



Механізація, електрифікація

УДК 631.358.44

© 2018

ТЕОРІЯ ПРОЦЕСУ ОЧИЩЕННЯ КАРТОПЛІ СПІРАЛЬНИМ СЕПАРАТОРОМ

В.М. Булгаков¹, В.В. Адамчук², І.В. Головач³, З.В. Ружило⁴

¹⁻³доктори технічних наук, професори, ^{1,2}академіки НААН,

⁴кандидат технічних наук

^{1,3,4}Національний університет біоресурсів і природокористування України
вул. Героїв Оборони, 15, м. Київ, 03041, Україна

²ННЦ «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства»
вул. Вокзальна, 11, смт Глеваха Васильківського р-ну Київської обл., 08631, Україна
e-mail: ¹vbulgakov@meta.ua, ²vvadamchuk@gmail.com,
³holovach.iv@gmail.com, ⁴ruzhylo@nubip.edu.ua

Надійшла 05.09.2018

Мета. Підвищення ефективності роботи спірального сепаратора на підставі розробки нової теорії руху бульби картоплі по його поверхні, яка дасть можливість визначити конструктивні й кінематичні параметри вдосконаленої конструкції спірального сепаратора картопляної купи, що забезпечують високу якість очищення й запобігають ушкодженню бульб. **Методи.** Теоретичної механіки, вищої математики. **Результати.** Розроблений на рівні винаходу, спіральний сепаратор забезпечує, за результатами проведених експериментальних досліджень, необхідний рівень поділу компонентів купи, що слугує підставою для подальшого визначення найбільш раціональних його параметрів і режимів роботи. Внаслідок проведеного аналітичного дослідження побудовано еквівалентну схему взаємодії бульби картоплі, апроксимованої матеріальною часткою, що перебуває на поверхні, утвореній двома консольно встановленими спіралями (робочими органами очисника). Спіралі сепаратора приводяться в обертальний рух і водночас можуть здійснювати коливальні рухи в повздовжньо-вертикальній площині під дією змінного навантаження, зумовленого безупинною подачею картопляної купи. На тіло бульби картоплі відповідно діють сили. Для розробленої еквівалентної схеми складено систему, що складається із трьох диференціальних рівнянь руху тіла бульби картоплі по поверхні западини, утвореної двома консольно встановленими спіралями. **Висновки.** Після виконання необхідних перетворень і задання постійних параметрів є можливість вирішити отриману систему рівнянь на ПК і досліджувати вплив конструктивних і кінематичних параметрів спірального сепаратора картопляної купи на швидкість переміщення бульби. Визначені в такий спосіб кінематичні й конструктивні параметри забезпечать підвищення якості очищення бульб картоплі від ґрунтових і рослинних домішок.

Ключові слова: картопля, бульба, спіральний сепаратор, еквівалентна схема, сили, диференціальні рівняння, конструктивні параметри.

<https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201810-07>

Підвищення якості очищення картоплі від ґрунтових і рослинних домішок відразу після викопування із ґрунту дає можливість поліпшити основні показники технологічного процесу збирання. Тому запропоновано нову конструкцію спірального сепаратора картопляної купи, що відрізняється від існуючих високими сепарувальними властивостями і значно меншою матеріалоемністю. Дана розробка захищена патентом України [1].

Слід аналітично досліджувати процес взаємодії бульби картоплі зі спіральною сепарувальною поверхнею очисника з метою визначення оптимальних конструктивних і кінематичних параметрів згаданої конструкції. А для цього насамперед слід побудувати розрахункову математичну модель зазначеного процесу. Чисельне моделювання на ПК даного процесу на підставі побудованої математичної моделі дасть можливість надалі визначити оптимальні значення параметрів з урахуванням умов неущкодження бульби картоплі за здійснення процесу очищення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У світовій практиці є багато різних конструкцій сепараторів та очисників картопляної купи після її викопування із ґрунту, опубліковано значну кількість наукових праць у цій області в різних державах. Серед опублікованих робіт є й присвячені опису умов, що забезпечують стійкий рух бульби картоплі по сепарувальних поверхнях очисників та якісне просівання ґрунтових і рослинних домішок із зони сепарації.

