

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)

« »

2026 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня бакалавр

(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 208 Агроінженерія

(шифр і назва спеціальності)

студенту Заболотному Арсену Володимировичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Удосконалення процесу викопування картоплі однорядним картоплекопачем зі зміною конструкції робочих органів

Керівник роботи Мартинюк Вікторія Валентинівна, PhD

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

Затверджені наказом ректора від « 22 » січня 2026 року № 4/9-56

2. Термін подання студентом завершеної роботи 22 червня 2026 року

3. Вихідні дані до роботи картоплекопач КТ-0,6

робоча швидкість машини на основних операціях до 5,5км/год;

ширина міжрядь картоплі 0,6-0,7м; кількість рядків, що збирається 1шт.; частота коливань віброуючих боковин 9,4рад/с; врожайність картоплі 200-300ц/га; продуктивність за годину основного часу 0,33га/год; глибина підкопування при збиранні підгорнутих рядків 17-22см;

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити) Реферат. Вступ. 1. Аналіз машин для картоплевикопування. 2. Рекомендації з покращення картоплекопача КТ-0,6.

3. Інженерно-технологічні розрахунки механізмів картоплекопача. 4. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці. Загальні висновки.

5. Перелік графічного матеріалу (з точних зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

1. Типові схеми підкопууючих робочих органів та конструкцій сепаруючих механізмів – 1А4.

2. Схематизація процесу викопування картоплі – 1А4. Картоплекопач тракторний КТ-0,6 – 1А4.

3. Схема робочого процесу самохідного картоплекопача-навантажувача КСК-4-1 -1А4. 4. Схема робочого процесу картоплезбирального комбайна ККУ-2А – 1А4.

5. Технологічна схема картоплекопача КТ-0,6 – 1А4. 6. Схема для розрахунку пруткового Транспортера картоплекопача – 1А4. 7. Схема коливного лемеша картоплекопача.

8. Картоплекопач тракторний КТ-0,6. Складальне креслення – 2А4.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	Лазарюк В.В., доцент		

7. Дата видачі завдання

23 січня 2026 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін етапів виконання роботи	Примітка
1	Аналіз машин для картопле вкопування	до 12.05.2026	
2	Рекомендації з покращення картоплекопача КТ-0,6	до 26.05.2026	
3	Інженерно-технологічні розрахунки механізмів картоплекопача	до 13.06.2026	
4	Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	до 13.06.2026	
5	Реферат. Вступ. Загальні висновки	до 15.06.2026	
6	Ілюстративний матеріал	до 16.06.2026	

Студент

_____ (підпис)

Заболотний А.В.

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Мартинюк В.В.

_____ (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Автор роботи – Заболотний Арсен Володимирович.

Тема роботи – «Удосконалення процесу викопування картоплі однорядним картоплекопачем зі зміною конструкції робочих органів».

Робота виконана на кафедрі технічної механіки та сільськогосподарських машин ТНТУ імені Івана Пулюя.

Керівник роботи – Мартинюк Вікторія Валентинівна, PhD, старший викладач кафедри технічної механіки та сільськогосподарських машин.

Структура роботи. Робота складається зі вступу, 4 розділів, загальних висновків, переліку посилань (35 найменувань). Загальний обсяг текстової частини – 73 сторінок на яких є 9 рисунків, додатки розміщені на 1 сторінці. Ілюстративний матеріал розміщений на 13 аркушах формату А4.

Актуальність теми роботи. Картопля є однією з провідних сільськогосподарських культур, а процес її збирання належить до найбільш трудомістких і відповідальних етапів технології вирощування. Ефективність викопування бульб істотно залежить від фізико-механічних властивостей картоплі, вологості та механічного складу ґрунту, а також від досконалості робочих органів картоплекопача. За роботи на середніх і важких ґрунтах, особливо за підвищеної вологості, традиційні машини не завжди забезпечують належну сепарацію ґрунту, що призводить до зростання втрат урожаю та пошкодження бульб. У зв'язку з цим удосконалення процесу викопування картоплі однорядним картоплекопачем зі зміною конструкції робочих органів є актуальним і має практичне значення для підвищення якості збирання та ефективності використання сільськогосподарської техніки.

Мета роботи. Підвищення ефективності процесу викопування картоплі однорядним картоплекопачем шляхом удосконалення конструкції його робочих органів та обґрунтування основних конструктивно-технологічних параметрів.

Об'єкт дослідження. Технологічний процес викопування картоплі однорядним картоплекопачем.

Предмет дослідження. Конструктивні та технологічні параметри робочих органів однорядного картоплекопача, зокрема котка-копіра, підрізних дисків, лемешів, основного та поперечного сепаруючих елеваторів, а також їх вплив на повноту сепарації ґрунту і бадилля, втрати картоплі та пошкодження бульб.

Практичне значення отриманих результатів. Отримані результати можуть бути використані під час удосконалення конструкції картоплекопача КТ-06, вибору раціональних параметрів його робочих органів і підвищення ефективності сепарації картопляного вороху. Запропоновані рішення спрямовані на покращення відділення ґрунту та бадилля, зменшення втрат бульб і зниження їх пошкодження, зокрема за рахунок обґрунтування параметрів сепаруючих елеваторів та застосування прутків із гумовим покриттям.

Ключові слова: картопля, картоплекопач, викопування картоплі, робочі органи, леміш, коток-копір, сепаруючий елеватор, бульби, сепарація ґрунту, втрати картоплі, пошкодження бульб, картоплекопач КТ-06.

ЗМІСТ

	стр.
ВСТУП	7
1. АНАЛІЗ МАШИН ДЛЯ КАРТОПЛЕВИКОПУВАННЯ	8
1.1 Фізико-механічні властивості картоплі та особливості їх збирання	8
1.2 Огляд машин для викопування картоплі	15
2 РЕКОМЕНДАЦІЇ З ПОКРАЩЕННЯ КАРТОПЛЕКОПАЧА КТ-0,6	26
2.1 Опис технологічної схеми і процесу роботи картоплекопача КТ-06	26
2.2 Технологічні властивості бульб і ґрунтових грудок	29
2.3 Розрахунок продуктивності та вибір технологічного процесу картоплекопача КТ-06	31
3 ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ МЕХАНІЗМІВ КАРТОПЛЕКОПАЧА	34
3.1 Геометричний розрахунок лемеша	34
3.2 Розрахунок сепаруючого елеватора картоплекопача	43
3.3 Завантаження сепаруючих робочих органів картоплекопача	45
3.4 Розрахунок на удар прутка сепаруючого транспортера	47
4. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ	52
4.1 Основні заходи запобігання нещасним випадкам та професійним захворюванням	52
4.2 Основні вимоги безпеки до будови та експлуатації технічного обладнання	53
4.3 Вимоги безпеки при роботі картоплекопача КТ-0,6 та при підготовці до роботи	57
4.4 Заходи дезактивації картоплекопача та інших видів техніки після радіоактивного зараження	62
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	66
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	68
ДОДАТКИ	73

ВСТУП

Картопля належить до найважливіших сільськогосподарських культур, що має значне продовольче, кормове та технічне значення. Її вирощування посідає важливе місце в аграрному виробництві, а стабільне отримання якісного врожаю значною мірою залежить не лише від умов вирощування, але й від рівня технічного забезпечення процесу збирання. Однією з найбільш відповідальних операцій у технології вирощування картоплі є її викопування, оскільки саме на цьому етапі можливі суттєві втрати врожаю, пошкодження бульб, погіршення товарної якості продукції та зниження ефективності виробництва загалом.

Складність процесу викопування картоплі зумовлена тим, що бульби залягають у ґрунті на певній глибині та розміщуються гніздами, а їх механічна міцність, форма, маса, стан шкірки і зв'язок зі столонами істотно впливають на умови взаємодії з робочими органами машин. Водночас ефективність роботи картоплезбиральної техніки значною мірою визначається фізико-механічними властивостями ґрунту, його вологістю, грудкуватістю, наявністю рослинних решток і здатністю підкопаного шару до сепарації. За підвищеної вологості або на важких ґрунтах процес відділення бульб від ґрунтових домішок ускладнюється, що призводить до зниження якості роботи машин та зростання пошкоджень бульб.

У сучасному сільськогосподарському виробництві для збирання картоплі застосовують картоплекопачі та картоплезбиральні комбайни різних конструкцій. Проте на практиці існуючі технічні засоби не завжди забезпечують необхідну повноту сепарації ґрунту, особливо в складних ґрунтово-кліматичних умовах. Це зумовлює необхідність удосконалення конструкції робочих органів машин, підвищення стабільності їх технологічного процесу та зменшення втрат і пошкоджень бульб під час викопування. Саме тому тема удосконалення процесу викопування картоплі однорядним картоплекопачем є актуальною як з технічної, так і з виробничої точки зору.

1 АНАЛІЗ МАШИН ДЛЯ КАРТОПЛЕВИКОПУВАННЯ

1.1 Фізико-механічні властивості картоплі та особливості їх збирання

Картопля є однією з найважливіших продовольчих, кормових і технічних культур, яка за значенням у сільському господарстві поступається лише зерновим. Її цінність визначається високим вмістом поживних речовин у бульбах. У середньому вони містять близько 17...18 % крохмалю, 1...2 % білка, приблизно 0,5 % цукру та близько 1 % мінеральних солей. Крім того, бульби картоплі містять важливі для організму людини вітаміни, зокрема С, В1, В2, В6, РР та К. Урожайність культури за сприятливих умов вирощування становить у середньому 200...300 ц/га. Завдяки своїм агробіологічним властивостям картопля також є добрим попередником для більшості сільськогосподарських культур у сівозміні [13, 14].

Картоплю широко використовують не лише як харчовий продукт, але й як технічну сировину. Зокрема, її застосовують для виробництва технічного спирту та крохмалю. Механічна міцність бульб значною мірою залежить від ступеня їх стиглості та розмірів. Із збільшенням ступеня дозрівання та розмірів бульб їх міцність підвищується.

Рослина картоплі, як правило, формує від 3 до 6 стебел, довжина яких становить у середньому 60...90 см, а в окремих випадках може досягати 2 м. Діаметр стебел біля основи змінюється в межах 4...20 мм. Співвідношення маси надземної частини рослини (картоплиння) до маси бульб становить приблизно 1/3...1/2. Об'ємна маса картоплиння в ущільненому стані становить близько 133 кг/м³.

Технологія збирання картоплі включає комплекс послідовних операцій, спрямованих на вилучення бульб із ґрунту, їх очищення та підготовку до транспортування або зберігання. Основними операціями технологічного

процесу збирання картоплі є: підкопування або викопування шару ґрунту разом із кущами картоплі; сепарація підкопаної маси, тобто відокремлення бульб від ґрунту та картоплиння, а також видалення каміння та інших домішок; збирання і завантаження бульб у тару або транспортні засоби; перебирання та сортування бульб за розмірами на дрібну, середню та велику фракції.

У сучасних умовах зазначені операції виконуються механізованими засобами або спеціалізованими картоплезбиральними машинами, що забезпечує зменшення втрат урожаю, підвищення продуктивності праці та покращення якості зібраної продукції.

Фізико-механічні властивості бульб картоплі та межі зміни їх основних параметрів наведено в таблиці 1 (додатки). Ці показники мають важливе значення під час проектування та вибору робочих органів машин для збирання, транспортування і післязбиральної обробки картоплі, оскільки вони визначають умови взаємодії бульб з робочими поверхнями обладнання.

У разі значного розвитку надземної частини рослин перед початком збирання рекомендується проводити видалення картоплиння. Цю операцію виконують механічним або хімічним способом за 1...10 діб до початку збирання врожаю. До механічних способів належать скошування, подрібнення або збирання картоплиння спеціальними машинами. Хімічний спосіб передбачає застосування десикантів, що прискорюють підсихання та відмирання надземної маси рослин.

Хімічний спосіб видалення картоплиння полягає в обробці надземної частини рослин спеціальними розчинами хімічних препаратів. Для цього застосовують розчини сірчаної кислоти, ціанаміду кальцію, хлориду магнію та інших речовин. Під дією цих препаратів відбувається швидке підсихання і відмирання рослинної маси, що значно полегшує подальше механізоване збирання картоплі [10, 13].

Збирання картоплі здійснюють кількома технологічними способами: роздільним, комбайновим і потоковим.

За роздільного способу збирання картоплезбиральна машина або копач підкопує шар ґрунту разом із кущами картоплі та виконує часткову або повну сепарацію підкопаної маси. Після цього бульби залишаються на поверхні ґрунту, а їх збирання в тару або транспортні засоби здійснюється вручну.

Комбайновий спосіб передбачає використання спеціалізованих картоплезбиральних комбайнів, які виконують основні операції технологічного процесу одночасно. Машина підкопує шар ґрунту, відокремлює бульби від домішок, здійснює очищення та завантажує зібрану продукцію у тару або безпосередньо в транспортні засоби.

Потоковий спосіб збирання характеризується застосуванням комплексу машин, що працюють у єдиному технологічному ланцюзі. До такого комплексу входять картоплезбиральні агрегати, транспортні засоби для перевезення бульб та сортувальні пункти для їх післязбиральної обробки.

Потокова технологія може реалізовуватися за однофазною або двофазною схемою. Використання такого способу дозволяє підвищити продуктивність картоплезбиральних комбайнів і розширити діапазон їх ефективної роботи, особливо в складних ґрунтово-кліматичних умовах. У разі застосування однофазного способу допускається отримання вороху бульб із підвищеним вмістом домішок, оскільки він одразу транспортується на сортувальний пункт, де здійснюється додаткове очищення і доведення продукції до необхідної товарної якості.

Двофазовий спосіб збирання картоплі передбачає попереднє викопування бульб копачем з двох, чотирьох або шести рядків з подальшим укладанням їх у валок. У сформованому валку бульби залишаються протягом 2...6 годин. За цей час ґрунт частково підсихає, його вологість зменшується приблизно на 3...6 %, а міцність шкірочки бульб підвищується. Після підсихання валок підбирається картоплезбиральним комбайном. Такий спосіб збирання особливо доцільно застосовувати в умовах підвищеної вологості ґрунту, коли пряме комбайнове збирання є ускладненим або взагалі неможливим.

Ефективність роботи картоплезбиральних машин значною мірою залежить від вологості та механічного складу ґрунту, оскільки ці фактори визначають тяговий опір агрегатів і здатність робочих органів до сепарації ґрунтової маси. У твердому стані ґрунт добре відокремлюється від бульб, особливо тоді, коли в його структурі переважають негрудкуваті вологі частинки або грудки, що руйнуються під дією статичного навантаження до 196 Н. Значно складніше відбувається сепарація перезволоженого або пересушеного ґрунту, оскільки для його руйнування потрібні зусилля, які можуть перевищувати допустиме навантаження на бульби. Допустиме навантаження на бульбу не повинно перевищувати приблизно 80 % від руйнівної сили, щоб уникнути їх пошкодження.

У пластичному стані ґрунт характеризується підвищеною міцністю, що призводить до налипання ґрунтової маси на сепаруючі робочі органи машин і зниження їх працездатності. Під час збирання картоплі вологість ґрунту в грядках зазвичай змінюється в межах 10...26 %. Найбільш ефективна робота картоплезбиральних машин спостерігається за вологості ґрунту приблизно 14...20 %.

Збирання картоплі є досить трудомістким процесом, що включає низку технологічних операцій: підкопування кущів разом із шаром ґрунту, відділення бульб від ґрунтових домішок, рослинних решток та інших сторонніх включень. Застосування механізованих засобів дозволяє значно зменшити витрати праці під час виконання цих операцій [13, 14].

Викопування бульб і їх очищення від ґрунту та картоплиння здійснюється за допомогою картоплезбиральних комбайнів. У практиці застосовують кілька способів механізованого збирання картоплі, зокрема потоково-комбайновий, комбайновий, роздільний та роздільний частково механізований.

При потоково-комбайновому способі використовують картоплезбиральні комбайни разом із сортувальними пунктами. Бульби, отримані від комбайна, транспортуються саморозвантажувальними транспортними засобами до

картоплесортувальних пунктів, де відбувається їх додаткове очищення від домішок та сортування за розмірами на відповідні фракції.

Комбінований спосіб збирання передбачає викопування картоплі з двох рядків за допомогою картоплекопача-валкоутворювача з укладанням її між двома суміжними рядками. Після цього валок підбирається картоплезбиральним комбайном. Подальший технологічний процес відбувається аналогічно до потоково-комбайнового способу збирання.

Якщо картоплю збирають роздільним способом, бульби з двох–шести рядків спочатку викопують, частково очищують від ґрунту і укладають на поверхні поля у валок за допомогою картоплекопача-валкоутворювача. Після цього валок підбирають картоплезбиральним комбайном, обладнаним спеціальним підбиральним пристроєм. Подальші технологічні операції виконуються аналогічно іншим способам механізованого збирання.

За роздільного частково механізованого способу бульби викопують і частково очищують від ґрунту за допомогою картоплекопачів, які залишають їх на поверхні поля. Після певного підсихання бульби підбирають вручну. Такий спосіб збирання застосовують переважно на важких або перезволожених ґрунтах, де використання картоплезбиральних комбайнів є утрудненим.

Бульби картоплі розміщуються у ґрунті гніздами. Під час роботи машина викопує їх разом із шаром ґрунту, після чого цей шар подрібнюється та проходить через сепаруючі робочі органи, де відбувається відокремлення бульб. Складність цього процесу полягає в тому, що частка бульб у підкопаному шарі ґрунту становить лише приблизно 1...3 %. Для виділення 4...6 кг бульб дворядна машина повинна подрібнити та відсіяти до 200 кг ґрунтової маси за секунду. Крім того, ступінь подрібнення ґрунтового пласта обмежується механічною міцністю бульб, яка часто є меншою за міцність окремих ґрунтових грудок.

