

Всеукраїнський науково-технічний журнал

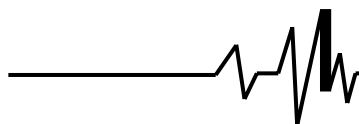
Ukrainian Scientific & Technical Journal

ISSN 2306-8744

DOI: 10.37128/2306-8744-2021-1

# Вібрації в техніці та технологіях

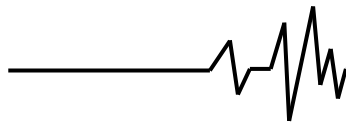


**З М І С Т****1. ТЕОРІЯ ПРОЦЕСІВ ТА МАШИН**

|   |            |
|---|------------|
| <i>Калетнік Г.М., Цуркан О.В.</i><br><b>ОСОБЛИВОСТІ КОНСТРУКЦІЇ ВІБРАЦІЙНОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ СУШІННЯ ВИСОКОВОЛОГОЇ НАСІННЕВОЇ СИРОВИНИ.....</b>  | <b>5</b>   |
| <i>Дудніков А. А., Дудник В. В., Горбенко О.В., Келемеш А.О.</i><br><b>ВІБРАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ПРИ ВІДНОВЛЕННІ РОБОЧИХ ОРГАНІВ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН .....</b>                                | <b>14</b>  |
| <i>Ольшанський В. П., Сліпченко М. В., Спольнік О. І., Солоня О.В.</i><br><b>КОЛИВАННЯ МИТТЄВО НАВАНТАЖЕНОГО ДИСИПАТИВНОГО ОСЦИЛЯТОРА.....</b>  | <b>21</b>  |
| <i>Купчук І. М., Токарчук О.А., Гонтар В. Г., Замрій М.А.</i><br><b>THE KINEMATIC ANALYSIS OF A VIBRATION CRUSHER FOR FEED GRAIN .....</b>  | <b>32</b>  |
| <i>Булгаков В. М., Адамчук В. В., Калетнік Г.М., Головач І. В.</i><br><b>МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ВЕРТИКАЛЬНИХ КОЛИВАНЬ ГИЧКОЗБИРАЛЬНОЇ МАШИНИ, ФРОНТАЛЬНО НАВИШЕНОЇ НА ПРОСАПНИЙ ТРАКТОР.....</b> | <b>39</b>  |
| <i>Ольшанський С. В., Сліпченко М. В., Харченко С. О., Полевода Ю. А.</i><br><b>НАБЛИЖЕНИЙ СПОСІБ РОЗРАХУНКУ ЗЕРНОПОТОКУ В ВЕРТИКАЛЬНОМУ ЦИЛІНДРИЧНОМУ ВІБРОРЕШЕТІ.....</b>                       | <b>57</b>  |
| <i>Sevostianov I., Melnyk O.</i><br><b>ELABORATION OF IMPROVED HYDROPONIC INSTALLATIONS.....</b>  | <b>66</b>  |
| <i>Рахманов С.Р., Зданевич С.В.</i><br><b>КОМПЛЕКСНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ МЕХАНИЗМА УДЕРЖАНИЯ ОПРАВКИ АВТОМАТИЧЕСКОГО СТАНА.....</b>  | <b>76</b>  |
| <i>Топільницький В.Г., Ребот Д.П.</i><br><b>РОЗРОБЛЕННЯ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ МЛИНА ВІБРАЦІЙНОГО ТИПУ ТОНКОГО ПОМЕЛУ СИПКИХ МАТЕРІАЛІВ.....</b>                            | <b>89</b>  |
| <i>Омельянов О.М., Полевода Ю.А., Замрій М.А.</i><br><b>ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ ВІБРАЦІЇ ПРИ РІЗАННІ МАТЕРІАЛІВ.....</b>   | <b>100</b> |

**2. МАШИНОБУДУВАННЯ ТА МАТЕРІАЛООБРОБКА**

|  |            |
|--|------------|
| <i>Matviychuk V., Kolisnyk M.</i><br><b>DEVELOPMENT OF THE COMBINED TECHNOLOGICAL PROCESS OF BLANK STACKS FLANGES FORMATION BY THE METHOD OF STAMPING BY ROLLING AND ROTARY DRAWING.....</b> | <b>111</b> |
| <i>Гайдамак О.Л., Матвійчук В.А.</i><br><b>СТВОРЕННЯ КОМПОЗИЦІЙНИХ ЕЛЕКТРОПРОВІДНИХ ПОКРИТТІВ ГАЗОДИНАМІЧНИМ НАПИЛЕННЯМ.....</b>   | <b>122</b> |
| <i>Shvets L..</i><br><b>DEVELOPMENT OF DEVICE FOR RESTORATION OF PLACES FOR BEARINGS.....</b>  | <b>133</b> |
| <i>Грушецький С.М., Яропуд В.М.</i><br><b>ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ КАРТОПЛЕЗБИРАЛЬНОЇ МАШИНИ .....</b>   | <b>139</b> |
| <i>Яропуд В.М., Дацюк Д.А.</i><br><b>ШЛЯХИ УДОСКОНАЛЕННЯ ВИСІВНОГО АПАРАТА СЕЛЕКЦІЙНОЇ СІВАЛКИ ДРІБНОНАСІННЕВИХ КУЛЬТУР.....</b>   | <b>152</b> |

**Грушецький С. М.**

к.т.н., доцент

*Подільський державний  
аграрно-технічний  
університет***Яропуд В. М.**

к.т.н., доцент

*Вінницький національний  
аграрний університет***Hrushetskiy S.***State Agrarian and  
Engineering University in  
Podilia***Yaropud V.***Vinnitsia National Agrarian  
University***УДК 631.358.44.45****DOI: 10.37128/2306-8744-2021-1-14**

## **ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНО- ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ КАРТОПЛАЗБИРАЛЬНОЇ МАШИНИ**

*Для успішного виходу України на західні ринки необхідно забезпечити конкурентоспроможність власної продукції, яка досягається при комплексній механізації технологічних процесів, зниженні витрат праці, збільшенні врожайності та якості одержуваної продукції. Відповідно, метою дослідження було проведення порівняльного аналізу конструктивно-технологічних схем картоплезбиральних машин визначив найбільш доцільний напрямок удосконалення існуючих та створення нових конструкцій картоплезбиральних машин, підкопувальних робочих органів і сепараторів та обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів.*

*Дослідження проводилися шляхом технологічно-конструкційного аналізу технологій і машин для збирання картоплі. У процесі досліджень використовувались методи порівняння та математичного моделювання технологічних процесів. Інформаційною базою досліджень слугували праці українських та зарубіжних науковців з технологій і машин для збирання картоплі.*

*На основі проведеного порівняльного аналізу технологій і машин для збирання картоплі виявлено основні процеси, що впливають на агротехнічні показники збиральної техніки, а також принципів впливу різних сепараторів на картопляний ворох показав, що вони використовують неефективні види деформацій, а саме: удар і стискання. Натомість дослідження дозволяють стверджувати, що значно ефективнішими є деформації розтягу і зсуву, які в чинних конструкціях сепараторів не реалізуються, або реалізуються лише частково.*

*На основі комплексних досліджень запропонована технологічна схема картоплекопача, робочі органи якого (лемішно-полицевий підкопувач і барабанний сепаратор) взаємодіють з картопляним ворохом через деформації розтягу і зсуву, що дає змогу ефективно відсепарувати ґрунт в різних умовах збирання бульб та інших конструктивних та кінематичних параметрів робочих органів картоплезбиральної машини.*

**Ключові слова:** картопля, картоплезбиральна техніка, технологія, процес сепарації, барабанний сепаратор, збирання картоплі, сепарація, ворох.

