

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Факультет інженерії та енергетики  
Кафедра механіки та інженерії агроecosystem

Кваліфікаційна робота  
на правах рукопису

**ДЕДЮЛЬ ІВАН ФЕДОРОВИЧ**

**УДК 631.356**

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

**ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ПРИСТОСУВАННЯ ДЛЯ  
ТРАНСПОРТУВАННЯ КОРЕНЕБУЛЬБОПЛОДІВ**

208 “Агроінженерія”

Подається на здобуття освітнього ступеня магістр  
кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання  
ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

\_\_\_\_\_ І.Ф. Дедюль

**Керівник роботи**  
Забродський П.М.  
к.т.н., доцент

**Житомир – 2022**

## АНОТАЦІЯ

**Дедюль Іван Федорович. Обґрунтування параметрів пристосування для транспортування коренебульбоплодів.** – *Кваліфікаційна робота на правах рукопису.*

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістра за спеціальністю 208 – Агроінженерія. – Поліський національний університет, Житомир, 2022.

В магістерській роботі в результаті аналізу вивантаження бульб картоплі з кузова транспортного засобу з'ясовано, що встановлення поперечної еластичної перегородки дозволяє здійснювати рівномірне вивантаження протягом усього циклу перекидання. Найбільша кількість зменшення травмування бульб з кузова транспортного засобу відбувається при куті перекидання від  $5^{\circ}$ - $10^{\circ}$  за відсутності еластичної перегородки. За наявності еластичної перегородки вивантаження бульб здійснюється з затримкою при кутах від  $10^{\circ}$  до  $20^{\circ}$ , причому вивантаження бульб картоплі відбувається рівномірно в інтервалі кутів перекидання вдвічі більшому, ніж без еластичної перегородки.

Найбільша відстань розкочування бульб картоплі з кузова транспортного засобу відбувається при кутах перекидання понад  $15^{\circ}$ . За наявності еластичної перегородки відстань розкочування бульб картоплі з кузова транспортного засобу становить від 0,71м до 1,05м, а за відсутності еластичної перегородки становить від 1,05м до 1,64м.

Внаслідок порівняльних польових випробувань серійного кузова вантажного автомобіля МАЗ 5516 та експериментального кузова вантажного автомобіля МАЗ 5516 із встановленими поперечними перегородками встановлено, що застосування розроблених еластичних поперечних перегородок дозволяє знизити пошкодження з 5,3% до 2,9% бульб картоплі.

*Ключові слова: картопля, травмування, кузов, транспортний засіб.*

## ANNOTATION

**Dedyul Ivan Fedorovich. Substantiation of parameters of the device for transportation of root tubers.** – *Qualification work on the rights of the manuscript.*

Qualifying work for a master's degree in specialty 208 – Agricultural Engineering. – Polissya National University, Zhytomyr, 2022.

In the master's work, as a result of the analysis of the unloading of potato bulbs from the body of the transport vehicle, it was concluded that the installation of a transverse elastic partition allows for even unloading of the stretching of the entire cycle of transfer. The largest number of changes in the injury of the bulb from the body of a transport vehicle is caused by a cut-over of  $5^{\circ}$  -  $10^{\circ}$  for the presence of an elastic partition. Due to the presence of elastic septa, the bulb bulges outward with obstruction at the corners at  $10^{\circ}$  to  $20^{\circ}$ , and the bulb bulge bulges evenly in the interval of the kutiv and is thrown over to the larger one, lower without an elastic septum.

Most of the time, the growth of potato bulbs from the body of a transport vehicle can be seen when the tip is overturned over  $15^{\circ}$ . For the presence of an elastic partition, the growth of the potato bulb from the body of the transport vehicle can be made from 0.71m to 1.05m, and for the visibility of the elastic partition, it can be made from 1.05m to 1.64m.

As a result of the previous floor testing of the serial body of the vintage car MAZ 5516 and the experimental body of the vintage car MAZ 5516 with installed transverse partitions, it was

*Key words: potato, injury, bodywork, transport vehicle.*

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СПОСОБІВ І ЗАСОБІВ ДЛЯ ЗНИЖЕННЯ ПОШКОДЖЕНЬ КЛУБНІЙ КАРТОПЛІ ПРИ ТРАНСПОРТУВАННІ І ВИВАНТАЖЕННІ.....	8
РОЗДІЛ 2. ПРОГРАМА ТА МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ КУЗОВА ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ З ЕЛАСТИЧНИМИ ПЕРЕГОРОДКАМИ.....	19
РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ КУЗОВА ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБИ З ЕЛАСТИЧНИМИ ПЕРЕГОРОДКАМИ.....	25
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	35
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	36

## ВСТУП

**Актуальність теми дослідження.** Картопля займає одне з провідних місць у світовому виробництві сільськогосподарської продукції, і частка виробленої картоплі досить велика. Картоплю в Україні вирощують на великій площі, враховуючи всі категорії вітчизняних господарствах, валовий збір досить великий. Зарубіжні країни виявляють значний інтерес до картоплі, так у США зафіксовано зростання кількості переробленої картоплі у 3 рази із 1960 по 2019 роки. Картоплепродукти займають важливе місце у раціоні жителів Європи, Америки та Азії. У той же час пошкодження в процесі збирання, транспортування та післязбиральної обробки можуть досягати 50-60%, причому до 10-15% пошкоджень бульб виникають під час вантажно-розвантажувальних робіт, що знижує збереження картоплі. У зв'язку з цим зменшення пошкоджень картоплі при розвантаженні кузова транспортних засобів є важливим актуальним науково-технічним завданням. **Мета досліджень** – зниження пошкоджень при розвантаженні бульб картоплі вдосконаленням кузова транспортного засобу (ТЗ).

Згідно зі сформульованою темою необхідно виконати наступні **завдання**:

1. Узагальнити результати досліджень технології вивантаження картоплі та виявити перспективні напрямки щодо вдосконалення кузова транспортного засобу;
2. Обґрунтувати параметри еластичних перегородок, що розробляються, що впливають на зниження пошкоджень бульб картоплі при вивантаженні з кузова транспортного засобу;
3. Провести дослідження транспортного засобу, обладнаного розробленими еластичними перегородками.

**Об'єкт досліджень** – технологічний процес вивантаження бульб картоплі із кузова транспортного засобу на внутрішньогосподарських перевезеннях.

**Предмет досліджень** – теоретичні моделі та аналітичні залежності процесу вивантаження з кузова транспортного засобу.

**Методи дослідження.** При дослідженні застосовувалися методи землеробської механіки, прикладної фізики, аналітичної геометрії, диференціальних рівнянь, оптимізації та ін. При проведенні розрахунків та при побудові експериментальних графіків використовувалися програмні продукти MS EXCEL, MathCAD, Statistica, Компас 3D. Також була використана теорія планування та аналізу повнофакторного експерименту при обробці результатів експериментів.

**Перелік публікацій за темою роботи:**

1. Забродський П.М., Дедюель І.Ф. Аналіз існуючих технологій транспортування та вивантаження бульб картоплі. Збірник тез ІХ Міжнародної науково-технічної он-лайн конференцію з нагоди 115-ї річниці від дня народження доктора технічних наук, професора, члена-кореспондента ВАСГНІЛ, віцепрезидента УАСГН Крамарова Володимира Савовича (1906-1987) та 90-річчя кафедри надійності техніки НУБіП України «Крамаровські читання». Київ : НУБіП. С.

2. Дедюель І.Ф. Аналіз технічних засобів для транспортування бульб картоплі. Збірник тез VI-ї всеукраїнської науково-практичної конференції «Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь» 30-31 квітня 2020 року. Житомир : ЖАТК. С. 285-286.

3. Дедюель І.Ф. Аналіз виконаних досліджень з розвантаження бульб картоплі. Збірник тез VII-ї всеукраїнської науково-практичної конференції «Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь» 31 березня 2021 року. Житомир : ЖАТК. С. 230-231.

**Практичне значення одержаних результатів.** Практичний інтерес для сільськогосподарських підприємств представляє розроблене пристосування для транспортування коренебульбоплодів.

**Структура та обсяг роботи.** Кваліфікаційна робота складається з вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел з 16 найменувань. Загальний обсяг роботи становить 37 сторінок комп'ютерного тексту, містить 21 рисунок та 2 таблиці.

