Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

інженерії машин, споруд та технологій
(повна назва факультету)
технічної механіки та сільськогосподарських машин
(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

Магістр
(назва освітнього ступеня)

на тему: Обґрунтування параметрів картоплезбиральної машини для малих фермерських господарств

Виконав(ла): студент(ка) 6 курсу, групи МСнм
спеціальності
133 Галузеве машинобудування
(шифр і назва спеціальності)

		Біленький М.В.
	(підпис)	(прізвище та ініціали)
Керівник		Бабій А.В.
	(підпис)	(прізвище та ініціали)
Нормоконтроль		Довбуш А.Д.
	(підпис)	(прізвище та ініціали)
Завідувач кафедри		Бабій А.В.
	(підпис)	(прізвище та ініціали)
Рецензент		
	(підпис)	(прізвище та ініціали)

Тернопіль 2021

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет інженерії машин, споруд та технологій
(повна назва факультету)

Кафедра технічної механіки та сільськогосподарських машин
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
_____ Бабій А.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)
« » 20___ р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня **магістр**
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 133 Галузеве машинобудування
(шифр і назва спеціальності)

студенту **Біленькому Мирону Васильовичу**
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Обґрунтування параметрів картоплезбиральної машини для малих фермерських господарств

Керівник роботи Бабій Андрій Васильович, к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «*26*» *02* 2021 року № *4/7-149*

2. Термін подання студентом завершеної роботи 26.05.2021

3. Вихідні дані до роботи Ширина залягання бульб в гнізді 220 мм; зсув осі рядка щодо осі лемеша 40 мм; глибина підкопування 150 мм; глибина залягання крайніх по ширині гнізда бульб 80 мм; кут входження лемеша в ґрунт 15^0.

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)
Вступ. 1. Аналіз особливостей об'єкту проектування.
2. Обґрунтування основних параметрів протруювача.
3. Дослідження параметрів об'єкту розробки.
4. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.
Загальні висновки

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)
Картоплекопач однорядний. СФ. 1А1.
Картоплекопач однорядний. СК. 1А1.
Рама. СК. 1А1.
Леміш. СК. 1А1.
Барабан сепарувальний. СК. 1А1
Деталювання. 2А1.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях			

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	Аналіз особливостей об’єкту проектування	16.04.21	
2.	Обґрунтування основних параметрів протруювача	02.05.21	
3.	Дослідження параметрів об'єкту розробки	15.05.21	
4.	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	18.05.21	
5.	Графічна частина	22.05.21	

Студент _____ Біленький М.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ Бабій А.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Реферат

Мета і завдання дослідження – провести обґрунтування параметрів картоплезбиральної машини для малих фермерських господарств для отримання ефективної конструкції малогабаритного копача, який буде адаптивний з енергозасобами малої потужності.

Для досягнення мети дослідження було поставлено та вирішено такі завдання:

– проаналізовано конструктивні особливості базових моделей картоплезбиральних машин;

– обґрунтовано основні параметри підкопуючих робочих органів;

– визначено тяговий опір лемеша картоплекопача;

– проведено міцнісні розрахунки елементів лемеша;

– визначено споживану потужність картоплекопача;

– досліджено поведінку картоплини на пальцях барабана;

– досліджено ударну взаємодію картоплини з робочим органом картоплекопача.

Об'єктом дослідження – конструкція малогабаритного роторного картоплекопача.

Предмет дослідження – конструктивні та кінематичні параметри малогабаритного роторного картоплекопача.

Методи дослідження - при обґрунтуванні параметрів малогабаритного картоплекопача використано теоретичні засади, які базуються на основах теоретичної механіки, опору матеріалів, теорії механізмів і машин, деталей, спеціальних дисциплін таких як робочі процеси сільськогосподарських машин, конструкція, розрахунок і виробництво сільськогосподарських машин тощо.

Наукова новизна отриманих результатів. За розробленою новою конструкцією картоплекопача, на основі роторного сепарувального барабана, обґрунтовано параметри його підкопую чого робочого органу та досліджено поведінку картоплини на криволінійних пальцях роторного барабана. Встановлено максимально допустиму швидкість обертання барабана з умови контактної взаємодії (за допустимим напруженням деформації) його поверхні з окремою картоплею.

Практичне значення отриманих результатів полягає в розробці практичної конструкції роторного картоплекопача, який адаптивний до енергозасобів малої потужності. Розроблені технічні креслення та розрахунки параметрів картоплекопача можуть бути передані у виробництво для фактичного виготовлення дослідного взірця.

Апробація результатів. Окремі результати роботи доповідались на ІІ-й Міжнародній студентській науково-технічній конференції / Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет ім. І.Пулюя (м. Тернопіль, 25-26 квітня 2019 р.), 2019.

Робота складається з вступу, чотирьох розділів, переліку використаних джерел та додатків. Основний матеріал викладено на 73 сторінках машинописного тексту. Додатки займають 13 сторінок. Графічний матеріал викладено на 7 листах формату А1.

Ключові слова. Картопля, контактний тиск, напруження, роторний барабан, швидкість, контактна взаємодія, сепарація.

ЗМІСТ

ВСТУП

Актуальність теми. В Україні картопля, без перебільшення, вважається другим хлібом. Кожне домогосподарство практично щоденно використовує цей продукт. Науково доведено, щоб населення планети забезпечити картоплею необхідно, щоб її врожайність була в межах 200 ц/га.

Звичайно таких об'ємів вирощування картоплі можна досягти, але потрібно скористатися науково-обгрунтованими підходами:

- створити спеціальні зони, які засновані на основних технологіях щодо вирощування продовольчої картоплі;

- сприяти інтенсифікації вирощування картоплі спеціалізованими господарствами та іншими виробниками сільськогосподарської продукції;

- в яких картопля може займати до третини площ. Такий підхід переважно використовується на легких і середніх ґрунтах;

- селекціонерам необхідно виводити нові сорти картоплі, які придатні для механізованого способу її вирощування та збирання;

- господарства повинні впроваджувати нові елітні сорти насіння та контролювати розвиток хвороб та шкідників;

- технології вирощування картоплі повинні враховувати зональні особливості ґрунтів та місцевості, де вирощується картопля, забезпечуючи необхідну кількість органічних та мінеральних, а також відповідний хімічний захист.

Що стосується підвищення врожайності картоплі та зниження собівартості її вирощування, тут ключову роль відіграє ступінь механізації цього процесу. На жаль, наша вітчизняна промисловість випускає невеликий перелік машин, які застосовуються в технології вирощування картоплі. Якщо

аналізувати об'єми вирощеної продукції, то статистичні дані стверджують, що в межах 90% вирощеного продукту виробляється в малих підсобних та невеликих фермерських господарств. А це означає, що малого товаровиробника потрібно забезпечити якісною та недороговартісною машиною, яка буде виконувати технологічну операцію збирання картоплі.

Дослідження даної роботи якраз спрямовані на розробку малогабаритної та високоефективної збиральної машини, яка має високу технологічну ефективність,

Картопля – це рослина, яка може вирощуватися в практично в будь-якому регіоні нашої держави. Що собою представляє дана культура.

Отже, картопля – це продовольча, кормова, а також технічна культура, яка має високу цінність. Крім того, картопля є дуже добрим попередником для переважної більшості сільськогосподарських культур, які вирощуються на даних площах.

Разом з тим варто відзначити, що картопля як технічна сировина дуже добре підходить для виробництва спирту та крохмалю. Тому, з якого боку не глянути, картопля – це цінний як харчовий продукт, так і технічна сировина.

Якщо торкнутися технології вирощування картоплі то її висаджують рядовим способом. Це може бути гладка посадка або посадка у гребенях. Переважній більшості технології використовуються гребенева посадка. Це полегшує операції догляду та збирання цієї культури.

До початку збиральної операції гребені картоплі необхідно очистити від бур'янів, якщо такі були, та бадилля самої картоплі. Пізніше одним із відомих способів починають збирати картоплю. В основному розрізняють, в залежності від кліматичних умов та забезпеченості господарства технікою, збирання з допомогою картоплекопачів різних типів та ручним підбиранням картоплі, або прямим комбайнуванням чи двофазнним способом. Кожен з наведених способів збирання картоплі має свої переваги та недоліки. Як було відмічено вище, ми свою увагу зосереджуємо на невеликих фермерських господарствах і

застосуванням малогабаритної техніки, яка буде ефективною та полегшить ручну працю.

Характеризуючи дану культуру, слід зауважити ще деякі її властивості:

міцність бульб картоплі по мірі їх дозрівання збільшується;

дана культура має стебла довжиною 60 -90 см і в одному кущі міститься 3 - 6 шт.;

якщо говорити про міцність ґрунтових грудок у порівнянні з міцністю картоплин, то при оптимальній вологості ґрунту, до уваги можна брати супіщані ґрунти або легкі суглинки, статична міцність таких грудок в межах 200 Н, в той же час міцність бульб картоплі, в залежності від сорту лежить в межах 200-900 Н. Це означає, що таку різницю в міцностях грудок ґрунту та самої картоплі слід використати при проектуванні робочих органів картоплезбиральних машин.

1 АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ ОБ'ЄКТУ ПРОЕКТУВАННЯ

1.1 Особливості механізації вирощування картоплі

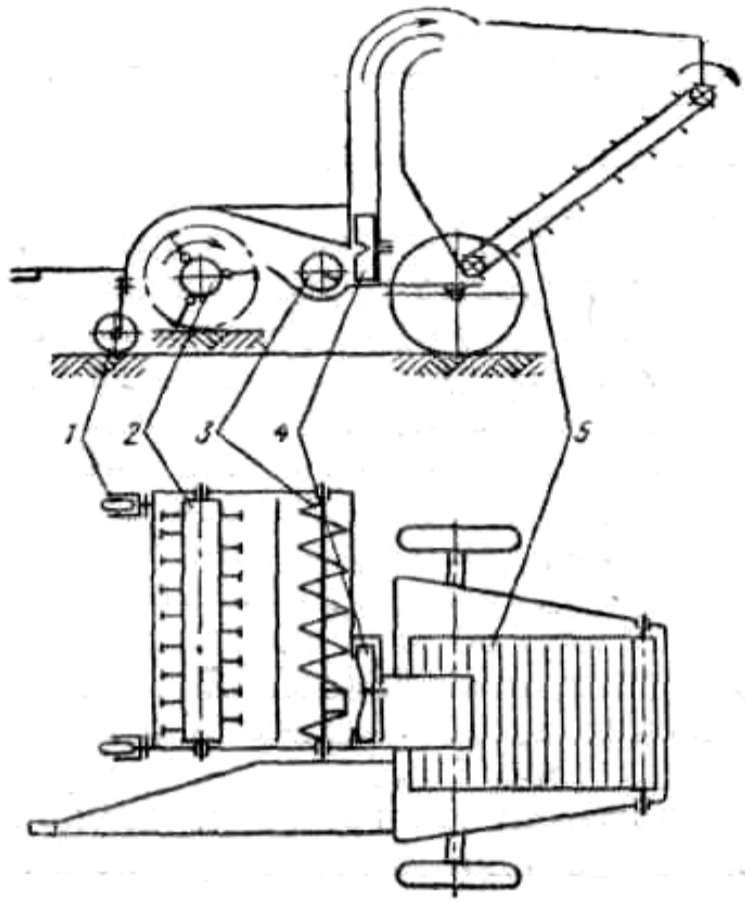
Якщо говорити про механізований спосіб вирощування картоплі, то для забезпечення такої технології необхідно використовувати різні машини: перший блок машин – це машини для підготовки ґрунту до операції висаджування бульб; далі використовується садильні машини; машини для догляду за рослинами; машини для збирання; машини для післязбиральної доробки бульб.

Дамо деякі характеристики технологічних операцій та конструктивних особливостей машин, які застосовуються в технологіях збирання картоплі.

Терміни збирання картоплі обумовлені сортом картоплі. Свідченням зрілості картоплі є пожовтіння листя та його відмирання. Як правило, картоплю збирають, коли є повністю дозрілими її бульби, так вони мають вищу механічну міцність.

Перша операція щодо підготовки картоплі до збирання є скошування бадилля. Операцію виконують, як правило, зазда легідь за 5-10 днів до збирання. Тут слід зауважити, що скошування бадилля не є обов'язковою операцією при підготовці до збирання. Деякі технології, наприклад прямого комбайнування, передбачають підкопування бульб разом із бадиллям. Процес відділення бульб від бадилля проходить безпосередньо на бульбовідривному апараті картоплезбиральної машини. Але ми звузили свої дослідження до збирання картоплі з допомогою картоплекопачів невисокої продуктивності, що застосовується в невеликих господарствах, тому тут опе рація очищення площі від бадилля є обов'язковою. Дану технологічну операцію виконують, переважно, ротаційними косарками-подрібнювачами, які агрегатується з тракторами класу 1.4. Як приклад, розглянемо деякі конструкції машин для видалення бадилля [17, 18, 36].

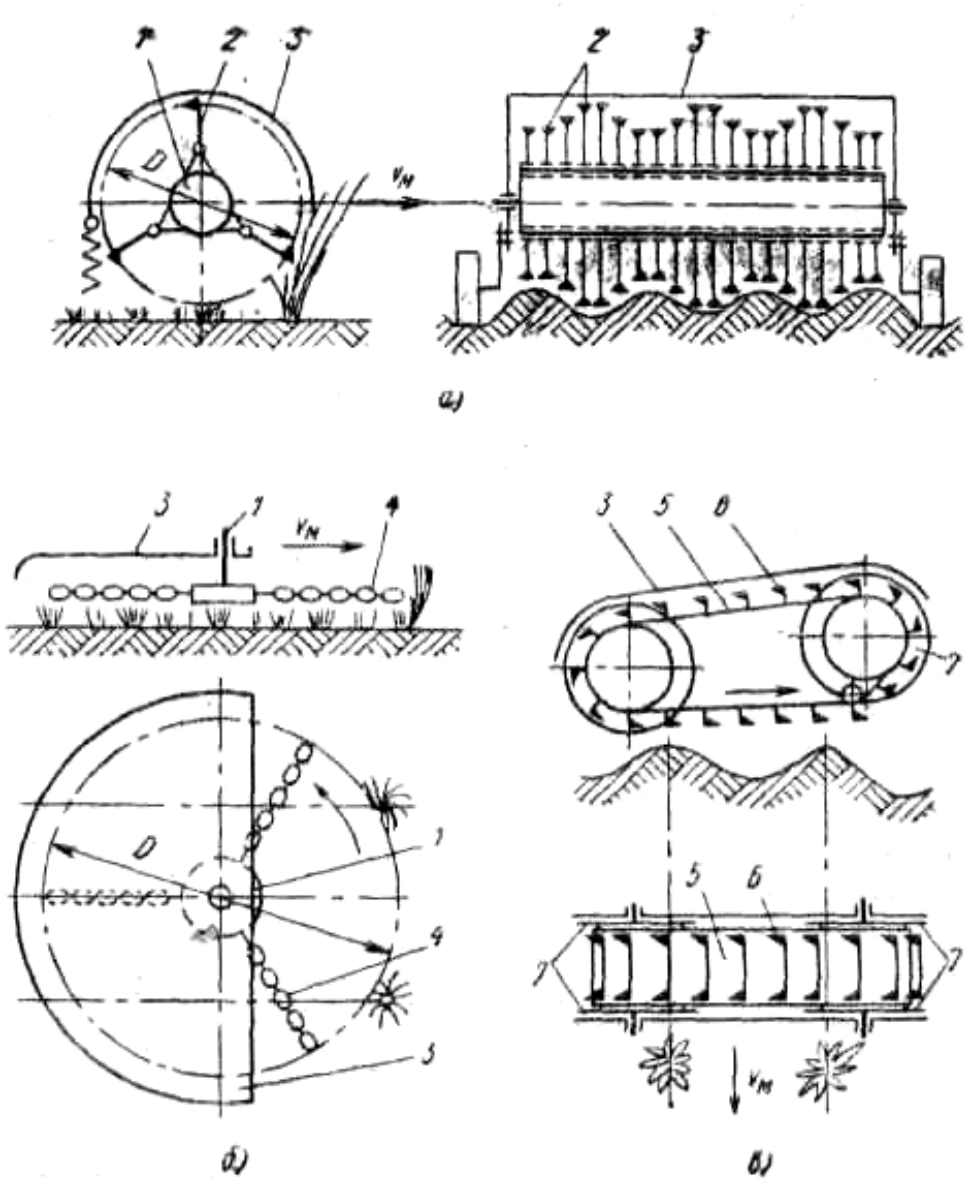
Однієї з найбільш поширених машин для скошування бадилля та наступного його забору у бункер є машина УБД -3, рис. 1.



