливань. Для уточнення відхилень були побудовані графоаналітичними шляхом графіки переміщень, швидкостей і прискорень [3, 6]. При порівнянні цих графіків із графіками, побудованими по розрахунковим даним, обчисленим з умови гармонійного коливання точок O і E , видно, що переміщення і швидкості розрізняються дуже мало (розбіжності не більш 1 - 2 %). Трохи більше розрізняються прискорення (до 5 %).

Дійсні прискорення трохи вище отриманих з умови гармонійних коливань. Тому з достатньою точністю можна приймати при розрахунках, що полотно робить гармонійні коливання.

Оскільки нормальні переміщення полотна походять від впливу двох роликів, що роблять гармонійні коливання, графік переміщень полотна в зоні струшування може бути зображений переривчастою кривою, утвореною верхніми (позитивними) частинами синусоїд, зміщених одна відносно іншої по фазі на 2π .

Швидкість полотна в напрямку, перпендикулярному площині його руху, у проміжку $0 - 2\pi$ також змінюється по синусоїді. Якщо припустити, що ведуча ланка має натяг, то при куті повороту вала $\omega t = \pi$ відбувається удар полотна елеватора, що опускається, об'їждий ролик, що піднімається. Відносна швидкість співударяння

$$V_{y0} = 2 \frac{OE}{OB} \omega \cdot r \quad (2.2)$$

При цьому напрямок руху полотна змінюється на протилежний. Відповідно виглядає і графік зміни прискорень. В інтервалі $0 - \pi$ прискорення змінюється по синусоїді. При куті 2π у зв'язку з ударом об другий ролик прискорення різко збільшується і спрямовано вгору. Прискорення в цій точці в зв'язку з ударним характером кінематичне невизначено. Потім цикл повторюється.

При ударі по полотнині елеватора знизу матеріал не відривається від поверхні полотна, а, навпаки, притискається до полотна. Умови для підкидання частки, що знаходиться на полотні, створюються після того, як швидкість полотна, що піднімається вгору, сповільниться і нормальна складова спрямованого вниз прискорення полотнини стане більше, ніж складова $g \cdot \cos a$ прискорення вільного падіння.

Використовуючи схеми [5 і 6], напишемо умови підкидання

$$J_{II} \geq g \cdot \cos a \rightarrow \omega^2 \cdot r \frac{OE}{OB} \sin \omega \cdot t \cos \epsilon \geq g \cdot \cos a \quad (2.3)$$

Оскільки амплітуда коливань, обумовлена кутом ϵ , невелика ($\epsilon_{max} < 10^\circ$), косинус цього кута близький до одиниці і його можна не враховувати. Якщо при

цьому допустити, що полотно, не відриваючись від поверхні ролика, увесь час рухається за ним, то, позначивши $OE/OB = \lambda$, маємо

$$\omega^2 \cdot r \geq g \cdot \cos a / (\lambda \cdot \sin \omega \cdot t) \quad (2.4)$$

Задаючись радіусом r кривошипа, частоту обертання, необхідну для підкидання, визначимо по формулі[3]

$$n \geq 30 \sqrt{\cos a / (\lambda \cdot r \cdot \sin \omega \cdot t)} \quad (2.5)$$

При $a=20^\circ$, $\sin \omega \cdot t = 1$, $OE=OB$ і $r=0.01$ м для забезпечення підкидання частота обертання вала струшувала повинна бути не менш 300 об/хв. При збільшенні радіуса кривошипа до 0.05 м мінімальна частота обертання, що забезпечує початок підкидання, зменшується до 125 об/хв.

Якщо вали елеватора і приводу струшувача конструктивно сполучені, виникає зворотна задача - при постійній частоті обертання вала елеватора установити радіус r кривошипа, що забезпечує роботу елеватора без підкидання, з невеликим чи підкиданням або інтенсивним підкиданням матеріалу.

Мінімальне значення радіуса, що визначає початок підкидання

$$r_{\min} \geq 900 \cdot \cos a / (\lambda \cdot n^2 \cdot \sin \omega \cdot t) \quad (2.6)$$

При відсутності просковзуння початкова швидкість польоту частки U_0 є геометричною сумою дотичної складової швидкості, рівної швидкості полотна елеватора V_e , і нормальної складової швидкості[3]

$$V_n = \lambda \cdot \omega \cdot r \cdot \cos \omega \cdot t \quad (2.7)$$

Для інтенсифікації сепарації ґрунту необхідно забезпечити такий режим, при якому підкинута першим роликом частка упала б на полотно в зоні другого ролика в момент його підйому вгору і удруге відірвалася від нього. Для цього необхідно врахувати наступні вимоги:

- 1) дальність польоту частки повинна дорівнювати чи бути трохи меншою довжини двохплечого важеля EO_1 $DL < EO_1D$;

- 2) час польоту повинен дорівнювати чи бути трохи меншим часу півоберту вала струшувача: $t_n \leq \pi / \omega$.

Параметричні рівняння руху частки, кинуті під кутом γ до горизонту, запишемо так:

$$x = U_0 \cdot \cos \gamma \cdot t \quad y = U_0 \cdot \sin \gamma - \frac{g \cdot t^2}{2} \quad (2.8)$$

Виключивши час t з цих рівнянь, знаходимо рівняння траєкторії польоту частки в явному виді[5]

$$y = \operatorname{tg} \gamma \cdot x_1 - \frac{g \cdot x_1^2}{2 \cdot U_0^2 \cdot \cos^2 \gamma} \quad (2.9)$$

Для спрощення приймаємо, що полотно є прямою лінією. Тоді рівняння полотна запишемо в наступному виді:[4]

$$y = x \cdot \operatorname{tga} \quad (2.10)$$

У момент зіткнення ординати траєкторії польоту частини і рівняння полотна рівні, отже,

$$x \cdot \operatorname{tga} = x \cdot \operatorname{tg} \gamma - \frac{g \cdot x^2}{2 \cdot U_0^2 \cdot \cos^2 \gamma} \quad (2.11)$$