## РОЗДІЛ 1

### АНАЛІЗ СПОСОБІВ І ЗАСОБІВ ДЛЯ ЗНИЖЕННЯ ПОШКОДЖЕНЬ КЛУБНІЙ КАРТОПЛІ ПРИ ТРАНСПОРТУВАННІ І ВИВАНТАЖЕННІ

#### **1.1. Аналіз існуючих технологій транспортування та вивантаження бульб картоплі**

При виробництві сільськогосподарської продукції виконується значна кількість механізованої та людської праці.

Транспортні роботи становлять важливу частину механізованих робіт, наприклад, витрати на транспортування вантажів становлять 25-40% від загальних витрат за виробництво продукції [1-12]. Транспортування сільськогосподарських вантажів, переважно, здійснюється автомобілями, причому, йде тенденція до збільшення частки автомобільних перевезень з поліпшенням якості внутрішньогосподарських доріг [7, 9, 12]. У Франції та Німеччині тракторні транспортні засоби забезпечують 75-80% перевезень сільськогосподарських вантажів. В Італії тракторні поїзди з причепами є основним сільськогосподарським транспортом. У США перевезення сільськогосподарських вантажів переважно здійснюється автомобільним транспортом, хоча частка тракторів сягає 35%. На транспортні роботи припадає 10-12% загальних витрат на вирощування картоплі. У Росії понад 54% сільськогосподарських вантажів усередині господарства перевозяться автомобільними транспортними засобами дорогами що знаходяться в незадовільному стані. На внутрішньогосподарських перевезеннях часто використовуються вантажні автомобілі загального призначення. При перевезеннях виникають прискорення до 3,5g, що спричиняє пошкодження вантажів. При роботі кількох картоплезбиральних комбайнів на одному полі чи загоні скорочується час завантаження транспортного засобу та з'являється можливість використання транспортних засобів великої вантажопідйомності.



Незважаючи на збільшення ефективності перевезень сільськогосподарської продукції великогабаритним транспортом, виникає проблема недостатнього використання вантажопідйомності транспортних засобів через низьку об'ємну масу продукції. Для зниження пошкоджень вантажів спеціалістами НАМІ, ВІМ та інших науково-дослідних інститутів розроблено вимоги щодо використання сільськогосподарського транспорту. Насамперед, встановлені вимоги до спеціалізованих кузовів. Автотранспорт сільськогосподарського призначення обладнають надставними бортами та механізмами їх відкривання та закривання. Тиск у шинах має бути регульованим, причому мінімальна межа повинна становити 1-1,5 Бар. Також встановлюється діапазон швидкостей 1-8 м/с (3,6-29км/год) для руху у технологічному режимі [2-4]. У сільськогосподарському виробництві є дефіцит автомобілів сільськогосподарського призначення - автосамоскидів вантажопідйомністю 2-8т. Сільгоспідприємства України заповнюють дефіцит автомобілів сільськогосподарського призначення за рахунок великовантажної техніки, яка не відповідає агротехнічним вимогам. Внутрішньогосподарські перевезення картоплі у збиральний період здійснюються на малих плечах 5...10 км, тому використання тракторних причепів також є раціональним. Однак, при підвищенні швидкості руху тракторних причепів виникає «виляння причепа з боку на бік», що погіршує умови праці механізатора та їх експлуатаційні властивості. При вилянні причепа трактористу доводиться здійснювати постійні підрулювання та знижувати швидкість руху, що зменшує продуктивність та маневреність транспортного засобу. Тому застосування автомобілів, спеціально обладнаних для перевезення сільськогосподарської продукції, дозволяє підвищити ефективність і якість внутрішньогосподарських перевезень сільськогосподарської продукції [2-8].

## **1.2. Аналіз технічних засобів для транспортування бульб картоплі**

Сучасні технології збирання картоплі вимагають застосування високопродуктивних транспортних засобів, тому підприємства найчастіше

використовують універсальні самоскиди. Також перевагу набувають більш ефективних транспортних засобів підвищеної місткості.

Поточний спосіб збирання картоплі передбачає застосування автомашин-самоскидів (рис. 1.1), автомашин з напівпричепами, тракторних самоскидних причепів (рис. 1.2), напівпричепів. Основними вимогами до транспортних засобів для картоплі при збиранні є збільшення продуктивності за рахунок збільшення місткості, зниження простоїв при розвантаженні та мінімізація пошкоджень бульб [4-7].



Рис. 1.1. Автомашини-самоскиди



Рис. 1.2. Тракторний самоскидний причіп 2 ПТС 4.

Розвантаження самоскидних транспортних засобів великої місткості супроводжується підняттям кузова, при цьому слід враховувати висоту сховищ

або навісів, а також пошкоджень бульб картоплі при розвантаженні. Для підвищення прохідності та зниження тиску на ґрунт знижують тиск у шинах машин та причепів. З цією метою у ходових системах транспортних засобів використовують широкопрофільні шини [10]. У США для перевезення картоплі застосовують спеціальні транспортні засоби, обладнані конічними бункерами з рухомим дном (рис. 1.3) та з вивантажним транспортером (рис. 1.4).



Рис. 1.3. Транспортний засіб, обладнаний рухомим дном



Рис. 1.4. Транспортний засіб, обладнаний вивантажним транспортером

Причому дуже часто застосовують різного типу гасники падіння, зокрема, покривають дно прогумованим полотном (фірми Dalman, Lockwood) (мал. 1.5) або встановлюють спеціальні гасники (рис. 1.6).

В Україні для перевезення картоплі застосовують самоскиди ЗІЛ, ГАЗ, КамАЗ, МАЗ та тракторні причепа. Вивантаження картоплі здійснюють перекиданням кузова через задній борт через особливості приймальних бункерів картоплесортувальних пунктів, що викликає додаткові механічні пошкодження

бульб, особливо при використанні універсальних самоскидних транспортних (рис.1.7).



Рис. 1.5. Покриття прогумованим полотном захисного козирка, розташованого над рухомим вивантажним транспортером кузова транспортного засобу.



Рис. 1.6. Гасителі падіння бульб картоплі у кузові транспортного засобу



Рис. 1.7. Транспортні засоби, що використовуються при перевезенні картоплі з верхньою підвіскою заднього борту

### 1.3. Аналіз виконаних досліджень з розвантаження бульб картоплі

Ушкодження картоплі насамперед залежить від фізико-механічних властивостей бульб. Фізико-механічні властивості картоплі вивчали В.П.Васеничов, Н. І. Верещагін, А. І. Бжезовська, О.А. Каспарова, З. Аудзівічене, В. Іонелюнас, П.Ф. Демірчев, В.С. Заводнов, М.М. Єрохін, А.В. Заводнов, Н. Н. Колчин, М.Ю. Костенко, Р. М. Махароблідзе, М.А. Мосін, Я.М. Сійм та інші.

Ушкодження бульб також можуть бути обумовлені великою кількістю ґрунтових грудок, що містяться в картопляній кучі під час збирання. Під час транспортування та розвантаження ушкоджується близько 4% бульб картоплі. Існує два підходи до моделювання пошкоджень картоплі: перший розглядає зміну динаміки та кінетичної енергії кузова або окремих бульб у процесі струшування кузова або при розвантаженні; другий - це вивчення руху потоків бульб при транспортуванні та вивантаженні. Дослідження зміни кінетичної енергії окремих бульб займалися Н.В. Анікін, С.М. Боричів, Н.В. Бишов, Л.С. Єкімова, М.Ю. Костенко, Р.К. Курбанов, І.А.Успенський, В.М. Чекмарьов, І.А. Юхін та інші. Анікіним Н.В., Успенським І.А., Чекмарьов В.М. та Юхіним І.А. запропоновано системи диференціальних рівнянь на основі методу Лагранжа, з метою оцінки динамічних характеристик кузова транспортних засобів. Подібні моделі не враховують властивості картопляного вороху, що ускладнює оцінку їхнього впливу на ушкоджувальність. Р.К. Курбанов пропонує використовувати знімні кузови для перевезення сільськогосподарської продукції, що відповідають технологічним вимогам певної сільськогосподарської культури. Певною мірою це дозволяє знизити втрати продукції, підвищити продуктивність транспортних робіт, але веде до подорожчання транспортних засобів, крім того, вантажно-розвантажувальні операції займають значно більший час, ніж універсальні транспортні засоби. Л.С. Єкімова, М.Ю. Костенко, І.О. Успенський розглядали динаміку руху та кінетичну енергію окремих бульб. Отримані висловлювання

дозволяють оцінити ушкоджуваність бульб з урахуванням їх фізико-механічних та розмірномасових властивостей [1-13].

Дані моделі не враховують взаємодію бульб один з одним у процесі руху, що не повною мірою відображає динаміку ушкоджуваності.