Розроблена нами нова конструкція спірального сепаратора картопляної купи являє собою сукупність 3-х спіралей, установлених консольно на приводних валах [1]. Купа картоплі подається на ці спіралі зверху, внаслідок чого значна частина ґрунтових домішок відразу просівається вниз. Бульби картоплі захоплюються витками спіралей і транспортуються в осьових напрямках до їхнього сходу з сепарувальної поверхні. Домішки витками спіральних пружин не захоплюються, тому спіралі мають можливість

самоочищатися в процесі роботи від вологого липкого ґрунту. Експериментальні дослідження цього сепаратора показали позитивні результати [2–4], що слугують підставою для продовження вивчення даного процесу з метою оптимізації конструктивних і кінематичних параметрів нового сепарувального пристрою.

Мета досліджень. Розробка нової теорії руху бульби картоплі по його поверхні дасть можливість визначити конструктивні й кінематичні параметри вдосконаленої конструкції спірального сепаратора картопляної купи, що забезпечують високу якість очищення й виключають травмування бульб.

Методи досліджень. Теоретичної механіки та вищої математики.

Результати досліджень. Для побудови розрахункової математичної моделі переміщення бульби картоплі по робочій поверхні спірального сепаратора представимо бульбу картоплі у вигляді кулі, що має масу m і радіус r_b . Складемо еквівалентну схему, розглядаючи варіанти відносного переміщення одиничної бульби картоплі по поверхні спірального сепаратора. Спіральний сепаратор представлений у вигляді 2-х, установлених консольно, приводних спіралей 1 і 2 (рисунок), які обертаються навколо своїх поздовжніх, паралельних між собою осей, з однаковими кутковими швидкостями ω . Отже, одні кінці зазначених спіралей встановлені на нерухомих приводних валах, а інші розташовані вільно. Напрямки навивок спіралей 1 і 2 показані стрілками. Однаковий за розмірами крок S навивок показаний на рисунку. Спочатку бульба картоплі із центром мас у точці C потрапляє на поверхню першої спіральної навивки 1 заданого радіуса R з кутом підйому гвинтової лінії γ . Спіральна навивка 1 своєю гвинтовою лінією починає залучати бульбу картоплі в спільний рух, тобто в обертальний рух разом із самою спіральною навивкою й поступальний рух в осьовому напрямку спіралі, тобто в напрямку її навивки.

Однак під дією сили ваги самої бульби й обертання спіралі 1 бульба картоплі

за дуже короткий час виявиться в западині між двома сусідніми спіралями 1 і 2. Тому основне переміщення бульби картоплі вздовж осі спіралі здійснюватиметься лише тоді, коли бульба перебуватиме в западині, утвореній 2-ма сусідніми спіралями 1 і 2. Таким чином, докладно варто розглядати транспортування бульб картоплі саме для випадку, коли бульба потрапляє в западину, утворену 2-ма сусідніми спіралями сепаратора.

Розглядатимемо безвідривний рух бульби картоплі по канавках між витками спіралей 1 і 2 як найбільш характерний. Звичайно при досягненні певної кутової швидкості ω обертання спіралі 1 бульба під дією відцентрових сил інерції може відірватися від поверхні спіралі 1 і перелетіти через всі три спіралі, але такий випадок варто вважати нехарактерним для робочих кутових швидкостей обертання спіралей.

Оскільки бульба картоплі, перебуваючи в зазначеній западині між спіралями 1 і 2, водночас перебуває між 2-ма сусідніми витками спіралі 1, що продовжує обертатися, зазначені витки, прослизавши по поверхні бульби, але втримуючи бульбу по обидва боки в утвореній ними канавці, переміститимуть її в осьовому напрямку до сходу з робочої поверхні.

Оскільки спіраль 2 також обертається в ту саму сторону, що й спіраль 1, і витки спрямовані в обох спіралях однаково, то виток спіралі 2, впираючись у бульбу, прослизатиме по її поверхні, відіграючи роль підпірної поверхні.

Отже, контакт бульби з поверхнями спіралей 1 і 2 під час її переміщення вздовж осі спіралі буде відбуватись у 3-х точках K_1 , K_2 і K_3 .

