

УДК 631.332.81

### Аналіз робочих органів машин для викопування кореневищ міскантусу із сепарацією ґрунту

*Каспрович І. К., аспірант, Національний науковий центр «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства» НААН України*

#### Анотація

**Мета.** Зменшення затрат ручної праці на збиранні посадкового матеріалу міскантусу внаслідок створення адаптера для попереднього подрібнення вороху, що забезпечить підвищення якості його сепарації.

**Методи.** Аналітичний, графічний.

**Результати.** Установлено, що серед відомих типів підкопуючих робочих органів найбільш ефективними для викопування кореневищ міскантусу є комбіновані робочі органи, які складаються з підкопуючих лемішів та барабанних роторів. Для забезпечення ефективної сепарації підкопаного пласта ґрунту в технологічну схему машини потрібно включити адаптер для попереднього подрібнення вороху.

#### Висновки

1. Установлено, що відомі технічні засоби для викопування коренебульбоплодів не забезпечують виконання вимог технологічного процесу збирання міскантусу.

2. Для забезпечення відокремлення ризомів від ґрунтового середовища і поліпшення умов сепарації доцільно ґрунтовий пласт попередньо подрібнити.

3. Для забезпечення подрібнення необхідно розробити й обґрунтувати параметри і режими роботи адаптера, який забезпечить розпушування пласта вороху до надходження його на систему сепарації.

**Ключові слова:** робочий орган, міскантус, сепарація, кореневище, викопування.

UDC 631.332.81

### Analysis of working bodies of machines for digging the miscanthus

*Kasprovich I. K., postgraduate, National Scientific Center "Institute of Agriculture Engineering and Electrification" NAAS of Ukraine*

#### Annotation

**Purpose.** Reducing the cost of manual labor to harvest the landing material of the miscanthus by creating an adapter for pre-shredding the heap that will improve the quality of its separation.

**Methods.** Analytical, graphical.

**Results.** It has been established that among the known types of dredging workshops, the most effective for digging the rhizomes of the miscanthus are the combined working bodies, which consist of dug up blades and drum rotors. To ensure efficient separation of the submerged layer of soil into the technological scheme of the machine, it is necessary to include shredding working bodies.

#### Conclusions

1. It has been established that the well-known technical means for excavation of root crops do not ensure compliance with the requirements of the technological process of collecting the miscanthus.

2. To ensure the separation of rhizomes from the soil environment and to improve the conditions of separation, it is advisable to pre-grind the soil layer.

3. To ensure shredding, it is necessary to develop and justify the parameters and operating modes of the adapter, which will ensure the loosening of the pile formation before it is introduced into the separation system.

**Keywords:** working body, miscanthus, separation, rhizome, digging.

УДК 631.332.81

## Анализ рабочих органов машин для выкапывания корневищ мискантуса с сепарацией почвы

*Каспрович И. К., аспирант, Национальный научный центр «Институт механизации и электрификации сельского хозяйства» НААН Украины*

### Аннотация

**Цель.** Уменьшение затрат ручного труда на сбор посадочного материала мискантуса путем создания адаптера для предварительного измельчения вороха, что обеспечит повышение качества его сепарации.

**Методы.** Аналитический, графический.

**Результаты.** Установлено, что среди известных типов подкапывающих рабочих органов наиболее эффективными для выкапывания корневищ мискантуса являются комбинированные рабочие органы, состоящие из подкапывающего лемеха и барабанных роторов. Для обеспечения эффективной сепарации подкопанного пласта почвы в технологическую схему машины должен быть включен адаптер для предварительного измельчения вороха.

### Выводы

1. Установлено, что известные технические средства для выкапывания корнеклубнеплодов не обеспечивают выполнение требований технологического процесса сбора мискантуса.

2. Для обеспечения отделения ризом от почвенной среды и улучшения условий сепарации целесообразно почвенный пласт предварительно измельчить.

3. Для обеспечения измельчения необходимо разработать и обосновать параметры и режимы работы адаптера, который обеспечит рыхление пласта вороха до поступления его на систему сепарации.

**Ключевые слова:** рабочий орган, мискантус, сепарация, корневище, выкапывание.

**Постановка проблемы.** Виробництво твердих видів палива, що виготовляють із біосировини, останнім часом набуває в Україні дедалі більшого поширення. Сировиною для виробництва слугують відходи деревообробної промисловості (тирса, щепи), солома, соняшникове лушпиння тощо. Але наразі особливу увагу приділяють сировині, отриманій внаслідок вирощування високопродуктивних багаторічних рослин, що гарантовано дають біомасу відповідної якості. Однією з таких рослин є мискантус, заготівля садового матеріалу якого – найбільш енергомістка та складна технологічна операція. Оскільки

глибина залягання корневищ становить близько 15 см, доцільніше модернізувати для цієї технологічної операції картоплекопач.

