

УДК 631.356.02

**В. Барановський¹, канд. техн. наук; М. Підгурський¹, докт. техн. наук;
Н. Дубчак²; О. Труханська³**

¹Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

²Бережанський агротехнічний інститут

³Вінницький національний аграрний університет

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПОШКОДЖЕННЯ КОРЕНЕПЛОДІВ

Резюме. Наведено методику проведення та результати експериментальних досліджень пошкодження коренеплодів кормових буряків під час їх взаємодії з витком шнека комбінованої очисної системи залежно від його параметрів із використанням маятникового копра. Отримано регресійні залежності, які характеризують глибину пошкодження (рани) тіла коренеплодів конкретизованої маси від зміни частоти обертання шнека та швидкості співудару коренеплоду з робочими поверхнями шнека.

Ключові слова: коренеплоди, шнек, швидкість співудару, пошкодження кормових буряків, глибина рани, маса коренеплодів, діаметр шнека, частота обертання шнека.

V. Baranovsky, M. Pidgursky, N. Dubchak, O. Truhanska

EXPERIMENTAL RESEARCHES OF DAMAGE OF ROOT CROPS

The summary. Methodology over of realization and results of experimental researches of damage of root crops of feed beets are brought during their co-operating with the coil of screw of the combined cleansing system depending on his parameters with the use of pendulum pile-driver. Regressive dependences that characterize the depth of damage (wounds) of body of root crops of the specified mass from the change of frequency of rotation of screw and speed of hitting of root crop with the working surfaces of screw are got.

Key words: beet roots, screw, speed of collision, fodder beets damage, depth of wound, mass of root crops, diameter of screw, frequency of screw rotation.

Постановка проблеми. Виробниче застосування очисних робочих органів машин для збирання кормових буряків показало, що загальні пошкодження коренеплодів можуть становити до 40 % залежно від їх агробіологічних характеристик. Удосконалення робочих органів та інших конструктивних елементів коренезбиральних машин повинно базуватися на основі глибшого аналізу врахування фізико-механічних властивостей кормових буряків [1].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Наукові дослідження, які наведено у праці [2], характеризують теоретичний аналіз процесу взаємодії коренеплодів з витком шнека очисника вороху. У роботах [3, 4] наведено результати кількісних характеристик процесу пошкодження загального масиву сукупної вибірки коренеплодів без конкретизації впливу маси коренеплодів і аналізу якісних характеристик пошкоджень. Відсутність наукових результатів експериментальних досліджень, які обумовлюють пошкодження коренеплодів в аспекті аналізу глибини рани тіла й зумовило проведення

даних досліджень.

Метою дослідження є обґрунтування конструктивно-кінематичних параметрів комбінованого очисника вороху коренеплодів на основі результатів експериментальних досліджень процесу співудару коренеплодів кормових буряків з витком шнека.

Результати дослідження. Для розроблення технологічних процесів і окремих операцій, а також для визначення параметрів та режимів роботи сільськогосподарських машин використовують фізико-механічні властивості рослин. На даному етапі відтворено узагальнену картину поведінки кормових буряків при різних швидкостях співудару і, в першу чергу, з тими робочими органами, які в реальних умовах використовуються в конструктивних схемах коренезбиральних машин.

Підвищення основних показників якості роботи машин для збирання кормових буряків, зокрема зниження їх загальних пошкоджень досягається шляхом застосування очисної системи [5]. Для встановлення закономірності зміни пошкодження коренеплодів залежно від параметрів системи проведено комплекс експериментальних досліджень процесу співудару коренеплодів 4 з витком 2 шнека 1 маятникового копра 3 (рис. 1).

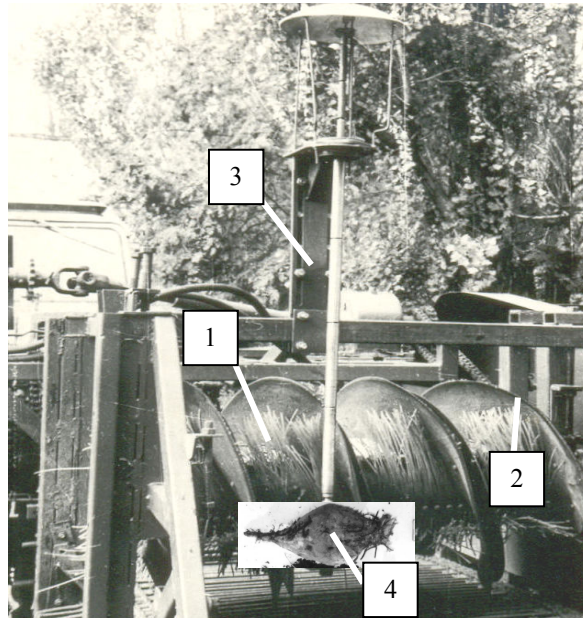


Рисунок 1. Загальний вигляд лабораторної установки: 1 – шнек; 2 – виток шнека; 3 – маятниковий копер; 4 – коренеплід

