

Міністерство освіти і науки України

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет інженерії машин, споруд та технологій

Кафедра технічної механіки та сільськогосподарських машин

(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему:

Удосконалення технології викопування картоплі

з розробкою картоплекопача

Виконав(ла): студент(ка) 4 курсу, групи МГс-41

спеціальності

208 Агроінженерія

(шифр і назва спеціальності)

Керівник

Паперняк В.А.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

Сташків М.Я.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

Сташків М.Я.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Рецензент

Бабій А.В.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Тернопіль

2023

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 бакалавр

(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 208 Агроінженерія

(шифр і назва спеціальності)

студенту Паперняку Віталію Андрійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Удосконалення технології викопування картоплі
з розробкою картоплекопача

Керівник роботи Сташків М.Я., к.т.н., доц.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «23» січня 2023 року № 4/7-35

2. Термін подання студентом завершеної роботи 05.06.2023

3. Вихідні дані до роботи агротехнічні вимоги до викопування картоплі; типовий
технологічний процес викопування картоплі; базова конструкція картоплекопача

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

Вступ. 1. Аналіз об'єкту дослідження

2. Технологічна частина

3. Проектна частина

4. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці

Загальні висновки. Перелік посилань

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)
Ілюстративний матеріал

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
<i>Безпека життєдіяльності, основи охорони праці</i>	<i>Окіпний І.Б., к.т.н., зав. каф.</i>		

7. Дата видачі завдання 23.01.2023

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	<i>Аналіз об'єкту дослідження</i>	<i>15.03.2023</i>	
2	<i>Технологічна частина</i>	<i>05.05.2023</i>	
3	<i>Проектна частина</i>	<i>25.05.2023</i>	
4	<i>Безпека життєдіяльності, основи охорони праці</i>	<i>01.06.2023</i>	

Студент

_____ (підпис)

Паперняк В.А.

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Сташків М.Я.

_____ (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота бакалавра стосується підвищення експлуатаційно - технологічних показників начіпного роторного картоплекопача.

Кваліфікаційна робота містить наступні розділи.

Вступ. Обґрунтовано, що для підвищення ефективності виробництва картоплі достатньо актуальним є розвиток технологій і засобів механізації для приватного сектора, який характеризується наявністю малих площ (0,05 – 2 га).

Аналіз технологій збирання картоплі. Проведено аналіз технологій викопування картоплі та конструкцій картоплезбиральних машин. Розглянуто фізико-механічні і агробіологічні властивості матеріалів. Наведено агротехнічні вимоги до картоплекопача. Обґрунтовано конструкцію картоплекопача.

Обґрунтування технологічно - конструктивних параметрів копача. Обґрунтовано технологічно - конструктивні параметри лемеша копача; розраховано та обґрунтовано параметри ротора картоплекопача: довжину зони захисту пальців ротора, частоту обертання ротора картоплекопача, втрати потужності на роботу ротора картоплекопача. Проведено енергетичний розрахунок базового та модернізованого машинно-тракторного агрегату (МТА).

Проектування вузлів та елементів картоплекопача. Спроектовано ланцюгову передачу приводу копача; розраховано на міцність елементи приводу. Розраховано на ударну міцність пальці ротора. Розроблено комп'ютерну модель ударної взаємодії пальця з ґрунтом.

Безпека життєдіяльності, основи охорони праці. Розглянуто нормативно-правові акти з охорони праці; подано вимоги техніки безпеки при роботі з роторним картоплекопачем.

У висновках підсумовано результати досліджень, проведених у кваліфікаційній роботі бакалавра.

Об'єм кваліфікаційної роботи: графічна частина складається із 10 слайдів формату А4; розрахунково-пояснювальна записка містить 60 с. машинописного тексту, 14 рисунків, 3 таблиці, 19 позицій у переліку посилань.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ЗБИРАННЯ КАРТОПЛІ	8
1.1. Технологія викопування картоплі	8
1.2. Фізико-механічні й агробіологічні властивості матеріалу	14
1.2.1. Ґрунт і його фізико-механічні властивості.....	14
1.2.2. Характеристика культури картоплі і її властивості	15
1.3. Техніко - технологічні вимоги до роторного картоплекопача	16
1.3.1. Вимоги до конструкції.....	16
1.3.2. Агротехнічні вимоги до картоплекопача	17
1.4. Обґрунтування конструкції роторного картоплекопача	18
2. ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНО – КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ КАРТОПЛЕКОПАЧА	21
2.1. Обґрунтування параметрів лемеша	21
2.2. Обґрунтування параметрів ротора картоплекопача	24
2.2.1. Визначення довжини покриття пальця ротора	23
2.2.2. Обґрунтування частоти обертання ротора картоплекопача	25
2.2.3. Визначення споживаної потужності ротора картоплекопача	26
2.4. Енергетичний розрахунок МТА	28
3. ПРОЕКТУВАННЯ ВУЗЛІВ ТА ЕЛЕМЕНТІВ КАРТОПЛЕКОПАЧА.....	33
3.1. Розрахунок приводу ротора картоплекопача	33
3.2. Розрахунок проміжного валу приводу картоплекопача.....	40
3.3. Вибір підшипників кочення для проміжного вала	43
3.4. Розрахунок пальця ротора на ударне навантаження	44
3.5. Комп'ютерне моделювання роботи пружного пальця	47

4. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ	50
4.1. Нормативно-правові акти з охорони праці.....	50
4.2. Вимоги техніки безпеки при роботі картоплекопача КТН-1Б	52
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	57
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	58
ДОДАТКИ.....	60

ВСТУП

Збільшення виробництва та підвищення якості картоплі є одним з ключових питань розвитку продовольчої бази країни. Тому підвищення ефективності експлуатації картоплезбиральних машин залишається однією з найактуальніших задач аграрної галузі.

Виходячи з потреб населення – 130 кг картоплі на особу, для споживання її потрібно виробляти близько 6,8 млн. т. На згодовування тваринам і технічні потреби потрібно близько 10 – 30 % (ще 2 млн. т.). Крім того на насіння потрібно вирощувати 25% картоплі, або 2,2 млн. т. Витрати картоплі на всіх стадіях (вирощування, збирання, зберігання) становить 30%, що становить 3,3 млн. т. Таким чином мінімальний валовий збір картоплі в Україні повинен бути не менше 14,3 млн. т [6].

Зараз середня урожайність цієї культури по Україні в межах 12 т/га. Для цього посівних площ повинно бути 1,2 млн. га. На цей час вирощують картоплю менш ніж на 100 тис га в колективних господарствах і в особистих господарствах на площі близько 1,5 млн. га. Тобто в приватних господарствах виробництво картоплі становить майже 94% [6].

За останні роки площі під картоплю в спілках скоротились з 440 тис. га до 100 тис га, а в приватних господарствах зросли з 990 тис га до 1,5 млн. га за рахунок виділення площ під колективні городи, дачні ділянки та за рахунок господарств приватних фермерів [6].

Звичайно, при становищі, коли 94% картоплі виробляють в особистих господарствах, значну увагу держави потрібно спрямовувати на розвиток технологій і засобів механізації саме для приватного сектору, який характеризується наявністю малих площ 0,05 – 2 га. Виходячи з цього, актуальність удосконалення існуючої технології та засобів збирання картоплі для фермерських та присадибних ділянок є очевидною.

1. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ЗБИРАННЯ КАРТОПЛІ

1.1. Технологія викопування картоплі

Процес збирання картоплі включає кілька основних операцій залежно від рівня використовуваної механізації. Ці операції включають викопування бульб із ґрунту, відокремлення їх від ґрунту та бадилля, відокремлення решток рослин та бадилля, видалення каменів та домішок, завантаження бульб у контейнери чи транспортні засоби. Додаткові операції можуть передбачати попереднє очищення вороху або сортування бульб на різні розміри. При збиранні картоплі з повільним розвитком листової частини необхідно видалити бадилля до виконання основного технологічного процесу. Це можна зробити хімічним або механічним шляхом, що покращить як продуктивність машини, так і працівників, які збирають бульби після використання картоплекопачів.

В даний час існує три основних способи збирання картоплі:

- викопування бульб картоплекопачами, розміщення їх на поверхні поля та подальше збирання бульбоплодів працівниками вручну.
- збирання картоплі картоплезбиральними машинами, які обладнані робочими столами, де працівники вручну відбирають і пакують бульби в тару.
- збирання врожаю картоплі комбайнами.

Що стосується третього способу, то доступні три варіанти.

Пряме збирання: за цього підходу картопля збирається безпосередньо комбайнами.

Роздільне (двофазне) комбайнове збирання: цей спосіб полягає в збиранні комбайнами валків, попередньо розміщених на поверхні поля картоплекопачами.

Комбінований спосіб збирання: цей спосіб поєднує різні прийоми збирання картоплі.

Усі ці способи передбачають різні підходи до збирання картоплі з урахуванням рівня механізації, трудових ресурсів і ефективності.

Комбінований спосіб використовують в основному на легких ґрунтах. Він дозволяє значно підвищити продуктивність картоплезбиральних комбайнів. При цьому способі картоплекопач-валкоукладач викопує два ряди картоплі, частково відділяє бульби від ґрунту, рослинних решток і вкладає картоплю в валок між двома сусідніми рядками. Картоплезбиральний комбайн, що рухається за копачем, підкопує незбирані рядки картоплі та підбирає валок, розташований між ними, доочищає і завантажує бульби в транспортні засоби. Таким чином, за один прохід комбайн обробляє бульбоплоди з чотирьох рядків, за рахунок чого підвищується продуктивність. Але використовувати комбінований спосіб можна тоді, коли комбайн задовільно працює при прямому комбайнуванні.

Роздільний спосіб доцільно використовувати в умовах підвищеної вологості. Картоплекопач викопує бульби, частково відділяє від них ґрунт і вкладає бульби в валок. Валок може бути утворений з двох чи інколи чотирьох викопаних рядків картоплі. В валках бульби підсихають і проходять стадію світлового гартування. Потім картоплезбиральний комбайн підбирає бульби з валка, доочищає їх і завантажує їх в засоби для транспортування.

Повна механізація збирання картоплі забезпечує викопування бульб, розділення вороху картоплі і виконання завантажувально-розвантажувальних робіт без використання ручної праці. Найбільш важковирішувальна і важлива задача – розділення вороху картоплі, полягає у відділенні від бульб дрібних грудок, бадилля, бур'янів. Із всіх перерахованих домішок важко піддаються видаленню грудки та каміння.

В сучасних картоплезбиральних машинах широко використовується спосіб сепарації, що базується на різниці механічних властивостей бульб картоплі і грудок ґрунту: розділення за різницею геометричних розмірів; розділення з врахуванням різниці форми або коефіцієнта опору кочення по

робочих органах машини; розділення за різницею властивостей поверхні, тобто з урахуванням різниці коефіцієнта тертя ковзання тощо.

Вибір засобу механізації залежить від конкретних умов господарства, типом ґрунту. І вологістю його в період збирання, розміром і рельєфом полів, наявністю на них каміння, загальною площею зайнятої під картоплю, врожайністю картоплі та ін.

Комбайнове збирання, наприклад, доцільно використовувати на полях, що характеризуються легкими і середніми ґрунтами і мають високу врожайність бульб, а картоплекопачі роторного типу – на малих ділянках з перезволоженим ґрунтом.

За характером викопувального технологічного процесу коренезбиральні машини поділяють:

- копачі (рис. 1.1, а) пасивно підкопують пласт картоплі, порушують зв'язок кущів з ґрунтом і частково виносять бульби картоплі на поверхню поля. Затрати праці на підбір бульб після підкопу їх копачами складають 190-250 люд.-год./га. Втрати бульбоплодів в ґрунті становлять близько 30%.
- картоплекопачі роторного типу (рис. 1.1, б) розкопують і розкидають бульби і ґрунт із рядка вбік на відстань до 3,5 м. від осі руху машини.

Технологічний процес можна описати так: під час руху копача леміш розрізає шар ґрунту. Коли ґрунт залишає леміш, він руйнується та розкидається по поверхні поля гребінцями обертового ротора. Коли копач проходить, на поверхні утворюється смуга, як правило, шириною 1,5-3 метри, де розташована більшість бульб. Бригаду підбирачів (13 – 18 чол.) розміщують так, щоб кожний робітник мав ділянку довжиною 15 – 25 м.

Після копачів роторного типу затрати праці на збирання бульбоплодів вищі, ніж після картоплекопачів просіваючого типу, приблизно на 20%. В Україні найбільш широко їх використовують в північно-західних районах. За кордоном машини цього типу використовують в Скандинавських країнах.