1 – опорні котки для регулювання висоти зрізу; 2 – ротор-бадилеподрібнювач; 3 – поперечний шнек; 4 – вентилятор-розкидач; 5 – бункер з вивантажувальним транспортером періодичної дії

Рисунок 1.1 – Схема бадилезбиральної машини УБД -3

На рис. 1.2 представлені схеми робочих органів, які застосовуються в машинах для видалення бадилля.



1 – ротор; 2 – била (молотки); 3 – кожух; 4 – калібрований ланцюг; 5 – стрічка; 6 – шипи; 7 – диски; v_M – швидкість машини 1,5 – 3 м/с

Рисунок 1.2 – Схеми для передзбирального видалення бадилля

Якщо порівняти процес скошування з теребленням бадилля, то другий спосіб дещо кращий. Суть тереблення полягає в тому, що вириваються стеблини, причому деякі з них руйнуються на поверхні грунту, а деякі, які мають більшу міцність, вириваються безпосередньо з куща, порушуючи там зв'язки картоплини між собою. Приклад таких машин, які мають бадилетеребильні апарати наведено на рис. 1.2, в. Суть цього процесу полягає

в тому, що робочий орган захоплює стеблину та висмикує її з високою швидкістю, причому сил зв'язку з ґрунтом картоплини та сил інерції картоплини достатньо для того, щоб картоплина зал ишалося в ґрунті. Як показує практика, швидкість висмикування стебел складає 1,2 - 1,3 м/с. Якщо цю швидкість збільшувати, наприклад більше трьох метрів на секунду, то можна спостерігати неконтрольований розрив стеблин та погіршення якості очищення площі від бадилля.

Варто також відзначити, що площі від бадилля можна очищати, використовуючи хімічні препарати. Але на даний час цим способом переважно не користуються, мінімізуючи застосування хімічних засобів при вирощуванні картоплі.

1.2 Агротехнічні вимоги до картоплезбиральних машин

Розглянемо агротехнічні вимоги, які висуваються до картоплезбиральних машин [25, 33, 41].

Конструкція машини повинна бути такою, щоб забезпечити збирання картоплі з міжрядь 60 см, 70 см, а також мати змогу перелаштовуватися на міжряддя 90 см. Міцність та жорсткість конструкції повинна забезпечити викопування бульб, які залягають на глибині до 21 см, а також при ширині гнізда до 40 см. За таких умов відхилення за глибиною ходу не повинно перевищувати + - 2 см. То після проходу картоплі збиральної машини втрати не повинні перевищувати 3 відсотки. Втрачені бульби до20 г втратами не вважаються. При робочий робочих органів картоплю збиральної машини пошкоджені звук не повинна перевищувати трьох відсотків, для комбайн ів цей відсоток збільшується до 12 % від загальної маси.

Пошкодженнями вважають розплющені, розірвані, з тріщинами більше 20 мм, з вириваннями та забоями м'якоті глибиною більше 5 мм, а також зірваною шкіркою на чверті поверхні бульби.

Відносно чистоти: зібрана картопля в тарі повинна складати не менше 97 відсотків, якщо пізніше використовуються картоплесортувальний пункт, то чистота картоплі допускається 80%.

1.3 Аналіз конструктивних особливостей базових моделей картоплезбиральних машин

Аналізуючи літературні джерела можна встановити, що для виконання технологічної операції, що полягає у викопуванні картоплі, можна виділити такі типи машин: копачі, копачі кидаючого типу, копачі з просіваючими органами, картоплезбиральні комбайни та сортува льні пункти.

Розглянемо найбільш поширені конструкції, проведемо їх аналіз, який буде основою для формування ефективного малогабаритного картоплекопача.

Розглянемо кожен з цих типів. Наприклад копачі – це найбільш примітивні знаряддя, робота яких полягає в тому, що вони розкривають картопляну грядку і таким чином утворену борозенку скочується картопля, яка в подальшому підбирається вручну.

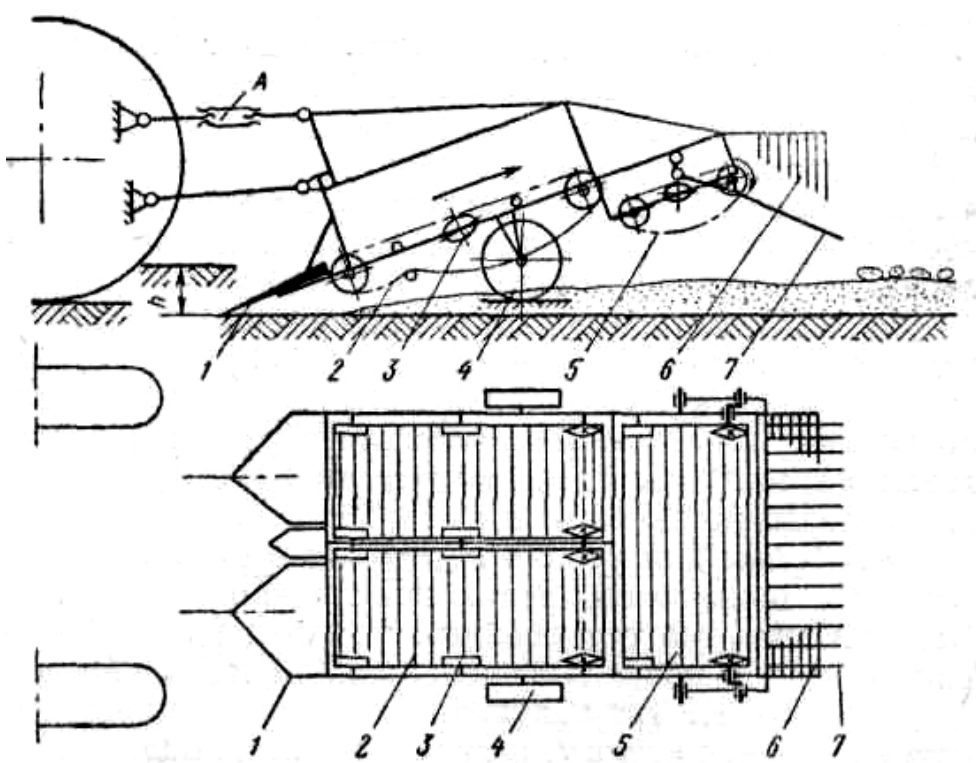
Іншим поширеним типом простих копачів є копачі кидаючого типу. Технологічний процес такого копача проходить наступ ним чином. Леміш підкопує бульбоносний пласт, який рухається вздовж останнього, попадає під гребені ротора, який обертається в перпендикулярній площині. Сам ротор виконаний у вигляді диска, на якому закріплені пруткові пальці. Таким чином відбувається порційне розділення пласта ґрунту з бульбами і тим самим його руйнування. При цьому покрошений грунт просівається, а утворені грудки та самі бульби відкидаються пальцями в сторону на викопані рядки. Тут працює

принцип розсіювання траєкторії – грудки мають одну траєкторію, а бульби - іншу. Недоліком такої машини є те, що можна спостерігати деякі пошкодження бульб, їх присипання ґрунтом та можливе розкидання по поверхні поля, якщо неправильно відрегульований відбиваючий щиток.

Такого типу копачі добре себе зарекомендували на перезволожених ґрунтах та полях з камінням.

Більш професійними є копачі просіваючого типу. Вони здійснюють безпосередньо сепарування ґрунту через щілини сепарувальних органів. І таким чином на поверхні ґрунту вкладаються бульби, які є мінімально присипаними ґрунтом. Виконана сепарація ґрунту підвищує продуктивність праці приблизно на 25 %.

Розрізняють різні типи таких копачів. Розглянемо принципову схему елеваторного копача, рис. 1.3.

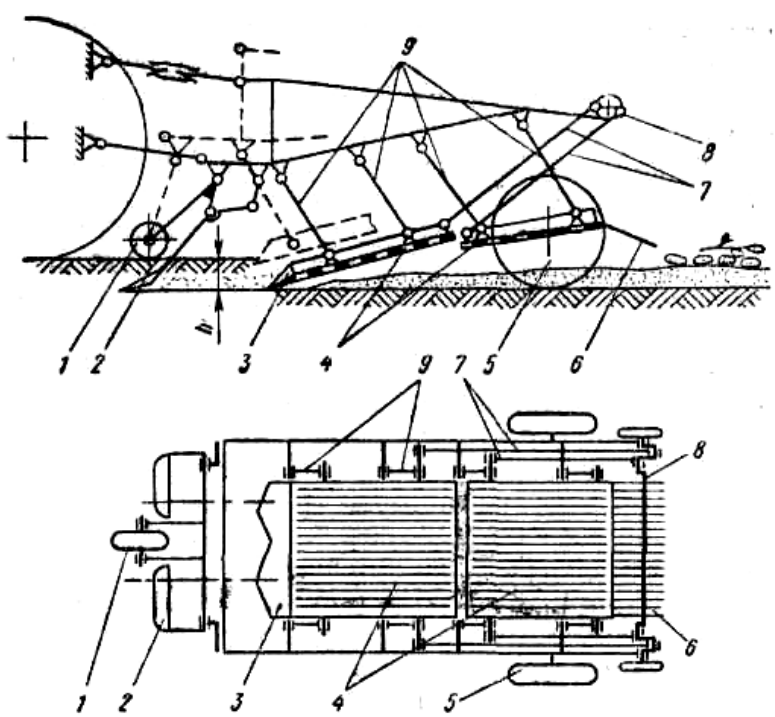


1 – леміш; 2 – основний прутковий елеватор; 3 – струшувач; 4 – опорне колесо; 5 – каскадний елеватор; 6 – звужувальний щиток; 7 – струшуюча решітка

Рисунок 1.3 – Схема елеватора копача

Схема такої машини доволі є простою. Підкопає бульбоносний пласт плоский леміш, далі він йде на елеватор, який виконаний у вигляді пруткового транспортера. Походу транспортування пласта ґрунту з бульбами відбувається руйнування та просіювання грудок ґрунту крізь щілини. Для інтенсифікації цього процесу використовують транспортер и різної лінійної швидкості, різного роду струшува чі, наприклад можуть бути струшува чі у вигляді еліптичних зірочок, або коливної вилки. Таким чином, грунт має змогу за час транспортування практично повністю просіяти сь крізь щілини прутків. І на поверхню поля вкладаються вже чисті картоплини. Недоліком таких транспортерів є те, що вони малопридатні до роботи на забур'янених ґрунтах та перезволожених ґрунтах, тобто в таких умовах, де пласт ґрунту слабо подрібнюються.

Іншим типом є копачі, які в переважній більшості мають два грох оти або їх ще називають решетами, які здійснюють плоскопаралельні рухи, рис. 1.4.



1 – опорний каток; 2 – запобіжна напівскоба; 3 – леміш; 4 – дворешітний грохот; 5 – опорне колесо; 6 – струшуюча решітка; 7 – шатуни; 8 – ексцентриковий вал; 9 – підвіски решета

Рисунок 1.4 – Схема грохотного копача

В конструкції грохотного копача використано активний леміш. У порівнянні з пасивним лемешем його тяговий опір приблизно на 25 -30 відсотків є нижчим, він краще подрібнює і сепарує грунт вже на стадії підкопування.

Барабанні копачі – основним органом для сепарації використовують циліндричне решето або воно може бути конічної форми. Тут технологічний процес проходить наступним чином: леміш підкопує бульбоносний пласт, який попадає в барабан, що обертається, і разом з тим проходить одночасна сепарація з переміщенням бульб на вихід.

1.4 Аналіз конструкцій машин-аналогів

Провівши аналіз технології вирощування картоплі, механізації цього процесу та проаналізувавши основні принципи та будову базових моделе й машин для збирання картоплі, робимо висновок про рівень їх придатності до збирання картоплі при заданих умовах.

Такими умовами для нашого випадку слугує наступне:

невеликі посадочні площі (до 1 га);

мала потужність енергозасобу, а отже невеликий тяговий опір машини;

необхідна достатня маневреність.

З цією метою ми зупиняємося на огляді однорядкових картоплекопачів, які матимуть змогу агрегатуватися з вказаним міні енергозасобом.

Першим і найпоширенішим таким копачем є КТН -1Б, рис. 1.5 [30]

Рисунок 1.5 – Картоплекопач навісний 1-рядний КТН-1Б

Картоплекопач навісний 1-рядний КТН-1Б.

Призначений для викопування картоплі, часткового відділення бульб від ґрунту і бадилля і укладання їх на поверхню поля для подальшого підбирання. Агрегатується з тракторами класу 0,6-1,4.

Таблиця 1.1 – Основні параметри картоплекопача навісного 1-рядного КТН-1Б

Продуктивність, га/год	0,3–0,4
Глибина підкопування, см	22
Ширина борозни, см	60–90
Робоча швидкість, км/год	3–6
Кількість оброблюваних рядів, шт	1
Ширина розкиду бульб на поверхні поля, м	1–2
Габаритні розміри, мм:	
довжина	1000
ширина	1235
висота	1200
Маса, кг, не більш	235±3%

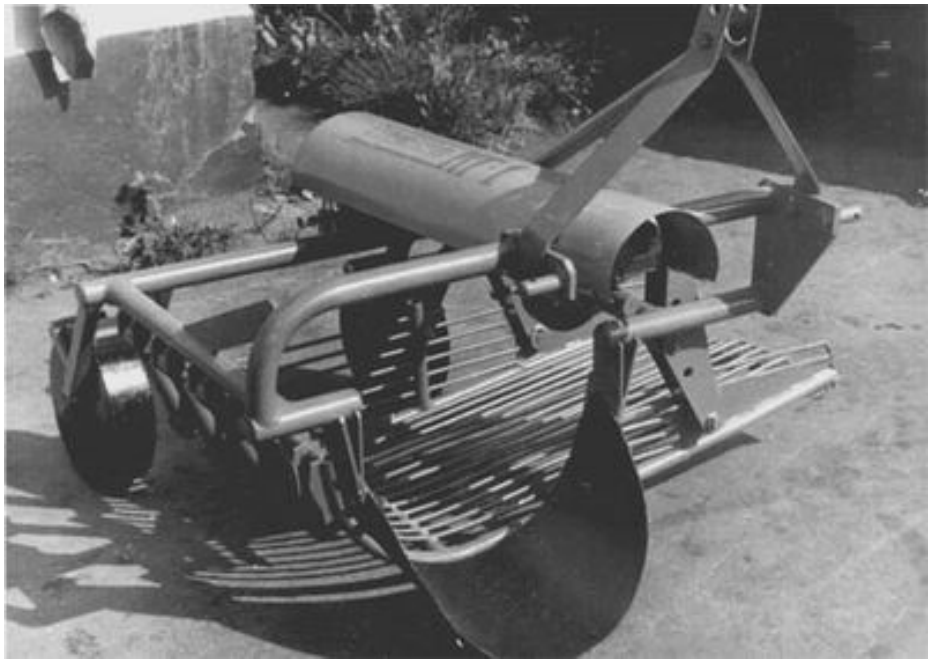


Рисунок 1.6 – Картоплекопач КГ-1

Картоплекопач КГ-1 (рис. 1.6) призначений для використовування картоплі у всіх природно-кліматичних зонах, агрегатується з тракторами Т-25, Т-30, К-20, Т-40, МТЗ-50. Картоплекопач - навісний, однорядний. Привід - від ВВП трактора.