Дослідження проведено на основі реалізації трифакторного експерименту типу ПФЕ 3^3 . Крок шнека був постійним і становив $T = 0,5$ м, кут підйому гвинтової лінії $\beta = 27,5$ град. Діаметр шнека змінювали шляхом монтажу на витки основного шнека діаметром 0,4 м додаткових витків відповідної висоти.

Характер пошкодження кормових буряків визначали за утвореною глибиною рани h_n тіла: сильнопошкоджені – коли глибина рани тіла коренеплодів становила $h_n > 30$ мм; слабопошкоджені – коли $10 \leq h_n \leq 30$ (мм) [6].

Параметр оптимізації, тобто зміну пошкоджень коренеплодів (глибини рани тіла кормових буряків h_n) залежно від трьох факторів (частоти обертання шнека $n \rightarrow x_1$, діаметра шнека $D \rightarrow x_2$, маси коренеплодів $m_k \rightarrow x_3$, при початковій швидкості

співудару $V_e = 1,6$ м/с), визначених експериментальним шляхом, знаходили у вигляді математичної моделі логарифмічної функції

$$h_n = b_0 + b_1 \ln x_1 + b_2 \ln x_2 + b_3 \ln x_3. \quad (1)$$

Після опрацювання експериментальних даних і оцінювання статистичної значущості отриманих коефіцієнтів рівняння та перевірки адекватності розподілу випадкових величин математичної моделі реальному процесу за відповідними критеріями Фішера і Стьюдента отримано емпіричне рівняння регресії, яке характеризує залежність пошкодження коренеплодів кормових буряків у наступних межах зміни факторів: частоти обертання шнека $50,0 \leq n \leq 150,0$ об/хв.; діаметра шнека $0,4 \leq D \leq 0,8$ м; маси коренеплодів $1,0 \leq m_k \leq 2,0$ кг:

- у кодованих факторах

$$h_n = -67,15 + 20,32 \ln x_1 + 21,22 \ln x_2 + 20,05 \ln x_3; \quad (2)$$

- у натуральних факторах

$$h_n = -67,15 + 20,32 \ln(n - 100) + 21,22 \ln(5D - 2,5) + 20,05 \ln(2m_k - 3). \quad (3)$$

За отриманим рівнянням регресії (2) побудовано номограму (рис. 2) прогнозування ймовірного пошкодження тіла кормових буряків відповідних розмірно-масових характеристик сорту «Київський» залежно від встановлених параметрів комбінованої очисної системи.

Користуються номограмою таким чином. Наприклад, при вибраних параметрах шнека, частоті обертання $n = 100$ об/хв та діаметрі $D = 0,6$ м ймовірна прогнозована глибина рани тіла кормових буряків масою $m_k = 1,0$ кг буде становити близько 15 мм, $m_k = 1,5$ кг – близько 23 мм, $m_k = 2,0$ кг – близько 29 мм, що відповідає слабопошкодженим коренеплодам.

Загальний характер залежності зміни глибини рани тіла кормових буряків конкретизованої маси $m_k = 1,0-1,5-2,0$ (кг) у діапазоні $10 \leq h_n \leq 30$ мм (слабопошкодженні коренеплоди) реалізовано на основі побудови, обмежених даним діапазоном поверхонь відгуку (рис. 3), а характер зміни повного діапазону пошкоджень тіла кормових буряків відображено на побудованій об'ємній діаграмі, рис. 4.

