

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

Факультет інженерії та енергетики

Кафедра машиновикористання та сервісу технологічних систем

Кваліфікаційна робота
на правах рукопису

БАБ'ЯК ОЛЕКСАНДР ВЯЧЕСЛАВОВИЧ

УДК 631.356.4

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**Дослідження взаємодії бульб картоплі з робочими
органами сільськогосподарських машин**

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

_____ О.В. Баб'як

Керівник роботи

Савченко В.М.

к.т.н., доцент

Житомир – 2020

АНОТАЦІЯ

Баб'як Олександр Вячеславович. Дослідження взаємодії бульб картоплі з робочими органами сільськогосподарських машин. – Кваліфікаційна робота на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістра за спеціальністю 208 – Агроінженерія. – Поліський національний університет, Житомир, 2020.

В магістерській роботі розроблена модель м'якоті бульб картоплі, яка складається з пружної і пружно-в'язкої частин, з'єднаних послідовно. Встановлено, що межа міцності, модуль пружності і коефіцієнт в'язкості м'якоті бульб залежать від швидкості відносної деформації. Руйнування відбувається при досягненні відносної деформації 0,08.

В роботі проведено розрахунок міцності бульб, який при складному напруженому стані необхідно проводити за допомогою феноменологічної теорії міцності Мора, що враховує різну міцність м'якоті бульб при розтягуванні і стисненні. У сорту "Невський" при ударі межа міцності стиснення 3 МПа, а розтягування – 1,6 МПа.

Визначені в роботі механічні та розмірні характеристики бульб картоплі дозволяють за формулами контактної міцності проводити розрахунок будь-яких випадків зіткнення бульб з робочими органами.

Річний економічний ефект від впровадження тільки одного приладового комплексу в селекції складе 8076 грн. в цінах 2020 року.

Ключові слова: бульби картоплі, робочі органи, удар, деформація, в'язкість, пружність, модель м'якоті.

ANNOTATION

Babiak Oleksandr Vyacheslavovich. Study of the interaction of potato tubers with the working bodies of agricultural machinery. – *Qualification work on the rights of the manuscript.*

Qualifying work for a master's degree in specialty 208 – Agricultural Engineering. – Polissya National University, Zhytomyr, 2020.

In the master's thesis, a model of potato tuber pulp was developed, which consists of elastic and elastic-viscous parts connected in series. It is established that the tensile strength, modulus of elasticity and viscosity coefficient of tuber pulp depend on the rate of relative deformation. The destruction occurs when the relative deformation is 0.08.

The paper calculates the strength of tubers, which in a complex stress state must be carried out using the phenomenological theory of Mohr's strength, which takes into account the different strength of the pulp of the tubers in tension and compression. In the Nevsky variety, the compressive strength is 3 MPa and the tensile strength is 1.6 MPa.

The mechanical and dimensional characteristics of potato tubers determined in the work allow to calculate any cases of collision of tubers with working bodies according to the formulas of contact strength.

The annual economic effect from the introduction of only one instrument complex in the selection will be 8076 UAH. in 2020 prices.

Key words: potato tubers, working organs, impact, deformation, viscosity, elasticity, pulp model.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. СТАН ПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	10
РОЗДІЛ 2. ПРИЛАДИ Й МЕТОДИ ОЦІНКИ МЕХАНІЧНОЇ МІЦНОСТІ БУЛЬБ КАРТОПЛІ.....	20
РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	30
ВИСНОВКИ.....	36
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	37

ВСТУП

Актуальність роботи. Для поліпшення матеріального і культурного добробуту народу України в сучасних складних економічних умовах, основним завданням народного господарства є задоволення попиту населення на основні товари народного споживання, в тому числі на продукти харчування.

Вирішення поставленого завдання повинні сприяти: інтенсивний розвиток агропромислового комплексу країни, надання, повної самостійності основній виробничій ланці сільського господарства, реорганізація управління виробництвом, зміцнення матеріально-технічної бази на основі новітніх досягнень науки і техніки.

Однією з найважливіших галузей сільського господарства нашої країни є картоплярство. Картопля, займаючи не більше 3% посівних площ, дає 14% валової продукції рослинництва і майже 8% валового виробництва всього сільського господарства. Продукція картоплярства широко використовується на виробничі цілі, для технічної переробки і як корм у тваринництві. У світовому масштабі виробництва продуктів сільського господарства картопля, як найбільш продуктивна культура помірного пояса, займає також чільне місце.