- дбайливо і якісно викопує картоплю;
- ретельно очищає бульби від грунту;
- укладає картоплю в акуратний ряд.

Технічні характеристики:

робоча швидкість – 2 км/год;

продуктивність – 0,12 га/год;

габаритні розміри – 1600 х 1500 х 960 мм;

маса – 200 кг.

Рисунок 1.7 – Картоплекопач КН-1 для міні-трактора КМЗ-012

Картоплекопач КН-1 для міні-трактора КМЗ-012 призначений для проведення збиральних робіт по викопуванню картоплі, вирощуваної на дрібноконтурних ділянках.

Картоплекопач КН-1 для міні-трактора КМЗ-012 виконує наступні операції:

підкопування ряду картоплі;

просівання грунту і підняття бульб на поверхню;

укладання бульб у вал.

Застосування активних робочих органів – лемеша і грохоту – сприяє самоочищенню леза, примусовому переміщенню підкопаного пласта на поверхню ґрунту, динамічному просіванню землі.

Картоплекопач призначений для роботи на полях, не засмічених камінням і бур'янами, на негрудкуватих ґрунтах: піщаних, супіщаних і легких суглинках з питомим опором не більше 50 кПа, що мають ґрунтові грудки, руйновані статичним навантаженням до 196 Н (20 кг). Найсприятливіша вогкість ґрунту під час прибирання – 14 … 20%. Перед проведенням робіт по викопуванню картоплі бажано видалити бадилля картоплі за 3 … 10 днів до початку збирання.

Технічні характеристики:

ширина підкопуваного пласта – 460 мм;

ширина міжрядь посадки картоплі, не менше 700 мм;

глибина занурення підкопуючого органу (від рівня опорних катків) – 0…130 мм;

робоча швидкість – 2,79 км/год;

розрахункова продуктивність – 0,2 га/год;

маса – 150 кг.

Картоплекопач Л-651 1-рядний напівнавісний використовується на невеликих ділянках, зайнятих під картоплю. Укладені у валки бульби просушуються і підбираються вр учну.

Картоплекопач призначений для роботи на легких і середніх грунтах, засмічених камінням до 9 т на гектар. Наявність бічних дисків знижує тяговий опір при підйомі підрізаючого пласта землі на елеватори. Високоефективна система відділення бадилля, груд ок і каміння завдяки вдосконаленим елеваторам і шиповим полотнам дозволяє проводити збирання врожаю в найсприятливіших погодних умовах з мінімальним пошкодженням бульб.

Картоплекопач Л-651 має наступні технічні характеристики:

продуктивність – 0,25 га/год;

глибина підкопування – 220 мм;

місткість бункера для картоплі – 800 кг;

місткість бункера для каміння – 120 кг;

ширина міжрядь – 600-750 мм;

робоча швидкість – 6 км/год;

агрегатується з тракторами – 13-15кН;

габаритні розміри, мм: довжина – 6400; ширина – 2700; висота – 2700; маса, не більше 2150 кг.

Рисунок 1.8 – Картоплекопач однорядний Z653/2
(виробник: KRUKOWIAK)

Конвейєрний картоплекопач Z653/2 – такий картоплекопач виконаний за класичною схемою копачів, які просіюють підкопаний пласт. Тут транспортер виконаний у вигляді пруткової стрічки, яка приводиться в дію від валу відбору потужності трактора. Підкований бульбоносний пласт переміщається з лемеша на транспортер, там остаточно руйнується, грунт просівається, а відділенні картоплини падають на поверхню поля. Після чого вручну підбираються. Може працювати на полях з шириною міжрядь 62,5 -67,5 см, на легких і середньозв'язаних ґрунтах до 18% вологості при врожайності до 100 ц/га.

Технічна характеристика:

тип копача – однорядний;

спосіб агрегатування – навісний;

робоча ширина, м – 0,62 - 0,67;

ширина міжрядь, см – 62 – 67;

продуктивність, га/год – до 0,1;

необхідна потужність, кВт – до 18.

робоча швидкість ,км/год – 1,5 - 5,0;

розміри, см: довжина, ширина,висота – 258х124х120;

маса, кг – 320.

Рисунок 1.9 – Картоплекопач однорядковий

Призначений для викопування картоплі і інших коренеплодів при гребеневій посадці.

Технічні характеристики:

ширина гребеня, не більше 400 мм;

глибина викопування, не менше 180 мм;

розрахункова продуктивність, не менше 0,15 г а\год;

робоча швидкість руху, не більш 5 км \год;

маса, не більше 56 кг.

Якщо аналізувати конкретно якість виконання технологічного процесу кожною з цих наведених машин, то можна прийти до висновку – прості машини з неактивними сепаруючими органами є найде шевшими, але в технологічному плані – найгіршими, далі ціна – якість йде по наростаючій.

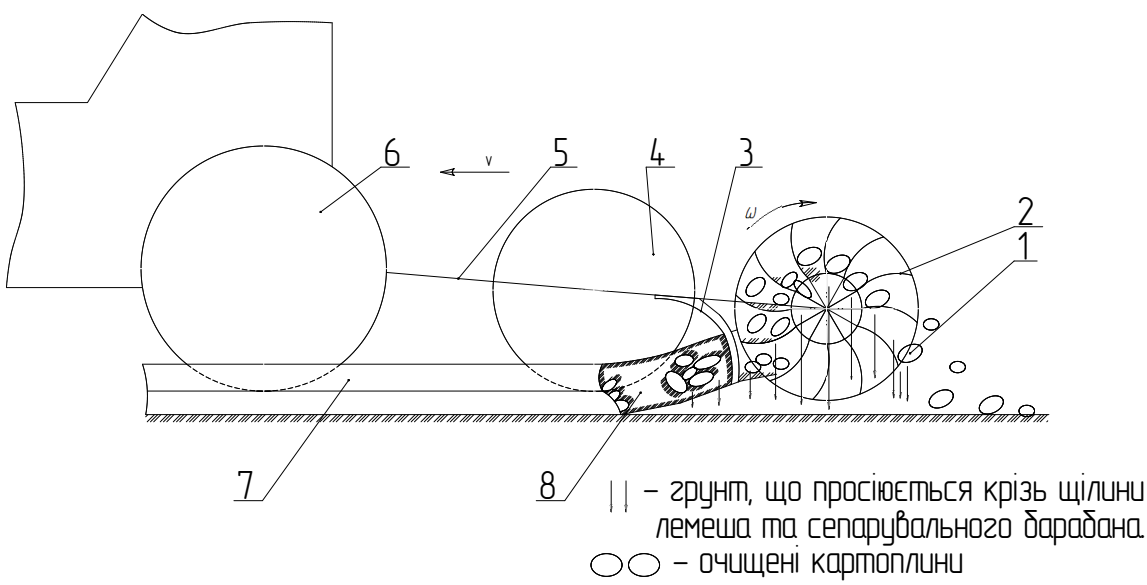
1.5 Обґрунтування теми кваліфікаційної роботи магістра

В попередньому пункті наведено основні моделі однорядкових копачів, які можна відшукати на ринку сільськогосп одарської техніки. Однак можна зауважити, що навіть, від найпростіших до складніших вартість є доволі великою, що не завжди під силу придбати дрібним сільськогосподарським

виробникам, а якість технологічного процесу при цьому не завжди задовільною.

Виходячи з цього, було поставлено завдання сконструювати такий малопотужний картоплекопач, щоб знаходився на достатньому по якості виконання технологічного процесу рівні, а за ціною був мінімально вартісним. Тобто було визначено діапазон: достатня якість технолог ічного процесу – мінімальна вартість машини.

Тому враховуючи ці вимоги, було запропоновано нову конструкцію картоплекопача, який буде володіти достатніми технологічними властивостями при відносній простоті та дешевизні при виготовленні, рис. 1.10.



1 – картоплина; 2 – сепарувальний барабан; 3 – леміш в зборі; 4 – опорне колесо; 5 – рама картоплекопача; 6 – колесо енергозасобу; 7 – гребінь бульбоносного пласту; 8 – бульбоносний пласт

Рисунок 1.10 – Технологічна схема розробленого картоплекопача

Ідея розробки полягає в розробці пальцевого сепарувально - транспортуючого барабана, який буде приводитись в рух від ВВП міні - енергозасобу.

Технологічний процес полягатиме в наступному: леміш 3 (рис. 1.1 0) підкопує картопляний пласт 8 і частково транспортує його до пальцевого сепарувально-транспортуючого барабана 2 , який порціями буде захоплювати цю масу і транспортуючи її від лемеша до задньої частини машини, буде просівати ґрунт, оскільки він решітчастий, та викидувати бульби 1 ззаду. Крім того завдяки різній масі і парусності при вилітанні картопляної маси буде відбуватись ще додаткова сепарація. Таким чином, викопана картопля попадатиме на поверхню поля. Після чого її необхідно вручну зібрати і дотранспортувати до місця зберігання.

Виходячи з даного обґрунтування і розвинення ідеї сепарувально-транспортувального барабана було сформульовано тему кваліфікаційної магістерської роботи, яка має назву „ Обґрунтування параметрів картоплезбиральної машини для малих фермерських господарств ”.

Метою розрахунків роботи є обґрунтування кінематичних і конструктивних параметрів розробленого пристрою. Зокрема необхідно встановити всі потрібні технологічні параметри при роботі картоплекопача, змоделювати поведінку картоплини на робочих елементах сепар увально-транспортуючого пристрою і т.д.

В експериментальній частині необхідно розробити методику реєстрації та проведення обробки експериментальних даних, їх систематизації з подальшим можливим використанням в перевірочних розрахунках.

2 ОБҐРУНТУВАННЯ ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ ОБ'ЄКТУ РОЗРОБКИ

2.1 Обґрунтування основних параметрів підкопуючих робочих органів

Призначення лемешів картоплезбиральних машин – підкопати бульбоносний пласт, частково або повністю поруйнувати його і передати на подальші робочі органи. Конструкція лемеша повинна забезпечувати мінімальне захоплення ґрунту за відсутності не підкопаних або пошкоджених бульб. Лемеші сучасних картоплезбиральних машин представляють собою двохгранний клин. По характеру руху їх розділяють на дві групи: пасивні і активні. Формою лемеші плоскі, коритоподібні, секційні і дискові. Застосовують і комбіновані лемеші, що складаються пасивних і активних елементів.

На рис. 2.1 показані схеми найпоширеніших типів підкопуючих робочих органів [1, 24, 36, 37].

Пасивні лемеші нерухомо закріплені на рамі і переміщаються разом з нею. Найпростішим по конструкції є пасивний плоский прямий леміш (рис. 2.1, а). Проте на рихлих засмічених рослинними залишками ґрунтах цей леміш швидко забивається: рослини ним не перерізуються, а обволікають лезо, що приводить до скидання ґрунту перед лемешем.

Пасивний плоский леміш із скошеними ріжучими кромками (рис. 2.1,б) не забивається рослинними залишками завдяки тому, що останні ковзають вздовж леза і сходять на сторону. Лемеші такого типу знайшли найбільше розповсюдження. Недоліком плоских лемешів є (особливо при роботі на незв'язних ґрунтах) розвал пласта по сторонах і неминучість захвату зайвого ґрунту для запобігання втрат бульб.

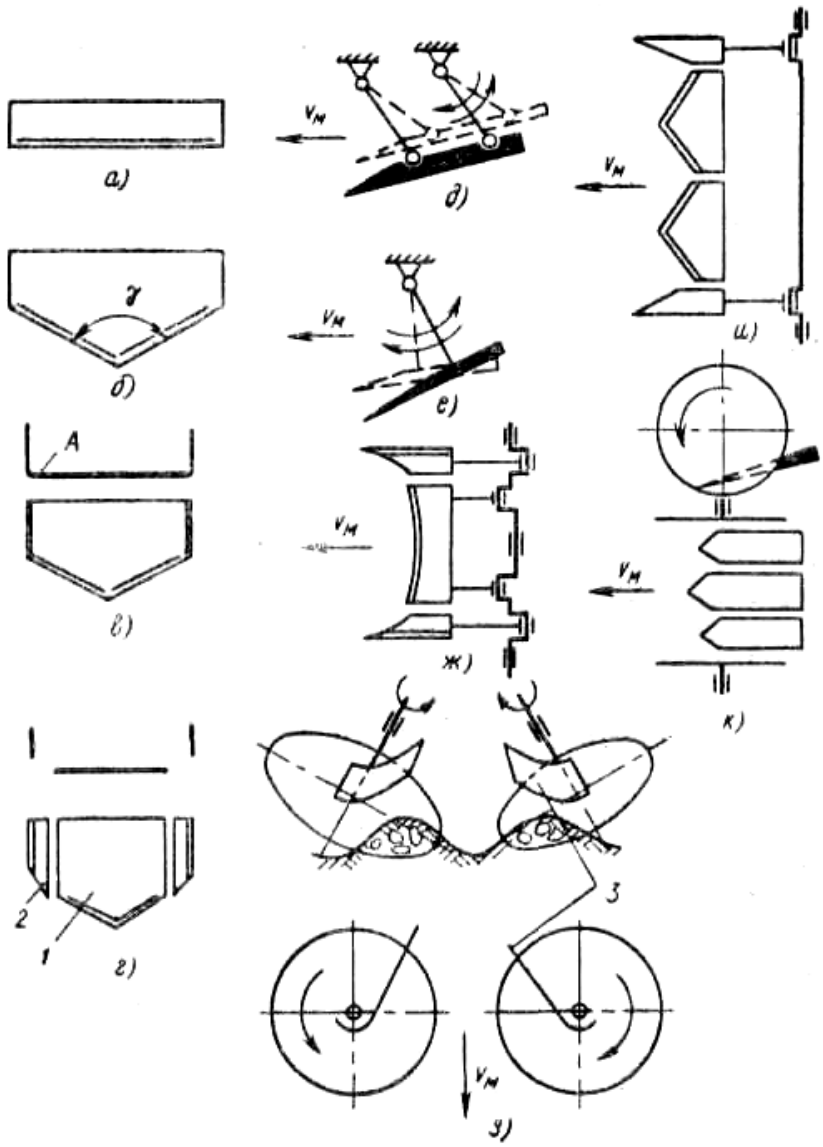


Рисунок 2.1 – Схеми основних типів підкопуючих робочих орган ів картоплезбиральних машин

Коритоподібний леміш (рис. 2.1, в) запобігає розвалу пласта, захоплює менше ґрунту, ніж плоский, проте він схильний до налипання у вигинах (зона А), що приводить до різкого зростання тягового опору і скидання ґрунту.