Дослідженням руху гравітаційних потоків займалися Олександров А.І., Білокуров С.В., Борщов В.Я., Долгунін В.М., Калач А.В., Кузьменко Р.В., Остриков А.М., Посметьев В.В., Соловійов А.С., Фролова Л.М., Борщов В.Я., Долгунін В.М. досліджували гравітаційні течії за допомогою оцінки кінетичної енергії зіткнення мас, що здійснюють дифузію у поперечному напрямку потоку. Енергія взаємних переміщень частинок, обумовлених поперечним масопереносом визначається частотою зіткнень частинок. Загальну енергію  $E$  зіткнення двох частинок можна обчислити за такою формулою:

$$E = \frac{1}{2} \bar{m} (\overline{V_{A-}^2} + \overline{V_{B-}^2} - \overline{V_{A+}^2} - \overline{V_{B+}^2}) \quad (1.1)$$

де  $m$  – середня маса часток;

$V_{A-}, V_{B-}$  – швидкість частинок А та В до удару;

$V_{A+}, V_{B+}$  – швидкість частинок А та В після удару.

Александров А.І. використав для дослідження потоків диференціальні рівняння, що описують рух компонентів потоку

$$ma = k_1v + k_2x + k_3 \quad (1.2)$$

де  $m$  - маса компонента;

$x, y, z$  - функція переміщення компонента (координати  $x, y$  або  $z$  від часу);

$t$  – час;

$k_1, k_2, k_3$  – величини, які залежать від  $x$ , але залежні з інших функцій системи диференціальних рівнянь;

$a$  – прискорення (відповідна декартова компонента  $a_x, a_y$  або  $a_z$ );

$v$  – швидкість (відповідна декартова компонента  $v_x, v_y$  чи  $v_z$ ).

Для моделювання руху потоку Александров А.І., Остриков А.М., Посметьев В.В., Соловійов А.С., Фролова Л.М. використовували метод динаміки частинок. Відповідне середовище є складовою з безлічі куль. При контакті цих

куль між собою та стінками виникають пружні сили, а також сили сухого та в'язкого тертя (рис. 1.8) [14].

Моделювання проводиться у тривимірному декартовому просторі (x, y, z). Стан кожного елемента  $E_i$  визначається шістьма змінними: координатами його центру ( $x_i, y_i, z_i$ ) і компонентами швидкості ( $v_{xi}, v_{yi}, v_{zi}$ ).

Рівняння руху елементів складено з урахуванням другого закону Ньютона.

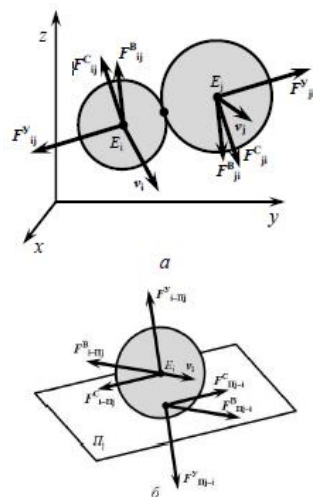


Рис. 1.8. Сили, що виникають при контакті двох елементів (а) та між елементами та поверхнею (б)

$$\begin{aligned}
 m_i \frac{d^2 x_i}{dt^2} = & \sum_{j=1}^{N_2} \left\{ \begin{aligned} & c_{ij} \left( \frac{d_i + d_j}{2} - r_{ij} \right) \frac{(x_i - x_j)}{r_{ij}} + \left( k_{ij}^C \frac{v_{xi} - v_{xj}}{|v_i - v_j|} + k_{ij}^B (v_{xi} - v_{xj}) \right) \left( r_{ij} - \alpha_s \frac{d_i + d_j}{2} \right), \quad r_{ij} < \alpha_s \frac{d_i + d_j}{2}; \\ & 0, \quad r_{ij} \geq \alpha_s \frac{d_i + d_j}{2}; \end{aligned} \right\} + \\
 & + \sum_{j=1}^{N_{\Pi}} \left\{ \begin{aligned} & c_{i-\Pi} \left( \frac{d_i}{2} - r_{i-\Pi} \right) \frac{(x_i - x_{i-\Pi})}{r_{i-\Pi}} + \left( k_{ij}^C \frac{v_{xi} - v_{x\Pi}}{|v_i - v_{\Pi}|} + k_{ij}^B (v_{xi} - v_{x\Pi}) \right) \left( r_{i-\Pi} - \alpha_s \frac{d_i}{2} \right), \quad r_{i-\Pi} < \alpha_s \frac{d_i}{2}; \\ & 0, \quad r_{i-\Pi} \geq \alpha_s \frac{d_i}{2}; \end{aligned} \right\} + \\
 & + \sum_{j=1}^{N_{\Sigma}} \left\{ \begin{aligned} & c_{i-\Sigma} \left( \frac{d_i + d_{\Sigma}}{2} - r_{i-\Sigma} \right) \frac{(x_i - x_{\Sigma})}{r_{i-\Sigma}} + \left( k_{ij}^C \frac{v_{xi} - v_{x\Sigma}}{|v_i - v_{\Sigma}|} + k_{ij}^B (v_{xi} - v_{x\Sigma}) \right) \left( r_{i-\Sigma} - \alpha_s \frac{d_i + d_{\Sigma}}{2} \right), \quad r_{i-\Sigma} < \alpha_s \frac{d_i + d_{\Sigma}}{2}; \\ & 0, \quad r_{i-\Sigma} \geq \alpha_s \frac{d_i + d_{\Sigma}}{2}; \end{aligned} \right\}; \\
 m_i \frac{d^2 y_i}{dt^2} = & \sum_{j=1}^{N_2} \left\{ \begin{aligned} & c_{ij} \left( \frac{d_i + d_j}{2} - r_{ij} \right) \frac{(y_i - y_j)}{r_{ij}} + \left( k_{ij}^C \frac{v_{yi} - v_{yj}}{|v_i - v_j|} + k_{ij}^B (v_{yi} - v_{yj}) \right) \left( r_{ij} - \alpha_s \frac{d_i + d_j}{2} \right), \quad r_{ij} < \alpha_s \frac{d_i + d_j}{2}; \\ & 0, \quad r_{ij} \geq \alpha_s \frac{d_i + d_j}{2}; \end{aligned} \right\} + \\
 & + \sum_{j=1}^{N_{\Pi}} \left\{ \begin{aligned} & c_{i-\Pi} \left( \frac{d_i}{2} - r_{i-\Pi} \right) \frac{(y_i - y_{i-\Pi})}{r_{i-\Pi}} + \left( k_{ij}^C \frac{v_{yi} - v_{y\Pi}}{|v_i - v_{\Pi}|} + k_{ij}^B (v_{yi} - v_{y\Pi}) \right) \left( r_{i-\Pi} - \alpha_s \frac{d_i}{2} \right), \quad r_{i-\Pi} < \alpha_s \frac{d_i}{2}; \\ & 0, \quad r_{i-\Pi} \geq \alpha_s \frac{d_i}{2}; \end{aligned} \right\} + \\
 & + \sum_{j=1}^{N_{\Sigma}} \left\{ \begin{aligned} & c_{i-\Sigma} \left( \frac{d_i + d_{\Sigma}}{2} - r_{i-\Sigma} \right) \frac{(y_i - y_{\Sigma})}{r_{i-\Sigma}} + \left( k_{ij}^C \frac{v_{yi} - v_{y\Sigma}}{|v_i - v_{\Sigma}|} + k_{ij}^B (v_{yi} - v_{y\Sigma}) \right) \left( r_{i-\Sigma} - \alpha_s \frac{d_i + d_{\Sigma}}{2} \right), \quad r_{i-\Sigma} < \alpha_s \frac{d_i + d_{\Sigma}}{2}; \\ & 0, \quad r_{i-\Sigma} \geq \alpha_s \frac{d_i + d_{\Sigma}}{2}; \end{aligned} \right\};
 \end{aligned}$$