**Постановка проблеми.** Урядом України обрано стратегічний курс на розвиток в аграрно-індустріальному напрямі. Україна має унікальний природний потенціал, що дозволяє стати лідером з виробництва

сільськогосподарської продукції в Європі. Проте, для успішного виходу на західні ринки необхідно забезпечити перш за все конкурентоспроможність власної продукції, яка досягається при комплексній механізації



технологічних процесів, зниженні витрат праці, збільшенні врожайності та якості одержуваної продукції [1]. Вирощування картоплі в країні здійснюється за технологіями минулого століття, і якщо раніше вирощування картоплі було механізованим, то на сьогодні в більшості господарств вона вирощується вручну. З проведенням реформ на селі картоплярство розсіялося по малих селянських, фермерських та садово-городніх ділянках, де розміщено близько 95% цієї культури.

Машина для вирощування картоплі в Україну завозились і завозяться, в основному, з Білорусі та Німеччини [2]. Загальновідомо, що техніка на 70-80% морально застаріла, перебуває не в найкращому стані і потребує суттєвого оновлення. Картоплярі часто беруть за приклад сусідню Білорусь, де технологічний цикл повністю забезпечений державою та працюють відповідні заводи.

Технопарк картоплярства України, в свою чергу, актуалізує. Проблем удосконалення існуючих та винайдення нових перспективних технологій і робочих органів картоплезбиральної техніки, обґрунтування оптимальних режимів їх роботи і, в кінцевому рахунку, забезпечення цієї галузі рослинництва сучасною, високопродуктивною і надійною збиральною технікою.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Проблеми вирощування та збирання картоплі присвячено чимало друкованих праць. Проблемами картопляної галузі займалися і займаються такі вчені, як Грушецький С.М., Гуцол Т.Д., Булгаков В.М., Смолінський С.В. та ін. [3-13].

Явищем та моделювання процесу сепарації картопляного вороху займався у своїх працях Фірман Ю.П. [5].

Питаннями розробки та обґрунтування параметрів ротатійного картоплекопача займався Бончик В.С. [7].

Останніми дослідженнями слід вважати науковий пошук і обґрунтування конструкції і параметрів спірального сепаратора картопляного вороху та обґрунтування параметрів поздовжніх транспортерів-сепараторів коренезбиральних машин присвячено дослідження Булгакова В.М. Смолінського С.В., Фльонц І.В. та ін. [8, 9].

Великим вкладом в теорію сепарації на решетах сипучих матеріалів стали праці д.ф.-м.н. Е.А. Напомнящего, який у ряді своїх праць розглянув математичні основи цього процесу, Г.Д. Петров провів дослідження по визначенню розмірної характеристики ґрунтових грудок, що

утворюються при підкопуванні бульбоносного шару [12].

Стратегічні питання з вирощування картоплі в Україні з використанням найсучасніших технологій і техніки, які б мали конкурентоспроможні якісні показники, дослідники у своїх працях, на жаль, оминають аналіз сучасного стану картоплярства в Україні є завжди актуальною проблемою.

**Мета і завдання досліджень.** Метою дослідження є обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів картоплезбиральної машини.

**Результати досліджень.** Проведений аналіз конструктивно-технологічних схем картоплезбиральних машин визначив найбільш доцільний напрямок удосконалення існуючих та створення нових конструкцій картоплезбиральних машин, підкопувальних робочих органів та сепараторів (рис. 1).

Так, найбільш суттєвими і перспективними характеристиками картоплезбиральних машин слід вважати:

- мінімальну подачу ґрунту у воросі підкопувальними робочими органами до сепаратора;
- активність руйнування структури скиби;
- активне руйнування грудок ґрунту;
- використання в роботі деформацій зсуву, сколу та удару.

Важливе місце в технологічній схемі картоплекопача для якості процесу збирання займає сепаратор, який повинен відповідати в меншій мірі таким основним вимогам: висока сепарувальна здатність; роботоздатність при різній вологості ґрунту; незабивання бур'янами; вміст ґрунту у вихідному воросі не повинен перевищувати 10%; пошкодженість і втрати бульб картоплі повинні бути в допустимих межах; бути менш енергоємним в порівнянні з іншими сепараторами; мати просту конструкцію і бути простими в експлуатації, налагодженні і ремонті; висока транспортуюча здатність; повинен бути недорогим у виготовленні. При роботі на важких та перезволожених ґрунтах досить цінною буде здатність сепаратора до самоочищення.

**Рис. 1. Схема теоретичних досліджень**

Одним із способів досягнення поставленої мети є розробка нової конструкції картоплезбиральної машини з барабанним сепаратором, технологічна схема якої наведена на рис. 2.

Основними її складовими є копіювальний грудкоподрібнювальний каток 1, циліндроїдальний леміш 2, який зменшує подачу вороху від ґрунту на правосторонню полицю 3. Підтримується картоплезбиральна машина у робочому стані за допомогою регульовального опорного колеса 4. На рисунку також зображено барабанний сепаратор 5, який складається з діаметра меншої основи 6, діаметра більшої основи 7, обода 8 зчеплення із ґрунтом і прутків 9.

Працює картоплезбиральна машини таким чином. При переміщенні машини вздовж рядків картопляного поля за рахунок сили тяги трактора робочий орган заглиблюється у землю на глибину розміщення бульб. За рахунок циліндроїдального леміша 2 зрізається бульбоносний пласт і подається по гвинтовій правосторонній полиці 3 на конусний сепарувальний барабан 5 зі сторони малої основи 6. Сепарація бульб від ґрунту відбувається за рахунок:

- а) зменшення подачі пласта ґрунту при русі під кутом по циліндроїдальному лемішу;
- б) кришення пласта під час його руху по гвинтовій правосторонній полиці і повертанні його на певний кут;
- в) кришення пласта під час його потрапляння в прутково-конусний барабан;
- г) розтягування матеріалу пласта всередині робочої поверхні барабана.

Таким чином запропонована схема картоплезбиральної машини з барабанним сепаратором покращує сепарацію бульб на конусно-прутковому барабані, зменшуються забивання барабана рослинними рештками і механічні пошкодження бульб, зменшується кількість сепарувальних пристроїв, збільшується продуктивність агрегату при забезпеченні якісних показників процесу сепарації картопляного вороху.

Відомі знаряддя полицевого типу не можуть піднімати ґрунтовий шар, наприклад, коренебульбоносні, для передачі їх на транспортуючі і сепарувальні органи, що знижує технологічні можливості відомих ґрунтообробних знарядь.

