

УДК 631.356.2

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВТРАТ І ПОШКОДЖЕНЬ КОРЕНЕПЛОДІВ ПРИ ВІБРАЦІЙНОМУ ВИКОПУВАННІ

І.В. Головач, докт. техн. наук, *Національний університет біоресурсів і природокористування України*

Експериментально визначено раціональні діапазони швидкостей поступального руху, частот коливань та глибини ходу вібраційного викопуючого робочого органу в ґрунті, при яких втрати та пошкодження коренеплодів цукрового буряку знаходяться в межах агротехнічних вимог.

Ключові слова: *коренеплід, вібраційний викопуючий робочий орган, частота, амплітуда коливань, швидкість поступального руху, глибина ходу, рівняння регресії, поверхня відгуку.*

Вступ. Вібраційне викопування коренеплодів цукрового буряку набуло широкого розповсюдження в багатьох бурякосійних країнах. Воно має ряд переваг в порівнянні з іншими способами викопування. А тому актуальним є розробка більш удосконалених конструкцій та обґрунтування кінематичних режимів роботи вібраційних викопуючих робочих органів.

Проблема. У існуючих бурякозбиральних машинах не завжди достатньо обґрунтовані технологічні режими викопування коренеплодів цукрового буряку з погляду якості виконання технологічного процесу. Тому будь-яка нова або удосконалена конструкція робочого органу повинна бути досліджена щодо втрат і пошкоджень коренеплодів при викопуванні.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В монографіях [1] і [2] наведено ряд результатів експериментальних досліджень відносно якості викопування коренеплодів різними типами робочих органів. Відмічено, що найбільш позитивними з цього погляду є вібраційні викопуючі робочі органи. Вони забезпечують найнижчі втрати і пошкодження коренеплодів та досить ефективно струшування з поверхні коренеплодів налиплого ґрунту.

В роботах [3, 4] теоретично визначено раціональні кінематичні режими роботи вібраційних викопуючих робочих органів, при яких втрати та пошкодження коренеплодів знаходиться в межах агротехнічних вимог. Виникла необхідність експериментальними дослідженнями підтвердити теоретично отримані результати.

Мета дослідження. Зменшення витрат та пошкодження коренеплодів цукрових буряків шляхом визначення оптимальних режимів роботи вібраційного виконуючого органу при випробуваннях коренезбиральної машини.

Результати дослідження. За результатами проведеного аналізу конструкторських розробок, патентних та літературних джерел, особливостей функціонування розробленого вібраційного викопуючого робочого органу, технологічного процесу збирання коренеплодів цукрового буряку та агротехнічних вимог до даного процесу, відповідно з поставленими метою та задачами дослідження програмою експериментальних досліджень було передбачено:

- вивчити вплив параметрів і режимів вібраційного викопуючого робочого органу на якісні показники роботи, з метою перевірки результатів теоретичних досліджень;
- провести випробування коренезбиральної машини з вібраційним копачем в експлуатаційних умовах з метою перевірки відповідності показників роботи агровимогам.

Якісними показниками, які істотно впливають на якість викопування коренеплодів, є частота коливань викопуючого робочого органу (Гц), глибина ходу робочих органів (м) та швидкість поступального руху машини із вібраційними копачами (м/с).

Показники, які характеризують якість роботи викопуючого робочого органу, є втрати коренеплодів по масі (%) та пошкодження коренеплодів по масі (%).

Для проведення лабораторно-польових експериментальних досліджень вібраційного викопуючого робочого органу при різних параметрах і режимах роботи було переобладнано причіпну коренезбиральну машину МКП-6.

Визначення агротехнічних показників дослідної ділянки поля здійснювали згідно загальної методики та за методикою УкрНДПВТ [5, 6].

При польових випробуваннях коренезбиральної машини було вирішено реалізувати багатофакторний експеримент. Суть методики планування багатофакторного експерименту викладена в [7, 8, 9].