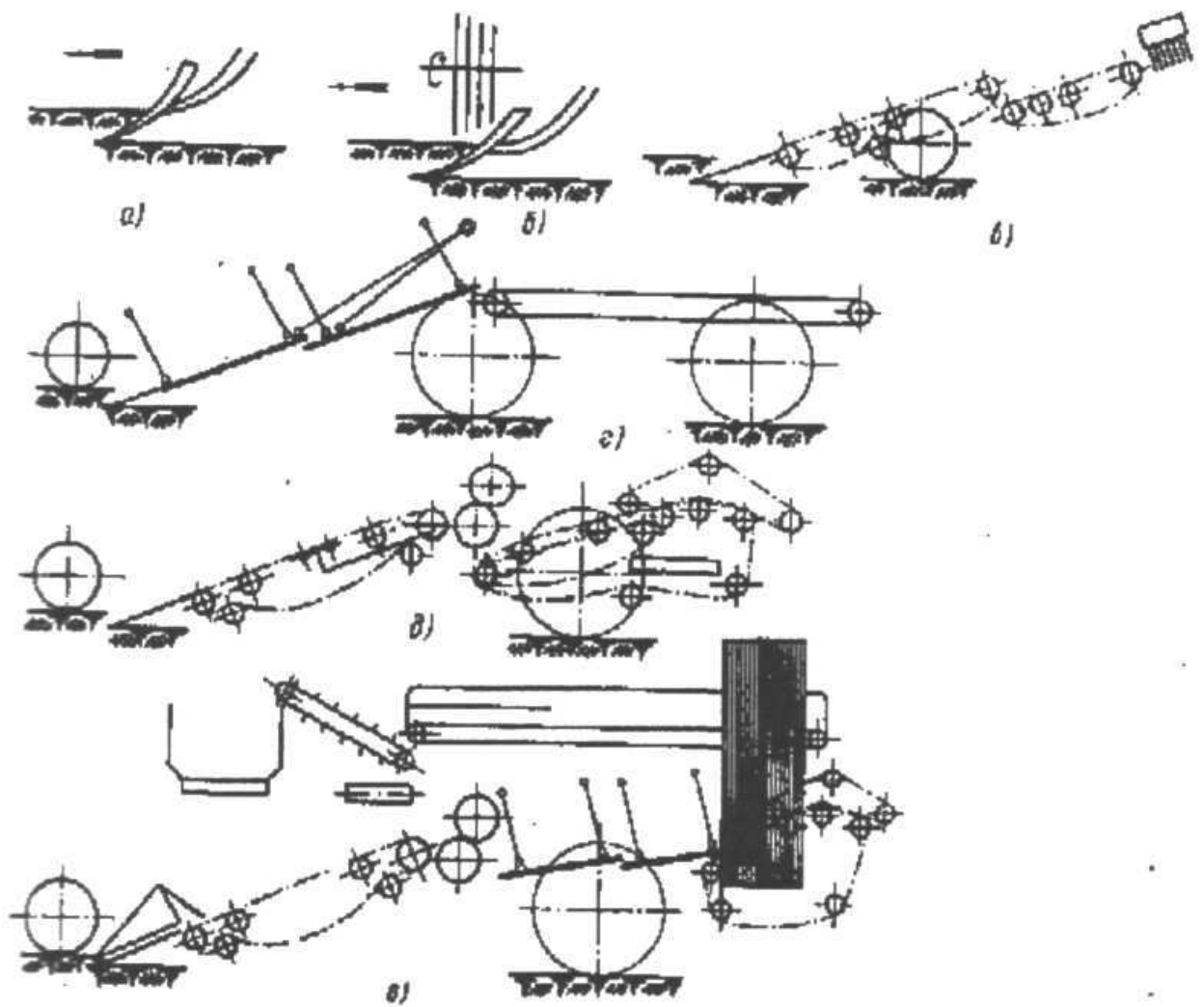


Рис. 1.1. Принципові схеми основних типів коренезбиральних машин:
 а – копачі лемішного типу; б – копачі роторного типу; в – картоплекопачі
 просівуючого типу; г – картоплекопачі з причіпними перебірними столами;
 д – картоплекопачі – валкоукладачі; е – картоплезбиральні комбайни.

Картоплекопачі з активним робочим органом просівуючого типу (рис. 1.1, в) підкопують рядки картоплі і переміщують цей ворох на робочі органи для сепарації. Найчастіше використовують сепаруючі органи двох основних типів: пруткові елеватори (картоплекопачі ТЕК – 2, КТН – 2, КТН – 2Б) і копачі грохоти (картоплекопачі КГ – 2 і КВН – 2М).

Зрізаний шар ґрунту разом із рослинами картоплі потрапляє на сортувальний елеватор. Ґрунт просівається через щілини між прутками, а залишки бульб, листя та грудок ґрунту викидаються із задньої частини машини

на поверхню поля. Згодом бульби вручну збирають працівники. У більш складних умовах картоплекопачі оснащуються послідовними установками двох- або трьохстрижневих елеваторів, а також додатковими компонентами, такими як біла та розділювальні решітки.

Картоплекопачі з причіпними переборними столами (рис. 1.1, г) дозволяють отримати кондиційну картоплю шляхом перебору бульб робітниками і тарування їх в мішки чи корзини з допомогою відповідних пристроїв. Перевагою таких картоплекопачів на відміну від звичайних є полегшення умов праці робітників, а в порівнянні з картоплезбиральними комбайнами – менше пошкодження бульб.

Картоплекопачі з причіпними столами особливо доцільно використовувати при збиранні картоплі, що йде на посадку та ранньої. Але такий спосіб збирання можливий лише в легких умовах. При використанні причіпних переборних столів в легких умовах втрати праці можуть бути зменшені на 20 – 30% в порівнянні з підбором бульб вручну з поверхні поля.

Картоплекопачі – валкоукладачі (рис. 1.1, д) на відміну від звичайних картоплекопачів, як правило, мають додаткові пристрої для видалення бадилля із машини і поперечні транспортери, що забезпечують вкладання бульби в валок з двох, чотирьох або шести рядків. Прикладом такої машини є картоплекопач УКВ – 2, від дає можливість підвищити продуктивність праці робітників при підборі бульб, а також забезпечити дворядне збирання комбайнами.

При підборі бульб вручну за машиною такого типу затрати праці знижуються на 30 - 50% в порівнянні з підбором картоплі за звичайним картоплекопачем, а при підборі комбайном затрати праці знижуються на 40 – 50% в порівнянні з прямим комбайнуванням.

Картоплезбиральні комбайни (рис. 1.1, є) здійснюють підкопування рядків, відділення бульб від ґрунту, бадилля і інших домішок і накопичення бульб в тару.

Комбайни є найбільш ефективними машинами для збирання картоплі, що дозволяють навіть при наявності трьох – шести робітників, що працюють за перебірним столом, знизити витрати праці в порівнянні з ручним підбиранням після картоплекопачів в 3 – 4 рази.

За кордоном, головним чином в США, часто застосовуються спеціальні машини-підбирачі, які використовуються виключно для підбору бульб із валків, вкладених картоплекопачами-валкоукладачами. При прямому комбайнуванні ці машини працювати не можуть.

Підбирач по номенклатурі робочих органів мало відрізняється від комбайнів, але має більш вузьке призначення. Тому доцільно оснащувати картоплезбиральні комбайни пристроями для підбору валків [14].

На основі аналізу різних технологій збирання картоплі можна зробити висновок, що для малих фермерських господарств машина повинна мати нескладну конструкцію, можливість агрегатуватись з тракторами низького класу, хорошу маневреність, що дуже важливо при збиранні картоплі на малих ділянках, мати добрі показники щодо затрат праці та якості зібраної картоплі. Таким вимогам відповідають прості пасивні копачі та активні копачі просіваючого і роторного типів. Порівняння технічних характеристик таких машин подано в додатку А.

На основі аналізу технологій збирання картоплі та конструкцій машин для їх реалізації, можна підсумувати, що найбільш оптимальною машиною для малих фермерських господарств є картоплекопач начіпний роторного типу. Прикладом таких машин є картоплекопач КТН – 1А, КТН – 1Б. Хоча ці машини в порівнянні з простим пасивним копачем і мають складнішу конструкцію та більші габаритні розміри, але значно зменшують затрати праці.

Порівнюючи роторний картоплекопач з копачами просіваючого типу маємо недолік, пов'язаний з вищими затратами праці приблизно на 20 – 25%. Але переважає те, що начіпна машина має меншу масу, менші габаритні розміри, що дуже важливо при збиранні картоплі на ділянках складної форми.

Варто звернути увагу також на коритоподібну форму лемеша. За даними дослідників, у порівнянні з плоскими лемішами коритоподібні лемеші подають в машину менше ґрунту (при гребеневій посадці – на 25 – 30%, при гладкій – на 50 – 60%).

Отже, приймаємо до удосконалення машину роторного типу КТН – 1Б.

1.2. Фізико-механічні й агробіологічні властивості матеріалу

1.2.1. Ґрунт і його фізико-механічні властивості

Багаторічний досвід дослідження, випробувань та експлуатації картоплезбиральних машин показує, що якість їх роботи і продуктивність в великій мірі залежить від ґрунтово-кліматичних умов, в яких вони експлуатуються. Ґрунти різних сільськогосподарських зон України відрізняються один від одного. Навіть в межах однієї зони, області, району можуть бути ґрунти, що різко відрізняються по типу і властивостям. Нестійкість властивостей ґрунту приводить до різких коливань якісних і техніко-економічних показників, що характеризують роботу картоплезбиральних машин.

Основними показниками, по яким класифікують ґрунти є генетичний тип та механічний склад. Тільки по генетичним особливостям розрізняють більше двадцяти різновидностей ґрунту.

Властивості ґрунту, що впливають на роботу коренезбиральної машини, знаходяться також в залежності від її вологості і характеру попередньої обробки. Поряд з цим суттєве значення для характеристики ґрунту мають його фізичні властивості, хімічний склад, структура, наявність корневих включень і степені задернілості.

Фізико-механічні властивості ґрунту визначають прохідність, питомий опір при обробці і опір перекочуванню машин. Разом з цим, від фізико-механічних властивостей залежить енергоємність, витрати палива, спрацювання робочих органів картоплезбиральних машин.

Дослідниками було встановлено, що на роботу картоплезбиральних машин найбільше впливає механічний склад і вологість ґрунту, від яких, в свою чергу, залежать такі властивості ґрунту, як пластичність, липкість, фракційний склад, зв'язаність ґрунту, твердість, об'ємна маса, коефіцієнт тертя та ін. [6].

1.2.2. Характеристика культури картоплі і її властивості

Тип, конструкцію і параметри робочих органів картоплезбиральних машин потрібно вибирати на основі даних про розташування бульб в ґрунті, форми і розмірів бульб, фізико-механічних властивостей бульб і бадилля. Всі ці властивості картоплі не є постійними. Вони можуть змінюватись в залежності від сорту картоплі, глибини і прямолінійності висадки, а також агротехніки догляду і ґрунтово-кліматичних умов його вирощування.

Картоплю, як правило вирощують з шириною міжрядь 70 см. Більшість сортів висаджують на відстані між бульбами в рядку близько 30 см. Така схема садіння забезпечує не менше 50 тис. кущів на 1 га. Бульби розміщуються в кущах, форма і розміри яких є визначальними для вибору глибини ходу та геометричних характеристик підкопуючих органів. Важливими при виборі параметрів підкопуючих робочих органів є такі параметри куща бульб: глибина розташування нижньої картоплини, відстань між зовнішніми точками крайніх бульб (ширина куща), глибина розташування верхньої картоплини. Ці параметри не є постійними. Вони залежать від сорту картоплі, типу ґрунту, глибини висаджування, технології вирощування і ряду інших факторів.

За даними різних вчених середня ширина куща для різних сортів картоплі знаходиться в межах 14-24 см, а максимальна – 23-32 см. Максимальна глибина залягання нижньої бульби становить 16-21 см.

Бульби картоплі мають форму, характерну для кожного сорту. Наприклад бульби сорту «Рання роза» – крупні продовгуваті, «Епіку» – бочкоподібні, «Екрон» і «Лорх» – округлі.

При сепарації краще відділяються великі бульби округлої форми. Розміри (крупність) бульб пов'язана з числом їх у кущі, а також залежить від сорту.

Від ступеня дозрілості культури картоплі залежать фізико-механічні властивості бадилля. У недозрілої картоплі зелене бадилля коротше і тонше в порівнянні з бадиллям достиглої картоплі і має меншу міцність.

В одному кущі картоплі може бути 1-10 стеблин, а в деяких випадках і більше. Середня довжина стеблин складає 60 – 90 см, максимальна – 2 м, діаметр бадилля у основі складає 4 – 20 мм. Об'ємна вага бадилля в ущільненому стані – 0,133 т/м³.

Фізико-механічні властивості бульб і бадилля в значній мірі залежить від сорту картоплі і ряду інших факторів [14].

1.3. Техніко - технологічні вимоги до роторного картоплекопача

1.3.1. Вимоги до конструкції

Начіпний картоплекопач повинен переводитись з транспортного в робоче положення і зворотньо за допомогою гідравлічної навіски трактора.

Підкопуючі робочі органи повинні мати регулювання глибини підкопування.

Конструкція копача повинна забезпечувати достатньо зручний і повністю безпечний доступ до вузлів і деталей з метою проведення профілактичних робіт, а також заміни їх при виході з ладу.

Робочі органи копача повинні від'єднуватись від рами, а їх регулювання не повинно потребувати спеціальних інструментів.

Всі деталі кріплення та всі пружні елементи повинні мати металічне антикорозійне покриття.

Місця для змащування повинні вказуватись нанесенням стійкої фарби, яка відрізняється по кольору від загального кольору машини.

Фарбування як копача загалом так і його складових частин повинно бути стійким до миючих засобів і мастил, які рекомендуються в експлуатаційній документації.

До кожного копача повинні додаватись комплект інструментів, технічний опис та інструкція з експлуатації, паспорт.

1.3.2. Агротехнічні вимоги до картоплекопача

Продуктивність копача за годину основного часу повинна бути не менша 0,35 га. Робоча швидкість повинна бути в межах 6 - 6,5 км/год, а швидкість транспортування – до 20 км/год. Робоча ширина захвату, в залежності від ширини міжрядь, може бути 0,6 м, 0,7 м, 0,9 м. Картоплекопач повинен підкопувати бульбу при глибині її залягання не більше 25 см.

Дорожній просвіт при транспортуванні картоплекопача – не менше 300 см. Мінімальний радіус повороту (по зовнішньому сліду зовнішнього колеса трактора) – не менше 3,2 м.

Ширина підкопування рядка лемешем – не менше 0,4 м. Мінімальна ширина міжрядь становить 0,6 м. Якість технологічного процесу викопування бульб – не менше 97%. Кількість приспаних ґрунтом бульб – не більше 3%.