(1.3)

$$\begin{aligned}
m_i \frac{d^2 z_i}{dt^2} = & \sum_{j=1}^{N_s} \left\{ c_{ij} \left( \frac{d_i + d_j}{2} - r_{ij} \right) \frac{(z_i - z_j)}{r_{ij}} + \left( k_{ij}^C \frac{v_{zi} - v_{zj}}{|\vec{v}_i - \vec{v}_j|} + k_{ij}^B (v_{zi} - v_{zj}) \right) \left( r_{ij} - \alpha_s \frac{d_i + d_j}{2} \right), r_{ij} < \alpha_s \frac{d_i + d_j}{2}; \right. \\
& \left. 0, r_{ij} \geq \alpha_s \frac{d_i + d_j}{2}; \right\} + \\
& + \sum_{j=1}^{N_{\Pi}} \left\{ c_{i-\Pi j} \left( \frac{d_i}{2} - r_{i-\Pi j} \right) \frac{(z_i - z_{i-\Pi j})}{r_{i-\Pi j}} + \left( k_{ij}^C \frac{v_{zi} - v_{z\Pi j}}{|\vec{v}_i - \vec{v}_{\Pi j}|} + k_{ij}^B (v_{zi} - v_{z\Pi j}) \right) \left( r_{i-\Pi j} - \alpha_s \frac{d_i}{2} \right), r_{i-\Pi j} < \alpha_s \frac{d_i}{2}; \right. \\
& \left. 0, r_{i-\Pi j} \geq \alpha_s \frac{d_i}{2}; \right\} + \\
& + \sum_{j=1}^{N_{\Sigma}} \left\{ c_{i-\Sigma j} \left( \frac{d_i + d_{\Sigma j}}{2} - r_{i-\Sigma j} \right) \frac{(z_i - z_{\Sigma j})}{r_{i-\Sigma j}} + \left( k_{ij}^C \frac{v_{zi} - v_{z\Sigma j}}{|\vec{v}_i - \vec{v}_{\Sigma j}|} + k_{ij}^B (v_{zi} - v_{z\Sigma j}) \right) \left( r_{i-\Sigma j} - \alpha_s \frac{d_i + d_{\Sigma j}}{2} \right), r_{i-\Sigma j} < \alpha_s \frac{d_i + d_{\Sigma j}}{2}; \right. \\
& \left. 0, r_{i-\Sigma j} \geq \alpha_s \frac{d_i + d_{\Sigma j}}{2}; \right\} - m_i g,
\end{aligned}$$

де  $i$  – номер елемента;  $N_E$  – кількість елементів;  $m_i$  – маса елемента;  $t$  – час;  $j$  – номер елемента, який, можливо, контактує з  $i$ -м елементом;  $c_{ij}$  – коефіцієнт жорсткості взаємодії елементів  $i$  та  $j$  (розраховується через модулі пружності)  $k_{ij}^C$  та  $k_{ij}^B$  – коефіцієнти сухого тертя елементів  $i$  та  $j$  один про одного;  $d_i$  – діаметр  $i$ -го елемента;  $r_{ij}$  – відстань між центрами елементів  $i$  та  $j$ ;  $\alpha_0$  – коефіцієнт обмеження взаємодії між елементами (вибирається з діапазону 1,0 ... 1,1 і дозволяє ставити «липкість» елементів);  $N_{\Pi}$  – кількість елементарних поверхонь;  $c_{i-\Pi j}$ ,  $k_{i-\Pi j}^C$  та  $k_{i-\Pi j}^B$  – коефіцієнти жорсткості, сухого та в'язкого тертя при взаємодії елемента  $i$  з поверхнею  $j$ ;  $r_{i-\Pi j}^i$  – відстань від центру  $i$ -го елемента до  $j$ -ї поверхні;  $x_{i-\Pi j}$ ,  $y_{i-\Pi j}$ ,  $z_{i-\Pi j}$  – декартові координати точки-проекції центру елемента  $i$  на поверхню  $j$ ;  $v_{x\Pi j}$ ,  $v_{y\Pi j}$ ,  $v_{z\Pi j}$  – компоненти швидкості центру  $j$ -ї елементарної поверхні;  $|\dots|$  – модуль вектора;  $N_{ET}$  – кількість шароподібних елементів трубок;  $c_{i-ETj}$ ,  $k_{i-ETj}^C$  та  $k_{i-ETj}^B$  – коефіцієнти жорсткості, сухого та в'язкого тертя при взаємодії елемента  $i$  з іншими елементами  $j$ ;  $r_{i-ETj}$  – відстань від центру  $i$ -го елемента до центру  $j$ -го елемента;  $x_{ETj}$ ,  $y_{ETj}$ ,  $z_{ETj}$  – декартові координати центру елемента  $i$ ;  $v_{xETj}$ ,  $v_{yETj}$ ,  $v_{zETj}$  – компоненти швидкості центру  $j$ -го елемента;  $g$  – прискорення вільного падіння [12].

«Сила пружності виступає як сила нормальної реакції між елементами, що призводить до відштовхування елементів, якщо вони вступають в контакт – якщо відстань між елементами  $rij$  буде меншою  $(d_i + d_j)/2$ .



Відстань  $r_{ij}$  між центрами елементів розраховується через координати центрів за теоремою Піфагора:

$$r_{ij} = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2 + (z_i - z_j)^2}$$

«Рішенням даної системи диференціальних рівнянь другого порядку є функції  $x_i(t)$ ,  $y_i(t)$ ,  $z_i(t)$ , що визначають траєкторії руху коренеклубнеплодів та дозволяють оцінити ефективність процесу вивантаження». Подібна модель допускає введення, наприклад, еластичних трубок, перегородок та поверхонь різної форми та розташування. Тому використовуємо її при моделюванні процесу вивантаження з кузова чи контейнера з метою оцінки руху компонентів картопляного вороху.

### **1.5. Постановка завдань досліджень**

Результати аналізу розглянутих у розділі робіт дозволяють зробити такі висновки: аналіз досліджень процесів внутрішньогосподарських перевезень коренеклубнеплодів та яблук показав, що у кузові транспортних засобів пошкодження виникають через нерівномірність процесу розвантаження кузова. - для зменшення пошкоджень продукції, що перевозиться, шляхом більш рівномірного розвантаження кузова транспортного засобу і зниження швидкості бульб, що вивантажуються, картоплі, необхідно створення пристрою, що сприяє порційно вивантажувати бульби картоплі з кузова транспортного засобу. Зазначені висновки дозволили сформулювати мету цих досліджень – зниження пошкоджень при розвантаженні бульб картоплі шляхом удосконалення кузова транспортного засобу.

Для досягнення поставленої мети сформульовані такі завдання дослідження:

1. Узагальнити результати досліджень технології вивантаження картоплі та виявити перспективні напрямки щодо вдосконалення кузова транспортного засобу;

2. Обґрунтувати параметри еластичних перегородок, що розробляються, що впливають на зниження пошкоджень бульб картоплі при вивантаженні з кузова транспортного засобу;

3. Провести дослідження транспортного засобу, обладнаного розробленими еластичними перегородками.

## **РОЗДІЛ 2**

### **ПРОГРАМА ТА МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ КУЗОВА ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ З ЕЛАСТИЧНИМИ ПЕРЕГОРОДКАМИ**

#### **2.1 Програма лабораторних досліджень**

З метою уточнення параметрів еластичних перегородок кузова транспортного засобу проводилися експериментальні дослідження, програма яких включала:

1. Експериментальні дослідження розмірно-масових характеристик бульб картоплі
2. Лабораторні дослідження вивантаження бульб картоплі із кузова транспортного засобу обладнаного еластичними перегородками
3. Експериментальні дослідження довжини та зазору між еластичними трубками на характер вивантаження.

#### **2.2 Методика досліджень розмірно-масових характеристик бульб картоплі**

Основними параметрами розмірно-вагових характеристик бульб є довжина, ширина і маса. Заміри параметрів проводилися на приладі «Клубінь», що показано на рисунку 2.1. «При вимірах картоплі, наприклад довжини, бульба вертикально поміщалася на майданчик і вимірювальний щуп опускався на бульбу. У цей час параметр довжини висвітлювався на індикаторі та заносився в пам'ять блок керування. Отримана інформація заносилася до таблиці.



Рис. 2.1. Прилад "Клубінь" ПРГ – 401: 1 – клубіть; 2 – вимірювальний щуп; 3 – вимірювальний блок; 4 – блок керування; 5 – блок живлення.

Середнє арифметичне значення розміру  $A$  (довжина, ширина, товщина) у міліметрах вираховували за формулою:

$$\bar{A} = \frac{\sum_{i=1}^N A_i}{N} \quad (2.1)$$

де  $A_i$  - поточне значення параметра в досліді, мм;

$N$  – кількість виміряних бульб за досвід, шт..

Середньогометричні розміри бульби обчислювали за такою формулою:

$$d_{cp} = \sqrt[3]{lbc}$$

де  $l$  - довжина бульби, мм

$b$  - ширина бульби, мм

$c$  - товщина бульби, мм

Середньоквадратичне відхилення  $\sigma$  у міліметрах обчислювали за формулою:

$$\sigma = \pm \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (A_i - \bar{A})^2}{N-1}} \quad (2.2)$$

де:  $A_i$  - поточне значення параметра, мм;

$\bar{A}$  – середнє арифметичне значення параметра, мм.