Отже, аналіз існуючих конструкцій викопувальних машин створить передумови для розробки машини нової конструкції, яка буде виконувати операцію підкопування корневищ мискантуса з просіюванням ґрунту.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Розмноженню та вирощуванню мискантуса на енергетичні цілі присвячено багато публікацій [1, 2, 3, 4, 5], в яких розглянуто технологію вирощування мискантуса, використання його наземної частини як палива. Проаналізовано вплив механізованої технології на продуктивність біомаси мискантуса [6]. Ці дослідження торкалися переважно агрономічних питань, а технічні питання залишаються маловивченими. Тому виникає необхідність узагальнити дослідження робочих органів машин для викопування корневищ, розробити її конструкційно-технологічну схему та обґрунтувати параметри і режими роботи адаптера для попереднього подрібнення вороху.

**Мета досліджень.** Зменшення затрат ручної праці на збирання посадкового матеріалу мискантуса внаслідок створення адаптера для попереднього подрібнення вороху, що забезпечить підвищення якості його сепарації.

**Методи досліджень.** Аналітичний, графічний.

**Результати досліджень.** Підкопуючі робочі органи машин призначені для підкопування шару ґрунту, часткового руйнування його структури, розпушування та переміщення на сепаруючі робочі органи.

Отже, робочий процес викопування передбачає як мінімум дві послідовні операції – руйнування ґрунту і створення необхідного зусилля для вилучення корневищ мискантуса. Особливістю будови корневища є розташування його в ґрунті у вигляді достатньо плоского овалу, глибина залягання якого становить до 0,15 м. Враховуючи те, що ри-зоми розростаються від початково поса-

дженої маточної ризоми навсебіч, формуючи таким чином діаметр чи овал трирічного кореневища розміром 0,6–0,8 м (рис. 1). Ризоми в кореневищі міцно утримуються хаотично переплетеним корінням. Тому процес викопування кореневищ ускладнює-

ся необхідністю забезпечити якісне подрібнення кореневмісного шару, що значно поліпшить ефективність сепарації та зменшить затрати ручної праці під час подальшого поділу та сортування посадкового матеріалу.

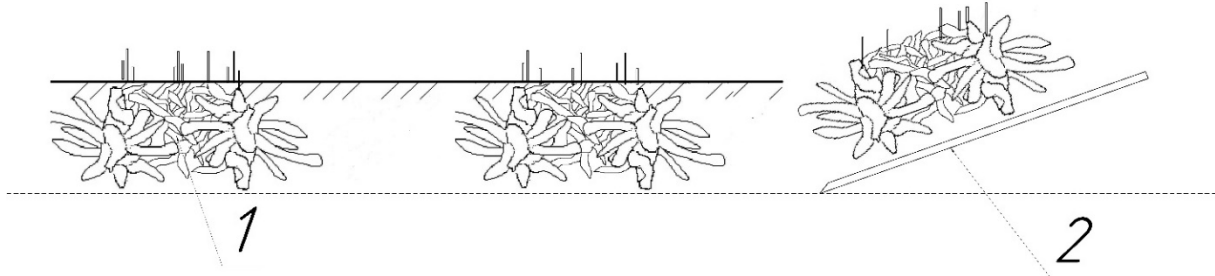


Рис. 1. Схема розташування кореневища в ґрунті:

1 – кореневище міскантусу; 2 – підкопуючий леміш збиральної машини

Fig. 1. Plot arrangement of the rhizome in the soil:

1 – the rhizome of the miscanthus; 2 – dredging blade of the harvesting machine

З метою пошуку ефективних підкопуючих і сепаруючих робочих органів проводимо класифікацію їх та аналіз.

Робочі органи поділяють на дві великі групи: пасивні та активні. Застосовують також їхнє поєднання – комбіновані робочі органи. Найпростіший і дешевий підкопуючий орган – пасивний леміш (рис. 2). Робочі органи такого типу широко застосовуються в комбінованих робочих органах машин, призначених для збирання різних коренебульбоплодних культур. Істотним недоліком пасивних робочих органів є великий тяговий опір. Для його зменшення кут нахилу  $\alpha$  зменшують (рис. 2). Проте експериментально підтверджено, що зі збільшенням кута нахи-

лу  $\alpha$  покращується самоочищення леза леміша від рослинних решток та налипання ґрунту. Оптимальним кутом нахилу леміша до горизонту є кут  $15\text{--}20^\circ$ . Ще одним геометричним параметром пасивних лемішів є кут скосу  $\gamma$ , який впливає на самоочищення леза леміша. Зі зменшенням його величини збільшується довжина леза леміша  $l$  (не більше 475 мм), що негативно впливає на сповзання скиби з його поверхні та збільшує тяговий опір. Оптимальні значення кута скосу лежать у межах  $40\text{--}50^\circ$  [7]. Ширина леза леміша  $b$  залежить від ширини кореневища міскантусу в рядку та глибини його залягання.