Загальні втрати після підкопування і підбирання не повинні перевищувати 5%. Після згрібання бадилля і рослинних решток та повторного підбирання бульб витрати не повинні перевищувати 3%. Бульби масою до 20 г у витрати не враховуються.

Конструктивна маса копача не повинна перевищувати 180 кг.

Габаритні розміри в робочому і транспортному положенні однакові і становлять: довжина – до 1295, з карданним валом, і без нього до 720 мм, ширина до 1100 мм і висота – до 900 мм.

Картоплекопач повинен мати високі показники надійності і довговічності.

1.4. Обґрунтування конструкції роторного картоплекопача

Картоплекопач начіпний однорядний роторний – це спеціалізована машина, призначена для викопування картоплі шляхом підрізання пласту рядка картоплі, розбивання пласта ґрунту пружними пальцями з відокремлюванням бульби від вороху та перекиданням її у бік зібраного поля. Після цього проводиться ручне збирання картоплі. Такий копач підходить для використання у всіх зонах вирощування картоплі на ділянках вирощування картоплі в індивідуальних господарствах.

До складу роторних картоплекопачів (рис. 1.2) входить рама, яка служить несучою конструкцією для основних і допоміжних вузлів копачки; пристрої для відстеження контуру поля та регулювання величини заглиблення робочих органів; лемеша у формі півкруглого корита, який забезпечує підрізання рядка картоплі та подає його до ротора, який забезпечує відокремлення бульб від ґрунту та спрямування їх на правий бік машини, назад на викопане поле.

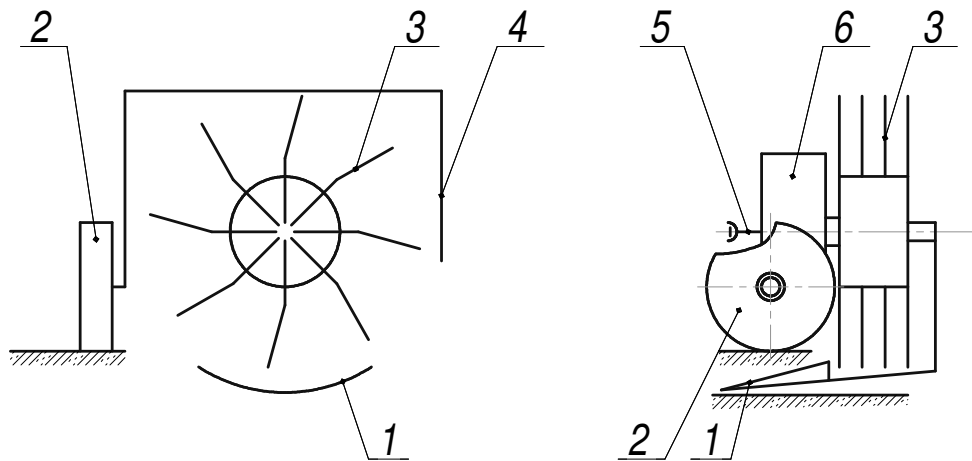


Рис. 1.2. Конструктивна схема копача роторного типу:

1 – леміш; 2 – пристрій для регулювання глибини підкопування (опорне колесо); 3 – ротор пальчастий; 4 – кожух захисний ; 5 – механізм привода копача; 6 – редуктор.

Ротор складається з барабана з вісьмома кидальними гребінками, до кожної з яких прикріплено по чотири зігнутих сталевих пальці. Рух ротора забезпечується валом відбору потужності трактора через зубчастий циліндричний редуктор.

При удосконаленні картоплекопача роторного КТН-1Б, як і при удосконаленні будь-якої сільськогосподарської машини, перед усім необхідно звернути увагу на ті складові частини та вузли, від яких залежить якість роботи машини. Тобто такі питання, як зниження опору машини при її агрегуванні, зменшення маси, спрощення складних вузлів, заміна дорогих матеріалів на матеріали з нижчою вартістю, удосконалення елементів з якими контактує оброблюваний продукт і від яких залежить його якість, повинні розглядатись у першу чергу. Такими елементами в картоплекопачі є: леміш, пальці ротора та привод ротора – редуктор.

Леміш, як пасивний викопуючий робочий елемент картоплезбиральної машини, безпосередньо взаємодіє з ґрунтом. Опір, який чинить ґрунт при русі картоплекопача, найбільше залежить від форми лемеша. Оптимізувавши форму лемеша шляхом зміни кута кришення вздовж його поздовжньої осі, можна зменшити витрати енергії, пов'язані з подрібненням пласта ґрунту. Таке

удосконалення конструкції та форми лемеша дозволить суттєво знизити енергетичні витрати технологічного процесу викопування картоплі.

При збиранні картоплі роторними картоплекопачами пальці ротора розбивають пласт ґрунт, контактуючи при цьому і з картоплею. Значна частина пошкоджень бульбоплодів зумовлена саме ударами пальців по поверхні картоплі. Вирішити цю проблему можна за рахунок використання зносостійких фторполімерних насадок на кінцівки пружних пальців. Для особливо важких умов можна використати насадки з матеріалу поліефірефіркетон (ПЕЕК), який є: «високоміцною альтернативою фторполімеру завдяки більш високим показникам стійкості до зношування та стирання. Це матеріал з приголомшливими трибологічними властивостями» [19].

В базовій конструкції картоплекопача передачу крутного моменту здійснює циліндричний редуктор, але його велика маса та наявність в ньому мастила, рівень якого необхідно контролювати та підтримувати, та здатність мастила протікати через ущільнювальну прокладку і забруднювати навколишнє середовище зумовлює необхідність заміни редуктора на ланцюгову передачу.

Отже, удосконалення картоплекопача на основі машини КТН-1Б, пов'язане з рядом перерахованих пропозицій. В цілому запропоновано наступні конструктивні рішення, які повинні позитивно вплинути як на експлуатаційні, так і на агротехнічні властивості машини:

- замінити циліндричну передачу на ланцюгову;
- оптимізувати форму лемеша відповідно до результатів сучасних наукових досліджень про руйнування ґрунту лемешем;
- замінити жорстку гребінку ротора пружною системою пальців з фторполімерними або поліефірефіркетонними наконечниками.

2. ОБГРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНО – КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ КАРТОПЛЕКОПАЧА

Технологічний процес, як вже зазначалось, проходить таким чином: коритоподібний леміш підрізає шар ґрунту, який проходить по всій його довжині і потрапляє під дію пальців ротора. Пальці ротора, рухаючись перпендикулярно руху шару ґрунту, розбивають його і виносять з нього бульби картоплі, розкидаючи по поверхні поля на 1,5 – 3,5 м.

Технологічний процес залежить від наступних параметрів:

- робоча швидкість машини, що визначається виходячи з агротехнічних вимог, становить 6 – 6,5 км/год;
- розмірів і форми лемеша: довжини – L ; ширини – B ; кута загострення γ ; кута підрізання – α ;
- частоти обертання і потужності ротора, що визначається, виходячи з робочої швидкості та типу ґрунту.

2.1. Обґрунтування параметрів лемеша

Функція лемеша картоплекопача – підкопати шар ґрунту де містяться бульби, частково чи повністю його зруйнувати та передати цей ворох на наступні робочі органи. Конструктивно леміш повинен забезпечити мінімальне захвачування ґрунту та не залишати і не пошкоджувати бульбоплоди.

Пошук раціональної форми лемеша необхідно вести на основі комплексного аналізу вимог, що до нього висуваються, та умов його роботи. Для досягнення цих цілей запропоновано робочий орган з пасивним впливом лемеша на шар. Основою підкопую чого органа є двохгранний клин, що створює лобове підрізання. Форма леза підкопую чого органу повинна відповідати формі перетину куща бульб [12].

Як відомо, характер деформацій ґрунту під дією клина залежить від величини кута α (рис. 2.1), що називається кутом різання. Щоб отримати мінімальну силу, що витрачається на підрізання шару, кут α повинен бути мінімальним. Підняти шар на потрібну висоту H маючи мінімальну початкову величину α і оптимальну довжину лемеша L , можна в результаті застосування клинів, що мають різне значення кута α по довжині (рис. 2.2).

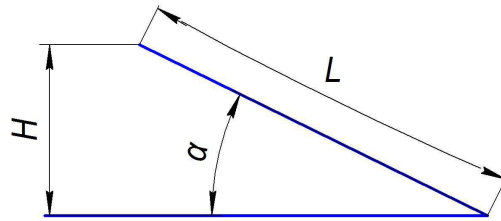


Рис. 2.1. Схема для визначення оптимальної форми лемеша

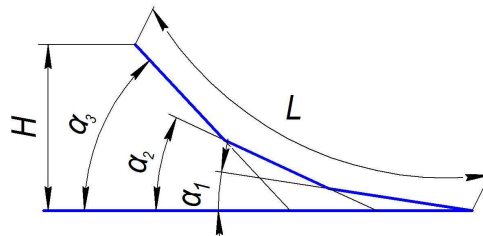


Рис. 2.2. Схема для визначення оптимальної форми лемеша

Кут α також є і кутом кришення. При проходженні підкопаної маси вздовж звичайного (з постійним кутом) вона не може отримати будь-яких додаткових взаємодій. Очевидно, щоб знову подіяти на піднятий шар потрібно примінити новий клин із більшим кутом кришення.

Для безперервного розвитку фактору розкришування та виключення злипання клина ґрунтом, необхідно використати плавну криволінійну поверхню в вигляді відповідної ділянки параболи (рис. 2.3).

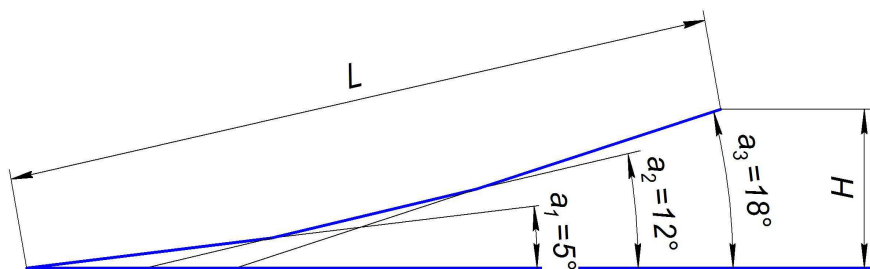


Рис. 2.3. Пропонована форма повздовжнього перетину лемеша

Довжину лемеша L та висоту розташування заднього обріза лемеша H , орієнтуючись на попередню конструкцію та з конструктивних міркувань, прийmemo $L=280\text{мм}$, $H=55\text{мм}$.

Ширина коритоподібного лемеша (рис. 2.4) визначається за формулою (2.1).

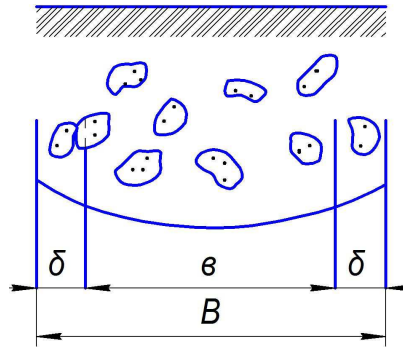


Рис. 2.4. Схема для розрахунку ширини лемеша

$$B = b + 2\delta, \quad (2.1)$$

де b - ширина залягання бульб в куці. За даними [14] максимальна ширина куца коливається від 23 до 32 см.

δ - зміщення вісі рядка відносно вісі лемеша, яке може виникати через непрямолінійність рядка та неточності руху машини. Приймемо це значення рівним 11 см.

Отже,

$$B = 320 + 2 \cdot 110 = 540 \text{ мм.}$$

Переміщенню шару ґрунту по лемешу дуже заважає рослинність (коріння). Для попередження цього кут сходу γ (рис. 2.5) повинен бути:

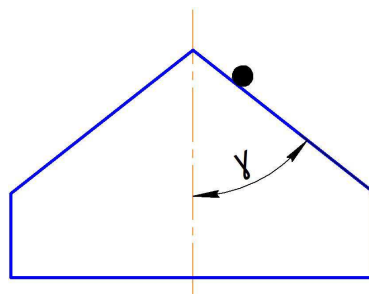


Рис. 2.5. Схема для розрахунку кута сходу лемеша

$$\gamma = \frac{\pi}{2} - \varphi, \quad (2.2)$$

де φ - кут тертя рослинних стеблин чи кореневищ по лезу. На основі дослідних даних кут тертя коріння по лезу $\varphi = 45^\circ$ [12].

Отже:

$$\gamma = \frac{\pi}{2} - 45 = 45.$$

Для пасивних лемешів сучасних картоплезбиральних машин $\gamma = 40 - 50^\circ$.

2.2. Обґрунтування параметрів ротора картоплекопача

2.2.1. Визначення довжини покриття пальця ротора

Призначення пальців ротора – розбивати шар ґрунту, де містяться бульби, виносити їх і розкидати по поверхні поля. При контакті пальців з поверхнею бульб відбувається пошкодження останніх, оскільки пальці виготовлені із сталі.

Для усунення цих недоліків, при виготовленні пальців потрібно застосовувати матеріали, які не будуть спричиняти пошкодження бульб, або будуть значно менше. Таким матеріалом може бути фторполімер або поліефірефіркетон [19].

Звичайно, покривати палець захисним матеріалом по всій довжині не потрібно, а тільки ту його частину, яка контактує з бульбами (яка рухається в шарі ґрунту). довжина захищеної частини пальця повинна бути близько 25 см.

2.2.2. Обґрунтування частоти обертання ротора картоплекопача

Частота обертання ротора впливає на якість прочісування шару ґрунту де містяться бульби та на ступінь пошкодження самих бульб. Вона повинна забезпечувати повне видалення їх з шару ґрунту, не допускати їх втрат через невисоку частоту обертання. Виходячи з вищенаведеного частота повинна бути оптимальною і задовольняти обидві умови.