На ефективність роботи картоплезбиральних машин значною мірою впливають також розміри, маса і форма бульб, а також параметри картоплиння.

Надмірно розвинене бадилля ускладнює процес збирання. Бульби з ніжною і неміцною шкіркою, особливо великі (масою понад 200 г), легко пошкоджуються внаслідок ударів об робочі органи машин, поверхні бункерів або при взаємному зіткненні. Довгасті бульби пошкоджуються значно сильніше, ніж округлі. Бульби округлої форми легше переміщуються сепаруючими робочими органами і краще відокремлюються від ґрунту.

Для ефективного застосування машинного способу збирання під час вирощування і селекції картоплі бажано, щоб рослини формували компактні гнізда і мали нерозлогий куц бадилля. Бульби повинні бути переважно округлої форми, з міцною шкіркою і м'якоттю, масою 80...200 г та легко відокремлюватися від стolonів.

Збирання картоплі здійснюють за допомогою картоплекопачів або картоплезбиральних комбайнів. Картоплекопачі викопують бульби із ґрунту та укладають їх на поверхні поля у валки. Подальше підбирання бульб виконується вручну, що пов'язано зі значними витратами праці.

При прямому комбайновому способі збирання картоплезбиральний комбайн виконує всі основні операції технологічного процесу: підкопує шар ґрунту з бульбами, відокремлює їх від ґрунту та рослинних решток, накопичує у бункері і далі вивантажує у транспортні засоби. Після цього зібрану продукцію доставляють на картоплесортувальний пункт для подальшого очищення, сортування та підготовки до зберігання або реалізації.

Картоплезбиральні комбайни повинні забезпечувати високі показники якості роботи. У бункер або тару має надходити не менше 95 % бульб, при цьому частка пошкоджених бульб не повинна перевищувати 5 %. Допустимі втрати бульб масою понад 15 г не повинні перевищувати 3 %.

Для організації потокового збирання та післязбиральної обробки картоплі застосовують спеціальні технологічні комплекси машин. До їх складу входять картоплекопачі, картоплезбиральні комбайни, транспортні засоби, сортувальні машини та сортувальні пункти. Надземну частину рослин перед збиранням

видаляють за допомогою ротаційної косарки-подрібнювача КИР-1,5Б, оснащеної бункером для збирання подрібненого бадилля.

Картоплезбиральні машини повинні забезпечувати ефективну роботу при міжряддях 60...70 см, а також мати пристрої для використання при міжряддях 90 см. Робочі органи машин мають забезпечувати викопування бульб на глибину до 21 см при ширині гнізда до 40 см. При цьому відхилення фактичної глибини ходу робочих органів від заданої не повинно перевищувати ± 2 см. Загальні втрати бульб за машиною допускаються не більше 3 %, при цьому бульби масою менше 20 г у втрати не враховуються.

У разі роздільного збирання картоплекопачами пересіюючого типу ширина розкидання бульб за машиною не повинна перевищувати 1 м. За двофазного способу збирання ширина валка повинна становити приблизно 0,7 м, а валок, сформований із 4...6 рядків, не повинен бути ширшим за 0,9 м. Товщина шару ґрунту разом із бульбами у валку при цьому не повинна перевищувати 10 см.

Маса пошкоджених бульб при збиранні не повинна перевищувати 3 %, а для комбайнів допускається до 12 % від загальної маси зібраної продукції. До пошкоджених відносять бульби, що мають роздавлення, порізи або надрізи з тріщинами довжиною понад 20 мм, потемніння м'якоті від ударів глибиною понад 5 мм, а також бульби зі здертою шкіркою більш ніж на чверть поверхні.

Чистота вороху картоплі повинна становити не менше 97 %, тобто домішки у масі бульб допускаються в межах до 3 %. Для картоплезбиральних комбайнів чистота бульб у бункері повинна бути не менше 97 %, якщо картоплю безпосередньо відправляють на зберігання. У випадку транспортування вороху на картоплесортувальний пункт допускається чистота не менше 80 %.

Картоплесортувальний пункт повинен забезпечувати якісну обробку вороху з початковою засміченістю до 25 %. Під час сортування картопля розділяється на фракції: велику – продовольчу або промислову (понад 80 г),

середню – насінневу (50...80 г) та дрібну – кормову (30...50 г). У кожній із фракцій допускається наявність не більше 10 % бульб суміжної фракції.

Під час сортування кількість пошкоджених бульб не повинна перевищувати 1 %. Картоплесортувальні машини повинні бути обладнані спеціальними пристроями для ручного відбирання сторонніх домішок, а також пошкоджених або уражених хворобами бульб [5–7, 15, 16, 28].

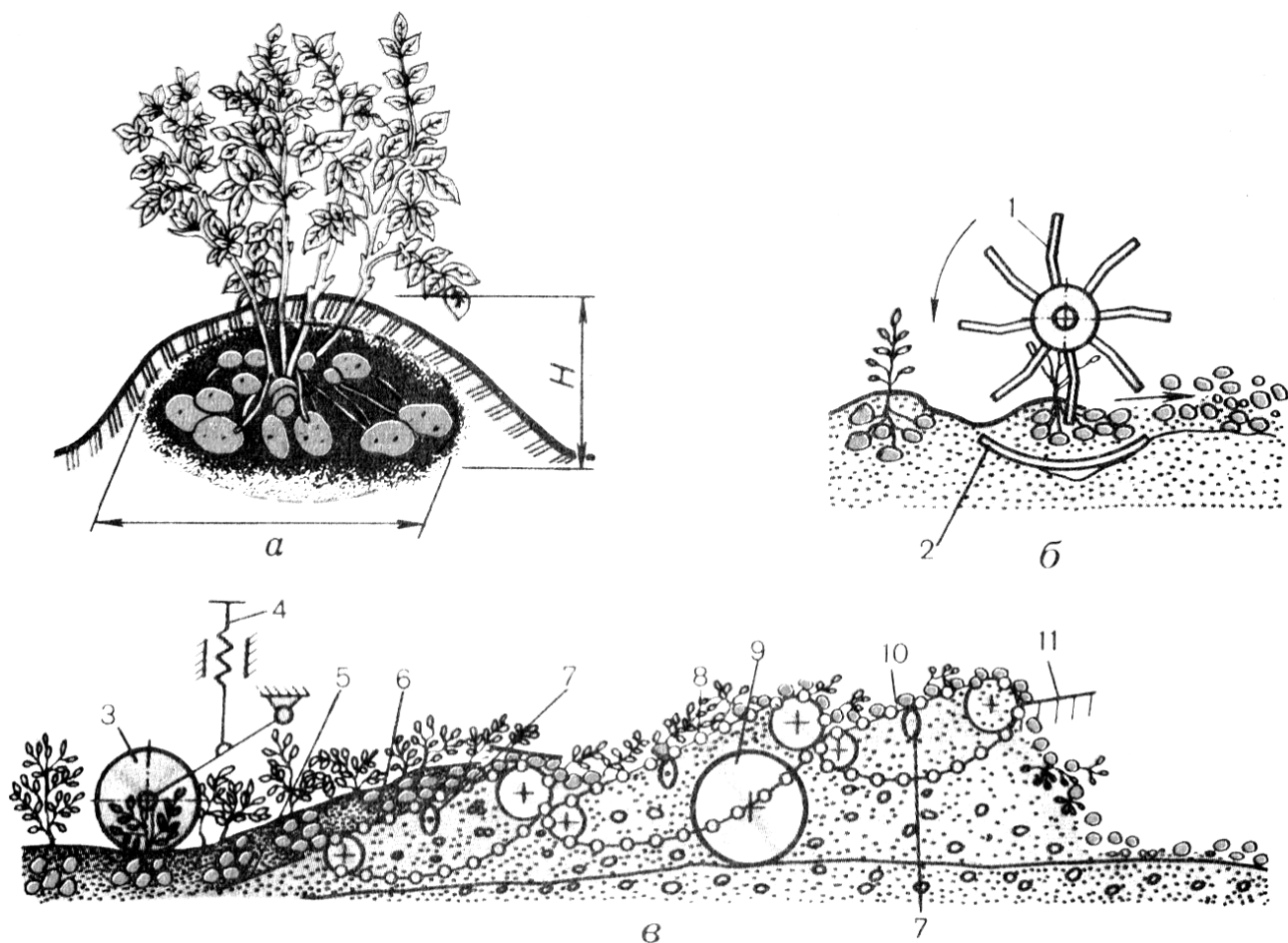
1.2 Огляд машин для викопування картоплі

Картоплекопачі поділяються на роторні, елеваторні, грохотні та комбіновані. Їх застосовують для механізованого викопування бульб і попереднього відокремлення їх від ґрунту та рослинних решток [7, 15, 19].

Під час роботи картоплекопачі підкопують один або два рядки картоплі на глибину залягання бульб. Після підкопування бульбоносний шар ґрунту піддається подрібненню та сепарації. Руйнування ґрунтового пласта відбувається за рахунок струшування, розтягування, ударної дії або стискання. У результаті цього дрібні частки ґрунту відсіюються, а бульби укладаються на поверхню поля у валок, що полегшує їх подальше підбирання.

Роторний картоплекопач КТН-1А (рис. 1.16) застосовують для збирання картоплі, висадженої з міжряддями 60...90 см.

Під час роботи леміш 2 підкопує рядок картоплі та спрямовує бульбоносний пласт до ротора 1, що обертається. Лопаті ротора подрібнюють підкопаний шар ґрунту та відкидають ґрунт разом із бульбами на поверхню поля. Така конструкція забезпечує часткове відокремлення бульб від ґрунту. Картоплекопач агрегатується з трактором Т-25.

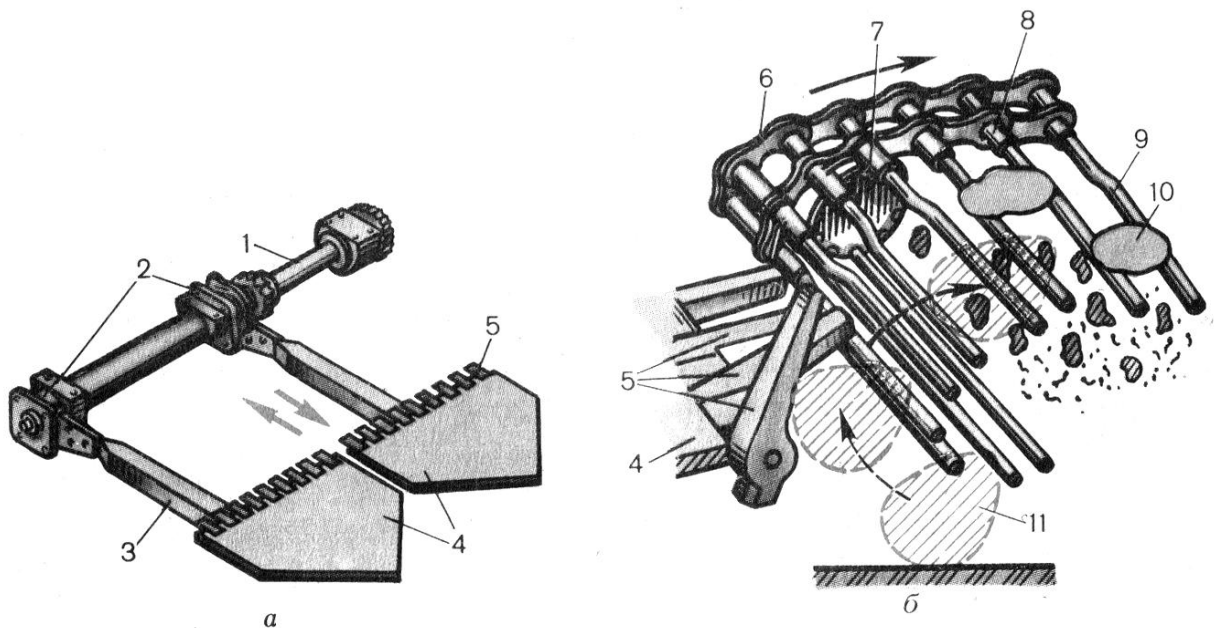


а – схема параметрів куща картоплі; б – принципова схема роботи картоплекопача КТН-1А;
 в – схема технологічного процесу картоплекопача КСТ-1,4.
 а – ширина гнізда бульб; Н – глибина їх залягання у ґрунті; 1 – ротор;
 2 – криволінійний леміш; 3 – опорне колесо; 4 – гвинтовий механізм; 5 – плоский леміш;
 6 – швидкісний елеватор; 7 – еліптичні струшувачі; 8 – основний елеватор;
 9 – ходове колесо; 10 – каскадний елеватор; 11 – захисний щиток

Рисунок 1.1– Картоплекопачі

Картоплекопач КСТ-1,4 є дворядною напівначіпною машиною, призначеною для збирання картоплі, висадженої з міжряддями 60 або 70 см (рис. 1.2). Основне призначення агрегату полягає у викопуванні бульб, частковому відокремленні їх від ґрунту та укладанні на поверхні поля для подальшого підбирання. Машина може ефективно працювати на різних типах ґрунтів, у тому числі на важких, за вологості ґрунту в межах 10...27 %. Також її допускається використовувати на вологих торф'янистих ґрунтах, за винятком

кам'янистих ділянок. Картоплекопач агрегується з тракторами тягового класу 1,4–3,0.



а – активні лемеші; б – елеваторний механізм; 1 – вал приводу; 2 – ексцентрики; 3 – шатун; 4 – лемеші; 5 – відкидні пальці; 6 – ланцюг; 7 – опорний ролик; 8 – втулки; 9 – пруток елеваторного полотна; 10 – бульба картоплі; 11 – камінь

Рисунок 1.2 – Робочі органи картоплекопача КСТ-1,4

Елеваторний напівначіпний картоплекопач КСТ-1,4 обладнаний активними лемешами 5, швидкісним елеватором 6, основним елеватором 8 та каскадним елеватором 10, а також ходовими 9 і опорними 3 колесами. Лемеші встановлені на підвісках, шарнірно з'єднаних із рамою машини, і приводяться в коливальний рух за допомогою шатунів. Амплітуда їх коливань становить близько 14 мм, а частота – 8,3; 9,4 або 10,5 с⁻¹. Регулювання частоти коливань здійснюється шляхом заміни зірочок на валу редуктора.

Колівальні лемеші забезпечують ефективне руйнування ґрунтового пласта, зменшують налипання ґрунту на робочі органи та запобігають накопиченню рослинних решток перед елеватором. Завдяки цьому зменшується тяговий опір машини і забезпечується стабільна робота картоплекопача навіть на важких ґрунтах із підвищеною вологістю.

На лемешах встановлені відкидні пальці, які утворюють ґрати для попереднього просіювання ґрунту та запобігають заклинюванню каміння між лемешами і елеватором. Каміння, захоплене прутками елеватора, піднімає ці пальці і потрапляє на полотно елеватора. Глибина ходу лемешів може досягати 25 см і регулюється за допомогою гвинтового механізму.

Елеватори виконують функцію транспортування і додаткового подрібнення бульбоносного пласта, відділення ґрунту від бульб та просіювання дрібних частинок. Вони розташовані послідовно один за одним із перепадом по висоті. Елеватори являють собою ґратчасті транспортери із замкнутим контуром, верхні гілки яких переміщують матеріал від лемешів до вихідної частини машини. Під час руху верхня гілка елеватора додатково струшується за допомогою еліптичних зірочок.

Полотно елеваторів утворене металевими прутками, кінці яких закріплені у ланках ланцюгів. Швидкісний елеватор має три ланцюги, тоді як основний і каскадний обладнані двома ланцюгами, які спираються на зірочки привідного вала та опорні ролики. Суміжні прутки з'єднані планками і зігнуті у протилежні сторони, що утворює своєрідні кишені та запобігає скочуванню бульб. Прутки каскадного елеватора покриті гумовим шаром, який зменшує пошкодження бульб під час транспортування.

Швидкість руху першого елеватора перевищує швидкість руху копача, тому підкопаний пласт ґрунту розтягується та інтенсивніше подрібнюється, що сприяє кращому відокремленню бульб від ґрунту. Під час переходу з одного елеватора на інший пласт падає і додатково руйнується. Дрібні частинки ґрунту просіюються крізь прутки елеваторів, тоді як нерозбиті грудки та рослинні рештки сходять із каскадного елеватора у валок. Ширину валка регулюють поворотом спеціальних щитків.

Ширина захвату картоплекопача становить 1,4 м. Машину агрегатують із тракторами типу МТЗ-80.