Після перетворень цього вираження одержуємо рівняння, що зв'язує координату зустрічі (n по осі x_1) частки при початковій швидкості польоту U_0 з кутами a і γ , що визначають траєкторію польоту

$$x_{1B} = \frac{U_0^2}{g} (\sin 2\gamma - 2 \cos^2 \gamma \cdot \operatorname{tga}) \quad (2.13)$$

Враховуючи, що $x=L \cdot \cos a$, маємо

$$L = \frac{U_0^2}{g \cdot \cos a} (\sin 2\gamma - 2 \cos^2 \gamma \cdot \operatorname{tga}) \quad (2.14)$$

Ввівши в це рівняння значення кута $\gamma = a + \beta$, після тригонометричних перетворень і підстановки виразів $\sin \beta = V_n / V_e$ і $\cos \beta = V_e / V_0$ одержимо вираз

дальності польоту частки в залежності від нормальної складової початкової швидкості польоту V_n , швидкості полотна елеватора V_e , і кута a нахилу елеватора

$$L = 2 \cdot V_n \cdot (V_e - V_n \cdot \operatorname{tg} a) / (g \cdot \cos a) \quad (2.15)$$

При горизонтальному розташуванні елеватора[6]

$$L = 2 \cdot V_n \cdot V_e / g \quad (2.16)$$

Аналіз рівняння (15) показує, що при заданих (постійних) основних параметрах елеватора V_e , a а можна розрахувати і підібрати таку швидкість струшувань V_n , при якій довжина стрибків часток буде дорівнює відстані між роликками.

З теорії балістики відомо, що однієї і тієї ж дальності польоту частки L , відповідають два кути кидання γ і γ_1 зв'язок між якими (при $a = 0$) визначається за формулою $\gamma = 90^\circ - \gamma_1$. Тільки при куті кидання $\gamma_1 = 45^\circ$, що забезпечує максимальну дальність польоту частки, є одна траєкторія польоту.

У формулах (15) і (16) кут кидання a відсутній, однак при $a=0$ у ту саму точку частка може потрапити при добутку $V_n V_e = \operatorname{const}$.

Отже, змінюючи значення нормальної складової швидкості V_n підкидання і швидкості елеватора, але зберігаючи їхній добуток постійним, можна одержати два режими. При малому значенні нормальної складової швидкості траєкторія польоту частки в точку C буде пологою, а при великому значенні - начіпна. Якщо $V_n = V_e$ траєкторія має тільки один вид і $L = L_{\max}$. Швидкість полотна елеватора в останньому випадку повинна бути відповідно зменшена. Перший режим доцільний, якщо є небезпека ушкодження бульб (елеватор працює без шару ґрунту); другий - при надходженні на елеватор зв'язного ґрунтового шару.

Однак забезпечення необхідної дальності польоту ще не дає гарантії вторинного підкидання частки, тому що вона може потрапити в точку C в той

момент, коли остання опускається вниз. Тому співвідношення швидкостей V_n і V_e повинне бути таким, щоб забезпечувався час польоту, рівний чи кратний періоду коливань полотна (півоберту вала струшувача).[6]

Для визначення часу перебування частки в польоті до зустрічі з точкою С прирівняємо параметричне рівняння, що характеризує дальність польоту в часі до дальності польоту, отриманої по формулі (2.15), перетворивши одержимо формулу для визначення часу польоту частки[3]

$$t = \frac{2 \cdot V_n \cdot (V_e - V_n \cdot \sin a \cdot \cos a - V_n \cdot \sin^2 a \cdot \operatorname{tg} a)}{g \cdot (V_e \cdot \cos a - V_n \cdot \sin a)}$$

Для забезпечення умов другого підкидання час польоту повинен дорівнювати півоберту вала струшувача π / ω чи менше його

$$t = \frac{\pi}{\omega} = \frac{2 \cdot V_n \cdot (V_e - V_n \cdot \sin a \cdot \cos a - V_n \cdot \sin^2 a \cdot \operatorname{tg} a)}{g \cdot (V_e \cdot \cos a - V_n \cdot \sin a)} \quad (2.18)$$

При $a=0$ це рівняння запишеться так:

$$t = 2 \cdot V_n / g = \pi / \omega \quad (2.19)$$

звідки нормальна складова швидкості полотна, що забезпечує час польоту, рівна часу одного коливання полотна[4]

$$V_n = \pi \cdot g / (2 \cdot \omega) \quad (2.20)$$

Підставивши в цю формулу значення нормальної складової швидкості полотна при відриві частки $V_n = \lambda \cdot \omega \cdot r \cdot \cos \omega \cdot t$, одержимо

$$\lambda \cdot \omega \cdot r \cdot \cos \omega \cdot t = \pi \cdot g / (2 \cdot \omega) \quad (2.21)$$

Знайдемо значення косинуса кута повороту вала струшувача, при якому частка, що відірвалася від полотна, буде знаходитися в польоті π / ω с:

$$\cos \omega \cdot t = \pi \cdot g / (2 \cdot \omega^2 \cdot r \cdot \lambda) \quad (2.22)$$

Виразимо кут відриву через прискорення полотна, використовуючи рівняння (2.4), звідки при $a=0$ $\sin \omega \cdot t = g / (\lambda \cdot \omega^2 \cdot r)$.

Оскільки $\sin^2 a + \cos^2 a = 1$, то

$$\left(\frac{\pi \cdot g}{\lambda \cdot 2 \cdot \omega^2 \cdot r}\right)^2 + \left(\frac{g}{\lambda \cdot \omega^2 \cdot r}\right)^2 = 1 \quad (2.23)$$

Після перетворень цього виразу одержуємо формулу для визначення доцентрового прискорення вала струшувача, що забезпечує режим підкидання частки з часом, рівним часу півоберту цього вала:[3]

$$(\omega^2 \cdot r)_k = \frac{g}{2 \cdot \lambda} \sqrt{(\pi^2 + 4)} \quad (2.24)$$

Якщо потрібно одержати час польоту частки, кратний часу півоберту, замість π^2 у цю формулу треба підставити $(\nu \cdot \pi)^2$, де ν -число півобертів вала струшувача.