З агротехнічних вимог відомо, що робоча швидкість машини, а значить і швидкість руху шару ґрунту, який поступає до пальців ротора, повинна бути 6 - 6,5 км/год. Для розрахунку приймемо більшу швидкість, тобто 6,5 км/год (1,8 м/с). При такій швидкості переміщення, шар ґрунту пройде ділянку А (рис. 2.6), яка рівна 186 мм, приблизно за 0,10 секунди.

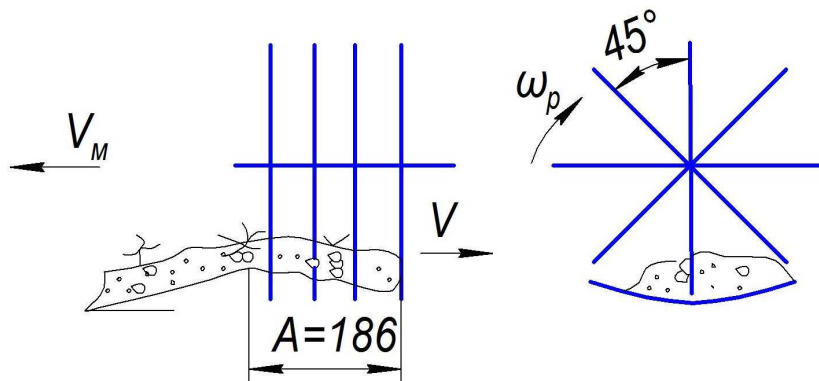


Рис. 2.6. Схема для розрахунку частоти обертання ротора

Щоб винести бульби з шару ґрунту і не допускати втрат, гребінки повинні входити в нього, що найменше кожену 0,10 сек.

Оскільки конструкція ротора містить вісім гребінок, що розташовані одна від одної через кожні 45° , то необхідна колова швидкість ротора буде рівна:

$$\omega = \frac{45^\circ}{0,10} = 7,853 \text{ рад/сек.}$$

Щоб визначити частоту обертання ротора використовуємо формулу:

$$n_n = \frac{\omega_n \cdot 30}{\pi} = \frac{7,853 \cdot 30}{\pi} = 75,0 \text{ об/хв.} \quad (2.3)$$

Для забезпечення бездоганності протікання процесу збільшимо частоту обертання ротора в 1,2 рази.

Тобто

$$n = n_n \cdot 1,2 = 75 \cdot 1,2 = 90 \text{ об/хв.}$$

Отже, частота обертання ротора повинна бути 90 об/хв.

2.2.3. Визначення споживаної потужності ротора картоплекопача

Потужність ротора визначається на деформацію ґрунту пальцем та відкидання ними бульб і ґрунту, що потрапляє:

$$N = N_d + N_g, \quad (2.4)$$

де N_d і N_g - відповідно втрати потужності на деформацію і відкидання.

Потужність на деформацію визначається [12]

$$N_d = 10^{-4} \cdot k \cdot c \cdot h \cdot z \cdot n \cdot \alpha / 6 \text{ кВт}, \quad (2.5)$$

де k - питомий опір деформації ґрунту;

$k = 2 \cdot 10^{-2}$ МПа – легкі групи;

$k = 4,9 \cdot 10^{-2}$ МПа – середні групи;

$k = 7,64 \cdot 10^{-2}$ МПа – важкі групи;

c - площа перетину ґрунту, що розбивається одним пальцем $c = 55 \text{ см}^2$;

h - висота шару ґрунту, що розбивається пальцем, приймаємо рівною максимальній глибині підкопування, $h = 25 \text{ см}$;

z - загальна кількість пальців, $z = 32$;

n - частота обертання пальців ротора;

α - коефіцієнт, що враховує стан ґрунту, що піддається дії пальців.

Оскільки ґрунт підрізаний і частково покритий на лемеші, $\alpha = 0,7$.

Отже маємо для легких ґрунтів:

$$N_{\delta} = 10^{-4} \cdot 2,04 \cdot 10^{-2} \cdot 55 \cdot 32 \cdot 90 \cdot 0,7/6 = 0,942 \text{ кВт.}$$

Для середніх :

$$N_{\delta} = 10^{-4} \cdot 4,9 \cdot 10^{-2} \cdot 55 \cdot 32 \cdot 90 \cdot 0,7/6 = 2,26 \text{ кВт.}$$

Для важких:

$$N_{\delta} = 10^{-4} \cdot 7,84 \cdot 10^{-2} \cdot 55 \cdot 32 \cdot 90 \cdot 0,7/6 = 3,62 \text{ кВт.}$$

Потужність на відкидання бульб та ґрунту

$$N_{\delta} = 5 \cdot 10^{-4} \cdot \delta \cdot Q_n \cdot V_p^2, \text{ кВт} \quad (2.6)$$

де δ - коефіцієнт відкидання, що залежить від форми робочого органу, $\delta=0,5$;

Q_n - маса бульб та ґрунту, що відкидається за одну секунду,

$Q_n=45,02$ – легкі ґрунти;

$Q_n=54,82$ – середні ґрунти;

$Q_n=61,82$ – важкі ґрунти;

V_p - колова швидкість ротора, $V_p=4,23$ м/с.

Отже, маємо для легких ґрунтів:

$$N_{\delta} = 5 \cdot 10^{-4} \cdot 0,5 \cdot 45,02 \cdot 4,23^2 = 0,201 \text{ кВт.}$$

Для середніх:

$$N_{\delta} = 5 \cdot 10^{-4} \cdot 0,5 \cdot 54,82 \cdot 4,23^2 = 0,245 \text{ кВт.}$$

Для важких:

$$N_{\delta} = 5 \cdot 10^{-4} \cdot 0,5 \cdot 61,82 \cdot 4,23^2 = 0,274 \text{ кВт.}$$

Отже, повна потужність, що затрачається ротором для легких ґрунтів:

$$N = 0,942 + 0,201 = 1,142 \text{ кВт.}$$

Для середніх:

$$N = 2,26 + 0,245 = 2,505 \text{ кВт.}$$

Для важких:

$$N = 3,62 + 0,274 = 3,896 \text{ кВт.}$$

Для подальших розрахунків приймаємо максимальну потужність 3,89кВт.

Потужність ВВП визначимо за формулою:

$$N_{\text{ввп}} = \frac{N}{\eta_{\text{л}}^2 \cdot \eta_{\text{м}}}, \text{ кВт} \quad (2.7)$$

де $\eta_{\text{л}}$ - коефіцієнт корисної дії ланцюгової передачі, $\eta_{\text{л}}=0,96$;

$\eta_{\text{м}}$ - коефіцієнт корисної дії запобіжної муфти, $\eta_{\text{м}}=0,98$.

$$N_{\text{ввп}} = \frac{3,89}{0,96^2 \cdot 0,98} = 4,30 \text{ кВт.}$$

Максимальна необхідна потужність на ВВП трактора – 4,30 кВт.

2.4. Енергетичний розрахунок МТА

При розробці схеми і проектуванні картоплезбиральної машини необхідно знати і враховувати енергетичні затрати окремих робочих органів і машинно-тракторного агрегату в цілому. Розрахунок проведемо як для нової конструкції машини так і для машини-аналогу, щоб потім порівняти їх.

Потужність, що затрачується картоплезбиральною машиною, необхідна для перекочування N_n , подолання опору шару ґрунту на підрізання лемешем N_p і приведення в рух робочого органа (ротора), що виконує технологічний процес $N_{\text{вом}}$ [4].

$$N = N_n + N_p + N_{\text{вом}}, \quad (2.8)$$

де сума першого і другого компонента це потужність на гаку, і визначається за формулою:

$$N_{\text{мак}} = \frac{(P_n + P_p)}{750} V_M, \text{ к.с.}, \quad (2.9)$$

де P_n - зусилля на перекочування машини;

P_p - зусилля на підрізання шару і подачу його до ротора.

Третій момент характеризується потужністю, що необхідна для роботи ротора, від ВВП трактора.

Зусилля на перекочування машини може бути орієнтовано підраховано за формулою:

$$P_p = f \cdot G \cdot U, \quad (2.10)$$

де f - коефіцієнт перекочування, $f - 0,15 \div 0,20$;

G - вага машини, Н.

Удосконалена конструкція:

$$P_p = 0,20 \cdot 1700 = 340 \text{ Н.}$$

Базова конструкція:

$$P_p = 0,20 \cdot 1950 = 390 \text{ Н.}$$

В картоплекопачі, як відомо, використовується пасивний підкопуючий робочий орган. При використанні пасивних лемешів, зусилля на підрізання і подачу шару ґрунту до наступних робочих органів, може бути визначене за формулою:

$$N_p = k \cdot S + m \cdot g \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi) + (\rho \cdot S + m \cdot b) \cdot V_M^2, \text{ Н,} \quad (2.11)$$

де k - питомий опір ґрунту, приймаємо рівним:

для легких ґрунтів $(1,962 \div 2,04) \cdot 10^4$ Па;

для середніх ґрунтів $(3,920 \div 4,90) \cdot 10^4$ Па;

для важких ґрунтів $(5,88 \div 7,84) \cdot 10^4$ Па;

S - площа перетину підкопуваного шару;

$$S = a \cdot b, \quad (2.12)$$

a - глибина підкопування;

b - ширина шару, що захвачується лемешем;

m - маса ґрунту і картоплі, що знаходиться на лемеші;

$$m = (\rho_\rho + m_b) L_A, \quad (2.13)$$

де m_b - масова характеристика валка;

L_A - розрахункова довжина лемеша м;

ρ - густина ґрунту кг/м³, в залежності від вологості і типу ґрунту,
 $\rho=1200\div 1700$ кг/м³;

$V_M=1,7$ м/с;

α - кут нахилу робочої площини лемеша;

φ - кут тертя ґрунту по сталі, $\varphi=26^{\circ}30'$.

Розрахункове зусилля на леміш при роботі удосконаленого копача на різних типах ґрунту зведено в таблиці 2.1, а базового копача – в таблиці 2.2.

Таблиця 2.1

Результати розрахунку зусилля на леміш при роботі удосконаленого копача на різних типах ґрунту

Тип ґрунту	k , Па	ρ , кг/м ²	S , м ²	m_b , кг/м	L_A , м	m , кг	α , град	φ , град	V_M , м/с	N_p , Н
Легкий	$2,04 \cdot 10^4$	1200	0,135	85,4	0,28	69,27	5	$26^{\circ}30'$	1,7	3876,87
Середній	$4,9 \cdot 10^4$	1500	0,135	93,5	0,28	82,6	5	$26^{\circ}30'$	1,7	7953,93
Важкий	$7,84 \cdot 10^4$	1700	0,135	97,2	0,28	91,47	5	$26^{\circ}30'$	1,7	12066,77

Таблиця 2.2

Результати розрахунку зусилля на леміш при роботі базового копача на різних типах ґрунту

Тип ґрунту	k , Па	ρ , кг/м ²	S , м ²	m_b , кг/м	L_A , м	m , кг	α , град	φ , град	V_M , м/с	N_p , Н
Легкий	$2,04 \cdot 10^4$	1200	0,147	85,4	0,28	73,30	16	$26^{\circ}30'$	1,7	4402,19
Середній	$4,9 \cdot 10^4$	1500	0,147	93,5	0,28	87,64	16	$26^{\circ}30'$	1,7	8880,90
Важкий	$7,84 \cdot 10^4$	1700	0,147	97,2	0,28	97,18	16	$26^{\circ}30'$	1,7	13385,43

Отже необхідна потужність на гаку трактора при агрегуванні удосконаленої машини:

на легких грунтах:

$$N_{\text{зак}} = \frac{(340 + 3876,87)}{750} \cdot 1,7 = 9,55 \text{ к.с.};$$

на середніх грунтах:

$$N_{\text{зак}} = \frac{(340 + 7953,93)}{750} \cdot 1,7 = 18,79 \text{ к.с.};$$

на важких грунтах:

$$N_{\text{зак}} = \frac{(340 + 12066,77)}{750} \cdot 1,7 = 28,12 \text{ к.с.};$$

При агрегуванні базової машини:

на легких грунтах:

$$N_{\text{зак}} = \frac{(340 + 4402,19)}{750} \cdot 1,7 = 10,84 \text{ к.с.};$$

на середніх грунтах:

$$N_{\text{зак}} = \frac{(340 + 8880,90)}{750} \cdot 1,7 = 20,91 \text{ к.с.};$$

на важких грунтах:

$$N_{\text{зак}} = \frac{(340 + 13385,43)}{750} \cdot 1,7 = 31,11 \text{ к.с.}$$

Потужність, необхідна для приведення ротора і яка повинна бути на ВВП трактора, приймаємо однаковою як для удосконаленої машини, так і для базової, оскільки конструкція робочих органів роторів відрізняється несуттєво.

Величину потужності візьмемо з попередніх розрахунків (п. 2.2.3).

Потужність, що необхідна для роботи окремих органів і машини в цілому зводимо в таблицю 2.3.

З розрахунків бачимо, що на важких грунтах, машина агрегуватись із трактором Т-25 не може через недостатню потужність.