У 2016 році, наприклад, світовий збір картоплі склав 265,4 млн. тонн з площі 18,2 млн. га при середній врожайності 14,0 т/га.

Слід підкреслити, що картопля не тільки багата крохмалем і служить джерелом живлення, але і відрізняється великими запасами енергії і білка в розрахунку на одиницю площі. Білок картоплі завдяки збалансованості за амінокислотним складом повинен бути віднесений до біологічно найбільш цінному рослинному білку. З 100 г картоплі задовольняється добова потреба людини в білку на 8%, а заліза – на 10%, у вітаміні С – на 20-50%, у вітаміні В – на 10% і енергетична потреба на 3% [7].

Значення картоплі в харчуванні людини в майбутньому, на думку дослідників, не тільки не знизиться, а навпаки, зросте, з нього будуть виробляти

нові харчові продукти, напівфабрикати. Для забезпечення більш стійкого розвитку галузі в останні роки проводиться цілеспрямована робота щодо вдосконалення і впровадження інтенсивних технологій обробітку картоплі, створюються нові високоврожайні сорти, поліпшується система первинного насінництва. Триває спеціалізація і концентрація картоплярства. У 2 тис. спеціалізованих господарствах країни (приблизно 8% загальної кількості господарств обробляють картопля) зосереджено 50% посівних площ і 87% загального валового виробництва картоплі в громадському секторі. Ці господарства є основними постачальниками товарної картоплі [2].

Ефективність картоплярства в значній мірі залежить від виробництва насінневої картоплі. До складових цього виробництва відносяться селекція, що створює генетичну основу насінництва - сорт, і пов'язане з нею розмноження насінневого матеріалу. Сорт багато в чому визначає урожай, як правило, нові сорти перевершують старі по врожайності. Дослідженнями і практикою встановлена висока ефективність сортозміни: прибавка врожаю складає від 10 до 30% в порівнянні зі старими сортами [37]. Однак картопля - сама енергоємна сільськогосподарська культура, в даний час виробництво картоплі характеризується високою трудомісткістю. Близько 500 людино-годин витрачається на обробку 1 га картоплі, причому від 40 до 60% з них припадає на прибирання. Нестача робочих в цей період призводить до розтягування строків виконання робіт, що відбивається на втрати врожаю в межах 20% і більше. У той же час розроблені і випробувані у виробничих умовах інтенсивні технології виробництва картоплі забезпечують гарантоване отримання врожайності культури на рівні від 200 до 250 ц/га з витратами праці від 0.8 до 1 людино-годин на 1 ц. продукції. [2]

Таким чином, сучасна технологія виробництва картоплі – це високоякісний насінневий матеріал найбільш продуктивних сортів, сучасна техніка (система машин), оптимальні дози добрив, ефективні гербіциди й засоби захисту рослин

від шкідників і хвороб, досконалі форми організації та оплати праці, тобто комплексне застосування всіх елементів і факторів виробництва.

Різні сорти картоплі, крім врожайності, в різній мірі володіють такими успадкованими ознаками, як вихід крохмалю, тривалість вегетації, стійкість до хвороб, шкідників, несприятливих факторів середовища і т.д. А в зв'язку з удосконалюються прийомами і способами вирощування і збирання, а також тривалого зберігання картоплі до нових сортів пред'являються додаткові вимоги. Так, зростаючий питома вага механічних пошкоджень бульб при збиранні, закладці на зберігання і транспортування визначила необхідність вести селекцію на підвищену стійкість картоплі до механічних навантажень [7].

У зв'язку з цим у нас в країні і за кордоном вивчаються і розробляються методики і засоби для визначення придатності сортів до механізованого збирання. Для оцінки дійсної стійкості до механічних пошкоджень найкраще проводити звичайне збирання з використанням стандартних збиральних машин і операцій і з використанням великих партій бульб. Але такий метод не можна застосовувати безпосередньо під час виведення нових сортів, він можливий тільки на останній стадії селекційного процесу - перед передачею сорту на державні випробування. Тому необхідні методики і технічні засоби, що дозволяють в ході селекційного процесу оцінювати селекційний матеріал на стійкість до механічних пошкоджень, ще на ранніх етапах виведення, коли є наявності невелика кількість бульб.