Межа сильнопошкоджених коренеплодів ($h_n > 30$ мм) настає при таких значеннях параметрів шнека (рис. 4): для коренеплодів масою $m_k = 1,0$ кг – при значеннях $n \geq 150$ об/хв, $D \geq 0,8$ м; для коренеплодів масою $m_k = 1,5$ кг – при значеннях $n \geq 100$ об/хв, $D \geq 0,8$ м; $n \geq 120$ об/хв, $D \geq 0,7$ м; $n \geq 150$ об/хв, $D \geq 0,6$ м; для коренеплодів $m_k = 2,0$ кг – при значеннях $n \geq 80$ об/хв, $D \geq 0,8$ м; $n \geq 90$ об/хв, $D \geq 0,7$ м; $n \geq 110$ об/хв, $D \geq 0,6$ м; $n \geq 130$ об/хв, $D \geq 0,5$ м.

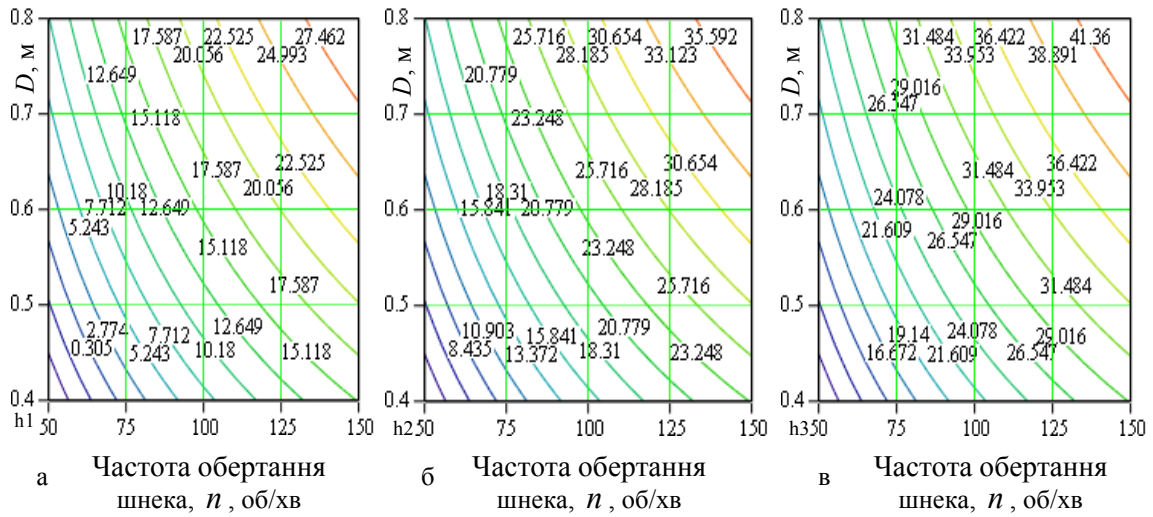


Рисунок 2. Номограма прогнозування ймовірних пошкоджень коренеплодів: а – $m_k = 1,0$ кг; б – $m_k = 1,5$ кг; в – $m_k = 2,0$ кг

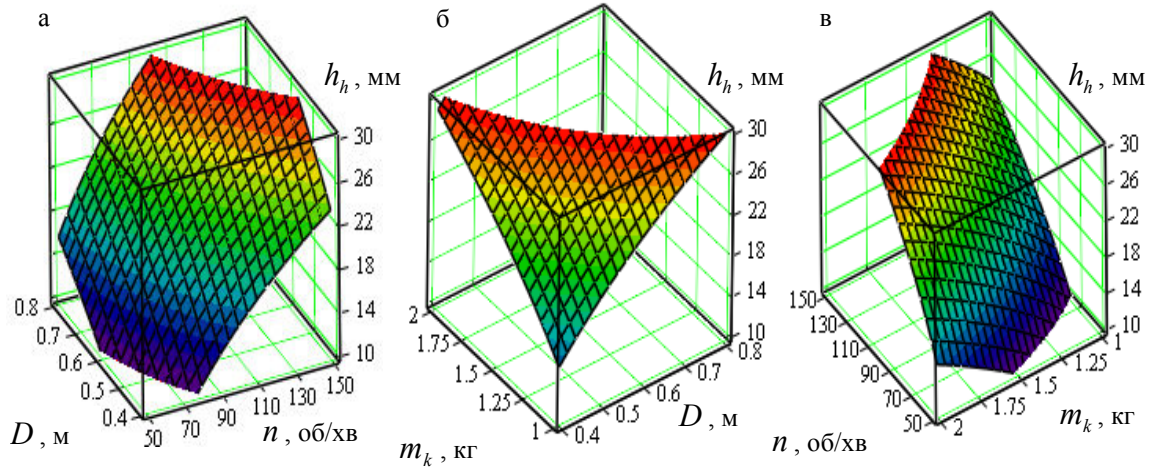


Рисунок 3. Поверхня відгуку зміни $10 \leq h_n \leq 30$ мм, як функції:
а – $h_n = f(D, n)$; б – $h_n = f(D, m_k)$; в – $h_n = f(n, m_k)$