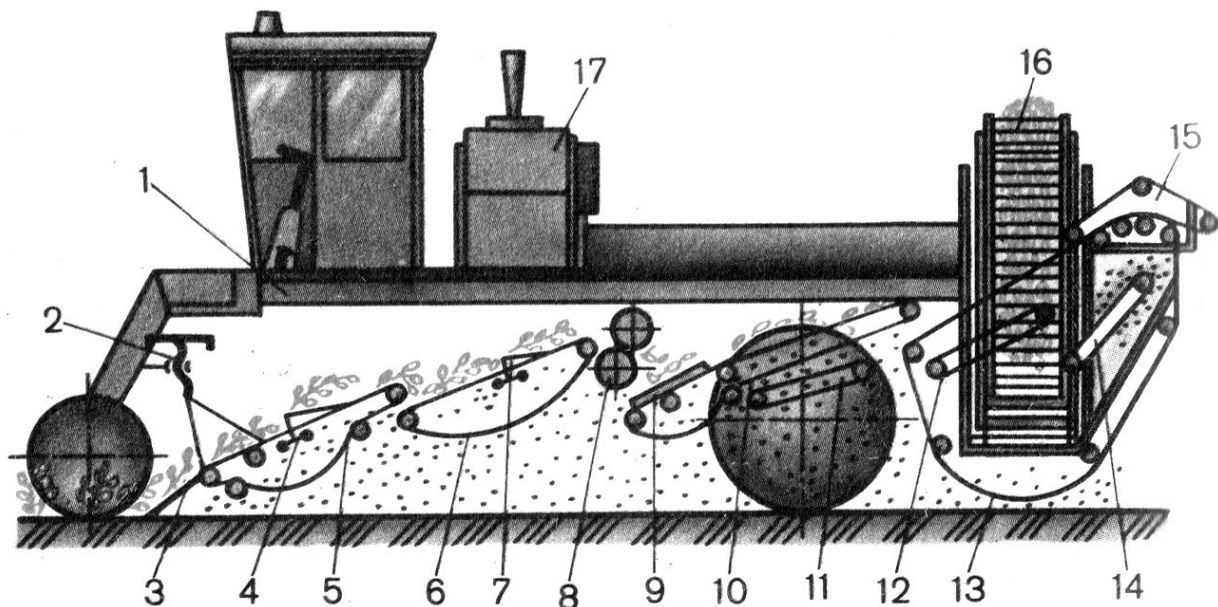
Елеваторний картоплекопач КТН-2В оснащений пасивними лемешами та

двома елеваторами і використовується для збирання картоплі на легких і середніх за механічним складом ґрунтах. Технологічний процес роботи цієї машини подібний до процесу картоплекопача КСТ-1,4. Ширина захвату агрегату становить 1,4 м. Копач агрегується з тракторами типу МТЗ-80.

Самохідний картоплекопач-навантажувач КСК-4-1 призначений для збирання картоплі прямим комбайнуванням з чотирьох рядків на легких, середніх і важких ґрунтах. Для ефективної роботи цієї машини посадка картоплі повинна виконуватися чотирирядною картоплесаджалкою, а міжряддя попередньо обробляються культиватором-підгортачем.

Копач КСК-4-1 складається з таких основних складальних вузлів (рис. 1.3): чотирьох пасивних лемешів 3, першого (основного) 5, другого 6 та третього 10 пруткових елеваторів, двох пар грудкоподрібнювачів 8, двох поперечних транспортерів 9, виносного транспортера 11, проміжного транспортера 12 та вивантажувального транспортера 16. Крім того, машина обладнана пристроєм для видалення бадилля, який включає рідкопрутковий транспортер 13, пальчикову гірку бадиллевидаляча 14 і притискний транспортер 15 [1, 8, 17, 18, 29].

У процесі роботи лемеші підкопують картоплю одночасно з чотирьох рядків і подають підкопаний шар ґрунту разом із бульбами на основний елеватор 5. Завдяки коливальному руху елеватора ґрунтовий пласт руйнується, а частина ґрунту просіюється крізь його прутки. Після первинної сепарації оброблювана маса з першого елеватора надходить на другий елеватор 6, де процес подрібнення ґрунтового пласта та відокремлення бульб від домішок продовжується.



- 1 – шасі машини; 2 – механізм регулювання глибини ходу лемешів; 3 – леміш;
 4, 7 – механізми струшування; 5, 6, 10 – елеватори; 8 – грудкоподрібнювач;
 9, 11, 12, 13, 16 – транспортери відповідно: поперечний, виносний, проміжний,
 рідкопрутковий та вивантажувальний; 14 – гірка бадиллевидаляча;
 15 – притискний транспортер; 17 – двигун

Рисунок 1.3 – Схема робочого процесу самохідного картоплекопача-навантажувача КСК-4-1

Після сходу з другого елеватора 6 бульби разом із домішками спрямовуються до пневматичних балонів-грудкоподрібнювачів 8. Далі маса потрапляє на два поперечні транспортери 9, які переміщують її на третій елеватор 10. Грунт за допомогою транспортера 11 скидається безпосередньо на поверхню поля. З третього елеватора бульби разом із частиною ґрунту надходять на рідкопрутковий транспортер 13. При цьому бульби та ґрунтові грудки передаються на транспортер 12, який подає їх на вивантажувальний транспортер 16.

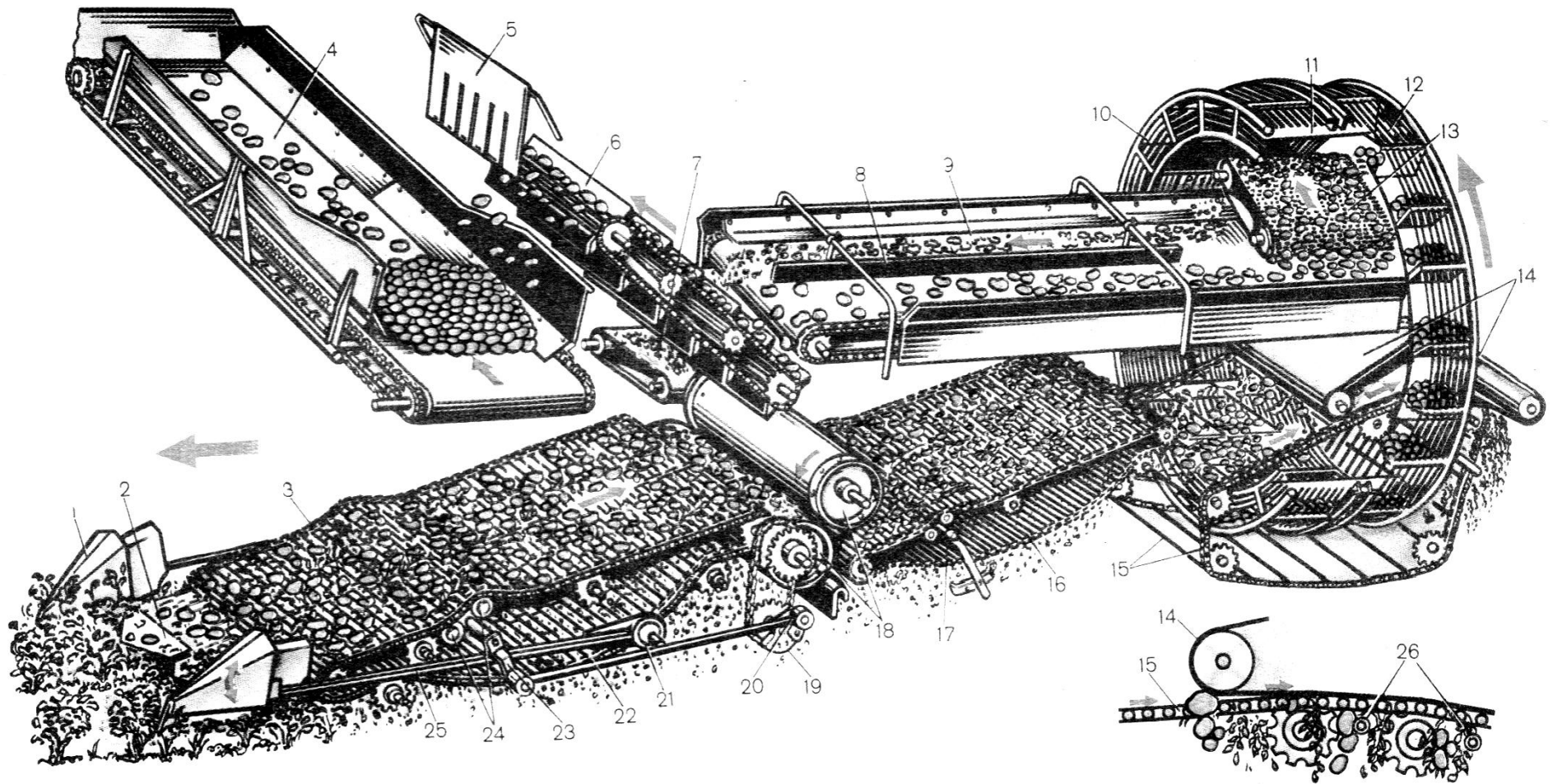
Бадилля з бульбами, що не відокремилися від стolonів, затримується на гілках транспортера 13 і подається до притискного транспортера 15 бадиллевидаляча. Бульби, які відриваються від бадилля, потрапляють на гірку 14, а звідти – на транспортер 16, який завантажує їх у транспортний засіб, що рухається поряд із машиною. Бадилля та інші домішки транспортером 13 і гіркою 14 відводяться та скидаються на поверхню поля.

Глибину заглиблення лемешів регулюють за допомогою гвинтового механізму 2. Амплітуду коливань робочої гілки основного 5 та другого 6 елеваторів змінюють у межах від 0 до 65 мм шляхом повороту корпуса кривошипа механізмів струшування 4 і 7. Налаштування балонів-грудкоподрібнювачів, бадиллевідаляча та гірки здійснюють аналогічно до регулювань, що застосовуються в комбайні ККУ-2А. Продуктивність комбайна становить приблизно 0,8 га/год.

Картоплезбиральні комбайни використовують для збирання високоврожайних плантацій картоплі (не менше 10 т/га), забезпечуючи повне або часткове відокремлення бульб від ґрунтових грудок і бадилля.

Дворядний напівнавісний картоплезбиральний комбайн ККУ-2А є базовою моделлю у групі машин такого призначення. Він виготовляється у кількох модифікаціях. Комбайн ККУ-2А з активними лемешами застосовується для збирання картоплі на гребенястих посадках як методом прямого комбайнування, так і двофазним способом на легких і середньозв'язаних ґрунтах, що не містять каміння.

Конструкція комбайна (рис. 1.4) включає активні лемеші 2 із боковинами 1, основний елеватор 3 та другий елеватор 16, грудкоподрібнювач із пневматичними балонами 18, бадиллевідалячий пристрій, барабанний транспортер 10, гірку 13, перебиральний стіл 9, бункер 4 та транспортери 6 і 7. У транспортному положенні рама машини спирається на два ходові колеса і трактор, а в робочому положенні – на ходові та опорно-копіюючі колеса.



1 – боковина; 2 – леміш; 3 – основний елеватор; 4 – бункер; 5 – екран; 6, 7 – транспортери; 8 – двигун; 9 – перебиральний стіл; 10 – барабанний транспортер; 11 – лопать; 12 – трос; 13 – гірка; 14 – притискний транспортер; 15 – рідкопрутковий транспортер; 16 – другий елеватор; 17 – пасивний струшувач; 18 – балони грудкоподрібнювача; 19 – диск; 20 – кривошип; 21 – ексцентрик; 22, 25 – шатуни; 23 – активний струшувач; 24 – ролики; 26 – прутки

Рисунок 1.4 – Схема робочого процесу картоплезбирального комбайна ККУ-2А

Активні лемеші комбайна подібні за конструкцією до лемешів картоплекопача КСТ-1,4. Частота їх коливань регулюється варіатором у межах $7,5 \dots 9,2 \text{ с}^{-1}$: на легких ґрунтах її зменшують, а на важких – збільшують.

Для покращення руйнування ґрунтового пласта і сепарації ґрунту основний елеватор обладнаний механізмом примусового струшування 23. Цей механізм складається з поворотної планки з двома роликами 24 і кривошипно-шатунного приводу 22. Амплітуду струшування полотна елеватора можна змінювати в межах $0 \dots 65 \text{ мм}$, повертаючи корпус кривошипа 20 відносно диска 19. Амплітуду вибирають такою, щоб з основного елеватора сходила невелика частина ґрунту, оскільки відсутність ґрунтового прошарку може призвести до підвищеного пошкодження бульб.

Грудкоподрібнювач 18 складається з двох пневматичних балонів, які обертаються назустріч один одному. Між ними проходить суміш бульб, ґрунту і бадилля, що сходять з елеватора. Балони наповнені повітрям під тиском $10 \dots 30 \text{ кПа}$. Колова швидкість верхнього балона більша, ніж нижнього, тому вони не лише стискають, а й розтирають ґрунтові грудки, що сприяє їх руйнуванню і відокремленню бульб від стolonів. Інтенсивність руйнування грудок залежить від тиску в балонах, зазору між ними та міцності ґрунтових грудок. За значної кількості міцних грудок тиск підвищують до 130 кПа , а зазор зменшують до $0,5 \dots 2 \text{ мм}$. Якщо грудки менш міцні, тиск знижують до 10 кПа , а зазор збільшують до $4 \dots 6 \text{ мм}$ для запобігання пошкодженню бульб.

Другий елеватор 16 складається з пруткового полотна та пасивних струшувачів 17 у вигляді еліптичних зірочок, встановлених на поворотній рамці разом із циліндричними зірочками. На важких ґрунтах включають еліптичні зірочки, а на легких – циліндричні.

Бадиллєвидаляючий пристрій складається з рідкопруткового транспортера 15, притискного транспортера 14 та двох відбійних прутків. Відстань між прутками транспортера більша за розміри великих бульб, тому на них затримується лише картоплиння та бур'яни.

Нижня гілка притискного транспортера прилягає до робочої гілки рідкопруткового транспортера у зоні дугоподібного вигину. Бадиля затискається між ними і переміщується до виходу, а бульби, що залишилися на столонах, відокремлюються відбійними прутками 26 і потрапляють у кишені барабанного транспортера.

Барабанний транспортер 10 подає бульби на гірку 13 і водночас забезпечує додаткове просіювання дрібних домішок. Його поверхня являє собою решітку, сформовану каркасом і сталевими тросами 12 із поліетиленовим покриттям. Усередині барабана встановлені лопаті 11, які утворюють кишені для переміщення бульб. Частота обертання барабана становить приблизно 7 хв^{-1} .

Гірка 13 призначена для розділення бульб картоплі та сторонніх домішок. Вона виконана у вигляді нескінченного пальчикового полотна, встановленого під певним кутом до горизонту. Верхня гілка полотна переміщується у напрямку обертання барабанного транспортера. У процесі роботи бульби та грудки овальної форми скочуються до нижньої частини перебирального столу, тоді як рослинні рештки і плоскі грудки ґрунту переміщуються полотном у верхню зону столу. Якість відокремлення компонентів регулюється зміною кута нахилу гірки в межах $12...35^\circ$.

Перебиральний стіл 9 призначений для ручного очищення потоку бульб від сторонніх домішок, таких як каміння, грудки ґрунту та рослинні рештки. Робоча поверхня столу являє собою прогумовану стрічку, яка переміщується від місця подачі матеріалу у напрямку до бункера 4. Уздовж стрічки, над її центральною частиною, встановлено подільник 8, що розділяє потік на дві частини: з одного боку рухаються переважно бульби, а з іншого – суміш бульб із домішками. По обидва боки транспортера передбачені робочі місця для операторів, які виконують ручне сортування.

Прутковий транспортер 6, обладнаний спеціальними лопатями, забезпечує переміщення бульб у бункер 4 [32, 34]. Для зменшення швидкості

падіння бульб у бункер транспортер оснащений екраном-гасителем 5, виготовленим із прогумованого полотна. Сам бункер сформований бічними стінками та рухомим дном у вигляді транспортерної стрічки. Керування рухомим дном бункера і відкидним лотком здійснюється безпосередньо комбайнером.

Лемеші 2 комбайна ККУ-2А підкопують ґрунтовий пласт разом із бульбами з двох рядків картоплі та подають його на основний елеватор 3. Під час переміщення по елеватору пласт розпушується, частина ґрунту просіюється, а решта маси надходить до грудкоподрібнювача. Пневматичні балони 18 руйнують великі грудки ґрунту і подають матеріал на другий елеватор 16. Тут відбувається додаткове відокремлення дрібного ґрунту та переміщення вороху до барабанного транспортера 10.

Рослинні рештки затримуються на прутках рідкопруткового транспортера 15, а під час подальшого руху бульби, що залишилися на столонах, відриваються. Пристрій для видалення бадилля відводить його та скидає на поверхню поля.

Бульби разом із залишками ґрунту та домішок піднімаються барабаним транспортером 10 і подаються на полотно гірки 13, де здійснюється їх остаточне відокремлення від домішок. Оператори, які працюють біля перебирального столу, контролюють процес і вручну відбирають бульби з потоку домішок. Очищені бульби транспортером 6 завантажуються у бункер, а сторонні домішки транспортером 7 відводяться і скидаються на поле. Після заповнення бункера його розвантажують у транспортний засіб під час руху агрегату або після його зупинки.

Комбайн ККУ-2А-1, оснащений пасивним лемешем, застосовують для збирання картоплі прямим комбайнуванням як на гребенястих, так і на рівних посадках.

Комбайн ККУ-2А-3, обладнаний здвоєними ходовими колесами, призначений для роботи на торф'яно-болотистих ґрунтах. Він може використовуватися для збирання картоплі прямим, роздільним або комбінованим способами.

2 РЕКОМЕНДАЦІЇ З ПОКРАЩЕННЯ КАРТОПЛЕКОПАЧА КТ-0,6

2.1 Опис технологічної схеми і процесу роботи картоплекопача КТ-06

Збирання врожаю є одним із найскладніших етапів технології вирощування картоплі. Навіть за умов використання механізованих способів, зокрема картоплезбиральних комбайнів, ця операція залишається трудомісткою. Разом з тим застосування сучасних машин дозволяє суттєво зменшити витрати ручної праці та підвищити продуктивність виконання робіт. Однак під час роботи на середніх і важких ґрунтах із підвищеною вологістю сучасні картоплезбиральні машини не завжди забезпечують достатньо ефективну сепарацію ґрунтових домішок.