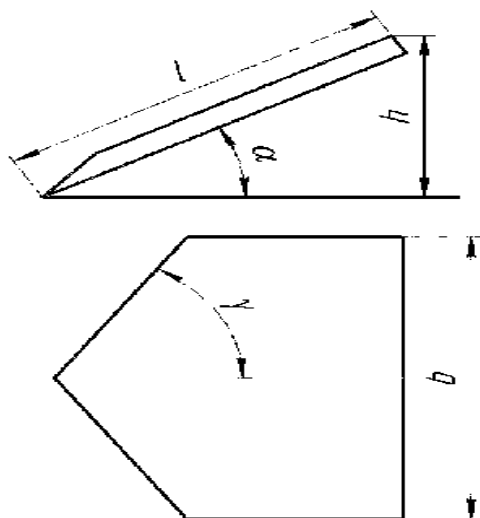


Рис. 2. Схема пасивного леміша  
Fig. 2. The scheme of the passive lemmas

Основним недоліком роботи підкопуючих робочих органів під час викопування кореневищ міскантусу є згрудження ґрунту між ними та сепаруючим транспортером, а також недостатнє розділення кореневища перед подачею вороху на сепаруючі робочі органи. З метою зменшення згруджування ґрунту застосовують активні лемеші. До активних підкопуючих робочих органів належать лемеші, що здійснюють коливання з плоско-паралельним рухом (рис. 3, 1), маятникові (рис. 3, 2) та дискові (рис. 3, 3).

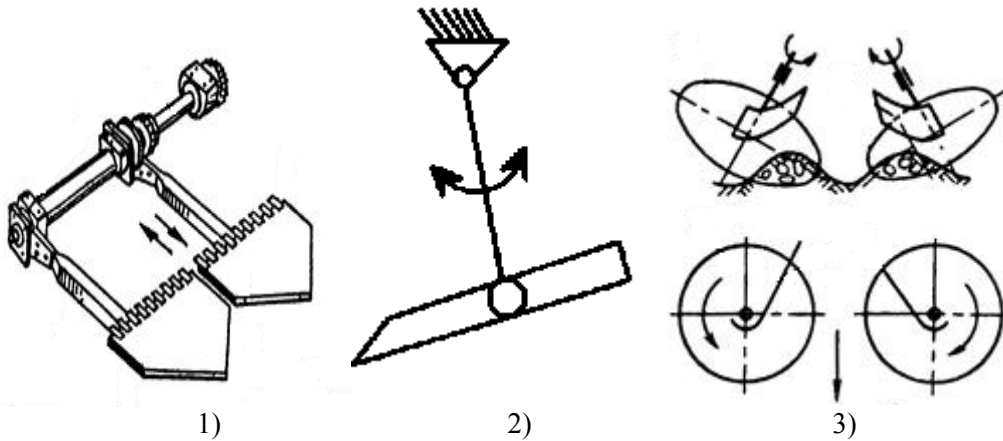


Рис. 3. Види активних лемешів:

1) – лемеш із плоско-паралельним рухом; 2) – лемеш із маятниковим рухом; 3) – дисковий лемеш

Fig. 3. Types of active flatulence:

1) – platform with flat-parallel motion; 2) – platform with swirling motion; 3) – disk blade

Найпоширенішими є коливальні лемеші (рис. 3, 1); 3, 2)), які, порівнюючи з пасивними, мають наступні переваги: значно менший тяговий опір, відсутність сповзання ґрунту та розвалу підкопаного кореневмісного шару і втрат урожаю, що позитивно впливає на техніко-експлуатаційні показники машини.

Попри вищезазначені переваги недоліками є високі динамічні навантаження та нерівноваженість мас.

Аналізуючи роботу коливального лемеша, робимо висновок, що його тяговий опір залежить від параметрів коливань (амплітуди та частоти), кута його нахилу та швидкості

руху машини. Дисковий лемеш (рис. 3, 3)) також, як і коливальний, дозволяє на 20–30% зменшити тяговий опір під час підкопування кореневмісного шару. Він транспортує підкопанний шар на сепарувальний пристрій за допомогою відцентрових сил, що дає можливість звужити потік підкопаного шару та габаритні розміри машини.

Комбіновані підкопуючі органи зазвичай являють поєднання конструкцій пасивних лемешів із коливальними або обертовими елементами, які запобігають розвалюванню та скачуванню шару ґрунту (рис. 4).

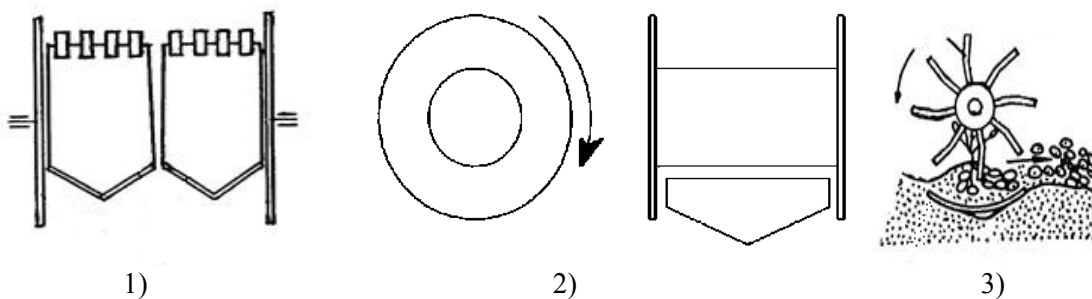


Рис. 4. Види комбінованих робочих органів:

1) – пасивний лемеш із відрізними дисками; 2) – дисковий грядкопідіймач;

3) – криволінійний лемеш з активним ротором

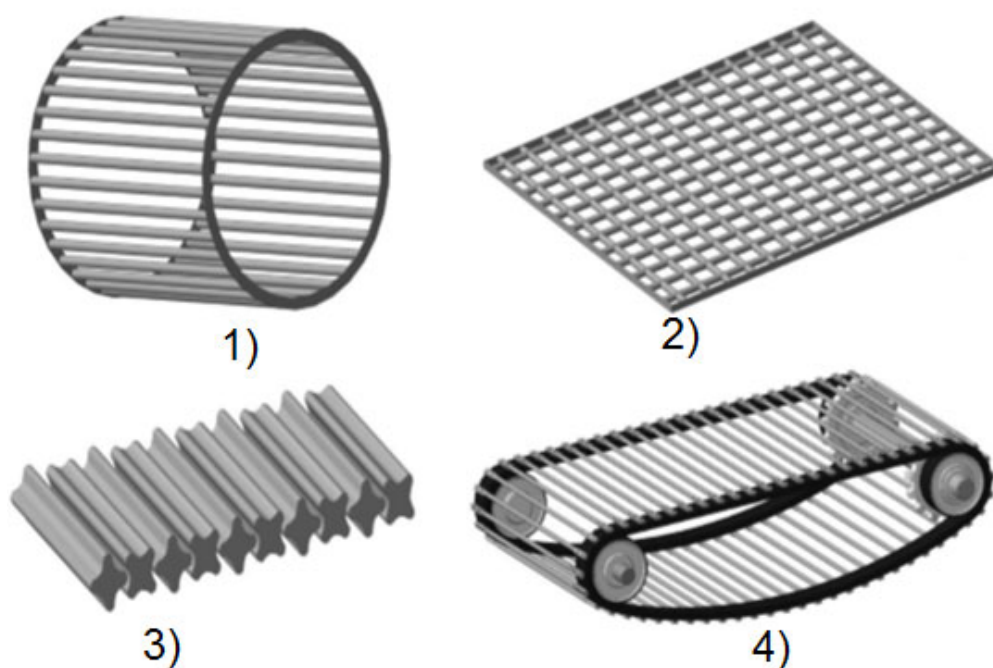
Fig. 4. Types of combined workers:

1) – a passive blade with cutting discs; 2) – a disk lifter; 3) – curvilinear blade with active rotor

У таких підкопувальних робочих органів активними, зазвичай, є боковини (рис. 4, 1)), а самі лемеші залишаються пасивними. Завдяки такому поєднанню досягається підкопування пласта без втрат, не розвалюється маса в бічних напрямках і не втрачається працездатність машини навіть під час роботи на незв'язаних ґрунтах. Втрати врожаю під час роботи такого лемеша не перевищують 0,1–0,2%. Наступним прикладом комбінованого підкопуючого робочого органу є дисковий грядкопідіймач (рис. 4, 2)), який складається з лемеша і барабана із закріпленими на його боках дисками. Перевагами даного підкопу-

ючого робочого органу є підйом пласта на велику висоту, підкопування тільки самого рядка та відсутність розвалювання шару ґрунту на боки.

Після підкопувальних лемешів підрізана скиба ґрунту потрапляє на сепаруючі робочі органи. Простотою конструкції відрізняються сепаратори вороху просіваючого типу. Основними типами таких робочих органів викопувальних машин є барабанні грохоти (рис. 5, 1)), з коливальним рухом решіт (рис. 5, 2)), вальцеві (рис. 5, 3)) і пруткові елеватори (рис. 5, 4)) [8, 9, 10].



**Рис. 5.** Види сепаруючих робочих органів:

1) – барабанний грохот; 2) – решітчастий коливальний грохот; 3) – вальцевий сепаратор;

4) – прутковий елеватор

**Fig. 5.** Types of separating working bodies:

1) – drum rattle; 2) – lattice oscillating roar; 3) – roller separator;

4) – bar elevator

Барабанні грохоти (рис. 5, 1)) застосовуються в картоплезбиральних і коренезбиральних машинах як сепаруючі та підйомно-транспортні пристрої. Вони надійні в експлуатації, споживають мало енергії і в них відсутні незрівноважені інерційні сили. Недоліком барабанних сепараторів є їхня низька ефективність під час роботи на перезволожених ґрунтах. Широкого застосування в конструкціях збиральної техніки вони не отримали. У решітних коливальних сепараторах (рис. 5, 2)) ворох рухається вгору по

поверхні завдяки періодичному підкиданню, скочуванню маси вниз перешкоджають виступи поперечних прутків [11, 12].