Потужність, що споживається МТА
до і після удосконалення роторного картоплекопача

Витрати потужності	Потужність, $\left(\frac{\text{к.с.}}{\text{кВт}}\right)$					
	Базова конструкція			Нова конструкція		
	Тип ґрунту			Тип ґрунту		
	легкий	середній	важкий	легкий	середній	важкий
На перекочування	$\frac{0,88}{0,66}$	$\frac{0,88}{0,66}$	$\frac{0,88}{0,66}$	$\frac{0,77}{0,56}$	$\frac{0,77}{0,56}$	$\frac{0,77}{0,56}$
На підрізання шару ґрунту	$\frac{9,97}{7,33}$	$\frac{20,13}{14,80}$	$\frac{30,34}{22,30}$	$\frac{8,78}{06,46}$	$\frac{18,02}{13,25}$	$\frac{27,35}{20,11}$
На гаку	$\frac{10,84}{7,97}$	$\frac{20,91}{15,37}$	$\frac{31,11}{22,87}$	$\frac{9,55}{7,02}$	$\frac{18,79}{13,81}$	$\frac{28,12}{20,67}$
На розбивання шару ґрунту	$\frac{1,27}{0,94}$	$\frac{3,07}{2,26}$	$\frac{4,92}{3,62}$	$\frac{1,27}{0,94}$	$\frac{3,07}{2,26}$	$\frac{4,92}{3,62}$
На відкидання бульб	$\frac{0,27}{0,20}$	$\frac{0,32}{0,24}$	$\frac{0,36}{0,27}$	$\frac{0,27}{0,20}$	$\frac{0,32}{0,24}$	$\frac{0,36}{0,27}$
На ВВП	$\frac{1,71}{1,26}$	$\frac{3,75}{2,76}$	$\frac{5,84}{4,30}$	$\frac{1,71}{1,26}$	$\frac{3,75}{2,76}$	$\frac{5,84}{4,30}$
Загальна потужність	$\frac{12,55}{9,23}$	$\frac{24,65}{18,13}$	$\frac{36,95}{27,17}$	$\frac{11,26}{8,28}$	$\frac{22,53}{16,57}$	$\frac{22,95}{24,97}$

Порівнюючи втрати потужності базової машини та удосконалення, бачимо, що нова конструкція є оптимальною, оскільки витрати потужності в порівнянні з попередньою машиною менші на $\approx 10\%$, що підтверджує доцільність удосконалення.

3. ПРОЕКТУВАННЯ ВУЗЛІВ ТА ЕЛЕМЕНТІВ КАРТОПЛЕКОПАЧА

3.1. Розрахунок приводу ротора картоплекопача

Вихідні дані:

- колова швидкість вала ведучої зірочки $\omega_1 = 56,52$ рад/с (від ВВП);
- потужність на валу ведучої зірочки буде рівна потужності на ВВП трактора з урахуванням затрату запобіжній муфті, $N_1 = 4.22$;
- передаточне число передачі $U = 3$.

Розрахунок проводимо згідно методичних вказівок [8, 8].

Визначаємо основний параметр ланцюга – крок:

$$t = 280 \cdot \sqrt[3]{\frac{N_1 \cdot K_3}{Z_1 \cdot \omega_1 \cdot [p] \cdot m_p}}, \text{ мм}, \quad (3.1)$$

де K_3 - коефіцієнт експлуатації,

$$K_3 = K_\delta \cdot K_{рег} \cdot K_n \cdot K_{см} \cdot K_{реж} \cdot K_a, \quad (3.2)$$

де K_δ - коефіцієнт характеру навантаження, $K_\delta = 1,25$;

$K_{рег} = 1,0$ – коефіцієнт. Залежить від способу регулювання провисання ланцюга;

K_n - коефіцієнт, що враховує характер змащування ланцюга, $K_n = 1,0$;

$K_{реж}$ - коефіцієнт, що враховує тривалість роботи, $K_{реж} = 1,0$;

K_a - коефіцієнт довжини ланцюга (при $a_1 = 19,16$), $K_a = 1,0$.

Отже, $K_3 = 1,25 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,25$

Z_1 - кількість зубів ведучої зірочки, приймаємо $Z_1 = 15$.

Визначаємо число зубів веденої зірочки:

$$Z_2 = Z_1 \cdot U < Z_{2\max}, \quad (3.3)$$

де $Z_{2\max}$ - максимальне число зубів веденої зірочки, $Z_{2\max} = 120$.

Приймаємо $Z_2 = 45$.

$[p]$ - допустимий питомий тиск в шарнірах, при $\omega = 56.52$ м/с, $[p] = 24$ МПа;

m_p - коефіцієнт рядності.

Маємо:

$$t = 280 \cdot \sqrt[3]{\frac{4,22 \cdot 1,25}{15 \cdot 56 \cdot 24 \cdot 1,0}} = 17,85 \text{ мм.}$$

Приймаємо ланцюг ПР-19,05-3180 ГОСТ 13568-75.

Параметри ланцюга: $t = 19,05$ мм; $b_1 = 12,7$ мм; $d_1 = 11,91$ мм; $P_1 = 22,78$ мм;
 $b_4 = 26,9$, погонна маса $q = 1,9$ кг/м, руйнівна сила $Q = 31,8$ кН.

Визначаємо міжосьову відстань:

$$a = a_1 \cdot t, \quad (3.4)$$

де a_1 - міжосьова відстань в кроках, $a_1 = 21,35$

t - крок ланцюга, $t = 19,05$

$$a = 21,35 \cdot 19,05 = 406,71$$

Необхідна довжина ланцюга в кроках:

$$L_1 = 2a_1 + a_1 + \frac{b}{a_1}, \quad (3.5)$$

де

$$a_1 = \frac{Z_1 + Z_2}{2} = \frac{15 + 45}{2} = 30; \quad (3.6)$$

$$b = \left(\frac{Z_1 - Z_2}{2\pi} \right)^2 = \left(\frac{45 - 15}{2\pi} \right)^2 = 22,82. \quad (3.7)$$

Отже:

$$L_1 = 221,35 + 21,35 + \frac{22,82}{21,35} = 73,77.$$

Приймаємо $L_1 = 74$ кроку.

Уточнюємо величину міжосьової відстані:

$$a = \frac{t}{4} \left(L_1 - a_1 + \sqrt{(L_1 a_1)^2 - 8b} \right), \quad (3.8)$$

$$a = \frac{19.05}{4} \left(74.0 - 30 + \sqrt{(74.0 - 30)^2 - 8 \cdot 22.82} \right) = 408.92 \text{ мм.}$$

Для забезпечення провисання ланцюга міжосьову відстань зменшено на величину (0,002...0,004), а отже:

$$\Delta = 0,003 \cdot 408,97 = 1,22 \text{ мм.}$$

Маємо:

$$a = 408.97 - 1.22 = 407.75 \text{ мм.}$$

Визначимо число ударів ланки об зуб зірочки за секунду:

$$v = \frac{2 \cdot Z_1 \cdot \omega_1}{\pi \cdot L_1} < [v], \quad (3.9)$$

де $[v]$ - допустимі значення, $[v]=35$,

$$v = \frac{2 \cdot 15 \cdot 56.52}{\pi \cdot 74} = 7.29 < 35.$$

Визначаємо сили, що діють в вітках ланцюга і діють на вали.

Колова сила:

$$F_t = \frac{1000 \cdot N_1}{V}, \quad (3.10)$$

де V - швидкість переміщення ланцюга,

$$V = \frac{Z_1 \cdot t \cdot \omega_1}{2000 \cdot \pi} = \frac{15 \cdot 19.05 \cdot 56.52}{2000 \cdot \pi} = 2.57. \quad (3.11)$$

Отже:

$$F_t = \frac{1000 \cdot 4.22}{2.57} = 1642.02 \text{ Н.}$$

Сила натягу ланцюга від провисання:

$$F_q = K_f \cdot q \cdot a \cdot g, \quad (3.12)$$

де q - погонна маса, $q=1,9$ кг/м;

K_f - коефіцієнт провисання, $K_f=6,0$

$$F_q = 6.0 \cdot 1.9 \cdot 0.407 \cdot 9.8 = 45.47 \text{ Н.}$$

Сила натягу ланцюга від відцентрових сил:

$$F_u = q \cdot V^2 = 1.9 \cdot 2.57^2 = 12.54.$$

Загальне зусилля в ведучій вітці:

$$F_{заг1} = F_t \cdot K_\delta + F_q + F_u = 1642.02 \cdot 1.25 + 45.47 + 12.54 = 2110.53 \text{ Н.}$$

$$F_{заг2} = F_q + F_u = 45.47 + 12.54 = 58,01 \text{ Н.}$$

Зусилля, що діє на вали ведучої та веденої зірочки:

$$F_e = F_t \cdot K_\delta + 2F_q = 1642.02 \cdot 1.125 + 2 \cdot 45.47 = 2143.46 \text{ Н.}$$

Перевіримо на питомий тиск в шарнірах:

$$p = \frac{F_t \cdot K_\delta}{S \cdot m_p \cdot 10^2} < [p], \quad (3.13)$$

де S - проекція опорної поверхні шарніра, $S = 1,05 \text{ см}^2$;

$[p]$ - допустиме зусилля питомого тиску, $[p] = 24 \text{ МПа}$.

Отже:

$$p = \frac{1642.02 \cdot 1.25}{1.05 \cdot 1.0 \cdot 10^2} = 19.54 < 24.$$

Запас міцності вибраного ланцюга:

$$n = \frac{Q}{F_{заг}} > [n], \quad (3.14)$$

де Q - руйнівне навантаження ланцюга, $Q = 31800 \text{ Н}$;

$[n]$ - допустимий запас міцності, $[n] = 9,3$.

Отже

$$n = \frac{31800}{2110,53} = 15,06 > 9,3.$$

Ланцюг вибрано вірно.

Визначаємо основні геометричні та конструктивні розміри зірочок.

Діаметр ділільних кіл:

$$d_0 = \frac{t}{\sin \frac{Z}{180}}. \quad (3.15)$$

Ведуча зірочка:

$$d_0 = \frac{19,05}{\sin \frac{180}{15}} = 91,62 \text{ мм.}$$

Ведена зірочка:

$$d_0 = \frac{19,05}{\sin \frac{180}{45}} = 273,09 \text{ мм.}$$

Діаметр зовнішніх кіл:

$$d_{a\min} = d + 0.5 \cdot d_1 \text{ мм;} \quad (3.16)$$

$$d_{a\max} = d + 1.25 \cdot t - d_1 \text{ мм.} \quad (3.17)$$

Ведуча зірочка:

$$d_{a\min} = 91,62 + 0.5 \cdot 11,91 = 97,50 \text{ мм;}$$

$$d_{a\max} = 91,62 + 1.25 \cdot 19,05 - 11,91 = 103,52 \text{ мм.}$$

Ведена зірочка:

$$d_{a\min} = 273,09 + 0.5 \cdot 11,91 = 279,04 \text{ мм;}$$

$$d_{a\max} = 273,09 + 1.25 \cdot 19,05 - 11,91 = 296,90 \text{ мм.}$$

Радіус впадин:

$$r_{i\min} = 0.505 \cdot d_1, \text{ мм;} \quad (3.18)$$

$$r_{i\max} = 0.505 \cdot d_1 + 0.069 \sqrt{d_1}, \text{ мм.} \quad (3.19)$$

Ведуча зірочка:

$$r_{i\min} = 0.505 \cdot 11,91 = 6,01 \text{ мм;}$$

$$r_{i\max} = 0.505 \cdot 11,91 + 0.069 \sqrt{11,91} = 6,17 \text{ мм.}$$

Ведена зірочка:

$$r_{i\min} = 0.505 \cdot 11,91 = 6,01 \text{ мм;}$$

$$r_{i\max} = 0.505 \cdot 11,91 + 0.069 \sqrt{11,91} = 6,17 \text{ мм.}$$

Діаметр кіл западин:

$$d_f = d - 2 \cdot r_i, \text{ мм.} \quad (3.20)$$

Ведуча зірочка:

$$d_{f\min} = 91,62 - 2 \cdot 6,01 = 79,6 \text{ мм;}$$

$$d_{f\max} = 91,62 - 2 \cdot 6,17 = 79,26 \text{ мм.}$$

Ведена зірочка:

$$d_{f\min} = 273,09 - 2 \cdot 6,01 = 261,07 \text{ мм;}$$

$$d_{f\max} = 273,09 - 2 \cdot 6,17 = 260,75 \text{ мм.}$$

Радіус спряжень:

$$r_{i\min} = 0.12 \cdot d_1 \cdot (Z + 2), \text{ мм;} \quad (3.21)$$

$$r_{i\max} = 0.505 \cdot d_1 \cdot (Z^2 + 180), \text{ мм.} \quad (3.22)$$

Ведуча зірочка:

$$r_{i\min} = 0.12 \cdot 11,91 \cdot (15 + 2) = 24,29 \text{ мм;}$$

$$r_{i\max} = 0.505 \cdot 11,91 \cdot (15^2 + 180) = 38,58 \text{ мм.}$$

Ведена зірочка:

$$r_{i\min} = 0.12 \cdot 11,91 \cdot (45 + 2) = 67,17 \text{ мм;}$$

$$r_{i\max} = 0.505 \cdot 11,91 \cdot (45^2 + 180) = 210,99 \text{ мм.}$$

Кут спряження:

$$d_{\min} = 120^\circ - \frac{90}{Z};$$

$$d_{\max} = 140^\circ - \frac{90}{Z}.$$

Ведуча зірочка:

$$d_{\min} = 120^\circ - \frac{90}{15} = 114^\circ;$$

$$d_{\max} = 140^{\circ} - \frac{90}{15} = 134^{\circ}.$$

Ведена зірочка:

$$d_{\min} = 120^{\circ} - \frac{90}{45} = 118^{\circ};$$

$$d_{\max} = 140^{\circ} - \frac{90}{45} = 138^{\circ}.$$

Радіус заокруглення, як ведучої так і веденої зірочки:

$$Z_x = 1.5 \cdot d_1 = 1.5 \cdot 11.91 = 17.86 \text{ мм.}$$

Величина заокруглення зуба:

$$b_a = 1.5 \cdot d_1 = 1.5 \cdot 11.91 = 1.54 \text{ мм.}$$

Ширина зуба:

$$b_{r1} = 0.93 \cdot b_1 = 0.93 \cdot 12.7 = 11.81 \text{ мм.}$$

Визначимо орієнтовно діаметри отворів під вали:

$$d_g = 10 \cdot \sqrt[3]{\frac{T}{0.2 \cdot \tau_{кр}}}, \quad (3.23)$$

де T - крутний момент на валу зірочок;

$T = 76,66$ Н м – ведуча зірочка;

$T = 241,96$ Н м – ведена зірочка;

$\tau_{кр}$ - допустиме напруження при крученні.