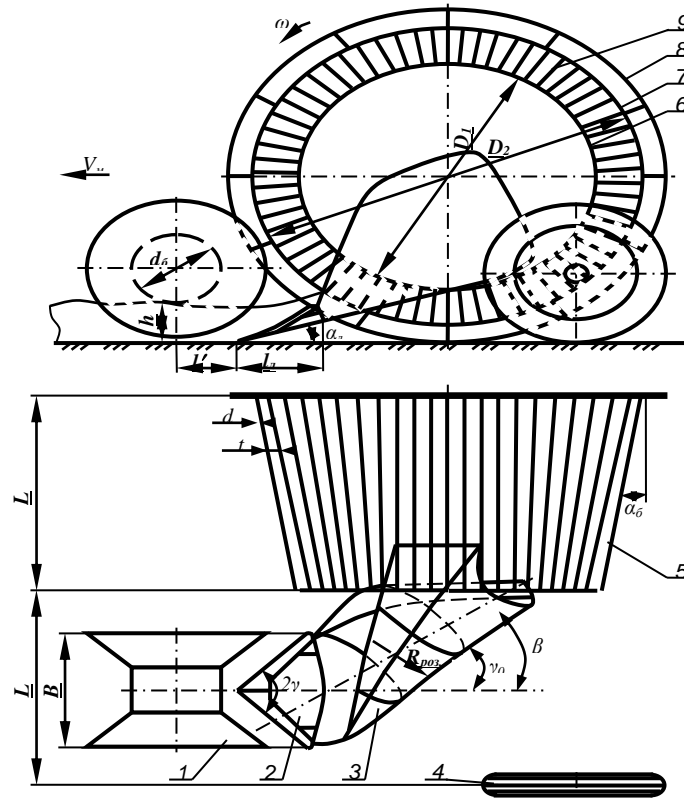


Рис. 2. Загальна технологічна схема картоплезбиральної машини з барабанним сепаратором

Нами пропонується лемішно-полищевий картоплекопач (рис. 3) для підвищення якості підкопування вороху за рахунок поліпшення оборотності пласта на незв'язних і звичайних ґрунтах і використання його для підкопування коренебульбоплодів. Для цього полищева поверхня робочого органа виконана у вигляді частини поверхні відкритого тора з твірними 1-4, які представлені у вигляді дуг кривих другого порядку. Твірна 1 нерухома, а твірні 2-4 мають гвинтове обертання навколо осі "О". Однойменні точки твірних 1-4 при обертанні навколо осі "О" переміщуються по кривих другого порядку, які проектується на фронтальну вертикальну площину у вигляді кривих, утворюючи фрагмент поверхні відкритого тора. Передній обріз тора усічений і до його грані встановлюється леміш 5, лезо якого виконане у вигляді відрізків спіралей 6. Верхній обріз полищевої поверхні тора зв'язаний з гвинтовою пластиною 7, а нижній його обріз забезпечений гвинтовою пластиною 8, причому обидві пластини 7 і 8 збільшують свою ширину у напрямі від леміша 5 до протилежного обрізу полиці 9. Вісь поверхні тора розташована під гострим кутом до поздовжньої осі рами і орієнтована в цьому напрямку. За рахунок тракторної тяги робочий орган заглиблюється в ґрунт на задану глибину, здійснює підрізання ґрунтового пласта вороху овального перерізу. За рахунок гвинтової

поверхні робочого органа у вигляді частини поверхні тора підрізаний пласт вороху обертається на 180°, піднімається над дном борозни за рахунок пластини 8, а за рахунок пластини 7 підрізаючий пласт зберігає напірний стан до виходу його за межі обріза 9 полиці, що підвищує якість спущення вороху пласта без потреби при цьому в застосуванні допоміжних пристроїв, таких як вібратори, бітери, шнеки і т.д. для передачі вороху на транспортуєчі і сепарувальні органи.

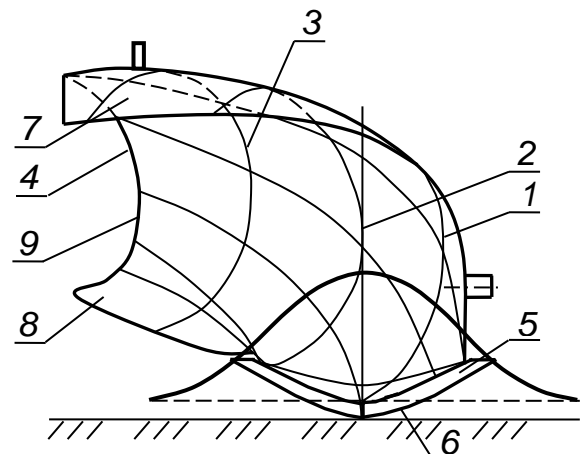
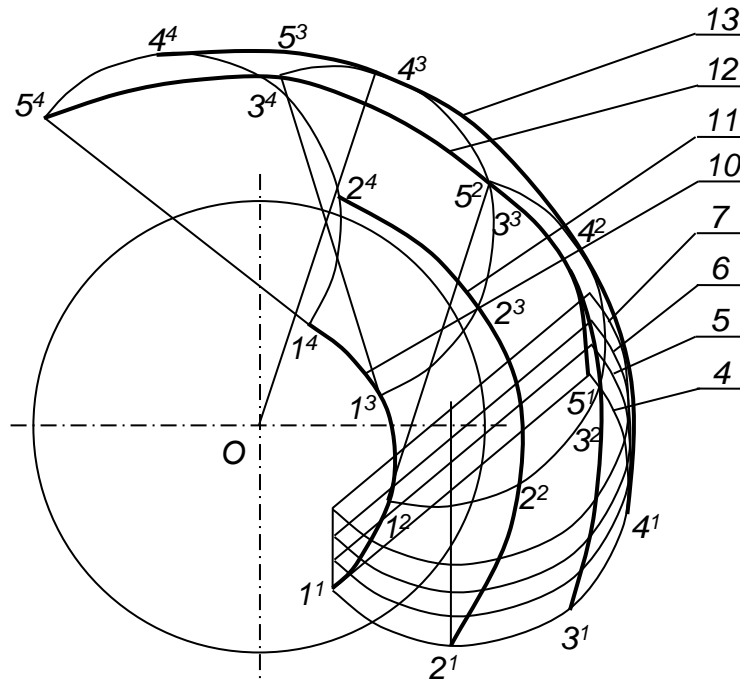


Рис. 3. Схема лемішно-полищевого картоплекопача, вид робочої поверхні



Частина поверхні тора на фронтально-вертикальній площині (рис. 4) має однойменні точки твірних 4-7, які з'єднуються між собою

кривими 10-13 другого порядку, при цьому крива 10 є нижнім обрізом частини поверхні тора, а крива 12 – верхнім.