Коефіцієнт варіації  $K$  у відсотках вираховували за такою формулою:

$$K = \frac{\sigma}{\bar{A}} 100 \quad (2.3)$$

де:  $\sigma$  - Середньоквадратичне відхилення параметра, мм;

$\bar{A}$  – середнє значення параметра, мм.

Розрахункову масу бульби  $G_i$  в грамах вираховували за такою формулою:

$$G_i = \frac{K \cdot A_{Li} \cdot A_{Bi} \cdot A_{Ci}}{1000} \quad (2.4)$$

де:  $K$  – наведений коефіцієнт маси ( $K = 0,5; 0,7$ ).

Середнє значення розрахункової маси бульб  $\bar{G}$  у грамах обчислив за такою формулою:

$$\bar{G}_p = \frac{\sum_{i=1}^N G_i}{N} \quad (2.5)$$

де:  $G_i$  - маса в грамах кожного бульби.

Середньоквадратичне відхилення маси  $\sigma_m$  бульб картоплі в грамах вираховали за формулою:

$$\sigma_m = \pm \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (G_i - \bar{G})^2}{N-1}} \quad (2.6)$$

де:  $G_i$  - маса в грамах кожного бульби;

$\bar{G}$  – середнє арифметичне значення маси бульб у грамах.

Коефіцієнт варіації  $K_m$  маси бульб у відсотках вираховали за такою формулою:

$$K_m = \frac{\sigma_m}{\bar{G}} \cdot 100 \quad (2.7)$$

де:  $\sigma_m$  - середньоквадратичне відхилення маси, г;

$\bar{G}$  – середнє арифметичне значення маси, г.

### **2.3 Методика лабораторних досліджень кузова транспортного засобу з еластичними перегородками**

Взаємодії бульб при розвантаженні генерують напруги в насипу картоплі за рахунок передачі ударних імпульсів та масопереносу у поперечному напрямку до поверхні зсуву. Для нееластичних сферичних частинок при швидкому гравітаційному перебігу напруги пропорційні квадрату відносної швидкості – швидкості зсуву, величини та кількості ударних імпульсів. В результаті руху бульби взаємодіють один з одним, і виникають хаотичні переміщення бульб у рухомому потоці з відносною швидкістю того ж порядку, що швидкість зсуву.

Зі збільшенням кута підйому кузова зростає швидкість зсуву, причому спостерігається вистрибування окремих бульб, що дещо зменшує питому вагу насипу картоплі. Так як бульби картоплі мають шорстку поверхню, то напрям

контактних сил при зіткненнях бульб відрізняється від нормалі за рахунок сили тертя. Очевидно, що умови контакту бульб, що виникають сили тертя мають істотний вплив на механічні пошкодження, і на формування зсувної напруги.

На рис. 2.2 представлено загальний вигляд контейнера (кузова транспортного засобу), обладнаного поперечною перегородкою.

Контейнер містить основу 1, торцеві стінки 2, боковину 3, відкидний борт 4, який шарнірно з'єднаний зі стінками 2, фіксатор 8, закріплений на відкидному борту поперечну перегородку 5, з порожнистих трубок 6, що обертаються навколо осі 7.

При відкритті відкидного борту 4 вивантажуються бульби, розташовані безпосередньо біля борту 4. При прокиданні контейнера (кузова) поперечна перегородка 5 утримує частину купи бульб, виключаючи їх лавиноподібний схід. Поступове вивантаження звільняє трубки 6 поперечної перегородки 5, і купа бульб вивантажується дозовано.

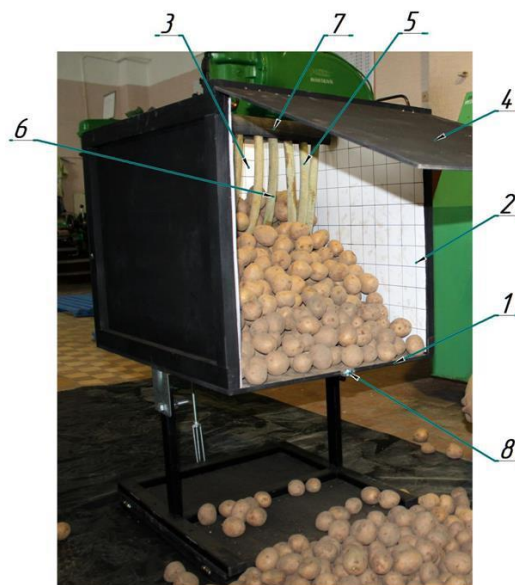


Рис. 2.2. Загальний вид контейнера (кузова транспортного засобу), обладнаного еластичною перегородкою: 1 – основа; 2 – торцеві стінки; 3 – боковина; 4 – відкидний борт; 5 – поперечна перегородка; 6 – пола трубка; 7 – вісь; 8 – фіксатор

Найбільшу швидкість скочування мають бульби зверху насипу, оскільки обмежені зв'язками у русі. Швидкість при вивантаженні верхніх бульб додатково

знижується за рахунок тертя об порожні пружні трубки перегородки. Для уточнення теоретичних викладок був проведений експеримент із розвантаження бульб з контейнера без перегородки та обладнаного поперечною перегородкою. Як фактор варіювання обраний кут нахилу контейнера до горизонту (кут підйому кузова). У ході експерименту вивчалися розкот бульб від контейнера, що характеризує швидкість бульб при скочуванні по насипу, і залишок бульб у кузові, що характеризує швидкість вивантаження бульб (відсутність лавиноподібних потоків).

Для досліджень використовували насіннєву картоплю сорту Лотона, з найбільшим розміром 35 мм, для масштабного моделювання руху бульб у контейнері. Кут перекидання контейнера змінювали за допомогою гвинтової стяжки і через кожні 5 градусів знімали показання. Повторність була триразовою. Розподіл картопляного вороху в контейнері, обладнаному поперечною перегородкою, і розкот бульб після вивантаження представлені на рисунках 2.3 та 2.4.

Теоретичні дослідження показали, що найбільший вплив на кінетичну енергію картоплі, що скочується, буде надавати шлях, пройдений бульбою по насипу, чим більше шлях, тим більше енергія. Також значну роль надаватиме кінцева швидкість бульби, яка опосередковано виражається часом розгону бульби  $t$ . Таким чином, зниження кінетичної енергії бульби можливе зменшенням ділянки розгону шляхом встановлення додаткових перешкод у кузові, наприклад, поперечної перегородки.

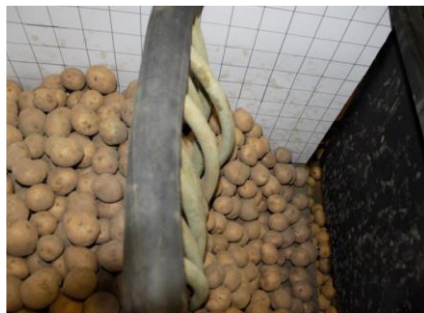


Рис. 2.3. Загальний вигляд контейнера з картоплею, обладнаного еластичною перегородкою під час розвантаження



Рис. 2.4. Загальний вигляд контейнера, обладнаного еластичною перегородкою при дослідженні гуркоту бульб картоплі.

### **Висновки по розділу**

В другому розділі магістерської роботи розроблено методику проведення експериментальних досліджень.



### РОЗДІЛ 3

## РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ КУЗОВА ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБИ З ЕЛАСТИЧНИМИ ПЕРЕГОРОДКАМИ

### 3.1 Результати дослідження розмірно-масових характеристик бульб картоплі сорту «Латона»

За результатами досліджень було отримано середньоарифметичні значення довжини, ширини, товщини та маси бульб різних сортів, які зведені до таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Розмірно-вагова характеристика бульб картоплі різних сортів

Сорт і показники	Довжина, мм	Ширина, мм	Товщина, мм	Маса, г
«Латона» середнє	60,7	52,1	43,5	92,2
найменше	29,8	27,5	21,3	12
найбільше	120,5	77,4	65,2	252

Аналіз результатів показав, що вибірка бульб картоплі розподілена за нормальним законом і графіки розподілу за довжиною, товщиною та шириною представлені на малюнку 3.1 та 3.2.