При $\lambda = 1,0$

$$\omega^2 \cdot r = \sqrt{\nu^2 \cdot \pi^2 + 4} \quad (2.25)$$

Дальність L , польоту частки при горизонтальному положенні елеватора ($a=0$) відповідно до рівняння (2.16) можна забезпечити, установивши лінійну швидкість елеватора[2]

$$V_e = g \cdot L / (2 \cdot V_n) \quad (2.26)$$

Характер коливань полотна і траєкторія польоту часток видні з рис.2.1.

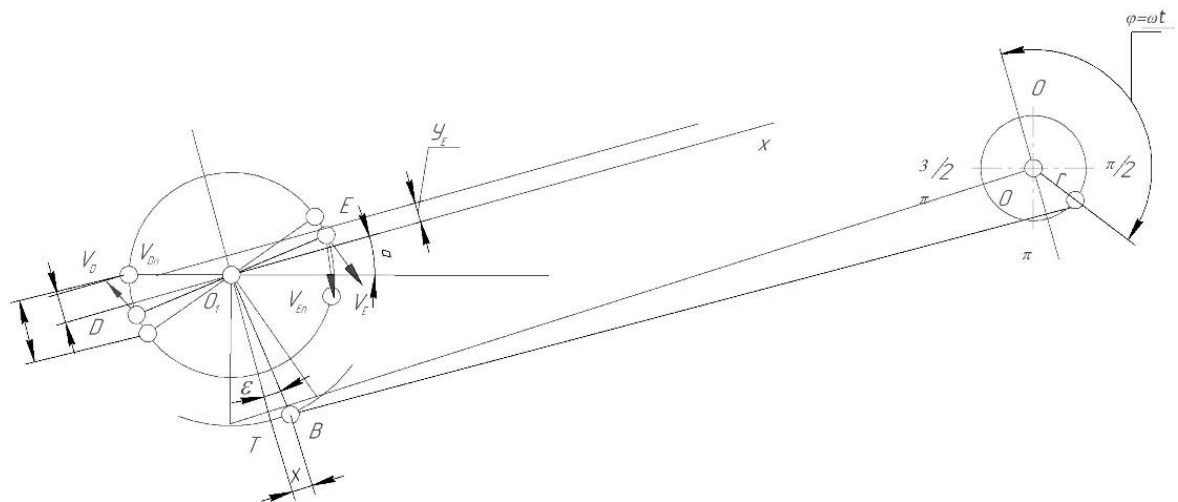


Рис. 2.1. Кінематична схема механізму струшувача

Впливає, що ненатягнуте, вільно провисаюче полотно, на відміну від прийнятих припущень, практично опускається за ролик майже до крайнього

нижнього положення. Точка, розташована над центральним шарніром вала струшувача, практично не має вертикальних переміщень. Вертикальний хід полотна над роликами фактично дорівнює повному ходу ролика, унаслідок чого кут нахилу полотна в середній частині періодично змінюється в межах $\pm \Delta\alpha$.

Таким чином, закономірності коливань полотна, що приводиться в коливальний рух струшувачем із двохплечим важелем, значно відрізняються від виявлених при дослідженні закономірностей коливання елеватора з еліптичним струшувачем.

Дослідження показали, що збільшення швидкості позначається на коефіцієнті повноти відділення по-різному при сепарації ґрунту, що знаходиться у твердому і пластичному станах. При сепарації сухого ґрунту (твердий стан) збільшення швидкості понад 2 м/с приводить до зменшення повноти відділення.[5]

При сепарації пластичного ґрунту підвищення швидкості елеватора з 1,6 до 4 м/с, навпаки, викликало збільшення повноти відділення з 18,4 до 32,4 %.

Таким чином, через крайнє розходження фізико-механічних властивостей ґрунту у твердому і пластичному станах оптимальні швидкості елеватора різні: при сепарації ґрунту у твердому стані - близько 2 м/с, а при сепарації пластичного ґрунту 3-4 м/с.[3]

Аналіз досліджених даних підтверджує висловлення про те, що основним фактором, що визначає внутрішні ушкодження бульб, є нормальна складова швидкості при зіткненні бульби з полотном. Тому для елеватора з ударним струшувачем внутрішні ушкодження бульб мало залежать від його лінійної швидкості, але прямо пропорційні частоті обертання вала струшувача і радіусу його кривошипа. Як було показано, саме від цих параметрів в однаковій мірі залежить нормальна складова швидкості полотна, визначена по рівнянню (2.7). При збільшенні частоти обертання з 100 до 300 об/хв кількість бульб, що одержала ушкодження, зросла з 7,6 до 28 %. Подібним чином уплинуло на

ушкодження бульб і збільшення радіуса кривошипа струшувача з 0,013 до 0,051 м: внутрішні ушкодження зросли з 9,8 до 33 %.[3]

Спостерігається майже пряма залежність ушкоджень бульб від частоти струшувань і радіуса кривошипа струшувача. Це пояснюється тим, що нормальна складова швидкості полотна має лінійну залежність від цих параметрів.

Прискорення має квадратичну залежність від частоти, тому для зниження ушкоджень більш доцільно збільшити частоту обертання вала струшувача і зменшити радіус r .

Для елеватора з незалежним струшувачем лінійна швидкість полотна не робить істотного впливу на внутрішні ушкодження бульб. Так, збільшення лінійної швидкості полотна в межах 1,1 - 2,5 м/с практично не вплинуло на ступінь внутрішніх ушкоджень бульб (коливання в межах 16,7 - 18 %). Для пруткового елеватора з еліптичним струшувачем спостерігається пряма залежність ушкоджень бульб від лінійної швидкості полотна [8], що пояснюється наявним функціональним зв'язком між нормальною складовою швидкості полотна елеватора і його лінійною швидкістю. Елеватор з незалежним струшувачем при лабораторних дослідах у більшості випадків сильніше ушкоджували бульби, чим елеватор з еліптичним струшувачем. Лише при найнижчих динамічних режимах ($n = 100$ об/хв при $r = 0,031$ м і $n = 200$ об/хв при $r = 0,013$ м) по ступені ушкоджень бульб він наближається до елеватора з еліптичним струшувачем.