**Рис. 4. Кінематика побудови частини полицевої поверхні робочого органу**

Існуючі результати досліджень процесу просіювання не дозволяють однозначно визначити конструктивні і кінематичні параметри сепарувальних робочих органів. Більшість досліджень є частковий випадок розв'язку загальних задач. Оскільки процес відокремлення домішок на сепараторах картопляного вороху має специфічний

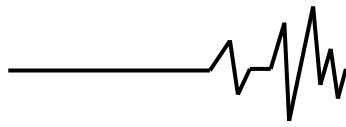
характер, то питання розгляду руху тіла по робочій поверхні і дослідження процесу сепарації потребує подальших теоретичних досліджень.

Розглянемо існуючі передумови розрахунку конструктивно-технологічних параметрів картоплезбиральної машини (табл. 1).

**Таблиця 1.**

**Основні передумови розрахунку конструктивно-технологічних параметрів картоплезбиральної машини**

| Вузол, агрегат           | Параметри визначення  | Наукові передумови розрахунку   |
|--------------------------|---|---|
| 1. Загальна схема        | 1. Колія (відстань між колесами в поперечному напрямку) картоплезбиральної машини | Визначається виходячи з агрономічних умов вирощування картоплі кратно ширині міжрядь [2].                   |
|                          | 2. Висота транспортного просвіту  | Теорія деформації ґрунту  |
|                          | 3. Координати коліс в поздовжній площині  | Визначаються з умов стійкості сільськогосподарської техніки.  |
| 2. Підкопувальна частина | 1. Глибина копання бульб $h_k$ , м  | Визначається з умов повного підкопування бульб на основі координат розміщення бульбоносного гнізда [2, 12]. |
|                          | 2. Ширина леміша $B$ , м  | Визначається з умов повного підкопування бульб на основі координат розміщення бульбоносного гнізда [2, 12]. |



|   |   |   |
|---|---|---|
|   | 3. Кути нахилу леміша $\alpha_n$ , град.  | Розраховується з умови просування вороху по поверхні леміша без скупчення ґрунту і типу лемішної поверхні. Теорія розрахунку клина як деформатора ґрунту [2, 12]. |
|   | 4. Кут сходу рослинних залишок $\gamma$ , град.   | Розраховується з умови, де $\varphi$ – кут тертя рослинних стебел або кореневищ по лезу [2, 12].  |
|   | 5. Довжина: леміша $l_n$ , м; леза $l$ , м.   | Визначається з конструктивних міркувань враховуючи динаміку підкопування пласта [2, 12].  |
|   | 6. Кут нахилу робочої поверхні клина до горизонту $\varepsilon_0$ , град.   | Теорія розрахунку клина як деформатора ґрунту [2, 12].  |
|   | 7. Тип лемішної поверхні  | Теорія планування лемішної поверхні [2, 12].  |
| 3. Подаюча частина вороху до сепаратора | 1. Кут піднімання, кришення і розпушування картопляного вороху $\alpha_2$ , град.   | Теорія тертя матеріалів по поверхні робочих органів [2, 12].  |
|   | 2. Кут нахилу картопляного пласта $\beta$ , град.   | Теорія руху матеріалів по гвинтовій робочій поверхні [4, 12].   |
|   | 3. Кут зміщення картопляного вороху $\gamma_0$ , град.  | Теорія руху матеріалів по гвинтовій робочій поверхні [4, 12].   |
|   | 4. Мінімальне, максимальне і розрахункове значення радіуса лемішно-полицевої поверхні корпусу $R_{\min}$ , $R_{\max}$ і $R_{\text{роз.}}$ , м | Радіус має бути таким, щоб піднятий полицею картопляний ворох повністю помістився на ній і не пересипався через край [4, 12].                                     |
|   | 5. Ширина вгнутості $B$ , м і довжина $L$ , м полицевої поверхні  | Визначається з конструктивних міркувань враховуючи динаміку руху пласта [4, 12].  |
|   | 6. Кут постановки полицевої поверхні до напрямку руху $\beta$ , град.   | Теорія руху матеріалів по гвинтовій робочій поверхні [4, 12].   |
|   | 7. Динамічні параметри полицевої поверхні   | Теорія диференціального числення.   |
|   | 8. Кінематичні параметри полицевої поверхні   | Теорія розрахунку кінематики.   |
|   | 9. Тип лемішно-полицевої поверхні   | Теорія планування лемішно-полицевої поверхні.   |
| 4. Барабан                              | 1. Діаметр: малої основи $D_1$ , м; великої основи $D_2$ , м.   | Визначається з конструктивних міркувань враховуючи кут конусності барабана, $\alpha_6$  |
|   | 2. Кут: конусності $\alpha_6$ , град; нахилу осі до горизонту $\gamma$ , град.  | Теорії руху вороху в барабанних сепараторах.  |





|                   |   |  |
|-------------------|---|--|
|                   | 3. Довжина $L$ , м                                    | Має обмежуюче значення $L \leq V_{\text{між}}$ .   |
|                   | 4. Колова швидкість $V_k$ , м/с                       | Визначається і змінюється від кутової швидкості обертання $\omega$ , рад/с і радіуса зчеплення обода з ґрунтом $R$ , м |
|                   | 5. Діаметр прутка $d$ , м і просвіти між ними $t$ , м | Теорія дослідження процесу руйнування ґрунтових грудок за Безруким Л.П.  |
|                   | 6. Загальна площа сепаратора $S$ , м <sup>2</sup>     | Визначається з конструктивних параметрів сепаратора.   |
|                   | 7. Динамічні і кінематичні параметри барабана         | Теорія руху частинок в обертових системах.   |
| 5. Копач в цілому | 1. Технологічна пропускна здатність $Q$ , кг/с        | Теорія пропускної здатності системи за Г.Д. Петровим.  |
|                   | 2. Тяговий опір копача $R_a$ , кН                     | Теорія опору с.-г. машин за В.П. Горячкиним.   |
|                   | 3. Затрати потужності на агрегування $N_a$ , кВт      | Класичні теорії теоретичної механіки   |

**Проектування лемішно-полицевої поверхні.** Проаналізувавши профіль картопляної грядки, типи лемішно-полицевої поверхні, розміщення сепарувального робочого органу і висоту піднімання картопляного вороху, проектуємо лемішно-полицеву поверхню.

Нині найпоширенішим є метод професора М.В. Щучкіна. Розглянемо цей метод, згідно з яким будемо дві проекції робочої поверхні нашого лемішно-полицевого корпусу – поперечно-вертикальну (контур корпусу) і горизонтальну.

**Побудову поперечно-вертикальної проекції лемішно-полицевої поверхні (контуру корпусу) виконуємо в такому порядку.** У вибраному масштабі відкладаємо ширину міжрядь  $L$  (рис. 5), яка відповідає довжині барабана і куту конусності  $\alpha_6$ , виходячи з агровимог на вирощування картоплі і відстані між колесами для габаритних розмірів лемішно-полицевого картоплекопача з барабанним сепаратором в поперечному напрямку, максимальну ширину  $B$  і висоту підкопування  $h_k$  – з умов повного підкопування бульб на основі координат бульбоносного гнізда.