У вальцевих сепараторах (рис. 5, 3)) ворох рухається по поверхні завдяки обертаючому руху кулачків, водночас відбувається інтенсивна сепарація [13]. Особливістю цих робочих органів є висока інтенсивність руйнування пласта, що дозволяє досягати в оптимальних умовах до 93% чистоти бульб у тарі [13, 14] під час викопування картоплі. Відсутність вібрації, можливість самоочистки

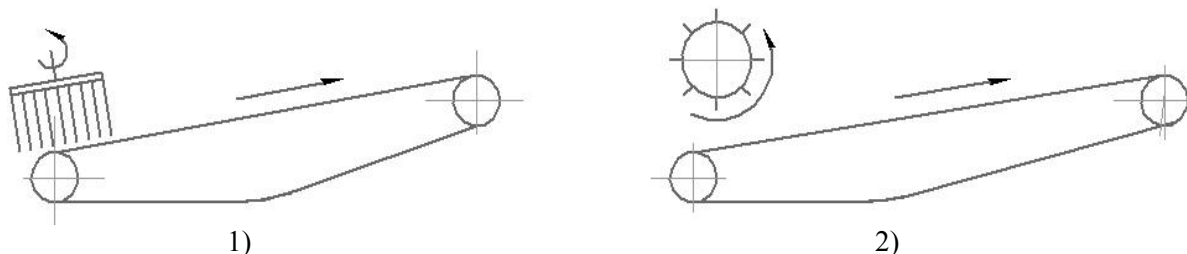
дозволяють використовувати даний вид сепараторів в умовах підвищеної вологості ґрунту [15]. Унаслідок високих навантажень, діючих на пласт ґрунту, значно зростає відсоток пошкоджених бульб.

Даний вид сепараторів не може використовуватися для збирання кореневищ міскантусу через його біологічну особливість – опадання листя після збирання надземної частини врожаю, яке буде намотуватися на вали сепаратора. А попереднє очищення поверхні поля від листя є економічно необґрунтованим. Крім того, ще одним недоліком подібних сепараторів є велика металомісткість [14].

Більш широке розповсюдження серед сепаруючих пристроїв отримали пруткові елеватори (рис. 5, 4), які здатні відділити за оптимальної вологості до 90% ґрунту. Вони

не потребують жорстких рам завдяки незначній вібрації, добре самоочищаються [10, 14]. Пруткові елеватори, порівнюючи з іншими видами сепаруючих пристроїв, розпушують підкопаний пласт і дозволяють картоплезбиральним машинам підтримувати задану робочу швидкість [9, 14, 16]. Недоліком пруткових елеваторів є значна втрата сепаруючої здатності за вологості ґрунту менше 13% через великий вміст грудок у вороху і більше 23%, коли через налипання на прутки ґрунт не може просіюватися [10, 14].

Набули поширення також і комбіновані сепаратори (рис. 6), в яких на початку технологічного процесу структура пласта руйнується за допомогою бітерів або барабанів із послідуною сепарацією вороху прутковим елеватором [17].



**Рис. 6.** Комбіновані сепаратори:

1) – з вертикальними пальцевими барабанами; 2) – з горизонтальним сепаруючим барабаном

**Fig. 6.** Combined separators:

1) – with vertical finger drums; 2) – with a horizontal separating drum

Пальцеві барабани розташовують одразу за підкопуючим лемешем, таким чином обертаючись назустріч один одному вони спрямовують ворох на транспортер мінімізуючи згруджування ґрунту. Активна дія барабанів на кореневище нівелюється шаром ґрунту який захищає його від надмірних пошкоджень. Дослідження руйнування бульбоносного пласта ударом, проведені В. М. Алесенко [18], показали високу грудкоподібнуючу здатність роторних бітерів, розташованих на початку сепаруючої поверхні пруткового елеватора. Так, за швидкості лопатей роторного бітера 4,7 м/с кількість грудок більше 30 мм, які сходили з елеватора, не перевищувала 1,0%. Проте пошкодження бульб роторними бітерами з суцільними лопатями сягало 12%, а прутковими роторними – 40–50%. А дослідження М. Е. Мацепуро показали, що за обертальної швидкості бітерів 7,7 м/с забезпечується повне руйнування грудок [19].