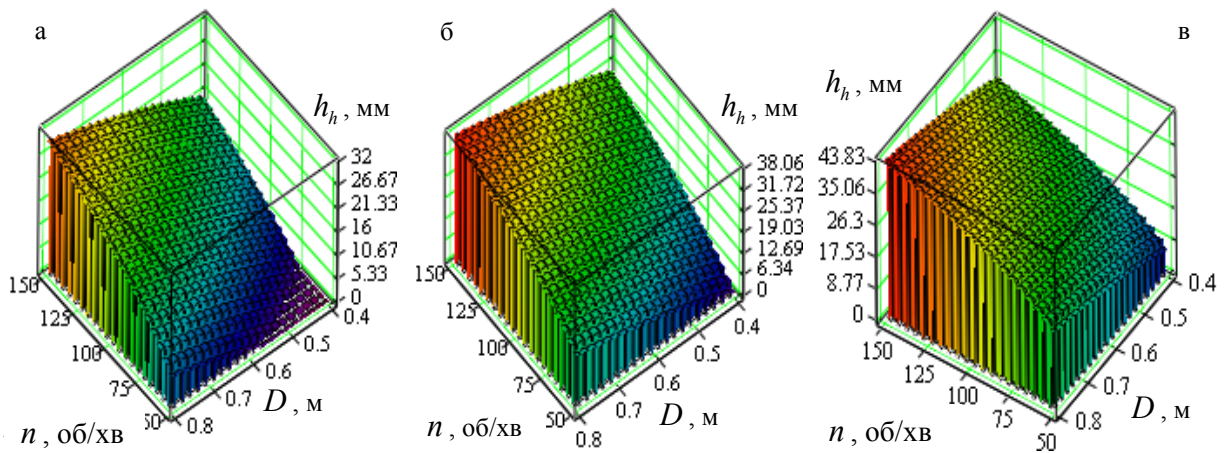


Рисунок 4. Об'ємна діаграма зміни h_n , як функції:
а – $h_n = f(D, n)$; б – $h_n = f(D, m_k)$; в – $h_n = f(n, m_k)$

При менших значеннях наведених вище параметрів шнека, відповідних комбінацій частоти обертання n та діаметра D шнека глибина рани тіла коренеплодів h_n буде відповідати характеристикам меж слабопошкоджених коренеплодів або умові $10 \leq h_n \leq 30$ мм. Результати наведеного аналізу ймовірних пошкоджень тіла кормових буряків при їх взаємодії з витком шнека очисної системи також підтверджуються аналізом наведених графічних залежностей $h_n = f(D, n)$, $h_n = f(D, m_k)$, $h_n = f(n, m_k)$ (рис. 3) та $h_n = f(n)$ (рис. 5).

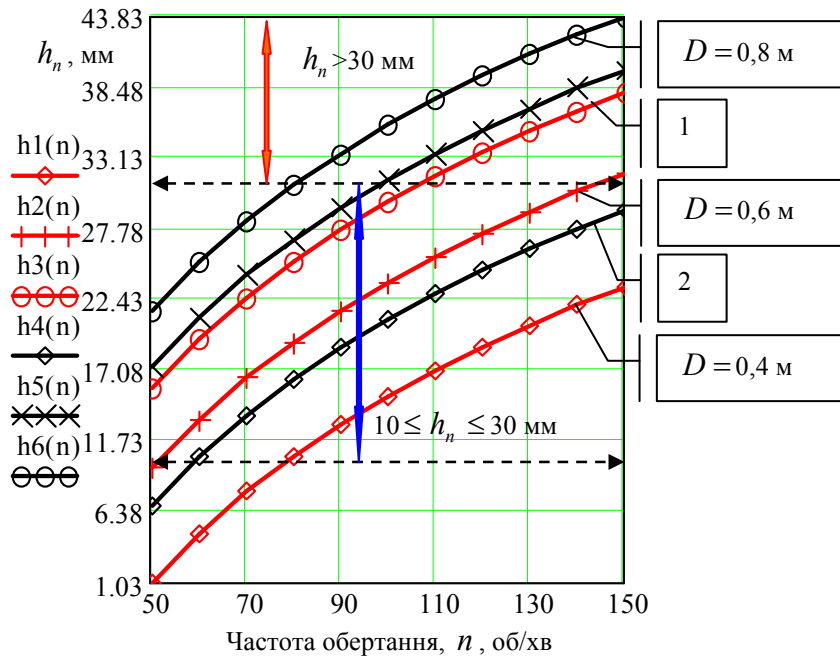


Рисунок 5. Залежність глибини пошкодження коренеплодів h_h від частоти обертання шнека: 1 – коренеплоди масою $m_k = 1,5$ кг; 2 – коренеплоди масою $m_k = 2,0$ кг