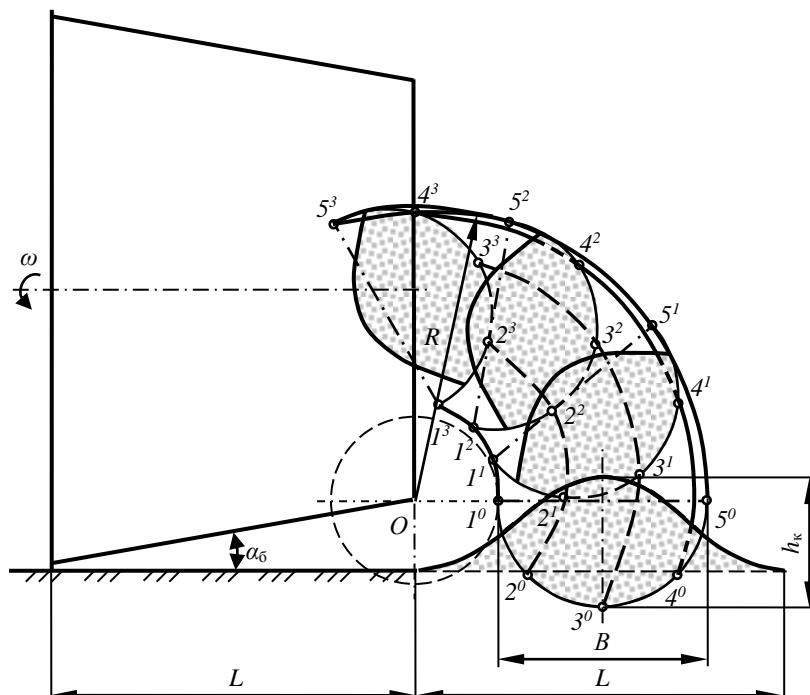
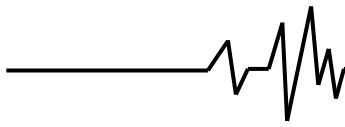


Рис. 5. Побудова контуру частини полицевої поверхні робочого органу



За розмірами  $B$  і  $h_k$  будуюмо переріз картопляної грядки, але враховуючи форму бульбоносного гнізда, яка нагадує еліпс і відкидає лишню частину ґрунту без бульб, взявши частину циліндра, що є твірною другого порядку з точками  $1^0, 2^0, 3^0, 4^0, 5^0$  в початковий момент руху, по якому пізніше приймемо форму леміша.

Користуючись рис. 4 і поясненням до нього для нашого випадку, будуюмо контури частини полицевої поверхні робочого органа враховуючи кінематику руху точок  $1^0, 2^0, 3^0, 4^0, 5^0$ , які перейдуть в  $1^3, 2^3, 3^3, 4^3, 5^3$  при уявному куті  $\alpha = 90^\circ$ , який пізніше приймемо за кут нахилу леміша  $\alpha_n$ .

Сполучаючи точки  $5^0, 5^1, 5^2, 5^3$  радіусом  $R$ , отримаємо криволінійний обрис верхнього обрізу полиці, а точки  $1^0, 1^1, 1^2, 1^3$  – криволінійний обрис нижнього обрізу полиці.

Наступним етапом буде вибір лемішної поверхні і її побудови (рис. 6), а також зв'язування верхнього обрізу полицевої поверхні тора з гвинтовою пластиною 7, яка зберігає напружений стан, а нижній його обріз з гвинтовою пластиною 8 для забезпечення піднімання над дном борозни, причому обидві пластини 7 і 8 збільшують свою ширину у напрямі від леміша 5 до протилежного обрізу полиці 9. Приймемо максимальний кут нахилу леміша

$$\alpha_n = 24^\circ.$$

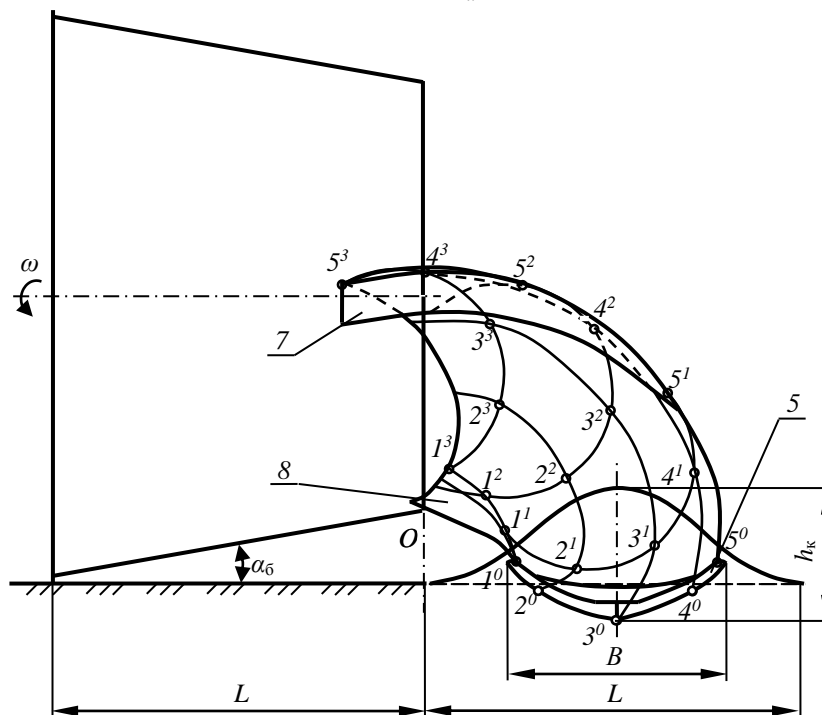


Рис. 6. Схема лемішно-полицевої робочої поверхні

**Побудова горизонтальної проекції лемішно-полицевої поверхні.** Для її побудови слід вибирати напрямну криву, визначити її форму і розміри.

**Напрямна крива.** Форма напрямної кривої, місце її розміщення в тій чи іншій частині робочої поверхні корпусу, її параметри є визначальними для лемішно-полицевої поверхні щодо кришення, розпушування і перевертання вороху.

Вихідними величинами для побудови напрямної кривої є кут  $\varepsilon_0$  – між площиною дна картопляної грядки і дотичною до напрямної кривої, розміщеною у перпендикулярній площині до леза леміша, і  $\gamma_0$  – кут сходу рослинних залишок з леза леміша. Чим більший кут  $\varepsilon_0$ , тим інтенсивніше кришиться і

розпушується картопляний ворох. Для полиць культурного типу  $\varepsilon_0 = 20 \dots 30^\circ$ , а для лемішів картоплезбиральних машин кут  $\gamma_0 = 40 \dots 50^\circ$  [13].

За формою напрямна крива може бути частиною кола, параболи чи еліпса. Найбільше застосовують напрямну криву, яка в нижній частині має прямолінійний відрізок  $S$ , а вище є параболою. Так напрямна крива забезпечує спочатку плавне піднімання вороху по лемішу і тільки потім енергійне перегинання, що сприяє кришінню і розпушуванню. Довжину прямолінійного відрізка  $S$  напрямної кривої вибираємо залежно від глибини підкопування. Для глибини підкопування  $h_k = 200 \dots 250$  мм,  $S = 50$  мм.