Аналіз отриманих даних показує, що зміна амплітуди коливань полотна при досягненні режимів, що забезпечують підкидання матеріалу, не робить істотного впливу на повноту "відділення ґрунту". На підставі даних, отриманих при роботі агрегату на трьох швидкостях (0,8; 1,28 і 1,75 м/с), можна констатувати, що повнота відділення в середньому трохи вище при радіусах кривошипа 0,035 і 0,045 м. Причому сильніше впливають струшування полотна при великих подачах.

При відключенні струшувачів повнота сепарації знижується, але не настільки істотно, як варто було б очікувати. Під час роботи струшувача

в результаті руйнування і дроблення грудок краще підготовлюється маса до наступної сепарації.

При збільшенні швидкості агрегату повнота сепарації погіршується, але не так різко, як спостерігалось на грохоті. Це пояснюється тим, що на елеваторі не згружується маса і не збільшується товщина шару.

У польових умовах кількість і ступінь ушкоджень бульб зменшилися. Наявність ґрунту на сепараторі сприяє гасінню швидкості польоту бульб при підкиданні, що, у свою чергу, знижує швидкість співударяння їх із прутками. Крім того, при переміщенні бульб із ґрунтовим шаром часто відбувається їхнє зіткнення не з прутками елеватора, а з ґрунтом, що знаходиться на полотні, що також сприяє зниженню ушкоджень. У процесі удару об ґрунт відбувається пластична деформація ґрунту, при цьому поглинається значна частина кінетичної енергії.

2.2. Розрахунок раціонального режиму роботи пруткового елеватора регульованого струшувача

2.2.1. Розрахунок кінематичних режимів роботи елеватора

$r=0.0031$ м, кут нахилу елеватора до горизонту $\alpha=20^\circ$, $OE=OB$ (1), $\sin \omega t=1$, визначимо частоту обертання необхідну для підкидання по формулі: [3]

$$n \geq 30 \sqrt{\cos \alpha / (\lambda \cdot r \cdot \sin \omega \cdot t)} \quad (2.27),$$

$$\lambda = \frac{OE}{OB} = 1, \text{ отже, } 30 \sqrt{\cos \alpha / (\lambda \cdot r \cdot \sin \omega \cdot t)} = 30 \sqrt{\cos 20^\circ / 1 \cdot 0.0031 \cdot 1} = 165 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо $n=165$ об/хв.

Для інтенсифікації сепарації ґрунту необхідно забезпечити такий режим, при якому підкинута першим роликом частка упала б на полотно в зоні другого ролика в момент його підйому вгору і удруге відірвалася від нього. Для цього необхідно врахувати наступні вимоги:[2]

1) дальність польоту L частки повинна дорівнювати чи бути трохи меншою довжини двохплечого важеля l ;

2) час польоту повинен дорівнювати чи бути трохи меншим часу півоберту вала струшувала: $t_n \leq \pi / \omega$.

Дальність польоту частинки визначимо за формулою[8]

$$L = 2 \cdot V_n \cdot (V_e - V_n \cdot \operatorname{tg} a) / (g \cdot \cos a) \quad (2.28),$$

$L = 2 \cdot 0.89 \cdot (2 - 0.89 \cdot \operatorname{tg} 20^\circ) / (9.8 \cdot \cos 20^\circ) = 0.27$ м, отже довжина l двохплечого важеля повинна дорівнювати або бути більшою від дальності польоту L частинки.

Приймаємо $l = 0.3$ м.

Для визначення часу перебування частки в польоті застосуємо формулу[8]

$$t = \frac{2 \cdot V_n \cdot (V_e - V_n \cdot \sin a \cdot \cos a - V_n \cdot \sin^2 a \cdot \operatorname{tg} a)}{g \cdot (V_e \cdot \cos a - V_n \sin a)} \quad (2.29)$$

Для забезпечення умов другого підкидання час польоту повинен дорівнювати півоберту вала струшувала π / ω чи менше його

$$t = \frac{\pi}{\omega} = \frac{2 \cdot V_n \cdot (V_e - V_n \cdot \sin a \cdot \cos a - V_n \cdot \sin^2 a \cdot \operatorname{tg} a)}{g \cdot (V_e \cdot \cos a - V_n \sin a)} \quad (2.30)$$

Оскільки кут α невеликий, то вважаємо, що $a = 0$, тоді рівняння запишеться так:

$$t = 2 \cdot V_n / g = \pi / \omega \quad (2.31)$$

звідки нормальна складова швидкості полотна, що забезпечує час польоту, рівна часу одного коливання полотна,

$$V_n = \pi \cdot g / (2 \cdot \omega) \quad (2.32)$$

$$V_n = 3.14 \cdot 9.8 / (2 \cdot 17.28) = 0.89 \text{ м/с.}$$

Висновки до розділу 2. Аналіз отриманих даних показує, що зміна амплітуди коливань полотна при досягненні режимів, що забезпечують підкидання матеріалу, не робить істотного впливу на повноту "відділення ґрунту". На підставі даних, отриманих при роботі агрегату на трьох швидкостях (0,8; 1,28 і 1,75 м/с),

можна констатувати, що повнота відділення в середньому трохи вище при радіусах кривошипа 0,035 і 0,045 м.

Під час роботи струшувача в результаті руйнування і подрібнення грудок краще підготовлюється маса до наступної сепарації.

При збільшенні швидкості агрегату повнота сепарації погіршується, але не так різко, як спостерігалось на грохоті. Це пояснюється тим, що на елеваторі не згружується маса і не збільшується товщина шару.

У польових умовах кількість і ступінь ушкоджень бульб зменшилися. Наявність ґрунту на сепараторі сприяє гасінню швидкості польоту бульб при підкиданні, що, у свою чергу, знижує швидкість співударання їх із прутками. Крім того, при переміщенні бульб із ґрунтовим шаром часто відбувається їхнє зіткнення не з прутками елеватора, а з ґрунтом, що знаходиться на полотні, що також сприяє зниженню ушкоджень. У процесі удару об ґрунт відбувається пластична деформація ґрунту, при цьому поглинається значна частина кінетичної енергії.