Однак поступальне переміщення бульби картоплі уздовж осі спіралі тільки теоретично (з урахуванням геометричних властивостей гвинтової лінії) буде близьким до прямолінійного. Насправді, під дією ряду випадкових факторів, зокрема змінної маси картопляної купи, зазначені спіралі будуть здійснювати, у першому наближенні, лінійні вертикальні коливання, що сприяють просіванню зібраного разом із бульбами картоплі ґрунту й інших рослинних домішок і очищенню бічних поверхонь бульб від налиплого ґрунту. Очевидно,

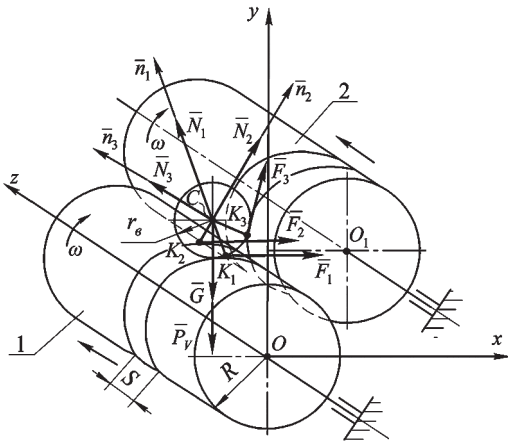
що зазначені коливання матимуть випадковий характер.

Тому основним рухом бульби картоплі буде його поступальне переміщення вздовж осі спіралі (тобто вздовж западини між спіралями 1 і 2) під дією реакцій з боку гвинтової канавки. Ця гвинтова канавка слугуватиме в'язю, що формує зі своєї сторони напрямком нормальної реакції, яка діє на бульбу картоплі при її переміщенні вздовж осі спіралі, а рівняння цієї лінії буде рівнянням в'язі. Очевидно, що під час переміщення бульби картоплі вздовж осі спіралі з одночасними коливаннями спіралей відбувається основне очищення бульб картоплі від налиплого ґрунту й просівання ґрунту та інших домішок із подаваної на сепарацію картопляної купи. Тому досліджуємо насамперед процес переміщення бульби, що перебуває в западині між двома спіралями, під дією гвинтоподібних витків спіралей.

Для побудови розрахункової математичної моделі зазначеного процесу побудуємо еквівалентну схему взаємодії бульби картоплі з поверхнями витків спіралей сепаратора (рисунок). Бульба картоплі перебуває в западині між спіралями 1 і 2, причому на спіралі 1 вона розташована у просторі між двома сусідніми витками, опираючись своєю поверхнею на обидва витки спіралі. Виток спіралі 2, як зазначалося вище, буде підпирним. Тому, як показано на рисунку, у точках K_1 , K_2 і K_3 контакту спіралей з поверхнею (близькою до кулястого виду) бульби прикладені нормальні реакції N_1 , N_2 і N_3 відповідно. У центрі мас бульби картоплі (точка С) прикладено силу G ваги бульби, спрямовану вертикально вниз.

Рух бульби картоплі, спричинений дією зазначеної на еквівалентній схемі системи сил (рисунок), розглядатимемо в нерухомій декартовій системі координат $xOyz$, початок якої (точка О) розташована на поздовжній осі спіралі 1, вісь Oz якої збігається з поздовжньою віссю спіралі 1, вісь Oy спрямована вертикально вгору, вісь Ox спрямована вправо й розташована в площині поперечного перерізу спіралі.

Далі охарактеризуємо сили, прикладені до бульби картоплі й показані на еквівалентній схемі. Це, насамперед: N_1 , N_2 і N_3 — нормальні реакції поверхні витків спіралей 1 і 2 відповідно, спрямовані



Еквівалентна схема взаємодії бульби картоплі з очисними спіралями сепаратора: 1, 2 — спіралі

по загальних нормалях до витків і поверхні бульби в точках контакту K_1 , K_2 і K_3 відповідно й проходять через центр бульби (точка С). Їхні лінії дії перетинаються в точці С.