Незважаючи на наявність і різноманітність існуючих методів оцінки невеликих партій бульб, всі вони спрямовані в основному на виявлення окремих факторів стійкості, до того ж, як зазначають дослідники, реакція сортів змінюється в залежності від методу випробування їх стійкості. А це означає, що випробування необхідно проводити методами та приладами, що найближче відтворюють умови, які відбуваються при звичайному комбайновому збиранні. Розробка методики та приладового комплексу задовольняють вище перерахованим умовам, дозволить вести спрямовану селекцію сортів, придатних

до механізованого збирання і створювати машини не пошкоджують бульби. В даний час не визначається фізіологічна зрілість бульб картоплі перед збиранням, що призводить часто до великих механічних пошкоджень їх при збиранні. Недостатньо розроблені методи розрахунків робочих органів машин і підбору матеріалів для їх виготовлення, що дозволяють знизити пошкоджуваність.

Мета і задачі дослідження. Дана магістерська робота присвячена теоретичним і експериментальним дослідженням процесу пошкодження бульб при механізованому обробітку картоплі з **метою**:

1. забезпечити розробку технічних засобів для оцінки стійкості до механічних пошкоджень як селекційного матеріалу, так і картоплі в умовах виробництва;

2. розробити методи інженерних розрахунків процесів взаємодії робочих органів сільськогосподарських машин з бульбами картоплі.

Відповідно до поставленої мети, **завданнями** цієї роботи є:

аналіз існуючих технічних засобів для оцінки механічних пошкоджень бульб і вибір принципової схеми пристрою, що дозволяє в лабораторних умовах вести оцінку механічної міцності бульб картоплі;

- розробка установки для оцінки стійкості м'якоті бульб до механічних пошкоджень на перших етапах селекційного процесу;

- розробка методики розрахунку параметрів робочих органів, які забезпечують безпеку бульб картоплі.

- визначення ефективності застосування запропонованих технічних засобів на прикладі оцінки стійкості бульб селекційної картоплі.

Об'єкт дослідження: процес взаємодії бульб картоплі з робочими органами сільськогосподарських машин

Предмет дослідження: закономірності зміни фізико-механічних та хімічних властивостей бульб в результаті взаємодії з робочими органами сільськогосподарських машин

Методи дослідження. Дослідження проведені з використанням загальнонаукових методів пізнання, прикладної фізики та механіки. Обробку експериментальних даних виконували за допомогою методів математичної статистики.

Перелік публікацій за темою роботи:

1. **Баб'як О. В.** Шляхи зменшення пошкодження бульб картоплі при прямому комбайнуванні. Збірник матеріалів і Всеукраїнської студентської науково-практичної конференції *«Теорія і практика сучасної науки очима молоді»* 26 березня 2020 року (проведено он-лайн 30 квітня 2020 року) м. Харків : ХНТУСГ ім. П. Василенка. С. 54

2. Савченко В. М., **Баб'як О. В.** Пошкодження бульб картоплі в процесі виконання технологічної операції збирання IX Міжнародна науково-технічна конференція *«Технічний прогрес у тваринництві та кормовиробництві»* (05-24 жовтня 2020 р.). [Електроний ресурс] – <http://animal-conf.inf.ua/conf.html>.

2. **Баб'як О. В.** Прилади й методи оцінки механічної міцності бульб картоплі. Збірник тез VI-ї всеукраїнської науково-практичної конференції *«Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь»* 9-10 квітня 2020 року. Житомир : ЖАТК. С. 190-193.

Практичне значення одержаних результатів. Розроблені методики, які дозволяють підбирати раціональне по жорсткості і товщині пружне покриття робочого органу і визначати гранично допустимі амплітудно-частотні характеристики коливань робочих органів, що взаємодіють з бульбами картоплі.

Структура та обсяг роботи. Кваліфікаційна робота складається з вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел з 14 найменувань. Загальний обсяг роботи становить 38 сторінок комп'ютерного тексту, містить 2 таблиці і 10 рисунків.

РОЗДІЛ 1

СТАН ПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

Вивченням фізико–механічних властивостей бульб картоплі в період його збирання і післязбиральної доробки займалися багато дослідників: В.П. Горячкін, М.Е. Мацепуро, В.С. Мітрофанов, В.Н. Табачук, Р.М. Махароблідзе, А.І. Бжезовская, Фінней, Халь, Парку, Віліамс і інші.