Експериментальні дослідження показали, що попереднє руйнування ґрунтових грудок за допомогою активних робочих органів на початковій стадії технологічного процесу збирання сприяє значному покращенню процесу сепарації. При цьому бульби залишаються захищеними шаром ґрунту, що зменшує ймовірність їх механічного пошкодження. У складних ґрунтових умовах для багатьох картоплезбиральних машин характерними є такі недоліки, як зниження надійності роботи, недостатня або навіть неможлива сепарація вороху, а також підвищені втрати і пошкодження бульб.

Картоплекопач КТ-06 (рис. 2.1) встановлюється на просторовій рамі зварної конструкції, виготовленій зі штампованих боковин та прокатних профілів. Привід машини здійснюється від вала відбору потужності (ВВП) трактора [13, 14].

До основних робочих органів картоплекопача належать: коток-копір, підрізні диски, лемеші, а також основний і поперечний сепаруючі елеватори пруткового типу. Саме ці елементи формують основні стадії технологічного процесу викопування бульб (див. рис. 1.5).

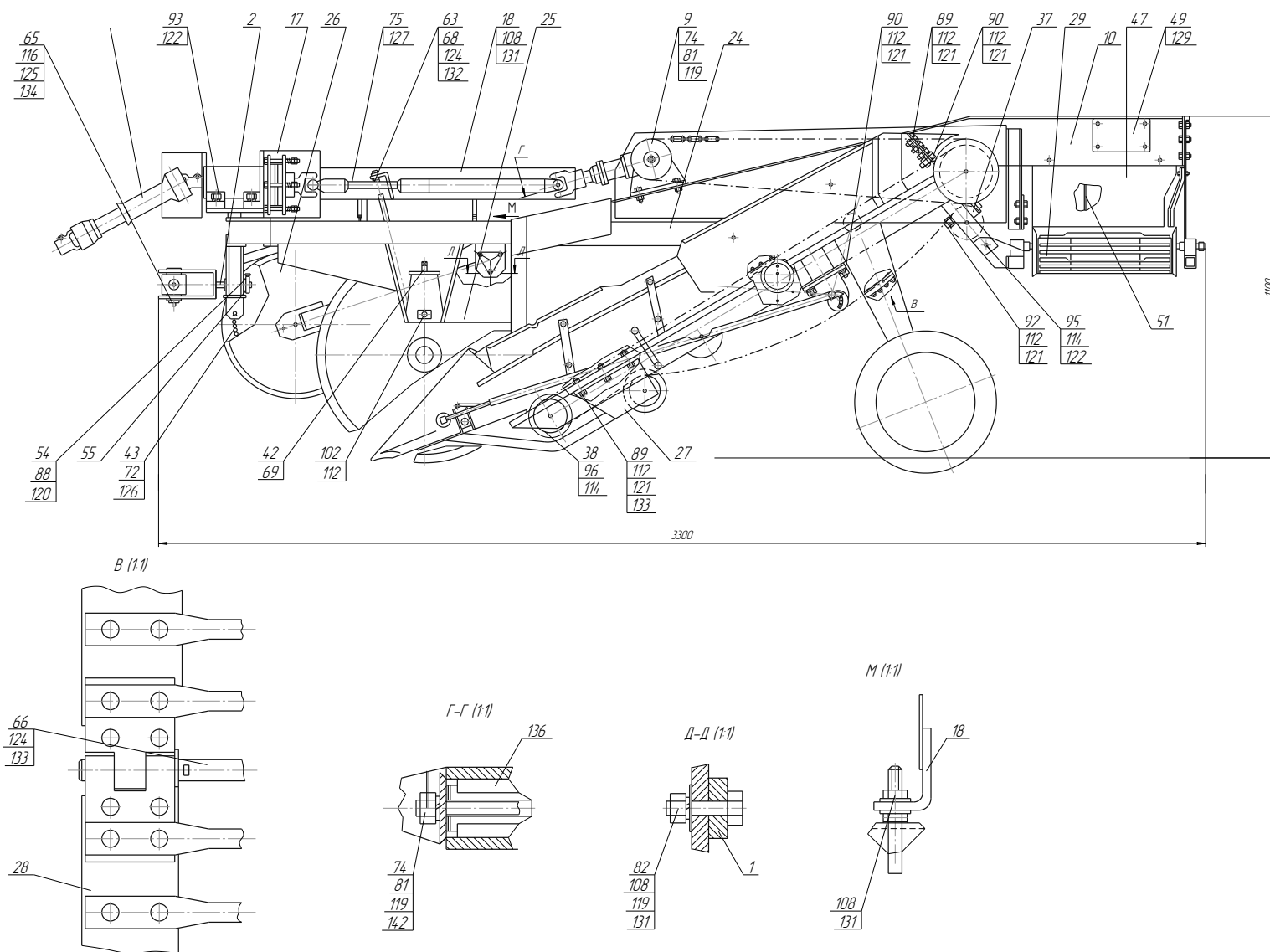


Рисунок 2.1– Загальний вигляд картоплекопача тракторного КТ-06

Коток-копір встановлюється у напрямних втулках рами та функціонує автономно від рами копача, забезпечуючи стабілізацію глибини ходу робочих органів і копіювання рельєфу поверхні поля.

Диски призначені для підрізання картопляної гряди з обох боків, що забезпечує відокремлення ґрунтового пласта від міжряддя та полегшує подальше викопування бульб.

Лемеші виконують функцію часткового підрізання та піднімання бульбоносного пласта, після чого подають його на основний елеватор. У конструкції картоплекопача передбачено два активні лемеші – лівий і правий, які закріплені на спеціальних кронштейнах.

Основний елеватор призначений для первинного просіювання основної частини ґрунту, що надходить разом із бульбами. Для інтенсифікації процесу сепарації застосовано струшувачі еліптичної форми, які створюють коливальні рухи та сприяють швидшому відділенню ґрунту [19, 24, 33].

Елеватор являє собою секційне пруткове полотно, у якому прутки з'єднані між собою доріжками з гумових пасів. Рух полотна забезпечується зірочками ведучого вала, який з'єднаний із валом гідродвигуна.

У задній частині картоплекопача встановлений поперечний транспортер-сепаратор. Він складається з транспортерного полотна, ведучого вала із зірочками, направляючих котків і струшувачів. Цей механізм здійснює додаткове відділення ґрунту від бульб та їх подальше скидання на поверхню поля.

Конструкція картоплекопача також включає опорні колеса, за допомогою яких машина переміщується та копіює рельєф поверхні поля під час роботи.

Технологічний процес роботи запропонованої конструкції, як і більшості картоплезбиральних машин, базується на підкопуванні ґрунтового пласта з подальшим його руйнуванням і сепарацією. Разом з тим у цій конструкції передбачено певні особливості.

Коток, розміщений перед підкопувальними лемешами, виконує подвійну функцію: частково руйнує бульбоносний пласт ґрунту та одночасно слугує копіювальним пристроєм, що забезпечує стабільність глибини роботи.

Після попередньої дії котка-копіра ґрунтова грядка підрізається дисками і підкопується лемешами. Далі пласт подається на основний елеватор, лінійна швидкість руху якого більша, ніж у серійних аналогів, що пояснюється попереднім руйнуванням грядки котком. На цьому сепаруючому транспортері бульбоносний пласт додатково руйнується під дією коливань полотна та еліптичних зірочок, після чого матеріал надходить на поперечний елеватор, де завершується процес відокремлення ґрунту від бульб.

Швидкість руху елеваторів може плавно регулюватися шляхом зміни витрати робочої рідини, яка подається до гідродвигуна через дросель. Таке регулювання дає можливість адаптувати режим роботи машини до ґрунтових умов: на легких ґрунтах швидкість елеваторів доцільно збільшувати, тоді як на важких – зменшувати для покращення процесу сепарації.

Привід обох елеваторів здійснюється від гідросистеми валу відбору потужності трактора тягового класу 1,4 через систему редукторів і гідродвигунів. Це забезпечує надійну передачу енергії до робочих органів та стабільну роботу транспортувальних і сепаруючих механізмів машини.

2.2 Технологічні властивості бульб і ґрунтових грудок

У процесі механізованого збирання картоплі одним із найважливіших завдань є ефективне відокремлення бульб від ґрунтових грудок. Робочі органи картоплезбиральних машин здійснюють поділ картопляного вороху переважно за рахунок відмінностей у геометричних параметрах і фрикційних властивостях бульб та ґрунтових частинок [14, 26, 27].

Фізико-механічні характеристики бульб значною мірою визначаються сортовими особливостями картоплі, умовами її вирощування, а також ґрунтово-кліматичними умовами регіону.

Маса та габаритні розміри бульб безпосередньо пов'язані з рівнем урожайності культури: зі збільшенням урожайності, як правило, зростають і середні розміри бульб.

Залежність між об'ємом і геометричними розмірами бульб картоплі визначають за формулою [1, 4]

$$V_{\bar{o}} = \varepsilon_k abc, \quad (2.1)$$

де $V_{\bar{o}}$ – об'єм бульбоплоду;

a, b, c – відповідно довжина, ширина і товщина бульбоплоду;

ε_0 – коефіцієнт (для еліпсоїда $\varepsilon_0 = 4/3\pi$).

Масу бульби картоплі визначають за залежністю

$$Q = \varepsilon_k abc, \quad (2.2)$$

де ε_k – коефіцієнт пропорційності, значення якого знаходиться у межах 0,56...0,65.

Під час переміщення бульб картоплі по робочих поверхнях машин виникають різні види тертя: тертя ковзання, тертя кочення та тертя перекидання.

Тертя ковзання виникає тоді, коли бульба переміщується по поверхні без обертання. Тертя кочення спостерігається у випадку перекочування бульби по поверхні опори.

Тертя перекидання відрізняється від тертя кочення тим, що переміщення бульби під дією прикладеної сили відбувається вздовж її найбільшої осі, тобто уздовж довжини бульби. Такий характер руху часто спостерігається під час взаємодії бульб з робочими органами картоплезбиральних машин.

Значення коефіцієнтів, що характеризують різні види тертя, які виникають під час переміщення бульб картоплі по робочих поверхнях машин та

обладнання, наведені в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Коефіцієнт тертя бульб картоплі

Матеріал поверхні	Коефіцієнт тертя		
	кочення	перекидання	ковзання
Гума	0,35...0,37	0,43...0,53	0,70...0,75
Стальний лист	0,32...0,36	0,37...0,45	0,58...0,60
Прогумована стрічка	0,37...0,40	0,50...0,54	0,60...0,78
Поліетилен	–	–	0,40...0,42
Ґрунт	–	–	0,98...1,03

Коефіцієнт тертя кочення бульб картоплі одна по одній знаходиться в межах 0,5...0,6, тоді як коефіцієнт тертя ковзання становить приблизно 0,8 [8].

Міцність бульб при дії статичного стискаючого навантаження залежить від сорту картоплі та напряму прикладеної сили – уздовж довжини, ширини або товщини бульби. Середнє значення зусилля, за якого відбувається руйнування бульби, перебуває в межах 511...987 Н.

У разі динамічного навантаження ступінь пошкодження бульб визначається матеріалом поверхні, з якою відбувається зіткнення, а також швидкістю удару. Граничні швидкості удару становлять: при зіткненні з металевими ґратами – 1,4...1,7 м/с; із гладкою металевою поверхнею – 2,2...3,1 м/с; із супіщаним ґрунтом – приблизно 6,2 м/с.

2.3 Розрахунок продуктивності та вибір технологічного процесу картоплекопача КТ-06

У картоплекопачі КТ-06 (див. рис. 2.1), який призначений для роботи на суглинкових ґрунтах, доцільно застосовувати таку послідовність технологічних операцій: копіювання рельєфу рядків із одночасним частковим руйнуванням великих грудок і ґрунтових брил; підкопування бульбоносного пласта; виконання основної сепарації ґрунту; відокремлення бадилля з одночасним

відриванням бульб; видалення ґрунтових грудок і каміння; подальше транспортування напівсепарованої маси на стадію вторинної сепарації.

У машинах, що призначені для роботи на перезволожених ґрунтах, операції сепарації з попереднім подрібненням грудок на початкових і середніх стадіях технологічного процесу зазвичай виключаються. У таких машинах сортувальний стіл розрахований на декілька режимів роботи, які передбачають ручний відбір бульб. Комбайни, призначені для використання виключно на легких ґрунтах, можуть також не оснащуватися пристроями для руйнування ґрунтових грудок.

Найбільш раціональним способом агрегування картоплекопача з трактором є напівначіпна схема. У разі роботи в умовах надмірного зволоження ґрунту картоплекопач може встановлюватися на самохідне шасі.

Розрахункову продуктивність картоплекопача за одну годину чистого часу роботи визначають за формулою [9, 21]

$$Q_0 = 0,1 \cdot i \cdot m \cdot v_m, \quad (2.3)$$

де i – кількість рядків картоплі, що збирається;

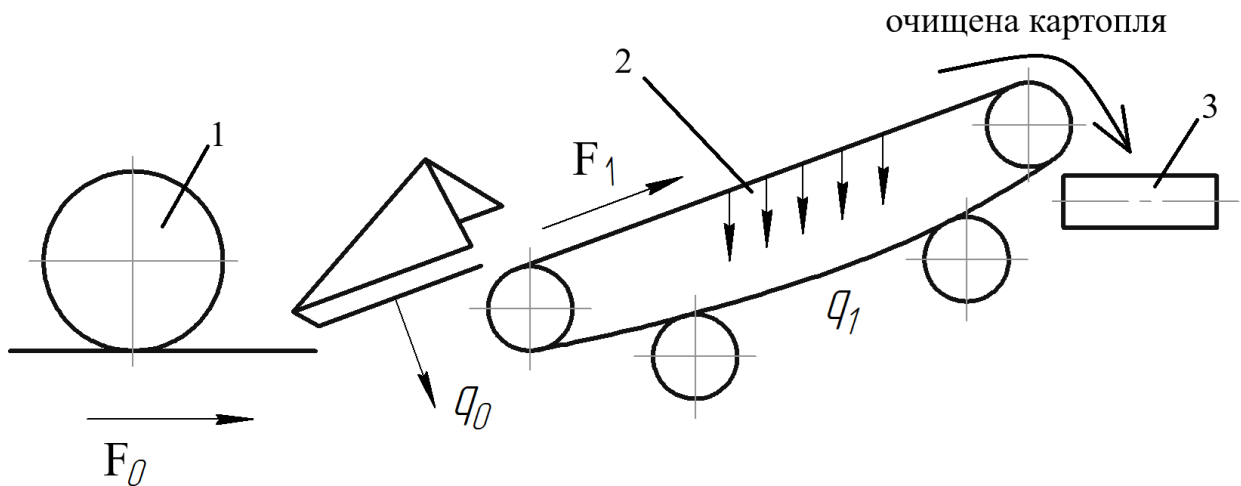
m – ширина міжрядь картоплі, м;

v_m – швидкість агрегату, км/год.

Розрахункову швидкість руху агрегату визначають з урахуванням характеристик поступальної швидкості тракторів, з якими агрегується картоплекопач. Для умов роботи на суглинкових ґрунтах за оптимальної вологості доцільно приймати швидкість руху агрегату в установленому рекомендованому діапазоні. $v_m = 5,5$ км/год. Тоді

$$Q_0 = 0,1 \cdot 1 \cdot 0,7 \cdot 5,5 = 0,335 \text{ га/год.}$$

Вибір технологічного процесу картоплекопача КТ-06. Схема, що використовується для обґрунтування технологічного процесу однорядного тракторного картоплекопача КТ-06, наведена на рис. 2.2.



1 – викопуючий механізм; 2 – сепаруючий механізм; 3 – контейнер для картоплі

Рисунок 2.2 – Схема до вибору технологічного процесу картоплекопача КТ-06

Під коефіцієнтом повноти відділення η розуміють відношення маси q відокремленого матеріалу до маси відповідного компонента, що надійшов на сепаруючі робочі органи картоплекопача.

Технологічний процес роботи машини характеризується коефіцієнтами повноти відділення ґрунту η_n та бадилля η_b . Для бульб картоплі аналогічним показником є коефіцієнт втрат картоплі $\eta_{кл}$. Ці коефіцієнти дозволяють оцінити ефективність роботи сепаруючих пристроїв і ступінь відокремлення складових картопляного вороху під час технологічного процесу.

3. ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ МЕХАНІЗМІВ КАРТОПЛЕКОПАЧА

3.1 Геометричний розрахунок лемеша

Призначення лемешів картоплекопачів, зокрема і копача КТ-06, полягає у підкопуванні бульбоносного шару ґрунту, його частковому або повному руйнуванні та подальшій передачі маси на наступні робочі органи машини.

Конструкція лемеша повинна забезпечувати мінімальне захоплення зайвого ґрунту при одночасному запобіганні пропуску або пошкодженню бульб. У більшості сучасних картоплезбиральних машин лемеші мають форму двогранного клина.

За характером руху лемеші поділяють на дві основні групи: пасивні та активні. Окрім цього, застосовують також комбіновані конструкції, які поєднують у собі елементи пасивних і активних лемешів [1, 8, 24].

Найпоширеніші конструкції підкопувальних робочих органів мають певні недоліки. Для пасивних лемешів характерні підвищений тяговий опір і накопичення ґрунту перед робочою поверхнею при збільшенні швидкості руху агрегату. Активні лемеші (коливальні, маятникові або лемішні) мають інший недолік — динамічну незрівноваженість, що ускладнює їх роботу.

Перевагою дискових лемешів є відсутність незрівноважених сил, а також можливість звуження потоку підкопуваного шару ґрунту. Це дозволяє зменшити масу підкопуваного пласта приблизно на 17...20 %. Проте застосування таких лемешів потребує високої точності ведення картоплекопача по рядках.

Основними параметрами пасивного лемеша, окрім кута скосу, який зазвичай приймають у межах 40...50°, є:

- кут нахилу робочої поверхні до горизонту $\alpha_{л}$;

- довжина лемеша L ;
- ширина лемеша B ;
- висота розміщення заднього обрізу лемеша H .