Для побудови напрямної кривої у вигляді частини кола потрібно визначити його



радіус кола, на основі якого її будемо. Радіус має бути таким, щоб піднятий полицею картопляний ворох повністю помістився на ній і не пересипався через краї, а також щоб ворох, що перевертається полицею, не задирався нижньою частиною її борозненого обрізу.

Отже, за першої умови матимемо мінімальне значення радіуса  $R_{\min}$ , а з другої – максимальне  $R_{\max}$ .

Для визначення мінімального значення радіуса  $R_{\min}$  переріжмо лемішно-полицеву поверхню корпусу площиною  $BC$  (рис. 7), яка

перпендикулярна до леза леміша і проходить через його кінець у точці  $B$ . Перша умова буде забезпечена, якщо крива  $B_1M_1$  буде довшою за  $BC$  ( $B_1M_1 > BC$ ).

Із рис. 7 видно, що  $BC = \frac{B}{\cos \gamma_0}$ , а

довжина кривої (частина кола)  $B_1M_1 = R(\pi - \varepsilon_0)$ .

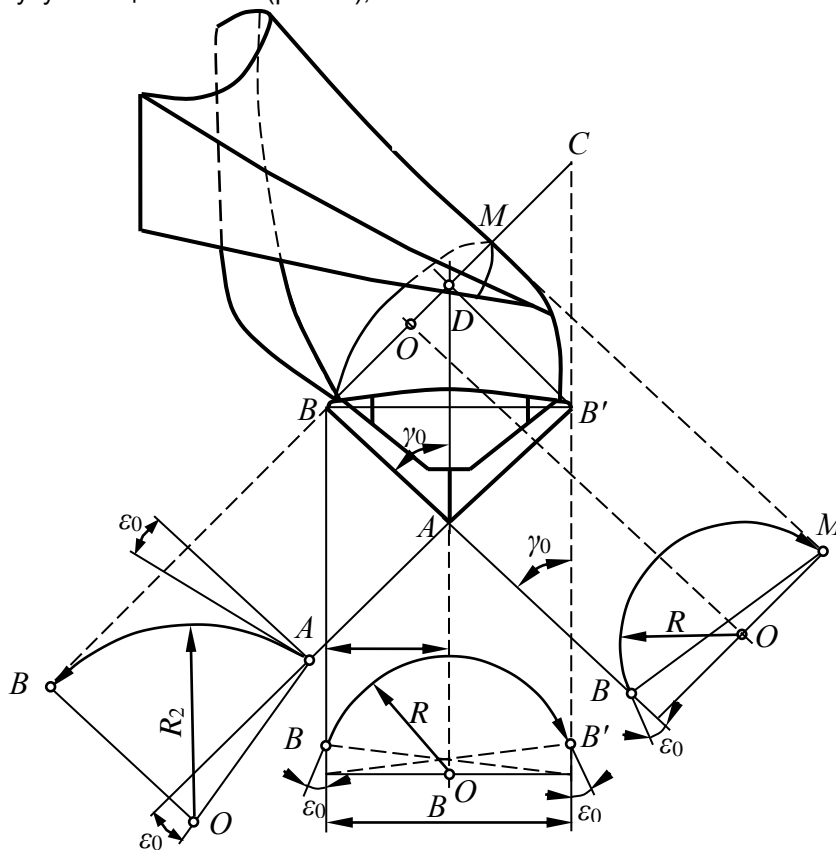


Рис. 7. Схема до визначення мінімального радіуса напрямної кривої

За умови рівності  $BC = B_1M_1$  тобто матимемо

$$\frac{B}{\cos \gamma_0} = R(\pi - \varepsilon_0).$$

Звідси

$$R = \frac{B}{(\pi - \varepsilon_0) \cos \gamma_0},$$

$$R_{\min} = \frac{B}{(\pi - \varepsilon_0) \cos \gamma_0}. \quad (1)$$

При ширині захоплення корпусу, рівній  $B = b + 2\delta$  для циліндричного леміша (рис. 8).

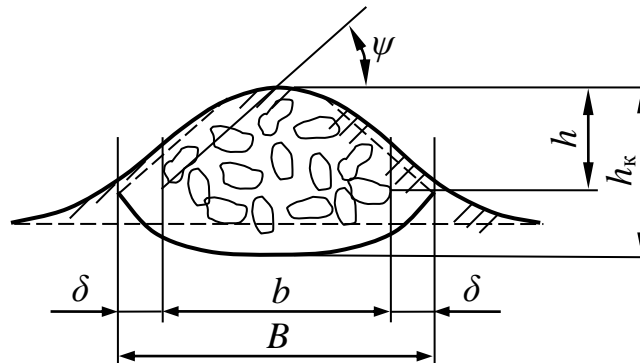
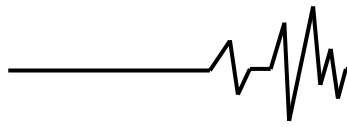


Рис. 8. Схема для розрахунку ширини леміша:  
 **$b$**  – ширина гнізда бульб;  **$\delta$**  – зміщення осі рядка відносно осі леміша;  
 **$h_k$**  – глибина копання;  **$h$**  – глибина залягання крайніх по ширині бульб;  
 **$\psi$**  – кут природного відкосу ґрунту.

Підставивши значення у (1) знайдемо  $R_{\min} = 0,150$  м.

Для визначення максимального значення радіуса  $R_{\max}$ , урахувавши, що полиця не зачіплює перевернуто скибу, використовуємо залежність:

$$R_{\max} = \frac{h_k \sqrt{k^2 - 1}}{k^2 \left( \cos \gamma_0 - \frac{\cos \gamma_0}{\sqrt{k^2 - \sin^2 \gamma_0}} \right)}, \quad (2)$$

де  $k$  – відношення  $B/h_k$ .

Підставивши значення у (2) знайдемо  $R_{\max} = 0,232$  м.

Для побудови параболи розрахункове значення радіуса  $R_{\text{роз.}}$  вихідного кола має бути більшим за  $R_{\min}$  і меншим, ніж  $R_{\max}$ :

$$R_{\min} < R_{\text{роз.}} < R_{\max}$$

Виходячи з профілю картопляної грядки, розрахункова ширина леміша  $B = 0,410$  м, тоді  $R_{\text{роз.}} = R_1 = 0,205$  м, а крива  $B_1B'_1 = R_1(\pi - 2\varepsilon_0) = 0,554$  м.

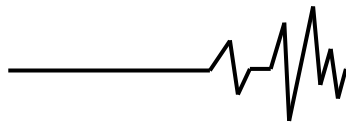
**Висновки.** 1. Аналіз конструкцій картоплезбиральних машин та їх робочих органів, а також принципів впливу різних сепараторів на картопляний ворох показав, що вони використовують неефективні види деформацій, а саме: удар і стискання. Натомість дослідження дозволяють стверджувати, що значно ефективнішими є деформації розтягу і зсуву, які в чинних конструкціях сепараторів не реалізуються, або реалізуються лише частково.