Секційний леміш (рис. 2.1, г), що складається з підкопуючого лемеша 1 і боковин 2, не схильний до налипання. Підкопуючий леміш може складатися з декількох секцій (рис. 2.1, к). Секційні лемеші мають ще і ту перевагу, що безпосередньо на них вже починається сепарація пласта.

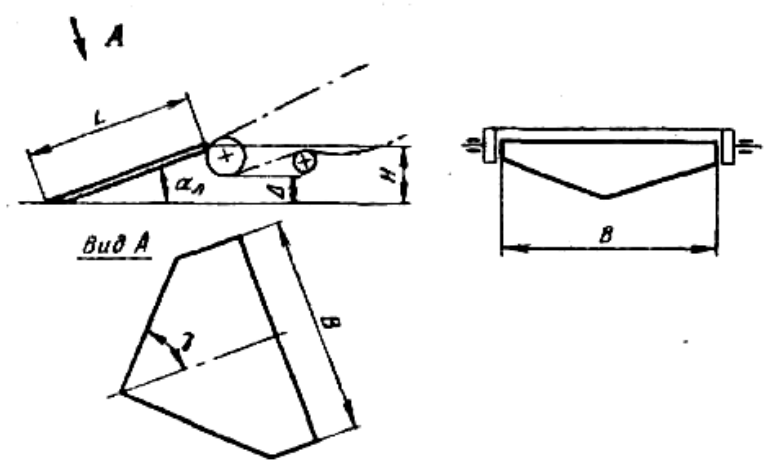


Рисунок 2.2 – Основні параметри плоского пасивного лемеша

Загальними недоліками пасивних лемешів є високий тяговий опір і скидання ґрунту при підвищених швидкостях руху.

Активні лемеші можуть переміщатися (коливатися або обертатися) щодо рами. Траєкторія їх точок складається з переносного руху разом з рамою і руху щодо рами.

Активний леміш, що коливається (рис. 2.1, д), який здійснює плоскопаралельний рух, і маятниковий леміш (рис. 2.1, е) відрізняються примусовим переміщенням пласта, що знаходи ться на їх поверхні, і самоочищенням леза. Завдяки цьому вони у меншій мірі, ніж пасивні лемеші, схильні налипанню, забиванню рослинними залишками. До недоліків цих типів лемешів відноситься динамічна неврівноваженість. Для часткового урівноваження лемешів, що коливаються, виконують активні боковини, що рухаються в протифазі з лемешем (рис. 2.1, ж).

Активний дисковий леміш (рис. 2.1, з) підрізає грядку, переміщає на своїй поверхні пласт, який по нерухомому щитку 3 зісковзує з диска. Перевага дискових лемешів — відсутність неврівноважених сил інерції і можливість звуження потоку підкопаної маси. Дискові лемеші широко застосовують на картоплезбиральних машинах, що випускаються комбінатом «Веймарверк» і призначених для роботи в легких і середніх грунтово -кліматичних умовах.

Найпоширенішими комбінованими лемешами є робочі органи з пасивними лемешами і активними боковинами, які можуть коливатися (рис. 2.1, і) або обертатися (рис. 2.1, к). В обох випадках активні боковини запобігають розвалу підкопаного пласта, усувають забивання лемеша бадиллям і рослинними залишками і знижують тяговий опір.

Для досягнення поставленої мети – проектування простої, достатньо ефективної машини, використовуватимемо пасивні лемеші. Дані дослідження проведемо за двома варіантами, де в нашому копачеві використовуватимемо плоский пасивний леміш та пасивний коритоподібний. Але перед тим розглянемо всі передумови щодо решту основних типів лемешів.

Основними параметрами плоского пасивного лемеша (рис. 2.2) є кут нахилу робочої грані до горизонту $\alpha_л$, довжина *L*, ширина *B*, кут скосу леза γ .

Величина кута $\alpha_л$ і довжина лемеша *L* зв'язані залежністю

$$L = \frac{H}{\sin\alpha_л}, \tag{2.1}$$

де *H* — висота розташування заднього обріза лемеша.

Висоту *H* вибирають таку, щоб забезпечити плавний перехід пласта з лемеша на наступний робочий орган і щоб зазор Δ між нижніми елементами останнього і дном борозни був не менше 40 мм.

Від кута $\alpha_л$ залежить тяговий опір і ступінь дроблення пласта. Із зменшенням $\alpha_л$ зменшується дроблення пласта, що небажано. Дослідженнями і багаторічною практикою встановлено, що якнайкраще значення кута $\alpha_л$ знаходиться в межах 15-20°.

Ширину лемеша визначають з умови забезпечення повного підкопування всіх залягаючих в грядці бульб при мінімальному захопленні ґрунту.

Ширина плоского лемеша (рис. 2.3, а)

$$B = b + 2\delta + 2(h - h_K)ctg\varphi, \tag{2.2}$$

де b — ширина залягання бульб в гнізді; δ — зсув осі ряду щодо осі лемеша, який може мати місце через непрямолінійність ряду і неточності водіння машини; h — глибина підкопування; h_K — глибина залягання крайніх по ширині гнізда бульб; φ — кут природного укосу ґрунту.

При меншій ширині лемеша крайні бульби, захоплювані ґрунтом, що обсипається, можуть бути втрачені.

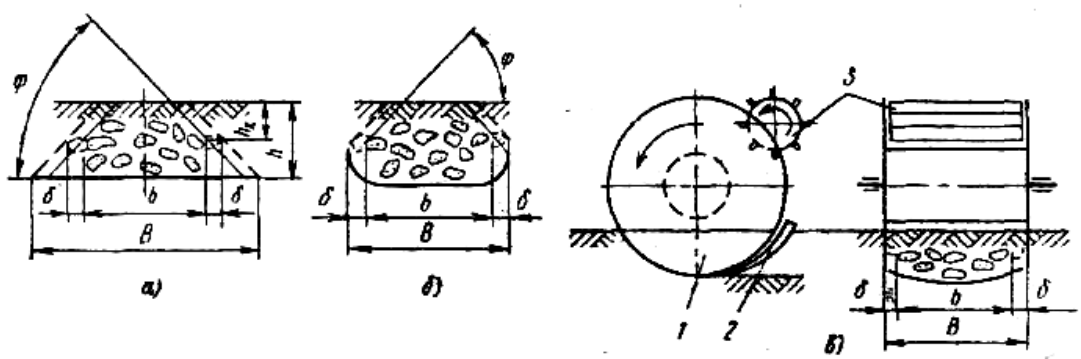


Рисунок 2.3 – Схема для розрахунку ширини лемеша

Для коритоподібного лемеша (рис. 2.3, б) і лемеша, що має боковини, ширина

$$B = b + 2\delta \qquad (2.3)$$

Для безгребеневих (гладких) посадок розроблений спеціальний підкопуючий робочий орган — дисковий грядкопідйомник (рис. 2.3, в), який є комбінованим типом робочого органу: пасивний леміш і активні боковини.

Боковини 1, виконані у вигляді дискових ножів, підрізають грядку з боків і по лемешу 2 примусово піднімають її вгору. Якщо пласт затискається між дисками, то бітер 3 вибиває його і скидає на сепаруючий робочий орган, наступний за грядкопідйомником. Дисковий грядкопідйомник значно знижує тяговий опір, усуває розвал пласта і захоплює мінімальну кількість ґрунту з грядки.

Отже, провівши такий аналіз основних параметрів вказаних типів підкопуючих робочих органів, приходимо до висновку, що на нашій машині найдоцільніше використовувати пасивні плоский леміш та коритоподібний.

Проведемо розрахунок їх основних параметрів.

Основними параметрами плоского пасивного лемеша (рис. 2.2) є кут нахилу робочої грані до горизонту $\alpha_л$, довжина *L*, ширина *B*, кут скосу леза γ .

Ширина лемеша (рис. 2.3, а) за формулою (2.2)

$$B = 220 + 2 \cdot 40 + 2(150 - 80)0.5 = 370 \text{ мм},$$

де *b* — ширина залягання бульб в гнізді, *b=220* мм; δ — зсув осі ряду щодо осі лемеша, $\delta = 40$ мм; *h* — глибина підкопування, *h=150 мм*; h_K — глибина залягання крайніх по ширині гнізда бульб, h_K=80 мм; $ctg\varphi = 0.5$ — через кут природного укосу ґрунту.

Середній кут входження лемеша в ґрунт приймемо згідно наведених рекомендацій цього пункту, $\alpha_л = 15^0$ [36].

Величина кута $\alpha_л$ і довжина лемеша *L* зв'язані залежністю (2.1)

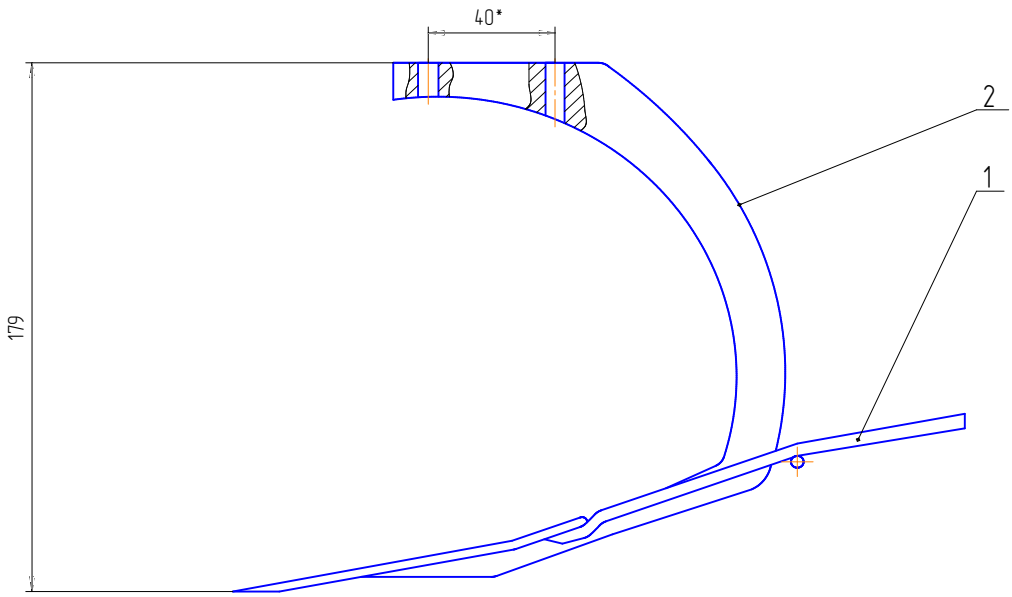
$$L = \frac{H}{\sin\alpha_л} = \frac{120}{\sin 15^0} = 478 \text{ мм}.$$

де *H* — висота розташування заднього обріза лемеша, *H=120 мм*.

Висоту *H* вибираємо таку, щоб забезпечити плавний перехід пласта з лемеша на наступний робочий орган і щоб зазор Δ між нижніми елементами останнього і дном борозни був не менше 40 мм.

Від кута $\alpha_л$ залежить тяговий опір і ступінь дроблення пласта. Із зменшенням $\alpha_л$ зменшується дроблення пласта, що небажано. Дослідженнями і багаторічною практикою встановлено, що якнайкраще значення кута $\alpha_л$ знаходиться в межах 15-20°. Крім того, згідно рекомендацій [36, 37] форму такого лемеша можна виконати ламаною, що дозволить краще крошити пласт

ґрунту. Параметри такого лемеша запишемо за аналогічними формулами згідно до рис. 2.4.



1 – леміш; 2 – стійка

Рисунок 2.4 – Модифікований плоский леміш

Для цього випадку матимемо, по ділянках:

$\alpha_1 = 11^0,\ L_1 = 180$ мм; $\alpha_2 = 20^0\ \ L_2 = 200$ мм; $\alpha_3 = 10^0\ \ L_1 = 100$ мм.

Для коритоподібного лемеша (рис. 2.3, б) за формулою (2.3)

$$B = 220 + 2 \cdot 40 = 300 \text{ мм}.$$

Отже, таким чином було намічено основні конструктивні розміри пропонованих лемешів нашого картоплекопача.

2.2 Визначення тягового опору лемеша картоплекопача

При переміщенні клиноподібного робочого органу з боку ґрунту на нього діють нормальна сила N і сила тертя F (рис. 2. 5, а).

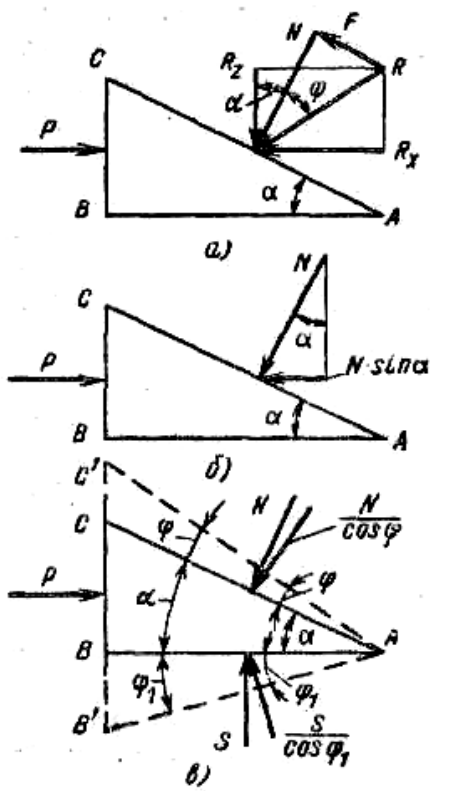


Рисунок 2.5 – Сили, що діють при переміщенні в ґрунті двогранного клину

На першій і спочатку другої стадії технологічного процесу сила N визначається тільки опором ґрунту зминанню, вага пласта, що піднімається, не має великого значення, оскільки пласт до сколю вання і зсуву спирається на попереду лежачий ґрунт. Опір ґрунту зминанню залежить від коефіцієнта об'ємного зминання і деформації. На третій стадії технологічного процесу нормальна сила N визначається вагою сколеного об'єму ґрунту.

Сила тертя діє в площині робочої поверхні клину і направлена у бік, зворотний руху клину.

Рівнодіюча сил N і P відхиляється від нормалі до робочої поверхні на кут тертя φ і рівна

$$R = N / \cos\varphi = \sqrt{N^2 + (fN)^2} = N\sqrt{1 + tg^2\varphi}\,, \qquad (2.4)$$

де $f = tg\varphi$ – коефіцієнт тертя.

Розкладемо силу R на складові R_X і R_Z (Rx визначає опір клину переміщенню, а R_Z – заглиблюючу здатність клину і стійкість його ходу по глибині). Сила R_Z врівноважується вертикальною складовою сили тяги і реакції опори. З рис. 2.5, а неважко бачити, що при збільшенні кута α (кута кришіння клину) горизонтальна складова зростає, а вертикальна зменшується, отже, погіршуються умови заглиблюваності клину.