У результаті проведеного аналізу конструкцій існуючих робочих органів для підкопування пласта ґрунту та його сепарування (рис. 7) встановлено, що для збирання ризомів міскантусу найбільш підходить комбінований робочий орган (активний леміш із відрізними дисками), оскільки він забезпечує низькі витрати енергії на підкопування пласта та надійну його подачу на сепарувальні робочі органи. Для сепарування підкопаного вороху міскантусу переваги мають пруткові елеватори, які, порівнюючи з іншими робочими органами (барабанного типу, коливальні решета та вальцеві сепаратори), не допускають забивання та намотування ризомів, добре самоочищаються, ефективно сепарують ґрунт (до 90%). Проте встановлено, що вони не можуть відсепарувати ґрунт із вороху, який містить частини кореневищ міскантусу понад 0,2 м у діаметрі, а підкопані кореневища міскантусу мають розмірні

характеристики 0,2–0,6 м. Зважаючи на це, постає проблема попереднього подрібнення викопаних кореневищ міскантусу перед подачею на пруткові елеватори. Для операції подрібнення пласта ґрунту застосовують фрезерні робочі органи та вальцеві подрібнювачі. Перші й другі мають велику енергомісткість процесу подрібнення та значні пошкодження ризомів міскантусу. Авторами запропонований спосіб подрібнення кореневищ міскантусу штифтовими барабанами, оскільки в цьому випадку замість подріб-

нення ризомів переважають деформації розриву, а не стиску і зминання, що сприятиме мінімальним затратам енергії.

Тому для забезпечення розділення кореневища і зменшення подрібнення доцільно в конструкції машини для заготівлі посадкового матеріалу міскантусу застосувати штифтові робочі органи, які працюють без різання, розриваючи пласт. У технологічній схемі агрегату розташувати перед сепаруючими робочими органами й обґрунтувати їхні робочі параметри та режими роботи.

**Класифікація та аналіз існуючих робочих органів для підкопування пласта та сепарування вороху**



**Рис. 7.** Класифікація та аналіз робочих органів для викопування та сепарації ризомів міскантусу  
**Fig. 7.** Classification and analysis of working bodies for the digestion and separation of mescanthus rhizomes

**Висновки**

1. Установлено, що відомі технічні засоби для викопування коренебульбоплодів не забезпечують виконання вимог технологічного процесу збирання міскантусу.
2. Для забезпечення відокремлення ризомів від ґрунтового середовища і поліпшення умов сепарації доцільно ґрунтовий пласт попередньо подрібнити.
3. Для забезпечення подрібнення необхідно розробити й обґрунтувати параметри і

режими роботи адаптера, який забезпечить розпушування пласта вороху до надходження його на систему сепарації.

**Бібліографія**

1. Pude R. Uprawa i zbiory trzciny Miscanthus w Europie / Polsko Niemiecka Konferencja na temat wykorzystania trzciny chinskiej. Polczyn Zdoj, 2000. 11 p.
2. Роїк М. В., Гонтаренко С. М., Лашук С. О. Сучасний стан розвитку селекції та реєстрації представників роду Miscanthus в

Україні та світі. *Наукові праці інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2014. № 21. С. 249–254.

3. Клочков А. В., Кацер Д. В. Биознергетика в сельском хозяйстве: научно-методическое пособие. Горки: Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, 2009. 64 с.

4. Ястремська Л. С., Пришляк Р. І., Федонюк Ю. В. Міскантус – енергетична культура для отримання біопалива. URL: <http://ecobio.nau.edu.ua/index.php/ecobiotech/article/download/11665/15504>.

5. Ганженко О. М., Гументик М. Я., Квак В. М. Технологія виробництва твердого біопалива з міскантусу. *Біоенергетика*. 2015. № 2. С. 13–17 р.

6. Вплив елементів механізованої технології вирощування на продуктивність біомаси міскантусу / М. Я. Гументик, В. М. Квак, О. І. Замойський, С. В. Морозова. Вісник Дніпропетровського державного аграрно-економічного університету. 2015. № 4 (38). С. 50–54.

7. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку: підручник / Д. Г. Войтюк, В. М. Брановський, В. М. Булгаков [та ін.]; за ред. Д. Г. Войтюка. К.: Вища освіта, 2005. 464 с.

8. Бышов Н. В. Научно-методические основы расчета сепарирующих рабочих органов и повышение эффективности картофелеуборочных машин: дис. докт. техн. наук: 05.20.01; 05.20.04. Рязань, 2000. 414 с.

9. Костенко М. Ю. Технология уборки картофеля в тяжелых полевых условиях с применением инновационных решений в конструкции и обслуживании уборочных машин: дис. докт. техн. наук: 05.20.01. Рязань, 2011. 462 с.

10. Петров Г. Д. Картофелеуборочные машины. *Машиностроение*. 1984. 320 с.

11. Летoshнев М. Н. Сельскохозяйственные машины. Теория, расчет, проектирование и испытание: учебник. Москва; Ленинград: Сельхозгиз, 1955. 760 с.

12. Максимов Л. М. Изыскание конструкций и исследование работы барабанного сепаратора сельскохозяйственных материалов с самоочищающейся поверхностью: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.20.01. 1971. 24 с.

13. Сафразбекян О. Н. Новый сепарирующий элеватор картофелеуборочного комбайна. *Тракторы и сельскохозяйственные машины*. 1981. № 9. С. 42–43.

14. Верещагин Н. И., Пшеченков К. А. Рабочие органы машин для возделывания, уборки и сортировки картофеля. *Машиностроение*. 1965. 268 с.