Для інтенсифікації сепарації ґрунту необхідно забезпечити такий режим, при якому підкинута першим роликом частка упала б на полотно в зоні другого ролика в момент його підйому вгору і удруге відірвалася від нього. Для цього потрібно, щоб виконались наступні вимоги: дальність польоту L частки повинна дорівнювати чи бути меншою довжини двохплечого важеля l ; час польоту повинен дорівнювати чи бути меншим часу півоберту вала струшувача: $t_n \leq \pi / \omega$.

Встановлено дальність польоту $L=0,27$ м, отже довжина l двохплечого важеля повинна дорівнювати або бути більшою від дальності польоту L частинки, приймаємо $l=0,3$ м.

3. РОЗРАХУНОК ОПЕРАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ РОБОТИ ЗБИРАЛЬНОГО АГРЕГАТУ

3.1. Умови роботи та вихідні дані

Площа поля – F , га – 40,0

Довжина гонів, м – 840

Величина схилу – i , % - 3

Питомий опір ґрунту – K_0 , кН/м – 0,4

Клас ґрунту – VI

Група поля – III

3.1.2 Агротехнічні вимоги

- 1) сильно розвинене бадилля висотою не менше 50 см повинно бути зібрано механічним або хімічним способом;
- 2) при механічному способі кількість зібраного бадилля повинно бути не менше 70 % з подрібненням стебел на відрізок не більше 3,5 см;
- 3) втрати при збиранні клубнів із ґрунту не більше 5 %;
- 4) пошкодження клубнів копачем не більше 5 %, а комбайнами – не більше 10 %;
- 5) при сортуванні повинно пошкоджуватися не більше 1 % клубнів, в кожній фракції допускається утримання клубнів інших фракцій в кількості не більше 10 %, а сміття і ґрунту – не більше 1 % по масі.

Першу і останню мітки ставлять через 15 м від краю поля, проміжні – через 100 м.[10,11].

3.2. Комплектування і підготовка агрегату до роботи

3.2.1. Розрахунок показників тягових властивостей трактора

Розрахунок тягових властивостей трактора визначаємо для III, IV, V передач з ходозменшувачем та I основної передачі, швидкості руху на яких лежать в межах агротехнічних вимог.

Номінальну дотичну силу тяги на рушії визначаємо за формулою: [10].

$$P_{\text{д}} = \frac{9554 \cdot N_{\text{ен}} \cdot i \cdot \eta_{\text{м}}}{r_{\text{к}} \cdot 1800}, \quad (3.1)$$

де $N_{\text{ен}}$ – номінальна ефективна потужність двигуна, $N_{\text{ен}} = 36,8$ кВт;

i – сумарне передаточне відношення трансмісії на обраній передачі;

$\eta_{\text{м}}$ – механічний ККД трансмісії, $\eta_{\text{м}} = 0,91$;

$n_{\text{н}}$ – частота обертання колінчастого валу двигуна, $n_{\text{н}} = 1800$ хв⁻¹;

$r_{\text{к}}$ – радіус кочення ведучого колеса, м. [10,11].

Для колісних тракторів радіус кочення ведучого колеса визначається за формулою: [10].

$$r_{\text{к}} = 0,254 \cdot [0,5 \cdot d + (0,8 \dots 0,85) \cdot b], \quad (3.2)$$

де d – посадочний діаметр шини, $d = 38$ '';

b – ширина профілю шини, $b = 13,6$ ''.

$$r_{\text{к}} = 0,254 \cdot [0,5 \cdot 38 + 0,83 \cdot 13,6] \cdot 0,77 \text{ м.}$$

Передаточні числа трансмісії трактора знаходимо за формулою:

$$i_{\text{тр}} = 0,377 \cdot \frac{n_{\text{н}} \cdot r_{\text{т}}}{V_{\text{н}}}, \quad (3.3)$$

де $V_{\text{н}}$ – розрахункова (теоретична) швидкість руху трактора на даній передачі,

$V_{\text{н IIIx}} = 3$ км/год, $V_{\text{н IVx}} = 3,5$ км/год, $V_{\text{н Vx}} = 4,1$ км/год, $V_{\text{н I}} = 6,9$ км/год. [10,11].

$$i_{\text{тр IIIx}} = 0,377 \cdot \frac{1800 \cdot 0,77}{3,0} = 174,17,$$

$$i_{\text{тр IVx}} = 0,377 \cdot \frac{1800 \cdot 0,77}{3,5} = 149,29,$$

$$i_{\text{трVx}} = 0,377 \cdot \frac{1800 \cdot 0,77}{4,1} = 127,44,$$

$$i_{\text{трI}} = 0,377 \cdot \frac{1800 \cdot 0,77}{6,9} = 75,73.$$

Отже $P_{\text{дШx}} = \frac{9554 \cdot 36,8 \cdot 174,17 \cdot 0,91}{0,77 \cdot 1800} = 40206,3 \text{ Н},$

$$P_{\text{дIVx}} = \frac{9554 \cdot 36,8 \cdot 149,29 \cdot 0,91}{0,77 \cdot 1800} = 34462,1 \text{ Н},$$

$$P_{\text{дVx}} = \frac{9554 \cdot 36,8 \cdot 127,44 \cdot 0,91}{0,77 \cdot 1800} = 29418,3 \text{ Н},$$

$$P_{\text{дI}} = \frac{9554 \cdot 36,8 \cdot 75,73 \cdot 0,91}{0,77 \cdot 1800} = 17481,5 \text{ Н}.$$

Номінальну силу зчеплення рушіїв трактора з ґрунтом визначаємо за формулою: [11].

$$P_{\text{зч}} = \mu_{\text{н}} \cdot G_{\text{зч}}, \quad (3.4)$$

де $\mu_{\text{н}}$ – номінальний коефіцієнт зчеплення ведучого апарату трактора з ґрунтом,
 $\mu_{\text{н}} = 0,6$; [10,11].