Насправді, за наявності ґрунтового пружного середовища між витком шнека та тілом коренеплодів у момент їх співудару, накладені вище обмеження параметрів шнека очисника можуть бути скореговані у бік їх збільшення залежно від секундної подачі ґрунтових домішок до очисника, при цьому товщина шару ґрунтового середовища буде «регулювати» глибину рани тіла кормових буряків, тобто цей процес буде нестабільним і матиме випадковий характер.

Для аналітичного прогнозування ймовірних пошкоджень тіла кормових буряків отримано конкретизовані рівняння регресії, які характеризують зміну глибини рани тіла h_n коренеплодів кормових буряків конкретизованої маси залежно від частоти обертання n та діаметра D шнека як функціонала $h_n^i = f(n, D)$, емпіричний вигляд яких після відповідної перевірки за критеріями Фішера і Стюдента описується поліномом другого степеня:

$$\left. \begin{aligned} h_n^{1.0} &= 23,83 - 0,41x_1 - 55,83x_2 + 0,63x_1x_2 + 0,001x_1^2 + 25,0x_2^2; \\ h_n^{1.5} &= 15,94 - 0,01x_1 - 83,33x_2 + 0,28x_1x_2 + 0,0003x_1^2 + 70,83x_2^2; \\ h_n^{2.0} &= 7,61 + 0,18x_1 - 63,33x_2 + 0,23x_1x_2 + 0,0005x_1^2 + 78,57x_2^2 \end{aligned} \right\}. \quad (4)$$

У натуральних величинах рівняння регресії (4) має вигляд

$$\left. \begin{aligned} h_n^{1,0} &= 323,63 - 3,98 \cdot 10^{-2} n - 940,45D + 6,3 \cdot 10^{-2} nD + 0,004 \cdot 10^{-4} n^2 + 625,0D^2; \\ h_n^{1,5} &= 668,38 - 1,42 \cdot 10^{-2} n - 2190,2D + 2,8 \cdot 10^{-2} nD + 0,001 \cdot 10^{-4} n^2 + 1770,75D^2; \\ h_n^{2,0} &= 658,1 - 1,11 \cdot 10^{-2} n - 2283,2D + 2,3 \cdot 10^{-2} nD + 0,002 \cdot 10^{-4} n^2 + 1964,25D^2 \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

У межах зміни факторів: частоти обертання шнека $50,0 \leq n \leq 150,0$ об/хв та діаметра шнека $0,4 \leq D \leq 0,8$ м, аналіз тенденції зміни характеру та ступеня пошкодження тіла конкретизованих мас кормових буряків, який регламентований побудованими поверхнями відгуку (рис. 6) глибини пошкоджень тіла конкретизованих мас кормових буряків, ідентичний зміні даного процесу, який описується (2), (3).

Таким чином, на основі проведеного аналізу можна констатувати, що конструктивно-кінематичні параметри шнека, які задовольняють умову та характер пошкодження коренеплодів $10 \leq h_n \leq 30$ мм, для середнього значення урожайності кормових буряків $500,0 \dots 550,0$ ц/га, загальної довжини $15,0 \leq L_{kc} \leq 20,0$ см (що відповідає масі коренеплодів $1,5 \leq m_k \leq 2,0$ кг), будуть знаходитися у межах $D \leq 0,6$ м і $90 \leq n \leq 110$ (об/хв). Умова усунення пошкодження $h_n \leq 10$ мм, забезпечується при значеннях параметрів шнека $0,4 \leq D \leq 0,6$ (м) і $n \leq 75$ об/хв.