Дослідженнями було встановлено, що в період збирання застосовуються конструкції машин пошкоджують близько 43% бульб. При цьому близько половини ушкоджень доводиться на картоплезбиральний комбайн. У той же час при транспортуванні і закладці на зберігання також пошкоджується значна кількість бульб. Механічні пошкодження бульб призводять до значних втрат бульб при зберіганні (до 20%), до таких висновків прийшли: І.Л.Волкінд, А.С.Лобанова, Ю.В.Волосов, В.П. Жіглевіч, М.А.Мосін, П.Ф.Сокол, Burton, Hine, Nilson. Проблемами зменшення механічних пошкоджень бульб картоплі займалися: Е.А. Глухіх, Г.Д.Петров, С.А. Герасімов, О.А. Сафразбекян, Н.І. Верещагін і інші.

Механічні пошкодження бульб картоплі класифікуються багатьма дослідниками по різному. Так, деякі дослідники поділяють пошкодження на слабкі, середні і сильні в залежності від площі темної м'якоті або підрозділяють на зрізи, подряпини, здавлювання не враховуючи внутрішніх пошкоджень. Наприклад, М.А. Мосін і В.А. Толопілов [9] в НИИКХ розрізняли 10 видів пошкоджень бульб і при тому тільки зовнішніх. Семикин В.Т. [6] поділяв пошкодження тільки на дві групи: з обдертою шкіркою і з пошкодженою і потемнілою м'якоттю. Леппак [1] розділяє механічні пошкодження на три групи:

1 – виникають внаслідок ударів або тиску при збиранні та транспортуванні;

2 – чорні плями, що з'являються в глибині м'якоті як результат старіння і висихання бульб;

3 – зміни бульб при зберіганні під тиском верхніх шарів картоплі

А О.А. Сафразбекян [5] поділяв механічні пошкодження на шість видів зовнішніх і один вид внутрішніх пошкоджень:

1 – здерта шкірка з 1/4 по 1/2 поверхні;

2 – здерта шкірка з понад 1/2 поверхні;

3 – виривання м'якоті на глибину більше 5 мм;

4 – тріщини на поверхні довжиною більше 5 мм;

5 – розриви і надрізи;

6 – роздавлені бульби;

7 – потемніння м'якоті від удару на глибину більше 5 мм. Отже, можна відзначити, відсутність єдиної класифікації ушкоджень, що сприяє розбіжності в результатах досліджень при проведенні експериментів, так як різні самі оцінки пошкоджень бульб.

Пошкоджуваність бульб картоплі при механізованому прибиранні залежить від багатьох факторів. Це, перш за все, конструкція картоплезбиральних машин, матеріал, з якого виготовлені робочі органи машин і режими роботи. Не останню роль відіграють фізико-механічні властивості бульб, що залежать, в свою чергу, від сорту, агротехніки вирощування, структури ґрунту, кліматичних умов. Так, за результатами досліджень, оптимальна температура для збирання повинна бути від 10 до 16 °С [4]. Зниження температури на кожен градус нижче 10 °С дає приріст пошкоджень на 10% [5]. Різке збільшення пошкоджень бульб при температурі нижче 4 °С обумовлено підвищенням вмісту цукру в клітинах, внаслідок чого вони стають менш еластичними.

Як показали дослідження [5], зміни механічної пошкоджуваності бульб обумовлені факторами середовища складають від 20 до 22%, а зумовлені впливом сорту – від 52 до 56%. Таким чином, генотип має більше значення для стійкості до механічних пошкоджень, ніж фактори навколишнього середовища.

Стійкість бульб картоплі до механічних пошкоджень в залежності від сорту вивчалася багатьма дослідниками. Так, Мунцерт і Гунніус [7], які вивчали протягом дванадцяти років 133 сорти, прийшли до висновку, що особливо сприйнятлива до пошкоджень група середньо-пізніх. Аналогічно в нашій країні, в 1983 році [4], оцінювалася пошкоджуваність дванадцяти сортів різних груп стиглості, де було встановлено, що найбільша кількість пошкоджених бульб в групі пізньостиглих, а найменше – в групі ранньостиглих. Дослідженнями Мітруса [5] також встановлено, що пошкодження бульб значною мірою (до 40%) залежать від сорту. Подібних досліджень присвячені роботи [7].