Під час попередніх випробувань машини було виявлено, що на процес вилучення коренеплодів із ґрунту найбільший вплив мають три фактори: швидкість переміщення машини, частота коливань робочих органів, глибина ходу робочих органів. Перелічені фактори незалежні, тому є можливість змінювати їх величини незалежно один від одного.

Проведення повного трифакторного експерименту по дослідженню впливу зазначених факторів на якісні показники роботи здійснювались при реалізації відповідної стандартної матриці.

Кількість вимірювань для кожного досліду визначали в залежності від ступеня його зміни, виходячи із умови отримання похибки, що не перевищує 5 %.

Було встановлено, що висока адекватність отриманих результатів і незначна похибка досягатиметься при п'ятикратній повторності дослідів.

Вплив трьох факторів на показники якості роботи описуватиметься за результатами обробки даних експериментальних досліджень рівняннями регресії у вигляді полінома другого степеня.

Визначення вихідного параметра і забезпечення заданого рівня факторів здійснюється з деякою похибкою. Статистичний аналіз рівняння з попередньо заданою ймовірністю $\alpha = 0,95$ визначає, чи має даний фактор вагомий вплив на процес. Якщо отримана абсолютна величина коефіцієнтів більша від його похибки, то такий фактор має вплив на процес. Якщо вплив фактора на процес незначний, тоді значення коефіцієнтів буде незначно відрізнятися від нуля, тобто зміна виходу процесу при зміні рівня відповідного фактора буде одного порядку з похибкою при його визначенні. Такий фактор з рівняння регресії можна виключити.

Статистичний аналіз рівняння регресії з метою визначення коефіцієнтів регресії виконаний згідно з методикою, що приведена в [10]. Методика включає такі операції: визначення дисперсії відтворення середнього результату рядка; середньої для всього експерименту дисперсії відтворення одиничного результату; дисперсії відтворення середнього значення виходу процесу (параметра оптимізації); дисперсії коефіцієнтів рівняння регресії; похибки коефіцієнтів рівняння регресії і значимість коефіцієнтів рівняння регресії.

Ступінь адекватності отриманих рівнянь регресії визначався за критерієм Фішера [10].

Дослідження рівня пошкодження коренеплодів проводилися при твердості ґрунту 2,0 МПа і вологості ґрунту 18,0 %, що є досить характерним при збиранні цукрових буряків в умовах Полісся та Лісостепової зони України.

За результатами статистичної обробки даних цих досліджень отримано наступне рівняння регресії:

$$Y_1 = 12,2076 - 167,138X_2 - 1,577X_3 - 0,004X_1^2 + 1,083X_1X_2 + 0,04X_1X_3 + 802,733X_2^2 + 0,481X_3^2, \quad (1)$$

при $R^2 = 0,648$, $R = 0,805$, $S_r = 0,483$. Для даного типу функції незначимими є коефіцієнти регресії факторів X_1 та X_2X_3 .

У даному рівнянні: Y_1 — пошкодження коренеплодів, %; X_1 — частота коливань робочого органу, Гц; X_2 — глибина ходу робочого органу у ґрунті, м; X_3 — швидкість поступального руху машини, м/с.

На основі одержаної моделі побудовано поверхні відгуку пошкодження коренеплодів від частоти коливань робочого органу та глибини його ходу у ґрунті для значень швидкості поступального руху копача 1,3; 1,75; 2,1; 2,55 м/с (рис. 1).

Як видно з наведеного графіка (рис. 1), маса пошкоджених коренеплодів від зміни частоти коливань робочого органу та швидкості поступального руху копача істотно не залежить, і в більшості випадків досягає мінімального значення при глибині ходу робочого органу 0,09 м.

Отже, як показують експерименти, інтервали частот коливань робочого органу 8,5...20,3 Гц та інтервали швидкостей поступального руху копача 1,3...2,55 м/с, при твердості ґрунту 2,0 МПа та вологості 18,0 %, задовольняють агротехнічним вимогам щодо маси пошкоджених коренеплодів (допускається не більше 10 %), оскільки вона знаходиться в межах 3,0...6,2 %.