Отже, ведуча зірочка:

$$d_g = 10 \cdot \sqrt[3]{\frac{76,66}{0.2 \cdot 20}} = 26,52 \text{ мм.}$$

Приймаємо $d_g = 25$ мм.

Ведена зірочка:

$$d_g = 10 \cdot \sqrt[3]{\frac{214,96}{0.2 \cdot 20}} = 37,73 \text{ мм.}$$

Приймаємо $d_g = 40$ мм.

Діаметр ступиці:

$$d_{cz} = (1,8...2,0) \cdot d_g. \quad (3.24)$$

Ведуча зірочка:

$$d_{cz} = 1,8 \cdot 25 = 45 \text{ мм.}$$

Ведена зірочка:

$$d_{cz} = 1,8 \cdot 40 = 72,0 \text{ мм.}$$

Довжину ступиць, ведучої зірочок приймаємо: $L_{cz} = 50$ мм.

Діаметр технологічних отворів в диску веденої зірочки:

$$d_0 = 0,25 \cdot (d_{ob} - d_{cz}), \quad (3.25)$$

$$d_0 = 0,25 \cdot (185,4 - 72) = 28,41 \text{ мм.}$$

Приймаємо $d_0 = 30$ мм.

Діаметр розміщення технологічних отворів в диску:

$$D_0 = 0,25 \cdot (d_{ob} + d_{cz}), \quad (3.26)$$

$$D_0 = 0,25 \cdot (185,84 + 72) = 128,92 \text{ мм.}$$

3.2. Розрахунок проміжного валу приводу картоплекопача

Вихідні дані для розрахунку.

Крутний момент на валу: $T = 214,96$ Нм.

Зусилля, що діє на вал:

$$Fb_1 = 2143,46 \text{ Н;}$$

$$Fb_2 = 5658,87 \text{ Н.}$$

Матеріал з якого виготовлено вал – Сталь 45.

Визначаємо сумарний згинаючий момент.

Визначаємо реакції опор (рис. 2.8):

$$\sum M_A = Fb_1 \cdot a_1 - R_C(a_1 + a_2) + Rb_2(a_1 + a_2 + a_3) = 0;$$

$$\sum M_C = R_A \cdot (a_1 + a_2) - Fb_1 \cdot a_2 + Fb_2 \cdot a_3 = 0;$$

$$R_A = \frac{-Fb_1 \cdot a_2 + Fb_2 \cdot a_3}{a_1 + a_2} = \frac{-2143,46 \cdot 40 + 5658,87 \cdot 74}{60 + 40} = 3330,17 \text{ Н};$$

$$R_C = \frac{Fb_1 \cdot a_1 + Fb_2 \cdot (a_1 + a_2 + a_3)}{a_1 + a_2} = \frac{2143,46 \cdot 40 + 5658,87 \cdot (60 + 40 + 74)}{60 + 40} = 11132,50 \text{ Н}.$$

Перевірка:

$$\sum Y = R_A + Fb_1 - R_C + Fb_2 = 0;$$

$$\sum Y = 3330,17 + 2143,46 - 11132,50 + 5658,87 = 0.$$

Будуємо епюри згинаючих моментів.

$$M_A = 0;$$

$$M_B = R_A \cdot a_1 = 3330,17 \cdot 0,06 = 199,81 \text{ Нм};$$

$$M_C = R_A \cdot (a_1 + a_2) + Fb_1 \cdot a_2 = 3330,17 \cdot (0,06 + 0,04) + 2143,46 \cdot 0,04 = 418,75 \text{ Нм};$$

$$M_D = R_A \cdot (a_1 + a_2 + a_3) + Fb_1 \cdot (a_2 + a_3) - R_C \cdot a_3 = 3330,17 \cdot (0,06 + 0,04 + 0,074) + 2143,46 \cdot (0,04 + 0,074) - 11132,50 \cdot 0,074 = 0$$

Визначимо діаметр вала в небезпечному перетині.

В перетині, згинальний та крутний момент рівні;

$$M = 418,75 \text{ Нм};$$

$$T = 214,96 \text{ Нм}.$$

Еквівалентний момент;

$$M_{ck} = \sqrt{M^2 + 0,75 \cdot T^2} \text{ Нм};$$

$$M_{ck} = \sqrt{418,75^2 + 0,75 \cdot 214,96^2} = 458,26 \text{ Нм}.$$

Діаметр вала:

$$d = 10^3 \sqrt{\frac{32 \cdot M_{ck}}{\pi \cdot \sigma_{np}}} \text{ мм};$$

$$d = 10^3 \sqrt{\frac{32 \cdot 458,26}{\pi \cdot 87,5}} = 37,65 \text{ мм}.$$

Отже, діаметр вала приймаємо $d = 40 \text{ мм}$.

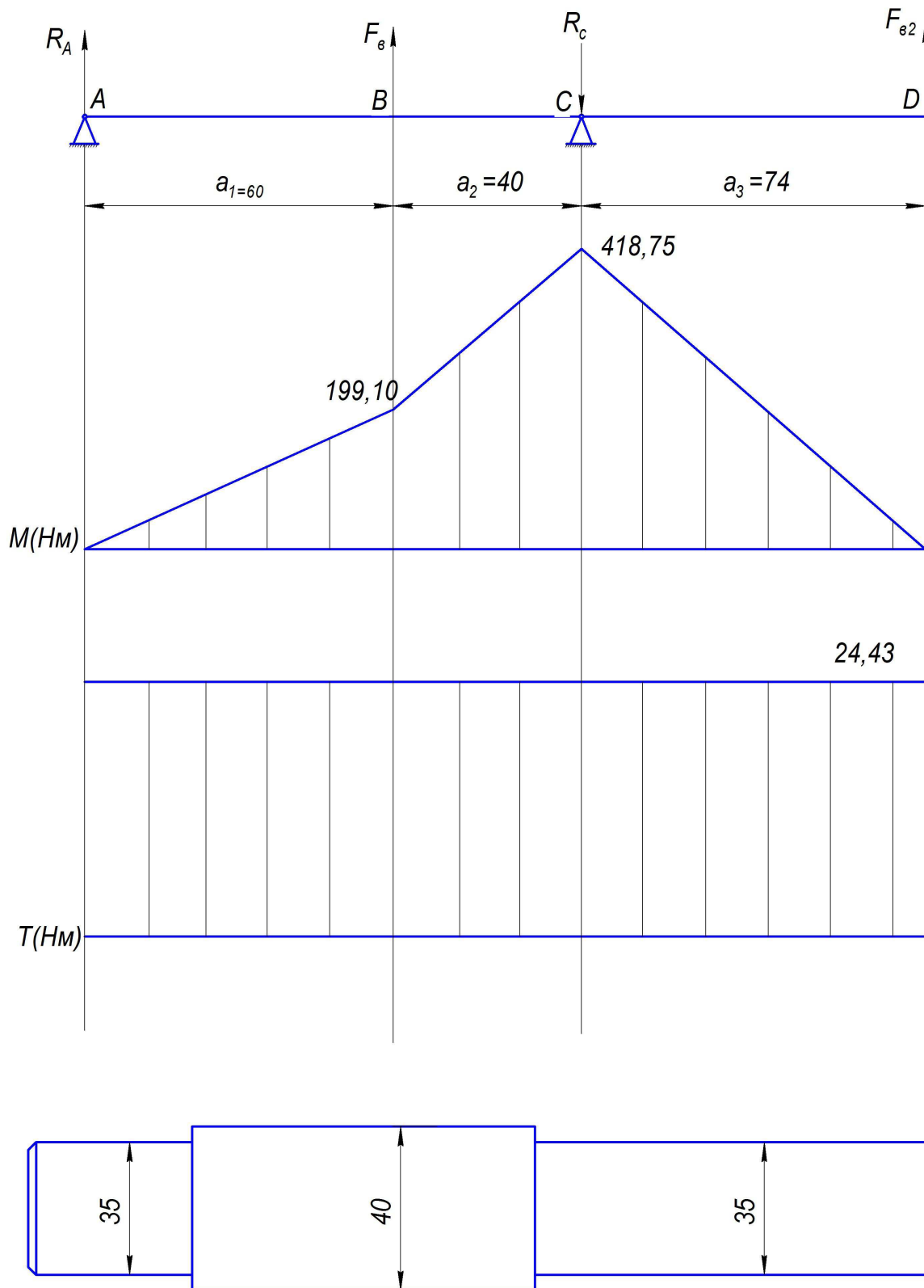


Рис. 3.1. Схема для розрахунку і визначення геометричних розмірів валу

3.3. Вибір підшипників кочення для проміжного вала

Вихідні дані

Сумарне радіальне навантаження на першій опорі (рис. 3.2):

$$P_{rI} = R_A = 3330.17 \text{ Н.}$$

Сумарне радіальне навантаження на другій опорі (рис. 3.2):

$$P_{rII} = R_C = 11132.50 \text{ Н.}$$

Діаметр цапфи вала: $d = 35 \text{ мм.}$

Колова швидкість обертання вала: $w = 18.84 \text{ рад/с;}$

Строк служби: $L_h = 1960 \text{ год.}$

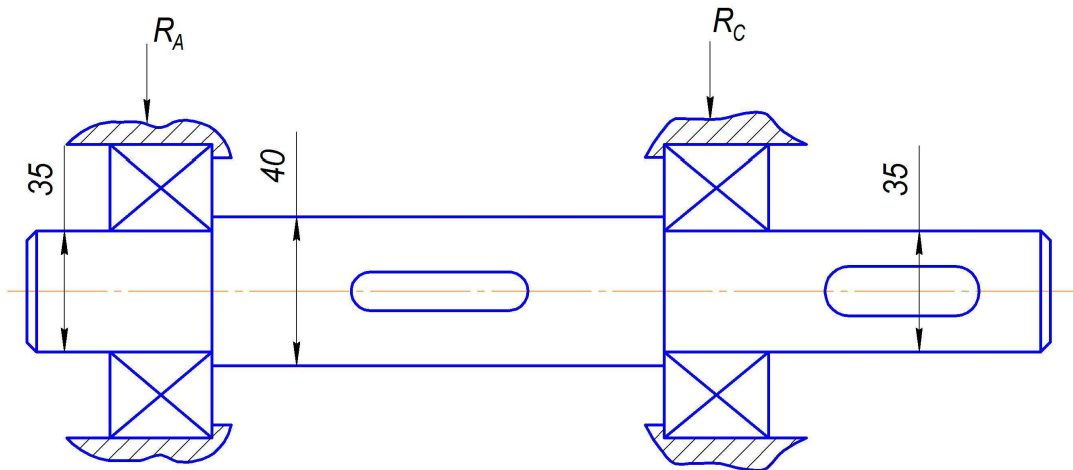


Рис. 3.2. Схема до вибору підшипників для проміжного вала

Орієнтуємось на підшипники легкої серії типа 160404 ГОСТ 8882-75, які мають-економічні показники:

- діаметр внутрішнього кільця $d = 35 \text{ мм;}$
- діаметр зовнішнього кільця $D = 100 \text{ мм;}$
- ширина підшипника $B = 25;$
- допустима динамічна вантажопідйомність $C = 43600 \text{ Н;}$
- допустима статична вантажопідйомність $C_0 = 31900 \text{ Н;}$
- допустима частота обертання $n = 6300 \text{ об/хв;}$
- маса $0,93 \text{ кг.}$

Потрібну довговічність підшипників:

$$L = \frac{573.2 \cdot 18.84 \cdot 1960}{10^6} = 21.16 \text{ млн.об.}$$

Еквівалентне навантаження для другого підшипника, як більш навантаженого:

$$P_{II} = 1.0 \cdot 1132.50 \cdot 1.2 \cdot 1.0 = 13359 \text{ Н.}$$

Отже, потрібна динамічна вантажопідйомність:

$$C_{mp} = 1543.28 \cdot 63.49^{1/3} = 6072.08.$$

Підшипники вибрано вірно, оскільки розрахована динамічна вантажопідйомність не перевищує табличне значення.

Номінальна довговічність підшипників:

$$L = \left(\frac{43600}{13359} \right)^3 = 3476 \text{ млн.об,}$$

або

$$L = \frac{10^6 \cdot 160.67}{573.2 \cdot 56.52} = 4959.36 \text{ год.}$$

Остаточню приймаємо на вхідний вал два підшипника 160204 згідно ГОСТ 8882-75.

3.4. Розрахунок пальця ротора на ударне навантаження

При обертанні ротора відбувається ударна взаємодія чотирьох пальців гребінки ротора з ґрунтом.

Умовно розглянемо палець гребінки ротора як балку довжиною L та діаметром d , один кінець якої жорстко закріплений, а на інший кінець з висоти H падає вантаж вагою P (рис. 3.3).