В даний час найбільш придатними для механізованого прибирання є сорти, що володіють такими властивостями, як швидкий початковий ріст, швидке і одночасне в'янення бадилля, компактне розташування бульб і легке відділення їх від стolonів. Велику роль відіграє форма самих бульб, більш краща округло-овальна. Розмір бульб також має значення, так як великі бульби пошкоджуються сильніше, ніж дрібні. Таким чином, сортові особливості мають велике значення в зменшенні пошкоджуваності бульб при збиранні, а отже і в зменшенні втрат при тривалому зберіганні, тобто назріла необхідність у виведенні сортів, придатних до механізованого обробітку і збирання. При цьому важливу роль відіграє застосування найбільш достовірної оцінки стійкості бульб до механічних пошкоджень і до того ж на більш ранніх стадіях виведення.

Оцінка дійсної стійкості, як вважають селекціонери [4], можлива тільки при проведенні звичайного збирання (стандартні збиральні машини і операції) з використанням великої партії бульб. Однак такі досліди не можна проводити з молодими селекційними лініями, коли число бульб обмежена. Тому для виявлення окремих факторів стійкості до механічних пошкоджень були розроблені методи оцінки невеликих партій бульб.

Так, наприклад, В.І.Табачук [7] визначав коефіцієнт відновлення свіжовикопаних бульб, користуючись маятникових копром. Він визначив, що коефіцієнт відновлення при ударі у сорту "Калев" 0,55, у сорту "Берлихинген" –

0,6, а у сорту "Лорха" – 0,63. В.С.Мітрофанов [7] визначав величину руйнівного зусилля при статичному стисненні і прийшов до висновку, що вона залежить від розміру бульб і ступеня їх зрілості. У лабораторії агрофізики ВИСХОМ вивчали залежність міцності від швидкості прикладання навантаження [5].

А.А. Герасимов і О.А. Сафразбекян [2] застосовували методику оцінки пошкоджуваності на приладі динамічної міцності (ПДП), яка може бути придатна на ранніх етапах селекції. Задовільні результати були отримані в подібних експериментах зі скиданням з певної висоти сталевих циліндрів з бульбами [8].

П.В. Демірчієв [3] визначав такі показники, що характеризують стійкість бульб до механічного пошкодження, як коефіцієнт тертя, міцність шкірки, міцність м'якоті, пружні властивості.

В.Н.Кірсановой і В.П.Кайданом [9] був запропонований спеціальний прилад для динамічного дослідження бульб. В Англійському інституті механізації сільського господарства [8] застосовують німецький прилад пенетрометр. При цьому про стійкість судять по зусиллю, необхідному для проникнення голки пенетрометра в бульбу. Стійкість вважається тим нижче, чим менше зусилля для проникнення голки в верхній шар бульби. Однак вимірювання пенетрометром, як вважають інші дослідники [4], необґрунтовані при визначенні стійкості м'якоті до пошкоджень. В Англійському національному інституті сільськогосподарської техніки застосовують прилад для визначення стійкості шкірки до подряпин і два прилади для визначення стійкості м'якоті до пошкоджень при ударі.

У США застосовують прилад, що визначає стійкість шкірки до подряпин [3].

У Чехії і Польщі для лабораторної оцінки сортів застосовують пенетрометр.

У Німеччині поряд зі всілякими приладами по дослідженню чутливості бульб картоплі до механічних пошкоджень була розроблена установка

барабанного типу [9]. Але в даному випадку не вдалося отримати задовільних результатів щодо стійкості бульб до пошкоджень. У той же час деякі дослідники [7] вважають цей метод цілком прийнятним хоча б для поділу генотипів зі стабільною і нестабільною реакцією на зміни навколишнього середовища. Ступінь стійкості вони оцінювали за кількістю крохмалю, що вимивається з пошкоджених бульб.

Галл [9] запропонував для оцінки стійкості до пошкоджень на ранніх етапах селекційного процесу метод маятника. Але на думку Фукса [9] маятник не дає переконливих результатів. У той же час Вебер [7] вважає цей метод придатним для ранніх відборів. Грант і Ньюджес [1] вдосконалили апаратуру Галла, з'єднавши її з ПК, що дозволило вимірювати поглинену енергію і оцінювати стійкість до пошкоджень виходячи з стійкості клітинної стінки до розриву. Вимірювання енергії можна також проводити за допомогою методу продавлювання м'якоті бульби через перфоровану пластину [2].