F_1 , F_2 і F_3 — сили тертя, що виникають при проковзуванні витків спіралей 1 і 2 по поверхні бульби картоплі в точках контакту K_1 , K_2 і K_3 відповідно. Вони спрямовані в сторони обертання спіралей по загальних дотичних до витків і поверхні бульби картоплі. Сили F_i тертя ковзання дорівнюватимуть

$$F_i = f \cdot N_i, \quad i = 1, 2, 3, \quad (1)$$

де f — коефіцієнт тертя ковзання бульби картоплі по матеріалу, з якого виготовлено спіраль (найчастіше пружинна сталь). Для бульби картоплі можна прийняти $f = 0,2 \dots 0,3$ [5, 6].

G — сила ваги бульби картоплі, як відомо, визначається з такого виразу:

$$G = mg, \quad H, \quad (2)$$

де m — маса бульби, кг; g — прискорення вільного падіння, $m \cdot c^{-2}$.

P_v — сила активної дії подаваної картопляної купи на спіральний сепаратор, Н.

Складемо рівняння руху бульби картоплі у векторній формі на підставі отриманої еквівалентної схеми (рисунк):

$$m\bar{a} = \bar{G} + \bar{N}_1 + \bar{N}_2 + \bar{N}_3 + \bar{F}_1 + \bar{F}_2 + \bar{F}_3 + \bar{P}_v, \quad (3)$$

де \bar{a} — прискорення переміщення бульби картоплі під дією зазначеної системи сил, $m \cdot c^{-2}$.

У проекціях на осі нерухомої декартової системи координат $xOyz$, з урахування того, що бульба розташована симетрично в западині між спіралями 1 і 2, тобто, що її центр мас (точка С) розташований посередині зазначеної западини, векторне рівняння (3) матиме такий вигляд:

$$\left. \begin{aligned} m\ddot{x} &= (N_1 + N_2) \cos(x, \hat{n}_1) - N_3 \cos(x, \hat{n}_3) - \\ &\quad - (F_1 + F_2) \cos(x, \hat{V}_1) - F_3 \cos(x, \hat{V}_3), \\ m\ddot{y} &= (N_1 + N_2) \cos(y, \hat{n}_1) + N_3 \cos(y, \hat{n}_3) - \\ &\quad - (F_1 + F_2) \cos(y, \hat{V}_1) - F_3 \cos(y, \hat{V}_3) - \\ &\quad - G - P_v, \\ m\ddot{z} &= (N_1 - N_2) \cos(z, \hat{n}_1) + N_3 \cos(z, \hat{n}_3) - \\ &\quad - (F_1 + F_2) \cos(z, \hat{V}_1) - F_3 \cos(z, \hat{V}_3), \end{aligned} \right\} (4)$$

де \hat{n}_1 , \hat{n}_3 — загальні нормалі до поверхні витка й бульби картоплі в точках контакту K_1 , K_2 і K_3 відповідно; \hat{V}_1 , \hat{V}_3 — вектори швидкостей відносного переміщення бульби картоплі вздовж витків спіралей у точках контакту K_1 , K_2 і K_3 відповідно, які спрямовані по загальних дотичних до поверхні витка й бульби у бік, протилежний коловій швидкості витка в точці контакту.

Напрявні косинуси кутів, що входять у (4), між осями системи координат $xOyz$ і напрямком нормалей до поверхні витків у точках K_1 , K_2 і K_3 контакту бульби з витками спіралей 1 і 2 визначаються згідно [3].

Для циліндричної спіралі 1 з наведеними розмірами, поздовжня вісь якої збігається з віссю координат Oz , рівняння в'язі в декартовій системі координат $xOyz$ матиме вигляд [7, 8]:

$$\begin{aligned} f_1 &= \frac{S^2}{4\pi^2} \left[\frac{x \cdot \sin \frac{2\pi z}{S} - y \cdot \cos \frac{2\pi z}{S}}{\sqrt{x^2 + y^2}} \right] \times \\ &\quad \times \cos \left(\frac{S}{2\pi \sqrt{x^2 + y^2}} \right) + \\ &\quad + \left(\sqrt{x^2 + y^2} - R \right)^2 - r^2 = 0, \end{aligned} \quad (5)$$

де S — крок спіральної навивки.