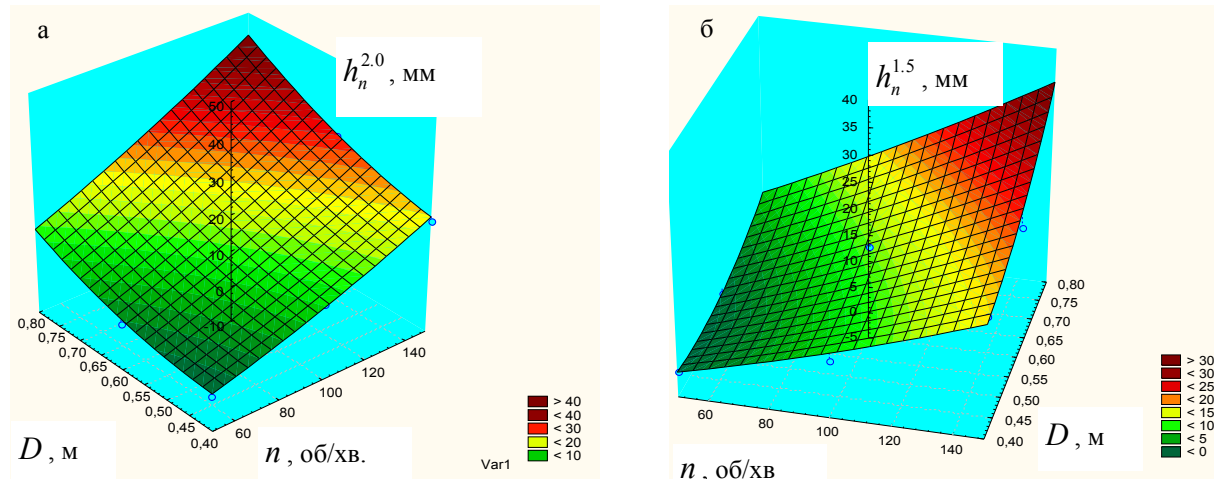


Рисунок 6. Поверхні відгуку глибини рани тіла кормових буряків h_n^i :

$$а - h_n^{2,0} = f(n, D); \quad б - h_n^{1,5} = f(n, D)$$

Висновки. Встановлено, що конструктивно-кінематичні параметри шнека, які задовольняють умову $10 \leq h_n \leq 30$ мм (слабких пошкоджень) для довжини кормових буряків $15,0 \leq L_{kc} \leq 20,0$ см (що відповідає масі $1,5 \leq m_k \leq 2,0$ кг), будуть знаходитися у межах $D \leq 0,6$ м і $90 \leq n \leq 110$ (об/хв). Умова усунення пошкодження кормових буряків ($h_n \leq 10$ мм) забезпечується при $0,4 \leq D \leq 0,6$ (м) і $n \leq 75$ об/хв.

Література

1. Погорельй, Л.В. Свеклоуборочные машины: история, конструкция, теория, прогноз [Текст] / Л.В. Погорельй, М.В. Татьяна. – К.: Феникс, 2004. – 232 с.
2. Барановський, В.М. До питання пошкодження коренеплодів очисними робочими органами [Текст] / В.М. Барановський, В.О. Соломка, В.Б. Онищенко // Вісник ТДТУ. – Тернопіль, 2002. – Т. 7. – № 4. – С. 68–72.

3. Барановський, В.М. Експериментальні дослідження пошкодження кормових буряків на мятниковому копрі [Текст] / В.М. Барановський, Д.Г.Войтюк, А.Ю. Виговський // Сільськогосподарські машини. – Луцьк : Редакц.-видавн.відділ ЛДТУ, 2001. – Вип. 8. – С. 5–10.
4. Дубчак, Н. Експериментальні дослідження співудару коренеплодів із гвинтовим конвеєром [Текст] / Наталія Дубчак, Віктор Барановський, Володимир Онищенко // Зб. наук. праць Вінницького націон. аграр. ун-ту. Серія: Технічні науки. – Вінниця : ВНАУ, 2010. – № 5.– С. 44–48.
5. Пат. № 28465 Україна. МПК А01D/33.08. Очисна система вороху коренеплодів / Паньків М.Р., Барановський В.М., Дубчак Н.А., Олійник О.Ф.; заявник і власник Тернопільський державн. техн. універ. ім. І. Пулюя. – № u 200708888 ; заявл. 01.08.2007 ; опубл. 10.12.2007, Бюл. № 20.
6. КД 46.16.01.005 – 93 “Випробування сільськогосподарської техніки. Основні положення”. – К.: Держстандарт України, 1993. – 34 с.

Отримано 06.09.2011