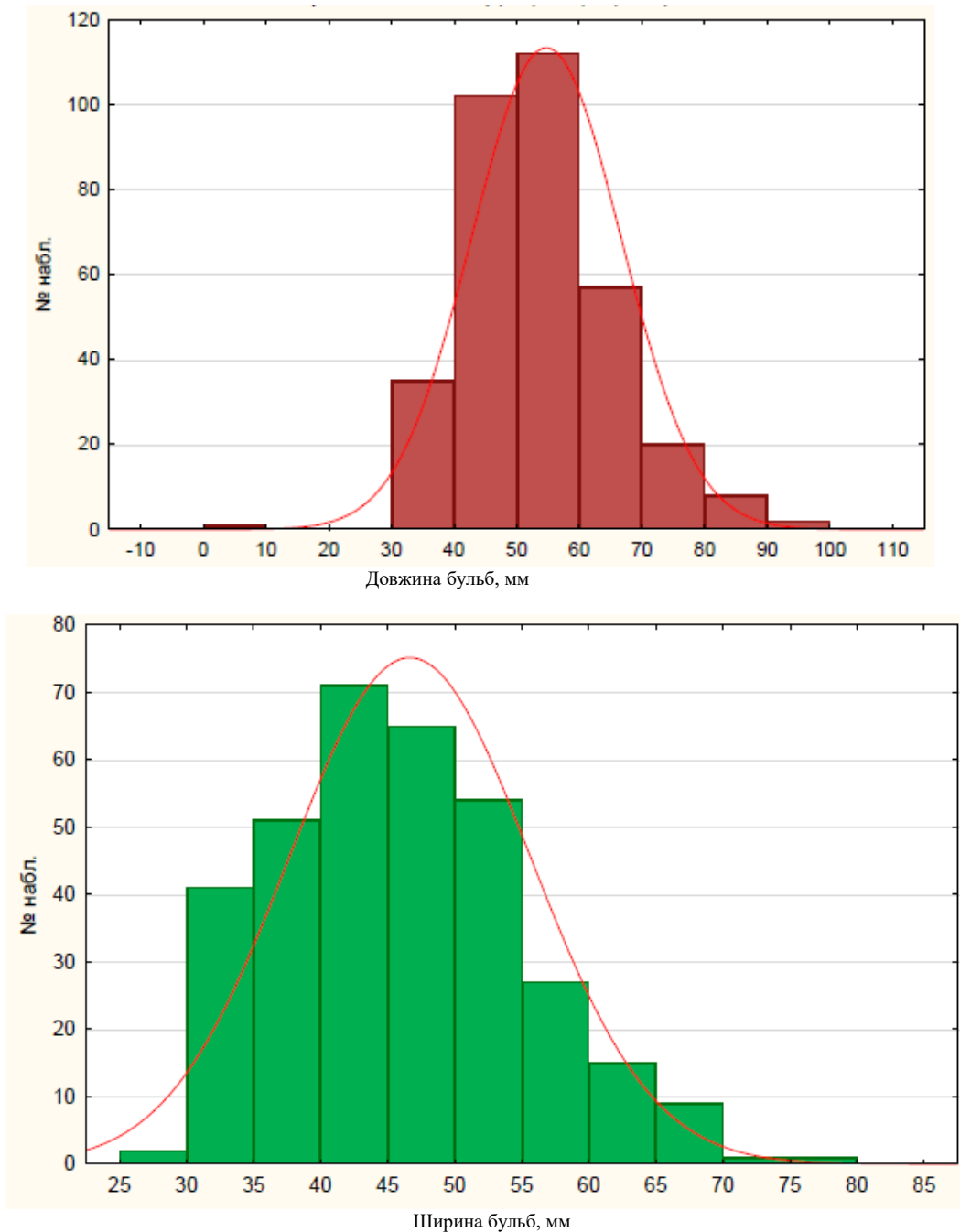


Рисунок 3.1. Гістограми розподілу довжини та ширини бульб картоплі сорту «Латона»

В залежності від співвідношення параметрів бульби картоплі мають різну форму". Встановлено, що середній геометричний розмір бульб картоплі сорту «Латона» становить 46,2 мм.

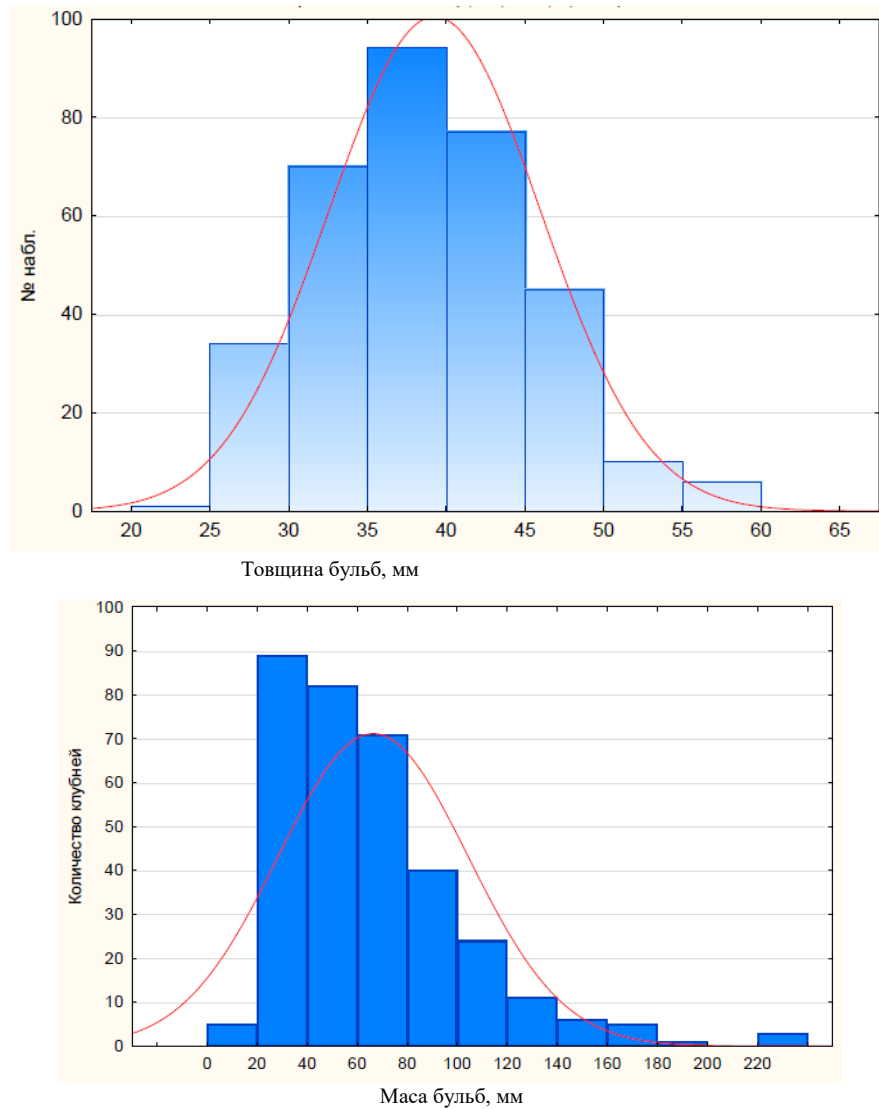


Рисунок 3.2. Гістограми розподілу товщини та маси бульб картоплі сорту "Латона"

### 3.2 Результати лабораторних досліджень контейнера з еластичними перегородками

Лабораторні дослідження контейнера з еластичними перегородками проводились у лабораторії кафедри технології металів та ремонту машин. В результаті виконання лабораторних досліджень встановлені взаємозв'язки кількості бульб, що залишилися в контейнері після нахилу, залежно від кута перекидання. Результати графічно представлені рис. 3.3.