$G_{\text{зч}}$ – вага трактора, яка приходить на ведучі колеса, Н.

$$G_{\text{зч}} = G_{\text{тр}} \cdot \lambda_{\text{к}}, \quad (3.5)$$

де $G_{\text{тр}}$ – вага трактора, $G_{\text{тр}} = 28500 \text{ Н}$;

$\lambda_{\text{к}}$ – коефіцієнт навантаження ведучих коліс трактора, $\lambda_{\text{к}} = 0,75$;

$$G_{\text{зч}} = 28500 \cdot 0,75 = 21375 \text{ Н}.$$

$$P_{\text{зч}} = 0,6 \cdot 21375 = 12825 \text{ Н}.$$

Як бачимо номінальна дотична сила тяги на всіх передачах перевищує номінальну силу зчеплення, отже зчеплення недостатнє і сила, яка рухає агрегат буде рівна меншій з них, тобто номінальній силі зчеплення: [10,11].

$$P_p = P_{зч} = 12825 \text{ Н.}$$

Опір пересуванню трактора визначаємо за формулою:

$$P_{п} = f \cdot G_{тр}, \quad (3.6)$$

де f – коефіцієнт опору руху трактора, $f = 0,18$.

$$P_{п} = 0,18 \cdot 28500 = 5130 \text{ Н.}$$

Опір руху трактора на підйом визначаємо за формулою: [11].

$$P_{н} = \rho \cdot G_{тр}, \quad (3.7)$$

де ρ – нахил рельєфу, $\rho = 3\%$.

$$P_{н} = 0,03 \cdot 28500 = 855 \text{ Н.}$$

Сила тяги на всіх передачах при роботі в заданих умовах буде однаковою і дорівнювати [11]:

$$P_r = P_p - P_{п} - P_{н}, \quad (3.8)$$

$$P_r = 12825 - 5130 - 855 = 6842 \text{ Н.}$$

Робочу швидкість руху на всіх передачах обраховуємо за формулою [10]:

$$V_p = 0,377 \cdot \frac{n_d \cdot r_k}{i} \cdot \left(1 - \frac{\delta}{100}\right), \quad (3.9)$$

де n_d – частота обертання колінчастого вала двигуна, хв^{-1} ;

δ – буксування ведучих коліс трактора, %.

В умовах недостатнього зчеплення частота обертання колінчастого вала двигуна буде рівною [11]:

$$n_d = n_n + (n_x - n_n) \cdot \frac{P_d - P_{зч}}{P_d}, \quad (3.10)$$

де n_x – частота обертання колінчастого вала двигуна на холостих обертах,

$$n_x = 1950 \text{ хв}^{-1}.$$

$$n_{дIIIx} = 1800 + (1950 - 1800) \cdot \frac{40206,3 - 12825}{40206,3} = 1902,2 \text{ хв}^{-1},$$

$$n_{д IVx} = 1800 + (1950 - 1800) \cdot \frac{34462,1 - 12825}{34462,1} = 1894,2 \text{ хв}^{-1},$$

$$n_{д IVx} = 1800 + (1950 - 1800) \cdot \frac{29418,3 - 12825}{29418,3} = 1884,6 \text{ хв}^{-1},$$

$$n_{д IIIx} = 1800 + (1950 - 1800) \cdot \frac{17481,5 - 12825}{17481,5} = 1840,0 \text{ хв}^{-1}.$$

Визначимо величину буксування ведучих коліс трактора: [10].

$$\delta = -k \cdot \ln(1 - p), \quad (3.11)$$

де p – безрозмірний параметр;

k – емпіричний коефіцієнт, $k = 0,15$. [10,11].

Величину безрозмірного коефіцієнта визначаємо за формулою [10]:

$$p = \frac{P_r}{\mu_n \cdot G_{зч}}, \quad (3.12)$$

$$p = \frac{6840}{0,6 \cdot 21375} = 0,53$$

Тоді $\delta = -0,15 \cdot \ln(1 - 0,53) = 0,113$.

Отже робочі швидкості на обраних передачах будуть становити:

$$V_{p IIIx} = 0,377 \cdot \frac{1902,2 \cdot 0,77}{174,17} \cdot \left(1 - \frac{11,3}{100}\right) = 2,81 \text{ км/год},$$

$$V_{p IVx} = 0,377 \cdot \frac{1894,2 \cdot 0,77}{149,29} \cdot \left(1 - \frac{11,3}{100}\right) = 3,27 \text{ км/год},$$

$$V_{p Vx} = 0,377 \cdot \frac{1884,6 \cdot 0,77}{127,44} \cdot \left(1 - \frac{11,3}{100}\right) = 3,81 \text{ км/год},$$

$$V_{p IIIx} = 0,377 \cdot \frac{1840,0 \cdot 0,77}{75,73} \cdot \left(1 - \frac{11,3}{100}\right) = 6,26 \text{ км/год}.$$

3.3. Комплектування машинно-тракторного агрегату

Визначимо тяговий опір картоплекопача за формулою [11]:

$$R_k = k \cdot B + G_k \cdot \left(\frac{i}{100} + \rho\right), \quad (3.13)$$

де k – питомий опір машини, Н/м;

B – ширина захвату машини, $B = 0,7$ м;

G_k – вага картоплекопача, $G_k = 6700$ Н;

f – коефіцієнт опору коченню картоплекопача, $f = 0,15 \dots 0,20$.