Слід також відзначити, що маса пошкоджених коренеплодів істотно залежить від твердості та вологості ґрунту. Так, при твердості 2 МПа і вологості 18 % вона знаходиться в межах 3,0...6,2 %, а при твердості 4 МПа і вологості 6 % — в межах 8,0...13,0 %.

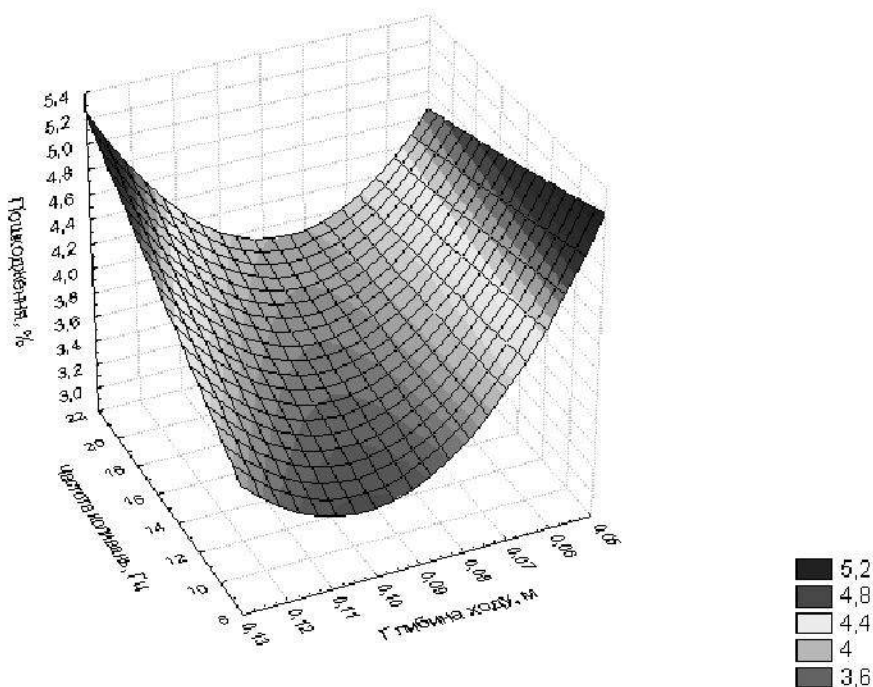


Рис. 1. Квадратична поверхня відгуку пошкодження коренеплодів від частоти коливань робочого органу та глибини його ходу у ґрунті (при швидкості поступального руху копача 1,3 м/с; твердості ґрунту 2,0 МПа; вологості 18,0 %)

Важливо також дослідити залежність втрат коренеплодів від твердості та вологості ґрунту при вібраційному викопуванні. При цьому були проведені випробування коренезбиральної машини при частоті коливань робочого органу 8,5 Гц, при якій спостерігаються найбільші втрати коренеплодів. Це дасть можливість на більш високих показниках втрат оцінити вплив твердості та вологості ґрунту на величину втрат коренеплодів. При цьому проведені дослідження втрат коренеплодів цукрового буряку в залежності від швидкості поступального руху (X_1) і глибини ходу робочих органів (X_2) при різних умовах роботи:

Для твердості ґрунту — 3,8 МПа та його вологості 8,0 % одержано наступне рівняння регресії:

$$Y_2 = 0,40086 + 9,242X_1 - 131,572X_2 - 71,088X_1X_2 + 1015,235X_2^2, \quad (2)$$

при $R^2 = 0,950$, $R = 0,975$, $S_r = 0,454$;

На основі одержаної моделі побудовано поверхню відгуку (рис. 2).