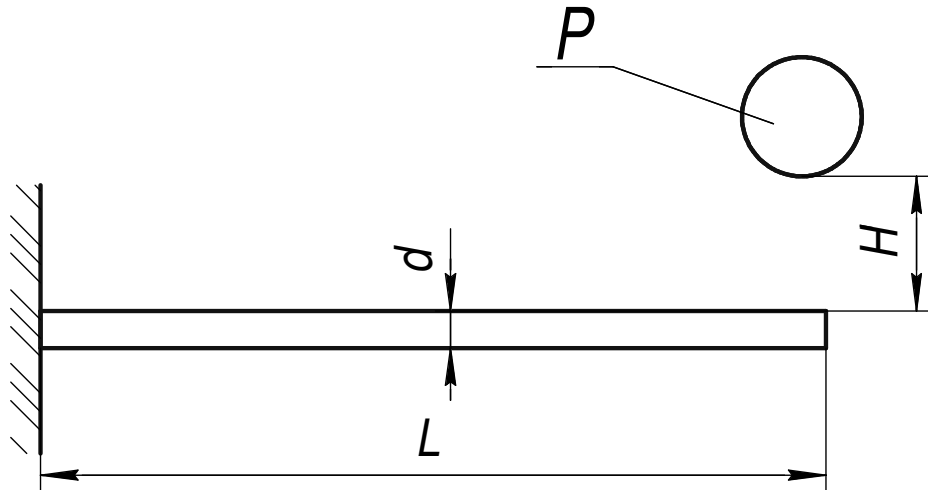


Рис. 3.3. Схема ударного навантаження пальця ротора

Міцність гребінки буде достатня, якщо буде виконуватися умова міцності:

$$\sigma \leq [\sigma], \quad (3.27)$$

де $[\sigma]$ - допустиме напруження від удару при крученні, МПа. Для сталі 65Г $[\sigma]=320\text{МПа}$.

Визначимо статичну деформацію гребінки ротора:

$$f_{cm} = \frac{P \cdot l^3}{3 \cdot E \cdot I}; \quad (3.28)$$

де P – зусилля, з яким гребінка б'є по грядці, кН. $P=0.147\text{кН}$.

L – довжина гребінки, м. $L=0.43\text{м}$.

E – модуль пружності, МПа; $E = 2.1 \cdot 10^5 \text{МПа}$.

I – полярний момент інерції перетину пальця гребінки:

$$I = \frac{\pi \cdot d^4}{32}; \quad (3.29)$$

де d – діаметр обточеної частини пальця гребінки, м. $d=12\text{мм}$;

Тоді,

$$\begin{aligned} f_{cm} &= \frac{P \cdot l^3}{3 \cdot E \cdot I} = \frac{P \cdot l^3 \cdot 32}{3 \cdot E \cdot n \cdot \pi \cdot d^4} = \frac{0.147 \cdot 10^{-3} \cdot 0.43^3 \cdot 32}{3 \cdot 2.1 \cdot 10^5 \cdot 4 \cdot 3.14 \cdot 0.012^4} = \\ &= 2.3 \cdot 10^{-2} \text{ м} = 2.3 \text{ см}, \end{aligned}$$

де $n=4$ – кількість пальців в гребінці ротора.

Статичне навантаження на гребінку визначимо за формулою:

$$\sigma_{cm} = \frac{P \cdot l}{W}; \quad (3.30)$$

де W – момент опору перетину пальця гребінки:

$$W = \frac{\pi \cdot d^3}{16}; \quad (3.31)$$

Тоді,

$$\sigma_{cm} = \frac{P \cdot l}{W} = \frac{P \cdot l \cdot 16}{\pi \cdot n \cdot d^3} = \frac{0.147 \cdot 0.43 \cdot 16}{3.14 \cdot 4 \cdot 0.012^3} = 46.6 \text{ МПа};$$

Визначимо коефіцієнт динамічності:

$$\kappa_{\delta} = 1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot H}{f_{cm}}}; \quad (3.32)$$

де H – висота з якої падає вантаж. Приймаємо $H=200$ мм.

Отже,

$$\kappa_{\delta} = 1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot H}{f_{cm}}} = 1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot 20}{2.3}} = 5.3.$$

Деформацію гребінки визначимо з формули:

$$f_{\delta} = \kappa_{\delta} \cdot f_{cm}; \quad (3.33)$$

$$f_{\delta} = 5.3 \cdot 2.3 = 12.2 \text{ см}.$$

Визначимо динамічне навантаження що діє на гребінку:

$$\sigma_{\delta} = \kappa_{\delta} \cdot \sigma_{cm}, \quad (3.34)$$

$$\sigma_{\delta} = 5.3 \cdot 46.6 = 247 \text{ МПа}.$$

Міцність даної гребінки забезпечується оскільки умова міцності виконується:

$$\sigma = 247 \text{ МПа} \leq [\sigma] = 320 \text{ МПа}.$$

3.5. Комп'ютерне моделювання роботи пружного пальця

Проведемо аналіз напружено-деформованого стану основного елемента робочого органу – пальця ротора.

За допомогою системи тривимірного моделювання SolidWorks створюємо твердотільну модель пальця (рис. 3.4).



Рис. 3.4. Моделювання пружного пальця ротора

За допомогою модуля кінцевоелементного аналізу Simulation системи тривимірного моделювання SolidWorks проводимо аналіз напружено-деформівного стану пружного пальця.

Для цього створюємо триангуляційну сітку кінцевих елементів на 3D-моделі пальця (рис. 3.5, а).

Задаємо умови закріплення пружного пальця у фіксаторах ротора – защемлення верхнього кінця пальця та зусилля, що діють на вільний кінець пальця – горизонтальну силу 147 Н (див. п. 3.4) (рис. 3.5, б).

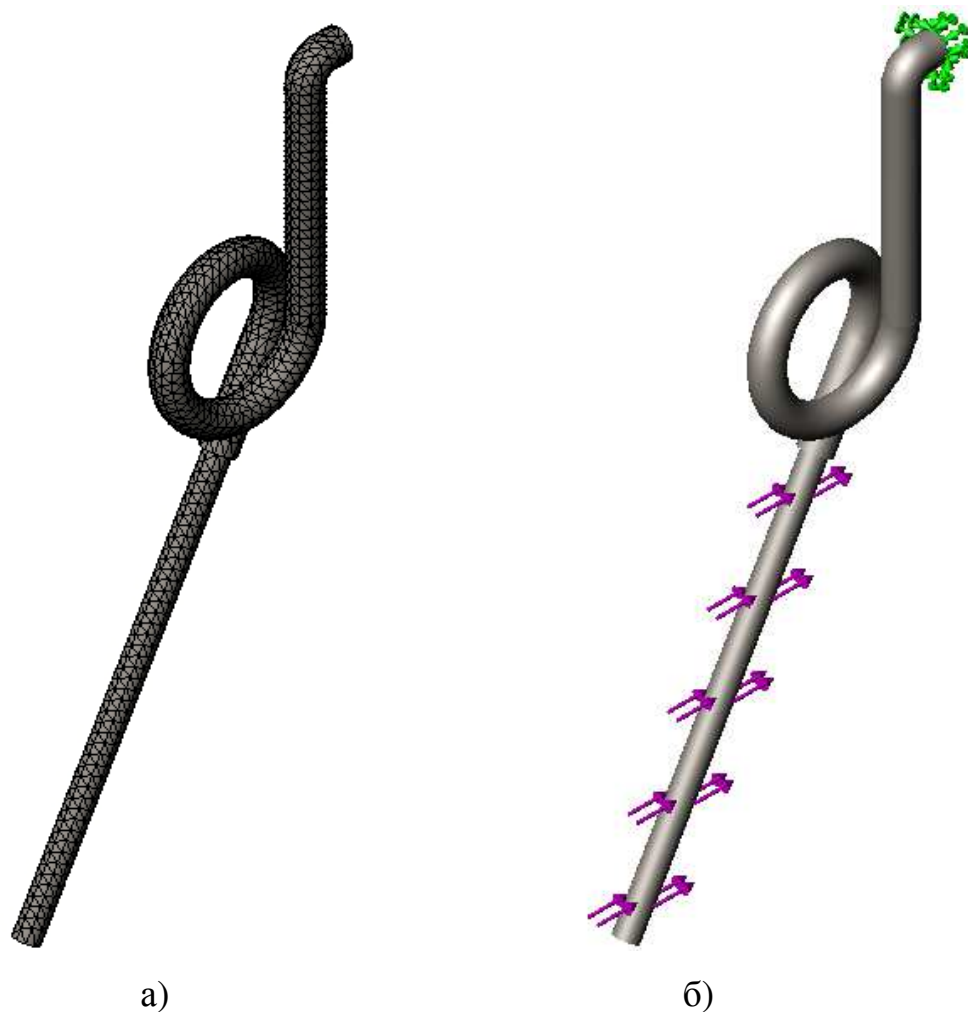


Рис. 3.5. Моделювання пружного пальця ротора:
а – сітка кінцевих елементів;
б – умови закріплення та навантаження.

Результати розрахунку НДС пружного пальця за допомогою модуля кінцевоелементного аналізу Simulation подано на рис. 3.6.

Як бачимо за результатами розрахунку, максимальні напруження в пружному пальці виникають поблизу защемлення і становлять ≈ 227 МПа. Напруження, отримані за результатами моделювання та напруження, отримані шляхом аналітичного розрахунку відрізняються не більше ніж на 8 %. Мінімальне значення коефіцієнту запасу міцності при цьому становить $\approx 1,4$.

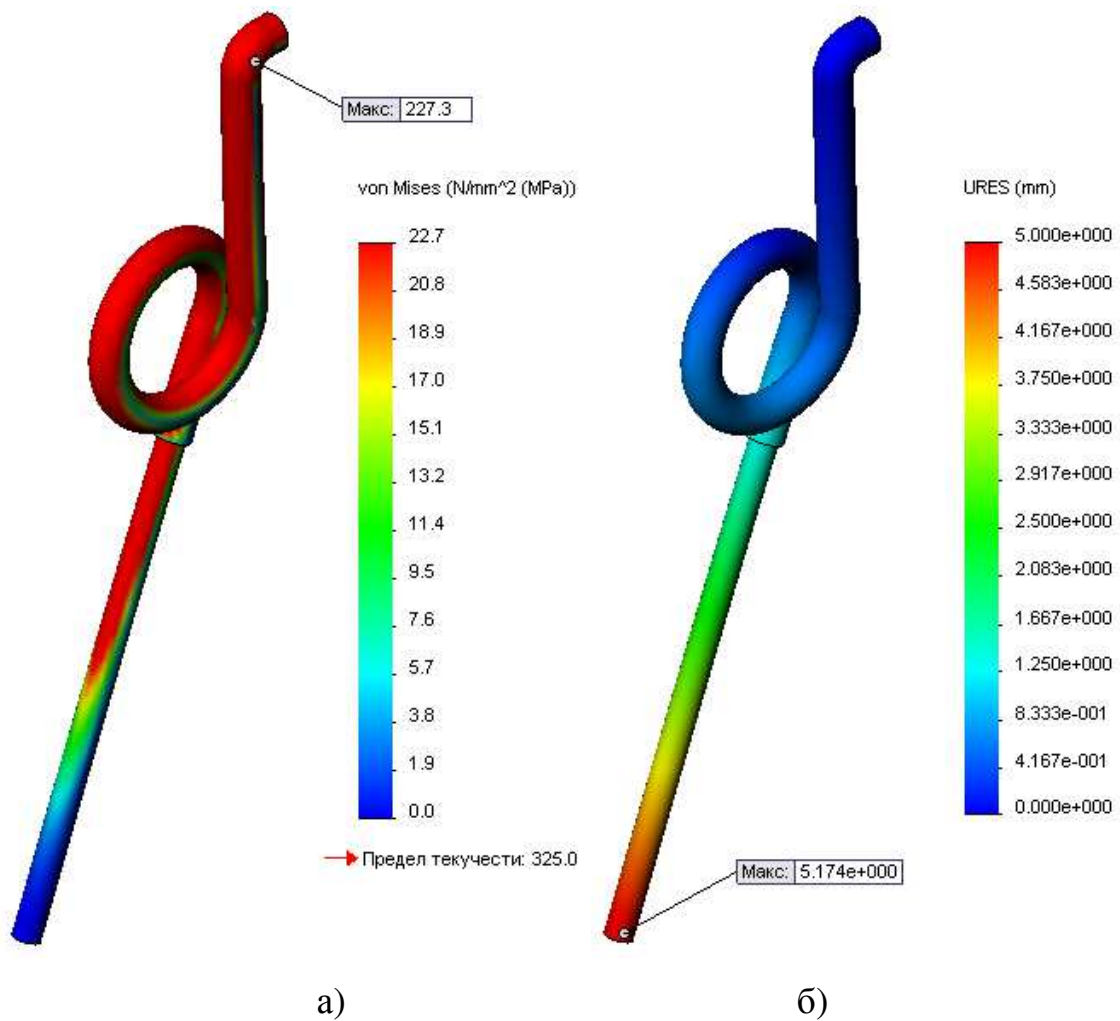


Рис. 3.6. Результати розрахунку напружено-деформованого стану пружного пальця:

а - напружень (за теорією Фон Мізеса); б – деформація пружного пальця.

На рис. 3.6, б показано деформації пружного пальця. Максимальна деформація пальця становить ≈ 5 мм.

4. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1. Нормативно-правові акти з охорони праці

Правовою основою законодавства щодо охорони праці є Конституція України, Закони України та Кодекс законів про працю України (КЗпП).

Законодавчими актами, що визначають основні положення з охорони праці є загальні закони України, а також спеціальні законодавчі акти, як, приймаються кабінетом Міністрів України, Державним комітетом з нагляду за охороною праці Міністерством праці та соціальної політики, Міністерством охорони здоров'я й ін.

Крім законодавчих актів України, правові відносини у сфері охорони праці регулюються нормативно-правовими актами з охорони праці.

Нормативно-правові акти з охорони праці – це правила, норми, регламенти, положення, стандарти, інструкції та інші документи, обов'язкові для виконання.

Перелік законодавчих і нормативно-правових актів наведено в додатках. До найважливіших нормативно-правових актів із питань охорони праці відносять державні нормативні акти про охорону праці (ДНАОП). Залежно від сфери дії ДНАОП можуть бути міжгалузевими або галузевими.

Державні міжгалузеві нормативні акти про охорону праці - це ДНАОП загальнодержавного користування, дія яких поширюється на всі підприємства, організації України незалежно від галузей належності.