2. На основі комплексних досліджень запропонована технологічна схема картоплекопача, робочі органи якого (лемішно-

полицевий підкопувач і барабанний сепаратор) взаємодіють з картопляним ворохом через деформації розтягу і зсуву, що дає змогу ефективно відсепаровувати ґрунт в різних умовах збирання бульб.

#### Список використаних джерел

1. Hrushetsky S.M., Yaropud V.M., Duganets V.I., Duganets V.I., Pryshliak, V.L. Kurylo V.M. Research of constructive and regulatory parameters of the assembly working organs for the potato's harvesting machines. *INMATEH-Agricultural Engineering*. 2019. Vol. 59. № 3. pp. 101-110. DOI: 10.35633/INMATEH-59-11.
2. Грушецький С.М., Рудь А.В., Семенишина І.В., Медведєв Є.П. The technological process pattern of potato root harvester. *Журнал «Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка»*. № 31. Кам'янець-Подільський. 2019. DOI: <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2019-2-7>.
3. Грушецький С.Н. Модель технологических процессов картофелеуборочных машин. *Техническое и кадровое обеспечение инновационных технологий в сельском хозяйстве: материалы Международной научно-практической конференции (24-25 октября 2019 года)*. В 2 ч.. Минск : БГАТУ. 2019. Ч. 1. С. 125-127.
4. Грушецький С.М., Підлісний В.В. Аналіз конструкцій та результати досліджень сепараторів картопляного вороху. *Сучасний рух науки: тези доп. VI міжнародної науково-практичної інтернет-конференції журналу «WayScience»*. 4-5 квітня 2019 р. Дніпро, 2019. С. 274-282.



5. Фирман Ю.П., Грушецкий С.Н. Кинематический анализ работы динамического ленточного сепаратора. *MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture*. 2015. Vol. 17. № 1. P. 11-16.

6. Hutsol Taras, Firman Jurii, Komarnitsky Sergiy. Modelling of the separation process of the potato stack. *Agricultural Engineering : czasopismo*. Polskie Towarzystwo Inżynierii Rolniczej. 2017. Vol. 21, № 4. P. 27-35.

7. Бончик В.С., Федирко П.П. Результаты экспериментальных исследований геометрических параметров картофельной грядки при работе картофелеуборочных машин. *MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture*. 2015. Vol. 17. № 5. pp. 3-6.

8. Bulgakov V., Nikolaenko S., Adamchuk V., Z. and Olt J. Theory of impact interaction between potato bodies and rebounding conveyor. *Agronomy Research*. 2018. 16(1). pp. 52-63. DOI: 10.15159/AR.18.037.

<https://doi.org/10.15159/AR.18.037>.

9. Булгаков В.М., Пилипака С.Ф., Захарова Т.Н., Калетник Г.М., Яропуд В.М. Плоскі вертикальні криві, які забезпечують постійні тиск і швидкість руху матеріальної точки. *Всеукраїнський науково-технічний журнал «Вібрації в техніці та технологіях»*. ВНАУ. 2014 р. Вип. 1 (73). С. 5-12.

10. Aliev E., Bandura V., Pryshliak V., Yaropud V., Trukhanska O.. Modeling of mechanical and technological processes of the agricultural. *INMATEH - Agricultural Engineering*. vol. 54, no.1. 2018. P. 95-104.

11. Pascuzzi S., Bulgakov V., Santoro F., Sotirios A., Anifantis, Olt J., Nikolaenko S. Theoretical study on sieving of potato heap elements in spiral separator. *Agronomy Research*. 2019. 17(1), P. 33-48. DOI: 10.15159/AR.19.073. <https://doi.org/10.15159/AR.19.073>.

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

13. Токар А.М. Теоретична механіка. Кінематика: Методи і задачі. *Навчальний посібник*. Либідь, 2001. 416 с.

## References

1. Hrushetskiy S.M., Yaropud V.M., Duganets V.I., Duganets V.I., Pryshliak, V.L. Kurylo V.M. (2019). Research of constructive and

regulatory parameters of the assembly working organs for the potato's harvesting machines. *INMATEH-Agricultural Engineering*. Vol. 59. № 3. pp. 101-110. DOI: 10.35633/INMATEH-59-11. [in English].

2. Hrushetskiy S.M., Rud A.V., Semenyshyna I.V., Medvedyev YE.P. (2019). The technological process pattern of potato root harvester [The technological process pattern of potato root harvester]. *Zhurnal «Podil's'kyk visnyk: sil's'ke hospodarstvo, tekhnika, ekonomika»*. № 31. Kam"yanets'-Podil's'kyk. DOI: <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2019-2-7>. [in English].

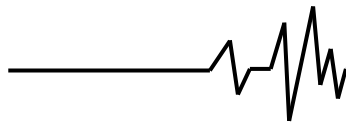
3. Hrushetskiy S.N. (2019). Model' tekhnolohycheskykh protsessov kartofeleuborochnykh mashyn [Model of technological processes of potato harvesting machines]. *Tekhnicheskoe y kadrovoe obespechenye ynnovatsyonnykh tekhnolohyy v sel'skom khozyaystve: materyaly Mezhdunarodnoy nauchno-praktycheskoy konferentsyy (24-25 oktyabrya 2019 hoda)*. V 2 ch.. Mynsk : BHATU. 2019. CH. 1. S. 125-127. [in Russian].

4. Hrushetskiy S.M., Pidlisnyy V.V. (2019). Analiz konstruktsiy ta rezultaty doslidzhen' separatoriv kartoplyanoho vorokhu [Analysis of designs and research results of potato pile separators]. *Suchasnyy rukh nauky: tezy dop. VI mizhnarodnoyi nauково-praktychnoyi internet-konferentsiyi zhurnalu «WayScience»*. 4-5 kvitnya 2019. Dnipro. pp. 274-282. [in Ukrainian].

5. Fyrman YU.P., Hrushetskiy S.N. (2015). Kynematycheskyy analiz raboty dynamycheskoho lentochnoho separatora [Kinematic analysis of the operation of a dynamic belt separator]. *MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture*. Vol. 17. № 1. pp. 11-16. [in Russian].

6. Hutsol Taras, Firman Jurii, Komarnitsky Sergiy. (2017). Modelling of the separation process of the potato stack. *Agricultural Engineering : czasopismo*. Polskie Towarzystwo Inżynierii Rolniczej. Vol. 21, № 4. pp. 27-35. [in English].

7. Bonchik V.S., Fedirko P.P. (2015). Rezultaty eksperimental'nykh issledovaniy geometricheskikh parametrov kartofel'noy gryadki pri rabote kartofeleuborochnykh mashin [The results of experimental studies of the geometric parameters of the potato beds during the work of potato harvesters]. *MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture*. Vol. 17. № 5. pp. 3-6. [in Russian].



8. Bulgakov V., Nikolaenko S., Adamchuk V., Z. and Olt J. (2018). Theory of impact interaction between potato bodies and rebounding conveyor. *Agronomy Research*. 16(1). pp. 52-63. DOI: 10.15159/AR.18.037. <https://doi.org/10.15159/AR.18.037>. [in English].