Перші три параметри перебувають між собою у функціональній залежності, яка визначається відповідним аналітичним виразом

$$L = \frac{H}{\sin \alpha_l}. \quad (3.1)$$

Експериментально встановлено, що зі збільшенням кута α_l нахилу робочої поверхні лемеша покращується самоочищення його леза від рослинних решток, а також очищення робочої поверхні від налиплого ґрунту. Водночас зі збільшенням цього кута зростає тяговий опір і посилюється переміщення ґрунту перед лемешем.

У конструкціях лемешів значення кута нахилу α_l зазвичай приймають у межах $15...20^\circ$. Висоту H заднього обрізу лемеша вибирають такою, щоб забезпечити плавний перехід ґрунтового шару з лемеша на наступний робочий орган – решітку елеватора. Зазвичай це значення становить $H = 80...90$ мм.

Ширину плоского лемеша визначають за формулою

$$B = b + 2\delta + 2(h - h_k) \cdot \operatorname{ctg} \varphi_0, \quad (3.2)$$

де b – ширина залягання бульб у гнізді (240...300мм);

δ – зміщення осі рядка відносно осі лемеша, що виникає внаслідок відхилення центру гнізда куців від середньої лінії рядка та неточності ведення збирального агрегату (30...50 мм);

h – глибина підкопування (170...220 мм при збиранні підгорнутих рядків і 130...170 мм при непідгорнутих);

h_k – глибина залягання крайніх по ширині гнізда бульб (60...100 мм);

φ_0 – кут природного укосу поверхні землі ($46...50^\circ$).

Отже, використовуючи формулу (3.1), отримуємо

$$L = \frac{0,085}{\sin 17^\circ} = 0,29 \text{ м.}$$

Ширина плоского лемеша, визначена за формулою (2.12), становить

$$B = 0,25 + 2 \cdot 0,04 + 2 \cdot (0,2 - 0,07) \cdot \text{ctg} 48^\circ = 0,56 \text{ м.}$$

Тяговий опір лемеша значною мірою залежить від вибраних конструктивних параметрів і режимів його роботи (зокрема від характеру коливань). Пасивний леміш долає опір різання ґрунту F_P , а також опір переміщення скиби $F_{СК}$, що знаходиться на його поверхні [1, 4, 16]. Повний тяговий опір пасивного лемеша визначають за залежністю

$$F = F_P + F_{СК}. \quad (3.3)$$

У даній кваліфікаційній роботі розроблено робочі органи картоплекопача КТ-06, зокрема запропоновано застосування коливного лемеша. Такий леміш (рис. 3.1) являє собою плоску ріжучу поверхню, жорстко закріплену на рамі. Рама підвішена на чотирьох підвісках і приводиться у рух кривошипно-шатунним механізмом.

Порівняно з пасивними лемешами, коливні мають низку переваг: менший тяговий опір, відсутність накопичення ґрунту перед лемешем, а також зменшення руйнування підкопаної скиби разом із кущем, що сприяє зниженню втрат бульб.

Підкопування ґрунтового шару лемешем є складним процесом, який включає кілька технологічних операцій. Він поєднує два періодично повторювані прості рухи: різання ґрунту (коли напрям руху машини збігається з напрямом руху лемеша) і підкидання ґрунтового шару (коли ці напрямки протилежні).

У коливного лемеша рух уперед і різання ґрунту відбуваються в той момент, коли підкопаний шар ґрунту, підкинутий у попередній фазі, знаходиться у повітрі і не чинить тиску на робочий орган. У цей момент опір

переміщенню скиби практично відсутній $F_{СК}=0$, тому тяговий опір F дорівнює лише опору різання ґрунту F_P . Якщо ж ґрунтова скиба знаходиться на лемеші, рух уперед не відбувається.

Якщо коливання лемеша не синхронізовані з таким циклом роботи, тяговий опір не зменшується, а навпаки може зрости. У цьому випадку його величину визначають за відповідною залежністю

$$F = F_P + F_{СК} + F_{УД}, \quad (3.4)$$

де $F_{УД}$ – опір ударної взаємодії ґрунтової скиби з поверхнею лемеша.

Отже, режим коливань лемеша повинен забезпечувати виконання умови, за якої під час різання ґрунту відсутній опір переміщенню скиби. Для встановлення цієї умови розглянемо схему роботи коливного лемеша (див. рис. 3.1), розташованого під кутом α до горизонтальної площини.

На ґрунтову скибу, що знаходиться на поверхні лемеша, діють сила тяжіння G та сила інерції I яку визначають за залежністю [1, 4, 8]

$$I = m \cdot \omega^2 \cdot r \cdot \cos \omega t, \quad (3.5)$$

де m – маса частинки скиби;

ω – кутова швидкість обертання кривошипа, $\omega=0,62$ рад/с;

r – радіус кривошипа, $r=0,5$ м;

ωt – поточний кут повороту кривошипа, тобто кут, який відповідає моменту вільного польоту шару ґрунту від часу його відриву від лемеша до повторної зустрічі з ним, $\omega t = \pi/2$.

Сила інерції спрямована до площини лемеша під кутом α і безперервно змінює свій напрямок. При положенні кривошипа в I та II квадрантах вона спрямована вгору, а в III та IV квадрантах – вниз. Кут коливань β також змінюється, проте в незначних межах $\Delta\beta = 2...3^\circ$, тому в подальших розрахунках його приймають сталим $\beta = const$.

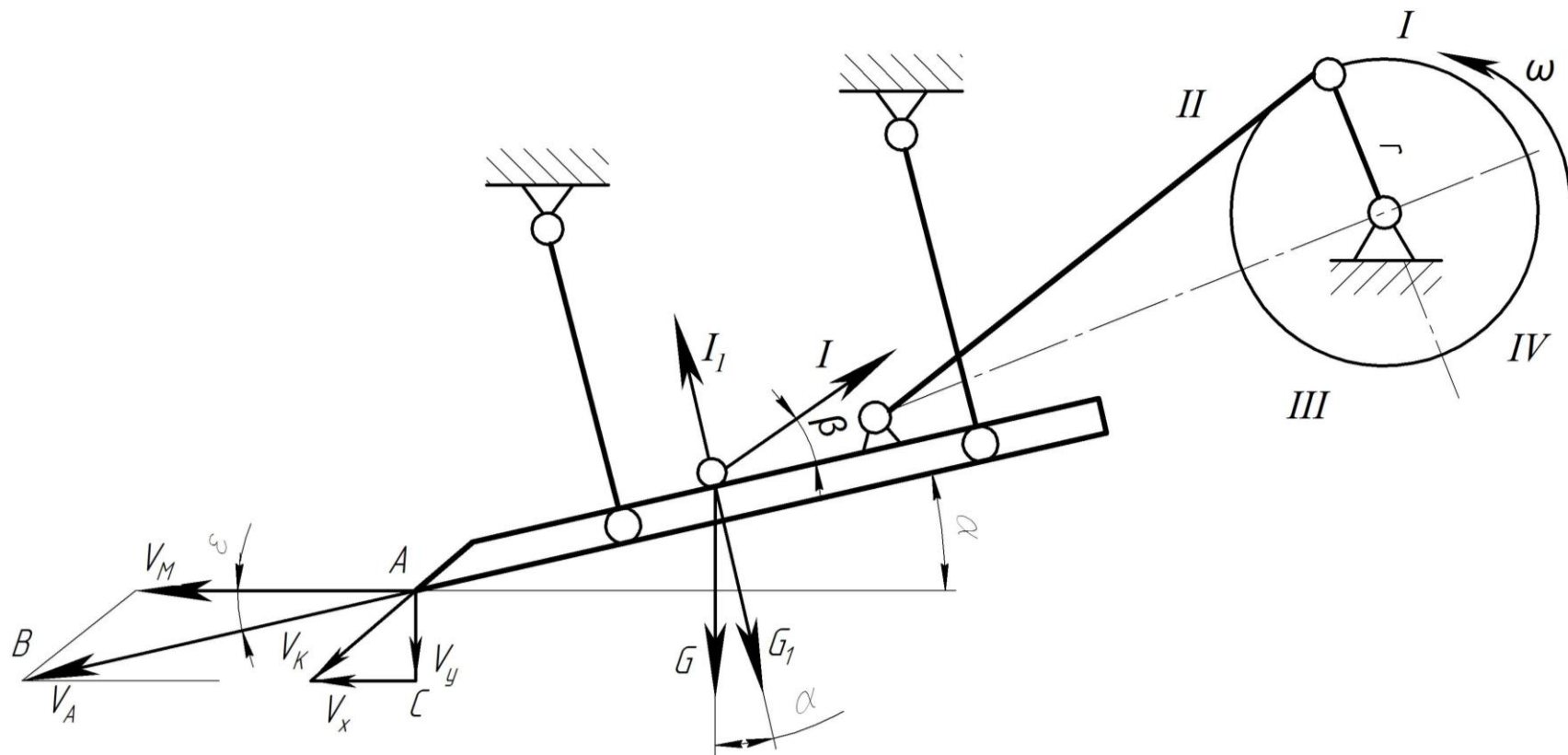


Рисунок 3.1 – Схема работы коливного лемеша

Зменшення тягового опору активного лемеша можливе лише за умови, що в момент підрізання ґрунту відбувається підкидання скиби, яка лежить на лемеші. У цьому випадку нормальна складова сили інерції відносно площини лемеша повинна перевищувати відповідну складову сили тяжіння $I_1 > G_1$. Ці складові визначаються залежностями

$$I_1 = I \cdot \sin \beta = m \cdot \omega^2 \cdot r \cdot \cos \omega t \cdot \sin \beta, \quad (3.6)$$

$$G_1 = G \cdot \cos \alpha = mg \cdot \cos \alpha. \quad (3.7)$$

Тоді умова відриву ґрунтової скиби від поверхні лемеша визначається виразом

$$m \cdot \omega^2 \cdot r \cdot \cos \omega t \cdot \sin \beta \geq mg \cdot \cos \alpha, \quad (3.8)$$

Після відповідних перетворень цей вираз набуває такого вигляду:

$$\omega^2 r > \frac{g \cdot \cos \alpha}{\sin \beta \cdot \cos \omega t}. \quad (3.9)$$

Необхідно враховувати, що зменшення тягового опору активних лемешів у порівнянні з пасивними можливе лише за виконання певної умови

$$\varepsilon \leq \alpha, \quad (3.10)$$

де ε – передній кут нахилу вектора швидкості переміщення леза лемеша (точка

А, див. рис. 3.1) відносно горизонтальної площини;

α – кут нахилу леза лемеша до горизонту.

Розглянемо момент початку процесу різання ґрунту. Носова частина лемеша здійснює складний рух, що складається з коливального переміщення та переносного руху разом із машиною. У зв'язку з цим абсолютна швидкість лемеша (див. рис. 2.3), тобто швидкість переміщення його ріжучої кромки, є векторною величиною, яка формується двома складовими і визначається виразом

$$\overline{V_A} = \overline{V_M} + \overline{V_K}, \quad (3.11)$$

де $\overline{V_M}$ – швидкість поступального руху машини;;

$\overline{V_K}$ – швидкість коливального руху лемеша, напрям якої утворює кут $\beta + \alpha$, де β – кут відхилення підвісок лемеша).

Величину швидкості коливального руху лемеша визначають за залежністю [8, 22]

$$V_K = 2w \cdot r \cdot \sin wt, \quad (3.12)$$

Напрямок вектора швидкості $\overline{V_K}$ визначається положенням кривошипа механізму. Коли кривошип знаходиться в I та II квадрантах (тобто при $0 < wt < \pi$), швидкість коливального руху спрямована вперед і вниз, унаслідок чого відбувається підрізання шару ґрунту. У випадку, коли $\pi < wt < 2\pi$ — вона спрямовується назад і вгору.

Таким чином, процес різання відбувається за умови, що результуюча складова швидкості лемеша, сформована переносним і коливальним рухами, має напрямок у сторону поступального руху машини. Після підстановки відповідних значень у вираз отримаємо

$$V_K = 2 \cdot 0,62 \cdot 0,5 \cdot \sin \pi / 2 = 0,62 \text{ м/с.}$$

За частоти коливань $9,4 \text{ с}^{-1}$ та амплітуди 14 мм швидкість коливального руху лемеша становить приблизно 0,62 м/с.

Вектор швидкості коливань $\overline{V_K}$ можна подати у вигляді двох складових: вертикальної V_Y та горизонтальної V_X . Початок процесу різання відповідає моменту, коли горизонтальна складова швидкості V_X , спрямована проти напрямку руху машини, у процесі зменшення досягає значення, що дорівнює швидкості руху агрегату $V_X = V_M$. Це можна описати наступною залежністю

$$w \cdot r \cdot \sin wt_0 \cdot \cos(\alpha + \beta) = V_M, \quad (3.13)$$

де ωt_0 – кут повороту кривошипа в момент початку підрізання ґрунту.

Після виконання перетворень одержимо

$$\sin \omega t_0 = \frac{V_M}{\omega \cdot r \cdot \cos(\alpha + \beta)}. \quad (3.14)$$

Звідси визначають момент початку процесу різання

$$\omega t_0 = \arcsin \omega t_0 \frac{V_M}{\omega \cdot r \cdot \cos(\alpha + \beta)}. \quad (3.15)$$

З урахуванням того, що $\cos^2 x = 1 - \sin^2 x$, підставимо вираз (3.14) у рівняння граничної умови (3.9)

$$\omega^2 r = \frac{g \cdot \cos \alpha}{\sin \beta \sqrt{1 - \left(\frac{V_M}{\omega \cdot r \cdot \cos(\alpha + \beta)} \right)^2}}. \quad (3.16)$$

Після подальших алгебраїчних перетворень і розв'язання рівняння відносно визначають значення кутової швидкості кривошипа механізму підкидання скиби для заданих параметрів α, β, r

$$\omega_{\Pi} = \sqrt{\frac{1}{2} \left[\frac{V_M}{r \cdot \cos(\alpha + \beta)} \right]^2 + \frac{1}{4} \left[\frac{V_M}{r \cdot \cos(\alpha + \beta)} \right]^4 + \left[g \frac{\cos \alpha}{r \cdot \sin \beta} \right]^2}. \quad (3.17)$$

Експериментальними дослідженнями встановлено, що раціональне значення кута нахилу лемеша до горизонтальної площини становить приблизно 20° , а кут його коливань перебуває в межах $10 \dots 15^\circ$. За таких параметрів кутова швидкість кривошипного механізму знаходиться в інтервалі $60 \dots 70$ рад/с [21, 31].

На величину тягового опору істотно впливає також кут нахилу вектора абсолютної швидкості відносно горизонту ε . У випадку, коли кут ε перевищує кут α , нижня частина лемеша починає заглиблюватися у ґрунт. Це

спричиняє виникнення додаткових сил взаємодії з ґрунтом, що призводить до зростання тягового опору робочого органа і може викликати передчасне зношування або пошкодження лемеша. Тому другою умовою зменшення тягового опору є виконання співвідношення (3.10). Значення цього кута визначають із геометричних співвідношень трикутника ABC

$$\operatorname{tg} \varepsilon = \frac{AC}{CB} = \frac{V_Y}{V_M + V_X}, \quad (3.18)$$

Вертикальну та горизонтальну складові швидкості коливального руху лемеша визначають за залежностями

$$V_Y = V_K \cdot \sin(\alpha + \beta) = w \cdot r \cdot \sin(\alpha + \beta) \cdot \sin wt; \quad (3.19)$$

$$V_X = V_K \cdot \cos(\alpha + \beta) = w \cdot r \cdot \cos(\alpha + \beta) \cdot \sin wt. \quad (3.20)$$

Після підстановки числових значень отримуємо

$$V_Y = 0,62 \cdot 0,5 \cdot \sin(17 + 65) \cdot 1 = 0,3 \text{ м/с};$$

$$V_X = V_K \cdot \cos 82^\circ = 0,62 \cdot 0,5 \cdot \cos 82 \cdot 1 = 0,043 \text{ м/с}.$$

Підставивши вирази (3.9) і (3.20) у рівняння (3.8), одержимо залежність

$$\operatorname{tg} \varepsilon = \frac{w \cdot r \cdot \sin(\alpha + \beta) \cdot \sin wt}{V_M + w \cdot r \cdot \cos(\alpha + \beta) \cdot \sin wt}. \quad (3.21)$$

З урахуванням того, що кут досягає найбільшого значення при , умову зменшення тягового опору можна записати у вигляді

$$\varepsilon_{\max} = \operatorname{arctg} \frac{w \cdot r \cdot \sin(\alpha + \beta)}{V_M + w \cdot r \cdot \cos(\alpha + \beta)} \leq \alpha. \quad (3.22)$$

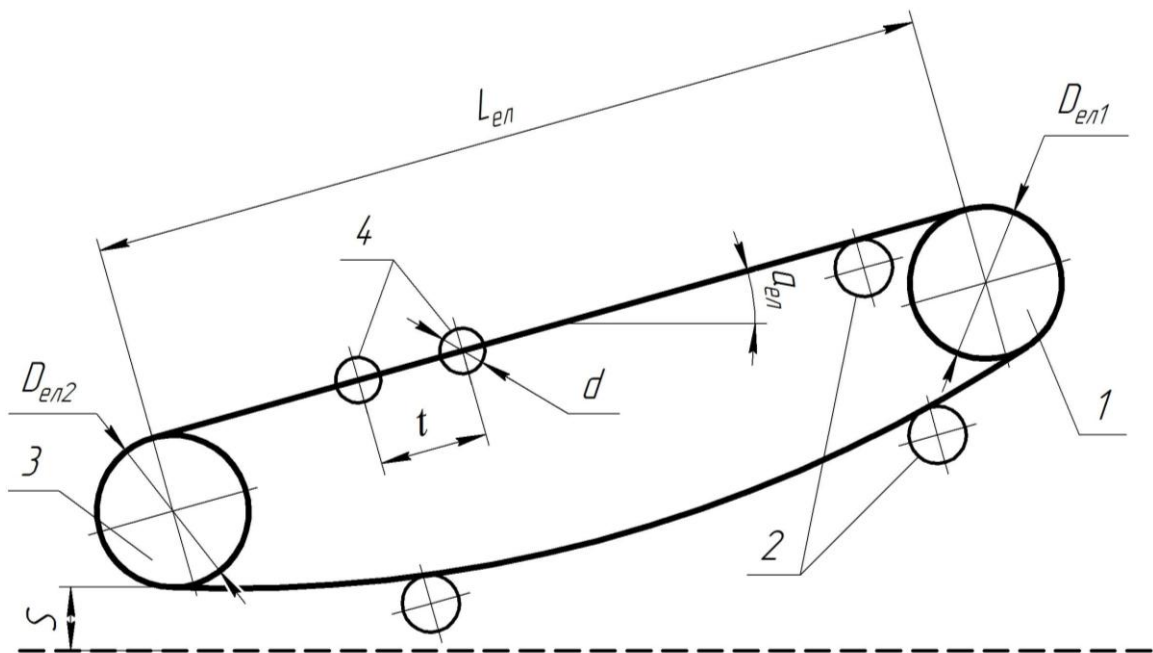
Таким чином, величина тягового опору активного лемеша визначається параметрами його коливального руху, кутом нахилу робочого органа до горизонтальної площини, а також швидкістю руху машини. Після підстановки числових значень одержимо

$$0,3/(5,5 + 0,043) = 3,1^\circ \leq 17^\circ.$$

Отже, зазначена умова виконується.