Мейнл [4] застосовував два пристрої для вимірювання пружності при обертанні зразка з метою оцінки взаємозв'язку еластичності і маси бульби. Створено також прилад, який за допомогою спектральної дефектоскопії бульб дозволяє диференціювати одинадцять типів ушкоджень, включаючи ураження паразитами.

Литовські фахівці для визначення стійкості користуються приладом ОПТ-10, за допомогою якого визначають зусилля до продавлювання [5].

В Естонії, для цих цілей використовується ударний маятник Галла і виготовлена дослідна барабанна установка по типу такої, яка використовувалась в німеччині [6, 8].

У лабораторії механізації та збирання ЦНПМЕСХ була розроблена спеціальна установка для визначення чутливості бульб до ударної дії при прямому центральному ударі [8,9].

Таким чином, можна відзначити, що існує досить багато різноманітних методів і засобів для вивчення фізико-механічних властивостей бульб. На

раньому етапі розвитку досліджень пошкоджуваності бульб займалися М.Е. Мацепуро, В.С. Мітрофанов, Е.А. Глухих, В.Н.Т абачук, С.А. Комарова та інші. У наступні роки проводилися дослідження на більш високому рівні. Деякі з цих дослідників зупинилися на розробці простих і зручних в експлуатації приладів, а інші застосовували складні установки, переважно для динамічних досліджень із застосуванням тензометрії, електровимірювальної та іншої апаратури. Однак всі перераховані вище методи і засоби спрямовані на визначення окремих факторів стійкості та їх неможливо застосовувати для оцінки реальної стійкості бульб до механічних пошкоджень при збиранні картоплезбиральними машинами.

В даний час в Україні оцінка стійкості селекційної картоплі до механічних пошкоджень проводиться за методикою [6], що включає в себе: на першому етапі селекційного процесу – лабораторний метод оцінки пошкоджуваності на приладі ПДП, а на останньому – механізоване збирання в полі за допомогою "комбайнового тесту ". Але ця методика має ряд істотних недоліків. Це, перш за все, неможливість застосовувати "комбайновий тест" безпосередньо в ході селекційного процесу, а тільки на останньому його етапі, перед передачею сорту на державні випробування (точніше при основному і конкурсному сортовипробуванню). А метод оцінки пошкоджуваності на приладі ПДП дає можливість оцінювати стійкість тільки до одного з основних видів механічних пошкоджень – потемніння м'якоті.

У зв'язку з цим, виникає необхідність удосконалити існуючу методику оцінки стійкості до механічних пошкоджень. Потрібно застосування такої методики, яка дозволила б оцінювати селекційний матеріал на ранніх стадіях виведення (при наявності невеликої кількості бульб), а також характеризувало стійкість по відношенню до всіх видів механічних пошкоджено, які мають місце при звичайному комбайновому збиранні.

Однією з головних причин, що стримують широке застосування комплексної механізації збирання картоплі в даний, час, є пошкодження бульб.

Механічні пошкодження бульб обумовлюють низьку продуктивність картоплезбиральних комбайнів, а в окремих випадках роблять комбайнове збирання неможливим. Механічні пошкодження бульб картоплі, як зазначалося вище, залежать від цілого ряду чинників: сортових особливостей, часу початку масового збирання картоплі та біологічної зрілості бульб, фізико-механічних властивостей ґрунту, рівня агротехніки, конструкції збиральних машин і т.д.

Взагалі, стійкість до механічних пошкоджень контролюється цілою низкою фізичних факторів і крім того, вплив кожного з них у різних сортів різний. Це говорить про наявність сортотипової структури комплексу, відповідального за кінцеву загальну стійкість.