15. Бoryчев С. Н. Машинные технологии уборки картофеля с использованием усовершенствованных копателей, копателей-погрузчиков и комбайнов: дис. докт. техн. наук: 05.20.01. Рязань, 2008. 484 с.

16. Комбайн картофелеуборочный прицепной Е-665/4. *Сельскохозяйственная техника (каталог)*. М.: ЦНИИТЭИ, 1975. С. 386–387.

17. Шумило М. М. Обґрунтування технологічного процесу сепарації ґрунту при підкопуванні картоплі і параметри підкопувально-сепаруючого робочого органу картоплезбиральної машини: дис. канд. техн. наук: 05.20.01. Глеваха, 1994. 114 с.

18. Алесенко В. М. Обоснование параметров и режимов работы роторного битера для разрушения картофельной грядки. *Механизация и электрификация сельского хозяйства*. Минск: Ураджай, 1969. Вып. № 2. С. 191–200.

19. Мацелуро М. Е. Технологические основы механизации уборки картофеля. Минск: Гос. изд-во, 1969. 301 с.

### Bibliografia

1. Pude R. Uprawa i zbiory trzciny Miscantus w Europie / *Polsko Niemiecka Konferencja na temat wykorzystania trzciny chinskiej*. Polczyn Zdoj, 2000. 11 p.

2. Roik M. V., Hontarenko S. M., Lashuk S. O. Suchasnyi stan rozvytku selektsii ta reiestratsii predstavnykiv rodu Miscanthus v Ukraini ta sviti. *Naukovi pratsi instytutu Bioenerhetychnykh kultur i tsukrovyykh buriakiv*. 2014. № 21. S. 249–254.

3. Klochkov A. V., Katser D. V. Bioenerhetika v selskom khoziaistve: nauchno-metodycheskoe posobyе. Horky: Belorusskaia hosudarstvennaia selskokhoziaistvennaia akademyia, 2009. 64 s.

4. Iastremska L. S., Pryshliak R. I., Fedoniuk Yu. V. Miskantus – enerhetychna kultura dlia otrymannia biopalyva. URL: <http://ecobio.nau.edu.ua/index.php/ecobiotech/article/download/11665/15504>.

5. Hanzhenko O. M., Humentyk M. Ia., Kvak V. M. Tekhnolohiia vyrobnytstva tverdoho biopalyva z miskantusu. *Bioenerhetyka*. 2015. № 2. S. 13–17.

6. Vplyv elementiv mekhanizovanoi tekhnolohii vyroshchuvannia na produktyvnist biomasy miskantusu / M. Ia. Humentyk, V. M. Kvak, O. I. Zamoiyskyi, Ye. V. Morozova. *Visnyk Dnipropetrovskoho derzhavnoho ahrarno-ekonomichnoho universytetu*. 2015. № 4 (38). S. 50–54.

7. Silskohospodarski mashyny. Osnovy teorii ta rozrakhunku: pidruchnyk / D. H. Voitiuk, V. M. Branovskiyi, V. M. Bulhakov [ta in.]; za red. D. H. Voitiuka. K.: Vyshcha osvita, 2005. 464 s.

8. Byshov N. V. Nauchno-metodycheskye osnovy rascheta separyuiushchykh rabochykh orhanov y povyshenye efektyvnosty kartofeleuborochnykh mashyn: dys. dokt. tekhn. nauk: 05.20.01; 05.20.04. Riazan, 2000. 414 s.

9. Kostenko M. Iu. Tekhnolohiia uborky kartofelia v tiazhelykh polevykh uslovyiakh s pryomenenyem ynnovatsyonnykh reshenyi v konstruktssy y obsluzhyvanny uborochnykh mashyn: dys. dokt. tekhn. nauk: 05.20.01. Riazan, 2011. 462 s.



10. Petrov H. D. Kartofeleuborochnye mashyny. *Mashynostroenye*. 1984. 320 s.

11. Letoshnev M. N. Selskokhoziaistvennye mashyny. Teoriya, raschet, proektyrovanye y ispytanye: uchebnyk. Moskva; Lenynhrad: Selkhozgiz, 1955. 760 s.

12. Maksymov L. M. Yzyskanye konstruktsyi y yssledovanye raboty barabannoho separatora selskokhoziaistvennykh materyalov s samo-ochyshchaisheisia poverkhnosti: avtoref. dys. kand. tekhn. nauk: 05.20.01. 1971. 24 s.

13. Safrazbekian O. N. Novyi sepyariushchyi elevator kartofeleuborochnoho kombaina. *Traktory y selskokhoziaistvennye mashyny*. 1981. № 9. S. 42–43.

14. Vereshchahyn N. Y., Pshechenkov K. A. Rabochoye orhany mashyn dlia vzdelyvaniya, uborky y sortirovki kartofelia. *Mashynostroenye*. 1965. 268 s.

15. Borychev S. N. Mashynnye tekhnolohyy uborky kartofelia s yspolzovanyem usovershenstvovannykh kopatelei, kopatelei-pohruzchikov y kombainov: dys. dokt. tekhn. nauk: 05.20.01. Riazan, 2008. 484 s.