Питомий опір машини визнаємо за формулою [11]:

$$k = k_0 \cdot \left[1 + (V_p - V_0) \cdot \frac{\Delta C}{100} \right], \quad (3.14)$$

де k_0 – питомий опір машини при швидкості руху $V_0 = 5$ км/год, $k_0 = 6500$ Н/м;

ΔC – темп збільшення питомого опору, $\Delta C = 3\%$ [10].

$$k_{IIIx} = 6500 \cdot \left[1 + (2,81 - 5) \cdot \frac{3}{100} \right] = 6073 \text{ Н/м,}$$

$$k_{IVx} = 6500 \cdot \left[1 + (3,27 - 5) \cdot \frac{3}{100} \right] = 6163 \text{ Н/м,}$$

$$k_{Vx} = 6500 \cdot \left[1 + (3,81 - 5) \cdot \frac{3}{100} \right] = 6268 \text{ Н/м,}$$

$$k_I = 6500 \cdot \left[1 + (6,26 - 5) \cdot \frac{3}{100} \right] = 6746 \text{ Н/м.}$$

Визначимо величину тягового опору для кожної передачі:

$$R_{kIIIx} = 6073 \cdot 0,7 + 6700 \cdot \left(\frac{3}{100} + 0,17 \right) = 5591 \text{ Н.}$$

$$R_{kIVx} = 6163 \cdot 0,7 + 6700 \cdot \left(\frac{3}{100} + 0,17 \right) = 5654 \text{ Н.}$$

$$R_{kVx} = 6268 \cdot 0,7 + 6700 \cdot \left(\frac{3}{100} + 0,17 \right) = 5728 \text{ Н.}$$

$$R_{kIIIx} = 6746 \cdot 0,7 + 6700 \cdot \left(\frac{3}{100} + 0,17 \right) = 6062 \text{ Н.}$$

Визначимо частку тягового опору машини [11]:

$$R_{\Gamma \text{IIIx}} = \frac{9554 \cdot 3,96 \cdot 174,17 \cdot 0,91}{0,77 \cdot 1800} = 4326,5 \text{ Н,}$$

$$R_{\Gamma \text{IVx}} = \frac{9554 \cdot 3,96 \cdot 149,29 \cdot 0,91}{0,77 \cdot 1800} = 3708,4 \text{ Н,}$$

$$R_{\Gamma \text{Vx}} = \frac{9554 \cdot 3,96 \cdot 127,44 \cdot 0,91}{0,77 \cdot 1800} = 3165,7 \text{ Н,}$$

$$R_{\Gamma \text{I}} = \frac{9554 \cdot 3,96 \cdot 75,73 \cdot 0,91}{0,77 \cdot 1800} = 1881,2 \text{ Н.}$$

Загальний опір агрегату визначаємо за формулою: [11].

$$R_a = R_M + R_{\Gamma}, \quad (3.15)$$

$$R_{a \text{ IIIx}} = 5591 + 4326,5 = 9917,5 \text{ Н;}$$

$$R_{a \text{ IVx}} = 5654 + 3708,4 = 9362,4 \text{ Н;}$$

$$R_{a \text{ Vx}} = 5728 + 3165,7 = 8893,7 \text{ Н;}$$

$$R_{a \text{ I}} = 6062 + 1881,2 = 7943,2 \text{ Н.}$$

Визначаємо коефіцієнт використання сили тяги трактора [11]:

$$\eta_{\Gamma} = \frac{R_a}{P_{\Gamma}}, \quad (3.16)$$

$$\eta_{\Gamma \text{ IIIx}} = \frac{9917,5}{12825} = 0,77,$$

$$\eta_{\Gamma \text{ IVx}} = \frac{9362,4}{12825} = 0,73,$$

$$\eta_{\Gamma \text{ Vx}} = \frac{8893,7}{12825} = 0,69,$$

$$\eta_{\Gamma \text{ I}} = \frac{7943,2}{12825} = 0,62.$$

Продуктивність агрегату за зміну підраховуємо за формулою [10]:

$$W_{\text{зм}} = 0,1 \cdot B_p \cdot V_p \cdot T_p, \quad (3.17)$$

де B_p – робоча ширина захвату агрегата, $B_p = 0,7$ м;

T_p – чистий робочий час, год.

Для обґрунтування величини T_p розглянемо кінематику агрегату на робочій ділянці та баланс часу зміни.

Для заданих умов вибираємо і обґрунтовуємо спосіб руху агрегату на загоні, виходячи з агротехнічних вимог і можливості забезпечення найвищого коефіцієнта робочих ходів φ [11].

$$\varphi = \frac{L_p}{L_p + l_x}, \quad (3.18)$$

де L_p – середня довжина гону, м;

l_x – середня питома довжина холостого ходу на загоні, яка приходить на один робочий хід агрегату, м.

Робоча довжина гону [11]:

$$L_p = L - 2 \cdot E,$$

де L – довжина робочої ділянки, $L = 840$ м;

E – мінімальна ширина поворотної смуги, м.

Визначимо мінімальну ширину смуги для розвороту агрегату. Для безпетльового повороту мінімальна ширина поворотної смуги складатиме [10]:

$$E = 2,8 \cdot R_0 + 0,5 \cdot d_a + e, \quad (3.19)$$

де R_0 – радіус повороту агрегата, $R_0 = 3,3$ м;

d_a – кінематична ширина агрегату, $d_a = 1,4$ м;

e – відстань виходження агрегату, $e = 1,2$ м.

$$E = 2,8 \cdot 3,3 + 0,5 \cdot 1,4 + 1,2 = 11,14 \text{ м.}$$

Ширину розвортної смуги, має бути кратною ширині захвату агрегату, тобто приймемо $E = 11,2$ м.

Тоді $L_p = 840 - 2 \cdot 11,2 = 817,6$ м.

Середню відстань холостого ходу агрегату визначимо по формулі [11]:

$$l_x = 3,6 \cdot R_0 + 2 \cdot e, \quad (3.20)$$

$$l_x = 3,8 \cdot 3,3 + 2 \cdot 1,2 = 14,9 \text{ м.}$$

Коефіцієнт робочих ходів становитиме:

$$\varphi = \frac{817,6}{817,6 + 14,9} = 0,98.$$

Баланс часу зміни

Чистий робочий час за зміну визначаємо за формулою [11]:

$$T_p = \frac{T_{зм} - (T_{техн} + T_{пз} + T_{\phi} + T_{пер})}{1 + \tau_{пов}}, \quad (3.22)$$

де $T_{зм}$ – час зміни, $T_{зм} = 7$ год;

$T_{техн}$ – час, який витрачається на технологічне обслуговування агрегату, $T_{техн} = 0,2$ год;