Оскільки головний фактор стійкості обраної батьківської форми, як правило, з'ясований не до кінця, вести спрямовану селекцію дуже важко. Але деякі дослідники, зокрема Умаерус [6], прийшли до висновку, що реакція сорту картоплі змінюється в залежності від методу випробування їх стійкості. Тому напрошується висновок, що для виявлення справжньої стійкості необхідно проводити випробування методами найбільш близькими до відтворення реальних умов механізованого збирання, тобто відтворення тих видів, характеру і параметрів навантажень на бульби, які мають місце при проходженні бульб по робочим органам картоплезбиральних комбайнів. А оскільки всі картоплезбиральні комбайни зараз мають в основному однотипні робочі органи, то зупинимося на розгляді самих У 2012-2014 роках в ІМЕСХ були проведені дослідження пошкоджуваності бульб окремими робочими органами комбайна ККУ-2А. Дослідження проводилися в Київській і Чернігівській областях. У кожному з дослідів визначення пошкоджень бульб проводилися шляхом відбору проб на зупинках комбайна з кожного робочого органу послідовно. Бульби відбиралися невеликими партіями по 8 -10 штук після кожної зупинки. Регулювання комбайна в процесі відбору не проводилися. Недоліком даного способу стало неможливість взяття проб безпосередньо після сходу бульб з ряду робочих органів (наприклад, з балонів-грудодавачів). Дослідження показали, що

відсоток пошкоджень бульб у всіх дослідах набагато перевищував допустимі агротехнічні межі. Виявилося, що велика кількість пошкоджень (69,4%) припадає на внутрішні пошкодження (потемніння м'якоті) глибиною до 5 мм [3].

Крім того, ці дослідження підтверджують, що при ранньому збирання незрілі бульби більш схильні до обдирання шкірки, але в той же час м'якоть бульб більш пружна і менш схильна до тріщин і потемніння. При температурі 0 °С в ґрунті картопля була дуже схильний до пошкоджень, особливо до утворення тріщин і внутрішніх пошкоджень м'якоті. Це узгоджується з даними інших дослідників [3], що свідчать про те, що при зниженні температури пошкодження при збиранні машинами збільшуються. З'ясувалося також, що за умов підвищеної вологості, коли робочі органи комбайна покриті шаром налиплого ґрунту, що грає роль буфера, пошкодження бульб знижуються до мінімуму. З аналізу даних досліджень випливає висновок, що такі пошкодження, як потемніння м'якоті виникають насамперед у результаті перепадів з одного робочого органу на інший. Так, найбільший відсоток ушкоджень (до 12%) [3] дає перепад з завантажувального транспортера в приймальний бункер, тобто там, де має місце найбільша висота падіння і майже немає ґрунту.

Як з'ясувалося, при збиранні пошкоджується в середньому 40% бульб по масі [3]. Якщо прийняти загальну кількість пошкоджень за 100%, то з цього випливає, що тільки на перепадах пошкоджується 67,5%, а на перепадах і сепаруючих органах разом пошкоджується вже 95% бульб (рис. 1.1) [5].

Отже, можна зробити висновок, що пристрій для оцінки пошкоженості бульб картоплезбиральними комбайнами має перш за все імітувати перепад з одного робочого органу на інший, а також вплив на бульби сепаруючих робочих органів.

В даний час багато господарств вирощують картоплю за інтенсивною технологією. При цьому особливого значення набуває впровадження нових сортів картоплі з комплексною стійкістю до основних хвороб і шкідників, придатних до механізованого обробітку і тривалому зберіганню.



Рис. 1.1. Пошкоджуваність бульб картоплі робочими органами картоплезбирального комбайна (% від загальної кількості пошкоджень по вазі)

Перед селекціонерами поставлена задача створити інтенсивні сорти картоплі з різними термінами дозрівання, що відповідають вимогам зон і механізованої технології вирощування і збирання.

Для успішного прискореного виведення нових сортів картоплі, придатних для механізованого вирощування і збирання необхідно застосовувати спеціальну методику оцінки стійкості до механічних пошкоджень невеликих партій бульб.

Висновки по розділу 1

Дана магістерська робота присвячена теоретичним і експериментальним дослідженням процесу пошкодження бульб при механізованому обробітку картоплі з метою:

1. забезпечити розробку технічних засобів для оцінки стійкості до механічних пошкоджень як селекційного матеріалу, так і картоплі в умовах виробництва;

2. розробити методи інженерних розрахунків процесів взаємодії робочих органів сільськогосподарських машин з бульбами картоплі.

Відповідно до поставленої мети, завданнями цієї роботи є:

- теоретичні дослідження з метою виявлення основних механічних властивостей, що визначають стійкість бульби до механічних пошкоджень;
- теоретичні дослідження впливу параметрів ударних процесів на пошкоджуваність бульб картоплі;
- аналіз існуючих технічних засобів для оцінки механічних пошкоджень бульб і вибір принципової схеми пристрою, що дозволяє в лабораторних умовах вести оцінку механічної міцності бульб картоплі;
- розробка установки для оцінки стійкості м'якоті бульб до механічних пошкоджень на перших етапах селекційного процесу;
- розробка методики розрахунку параметрів робочих органів, які забезпечують безпеку бульб картоплі.
- визначення ефективності застосування запропонованих технічних засобів на прикладі оцінки стійкості бульб селекційної картоплі.