Галузеві ДНАОП поширюються тільки на певну галузь у масштабі України і передбачають гарантії безпечних умов праці, що специфічні тільки для даної галузі.

ДНАОП поділяються на вісім видів уніфікованої форми для однакового застосування: правила; стандарти; норми; положення, статuti; інструкції, керівництва, вказівки; рекомендації, вимоги; технічні умови безпеки; переліки.

Згідно із Законом України "Про охорону праці" (ст. 28), нормативно-правові акти переглядаються в міру впровадження досягнень науки і техніки, що сприяють поліпшенню безпеки, гігієни праці та виробничого середовища, але не рідше ніж один раз на десять років.

Державні нормативні акти (ДНАОП) потрібно відрізнити від відомчих документів про охорону праці (ВДОП), які можуть розроблятися на їх основі і затверджуватися міністерствами, відомствами України або асоціаціями, концернами та іншими об'єднаннями підприємств для конкретизації вимог ДНАОП відповідно до специфіки галузі.

Роботодавець або уповноважений ним орган розробляють на основі ДНАОП і затверджують власні положення, інструкції або інші нормативно-правові акти про охорону праці, що діють у межах підприємства. Відповідно до рекомендацій Держпромгірнагляду щодо Порядку опрацювання і затвердження нормативних актів про охорону праці, що діють на підприємстві (наказ № 132 Державного комітету з нагляду за охороною праці від 12 грудня 1993 р.) до основних нормативних актів підприємства належать:

1. Положення про систему управління охороною праці на підприємстві;
2. Положення про службу охорони праці підприємства;
3. Положення про комісію з питань охорони праці підприємства;
4. Положення про роботу уповноваженого трудового колективу з питань охорони праці;
5. Положення про навчання, інструктаж і перевірку знань працівників з питань охорони праці;
6. Положення про організацію та проведення первинного і повторного інструктажів, а також пожежно-технічного мінімуму;
7. Наказ про порядок атестації робочих місць щодо їх відповідності нормативним актам про охорону праці;
8. Положення про організацію попереднього і періодичного медичного огляду працівників;

9. Інструкції з охорони праці для працюючих за професіями і видами робіт;
10. Перелік робіт з підвищеною небезпекою;
11. Перелік посадових осіб підприємства, які зобов'язані проходити попередню і періодичну перевірку знань з охорони праці;
12. Наказ про порядок забезпечення працівників спецодягом, спецвзуттям та іншими засобами індивідуального захисту.

Згідно з чинним нині в Україні Положенням про розробку інструкцій з охорони праці, затвердженим наказом Держнаглядохоронпраці 29 січня 1998 р. за № 9, передбачено періодичність перевірки інструкцій з охорони праці не рідше, ніж один раз на п'ять років, а інструкцій для працюючих за професіями або видами робіт, пов'язаними з підвищеною небезпекою - не рідше ніж раз на три роки.

4.2. Вимоги техніки безпеки при роботі картоплекопача КТН-1Б

При експлуатації картоплекопалки КТН-1Б необхідно дотримуватися вимог безпеки передбачених ГОСТ 12.2.111. Для безпечної роботи з цією машиною слід керуватися наступними правилами:

- не допускати до роботи осіб без прав тракториста-машиніста, осіб, які не пройшли інструктаж з техніки безпеки, про що повинен бути зроблений відповідний запис у журналі;
- стороннім особам категорично забороняється знаходитися поблизу працюючої машини;
- забороняється проводити ремонт або регулювання вузлів машини під час роботи;
- всі види регулювань і технічного огляду виконувати тільки після зупинки машини і при виключеному двигуну трактора;

- забороняється проводити будь-які роботи при відчепленій машині, якщо під її колеса не поставлені противідкатні башмаки;
- забороняється робота на агрегаті у незаправленому одязі;
- перед початком роботи слід переконатися у повній справності всього агрегату, перевірити наявність і міцність кріплень всіх захисних щитків і кожухів; не розпочинати роботу при знятих кожухах;
- про початок руху агрегату необхідно попередити сигналом людей, які стоять поблизу;
- не можна торкатися руками робочих органів машини під час її роботи;
- забороняється знаходитися попереду, позаду і зліва агрегату під час його роботи;
- слід остерігатися рухомих частин механізму;
- у кабіні трактора необхідно мати аптечку і слідкувати за поповненням її всіма необхідними медикаментами;
- після зупинки машини обов'язково перевести важіль коробки зміни швидкостей у нейтральне положення і виключити вал відбору потужностей;
- обганяти транспорт, який рухається, швидкість руху якого перевищує вказану транспортну швидкість машини забороняється;
- перевезення агрегатованої машини у нічний час, під час сильного туману забороняється;
- перегін машини дорогами загального користування необхідно проводити відповідно до "Правил дорожнього руху";
- періодично обновляти знаки безпеки, які є на машині.

До роботи з технічного обслуговування, транспортування, обкатки і використання машини допускаються особи, які досягли 18 років, пройшли медичний огляд, спеціальну підготовку, інструктаж з техніки безпеки і протипожежної безпеки при наявності відповідного посвідчення.

Працювати необхідно у зручному одязі, щоб не допустити його попадання у рухомі частини машини.

При одночасному обслуговуванні, ремонту машини кількома виконавцями необхідно призначити старшого групи, доручивши йому контроль за дотриманням правил техніки безпеки (черговості робіт).

У машині повинна бути аптечка з необхідними медикаментами.

Стандарт ДСТУ 2489-93 встановлює загальні вимоги, які забезпечують безпеку праці при використанні начіпних і причіпних машин, транспортуванні і зберіганні і загальні ергономічні вимоги до робочого місця оператора.

Конструктивне виконання машин та здійснення ними функціонального призначення повинні відповідати вимогам стандарту ДСТУ 2189-93 з урахуванням: загальних вимог безпеки згідно ГОСТ 12.2.003, ГОСТ 12.3.002: пожежної безпеки згідно з ГОСТ 12.1.004 та „Загальними правилами пожежної безпеки для об’єктів сільськогосподарського виробництва”, біологічної безпеки за ГОСТ 12.1.008; вимог до знаків безпеки згідно з ГОСТ 12.4.026; вимог до загородження та блокіровок, а також до засобів малої механізації згідно з ГОСТ 12.2.042.; ергономічних вимог згідно з ГОСТ 12.2.049.

Наявність на причіпних, напівпричіпних машинах робочих та стоянкових гальм повинна бути встановлена у технічних вимогах. Стоянкові гальма повинні утримувати машину на схилі не менше 18%.

Устаткування робочими та стоянковими гальмами і страховими ланцюгами (тросами) типу тракторних причіпів або напівпричіпів є обов’язковим.

Машини, ширина яких перевищує габарит енергозасобу, повинні бути устатковані світлоповертачами; задні світлоповертачі повинні бути червоного, передні – білого кольорів. Розташування їх на машині – згідно з ГОСТ – 8769.

Допускається замість світлоповертачів нанесення на елементи продукції машини кругів, трикутників або прямокутників червоного або білого кольорів, вписаних в окружність діаметром 100 мм.

Допускається також нанесення на елементи конструкції машини чергування червоних та білих або жовтих та чорних смуг під кутом 45 ° до вертикалі, які чергуються з відстанню між ними 50 мм. Вони також можуть наноситися на сигнальні щити не менше 250×250 мм.

Смуги та фігури повинні бути виконані із світловідбивних матеріалів (фарба, плівка та інше).

Машини, які при агрегуванні з енергозасобами закривають прилади світлової сигналізації енергозасобу, повинні бути устатковані власними приладами світлової сигналізації.

Конструкція машин повинна забезпечувати можливість їх навішування та приєднання до ЕЗ одним оператором. Виняток обумовлюється в технічних умовах на машину. Причіпні та напівпричіпні машини повинні мати жорсткі причіпні пристрої.

Машини та робочі органи повинні бути устатковані механічними фіксаторами, які утримують їх у транспортному положенні.

Місця встановлення засобів пожежогасіння повинні біти легкодоступними та забезпечувати їх знімання без застосування інструменту.

Машини, які мають робочі місця оператора, повинні бути обладнані: площадками, підніжками, поручнями, сидіннями, тентом або, по вимозі замовника – кабіною.

Ширина робочої площадки оператора повинна бути не менше 600 мм, довжина – не менше 1000 мм.

Основа площадок, східця – підніжки повинна бути виконана з матеріалів, які забезпечують протиковзання.

Робоче місце оператора повинно бути захищено від викидання ґрунту з-під коліс та робочих органів машини.

Місця обслуговування машин повинні знаходитися на висоті від 700 до 1300 мм від опори ніг оператора.

У технічно обґрунтованих випадках допускається збільшення цього розміру.

Загальне число робочих рухів операторів на хвилину не повинно перевищувати 25.

Елементи конструкції машин повинні забезпечувати безпечний та зручний підхід до них при монтажі, технічному обслуговуванні та ремонті.

Машини, які мають робочі місця оператора, повинні мати систему звукової сигналізації для зв'язку з оператором ЕЗ. Рівень звуку звукового сигналу повинен бути на 8 дБ вище рівня звуку зовнішнього шуму від роботи самого агрегату.

На видних місцях елементів конструкції машин повинні бути написи, або закріплені таблички з написами безпеки, виробничої санітарії, пожежної безпеки та щодо розміщення важелів керування.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі розглянуто вітчизняні та зарубіжні технології та машини для збирання картоплі на приватних ділянках площею 0,05 – 2 га.

Запропоновано ряд заходів з удосконалення картоплекопача начіпного роторного, що полягають в удосконаленні форми лемеша, приводу ротора (заміна редуктора на ланцюгову передачу) та пальців ротора (заміна пальців із жорстким кріпленням на роторі на пальці з пружним кріпленням на роторі копача, обладнання пальців наконечниками з фторопласту).

Впровадження запропонованих інженерних рішень дасть можливість зменшити конструктивну масу машини приблизно на 9 %, що приведе до зменшення енергетичних затрат при її агрегуванні приблизно на 10% та зменшити кількість пошкоджених бульб.

Удосконалення картоплекопача дасть можливість зменшити як експлуатаційні затрати, так і вартість машини в цілому, що в час ринкових відносин особливо важливо для малих фермерських господарств.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Войтюк Д.Г., Гаврилук Г.Р. Сільськогосподарські машини. – К.: Урожай, 1994. – 446 с.
2. Гайченко В.А. Основи безпеки життєдіяльності людини. – К.: МАУП, 2002. – 232с.
3. Довідник з охорони праці в сільському господарстві / За ред. С.Д. Лахмана. – Київ: Урожай, 1990. – 396 с.
4. Експлуатація та ремонт сільськогосподарської техніки: Підручник: У 3 кн. / За ред. А.Ф. Головчука. – Кн. 3: Машини сільськогосподарські / А.Ф. Головчук, В.І. Марченко, В.Ф. Орлов. – К.: Грамота, 2005. – 576 с.
5. Іванчук, А. В. Деталі машин: навч. посібник / А.В. Іванчук. – Вінниця: ТОВ фірма «Планер», 2010. – 336 с.
6. Звіт про науково-дослідну роботу по розробці впровадження технологій і комплексу машин для виробництва картоплі на присадибних та фермерських ділянках. - Глеваха, 1996.
7. Комп'ютерне моделювання систем та процесів. Методи обчислень/ Р.Н. Кветний, І.В. Богач, О.Р. Бойко та ін. / За ред. Р.Н. Кветного. – У двох част. – Вінниця: ВНТУ, 2012.
8. Малащенко В.О., Янків В.В. Деталі машин. Проектування елементів механічних приводів: Навчальний посібник. – Львів: «Новий Світ-2000», 2018. – 264 с.
9. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи для студентів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за освітньо-професійною програмою «Агроінженерія» / Олексюк В.П., Сташків М.Я. – Тернопіль: ТНТУ ім. І Пулюя, 2022. – 47 с.
10. Механіко – технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів / О.М. Царенко, Д.Г. Войтюк, В.М. Швайко та ін. / За ред. С.С. Яцуна. – К.: Мета, 2003. – 448 с.

11. Момот Д. І., Янчевський І. В. Механічні передачі. Розрахунок на міцність і проектування приводів машин: Навч.-метод. посібник. – Харків: Вид-во ХНАДУ, 2011. – 248 с.
12. Практикум із машиновикористання в рослинництві: Навч. Посібник / За ред. І.І. Мельника. – К.: Кондор, 2004. – 284 с.
13. Примак І. Д. Екологічні проблеми землеробства / І. Д. Примак, Ю. П. Манько, Н. М. Рідей та ін. / За ред. І. Д. Примака. – К.: Центр учбової літератури, 2010. – 456 с.
14. Рослинництво: Підручник / О.І. Зінченко, В.Н. Салатенко, М.А. Білоножко; За ред.. О.І. Зінченка. – К Аграрна освіта, 2001. – 591 с.
15. Рудь Ю.С. Основи конструювання машин: Підручник для студентів інженерно-технічних спеціальностей вищих навчальних закладів. 2-е вид., переробл. - Кривий Ріг: Видавець ФО-П Чернявський Д.О., 2015. – 492 с.
16. Сисолін П.В. Методи проектування сільськогосподарських машин для полеводства. – К.: Темплан, 1993. – 152 с.
17. Сисолін П.В., Сало В.М., Кропівний В.М. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування. – Т.1. Машини для рільництва. – К.: Урожай, 2001. – 384 с.
18. Хомик Н.І. Методичний посібник до виконання дипломної роботи для здобуття освітнього ступеня «магістр» для студентів денної та заочної форм навчання спеціальності 133 Галузеве машинобудування з орієнтацією на спеціалізацію «Машини сільськогосподарського виробництва» / Н.І. Хомик, М.Я. Сташків, В.П. Олексюк. – Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2018. – 164 с.
19. <https://plastics.ua/industrial/ua/products/engineer/peek/>

ДОДАТКИ