$T_{пз}$ – час на зупинки агрегату, $T_{пз} = 0,15$ год;

T_{ϕ} – час на зупинки по фізіологічним причинам, $T_{\phi} = 0,31$ год;

$T_{пер}$ – час на переїзди агрегату, $T_{пер} = 0,25$ год;

τ – коефіцієнт тривалості поворотів.

$$\tau_{пов} = \frac{1 - \varphi}{\varphi}, \quad (3.23)$$

$$\tau_{пов} = \frac{1 - 0,98}{0,98} = 0,02.$$

$$T_p = \frac{7 - (0,25 + 0,15 + 0,31 + 0,25)}{1 + 0,02} = 6,0 \text{ год.}$$

Отже,

$$W_{зм} = 0,1 \cdot 0,7 \cdot 6,26 \cdot 6 = 1,6 \text{ га.}$$

Погектарну витрату палива визначаємо за формулою [11]:

$$g = \frac{G_p \cdot T_p + G_x \cdot T_x + G_3 \cdot T_3}{W_{год}}, \quad (3.24)$$

де G_p, G_x, G_z – годинна витрата палива на основній роботі, на поворотах, заїздах, переїздах, на зупинках з працюючим двигуном, $G_p = 7,9$ кг/год; $G_x = 4,8$ кг/год; $G_z = 1,1$ кг/год;

T_x – час холостого ходу агрегату протягом зміни, $T_x = 0,36$ год;

T_z – час зупинок агрегату з працюючим двигуном, $T_z = 0,64$ год.

$$g = \frac{7,9 \cdot 6 + 4,8 \cdot 0,36 + 1,1 \cdot 0,64}{2,6} = 42,6 \text{ кг/га.}$$

Висновки до розділу 3. На підставі викладеного вище можна зробити наступні висновки, розрахунково-теоретичні тягові зусилля є значно завищеними в порівнянні з експлуатаційними.

При швидкості збирання більше 5 км/год вимагають підвищених енергозатрат і тому є негативними, а також значно погіршують технологічний процес збирання. В зв'язку з цим рекомендована швидкість збирання в діапазоні 2-5 км/год. При збільшенні швидкості елеватора збільшується пошкодженість картоплі, отже, рекомендована швидкість пруткового елеватора 1.5-2 м/с.

Для заданих умов обґрунтовано спосіб руху агрегату на загінці, виходячи з агротехнічних вимог і можливості забезпечення найвищого коефіцієнта робочих ходів $\varphi=0,98$. Визначено продуктивність агрегату за годину $W=1,6$ га/год, та витрати палива на одиницю площі $q=42,6$ кг/га.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Основними недоліками серійних машин виявлено, недостатня якість сепарації бульб картоплі від домішок та рослинних решток, що потребує уточнення конструкційних та кінематичних параметрів режимів роботи активних систем очистки.
2. На підставі даних, отриманих при роботі агрегату на трьох швидкостях (0,8; 1,28 і 1,75 м/с), можна констатувати, що повнота відділення в середньому трохи вище при радіусах кривошипа 0,035 і 0,045 м.
3. Під час роботи струшувача в результаті руйнування і подрібнення грудок краще підготовлюється маса до наступної сепарації. При збільшенні швидкості агрегату повнота сепарації погіршується, але не так різко, як спостерігалось на грохоті. Це пояснюється тим, що на елеваторі не розвантажується маса і не збільшується товщина шару.
4. Для інтенсифікації сепарації ґрунту необхідно забезпечити такий режим, при якому підкинута першим роликком частка упала б на полотно в зоні другого ролика в момент його підйому вгору і удруге відірвалася від нього. Встановлено дальність польоту $L=0,27$ м, отже довжина l двоплечого важеля повинна дорівнювати або бути більшою від дальності польоту L частинки, приймаємо $l=0.3$ м.
5. При швидкості збирання більше 5 км/год вимагають підвищених енергозатрат і тому є негативними, а також значно погіршують технологічний процес збирання. В зв'язку з цим рекомендована швидкість збирання в діапазоні 2-5 км/год. При збільшенні швидкості елеватора збільшується пошкодженість картоплі, отже, рекомендована швидкість пруткового елеватора 1.5-2 м/с. Для заданих умов обґрунтовано спосіб руху агрегату в загінці, виходячи з агротехнічних вимог і можливості забезпечення найвищого коефіцієнта робочих ходів $\varphi=0,98$. Визначено продуктивність агрегату за годину $W=1,6$ га/год, та витрати палива на одиницю площі $q=42,6$ кг/га.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Купка А.А. Довідник картопляра, -К.: Урожай, 1991. – 232 с.
2. Войтюк Д.Г., Гаврилюк Г.В. Сільськогосподарські машини. - К.: Врожай, 1993.- 492с.
3. Петров Г.Д. Картоплезбиральні машини. Розрахунок і проектування. - М: Машинобудування, 1972. – 392 с.
4. Глухих Б.А. Дослідження з механізації збирання та прибирання картоплі – К.: ІКХ., 2000. – 217 с.
5. Митрофанов В.С. Фізико-механічні властивості картоплі. - К: Машгіз, Т5, 1990.- 518 с.
6. Табачук В.Й. Дослідження ушкоджуваності бульб при збиранні. Праці сільськогосподарського інституту Т2. вип.7,1993. – 347 с.
7. Тимофеев А.М. До методики визначення пошкоджень картоплі Залежно від механічних факторів. - К: урожай, Т3, 1996. - 283 с.
8. ВойтюкД.Г., Гаврилюк Г.Р. Сільськогосподарські машини. –К.: Каравела, 2008. – 552с.
9. Лехман С.Д., Рубльов В.І., Рябцев Б.І. Запобігання аварійності та травматизму у сільському господарстві. – К.: Урожай. 1993 – 272 с.
10. Ільченко В.Ю. та інші. Машиновикористання в землеробстві. – К.: Урожай, 1991. – 382с.
11. Ільченко В.Ю., Лімонт О.В., та інші., Експлуатація машинно-тракторного парку в аграрному виробництві. К.: Урожай, 1993, с. 284.