9. Bulhakov V.M., Pylypaka S.F., Zakharova T.N., Kaletnik H.M., Yaropud V.M. (2014). Ploski vertykal'ni kryvi, yaki zabezpechuyut' postiyini tysk i shvydkist' rukhu material'noyi tochky [Flat vertical curves that provide constant pressure and velocity of material point]. *Vseukrayins'kyy naukovo-tekhnichnyy zhurnal «Vibratsiyi v tekhnitsi ta tekhnolohiyakh»*. VNAU. Vyp. 1 (73). S. 5-12. [in Ukrainian].

10. Aliev E., Bandura V., Pryshliak V., Yaropud V., Trukhanska O. (2018). Modeling of mechanical and technological processes of the agricultural [Modeling of mechanical and technological processes of agricultural]. *INMATEH - Agricultural Engineering*. vol. 54, no.1. pp. 95-104. [in English].

11. Pascuzzi S., Bulgakov V., Santoro F., Sotirios A., Anifantis, Olt J., Nikolaenko S. (2019). Theoretical study on sieving of potato heap elements in spiral separator. *Agronomy Research*. 17(1), P. 33-48. DOI: 10.15159/AR.19.073. <https://doi.org/10.15159/AR.19.073>. [in English].

12. Petrov G.D. (1984). Kartofeleuborochnyye mashyny [Potato harvesting machines]. *Engineering*. 320 p. [in Russian].

13. Tokar A.M. (2001). Theoretical mechanics. Kinematics: Methods and Problems [Theoretical mechanics. Kinematics: Methods and Tasks]. *Tutorial*. Libid. 416 p. [in Ukrainian].

#### ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ КАРТОФЕЛЕУБОРОЧНОЙ МАШИНЫ

Для успешного выхода Украины на западные рынки необходимо обеспечить конкурентоспособность своей продукции, что достигается при комплексной механизации технологических процессов, снижении затрат труда, увеличении урожайности и качества получаемой продукции. Соответственно, целью исследования было проведение сравнительного анализа конструктивно-технологических схем картофелеуборочных машин для определения наиболее целесообразного направления совершенствования существующих и создания новых конструкций картофелеуборочных машин, подкапывающих рабочих органов и сепараторов и обоснование конструктивно-технологических параметров. Исследования проводились путем технологически конструкционного анализа технологий и машин для уборки картофеля. В процессе

исследований использовались методы сравнения и математического моделирования технологических процессов. Информационной базой исследований послужили труды украинских и зарубежных ученых по технологиям и машинам для уборки картофеля. На основе проведенного сравнительного анализа технологий и машин для уборки картофеля выявлены основные процессы, влияющие на агротехнические показатели уборочной техники, а также принципов влияния различных сепараторов на картофельный ворох показал, что они используют неэффективные виды деформаций, а именно: удар и сжатия. Исследования позволяют утверждать, что значительно эффективнее является деформации растяжения и сдвига, которые в действующих конструкциях сепараторов не реализуются, или реализуются лишь частично. На основе комплексных исследований предложена технологическая схема картофелекопалки, рабочие органы которой (лемешно-отвальная копатель и барабанный сепаратор) взаимодействуют с картофельным ворохом через деформации растяжения и сдвига, позволяет эффективно отсепарировать почву в различных условиях уборки клубней и других конструктивных и кинематических параметров рабочих органов картофелеуборочной машины.

**Ключевые слова:** картофель, картофелеуборочная техника, технология, процесс сепарации, барабанный сепаратор, уборка картофеля, сепарация, ворох.

#### JUSTIFICATION OF CONSTRUCTIVE-TECHNOLOGICAL PARAMETERS OF THE POTATO HARVESTING MACHINE

For Ukraine's successful entry into Western markets, it is necessary to ensure the competitiveness of its own products, which is achieved through comprehensive mechanization of technological processes, reducing labor costs, increasing yields and quality of products. Accordingly, the aim of the study was to conduct a comparative analysis of structural and technological schemes of potato harvesters identified the most appropriate direction to improve existing and create new designs of potato harvesters, undermining working bodies and separators and substantiation of structural and technological parameters. The research was carried out by technological and structural analysis of technologies and machines for harvesting potatoes. In the process of research methods of comparison and mathematical modeling of technological processes were used. The information base of the research was the work of Ukrainian and foreign scientists on technologies



and machines for potato harvesting. Based on a comparative analysis of technologies and machines for harvesting potatoes revealed the main processes affecting the agronomic performance of harvesting equipment, as well as the principles of influence of different separators on the potato heap showed that they use inefficient types of deformation, namely: impact and compression. Instead, studies suggest that tensile and shear deformations are much more effective, which are not realized in the current designs of the separators, or are only partially

realized. On the basis of complex researches the technological scheme of the potato digger which working bodies (a ploughshare-shelf digger and a drum separator interact with a potato heap through deformations of a tension and shift that allows to separate effectively soil in various conditions of harvesting of tubers and other constructive and kinematic parameters is offered. potato harvester.

**Key words:** *potatoes, potato harvesting equipment, technology, separation process, drum separator, potato harvesting, separation, heap.*

#### **Відомості про авторів**

**Грушецький Сергій Миколайович** - кандидат технічних наук, доцент кафедри агроінженерії і системотехніки Подільського державного аграрно-технічного університету (вул. Шевченка, 13, м. Кам'янець-Подільський, Хмельницька обл., 32316, e-mail: [g.sergiy.1969@gmail.com](mailto:g.sergiy.1969@gmail.com)).

**Яропуд Віталій Миколайович** - кандидат технічних наук, доцент кафедри машин та обладнання сільськогосподарського виробництва Вінницького національного аграрного університету (вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, Україна, 21008, e-mail: [yaropud77@gmail.com](mailto:yaropud77@gmail.com)).

**Грушецкий Сергей Николаевич** - кандидат технических наук, доцент кафедры агроинженерии и системотехники Подольского государственного аграрно-технического университета (ул. Шевченко, 13, г. Каменец-Подольский, Хмельницкая обл., 32316, e-mail: [g.sergiy.1969@gmail.com](mailto:g.sergiy.1969@gmail.com)).

**Яропуд Виталий Николаевич** - кандидат технических наук, доцент кафедры машин и оборудования сельскохозяйственного производства Винницкого национального аграрного университета (ул. Солнечная, 3, г. Винница, Украина, 21008, e-mail: [yaropud77@gmail.com](mailto:yaropud77@gmail.com)).

**Hrushetskiy Sergiy** - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Agroengineering and System Engineering Podilsky State Agrarian and Technical University (St. Shevchenko, 13, Kamianets-Podilsky, Khmelnytsky region, 32316, e-mail: [g.sergiy.1969@gmail.com](mailto:g.sergiy.1969@gmail.com)).

**Yaropud Vitaliy** - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of machinery and equipment for agricultural production of Vinnytsia National Agrarian University (St. Soniachna, 3, Vinnytsia, Ukraine, 21008, e-mail: [yaropud77@gmail.com](mailto:yaropud77@gmail.com)).