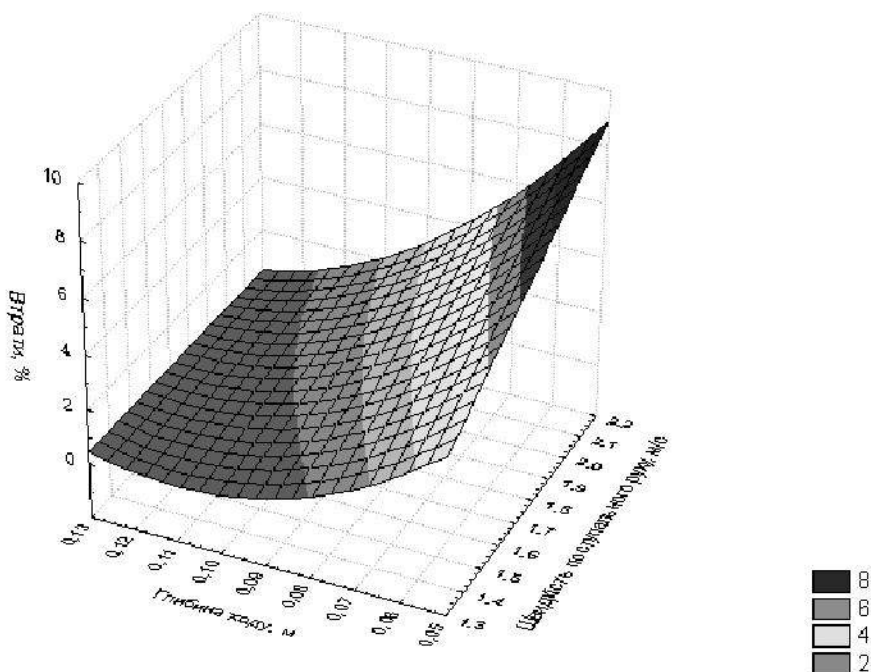


Рис. 2. Квадратична поверхня відгуку втрати коренеплодів від швидкості поступального руху копача та глибини його ходу у ґрунті (за частоти коливань робочого органу 8,5 Гц; твердості ґрунту 3,8 МПа; вологості ґрунту 8,0 %)

Як видно з отриманого графіка (рис. 2), зі збільшенням швидкості поступального руху копача втрати зростають, а зі збільшенням глибини ходу у ґрунті — спадають. Це пояснюється тим, що чим більша швидкість поступального руху копача, тим менше коренеплодів захвачується робочим органом (частота 8,5 Гц з ростом поступальної швидкості все менше забезпечує такий захват [4]), тим більше коренеплодів залишається невилученими, або зламаними у хвостовій частині. Ясно, що чим менша глибина ходу копача у ґрунті, тим на вищому рівні відбуваються зламування хвостової частини коренеплодів або їх невилучення взагалі, а отже спостерігаються і більші втрати. При русі копача на більшій глибині вплив поступальної швидкості на величину втрат коренеплодів зменшується, внаслідок обламування хвостової частини на більшій глибині, а тому у відсотковому відношенні така втрата буде меншою і менш залежною від швидкості поступального руху копача.

Для твердості ґрунту — 2,0 МПа та його вологості 20,0 % рівняння регресії має наступний вигляд:

$$Y_3 = -7,75 + 231,582X_2 + 3,301X_1^2 - 94,891X_1X_2 - 682,32X_2^2, \quad (3)$$

при $R^2 = 0,869$, $R = 0,932$, $S_r = 0,674$.

Графічне зображення втрат коренеплодів від швидкості поступального руху копача та глибини його ходу у ґрунті за цих умов наведено відповідно на рис. 3.

Як видно з наведеного графіка (рис. 3), при глибині ходу робочого органу у ґрунті 0,06...0,09 м втрати зростають з ростом швидкості поступального руху копача, а при глибині ходу 0,10...0,12 м — від швидкості не залежать. Причини ті ж самі, що і у попередньому випадку. Також зі збільшенням глибини ходу робочого органу у ґрунті втрати зменшуються і є мінімальними при глибині ходу робочого органу у ґрунті 0,11 м.

Як видно з отриманих графіків (рис. 2, 3), для ґрунту твердістю 3,8 МПа і вологістю 8 % та ґрунту твердістю 2,0 МПа і вологістю 20 % втрати коренеплодів знаходяться в однакових межах, а саме: 0,0...6,5 %. Отже, в крайньому разі, зміна стану ґрунту в діапазоні 2,0...3,8 МПа та вологості 20...8 % на величину втрат коренеплодів істотно не впливає.