Силу P, необхідну для переміщення клину ABC (рис. 2.5, б), без урахування тертя визначають як проекцію нормальної сили N на напрям руху:

$$P = N \sin\alpha.$$

З урахуванням сил тертя (рис. 2.5, *а)*

$$P = R\cos\left[90^0 - (\alpha + \varphi)\right] = R\sin(\alpha + \varphi) = R\sin\alpha'. \qquad (2.5)$$

Отже, для визначення рушійної сили P з урахуванням сили тертя F на робочій поверхні AC достатньо кут загострення клину збільшити на кут тертя, тобто $\alpha' = \alpha + \varphi$ і до нової фіктивної поверхні AC_1 прикласти нормальну силу $R = N/\cos\varphi$ (рис. 2.5, в). Якщо тертя розвивається і на опорній поверхні AB

клину, то кут загострення а слід збільшити на кут тертя φ_1 знизу, тобто для визначення сили Р треба розглядати клин АВ'С' *з* кутом загострення $\alpha''=\alpha+\varphi++\varphi_1$, на який діють сили

$$R = N/\cos\varphi \text{ і } S' = S\cos\varphi_1,$$

де S – опорна реакція на грані АВ. З умови рівноваги сил *P, R і S*, спроектувавши їх на горизонтальну і вертикальну осі, одержимо

$$P = (N/\cos\varphi)\sin(\alpha+\varphi)+(S/\cos\varphi_1)\sin\varphi_1; \quad (2.6)$$

$$(N/\cos\varphi)\cos(\alpha+\varphi)=S. \quad (2.7)$$

Підставляючи значення S з рівняння (2. 7) в рівняння (2.6), одержимо

$$P=\frac{N}{\cos\varphi}\left[\sin(\alpha+\varphi)+\frac{\cos(\alpha+\varphi)}{\cos\varphi_1}\sin\varphi_1\right]=\frac{N}{\cos\varphi}\frac{\sin(\alpha+\varphi+\varphi_1)}{\cos\varphi_1}. \quad (2.8)$$

При рівних кутах тертя φ та φ_1

$$P = N\sin(\alpha+2\varphi)/\cos^2\varphi. \quad (2.9)$$

Отже, в кінцевому варіанті ми отримали формулу для визначення тягового опору нашого лемеша картоплекопача із припущенням, що дійсно кути тертя обидвох площинах є однаковими.

Для визначення нормальної сили на площину лемеша припустимо, що на ньому поміщено тільки ґрунтовий пласт, так як він є важчим від картопле - ґрунтового шару.

За відомими величинами виведемо формулу для площі нашого лемеша, рис. 2.6.

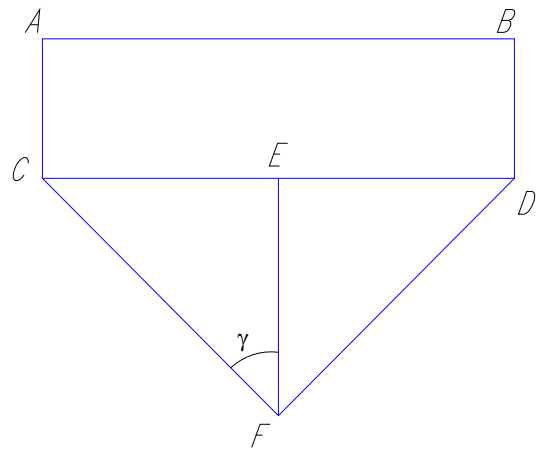


Рисунок 2.6 – Схема лемеша

В загальному вигляді

$$S_л = S_{\Delta CDF} + S_{ABDC},$$

або в розгорнутому вигляді через відомі параметри B і L

$$S_л = 2\left(\frac{1}{2}\frac{B}{2}\frac{B}{2}tg(90^0 - \gamma)\right) + \left(B(L - \frac{B}{2}tg(90^0 - \gamma))\right) = \\ = \frac{B^2}{4}tg45^0 + B \cdot L - \frac{B^2}{2}tg45^0 = B \cdot L - \frac{B^2}{4}tg45^0. \quad (2.10)$$

Враховуючи, що $tg45^0 = 1$, то

$$S_л = B \cdot L - \frac{B^2}{4},$$

тоді $S_л = 0{,}37 \cdot 0{,}478 - \frac{0{,}37^2}{4} = 0{,}143$ м^2.

Тоді нормальна сила буде рівною

$$N = k \cdot S_л \cdot h_{пл} \cdot \rho_{пл},$$

де k – коефіцієнт, що враховує збільшення реакції ґрунту через розрив коріння рослин, k=1,3;

$h_{пл}$ – максимальна глибина підкопування, $h_{пл}$=0,18 м;

$\rho_{пл}$ – щільність ґрунтового пласта [37], $\rho_{пл}$=11000 Н/м^3.

Тоді

$$N = 1{,}3 \cdot 0{,}143 \cdot 0{,}18 \cdot 11 \cdot 10^3 = 368 \text{ Н},$$

Тоді тяговий опір лемеша становитиме

$$P = 368 \cdot \sin(15^0 + 2 \cdot 30^0) / \cos^2 30^0 = 474 \text{ Н}.$$

Отже, ми змоделювали взаємодію нашого робочого органа із середовищем, де було визначено його робочий опір. Даний параметр ляже в основу розрахунку на міцність елементів лемеша.

2.3 Міцнісні розрахунки елементів лемеша

2.3.1 Розрахунок на міцність стійки лемеша

Стійка лемеша представляє собою кривий брус, який одним кінцем приєднаний до лемеша, іншим – до рами картоплекопача. Навантажена ця стійка горизонтальною силою P, яка є опором лемеша протягуванню. Величина цієї сили є визначеною в попередньому пункті. В даному розрахункові величину цієї сили збільшимо вдвічі, враховуючи динаміку руху агрегату та неоднорідність плодоносного горизонту.

Отже, активна сила опору лемеша становитиме приблизно $P_a = 1000$ Н.

Розрахункову схему стійки лемеша представимо на рис. 2.1 1

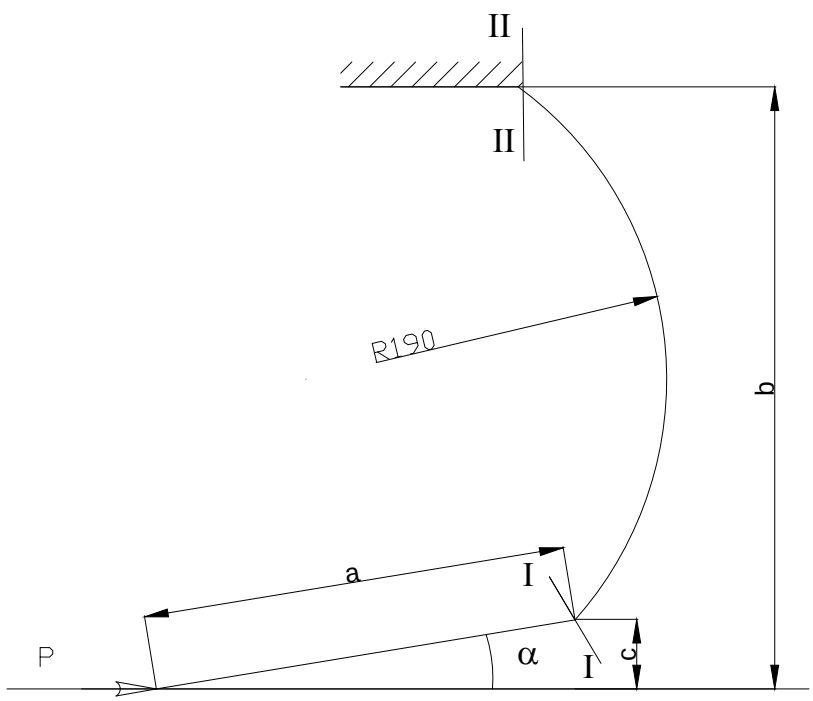


Рисунок 2.7 – Розрахункова схема стійки лемеша

При розрахункові на міцність нас цікавитимуть два перетини – це перетин I-I і II-II, оскільки за їх перетинами можна судити про міцність такої

стійки. Стійка в нас буде змінної жорсткості та овального поперечного перетину.

В перетині I-I виникатимуть від дії сили P такі сило ві фактори:

$$N_I = P\cos\alpha;$$

$$Q_I = P\sin\alpha; \qquad (2.11)$$

$$M_I = Pc,$$

де $P = P_a = 1000$ Н;

$\alpha = 15^0$;

c – плече дії сили P в перетині I-I, $c=65$ мм.

Тоді відповідно в цьому перетині матимемо:

$$N_I = 1000 \cdot \cos 15^0 = 966 \ \ H;$$

$$Q_I = 1000 \cdot \sin 15^0 = 259 \ \ H;$$

$$M_I = Pc = 1000 \cdot 0.065 = 65 \ \ Нм.$$

Методом послідовного підбору вибер емо оптимальний поперечний перетин овальної балки. Для цього скористаємося формулою [38, 42]

$$\sigma_I = \frac{N_I}{F_I} + \frac{M_I}{W_{OI}}, \qquad (2.12)$$

F_I, W_{OI} – відповідно площа та осьовий момент опору перетину стійки.

Згідно до рис. 2.8 матимемо:

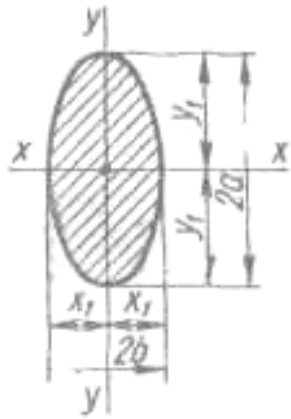


Рисунок 2.8 – Форма перетину стійки лемеша

$$F_I = \pi a' b', \tag{2.13}$$

тоді $F_I = 3{,}14 \cdot 0{,}015 \cdot 0{,}008 = 376{,}8 \cdot 10^{-6}$ $м^2$.

$$W_{OI} = W_x = \frac{\pi a^2 b}{4}, \tag{2.28}$$

тоді

$$W_{OI} = \frac{3{,}14 \cdot 0{,}015^2 \cdot 0{,}008}{4} = 1{,}413 \cdot 10^{-6} \ \ м^3.$$

Тоді напруження в цьому перетині буде становити

$$\sigma_I = \frac{966}{376.8 \cdot 10^{-6}} + \frac{65}{1.413 \cdot 10^{-6}} = 48.6 \cdot 10^6 \text{ Па} < [\sigma] = 160 \cdot 10^6 \text{ Па}.$$

Отже, для даного перетину можна рекомендувати еліптичний перетин, який має довжину великої осі 30 мм, малої – 16 мм. Крім того зауважимо, що напруження від виникаючої перерізаючої сили є менше 1 МПа і ним ми нехтуємо.

Аналогічні дослідження проводимо із перетином II-II. Тут маємо

$$N_I = 1000 \cdot \cos 0^0 = 1000 \quad H;$$

$$Q_I = 1000 \cdot \sin 0^0 = 0;$$

$$M_I = Pb = 1000 \cdot 0.345 = 345 \quad Нм,$$

де b – плече дії сили P, $b=0,345$ *м.*

Геометрична характеристика перетину:

$$F_{II} = 3.14 \cdot 0.025 \cdot 0.011 = 863.5 \cdot 10^{-6} \quad м^2;$$

$$W_{OI} = W_x = \frac{3.14 \cdot 0.025^2 \cdot 0.011}{4} = 5.4 \cdot 10^{-6} \quad м^3.$$

Напруження в перетині

$$\sigma_{II} = \frac{1000}{863.5 \cdot 10^{-6}} + \frac{345}{5.4 \cdot 10^{-6}} = 65.1 \cdot 10^6 \text{ Па} < [\sigma] = 160 \cdot 10^6 \text{ Па}.$$

Отже, для даного перетину також можна рекомендувати еліптичний перетин, який має довжину великої осі 50 мм, малої – 22 мм. Лекальний перехід від більшого перетину до меншого і дасть балку однакового опору.

2.3.2 Розрахунок на міцність болтового з’єднання стійки лемеша з рамою

Викреслюємо розрахункову схему нашого з’єднання, рис. 2.17, а.

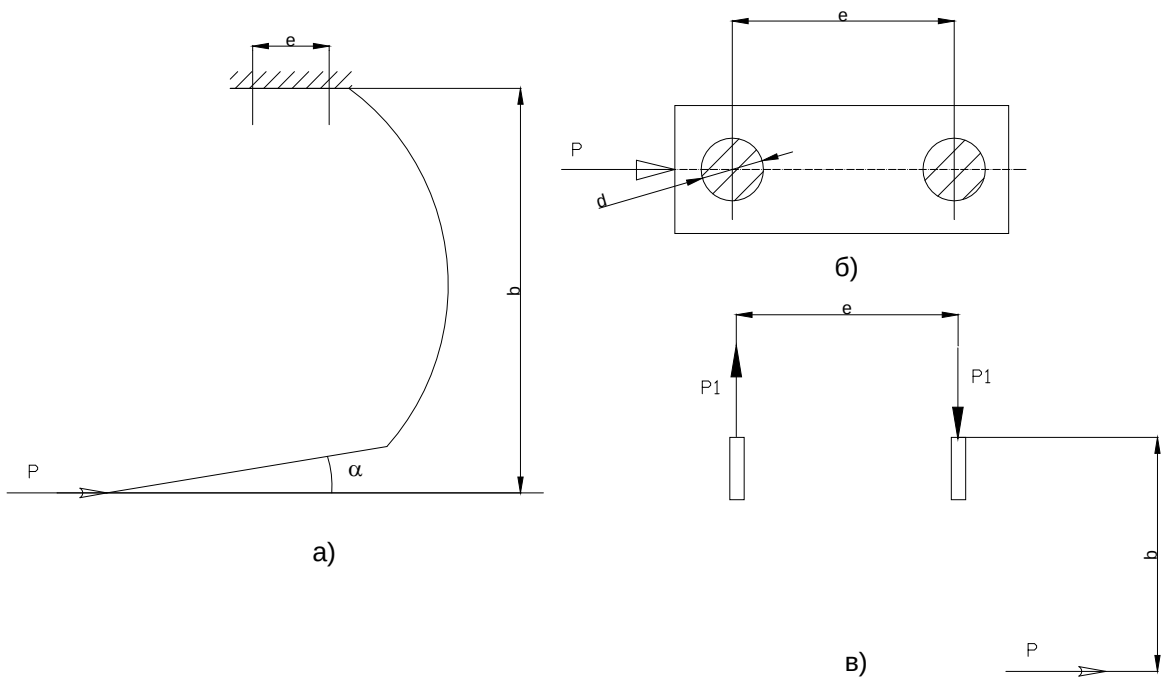


Рисунок 2.9 – Схеми навантаження болтового з’єднання

Для розрахунку такого з’єднання необхідно використати принцип незалежності дії сил [31, 40]. В першому випадку на болтове з’єднання (рис. 2.9, б) буде діяти тільки сила Р, яка зрізатиме болти (М12) в площині стику між рамою машини та стійкою.

В цьому випадку умову міцності можна записати в такому вигляді [2-10], вважаючи, що болти в однаковій мірі є навантаженими

$$\tau_{зр} = \frac{P}{F_Б} < \lfloor \tau_{зр} \rfloor, \qquad (2.15)$$

де $F_Б$ – площа поперечного перетину болтів,

$$F_Б = 2\frac{\pi d^2}{4} = 2\frac{3.14 \cdot 0.012^2}{4} = 226.1 \cdot 10^{-6}\ м^2.$$

Тоді

$$\tau_{зр} = \frac{1000}{226{,}1 \cdot 10^{-6}} = 4{,}4 \cdot 10^6\ \text{Па} << [\tau_{зр}],$$

Замінюючи момент від сили Р еквівалентним, що чисто сприймається тільки стержнями болтів, із статичної рівноваги матимемо

$$Pb = 2P_1 e, \tag{2.16}$$

де e – відстань між двома болтами, e = 80 мм.