Оскільки позадвжняя вісь симетрії спіралі 2 зміщена вправо вздовж осі Ox на міжосьову відстань, що дорівнює a , то її рівняння в'язі в декартовій системі координат $xOyz$ може бути отримане з виразу (5) заміною змінної x на $x-a$.

Підставляючи згадані вирази косинусів кутів між осями координат і нормальних реакцій витків спіралей у точках контакту K_1 , K_2 і K_3 , а також вирази косинусів кутів між векторами відносних швидкостей переміщення бульби вздовж витків спіралей і осями координат у точках контакту K_1 , K_2 і K_3 , які можуть бути визначені згідно [9, 10] в систему диференціальних рівнянь (4), одержуємо таку систему диференціальних рівнянь:

$$\left. \begin{aligned} m\ddot{x} &= (N_1 + N_2 - N_3)A_1 - (fN_1 + fN_2 + fN_3)B_1, \\ m\ddot{y} &= (N_1 + N_2 + N_3)A_2 - (-fN_1 - fN_2 + fN_3)B_2 - \\ &- mg - P_V, \\ m\ddot{z} &= (N_1 - N_2 + N_3)A_3 - (fN_1 + fN_2 + fN_3)B_3, \end{aligned} \right\} (6)$$

де введено такі позначення:

$$\frac{A \sin(\omega t) + B \cos(\omega t) \cdot \sin(2\omega t)}{\sqrt{[A \sin(\omega t) + B \cos(\omega t) \cdot \sin(2\omega t)]^2 + [A \cos(\omega t) + B \sin(\omega t) \cdot \sin(2\omega t)]^2 + C^2 \cos^2(2\omega t)}} = A_1,$$

$$\frac{A \cos(\omega t) + B \sin(\omega t) \cdot \sin(2\omega t)}{\sqrt{[A \sin(\omega t) + B \cos(\omega t) \cdot \sin(2\omega t)]^2 + [A \cos(\omega t) + B \sin(\omega t) \cdot \sin(2\omega t)]^2 + C^2 \cos^2(2\omega t)}} = A_2,$$

$$\frac{C \cos(2\omega t)}{\sqrt{[A \sin(\omega t) + B \cos(\omega t) \cdot \sin(2\omega t)]^2 + [A \cos(\omega t) + B \sin(\omega t) \cdot \sin(2\omega t)]^2 + C^2 \cos^2(2\omega t)}} = A_3,$$

$$\frac{2\pi R \sin(\omega t)}{\sqrt{4\pi^2 R^2 + S^2}} = B_1,$$

$$\frac{2\pi R \cos(\omega t)}{\sqrt{4\pi^2 R^2 + S^2}} = B_2,$$

$$\frac{S}{\sqrt{4\pi^2 R^2 + S^2}} = B_3,$$

$$A = -\frac{S^2}{4\pi^2 R} \cdot \cos\left(\frac{S}{2\pi R}\right),$$

$$B = \frac{S^2}{4\pi^2 R} \cdot \cos\left(\frac{S}{2\pi R}\right) - \frac{S^3}{8\pi^3 R^2} \cdot \sin\left(\frac{S}{2\pi R}\right),$$

$$C = \frac{S}{2\pi} \cdot \cos\left(\frac{S}{2\pi R}\right).$$

Таким чином, отримали систему диференціальних рівнянь (6) переміщення бульби картоплі під дією витків обертових спіралей, коли бульба перебуває в западині між сусідніми спіралями, в абсолютній системі координат $xOyz$.

Однак, оскільки обертання спіралей здійснюється з постійними кутовими швидкостями $\omega = \text{const}$, то при такому усталеному русі бульба картоплі переміщуватиметься з постійною швидкістю \bar{V}_i , $i = 1, 2, 3$, відносно поверхні витків спіралей 1 і 2.

В абсолютній системі координат проекції її швидкості переміщення дорівнюватимуть: $V_x = V_y = 0$, $V_z = S\omega \cdot (2\pi)^{-1} = \text{const}$, оскільки бульба картоплі у вигляді матеріальної частки переміщуватиметься тільки по осі Oz .