3.2 Розрахунок сепаруючого елеватора картоплекопача

Прутковий сепаруючий елеватор (рис. 3.2) призначений для подрібнення та відокремлення ґрунтової маси від підрізаного шару. Конструкція елеватора включає приводний механізм, до складу якого входять ведучі та ведені зірочки, підтримувальні ролики і транспортерне полотно. Полотно сформоване зі сталевих прутків, що закріплені на штампованих сталевих ланках [11, 17, 24, 31, 33].



1 – ведуча зірочка; 2 – підтримуючі ролики; 3 – ведена зірочка; 4 – пруток

Рисунок 3.2 – Схема для розрахунку пруткового транспортера картоплекопача

Розрахунок виконуємо одночасно для двох транспортерів – основного та поперечного елеваторів. Величину просвіту між прутками t і діаметр прутків d визначаємо з урахуванням допустимих втрат бульб, які не повинні перевищувати 3 %, не враховуючи бульб діаметром менше 25 мм. Відповідно приймаємо: $t=5...15$ см; $d=10...15$ мм.

З метою зменшення пошкодження бульб доцільно застосовувати прутки з гумовим покриттям.

Ширину полотна транспортерів (див. рис. 2.4) визначаємо за формулою

$$B_{EL} = n \cdot B_M, \quad (3.23)$$

де n – кількість рядків, що викопуються копачем, $n=1$;

B_M – ширина міжрядь картоплі, $B_M=0,7$ м.

$$B_{EL} = 1 \cdot 0,7 = 0,7 \text{ м.}$$

Швидкість руху полотна елеватора визначаємо за залежністю

$$V_{EL} = (1,1...2,0) \cdot V_M \cdot K_{II}, \quad (3.24)$$

де V_M – швидкість руху машини: для легких ґрунтів $V_M=1,5...2$ м/с; для важких ґрунтів $V_M=0,5...0,7$ м/с;

K_{II} – коефіцієнт попереднього руйнування гряди опорним котком, $K_{II}=1,2$.

Отже,

$$V_{EL} = (1,1...2,0) \cdot (0,5...1,2) \cdot 1,2 = 0,66...2,88 \text{ м/с.}$$

Оскільки швидкість руху полотна транспортерів може змінюватися у значному діапазоні, доцільно застосувати гідравлічний привід, що забезпечує плавне регулювання швидкості.

Швидкість руху полотна першого елеватора приймається більшою, ніж другого, оскільки саме на першому відбувається інтенсивніша сепарація бульбоносного шару.

Тому

$$V_{EЛ1} = 1,2V_{EЛ2}. \quad (3.25)$$

Довжину основного елеватора визначаємо конструктивно, приймаючи її більшою за довжину поперечного елеватора

$$L_{EЛ} = (30...50) \cdot t, \quad (3.26)$$

де t – крок гумового паса, $t = 0,04$ м.

$$L_{EЛ} = (30...50) \cdot 0,04 = 1,2...2 \text{ м.}$$

Конструктивні елементи елеватора – шків, пруток і скребок – наведені у графічній частині проєкту.

Кут нахилу основного елеватора визначаємо з умови запобігання передчасному розвантаженню вороху за формулою

$$\operatorname{tg} \alpha_{EЛ1} < f; \quad (3.27)$$

де f – коефіцієнт тертя ґрунту по металевій поверхні, $f = 0,4$.

Отже, для основного елеватора приймаємо $\alpha_{EЛ1} < 20^\circ$.

Для поперечного елеватора кут нахилу визначають за залежністю

$$\operatorname{tg} \alpha_{EЛ2} < \operatorname{tg} \psi; \quad (3.28)$$

де ψ – кут тертя скочування бульб і ґрунтових грудок по поверхні елеватора,

$$\psi = 10...15^\circ [22].$$

Отже, $\alpha_{EЛ2} < 10...15^\circ$.

3.3 Завантаження сепаруючих робочих органів картоплекопача

Одним із визначальних факторів, що впливають на ефективність розділення картопляного вороху, є ступінь завантаження сепаруючих робочих органів. Ворох, який надходить до машини, має такий склад: ґрунт – 97...98 %, бульби – 1...2 %, бадилля та інші рослинні домішки – 0,5...2,5 %. За такого співвідношення компонентів густину вороху можна прийняти рівною густині ґрунту. Тому середнє завантаження Q_c , кг/с, визначають за формулою [28, 35]

$$Q_c = A_n \cdot V_m \cdot \gamma, \quad (3.29)$$

де A_n – площа поперечного перерізу пласта; при заглибленні лемеша на

0,18...0,2 м і гребеневій посадці вона становить 0,1...0,15 м², а при гладкій посадці – 0,17...0,22 м²;

V_m – швидкість руху машини, яка під час роботи на легких ґрунтах становить

1,2...1,5 м/с, а на важких – 0,5...0,7 м/с;

γ – густина ґрунту, що перебуває в межах 1200...1700 кг/м³.

Подачу бульб Q_k , кг/с, на сепаруючі робочі органи визначають за залежністю

$$Q_k = 0,001 i b m_k V_m, \quad (3.30)$$

де i – кількість рядків, що збираються машиною;

b – ширина міжрядь, м;

m_k – урожайність картоплі, яка приймається 200 ц/га.

Підставивши необхідні значення у вирази (3.30) і (2.40) для умов гребеневої посадки на середніх за механічним складом ґрунтах, отримуємо

$$Q_c = 0,12 \cdot 1,2 \cdot 1500 = 216 \text{ кг/с};$$

$$Q_k = 0,001 \cdot 1 \cdot 0,7 \cdot 20 \cdot 10^3 \cdot 1,2 = 16,8 \text{ кг/с}.$$

Найбільш раціональним режимом роботи машини вважається такий, за якого процес просіювання ґрунту завершується наприкінці сепаруючих робочих органів. Досягти подібного режиму навантаження і забезпечити високу ефективність сепарації можливо завдяки безперервному автоматичному регулюванню швидкості руху агрегату та параметрів роботи сепаруючих органів.

3.4 Розрахунок на удар прутка сепаруючого транспортера

Полотно сепаруючого елеватора, як зазначалося раніше, утворене набором сталевих прутків, верхня поверхня яких для зниження травмування бульб покривається гумою. Картопля після підкопувальних лемешів разом із ґрунтом та бадиллям надходить на основний сепаруючий елеватор. Після інтенсивного просіювання вороху на основному елеваторі бульби переміщуються на поперечний елеватор, падаючи з певної висоти та вдаряючись об його прутки. У зв'язку з цим виконаємо розрахунок прутка поперечного елеватора на ударне навантаження. Для розрахунку приймемо пруток як статично визначену балку, що спирається на дві опори (рис. 3.4а) [4].

Як один із випадків поперечного удару розглянемо згин балки, поперечний переріз якої є симетричним відносно нейтральної осі z , під дією навантаження $Q=74,7$ Н, що враховує масу бульби, бадилля і ґрунту, які падають на балку з висоти $H=20$ см у середині її прольоту, тобто при довжині $l = 498$ мм.

З урахуванням маси бульби, бадилля та ґрунту запишемо вираз для розподіленого навантаження, яке діє на пруток елеватора

$$q = (M_{\delta} + M_z + M_{\text{гичк}}) \cdot g, \quad (3.31)$$

де M_{δ} – маса бульб, $M_{\delta}=0,2\text{кг}$;

M_z – маса ґрунту, $M_z = 15\text{кг}$;

$M_{\text{шчк}}$ – маса бадилля, $M_{\text{шчк}} = 0,1\text{кг}$;

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

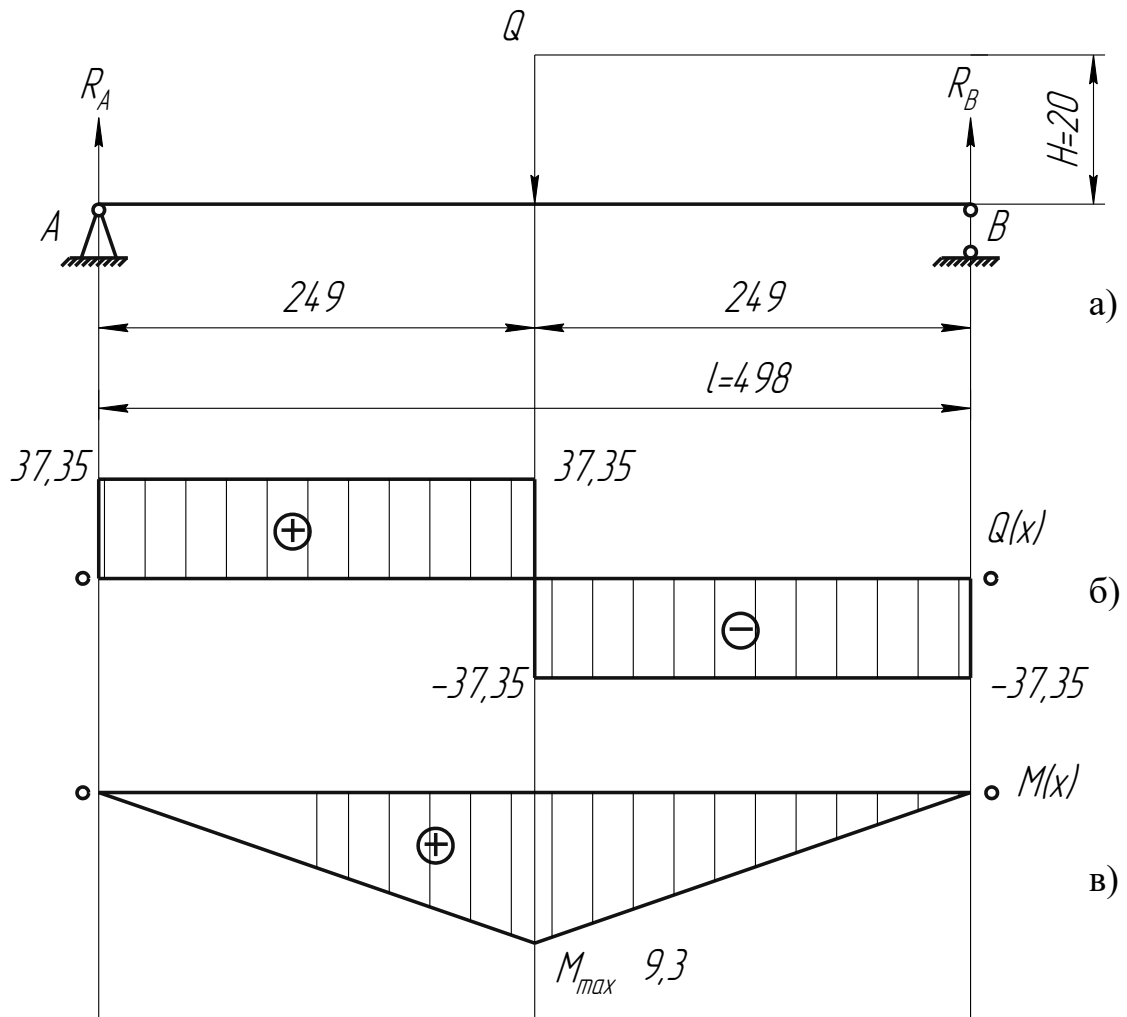


Рисунок 3.4 – Розрахункова схема прутка сепаруючого транспортера на удар

Зосереджену силу визначаємо за формулою

$$Q = q \cdot l. \quad (3.32)$$

Після підстановки числових значень у вираз (3.31) одержимо

$$q = (0,2 + 15 + 0,1) \cdot 9,8 = 150\text{Н/м},$$

Тоді

$$Q = 150 \cdot 0,498 = 74,7 \text{ Н.}$$

Далі визначимо опорні реакції.

Із рівнянь статичної рівноваги балки знаходимо вертикальні складові реакцій опор

$$\sum M_B = 0; \quad R_a \cdot 498 - Q \cdot 249 = 0.$$

Звідки

$$R_a = \frac{Q \cdot 249}{498} = \frac{74,7 \cdot 249}{498} = 37,35 \text{ Н.}$$

$$\sum M_A = 0; \quad -R_b \cdot 498 + Q \cdot 249 = 0.$$

Звідки

$$R_b = \frac{Q \cdot 249}{498} = \frac{74,7 \cdot 249}{498} = 37,35 \text{ Н.}$$

Перевірка

$$\sum X = R_a + R_b - Q; \quad \sum X = 37,35 + 37,35 - 74,7 = 0.$$

Отже, опорні реакції визначено правильно.

Поділяємо балку на дві ділянки. Для кожної з них визначаємо функції поперечної сили $Q(x)$ та згинального моменту $M(x)$.

Ділянка I $0 \leq x \leq 0,249 \text{ м}$ (зліва)

$$Q(x) = R_a; \quad Q(0) = 37,35 \text{ Н}; \quad Q(0,249 \text{ м}) = 37,35 \text{ Н.}$$

$$M(x) = R_a \cdot x; \quad M(0) = 0 \text{ Нм}; \quad M(0,249 \text{ м}) = 37,35 \cdot 0,249 = 9,3 \text{ Нм.}$$

Ділянка II $0 \leq x_2 \leq 0,249 \text{ м}$ (справа)

$$Q(x) = R_b; \quad Q(0) = 37,35 \text{ Н}; \quad Q(0,249 \text{ м}) = 37,35 \text{ Н.}$$

$$M(x) = R_6 \cdot x_2; \quad M(0) = 0 \text{ Нм}; \quad M(0,249 \text{ м}) = 37,35 \cdot 0,249 = 9,3 \text{ Нм}.$$

На основі отриманих результатів будуюмо епюри поперечних сил (рис. 3.4б) і згинальних моментів (рис. 3.5в).

Під час дослідження удару, що спричиняє згин, приймаємо, що в усіх фазах процесу переміщення відбувається без енергетичних втрат на нагрівання внаслідок тертя та місцевих пластичних деформацій. Тому при визначенні деформацій і напружень за згинального удару використовуємо співвідношення, аналогічні до випадку ударного розтягу та стиску.

Для умов динамічного згину максимальні нормальні напруження у поперечному перерізі прутка визначають за формулою

$$\max \sigma_c = \frac{Q \cdot l}{4W_z}, \quad (3.33)$$

де W_z – осьовий момент опору поперечного перерізу прутка; для круглого перерізу його визначають за залежністю

$$W_z = \frac{\pi \cdot d^3}{32}. \quad (3.34)$$

Підставивши значення діаметра прутка 12 мм, матимемо

$$W_z = \frac{3,14 \cdot 0,012^3}{32} = 1 \cdot 10^{-7} \text{ м}^3.$$

Тоді максимальне статичне нормальне напруження становить

$$\max \sigma_c = \frac{74,5 \cdot 0,498}{4 \cdot 1 \cdot 10^{-7}} = 92,75 \text{ МПа}.$$

Статичний прогин балки визначаємо за формулою

$$\Delta l_c = \frac{Q \cdot l^3}{48 \cdot E \cdot I_z}, \quad (3.35)$$

де I_z – осьовий момент інерції поперечного перерізу прутка, який обчислюємо за формулою

$$I_z = \frac{\pi \cdot d^4}{64}. \quad (3.36)$$

Після підстановки значень отримаємо

$$I_z = \frac{3,14 \cdot 0,012^4}{64} = 9,81 \cdot 10^{-10} \text{ м}^4.$$

Відповідно статичний прогин балки дорівнює

$$\Delta l_c = \frac{74,7 \cdot 0,498^3}{48 \cdot 2 \cdot 10^{12} \cdot 9,81 \cdot 10^{-10}} = 0,09 \text{ м}.$$

Коефіцієнт динамічності визначаємо за формулою [20]

$$k_\partial = 1 + \sqrt{1 + \frac{2H}{\sigma_{cm}}}. \quad (3.37)$$

Підставивши вихідні дані, одержимо

$$k_\partial = 1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot 0,02}{92,75}} = 2,0002.$$

Динамічне нормальне напруження обчислюємо за формулою [20]

$$\max \sigma_\partial = k_\partial \cdot \sigma_{cm}. \quad (3.38)$$

Звідки

$$\max \sigma_\partial = 2,0002 \cdot 92,75 = 185,5 \text{ МПа}.$$

Умова міцності виконується, оскільки отримане значення не перевищує допустимого, яке в даному випадку становить 240 МПа.