Тобто з даного рівняння ми можемо знайти силу P_1, яка буде розривати-стискати болти

$$P_1 = \frac{Pb}{2e},$$

$$P_1 = \frac{1000 \cdot 0{,}345}{2 \cdot 0{,}08} = 2156{,}3\ \text{Н}.$$

З умови міцності на розтяг маємо

$$\sigma_p = \frac{P_1}{F_б} < [\sigma], \tag{2.17}$$

$$\sigma_p = \frac{2156{,}3}{113 \cdot 10^{-6}} = 19{,}1 \cdot 10^6\ \text{Па} < [\sigma] = 160 \cdot 10^6\ \text{Па}$$

Тут також запас міцності є достатнім для болтів М12 щоб забезпечити надійне приєднання стійки лемеша картоплекопача до рами машини.

3 ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ОБ'ЄКТУ РОЗРОБКИ

3.1 Визначення споживаної потужності картоплекопача

Визначення потужності агрегатування і приводу картоплекопача є необхідним для того щоб можна було вибрати енергозасіб, який би був здатним до ефективної роботи в такому складі [28, 34].

Перейдемо до визначення потужності.

В загальному вигляді затрачена потужність має вигляд

$$W = W_1 + W_2 + W_3, \tag{3.1}$$

де W_1 – потужність, що затрачається на подолання опору лемешем картоплекопача

$$W_1 = P_a v_{агр}, \tag{3.2}$$

$v_{агр}$ – швидкість руху машини, $v_{агр} = 0{,}7$ м/с;

$$W_1 = 1000 \cdot 0{,}7 = 700 \text{ Вт};$$

W_2 – потужність , що затрачається прив од барабана картоплекопача

$$W_2 = T_Б \cdot \omega_2, \tag{3.3}$$

$$W_2 = 103 \cdot 6 = 618 \text{ Вт};$$

W_3 – потужність, що затрачається перекочування картоплекопача

$$W_3 = G_м f v_{агр}, \quad (3.4)$$

$$W_3 = 650 \cdot 0{,}2 \cdot 0{,}7 = 91 \text{ Вт},$$

де $G_м$ – вага машини, що припадає на колеса, $G_м = 650$ Н;

f – коефіцієнт перекочування, $f=0{,}2$.

Загальна потужність, що споживається картоплекопачем

$$W = 700 + 618 + 91 = 1409 \text{ Вт}.$$

Отже, ми прорахували фактично максимальну потужність, яку може споживати наш картоплекопач. Як видно із значення цієї потужності (1409 Вт), що величина її є порівняно невеликою. Це означає, що є виконаною поставлена задача – проектування максимально ефективної машини при мінімальних затратах енергії на її привід.

З іншого боку, це означає, що нашу машину можна рекомендувати до складу агрегату із малопотужним енергозасобами. Такими енергозасобами можуть слугувати різні мотоблоки та міні тракто ри.

Продуктивність нашого копача складатиме

$$Q_k = B_k S_м \cdot 10^{-4}, \quad (3.5)$$

де B_k – ширина захвату копача (при міжряддях 60 см), B_k =0,6 м;

$S_м$ – пройдений шлях копачем за годину роботи, $S_м$ =2520 м.

$$Q_k = 0{,}6 \cdot 2520 \cdot 10^{-4} = 0{,}15 \text{ га/год},$$

Звідси видно, що для нашого класу копача це є достатня продуктивність, що ще раз підтверджує його ефективність.

3.2 Дослідження поведінки картоплини на пальцях барабана

Розглянемо поведінку картоплини з ґрунтом у поперечно-вертикальній площині барабана [27], рис. 3.1.

З умови рівноваги в прямокутній системі координат маємо

$$\sum X : F_m - P_в \cos 11^0 = 0, \tag{3.6}$$

де F_m - сила тертя між картоплиною з ґрунтом та пальцем бар абана,

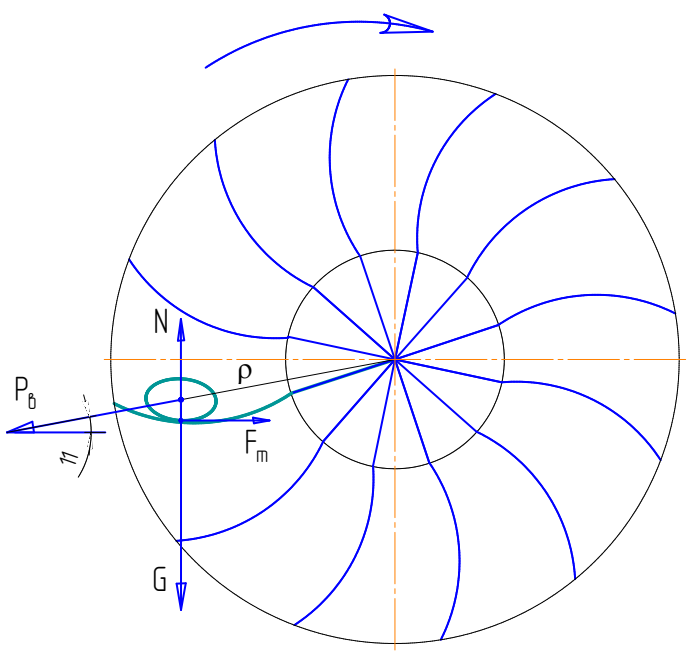


Рисунок 3.1 – Розрахункова схема для визначення поведінки картоплі на пальцях барабана

$$F_m = fN, \tag{3.7}$$

де f – коефіцієнт тертя між картоплиною з ґрунтом та пальцем барабана, $f = 0.6$;

N – нормальна реакція зі сторони пальця барабана від ваги картоплини з ґрунтом G та діючих сил;

$P_в$ – відцентрова сила, що діє на картоплину з ґрунтом при обертанні барабана .

Для даного положення картоплини на пальці барабана нормальна реакція визначатиметься з рівняння рівноваги на вертикальну вісь [12-16]. Тут маємо

$$\sum Y: \; N - P_в \sin 11^0 - G = 0, \tag{3.8}$$

де G – сила ваги картоплини з ґрунтом

$$G = mg,$$

тут m – маса картоплини з ґрунтом, $m = 0{,}13$ кг;

g – прискорення вільного падіння, $g = 9{,}81$ м/с^2.

$$G = 0{,}13 \cdot 9{,}81 = 1{,}28 \text{ Н},$$

Відцентрова сила, що діє на картоплину з ґрунтом при обертанні барабана визначається за виразом

$$P_в = m \cdot \omega^2 \cdot \rho, \tag{3.9}$$

де ω – кутова швидкість сепарувально-транспортуючого барабана, $\omega = 6$ с$^{-1}$;

ρ – біжучий радіус положення центра ваги картоплини з ґрунтом, для розглядуваного випадку $\rho = 0{,}21$ м.

Тоді

$$P_в = 0{,}13 \cdot 6^2 \cdot 0{,}21 = 0{,}983 \text{ Н}.$$

З рівняння (3.8) визначимо N

$$N = P_в \sin 11^0 + G,$$

$$N = 0{,}983 \cdot \sin 11^0 + 1{,}8 = 1{,}47 \text{ Н}.$$

Тоді сила тертя буде становити

$$F_m = 0{,}6 \cdot 1{,}47 = 0{,}882 \text{ Н}.$$

Підставимо всі необхідні значення в (3. 6) та перевіримо чи виконується умова рівноваги

$$0{,}882 - 0{,}983 \cos 11^0 = 0{,}08 \neq 0,$$

отже, умова рівноваги не виконується.

Аналізуючи значення складових видно, що сила тертя є меншою від складової відцентрової сили, а це означає, що частинка рухається до краю пальця барабана.

Розглянемо граничний випадок, коли частинка буде знаходитися на краю вигину пальця барабана, рис. 3. 2.

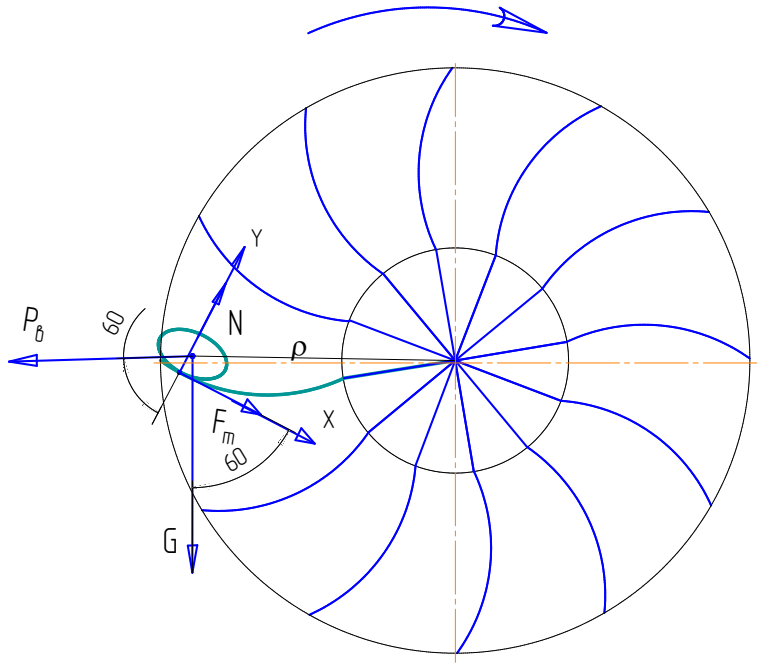


Рисунок 3.2 – Розрахункова схема для визначення поведінки картоплі на пальцях барабана (граничний випадок)

З умови рівноваги в прямокутній системі координат маємо

$$\sum X : F_m - P_в \cos 30^0 + G \cos 60^0 = 0. \qquad (3.10)$$

Для даного положення картоплини на пальці барабана нормальна реакція визначатиметься з рівняння рівноваги на вісь Y. Тут маємо

$$\sum Y : \; N - P_в \cos 60^0 - G \sin 60^0 = 0. \qquad (3.11)$$

Визначаємо нормальну реакцію

$$N = P_в \cos 60^0 + G \sin 60^0,$$

$$N = 1{,}17 \cdot \cos 60^0 + 1{,}28 \cdot \sin 60^0 = 1{,}6 \;\; \text{Н},$$

де $P_в$ – відцентрова сила, що діє на картоплину з ґрунтом при о бертанні барабана визначається за виразом

$$P_в = m \cdot \omega^2 \cdot \rho \ ,$$

ρ – біжучий радіус положення центра ваги картоплини з ґрунтом, для розглядуваного випадку $\rho = 0.25$ м,

$$P_в = 0{,}13 \cdot 6^2 \cdot 0{,}25 = 1{,}17 \text{ Н},$$

Тоді сила тертя буде становити

$$F_m = 0{,}6 \cdot 1{,}69 = 1{,}02 \text{ Н}.$$

Підставимо всі необхідні значення в (3. 10) та перевіримо чи виконується умова рівноваги

$$1.02 - 1.17 \cos 30^0 + 1.28 \cos 60^0 = 1.02 - 1.02 - 0.64 = -0.64 \neq 0 .$$

Умова рівноваги тут також не виконується, але аналізуючи складові даного виразу тут спостерігається зупинка картоплини до розглядуваної точки, оскільки сила тертя є більшою від сили, яка рухає картоплину. З подальшим кутом повороту барабана відбуватиметься зворотній рух картоплини – до центра барабана.

3.3 Дослідження ударної взаємодії картоплини з робочим органом картоплекопача

Як наведено в роботі [25] середньорічний обсяг виробництва картоплі в Україні становить близько 19 млн. т, з них 5 млн. т споживає населення, 4 млн. т використовують на насіння, 4-5 млн. т згодовують худобі, решту — пропадає від недбалого зберігання. Річний обсяг ринку становить 2 млн. т, решту спожитої картоплі (3 млн. т) населення вирощує у своїх підсобних господарствах і самостійно споживає.

Середня врожайність картоплі в Україні (включаючи невеликі фермерські та підсобні господарства населення) становить 13 т/га. Середня врожайність у сільгосппідприємствах — 22-27 т/га. Для порівняння: середня врожайність у країнах, що є лідерами галузі (Голландія, Німеччина, Бельгія) — 35-40 т/га.

Звідси видно, що приблизно 5-6 млн. т картоплі, а це більше, ніж 25%, пропадає внаслідок зберігання.

Крім технологічної операції вивчення будь-якої культури дуже важливим аспектом є можливість її зберігання. Це стосується також і картоплі. Плоди картоплі мають досить високу механічну міцність, але це не означає що вони не пошкоджуються. Можливість зберігання таку воду визначається дуже багатьма факторами, серед яких можна виділити ти сорт картоплі, погодньо-кліматичні умови, які спричиняють різні захворювання, вплив препаратів, які застосовуються при хімічному захисті, різна механічна дія на плід, включаючи робочі органи картоплі збиральної машини. Надалі вважаємо, що технологія вирощування була дотримана, картопля є умовно "здоровою". Розглядаємо тільки механічний вплив на картоплини робочих органів та можливість її падіння на будь-який об'єкт певної висоти, де вона може зазнати підвищених механічних навантажень і як наслідок руйнування її структури. Саме картоплі є таким плодом, в якому не завжди візуально можна розгледіти її механічне руйнування. Будь-якого робочого органу може спричинити деформацію плоду, де в місці контакту будуть перевищенні напруження що спричинить її

пошкодження. Але після нетривалого зберігання місця співу та рівняння покривається плямами і почнеться процес псування картоплі, що є дуже небажаним. Наша задача полягає в тому щоби визначити максимальний допустимий вплив робочого органу на плід картоплі. Це дозволить убезпечити негативний вплив, який може виникати при технологічному процесі збирання картоплі розробленим картоплекопачем.

Якщо отримати такі дані, як результат досліджень, по швидкісній взаємодії робочого органу з картоплею, то на основі такого дослідження можна обґрунтувати кінематичний режим роботи розглядуваного робочого органу роторного сепарuючого барабана [19-21].

Щоб якісно провести таке дослідження нам необхідно скористатися даними які є наведені в літературних джерелах щодо допустимих напружень, які можуть виникати в плоді картоплі. Цей буде вихідним критерієм до розглядуваної задачі.

Тут варто було ще згадати, що механічні пошкодження плодів картоплі можуть бути у вигляді порізів, розривів, зминань і інших пошкоджень, але вони візуально визначаються. Такі пошкодження можуть виникати внаслідок неправильного регулювання робочих органів, зокрема глибини підхоплення бульб, ширини викопування, заклинювання бульб між окремими робочими органами і т.д. Знову ж таки, ми вважаємо, що таких ушкоджень в нашому картоплекопачі не виникає будемо розглядати тільки ударну взаємодію картоплі з робочим органом чи іншим елементом картоплекопача.

Розглянемо схему взаємодії пальця роторного очисника з картоплиною, рис. 3.1.

Побудуємо задачу. Вважаємо що картоплина, попадаючи на робочий орган сепарувального барабана, спів ударяється з його окремим пальцем. Тут удар розглядаємо як центральний - ще більш критичний випадок такої взаємодії. Робочий орган обертається з постійною кутовою швидкістю незалежно від наявності чи відсутності картоплин на ньому. А тому можна вважати що картоплина співудаляється з нерухомою абсолютно жорсткою

поверхнею з коловою швидкістю обертання барабана в точці їх співударяння.