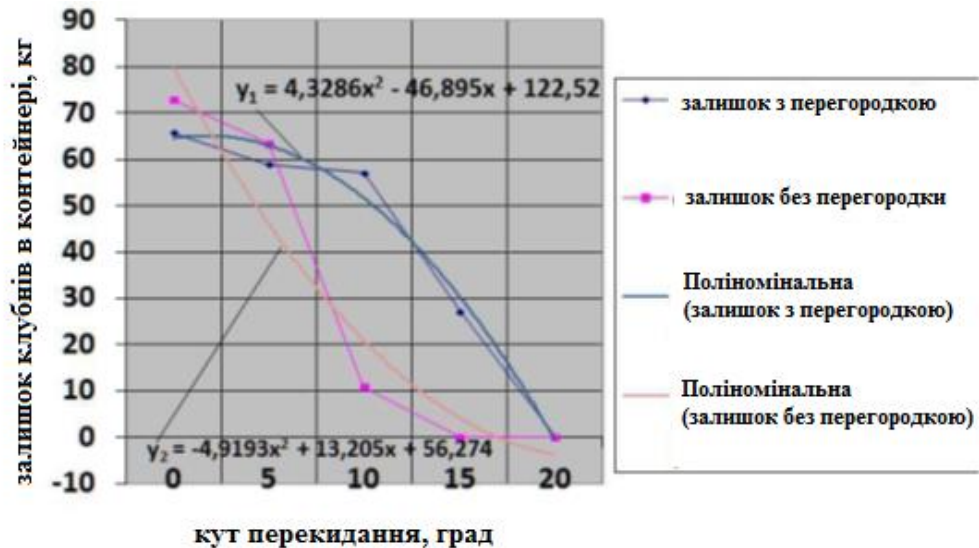


Рис. 3.3. Графік вивантаження бульб з контейнера залежно від кута перекидання

Аналіз вивантаження з контейнера показав, що встановлення поперечної перегородки в контейнері дозволяє здійснювати рівномірне вивантаження протягом всього циклу перекидання – це видно на графіку залишків бульб у контейнері (рис. 3.3), крива залишку в контейнері перегородкою має більш пологий кут. Рівномірне вивантаження контейнера знижує можливість утворення лавиноподібних потоків, що в кінцевому підсумку буде знижувати кінетичну енергію бульб бульби, що скочуються, і зменшувати їх механічні пошкодження. Найбільша кількість зменшення бульб з контейнера відбувається при куті перекидання від  $5^{\circ}$  до  $10^{\circ}$  за відсутності еластичної перегородки. За наявності еластичної перегородки вивантаження бульб здійснюється із затримкою при кутах від  $10^{\circ}$  до  $20^{\circ}$ , причому вивантаження бульб картоплі відбувається рівномірно в інтервалі вдвічі більшому, ніж без еластичної перегородки.

Дослідження розкочування бульб після вивантаження залежно від кута перекидання проводилися на кафедрі технології металів та ремонту машин. В результаті виконання лабораторних досліджень встановлені взаємозв'язки кількості та відстань розкочування бульб залежно від кута перекидання. Результати графічно представлені рис. 3.4.

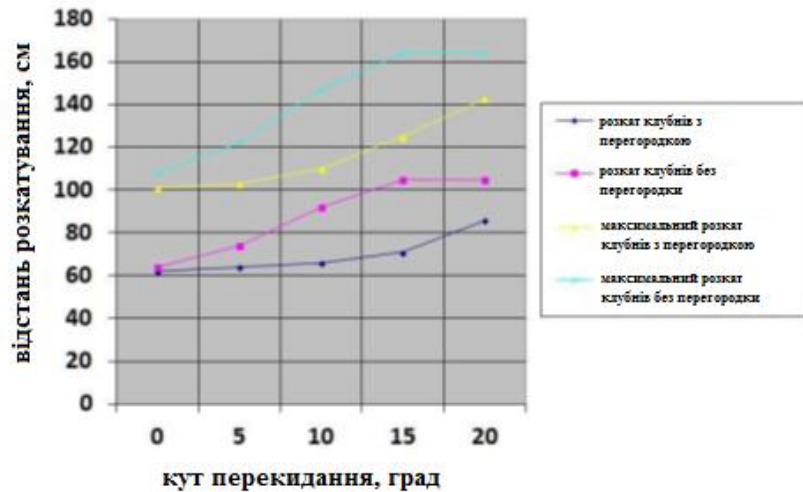


Рис. 3.4. Графіки відстані розкату бульб після вивантаження залежно від кута перекидання

Аналіз відстані розкату бульб після вивантаження (рисунок 3.4) показує, що встановлення поперечної еластичної перегородки в кузові транспортного засобу дозволяє зменшити розкот бульб. Найбільша відстань розкочування бульб картоплі з кузова транспортного засобу відбувається при кутах перекидання понад  $15^\circ$ . За наявності еластичної перегородки відстань розкочування бульб картоплі з кузова транспортного засобу становить від 0,71м до 1,05м, а за відсутності еластичної перегородки становить від 1,05м до 1,64м, що у 1,56 рази більше.

Це можна пояснити обмеженням ділянки розгону бульб по насипу та тертям про трубки поперечної перегородки. У результаті зменшується кінетична енергія бульб, що знижує можливість пошкодження бульб. Дослідження пошкоджень бульб слід проводити у виробничих умовах, оскільки масштабний фактор може суттєво впливати на механічні пошкодження. Аналізуючи результати досліджень видно, що найбільший вплив на кінетичну енергію системи надаватиме шлях, пройдений бульбою по насипу, чим більше шлях, тим більша енергія. Також значну роль надаватиме кінцева швидкість бульби, яка опосередковано виражається часом розгону бульби  $t$ . Таким чином, зниження кінетичної енергії бульби можливе зменшення ділянки розгону установкою

додаткових перешкод у кузові транспортного засобу, наприклад, еластичної перегородки. Експериментальні дослідження вивантаження з кузова транспортного засобу показали, що установка еластичної перегородки в кузові транспортного засобу дозволяє здійснювати рівномірне вивантаження протягом усього циклу перекидання, причому в 2 рази збільшується інтервал кутів вивантаження бульб картоплі з кузова транспортного засобу. Аналіз відстані розкочування бульб після вивантаження показує, що встановлення еластичної перегородки в кузові транспортного засобу дозволяє в 1,56 рази зменшити відстань розкочування бульб. Таким чином, встановлення додаткових еластичних перегородок сприяє зниженню кінетичної енергії картоплі при розвантаженні та знижує механічні пошкодження бульб.

### **3.3. Результати господарських досліджень кузова транспортного засобу з еластичними перегородками**

Господарські випробування проводились у період збирання картоплі з 2019-2021 р.р. Загальний обсяг картоплі, перевезеної одним експериментальним автомобілем у 2021 р., склав 315 тонн. Поперечні еластичні перегородки встановлювалися на кузові транспортних засобів, зокрема на автомобілях МАЗ 5516 (рис. 3.5).



Рис. 3.5. Загальний вигляд кузова автомобіля МАЗ 5516, обладнаного поперечними еластичними перегородками

Це обумовлено тим, що незважаючи на високу продуктивність транспортних робіт, даний автомобіль при транспортуванні та вивантаженні травмує бульби картоплі, що перевозяться. Оскільки об'єм кузова автомобіля МАЗ 5516 становить  $12,5 \text{ м}^3$ , то при розвантаженні спостерігається одночасне сходження бульб картоплі, що спричиняє надмірний тиск на нижні шари бульб, які вивантажувалися в першу чергу.

В результаті порівняльних польових випробувань серійного кузова вантажного автомобіля МАЗ 5516 та експериментального кузова вантажного автомобіля МАЗ 5516 із встановленими поперечними перегородками встановлено, що застосування розроблених еластичних поперечних перегородок дозволяє знизити пошкодження бульб картоплі з 5,3% до 2,9%. При розвантаженні бульб картоплі з кузова транспортного засобу, обладнаного поперечними еластичними перегородками, розвантаження відбувається поступово (спочатку вивантажується картопля в безпосередній близькості від відкидного борту). Потім відбувається вивантаження картоплі, що знаходиться в середній частині, а потім у дальній частині кузова (рис. 3.6-3.7).



Рис. 3.6. Закінчення вивантаження бульб картоплі з кузова автомобіля, обладнаного поперечними еластичними перегородками

На основі проведеного аналізу результатів дослідження встановлено, що пошкодження бульб картоплі при вивантаженні із серійного вантажного

автомобіля МАЗ 5516 та експериментального вантажного автомобіля МАЗ 5516 із встановленими поперечними еластичними перегородками склали відповідно: 5,3% та 2,9%.



Рис. 3.7. Початок вивантаження бульб картоплі із кузова автомобіля, обладнаного поперечними еластичними перегородками.

#### **3.4 Результати хронометражу операції при транспортуванні та розвантаженні транспортних засобів**

«На основі отриманих даних було визначено потребу в транспортних засобах при роботі спільно з комбайнами та копачем-навантажувачем. Як очевидно з даних табл. 3.2 для забезпечення безперебійної роботи копача-навантажувача необхідно більше транспортних одиниць порівняно з бункерним комбайном». «При врожайності картоплі 20,4 т/га та продуктивності, показаної в табл. 3.2 картоплезбиральний комбайн прибирає 10 тонн картоплі на годину. Отже, його бункер-накопичувач місткістю 5 тонн наповнюється за 30 хвилин. При груповій роботі машина з кузовом місткістю 10 тонн спочатку забирає 5 тонн від одного комбайна та 5 тонн у іншого (рис. 3.8). Таким чином, при тривалості робочого циклу менше однієї години для роботи з двома картоплезбиральними комбайнами необхідно два транспортні засоби».