Отже, прискорення бульби \ddot{x} , \ddot{y} і \ddot{z} уздовж 3-х осей Ox , Oy і Oz координат відповідно можна вважати рівними нулю. Тому, прирівнюючи до нуля ліві частини диференціальних рівнянь системи (6), одержуємо систему лінійних рівнянь рівномірного прямолінійного руху бульб картоплі вздовж западини між 2-ма сусідніми спіралями відносно невідомих N_1 , N_2 і N_3 , яку, наприклад, можна розв'язати методом Крамера.

Наступним кроком у побудові математичної моделі очищення картоплі на поверхні спірального сепаратора є складання програми й числове вирішення на ПК отриманої системи рівнянь, що дасть можливість визначити оптимальні його параметри. Далі слід також аналітично досліджувати можливі повороти тіла бульби картоплі при знаходженні на поверхні спірального сепаратора під дією моментів, створюваних силами тертя.

Висновки

Побудовано нову теорію очищення картоплі робочими органами спірального сепаратора, що дає можливість розрахунковим способом визначити раціональні конструктивні й кінематичні його параметри. Установлено, що основне переміщення бульб картоплі здійснюється в западинах між 2-ма сусідніми спіралями сепаратора, де й відбувається очищення бульб від налиплого ґрунту й домішок. Отримано систему лінійних рівнянь

рівномірного прямолінійного руху бульби картоплі, що, по суті, є рівняннями відносної рівноваги положення бульби в западині між витками 2-х сусідніх спіралей.

Рішення одержаної системи рівнянь із використанням ПК дає можливість побудувати графічні залежності, що характеризують вплив конструктивних і кінематичних параметрів спірального сепаратора на процес сепарації картопляної купи й очищення бульб від ґрунту й домішок.

Булгаков В.М.¹, Адамчук В.В.², Головач І.В.³, Ружилю З.В.⁴

^{1, 3, 4}Національний університет біоресурсів і природопольовання України, ул. Героїв Оборони, 15, г. Київ, 03041, Україна, ²ННЦ «Інститут механізації і електрифікації сільського господарства», ул. Вокзальна, 11, пгт Глеваха Васильківського р-на Київської обл., 08631, Україна; e-mail: ¹vbulgakov@meta.ua, ²vvadamchuk@gmail.com, ³holovach.iv@gmail.com, ⁴ruzhylo@nubip.edu.ua

Теорія процесу очистки картофеля спіральним сепаратором

Цель. Повышение эффективности работы спирального сепаратора на основании разработки новой теории движения клубня картофеля по его поверхности, что даст возможность определить конструктивные и кинематические параметры усовершенствованной конструкции спирального сепаратора картофельного вороха, что обеспечит высокое качество очистки и исключит повреждение клубней. **Методы.** Теоретической механики и высшей математики. **Результаты.** Разработанный на уровне изобретения, спиральный сепаратор обеспечивает, по результатам проведенных экспериментальных исследований, необходимый уровень разделения компонентов вороха, что служит основанием для дальнейшего определения наиболее рациональных его параметров и режимов работы. В результате проведенного аналитического исследования построена эквивалентная схема взаимодействия клубня картофеля, аппроксимированного материальной частицей, которая находится на поверхности, образованной двумя консольно установленными спиралями (рабочими органами очистителя). Спирали сепаратора приводятся во вращающееся движение и одновременно могут осуществлять колебательные движения в продольно-вертикальной плоскости под действием переменной нагрузки, обусловленной непрерывной подачей на очистку картофельного вороха.

К телу клубня картофеля приложены действующие на него силы. Для разработанной эквивалентной схемы составлена система, которая состоит из трех дифференциальных уравнений движения тела клубня картофеля по поверхности впадины, образованной двумя консольно установленными спиралями. **Выводы.** После выполнения необходимых преобразований и задания постоянных параметров есть возможность решить полученную систему уравнений на ПК и исследовать влияние конструктивных и кинематических параметров спирального сепаратора картофельного вороха на скорость перемещения клубня. Определенные в такой способ кинематические и конструктивные параметры обеспечат повышение качества очищения клубней картофеля от грунтовых и растительных примесей.

Ключевые слова: картофель, клубень, спиральный сепаратор, эквивалентная схема, силы, дифференциальные уравнения, конструктивные параметры.