За визначенням будемо вважати, що такий удар є пружним, для якого вибираємо коефіцієнт відновлення за довідковими таблицями [23, 30]. Предметом нашого дослідження буде картопля сорту «Невська», для якої значення такого коефіцієнту буде становити $k = 0.55$ при середньостатистичний масі однієї картоплини $m_1 = 0.083$ кг.

Визначаємо швидкість відбивання картоплини при її співударянні з пальцем сепаруючого барабана. Щоб знайти цей параметр R можна скористатися теоремою про зміну кількості руху. Для картоплини як матеріальної точки математичний вираз цієї теореми в інтегральній формі матиме наступний вигляд

$$m\overline{v_2} - m\overline{v_1} = \sum_{k=1}^{n} \overline{S}(F_k), \tag{3.12}$$

Тут в правій частині маємо суму імпульсів від ударних сил

Якщо конкретизувати нашу задачу, то єдиною ударною силою тут буде ударна взаємодія пальця роторного очисника. Такий імпульс сили S від ударної взаємодії пальця і картоплини буде направлений перпендикулярно.

Це означає що вся сила передається об'єкту взаємодії, тобто вираз суми імпульсів сил можна переписати у наступному вигляді

$$m_1\overline{u_1} - m_1\overline{v_1} = \overline{S}, \tag{3.13}$$

де v_1 – Швидкість, яку картоплина розвивала до удару;

u_1 – Набута швидкість картоплини після удару;

Для зручності опису задачі розмістимо вісь x за напрямком, який визначений початковою швидкістю v_1, тоді на цю вісь спроектуємо діючі сил за (3.13)

$$m_1 u_{1x} - m_1 v_{1x} = -S\,. \qquad (3.14)$$

Така ударна взаємодія буде проходити на двох етапах. Спочатку картопля при ударі деформується - це перший етап (I), а на другому етапі (II) проходить її часткове чи повне відновлення

Тут є цікавий нюанс, бо, якщо послідовно розглядати ці два етапи, то картоплина при завершенні першого етапу та на початку другого, її центр мас, матиме нульову швидкість $\bar{u} = 0$, яку вона може розвинути, якщо удар буде абсолютно непружний.

Розпишемо рівняння (3.100) відповідно до розглядуваних етапів:

на першому

$$m_1 u_x - m_1 v_{1x} = -S_I\,, \qquad (3.15)$$

на другому

$$m_1 u_{1x} - m_1 u_x = -S_{II}\,. \qquad (3.16)$$

За визначенням, коефіцієнт відновлення – це частка $S_{II} / S_I = k$ та при $u_x = 0$, тоді поділимо (3.16) на (3.15) і в результаті одержимо

$$u_{1x} = -k v_{1x} \qquad (3.17)$$

або якщо скористатися модулями швидкості для центра мас картоплини відповідно до удару та після його здійснення

$$u_1 = k v_1\,. \qquad (3.18)$$

Таким чином, розв'язок такої теоретичної задачі дозволяє знайти

швидкість картоплини, яку вона отримає після зіткнення з пальцем роторного барабана, але про фізичну суть, тобто деформації, які вона зазнає після такого співударяння тут не йдеться. Даний розв'язок дає відповідь тільки на половину питання.

Для отримання остаточної відповіді щодо взаємодії картоплини з робочим органом, потрібно накласти додаткові умови, наприклад допустимої деформації картоплини, та обмежити швидкість такої взаємодії

Відповідь будемо шукати, скориставшись законом збереження енергії механічні системі. Розглянемо наступне. Вважаємо, що картоплина до удару розвинула кінетичну енергію T_1 , яка за законом збереження енергії буде сумою потенціальної енергії P її деформації, а також кінетичної енергії T_2, яка виникає при відбиванні картоплини.

Запишемо це таким чином

$$T_1 = P + T_2 . \tag{3.19}$$

Тоді потенціальна енергія буде визначатись через кінетичну

$$P = \frac{m_1 v_1^2}{2} - \frac{m_1 u_1^2}{2} . \tag{3.20}$$

Якщо потенціальну енергію віднести до одиницю об'єму, то можна розглядати питоме значення потенціальної енергії деформації P'. Такий підхід дещо спрощує задачу.

Тоді для картоплини матиме наступний ви гляд питомої потенціальної енергії деформації

$$P' = \frac{\sigma^2}{2E}, \tag{3.21}$$

тут σ – внутрішнє напруження в м’якоті картоплин; E – модуль пружності сорту картоплі «Невська», $E = 45$ МПа. [30].

Тоді можна визначити фактичний значення напруження, яке виникає в м'якоті картоплини та за умовою міцності вставляємо з допустимим

$$\sigma = \sqrt{2EP'} \le [\sigma], \tag{3.22}$$

тут $[\sigma]$ – допустиме напруження в картоплі.

Таким чином є повністю описаною задача. А тепер у зворотному порядку знайдемо допустиму швидкість обертання робочого органу з самою картоплею.

Результаті розрахунку отримано наступне. Допустиме напруження деформації картоплі складає 2 МПа; модуль пружності 45 МПа. Тоді при частоті обертання роторного барабана 300 об/хв лінійна швидкість його пальця складає 9,4 м/с при взаємодії з картоплею це викликатиме напруження в картоплі 1,7 МПа, що менше допустимого – 2 МПа.

Звідси висновок, що робочий орган при взаємодії з картоплею чинить на неї тиск, який викликає напруження менше допустимого. Це означає, що частота обертання ротора в межах 300 об/хв є допустимою .

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Розробка інструкції з охорони праці під час виконання ру чних робіт у рослинництві

Розробка інструкції з охорони праці під час виконання ручних робіт у рослинництві є актуальною і доцільною для теми роботи, оскільки при роботі розробленого картоплекопача необхідно виконувати якраз ручне підбирання картоплі [11, 35, 39, 43].

1. Загальні положення

1.1. В інструкції викладені вимоги безпеки під час виконання ручних робіт у рослинництві під час копання, при сівбі та садінні, при догляді за рослинами, при збиранні овочевих і баштанних культур (помідори, огірки, перець, капуста, кавуни, дині, кабачки тощо), під час збирання моркви, столових буряків, цибулі, часнику, під час збирання цукрових і кормових буряків, під час збирання картоплі.

1.2. До виконання ручних робіт у рослинництві допускаються особи, які пройшли вступний інструктаж та первинний інструктаж на робочому місці.

1.3. Виконуйте тільки ту роботу, яка доручена відповідним нарядом (крім екстремальних та аварійних ситуацій), не допускайте на робоче місце сторонніх осіб і не передоручайте свою роботу іншим ос обам.

1.4. До роботи приступайте у спецодязі, упевнившись, що він не має пошкоджень, елементів, що звисають, не прилягають, а також у необхідних засобах індивідуального захисту, що відповідають виду виконуваних робіт.

1.5. Не приступайте до роботи у стан і алкогольного, наркотичного або медикаментозного сп’яніння, у хворобливому або стомленому стані.

1.6. Ознайомтесь із розташуванням місця для відпочинку й вживання їжі. Переконайтеся у наявності в місці відпочинку питної води, мила і медичної

аптечки. Перед вживанням їжі вимийте руки з милом, витріть їх рушником або висушіть.

1.7. Не торкайтесь до проводів і кабелів, які лежать, виглядають із землі або звисають.

Не торкайтесь до лежачих, невідомого походження і вибухонебезпечних предметів (міни, снаряди, гранати тощо).

1.8. Не ховайтеся від дощу і грози під транспортними засобами, сільськогосподарськими машинами, в копицях, скиртах, під одинокими деревами й іншими предметами, які височіють над навколишньою місцевістю. Під час грози знаходьтесь від названих предметів на віддалі не менше 20 м, а від широкозахоплювальних дощувальних машин не менше 100 м.

1.9. Не приступайте до роботи, не витримавши строків виходу людей на оброблені пестицидами площі, для проведення ручних робіт по догляду за посівами.

1.10. Не знаходьтесь з боку рухомого агрегату на відстані менше 5 м, а також на шляху його руху. Наближайтесь до агрегату на меншу відстань тільки після повідомлення про це водія і повної зупинки агрегату.

1.11. Переходьте через зрошувачі тільки по обладнаних для цих цілей переходах і переїздах.

1.12. Не ставайте на кришки колодязів закритої зрошувальної системи.

1.13. Інструмент, інвентар і пристосування використовуйте тільки за призначенням і у справному стані.

1.14. Відпочивайте в полі тільки у спеціально відведених місцях. Не відпочивайте під транспортними засобами і сільськогосподарськими машинами, в копицях, стогах, скиртах, у високій траві і в кущах.

1.15. Дотримуйтесь виконання правил внутрішнього розпорядку підприємства.

1.16. Не використовуйте для їжі немиті овочі.

1.17. Дотримуйтесь гранично допустимих норм піднімання і переміщення вантажів: гранично допустима вага вантажу для жінок при

підніманні й перенесенні його при чергуванні з іншою роботою (до 2 разів на годину) – 10 кг. Піднімання й переміщення вантажів постійно протягом робочої зміни–7кг.

Сумарна вага вантажу, який переміщується протягом кожної години робочої зміни, не повинна перевищувати: з робочої поверхні – 350 кг, з підлоги – 175 кг.

2. Вимоги безпеки перед початком роботи

2.1. Копання

2.1.1. При отриманні ручного ґрунтообробного інструменту переконайтесь у його справності. Лопата, сапка повинні бути міцно набиті на держаки і закріплені.

Держак повинен бути виготовлений із твердої й в’язкої деревини (клен, дуб, в’яз, горобина тощо) із гладкою поверхнею. Довжина держака повинна забезпечувати зручну позу під час роботи працівника. Лезо лопати (сапки) повинно бути заточеним.

2.1.2. Огляньте площу, що підлягає копанню, очистіть її від сміття, каміння, пожнивних решток та інших зайвих предметів.

2.1.3. Працюйте в головному уборі й взутті із закритими передками.

2.2. Збирання картоплі

2.2.1. Перевірте справність тари (ящиків, кошиків, відер, контейнерів).

2.2.2. Перед переїздом самохідних і причіпних збиральних агрегатів зійдіть із перебиральної площадки комбайна.

3. Вимоги безпеки під час виконання роботи

3.1. Копання

3.1.1. Під час переїзду на роботу та з роботи одночасно з інструментом слідкуйте, щоб інструмент був зачохлений.

3.1.2. Під час перенесення ручного інструменту для обробітку ґрунту витримуйте віддаль між працівниками не менше 2 м і не робіть різких поворотів з інструментом на плечі.

3.1.3. Під час обробітку ґрунту наближайте лезо сапи і лезо лопати до ноги на безпечну віддаль.

3.1.4. Перед обробітком ґрунту лопатою займіть зручну і стійку позу. Для запобігання зісковзуванню ноги з лопати й утраті рівноваги натискуйте на лопату підошвою взуття, опираючись при цьому каблуком у плече лопати.

3.1.5. Роботи по обробітку ґрунту проводьте тільки у взутті із закритим носком.

3.1.6. Роботи по обробітку ґрунту на ділянках, що розміщуються поряд із полями, які обробляються пестицидами, проводьте з навітряного боку. При переміні напрямку вітру, що викликає перенесення парів пестицидів або продуктів їх розпаду у вашу робочу зону, роботу зупиніть і покиньте зону.

3.1.7. Під час перерви в роботі інструмент складайте у спеціально відведене місце лезом униз. Лопату можна застромити вертикально у ґрунт.

3.2. Збирання картоплі

3.2.1. Ручне підбирання картоплі і її затарювання у ящики проводьте на ділянках, на яких не ведуться механізовані роботи.

3.2.2. При завантаженні навалом знаходьтесь з одного боку на віддалі не менше 1 м від борту транспорту, що завантажується, з таким розрахунком, щоб, коли транспорт почне рухатись, не опинитись на його шляху.

3.2.3. При завантаженні затареної продукції знаходьтесь збоку вантажу, що подається, при цьому один або два працівники повинні бути у кузові транспортного засобу і приймати вантаж. Ящики беріть тільки під дно або за спеціальні ручки.

3.2.4. Ручне навантаження картоплі здійснюйте у транспортні засоби, які знаходяться в загальмованому стані із заглушеним двигуном.

3.2.5. Не навантажуйте на автомобіль, причіп картоплю понад габарити кузова.

3.2.6. Не розрівнюйте вручну картоплю в кузові транспортного засобу під час його руху.

3.2.7. Не прискорюйте роботу за рахунок порушення вимог безпеки.

3.2.8. Не знаходьтесь у радіусі дії вивантажувального транспортера.

4. Вимоги безпеки після закінчення роботи

4.1. Здайте робочий інструмент та інвентар на зберігання.

4.2. Зніміть і приведіть у порядок спецодяг і засоби індивідуального захисту і здайте їх на зберігання.

4.3. Помийте руки й обличчя з милом.

5. Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях

5.1. Будьте обережні при виявленні вибухонебез печних предметів (гранат, снарядів, мін тощо). При їх виявленні роботу зупиніть, виведіть людей на безпечну віддаль, організуйте охорону цих предметів і повідомте керівника робіт.

5.2. При з’явленні на комбайні диму, запаху горілого, полум’я, незвичайного шуму або вібрації включіть звукову сигналізацію. Сповістіть тракториста (комбайнера). В подальшому дійте за вказівкою тракториста.

5.3. Припиніть всі види польових робіт під час грози, зливи, урагану.

5.4. При травмуванні працівників припиніть роботу, п о можливості усуньте або нейтралізуйте джерело небезпеки і надайте долікарську допомогу, повідомте медичний заклад і керівника робіт.

Отже, розроблені заходи безпеки праці охоплюють широкий спектр робіт, які можна виконувати і при збиранні картоплі розроб леною машиною – картоплекопачем. Дотримання цих правил забезпечить безпечні умови праці та захистить від різного роду травматизму.

4.2 Основні принципи і способи захисту населення в умовах надзвичайних ситуацій

Згідно з Законом «Про цивільну оборону Укр аїни» [22, 26, 29]«громадяни України мають право на захист свого життя і здоров'я від наслідків аварій, катастроф, значних пожеж, стихійного лиха і вимагати від Уряду Укра їни, інших органів державної виконавчої влади, адміністрації підприємств, установ і організацій незалежно від форм власності і господарювання гаран тій щодо його реалізації.

Держава як гарант цього права створює систему цивільної оборони, яка має своєю метою захист населення від небезпечних наслідків аварій і катастроф техногенного, екологі чного, природного та воєнного характеру».

Одним з основних завдань ЦО України є організація життєзабезпечення населення у разі виникнення надзвичайної ситуації. Заходи життєзабезпечення здійснюються центральними та місцевими органами державної виконавчої влади, структурними підрозділами у їх складі, що безпосередньо відповідають за захист населення, адміністраціями підприємств, установ і організацій з метою задоволення життєвих потреб громадян, які потерпіли від наслідків НС. Головними заходами є [22]:

— надання житла;

— організація харчування;

— забезпечення одягом, взуттям та товарами першої необхідності;

— медичне обслуговування і т. п.

Заходи щодо життєзабезпечення населення в надзвичайних ситуаціях.

Організація життєзабезпечення насе лення в екстремальних умовах є комплекс заходів, спрямованих на створення і підтримання нормальних умов життя, здоров'я і працездатності людей.