Рис. 3.8. Завантаження автомобіля МАЗ 5516, обладнаного поперечними еластичними перегородками

При роботі картоплезбирального комбайна, бульби картоплі накопичуються в бункері і після вивантажуються приймає прибрану картопля. «Тому час під завантаженням транспортного засобу, що працює з комбайном цього типу, значно збільшується і має випадковий характер. Для виключення простоїв копача - навантажувача через відсутність транспортних засобів, у полі повинна чергувати інша автомашина, перебуваючи в очікуванні щонайменше 25-30 хвилин. Тому загальна кількість транспортних засобів обслуговування одного копача-навантажувача збільшується до двох (табл. 3.2).

Таблиця 3.2. – Імовірність тривалості обороту транспортних засобів (КамАЗ місткістю 10т) під час руху з копачем-навантажувачем, хв.

<b>Продовження циклу від-до, хв.</b>	<b>Спільний шлях з копачем-завантажувачем, км</b>	<b>Вірогідність</b>
81-85	1,0	0,33
91-95	1,1	0,33
96-100	1,3	0,17
101-105	1,5	0,17

Урожайність 20,4 т/га, швидкість руху вантажного автомобіля МАЗ 25,4км/год, відстань від поля до сховища 13-17 км.

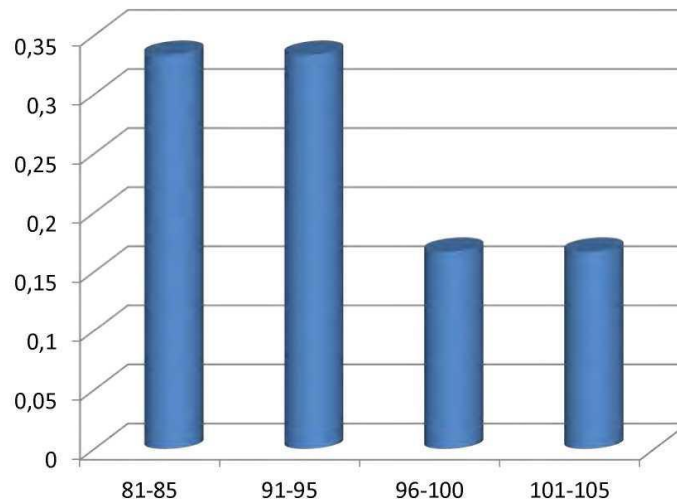


Рис. 3.9. Статистичне розподілення тривалості циклу обороту транспортних засобів при роботі з картоплезбиральним комбайном. Вантажопідйомність транспорту 10 т, врожайність 20,4 т/га.

### **Висновки по розділу**

Дослідження показали, що з двох розглянутих типів збиральних машин значна перевага за комбайном з бункером. Для його обслуговування потрібно вдвічі менше транспортних засобів, менше ущільнюється ґрунт колесами автомобілів і менша витрата пального, приблизно на 15-20%, оскільки вони стоять і чекають, коли у комбайна наповниться бункер, замість паралельного руху з копачем навантажувачем. 1,0 до 1,5 км. При нижчій урожайності, наприклад, 10-15 т/га, спільний пробіг буде значно більшим. При цьому повний цикл обороту транспортних засобів теж має імовірнісний характер.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Аналіз вивантаження бульб картоплі з кузова транспортного засобу показав, що встановлення поперечної еластичної перегородки дозволяє здійснювати рівномірне вивантаження протягом усього циклу перекидання. Найбільша кількість зменшення травмування бульб з кузова транспортного засобу відбувається при куті перекидання від  $5^{\circ}$ - $10^{\circ}$  за відсутності еластичної перегородки. За наявності еластичної перегородки вивантаження бульб здійснюється з затримкою при кутах від  $10^{\circ}$  до  $20^{\circ}$ , причому вивантаження бульб картоплі відбувається рівномірно в інтервалі кутів перекидання вдвічі більшому, ніж без еластичної перегородки.

2. Найбільша відстань розкочування бульб картоплі з кузова транспортного засобу відбувається при кутах перекидання понад  $15^{\circ}$ . За наявності еластичної перегородки відстань розкочування бульб картоплі з кузова транспортного засобу становить від 0,71м до 1,05м, а за відсутності еластичної перегородки становить від 1,05м до 1,64м.

3. Внаслідок порівняльних польових випробувань серійного кузова вантажного автомобіля МАЗ 5516 та експериментального кузова вантажного автомобіля МАЗ 5516 із встановленими поперечними перегородками встановлено, що застосування розроблених еластичних поперечних перегородок дозволяє знизити пошкодження з 5,3% до 2,9% бульб картоплі.

4. Дослідження показників транспортного процесу з використанням хронометражу дозволили встановити, що збільшення часу розвантаження транспортного засобу обладнаного еластичними перегородками знижує продуктивність вивантаження бульб картоплі в 1,6 рази, що у загальному циклі технологічного процесу транспортування (завантаження, транспортування, зважування та вивантаження до місця завантаження, очікування завантаження) не перевищує 1%.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Абрашина О. Г. Вирощування ранньої та насінневої картоплі за умов зрошення на півдні України. *Високі врожаї картоплі на великих площах : зб. наук. Праць*. 1971. С. 91-95.
2. Тимко Л.В. Оцінка параметрів адаптивної здатності сортів картоплі в умовах правобережного Полісся України. *Картоплярство України*. 2017. № 1–2 (42–43). С.18–22.
3. Агроекологічні основи вирощування картоплі. Положенець В. М., Чернілевський М. С., Немерицька Л. В. [та ін.]. Київ. 2008. 196 с
4. Агрометеорологічні ресурси картоплі / П. С. Теслюк, І. О. Кух, В. М. Назар, І. М. Пилипець. Київ : Урожай. 1992. 208 с.
5. Андрушко М. Г. Урожай і насінні якості картоплі залежно від розміру і різання садивних бульб. *Картоплярство*. Вип. 6. Київ, 1975. С. 87–92.
6. Баранчук Ю. В. Обґрунтування норм садіння бульб картоплі під запланований урожай для умов центрального Полісся України - автореф. дис. на здобуття вчен. ступеня канд. с/г наук - спец. 06.01.09 «Рослинництво». Київ, 2002. 20 с.
7. Балашова Г. С. Технологія вирощування картоплі за літнього садіння. *Посібник українського хлібороба*. 2014. Т. 3. 90-92 с.
8. Подгаєцький А. А. Перспективність сортів картоплі за ознакою стійкості проти вірусних хвороб. *Інтегрований захист рослин. Проблеми та перспективи: міжнар. наук.-практ. конф.* Київ. 2006. С. 154-155.
9. Положенець В. М. Агроекологічні основи вирощування картоплі. Київ : Світ, 2008. 196 с.
10. Власенко М. Ю., Петренко С. Д. Біохімічний склад та якість бульб картоплі залежно від умов мінерального живлення на чорноземах центрального Лісостепу. *Аграр. вісті*. № 3. С. 4–6.

11. Бондарчук А. А. Наукове забезпечення виробництва картоплі в Україні. *Картоплярство*. 2004. Вип. 33. С. 3-9.
12. Інструкція по апробації сортових посівів картоплі. Добірне насіння – золотий фонд урожаю : інструкція по апробації сортових посівів. 1995. С. 22-25.
13. Войцешина Н.І. Вплив погодних умов на врожай та продовольчу якість сортів картоплі в центральному Поліссі. *Картоплярство*. 2002. Ви. 31. С. 81-86.
14. Ільчук В.А., Ільчук Л.А., Власенко М.Ю. Вплив технологічних прийомів на урожайність і якість картоплі у західному Лісостепу України. *Картоплярство*. 1997. Вип. 27. С. 133-138
15. Ільчук, Л. А. Вплив агротехнічних прийомів вирощування картоплі на врожай бульб та нагромадження в них нітратів. *Картоплярство: міжвід. темат. наук. зб.* 1993. Вип. 24. С. 53-55.
16. Кравченко О. А., Шарапа М. Г. Агротехнічні прийоми вирощування високих урожаїв картоплі в зонах Полісся та Лісостепу України. *Картоплярство України*. 2010. № 1–2. С. 20–30