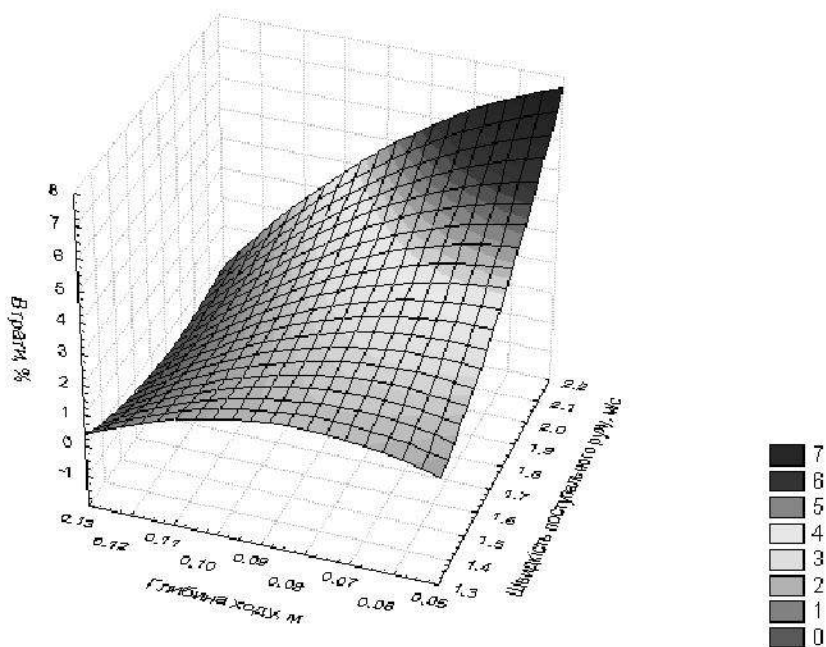


Рис. 3. Квадратична поверхня відгуку втрати коренеплодів від швидкості поступального руху копача та глибини його ходу у ґрунті (при частоті коливань робочого органу 8,5 Гц; твердості ґрунту 2,0 МПа; вологості ґрунту 20,0 %)

Таким чином, за аналізом даних статистичної обробки результатів дослідження втрат та пошкоджень коренеплодів цукрового буряку встановлено, що для кожного значення поступальної швидкості руху копача існує відповідне значення частоти коливань та глибини ходу в ґрунті вібраційного викопуючого робочого органу, якому відповідають мінімальні втрати та пошкодження коренеплодів.

За результатами проведених досліджень, з урахуванням досліджень пошкоджень і втрат коренеплодів у сухому і твердому ґрунті, встановлено, що доцільним є використання такої конструкції вібраційного викопуючого робочого органу, яка б забезпечувала в діапазоні швидкостей поступального

руху копача 1,3...2,1 м/с частоту коливань 12...18 Гц й глибину ходу 0,08...0,10 м. Зазначені кінематичні параметри роботи забезпечують якісне виконання технологічного процесу вібраційного викопування коренеплодів цукрового буряку, що задовольняє існуючим агротехнічним вимогам до нього стосовно втрат і пошкоджень коренеплодів.

Висновки.

1. На основі прийнятої програми і методики було проведено експериментальні дослідження впливу основних конструкційних і технологічних параметрів вібраційного викопуючого робочого органу коренезбиральної машини на показники якості виконання технологічного процесу збирання коренеплодів цукрового буряку.
2. Отже, інтервали частот коливань робочого органу 8,5...20,3 Гц та інтервали швидкостей поступального руху копача 1,3...2,55 м/с, при твердості ґрунту 2,0 МПа та вологості 18,0 %, задовольняють агротехнічним вимогам щодо маси пошкоджених коренеплодів, оскільки вона знаходиться в межах 3,0...6,2 %.
3. Встановлено, що для ґрунту твердістю 3,8 МПа і вологістю 8 % та ґрунту твердістю 2,0 МПа і вологістю 20 % втрати коренеплодів знаходяться в однакових межах, а саме: 0,0...6,5 %. Отже, зміна стану ґрунту в діапазоні 2,0...3,8 МПа та вологості 20...8 % на величину втрат коренеплодів істотно не впливає.
4. Встановлено, що доцільним є використання такої конструкції вібраційного викопуючого робочого органу, яка б забезпечувала в діапазоні швидкостей поступального руху копача 1,3...2,1 м/с частоту коливань 12...18 Гц і глибину ходу 0,08...0,10 м.
5. За результатами проведених експериментальних досліджень встановлено, що вібраційні викопуючі робочі органи забезпечують якісне виконання технологічного процесу викопування коренеплодів цукрового буряку з ґрунту, що задовольняє існуючим агротехнічним вимогам до нього.