Він включає:

— управління діяльністю робітників та службовців, всього населення

при загрозі та виникненні надзвичайних ситуацій;

— захист населення та територій від наслідків аварій, катастроф, стихійного лиха;

— забезпечення населення питною водою, продовольчими товарами і предметами першої необхідності;

— захист продовольства, харчової сировини, фуражу, водод жерел від радіаційного, хімічного та біологічного зараження (забруднення);

— житлове забезпечення і працевлаштування;

— комунально-побутове обслуговування;

— медичне обслуговування;

— навчання населення способам захисту і діям в умовах надзвичайних ситуацій;

— розробка і своєчасне введення режимів діяльності в умовах радіаційного, хімічного та біологічного зараження;

— санітарну обробку;

— знезараження території, споруд, транспортних засобів, обладнання, сировини, матеріалів і готової продукції;

— підготовка сил та засобів і ведення рятувальних і інших невідкладних робіт в районах лиха і осередках ураження;

— забезпечення населення інформацією про характер і рівень небезпеки, порядок поведінки; морально-психологічну підготовку і міри, щодо підтримування високої психологічної стійкості людей в екстремальних умовах;

— заходи, спрямовані на попередження, запобігання або послаблення несприятливих для людей екологічних наслідків надзвичайних ситуацій та інші заходи.

Всі ці заходи організуються державною виконавчою владою областей, районів, міст, районів у містах, селищ і сіл, органами управління цивільної оборони при чіткому погодженні між ними заходів, що проводяться. Керівники підприємств, установ і організацій є безпосередніми виконавцями цих заходів. Заходи розробляються завчасно, відображаються в планах ЦО і виконуються в

період загрози та після виникнення надзвичайної ситуації.

Заходи щодо забезпечення мінімуму життєвих потреб людей.

Заходами життєзабезпечення населення, які спрямовані на задоволення мінімуму життєвих потреб громадян, що потерпіли (можуть потерпіти) від наслідків надзвичайних ситуацій, надання їм побутових послуг і реалізацію соціальних і інших невідкладних робіт, є:

— тимчасове розосередження громадян в безпечних районах ;

— організація харчування в районах лиха і тимчасове розселення, при проведенні рятувальних і інших невідкладних робіт;

— організація забезпечення населення одягом» взуттям і товарами першої необхідності;

— організація надання фінансової допомоги по терпілим;

— забезпечення медичного обслуговування та санітарно - епідеміологічного нагляду в районах тимчасового розселення.

Отже, вся повнота відповідальності за реалізацію таких заходів покладається на відповідні міністерства, відомства і місцеві органи влади. Різновідомча система відповідальності за прийняття термінових і єдино правильних способів боротьби зі стихією, за інформування населення, його евакуацію і забезпечення життєдіяльності, як показала ситуація, що створилася в умовах Чорнобильської аварії є порочною і безпомічною. Повинно бути чітко визначено, хто буде здійснювати загальне керівництво і з перших хвилин візьме на себе відповідальність у випадку настання можливої надзвичайної ситуації.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Для реалізації ідеї розроблення ефективної технологічної схеми картоплекопача було проведено аналіз технології вирощування картоплі, з акцентовано увагу на операції збирання, проведено аналіз способів збирання картоплі та машин, що виконують цю операцію.

Обґрунтовано основні параметри підкопуючих органів, зроблено вибір лемеша, який буде встановлено на проектованому копачеві. Проведено розрахунок основних параметрів такого лемеша та змодельовано його взаємодію з середовищем в якому він буде працювати, визначено сили опору.

Встановлено, що: при ширині залягання бульб в гнізді, *b=220* мм; зсуві осі ряду щодо осі лемеша, $\delta = 40$ мм; глибині підкопування, *h=150 мм*; глибині залягання крайніх по ширині гнізда бульб, h_K=80 мм, ширина лемеша повинна становити 370 мм; довжина лемеша L =478 мм, висота розташування заднього обрізу лемеша, *H=120 мм.* Середній кут входження лемеша в ґрунт $\alpha_л = 15^0$. Для ламаної поверхні лемеша маємо: по ділянках: $\alpha_1 = 11^0$, $L_1 = 180$ мм; $\alpha_2 = 20^0$ $L_2 = 200$ мм; $\alpha_3 = 10^0$ $L_1 = 100$ мм.

Тяговий опір лемеша становитиме $P = 474$ Н.

Враховуючи динаміку руху агрегату та неоднорідність плодоносного горизонту, активну силу опору лемеша прийнято $P_a = 1000$ Н.

Для стійки лемеша можна рекомендувати еліптичний перетин, який має довжину великої осі 50 мм, малої – 22 мм. Лекальний перехід від більшого перетину до меншого і дасть балку однакового опору.

Кріплення лемеша до рами здійснено двома болтам и М12.

Встановлено, що кінематичний показник роботи очисника роторного повинен становити $\lambda = 2.357$; кутова швидкість обертання ротора, $\omega = 6$ рад/с; діаметр барабана, $D = 0.55$ м; швидкість руху машини, $v_м = 0{,}7$ м/с; технологічний крок $S_z = 0.061$ м/ніж; кількість пальцевих ножів, $z = 12$.

Максимальна товщини стружки $\delta_{max} = 0.054$ м. Вага пласта бульбоносного грунту на одному ножеві буде становити $G_n = 74.9$ Н.

Прораховано на міцність основні елементи копача і в кінцевому варіанті представлено креслення ефективного однорядного картоплекопача.

Визначено його продуктивність, яка становить 0,15 га/год та споживану потужність – 1409 Вт..

За проведеними результатами досліджень запропонованої конструкції роторного очисника встановлено: максимально допустима частота обертання елементів конструкції з умови не пошкодження картоплі при співударянні може бути не більше 300 об/хв., що відповідає лінійній ш видкості торця пальця 9.4 м/с і при такій взаємодії в картоплі виникає напруження 1.7 МПа, що є меншим від допустимого 2.0 МПа. Запропонована методика дозволяє визначати максимальні швидкості взаємодії для будь-яких сортів картоплі з умови безпечної її взаємодії з робочим органом машини та між самими картоплинами.

В роботі проороблено питання охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях, де розроблено інструкцію з охорони праці під час виконання ручних робіт у рослинництві та розглянуті питання основних принципів і способів захисту населення в умовах надзвичайних ситуацій .

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Alexander Nanka, Ivan Morozov, Vladimir Morozov, Mykola Krekot, Anatolii Poliakov, Ivan Kiralhazi, Mykhailo Lohvynenko, Konstantin Sharai, Andriy Babiy, Mykola Stashkiv. Improving the efficiency of a sowing technology based on the improved structural parameters for colters. Eastern - European Journal of Enterprise Technologies. Vol. 4. No. 1 (100) (2019) Engineering Technological Systems. P. 33 – 45.
2. Andreikiv O.E, Lysyk A.R., Shtayura N. S., Babii A. V. Evaluation of the Residual Service Life of Thin-Walled Structural Elements with Short Corrosion-Fatigue Cracks // Materials Science. 2017. 53, No 4. P. 514-521.
3. Andreikiv O.E., Babii A.V., Dolinska I.Ya., and Matviiv Yu.Ya. Determination of the Residual Life of the Spraying Boom of a Field Sprinkler in the Maneuvering Loading Mode. Materials Science. Vol. 56. No. 1, July, 2020. P. 112–118.
4. Andreikiv O.E., Babii A.V. & Dolinska, I.Ya. Influence of the Work ing Media and Maneuvering Loading Mode on the Service Life of Spraying Booms of Field Sprinklers. Materials Science. Vol. 56. December, 2020. P.166–173.
5. Babii A. (2019) Parameters investigation for independent pendular suspension of sprayer boom. Scientific Journal of TNTU (Tern.), vol 96, no 4, pp. 90 –100.
6. Babii A. (2020) Important aspects of the experimental research methodology / Andrii Babii // Scientific Journal of TNTU. Tern. : TNTU, 2020. Vol 97. No 1. P. 77–87.
7. Babii A. (2020) Study of the efficiency of working mixture application in chemical crop protection / Andrii Babii // Scientific Journal of TNTU. Tern. : TNTU, 2020. Vol 98. No 2. P. 99 –109.
8. Babii A., Babii M.(2019) Impact of oscillation amplitude of boom sprayers load-bearing frame sections. Scientific Journal of TNTU (Tern.), vol. 95, no 3, pp. 97-104.
9. Leshchak R.L., Babii A.V., Barna R.A., and Syrotyuk A.M. Corrosion

resistance of steel of the frames of boom sprayers. Materials Science. Vol. 56. No. 3. November, 2020. P. 425–431.

10. Rybak T. I., Babii A.V., Bortnyk I. M., Tsion G. B., and Konovalenko S. I. Estimation of resource of frame steel sections of barbell field sprinklers // Materials Science. 2019. 55, No 6. P. 68–74.
11. Автухов А.Г., Гряник Г.В. Охорона праці в сільському го сподарстві. К.: Урожай, 1972. 216 с.
12. Андрейків О.Є., Лисак А.Р., Штаюра Н.С., Бабій А.В. Оцінювання залишково-го ресурсу тонкостінних елементів конструкцій з короткими корозійно-втом-ними тріщинами // Фізико-хімічна механіка матеріалів. 2017, №4. С. 84-90.
13. Анурьев В.Н. Справочник конструктора машиностроителя: В 3 -х т. М.: Машиностроение, 1982. Т.1. 736.; Т.2. 584.;Т.3. 576.
14. Бабій А., Бабій М. Дослідження міцності елементів конструкції функціонально-транспортуючих мобільних засобів. Науковий журнал «Інженерія природокористуванн, 2019. №3 (13) С. 87–91.
15. Бабій А.В. Аналіз параметрів штангового обприскувача з метою збільшення його продуктивності. Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. Kyiv. Ukraine, 2019. Vol. 10. No. 4. С. 51–55.
16. Бабій А.В. Аналіз причин травмування зернового матеріалу при збиранні та транспортуванні / Бабій А.В., Бабій М.В., Кучвара І.М. // Науковий журнал «Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів», Харків. № 11. 2018. С. 27 -34.
17. Бабій А.В. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни «Конструкція, розрахунок і виробництво сільськогосподарських машин» для студентів денної та заочної форм навчання спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» зі спеціалізацією «Машини сільськогосподарського виробництва» для здобуття освітнього ступеня «бакалавр» / А.В. Бабій. Вид -во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2017. 100 с.

18. Бабій А.В. Методичні вказівки до виконання курсової роботи з дисципліни «Сільськогосподарські машини та знаряддя для рослинництва» для студентів денної та заочної форм навчання спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» зі спеціалізацією «Машини сільськогосподарського виробництва» для здобуття освітнього рівня «бакалавр» / А.В. Бабій. Тернопіль: Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя. Частина 1, 2018. 48 с.
19. Бабій А.В., Бабій М.В. Дослідження впливу конструкторсько-технологічних факторів на запас міцності спинки ножа косарки. Вісник ХНТУСГ. Випуск 139. “Проблеми надійності машин та засобів механізації сільськогосподарського виробництва”. Харків, 2013. С.187–192.
20. Бабій А., Лещак Р., Барна Р. Корозійна тривкість сталі рами штангових обприскувачів у рідинному середовищі агрохімікатів // Проблеми корозії та протикорозійного захисту конструкційних матеріалів: спец. вип. журналу „Фізико-хімічна механіка матеріалів”. № 13. Львів: Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України, 2020. С. 356–360.
21. Бабій А.В., Рибак Т.І., Бабій М.В Обґрунтування конструктивних особливостей енергозберігаючого приводного механізму косарки. Вісник ХНТУСГ. – Випуск 134 “Технічний сервіс машин для рослинництва”. Харків, 2013. С.116–122.
22. Безопасность жизнедеятельности в условиях чрезвычайных ситуаций / Под ред. А.К.Назарова.- Курган: Изд-во КМИ, 1994.
23. Біленький М., Семак С. Обґрунтування параметрів лемеша з ротаційним сепарувально-транспортуючим пристроєм / Матеріали ІІ Міжнародної студентської науково - технічної конференції / Тернопіль: ТНТУ ім. І.Пулюя, 2019. С.77-78.
24. Босой Е.С., Верняев О.В., Смирнов И.И, Султан-Шах Е.Г. Теория, конструкция и расчет сельскохозяйственных машин. М: Машиностроение, 1980. 565 с.

25. Бугай С.М. Рослинництво. К.: Вища школа, 1978. 384с.

26. Врочинский К. К., Маковский В. Н. Применение пестицидов и охрана окружающей среды. Киев: Вища школа, 1979. 208 с.

27. Деклараційний патент на корисну модель 65679 Україна, МПК[8] A01D 13/00, A01D 19/00. Роторний очисник / Рибак Т.І., Бабій А.В., Халілов Р.Е.; Заявник і власник Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. – U 2011 06714: заявл. 30.05.2011; опубл. 12.12.2011, Бюл. № 23.

28. Желиговский В.А. Элементы теории почвообрабатывающих машин и механической технологии сельскохозяйственных материалов. – Тбилиси: Изд-во ГОТКЗСХИ, 1960. 146 с.

29. Желібо Є.П., Заверуха Н.М., Зацарний В.В. Безпека життєдіяльності: Навчальний посібник / За ред. Є.П. Желібо, В.М.Пічі. Львів: „Новий світ - 2000”, 2002. 328 с.

30. Заводнов С.В. Исследование взаимодействия клубней с рабочими органами сельскохозяйственных машин: дис. … кандидата техн. наук: 05.20.01 / Заводнов Сергей Викторович. М., 2002. 145 с.

31. Иванов М.Н. Детали машин. М.: Высш. шк., 1991. 383 с.

32. Карпенко А.Н., Халанский В.М. Сельскохозяйственные машины. – 6-е изд., перераб. И доп. М.: Агропромиздат, 1989. 527 с.

33. Козаченко Б.О., Кононученко В.В. Основи технології вирощування картоплі. К.: Урожай, 1991. 162с.

34. Конарев Ф.М. Ротационные почвообрабатывающие машины. - М.: Машиностроение, 1983. 144 с.

35. Лехман С.Д. і ін. Довідник з охорони праці в сільському господарстві .- К.: Урожай, 1990. 452 С.

36. Листопад Г.Е., Семенов А.Н., Демидов Т.К. и др. Сельскохоз яйственные и мелиоративные машины. М.: Колос, 1976. 751 с.

37. М.И.Клецкин. Справочник конструктора с/х машин. В 4 -х томах. - М.: Машиностроение, 1969р.

38. Опір матеріалів. Під заг. ред. акад. АН УССР Г. С. Писаренко. К.:Вища школа, 1974. 304 с.
39. Охорона праці при вирощуванні сільськогосподарських культур: Навчальний посібник / М.М.Сакун, В.Ф. Нагорнюк; Одеський державний аграрний університет/. Кафедра безпеки життєдіяльності. Одеса «Видавництво», 2009. 184 с.
40. Павлище В.Т. Основи конструювання та р озрахунок деталей машин. К.: Вища шк., 1993. 556 с.
41. Сисолін П.В., Сало В.М., Кропівний В.М.Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування. К.: Урожай, 2001. 384 с.
42. Справочник по сопротивлению материалов. Писаренко Г.С., Яковлев А.П., Матвеев В.В. К.: Наук. думка, 1988. 736 с.
43. Целінський В.П. Охорона праці в рослиництві. К.: Урожай, 1991. 84 с.

Додатки