16. Kombain kartofeleuborochnyi prysepnii E-665/4. *Selskokhoziaistvennaia tekhnika(katalog)*. M.: TSNYYTEY, 1975. S. 386–387.

17. Shumylo M. M. Obruntuvannia tekhnolohichnoho protsesu separatsii gruntu pry pidkopuvanni kartopli i parametry pidkopuvalno-separuiuchoho robochoho orhanu kartoplezbyralnoi mashyny: dys. kand. tekhn. nauk: 05.20.01. Hlevakha, 1994. 114 s.

18. Alesenko V. M. Obosnovanye parametrov y rezhymov raboty rotornoho bytera dlia razrusheniya kartofelnoi hriadky. *Mekhanyzatsiia y elektryfikatsiia selskoho khoziaistva*. Mynsk: Uradzhai, 1969. Vyp. № 2. S. 191–200.

19. Matsepuro M. E. Tekhnolohycheskye osnovy mekhanizatsyi uborky kartofelia. Mynsk: Hos. yzd-vo, 1969. 301 s.

### References

1. Pude R. Cultivation and harvest of Miscanthus reeds in Europe / *Polish German Conference on the use of the Chinese reed*. Polczyn Zdroj, 2000. 11 p.

2. Royik M. V., Gontarenko S. M., Lasok S. O. Current state of development of selection and registration of representatives of the Miscanthus family in Ukraine and in the world. *Scientific works of the Institute of Bioenergetic Cultures and Sugar Beet*. 2014. No. 21. Pp. 249–254.

3. Klochkov A. V., Katser D. V. Bioenergy in agriculture: a scientific and methodological manual. Gorki: Belarusian State Academy of Agriculture, 2009. 64 p.

4. Yastremska L. S., Prishlyak R. I., Fedonyuk Yu. V. Miscanthus is an energy-efficient culture for otrimannya biopaliva. URL: <http://ecobio.nau.edu.ua/index.php/ecobiotech/article/download/11665/15504>.

5. Ganzhenko O. M., Gennetyk M. Ya., Kvak V. M. The technology of solid biofuel production from miscanthus. *Bioenergy*. 2015. No. 2. Pp. 13–17.

6. Influence of elements of mechanized cultivation technology on the productivity of biomass of miscanthus / M. Ya. Gomentyk, V. M. Kvak, O. I. Zamoysky, Ye. V. Morozova *Bulletin of Dnipropetrovsk State Agrarian and Economic University*. 2015. No. 4 (38). Pp. 50–54.

7. Agricultural machinery. Fundamentals of theory and calculation: textbook / D. G. Voyiuk, V. M. Branovsky, V. M. Bulgakov [and others]; for ed. D. G. Voytjak. Kiev: Higher Education, 2005. 464 p.

8. Byshov N. V. Scientific and methodological basis for the calculation of the separation of the working bodies and improving the efficiency of potato harvesting machines: dis. Dr. tech. Sciences: 05.20.01; 05.20.04. Ryazan, 2000. 414 p.

9. Kostenko M. Yu. Technology of harvesting potatoes in harsh field conditions with the use of innovative solutions in the design and maintenance of harvesting machines: dis. Dr. tech. Sciences: 05.20.01. Ryazan, 2011. 462 p.

10. Petrov G. D. Potato harvesting machines. *Engineering*. 1984. 320 p.

11. Letoshnev M. N. Agricultural machines. Theory, calculation, design and testing: a textbook. Moscow; Leningrad: Selkhozgiz, 1955. 760 p.

12. Maksimov L. M. The search for designs and study of the operation of a drum separator for agricultural materials with a self-cleaning surface: author. dis. Cand. tech. Sciences: 05.20.01. 1971. 24 p.

13. Safrazbekyan O. N. New separation elevator potato harvester. *Tractors and agricultural machinery*. 1981. No. 9. Pp. 42–43.

14. Vereshchagin N. I., Pshechenkov K. A. The working bodies of machines for the cultivation, harvesting and sorting of potatoes. *Engineering*. 1965. 268 p.

15. Borychev S. N. Machine technologies for harvesting potatoes using advanced diggers, diggers, loaders and combines: dis. Dr. tech. Sciences: 05.20.01. Ryazan, 2008. 484 p.

16. Potato harvester trailer E-665/4. *Agricultural machinery (catalog)*. Moscow: TSNIIITEI, 1975. Pp. 386–387.

17. Shumilo M. M. Substantiation of technological process of soil separation during potato digging and parameters of digestive separating working body of potato harvesting machine: dis. Cand. tech. Sciences: 05.20.01. Glevakha, 1994. 114 p.

18. Alesenko V. M. Justification of the parameters and modes of operation of the rotary beater for the destruction of potato beds. *Mechanization and electrification of agriculture*. Minsk: Urajay, 1969. Issue No. 2. Pp. 191–200.

19. Matsepuro M. E. Technological basis of potato harvest mechanization. Minsk: State publishing house, 1969. 301 p.