4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Основні заходи запобігання нещасним випадкам та професійним захворюванням

Основні заходи щодо запобігання виробничому травматизму передбачені у системі нормативно-технічної і нормативно-правової документації з безпеки праці; в організації навчання і забезпечення працюючих безпечними методами та засобами праці; раціональному плануванні коштів і визначенні економічної ефективності від запланованих заходів [2].

Основна задача нормативно-технічної та нормативно-правової документації з безпеки праці – попередження виникнення небезпеки і прийняття найбільш ефективних заходів для її ліквідації, або локалізації при проектуванні виробничих процесів і обладнання, будівельних споруд.

Нормативно-технічну документацію щодо безпеки праці розробляють з урахуванням характеру потенційно-небезпечних факторів, ступеня їх небезпечності і зони поширення, психофізіологічних і антропометричних особливостей людини.

Заходи запобігання виробничому травматизму включають якісне проведення інструктажу та навчання робітників, залучення їх до роботи за спеціальністю, здійснення постійного керівництва та нагляду за роботою; організація раціонального режиму праці і відпочинку; забезпечення спецодягом, спецвзуттям, особистими заходами захисту і навчання правильному їх користуванню; виконання правил експлуатації обладнання; раціональне архітектурне планування рішень при проектуванні і будівництві виробничих будівель відповідно із санітарними, будівельними і протипожежними нормами і правилами; створення безпечного технологічного і

допоміжного обладнання; правильний вибір і компонування обладнання у виробничих приміщеннях відповідно із нормами і правилами техніки безпеки і виробничої санітарії, проведення комплексної механізації і автоматизації виробничих процесів, створення надійних технічних засобів запобігання аваріям, вибухам і пожежам на виробництві; розробка нових технологій, які виключають утворення шкідливих і небезпечних факторів та ін.

Важливим у дотриманні безпечної праці і запобігання травматизму є фактори особистого характеру: знання керівником робіт особливості кожного робітника і його психіки; особливості характеру; медичні показники та їх відповідність щодо виконуваної роботи; відношення до праці, дисциплінованості; задоволеність працею; засвоєння працівниками безпечних заходів праці; знання норм і правил охорони праці і пожежної безпеки, ставлення робітника до інших робітників усього колективу.

4.2 Основні вимоги безпеки до будови та експлуатації технічного обладнання

Загальні вимоги безпеки до конструкції виробничого обладнання встановлені ДНАОП.

Безпека виробничого обладнання забезпечується:

- при проектуванні – дотриманням принципів технологічності конструкції, застосуванням раціональних кінематичних схем, принципу безперервності процесу, дистанційного або автоматичного управління, забезпечення запобіжними та захисними системами;
- при виготовленні – застосуванням сучасних технологій машинобудування, дотриманням передбачених допусків та посадок;
- при збиранні та монтажі – точним дотриманням технології;

- при експлуатації – своєчасним обслуговуванням та профілактичними оглядами, дотриманням експлуатації тощо.

Виробниче обладнання має бути пожежо- і вибухобезпечним. Воно не повинно створювати небезпеки у результаті дії вологості, сонячної радіації, механічних коливань, високих і низьких тисків та температур, агресивних речовин і мікроорганізмів [2].

Важливою умовою безпечної експлуатації обладнання є дотримання вимог санітарних норм і правил, галузевих стандартів і правил техніки безпеки щодо розмірів виробничих приміщень, галерей і тунелів, мінімальної висоти виступаючих будівельних конструкцій, ширини проходу.

Матеріали, що застосовуються у конструкціях виробничого обладнання, не повинні бути небезпечними і шкідливими. Складові частини обладнання (у тому числі трубопроводи, проводка, кабелі і т. п.) повинні виконуватися з таким розрахунком, щоб виключалась можливість їх випадкового пошкодження. Обладнання, що має газо-, паро-, пневмо-, гідросистеми і таке інше повинне відповідати вимогам безпеки для цих систем.

Рухомі частини обладнання, що є джерелом небезпеки повинні бути огорожені, за виключенням частин, огороження яких не допускається за їх функціональним призначенням. У цих випадках передбачається сигналізація, що попереджує про пуск машин у роботу, засоби зупинки і відключення джерел енергії. При наявності машин значної довжини (наприклад, транспортерів) засоби зупинки повинні розміщуватись не рідше як через кожні 10м їх довжини.

Елементи конструкції виробничого обладнання не повинні мати гострих кутів, кромок і поверхонь з нерівностями, що становлять собою джерело небезпеки, якщо їх наявність не визначається функціональним призначенням обладнання.

Конструкція обладнання повинна виключати можливість випадкового дотику працюючих до гарячих і переохолоджених частин. Виділення і

поглинання обладнанням тепла, а також виділення ним вологи у виробничих приміщеннях не повинно перевищувати гранично допустимі рівні (концентрації) у межах робочої зони.

Виробниче обладнання, обслуговування якого пов'язане із переміщенням персоналу, має бути обладнане безпечними і зручними за конструкцією розмірами проходами і пристосуваннями для ведення робіт (робочими майданчиками, драбинами тощо).

При необхідності, конструкція обладнання повинна передбачати установлення місцевого освітлення, що відповідає умовам експлуатації, при цьому повинна виключатись можливість випадкового доторкання до струмопровідних частин системи освітлення.

Конструкцією виробничого обладнання повинна передбачатись ситуація, а у разі потреби і засоби автоматичної зупинки і відключення обладнання від джерела енергії при небезпечних несправностях, аваріях і при режимах роботи, близьких до небезпечних. У необхідних випадках виробниче обладнання повинно мати засоби гальмування безпеки і відповідати вимогам стандартів на вироби.

Спрацьовування термінової зупинки не повинно створювати небезпеки для працюючих або аварійної ситуації.

Робочі органи обладнання, що мають затискні і підйомні пристрої та їх приводи, мають бути обладнані засобами, що запобігають виникненню небезпеки при повному чи частковому припиненні подачі енергоносіїв (енергетичного струму, рідини у гідросистемах, стисненого повітря тощо), а також засобами, які унеможливають самовключення приводів робочих органів при відновленні подачі енергоносіїв [2].

Конструкція обладнання повинна передбачати захист від ураження електричним струмом (включаючи випадки помилкових дій обслуговуючого персоналу), а також виключаючи можливість накопичення зарядів статичної електрики у небезпечних кількостях. Виробниче обладнання, в якому є кола, які

вміщують електричні ємності, слід обладнувати пристроями для зняття залишкових електричних зарядів.

Конструкція виробничого обладнання повинна забезпечувати виключення чи зниження до регламентованих рівнів шуму, ультразвуку, вібрації. ГОСТ і ДНАОП вміщують такі вимоги до органів управління виробничим обладнанням і засобами захисту, що входять у конструкцію виробничого обладнання. Зокрема, зазначається, що змінні відкриті і розсувні пристрої робочих органів, що відвертають небезпеку при роботі обладнання, а також двері, кришки, щити в огороженнях чи корпусах обладнання, що відчиняються, повинні мати будову, яка виключає їх випадкове зняття і відмикання за допомогою інструменту тощо, а при потребі – мати блокування, що забезпечує припинення робочого процесу при зніманні чи відчиненні огорожень.

Важливе значення має правильне проектування, будова та експлуатація органів управління обладнанням, як одного з основних елементів систем, що забезпечує його безпечну експлуатацію. Органи управління повинні відповідати таким вимогам: кнопки «Пуск» для уникнення випадкового їх включення мають бути заглиблені у корпуси коробок управління; кнопки

«Стоп» повинні виступати і бути пофарбовані у червоний колір і встановлені у тих місцях, де частіше всього виникає або може виникати необхідність у терміновій зупинці обладнання.

З метою попередження перевантаження окремих елементів машини, апаратів, що працюють під тиском, встановлюють запобіжні пристрої (муфти, клапани і гідравлічні пристрої).

На вантажопідійомних машинах мають бути обмежувачі ходу.

Крім цього існують чимало запобіжних засобів і методів, які використовуються залежно від умов технологічного процесу і конструктивних особливостей обладнання, що експлуатуються.

4.3 Вимоги безпеки при роботі картоплекопача КТ-0,6 та при підготовці до роботи

При експлуатації картоплекопача КТ-0,6 необхідно дотримуватися вимог безпеки передбачених НПАОП 01.0-1.02-18. Для безпечної роботи з цією машиною слід керуватися такими правилами [1]:

- 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 робота на агрегаті у незаправленому одязі;
- забороняється проводити будь-які роботи при відчепленій машині, якщо під її колеса не поставлені противідкатні башмаки;
- 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 виконувати відповідно до «Правил дорожнього руху»;
- періодично обновляти знаки безпеки, які є на машині.

При підготовці машини до роботи слід оглянути всі її складові частини, переконатися у їх справності, прошприцувати всі маслянки, надійно підтягнути всі нерухомі болтові з'єднання, затягнути болтові кріплення редуктора і корпусів підшипникових валів. Відрегулювати ланцюгові передачі.

Закінчивши перевірку і змащування, машину під'єднують до трактора. Агрегаткування здійснюється у такому порядку:

- перед обкаткою машини тиск у шинах доводять до $0,25 \pm 0,01$ МПа;
- агрегатують машину з колісними тракторами тільки при наведенні їх на колію 1800 мм;
- подають трактор до машини і зафіксують на скобі трактора;
- перевіряють величину перекриття телескопічної частини карданної передачі, не менше 90...100 мм;
- надівають на шліцьовий кінець валу відбору потужностей шарнір головної карданної передачі, попередньо поставивши вал у трубу кардана машини. Внутрішні вилки головної карданної передачі повинні лежати в одній площині.

Під час експлуатації машини періодично оглядають підшипникові вузли і очищають вали біля підшипникових вузлів від намотаних рослинних залишків за допомогою чистика.

Під час роботи з машиною зміну подачі пального двигуна трактора необхідно проводити плавно. Різка зміна подачі палива призводить до поломок деталей привода ВВП трактора і трансмісії машини.

Обов'язково необхідно проводити регулювання зачеплення шестерень та зазорів підшипників у редукторах при відповідних технічних оглядах або при виникненні люфтів.

У процесі роботи при різкому зменшенні навантаження на трактор, необхідно зупинити агрегат і обдивитися машину, можлива відмова або поломка валів. Ланцюгові передачі регулюють натяжними зірочками або роликками.

До роботи з технічного обслуговування, транспортування, обкатування 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.

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.

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

Інструменти, прилади і обладнання для технічного обслуговування і ремонту повинні використовуватись тільки за своїм призначенням, бути справними і забезпечити безпечність проведення робіт.

Своєчасно і якісно проведене планове технічне обслуговування забезпечує нормальний технічний стан, попереджуючи передчасний знос і поломку складових частин, збереження заданих характеристик машини, збільшення строку служби, скорочуючи витрату експлуатаційних матеріалів протягом встановлених ресурсів і строку служби, підвищення продуктивності праці і відповідно ефективності використання машини.

Стационарні пости технічного обслуговування і агрегати технічного обслуговування повинні бути обладнані засобами пожежогасіння.

У машин, які пройшли технічне обслуговування не повинно бути підтікання палива. Особи, які працюють на машині, а також які беруть участь у проведенні технічного обслуговування, повинні здати пожежотехнічні мінімуми.

Система технічного обслуговування носить планово-попереджувальний характер і включає: технічне обслуговування при використанні згідно НПАОП 01.41-1.01-01; технічне обслуговування при збереженні згідно НПАОП 01.0-1.02-18.

При щозмінному технічному обслуговуванні очищають від пилу, ґрунту і рослинних залишків складові частини машини. Оглядають і перевіряють: надійність різьбових з'єднань і складових частин машини; відсутність підтікання масла у з'єднаннях і ущільненнях; правильність регулювання і стан робочих органів. Прокручують машину на холостому ході і перевіряють працездатність її складових частин.

При першому технічному обслуговуванні очищають від рослинних залишків машину; оглядають машину і перевіряють: надійність різьбових з'єднань складових частин, натяг ланцюгів валів. Перевіряють і при необхідності доводять до нормального тиску повітря у шинах коліс, підшипники валів і коліс машини. Прокручують машину на холостому ході і перевіряють працездатність її складових частин.

При другому технічному обслуговуванні очищають від рослинних залишків і миють машину; оглядають машину і перевіряють: надійність різьбових з'єднань складових частин, натяг ланцюга приводу, кріплення і стан транспортерів-сепараторів, тиск повітря у шинах опорних коліс. Змащують: стакан редуктора, кронштейн маточини опорних коліс, підшипники валів машини. Перевіряють і при необхідності доливають масло у редуктор.

Прокручують машину на холостому ході і перевіряють працездатність робочих органів.

При збереженні машини виконують вимоги НПАОП 01.0-1.02-18 «Правила охорони праці у сільськогосподарському виробництві».

Машину ставлять на зберігання: міжзмінне – перерва у використанні машини до 18 днів; довгострокове – перерва більше двох місяців.

Машини на міжзмінне збереження повинні бути поставлені безпосередньо після закінчення робіт, а на довгострокове збереження – не пізніше 10 днів з моменту закінчення робіт.

Машини повинні зберігатися у закритих приміщеннях або під навісом. Допускається зберігати на відкритих пристосованих майданах при обов'язковому виконанні робіт з консервації, герметизації і зняття складових частин, що потребують складського зберігання (ланцюгів, коліс).

Для проведення профілактичних оглядів машини повинні бути розташовані із збереженням відстані між ними (не менше 0,7 м). Машини підготовлені до збереження повинні бути віддані механізаторами і прийняті відповідальною особою. Місце збереження машини забезпечують протипожежними засобами.

Машини повинні встановлюватися на підставки (або підкладки) у горизонтальному положенні для уникнення перекосу і згину рам, для розвантаження коліс між шинами і опорними поверхнями повин бути просвіт 8...10 см. Стан машин перевіряють у період збереження у закритих приміщеннях не рідше 1 разу у 2 місяці, а на відкритих майданчиках і під навісом – щомісячно.

Консервацію машин виконують відповідно до стандарту. Машина підлягає частковій консервації. Консервація включає підготовку поверхні, застосування (нанесення) засобів тимчасового захисту і пакування. Консервація повинна проводитися у спеціальних приміщеннях або дільницях, які дозволяють зберігати встановлений технологічний процес і вимоги безпеки.

Ділянки консервації повинні розташовуватись з врахуванням обмеження або виключення проникнення агресивних газів і пилю.

При технічному обслуговуванні машин у період збереження повинна бути перевірена: правильність встановлення машин на підставки або прокладки (відсутність перекосів, прогинів, стійкість); комплектність (з врахуванням знятих складових частин, які зберігаються на складі); тиск повітря у шинах; стан антикорозійних покриттів (наявність захисного змащення, цілісність фарбованих покриттів, відсутність корозії).

Розконсервація проводиться згідно стандартам протиранням деталей і вузлів ганчір'ям змоченим розчинником.

Всі операції з налагоджування і технічного обслуговування машини проводить тракторист-машиніст. Він забезпечує правильне ведення трактора відносно рядків картоплі, включає вал відбору потужностей на початку гону і виключає вкінці гону до підйому робочих органів у транспортне положення. У всіх випадках включення валу відбору потужностей повинно бути плавним, без ривків.

Категорично забороняється включення валу відбору потужностей при огляді машини. На початку технологічного процесу збирання, тобто при заїзді машини у рядки необхідно опустити робочі органи машини, поставити рукоятку розподільника трактора у положення «плаваюче». Чим точніше машина йтиме по рядках, тим якісніше буде виконуватися робочий процес.

4.4 Заходи дезактивації картоплекопача та інших видів техніки після радіоактивного зараження

Радіоактивне зараження і характер його дії на виробничу діяльність.

Радіоактивне зараження – це забруднення поверхні деталей і вузлів культиватора та іншої техніки радіоактивними речовинами, що випали із хмари ядерного вибуху. Основне джерело радіоактивності при ядерних вибухах: продукти ділення речовин, які складають ядерне паливо (200 радіоактивних ізотопів, 36 хімічних елементів). Радіоактивне зараження має ряд особливостей, які відрізняють його від інших вражаючих факторів ядерного вибуху.

Масштаби і ступінь радіоактивного зараження місцевості, де знаходиться техніка, залежать від потужності і виду вибуху, метеорологічних умов, рельєфу місцевості. Найбільш сильне зараження місцевості при наземних і неглибоких підземних вибухах, у результаті яких показується потужна хмара із радіоактивних речовин. При наземному ядерному вибуху потужністю 1Мт випаровується і входить у вогняний шар біля 20тис.т. ґрунту. Радіоактивна хмара досягає максимальної висоти підйому за 10хв і переміщається під дією вітру. Частина радіоактивних речовин випадає на поверхню землі у районі вибуху, а решта (більша частина) випадає по мірі руху хмари, лишаючи на поверхні так званий радіоактивний слід.

Більша частина радіоактивних опадів, яка викликає радіоактивне зараження техніки, випадає із хмар за 10...20год. після ядерного вибуху. До того моменту і закінчується формування радіоактивного сліду хмари. Однаково на тій чи іншій ділянці місцевості, над яким проходить радіоактивна хмара, випадання радіоактивних осадів продовжується від декількох хвилин до 2год і більше.