Бібліографія

1. *Свеклоуборочные машины (конструирование и расчет)* // Л.В. Погорельий, Н.В. Татьяна, В.В. Брей и др.; под общ. ред. Л.В. Погорелого. — К.: Техніка, 1983. — 168 с.

2. *Погорельй Л. В., Татьянко Н. В.* Свеклоуборочные машины: история, конструкция, теория, прогноз. — К.: Феникс, 2004. — 232 с.
3. *Головач І.* Математичне моделювання ударної взаємодії вібраційного викопуючого робочого органа з коренеплодом цукрового буряку. // Вісник Львівського національного аграрного університету: Агроінженерні дослідження. — Львів: ЛНАУ, 2008. — № 12. — Т.2. — С. 287-299.
4. *Булгаков В., Адамчук В., Головач І.* Знаходження мінімально допустимої частоти коливань вібраційного викопуючого робочого органу з умов забезпечення захоплення кожного коренеплоду. // Вісник Львівського національного аграрного університету: Агроінженерні дослідження. — Львів: ЛНАУ, 2008. — № 12. — Т.2. — С.123-132.
5. *Випробування сільськогосподарської техніки.* Основні положення. / Керівний документ. КД 46.16.01.05-93, 1995. — 10 с.
6. *Зув Н. М.* Методика исследований качества работы свеклоуборочных машин. — К.: ВНИС, 1989. — 72 с.
7. *Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов / С. В. Мельников, В. Р. Алешкин, П. М. Рошин.* — 2-е изд., перераб. и доп. — Л.: Колос, 1980. — 168 с.
8. *Доспехов Б. А.* Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). — 5-е изд., доп. и перераб. — М.: Агропромиздат, 1985. — 351 с.
9. *Испытания сельскохозяйственной техники / С. В. Кардашевский, Л. В. Погорельй, Г. М. Фудиман и др.* — М.: Машиностроение, 1979. — 320 с.
10. *Дрейтер Н., Смит Г.* Прикладной регрессионный анализ: в 2-х кн., кн. 1, 2 / перевод с англ. — М.: Финансы и статистика, 1987. — 351 с., 366 с.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ІССЛЕДОВАНИЯ ПОТЕРЬ І ПОВРЕЖДЕНИЙ КОРНЕПЛОДОВ ПРИ ВІБРАЦІОННОМ ВЫКАПЫВАННІ

Експериментально определены рациональные диапазоны скоростей поступательного движения, частот колебаний и глубины хода вибрационного выкапывающего рабочего органа в почве, при которых потери и повреждения корнеплодов сахарной свеклы находятся в пределах агротехнических требований.

Ключевые слова: *корнеплод, вибрационный выкапывающий рабочий орган, частота колебаний, амплитуда колебаний, скорость поступательного движения, глубина хода, уравнение регрессии, поверхность отклика.*

EXPERIMENTAL RESEARCHES OF LOSSES AND DAMAGES OF ROOT CROPS AT VIBRATIONAL EXCAVATION

Rational ranges of velocity of translation, vibration frequencies and depth of motion in soil of a vibrational digging out executive device at which losses and damages of sugar beet root crops are within agrotechnical requirements has been found experimentally.

Key words: *root crop, vibrational digging out executive device, vibration frequency, vibration amplitude, velocity of translation, depth of motion, regression equation, response surface.*