<https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201810-07>

Bulgakov V.¹, Adamchuk V.², Holovach I.³, Ruzhylo Z.⁴

^{1, 3, 4}National university of bioresources and natural management of Ukraine, Geroiv Oborony Str., 15, Kyiv, 03041, Ukraine, ²NSC «Institute of mechanization and use of electric power in agriculture», Vokzalna Str., 11, Glevakha, Vasylkiv region, Kyiv oblast, 08631, Ukraine; e-mail: ¹vbulgakov@meta.ua, ²vvadamchuk@gmail.com, ³holovach.iv@gmail.com, ⁴ruzhylo@nubip.edu.ua

Theory of process of cleaning potato with spiral separator

The purpose. To raise overall performance of spiral separator on the basis of development of the new theory of movement of a tuber of potato on its surface. That will enable to determine constructive and kinematic parameters of the developed construction of spiral separator of potato heap, ensure excellence of cleanout, and eliminate damage of tubers. **Methods.**

Theoretical mechanics and higher mathematics. **Results.** The designed at the level of invention spiral separator ensures, by results of the lead experiments, necessary level of separation of ingredients of heap. That forms a foundation for the further determination of its most rational parameters and operating conditions. As a result of the carried out analytical research the equivalent scheme of interaction of a tuber of potato, approximated by a material corpuscle on a surface, organized by two console-mounted spirals (end-effectors of cleaner) is created. Spirals of separator are brought in gyrating driving and can simultaneously realize oscillating movements in longitudinal-vertical plane under action of varying load caused by continuous feed on cleanout of potato heap. Forces acting on it are affixed to a body of potato tuber. For the designed equivalent

scheme the system is made which consists of three differential equations of movement of a body of potato tuber on the surface of the cavity, organized by two cantilever spirals. **Conclusions.** After necessary transformations and getting fixed parameters there is an opportunity to solve the gained set of equations on the PC and to probe effect of constructive and kinematic parameters of spiral separator of potato heap on speed of migration of a tuber. Kinematic and design parameters specified in such way will ensure improvement of quality of cleaning potato tubers from soil and vegetable admixtures.

Key words: potato, tuber, spiral separator, equivalent scheme, forces, differential equations, design parameters.

<https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201810-07>

Бібліографія

1. Пат. № 43907 Україна, МПК (2006. 01) А 01 D 33/08. Очистник вороху коренебульбоплодів від домішок. В.М. Булгаков, П.Ю. Зиков, С.В. Смолінський, М.Г. Березовий, А.Л. Бондаренко; заявник і патентовласник Національний аграрний університет. № u98073513; заявл. 03.07.1998; опубл. 15.01.2002. 2 с.
2. Bulgakov V., Ivanovs S., Adamchuk V., Ihnatiev Y. Investigation of the influence of the parameters of the experimental spiral potato heap separator on the quality of work. *Agronomy Research*. 2017. V. 15, № 1. P. 44–54.
3. Булгаков В.М., Адамчук В.В., Головач І.В. та ін. Теорія відбивання бульб картоплі під час роботи спірального сепаратора. *Вісник аграрної науки*. 2017, № 11. С. 45–50.
4. Chen X., Wu T., Ma X., Li R. Design and experiment of roots-soil separating device of knotweeds. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Machinery*. 2015. V. 46(7). P. 59–65.
5. Миркина Е.Н., Левченко С.А. Физико-механические свойства клубней картофеля как объект калибрования. *Научная жизнь*. 2014. № 2. С. 80–81.
6. Миркина Е.Н., Бычкова Н.А. Техническое и хозяйственное назначение картофеля. *Научная жизнь*. 2015. № 5. С. 21–27.
7. Рогатинський Р.М. Модель конструювання і вибору гвинтових конвеєрів з розширеними технологічними можливостями. *Вісник ТНТУ*. 2012. № 3(67). С. 197–210.
8. Рогатинський Р.М. Формалізований опис гвинтових профілей. *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка*. 2008. № 1(75). С. 510–516.
9. Василенко П.М. Введение в земледельческую механику. Киев: Сельхозобразование, 1996. 234 с.
10. Фаворин М.В. Моменты инерции тел: Справочник. Москва: Машиностроение, 1977. 511 с.