Будь-яка с/г техніка може зберігатися на відкритих майданчиках, а також більше часу перебуває у полі. Тому радіоактивні речовини, попадаючи на поверхню будь-якого вузла чи деталі картоплекопача або іншої техніки, всмоктуються і руйнують поверхню, що призводить до іржавіння деталей і виникнення тріщин. Особливо це зношення відбувається на деталях, виготовлених із маловуглецевих сталей.

Ступінь зараження місцевості радіоактивними речовинами характеризується рівнем радіації R . Рівень радіації – це потужність дози гама-випромінювання. Рівень радіації показує дозу опромінення, яку може отримати працюючий за одиницю часу і вимірюється у рентгенах за годину ($R/\text{год.}$).

Дезактивація картоплекопача та іншої техніки на станціях знезараження транспорту.

Дезактивація с/г техніки – це видалення радіоактивних речовин із забруднених поверхонь до допустимих розмірів зараження, безпечних для людини. Всі вузли та деталі картоплекопача, що забруднені радіоактивними речовинами, підлягають дезактивації. При частковій дезактивації техніки видаляють радіоактивні речовини з усієї поверхні методом обмітання або обтирання.

Повна дезактивація проводиться за межами зараженої території, на станціях знезараження транспорту, які складаються на базі миючих окремих приміщень, станціях обслуговування с/г техніки, а також на площадках дезактивації.

Станція знезараження техніки – це комплекс спеціально призначених приміщень і площадок. У приміщенні для знезараження техніки встановлюється одна або декілька поточних ліній. Кожна лінія складається з послідовно розміщених двох-трьох робочих постів, на яких обробляється с/г техніка. Паралельно потокам встановлюються столи для обробки складальних деталей та інструментів. До кожного робочого посту підводиться гаряча вода (пара) і стиснуте повітря, якими дезактивуються вузли і деталі культиватора. Зливання зараженої води виконується через прийомник у відстійник, а потім у проміжні канали. На робочих постах знаходяться також ємності для приготування дезактивуючих речовин, ящики, щітки та інші інструменти, які потрібні при обробці заражених вузлів і деталей с/г техніки.

Картоплекопач, доставлений до станції знезараження, поступає на площадку для заражених машин і техніки, де дозиметристи визначають ступінь

зараження. Місця, заражені найбільш сильно, відмічаються і в подальшому підлягають більшій обробці. Потім картоплекопач очищають від залишків ґрунту, рослинних решток, зокрема, робочі органи. І після цього картоплекопач поступає на перший робочий пост, де знімають опорні колеса, другі робочі органи, знімають леміш і передають на стіл, призначений для обробки знімних деталей. Там же машину очищають від бруду і густого мастила скребками, щітками, водою, після чого проводиться дезактивація за допомогою струменів води (пари). Після цього визначається повнота дезактивації і проводиться монтаж раніше знятого обладнання. Частина деталей або вузлів, які заражені вище допустимих норм, повертаються для повторної дезактивації.

Оброблений картоплекопач та іншу техніку пересувають на площадку для знезараження, де протирають, змащують і підготовляють до виїзду в поле. Повна дезактивація с/г техніки може здійснюватися такими методами:

- змивання радіоактивних речовин водою під тиском;
- знищення радіоактивних речовин газокраплинним потоком;
- змивання радіоактивних речовин дезактивуючим розчином, водою і розчинниками з одночасною обробкою забрудненої поверхні щітками дегазаційних машин і пристосувань;
- знищення радіоактивних речовин методом пиловідкачування.

Проводячи частинну дезактивацію с/г техніки, особливу увагу приділяють замасленим поверхням, з якими може контактувати обслуговуючий персонал, наприклад при дезактивації трактора – на обробку дверей, капота, горловини і кришки бака для палива, а також внутрішньої поверхні кабіни, сидіння, важелів і педалей керування.

Метод дезактивації картоплекопача вибирають відповідно до виду забруднення. Для полегшення дезактивації користуються також дезактивуючими розчинами, виготовленими на основі порошків СФ-2 (СФ-2У) чи при їх відсутності пральними порошками, промисловими відходами, які необхідні для пом'якшення води, що дає можливість краще змити з поверхні бруд разом з радіоактивними речовинами.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У роботі встановлено, що ефективність процесу викопування картоплі значною мірою визначається фізико-механічними властивостями бульб і ґрунту, зокрема глибиною їх залягання, шириною гнізда, вологістю ґрунту, міцністю шкірки та допустимими навантаженнями на бульби під час збирання.

Аналіз існуючих картоплекопачів і картоплезбиральних машин показав, що на середніх і важких ґрунтах за підвищеної вологості традиційні робочі органи не завжди забезпечують належну сепарацію ґрунтових домішок, що знижує якість викопування та підвищує імовірність пошкодження бульб.

Обґрунтовано доцільність удосконалення однорядного картоплекопача КТ-06 шляхом використання раціональної схеми робочих органів, до складу якої входять коток-копір, підрізні диски, активні лемеші, основний та поперечний сепаруючі елеватори. Така схема забезпечує послідовне підкопування, руйнування та сепарацію бульбоносного пласта.

Встановлено, що застосування котка-копіра перед підкопувальними лемешами є ефективним конструктивним рішенням, оскільки він одночасно частково руйнує ґрунтовий пласт і стабілізує глибину ходу робочих органів, підвищуючи стійкість технологічного процесу.

Показано, що оцінювання технологічного процесу роботи картоплекопача доцільно здійснювати за коефіцієнтами повноти відділення ґрунту і бадилля, а також за коефіцієнтом втрат картоплі, що дозволяє комплексно характеризувати ефективність сепаруючих робочих органів.

У результаті обґрунтування параметрів машини встановлено, що для роботи картоплекопача КТ-06 на суглинкових ґрунтах за оптимальної вологості доцільно приймати швидкість руху агрегату 5,5 км/год, що відповідає рекомендованим умовам роботи машини.

За результатами розрахунку сепаруючого елеватора визначено, що швидкість руху його полотна повинна змінюватися у достатньо широкому

діапазоні, тому для приводу елеваторів доцільно застосувати гідравлічний привід, який забезпечує плавне регулювання швидкості залежно від умов збирання.

Встановлено, що перший сепаруючий елеватор повинен працювати з більшою швидкістю, ніж другий, оскільки саме на першому етапі відбувається найінтенсивніше руйнування та просіювання бульбоносного шару. Додатково підтверджено доцільність використання прутків із гумовим покриттям для зменшення травмування бульб.

Розрахунок прутка сепаруючого транспортера на ударне навантаження показав, що умова міцності виконується, оскільки отримане динамічне нормальне напруження не перевищує допустимого значення 240 МПа. Це підтверджує працездатність і надійність прийнятого конструктивного рішення.

Розроблені в роботі заходи з безпечної експлуатації картоплекопача передбачають плавне вмикання вала відбору потужності, заборону його вмикання під час огляду машини та дотримання правильної технології входження агрегату в рядки. Отже, запропоноване удосконалення картоплекопача КТ-06 є технічно обґрунтованим і спрямованим на підвищення стабільності роботи, якості сепарації та надійності процесу викопування картоплі.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Гевко Р. Б., Хомик Н. І., Жаровський О. С., Довбуш Т. А. Деталі машин та основи автоматизованого конструювання : навч. посіб. до лабораторних робіт. Тернопіль : ФОП Паляниця В. А., 2021. 256 с.
2. Гогіташвілі Г. Г., Лапін В. М. Основи охорони праці. Львів : Новий світ, 2000. 230 с.
3. Довбуш Т. А., Хомик Н. І., Цьонь Г. Б. Зниження металоємності гнучких транспортуючих механізмів // Фундаментальні та прикладні проблеми сучасних технологій : матеріали міжнар. наук.-техн. конф., Тернопіль, 14–15 травня 2020 р. Тернопіль : ТНТУ, 2020. С. 20–21.
4. Довбуш Т. А., Хомик Н. І., Бабій А. В., Цьонь Г. Б., Довбуш А. Д. Опір матеріалів : навч. посіб. до виконання розрахунково-графічних робіт і самостійної роботи. Тернопіль : ФОП Паляниця В. А., 2022. 220 с.
5. Довбуш Т. А., Хомик Н. І., Довбуш А. Д., Цьонь Г. Б. Шляхи зменшення металомісткості гнучких шнекових механізмів // Проблеми теорії проектування та виготовлення транспортно-технологічних машин : матеріали міжнар. наук.-техн. конф., Тернопіль, 23–24 вересня 2021 р. Тернопіль : ФОП Паляниця В. А., 2021. С. 67–68.
6. Олексюк В. П., Бабій А. В., Сташків М. Я., Хомик Н. І., Довбуш Т. А., Цьонь Г. Б., Мартинюк В. В. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти за освітньо-професійною програмою «Агроінженерія». Тернопіль : ТНТУ ім. І. Пулюя, 2024. 93 с.
7. Хомик Н. І., Цьонь Г. Б., Довбуш Т. А., Блозва І. Й., Довбуш А. Д. Вступ до фаху : навч. посіб. для студентів спеціальності 208 «Агроінженерія». Тернопіль : ФОП Паляниця В. А., 2022. 348 с.

8. Хомик Н. І., Довбуш А. Д., Цьонь О. П. Деталі машин : курс лекцій для студентів заочної форми навчання. Тернопіль : ФОП Паляниця В. А., 2016. 160 с.
9. Хомик Н. І., Довбуш А. Д., Олексюк В. П. Машини та обладнання для тваринництва : навч. посіб. (курс лекцій). Ч. 1. Тернопіль : ФОП Паляниця В. А., 2021. 240 с.
10. Хомик Н. І., Мартинюк В. В., Бабій А. В., Цьонь Г. Б., Довбуш Т. А., Довбуш А. Д. Агрозахист : навч. посіб. / за заг. ред. Н. І. Хомик. Тернопіль : ФОП Паляниця В. А., 2025. 520 с.
11. Хомик Н. І., Ткаченко І. Г., Довбуш А. Д. Машини та обладнання для тваринництва : навч. посіб. до курсового проєктування для студентів спеціальності 208 «Агроінженерія». Тернопіль : ФОП Паляниця В. А., 2022. 100 с.
12. Хомик Н. І., Олексюк В. П., Сташків М. Я., Бабій А. В., Довбуш Т. А. Методичний посібник до виконання кваліфікаційної роботи для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності «Агроінженерія». Тернопіль : ФОП Паляниця В. А., 2025. 180 с.
13. Хомик Н. І., Цьонь Г. Б., Довбуш Т. А., Олексюк В. П. Основи агрономії : навч. посіб. (курс лекцій). Тернопіль : ФОП Паляниця В. А., 2021. 232 с.
14. Хомик Н. І., Цьонь Г. Б., Довбуш Т. А., Антончак Н. А. Основи агрономії : навч. посіб. до практичних занять та самостійної роботи. Тернопіль : ФОП Паляниця В. А., 2021. 320 с.
15. Хомик Н. І., Цьонь Г. Б., Довбуш Т. А. Навчальна практика : метод. посіб. для студентів спеціальності 208 «Агроінженерія». Тернопіль : ФОП Паляниця В. А., 2022. 140 с.
16. Babii A., Dovbush T., Khomyk N., Dovbush A., Tson H., Oleksyuk V. Mathematical model of a loaded supporting frame of a solid fertilizers distributor. *Procedia Structural Integrity*. 2022. Vol. 36. P. 203–210. <https://doi.org/10.1016/j.prostr.2022.01.025>

17. Dovbush T., Khomyk N., Dovbush A., Palyukh A. Estimation of the load capacity and the strain-stress state of rod transporters. *Scientific Journal of the Ternopil National Technical University*. 2022. Vol. 108, No. 4. P. 5–15.
18. Dovbush T., Dovbush A., Khomyk N., Tson H. Substantiation of flexible screw conveyor metal consumption under productivity maintenance conditions. *Scientific Journal of TNTU*. 2021. Vol. 103, No. 3. P. 33–42.
19. Хомик Н. І., Цьонь Г. Б., Довбуш Т. А. Ознайомча практика : метод. посіб. для студентів спеціальності 208 «Агроінженерія». Тернопіль : ФОП Паляниця В. А., 2022. 80 с.
20. Гевко І. Б., Довбуш Т. А., Цьонь О. П., Довбуш А. Д., Станько А. І. Синтез гвинтових робочих органів із еластичними поверхнями та результати їх дослідження. *Сільськогосподарські машини*. 2021. Вип. 47. С. 63–72.
21. Хомик Н. І., Довбуш Т. А., Цьонь Г. Б., Довбуш А. Д. Машини та обладнання для тваринництва : навч. посіб. до практичних занять та самостійної роботи. Тернопіль : ФОП Паляниця В. А., 2022. 360 с.
22. Nevko R., Lyashuk O., Dzyura V., Dovbush T., Trokhaniak O., Liashko A. Experimental studies of the process of loose material transportation by a pneumatic-screw conveyor. *INMATEH – Agricultural Engineering*. 2021. P. 479–487.
23. Rybak T., Popovych P., Khomyk N., Dovbush T., Tson H. Simulation calculations on quasistatic strength of structural elements of heavily loaded agricultural machines. *Visnyk KhNTUSH im. P. Vasylenka*. 2013. P. 321–326.
24. Хомик Н. І., Довбуш Т. А., Цьонь Г. Б. Машини та обладнання для тваринництва : навч.-метод. посіб. до виконання курсового проєкту. Тернопіль : ФОП Паляниця В. А., 2017. 84 с.
25. Dovbush T., Khomyk N., Dovbush A. Research of the mathematical model of the tribosystem head rod-bushing of the traction organ of rod transporters. *Scientific Journal of TNTU*. 2024. Vol. 115, No. 3. P. 112–121.

26. Гевко Р. Б., Гевко І. Б., Ляшук О. Л., Дячун А. Є., Залуцький С. З., Станько А. І., Довбуш Т. А. Гвинтові конвеєри з еластичними поверхнями. Тернопіль : ФОП Паляниця В. А., 2024. 239 с.
27. Дячун А. Є., Довбуш Т. А., Брикса А. О., Никитюк А. Г. Шнеки для змішування із спеціальними елементами // Фундаментальні та прикладні проблеми сучасних технологій : матеріали міжнар. наук.-техн. конф., Тернопіль, 28–29 травня 2025 р. Тернопіль : ФОП Паляниця В. А., 2025. С. 128–129.
28. Tson H., Dovbush T., Martyniuk V., Khomyk N., Stashkiv M., Dovbush A. Development of highly productive technological schemes for the use of agrodrones for plant protection. Scientific Journal of TNTU. 2025. Vol. 118, No. 2. P. 66–78.
29. Хомик Н. І., Довбуш Т. А. Обґрунтування силових факторів навантаженості пруткових транспортерів // Процеси, машини та обладнання агропромислового виробництва: проблеми теорії та практики : матеріали міжнар. наук.-практ. конф., Тернопіль, 29–30 вересня 2022 р. Тернопіль : ФОП Паляниця В. А., 2022. С. 140–141.
30. Nevko I., Liashuk O., Tson O., Dovbush T., Zalutskyi S., Stanko A. Installation for the investigation of screw working bodies with elastic surfaces and the results of their experimental tests. Scientific Journal of TNTU. 2021. Vol. 103, No. 3. P. 98–109.
31. Хомик Н. І., Довбуш Т. А., Дунець Б. Розрахунок ресурсу роботи конструктивної системи розкидача добрив // Фундаментальні та прикладні проблеми сучасних технологій : матеріали міжнар. наук.-техн. конф. Тернопіль : ТНТУ, 2018. С. 102–103.
32. Tson H., Baranovskyi V., Lyashuk O., Dovbush T. Experimental researches of parameters of the technological process of the improved beet tops purifier. Scientific Journal of TNTU. 2018. Vol. 92, No. 4. P. 60–67. https://doi.org/10.33108/visnyk_tntu2018.04.060

33. Гевко І. Б., Ляшук О. Л., Довбуш Т. А., Хорошун Р. В., Гевко І. Б. Проектування трансформаційних причепів для оптимізації площ зберігання в автотранспортних підприємствах. Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки. 2025. Вип. 12(43), ч. 2. С. 236–243.
34. Олексюк А. В., Довбуш Т. А., Олексюк В. П. Пошук оптимальних конструкцій сепаруючих пристроїв картоплезбиральних машин // Актуальні задачі сучасних технологій : матеріали XIV Міжнар. наук.-техн. конф. молодих учених та студентів. Тернопіль : ФОП Паляниця В. А., 2025. С. 110–112.
35. Б.О. Блащак, А.В. Бабій. Обґрунтування окремих конструктивно-технологічних параметрів картоплепосадочної машини // Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки. Кропивницький, 2024. Том 1. Випуск 10(41). С. 192-199.

ДОДАТКИ

Таблиця 1.1 – Фізико-механічні характеристики картоплі

Показник	Значення		
	середнє	найменше	найбільше
Кількість бульб в одному куці	15...18	3...4	25...30
Маса однієї бульби, г.	55...60	20...25	120...150
Щільність бульби, г/см ³	1,07	1,04	1,12
Насипна щільність бульб, кг/м ³	648	632	665
Зусилля відриву бульби від столона, Н.	7,35	3,53	11,85
Зусилля руйнування бульби при статичному стисканні, Н.	343...490	196...245	735...883
Допустима висота падіння бульби без пошкодження, м:			
– на металеву поверхню	0,3	0,2	0,5
– на іншу бульбу	0,8	0,7	1,0
– на ґрунт	2		4
Кут природного укосу бульб, град.	37	35	40
Ширина гнізда розміщення бульб, м	0,25	0,07	0,40
Глибина залягання бульб у ґрунті, м	0,19	0,12	0,24