РОЗДІЛ 2

ПРИЛАДИ Й МЕТОДИ ОЦІНКИ МЕХАНІЧНОЇ МІЦНОСТІ БУЛЬБ КАРТОПЛІ

В основу селекції картоплі входить отримання гібридних популяцій і відбір серед них найбільш продуктивних гібридів з комплексом цінних ознак (обов'язкових і окремих додаткових). До числа обов'язкових ознак належать: висока врожайність; округла і округло-овальна форма бульб; поверхневі або дрібні оченята; стійкість до раку; середня ступінь стійкості до фітофторозу, вірусних хвороб, бактеріальним гнилей та парші; придатність до механізованого збирання; хороша лежкість. До додаткових ознак належать також: стійкість до нематоди, висока стійкість до вірусів, фітофторозу, спеці, посухи та перезволоження, підвищений вміст крохмалю, білка та інші ознаки. Процес селекції картоплі складається з трьох основних етапів: підбору батьківських пар, гібридизації та відбору. Після відбору подальше розмноження відібраних гібридів здійснюється вегетативно. Схема селекції картоплі представлена в таблиці 2.1 [6].

У більшості науково-дослідних установ прийнята восьмирічна схема селекційного процесу, проте послідовність оцінок за різними ознаками, представлена в таблиці 2.1, може змінюватися в залежності від напрямку селекційної роботи. Гібриди, особливо виділяються по господарсько-цінними ознаками, з четвертого року випробувань піддаються відбору в спеціальних розплідниках, а з п'ятого року залучаються до підтримуючу селекцію з метою їх швидшого розмноження. З метою прискореного розмноження і оцінки в більш короткі терміни застосовують розмноження живцями, відводками і четвертинками бульб. Кращі гібриди за результатами трирічного конкурсного випробування передають в Держсорт. Перелік контрольованих параметрів в селекції картоплі представлений в таблиці 2.2 [6].

Таблиця 2.1 – Схема селекції картоплі

Ознаки, за якими ведеться візуальний відбір і оцінка гібридів	Розплідник	Ознаки, за якими ведеться
Підбір вихідного матеріалу		
Схрещування		
Негативний відбір (вибраковка гібридів з явно негативними признаками)	Сіянци (одна рослина)	Штучне зараження сіянців спеціально відібраних комбінацій для оцінки на стійкість до фітофторозу, вірусам Х і У
Враження вірусами за зовнішніми симптомами, часу дозрівання, компактність гнізда, довжина столонів, форма бульби, глибина «очей», урожайність, ураженість паршею, стійкість до фітофторозу	Одно-бульбові рослини	Оцінка комбінацій по стійкості до фітофторозу, механічним пошкодженням та іншим ознакам
Враження вірусами за зовнішніми симптомами, стійкість до фітофторозу (в полі), час дозрівання, урожайність. Ураження пашнею, бактеріальними гнилями і іншими хворобами (в полі), схильність до проростання бульб	Гібриди другої бульбової репродукції (10-20 рослин)	Серологічна перевірка на віруси в скритій формі, визначення крохмалю, білка
Враження вірусами, фітофтороз та іншими хворобами (в полі), урожайність в порівнянні зі стандартними сортами	Попереднє дослідження (120 рослин)	Оцінка польової стійкості листя до фітофторозу шляхом штучного зараження суспензій зооспор раси 1.2.3.4. Визначення крохмалю, білка та смакових якостей
Оцінка по тим же ознакам і екологічні дослідження	Основні дослідження (480 рослин)	Оцінка польової стійкості листя і бульб до фітофторозу, стійкість до кільцевої гнилі визначення крохмалю, білка та дегустація
Оцінка гібридам по тим же ознакам і здатність до зберігання	Конкурсне випробування першого року (800 рослин)	Оцінка по тим же признакам, лабораторна оцінка по стійкості до механічних пошкоджень, до парші та ризоктоніозу
Оцінка гібридам по тим же ознакам	Конкурсне випробування другого року (800 рослин)	Оцінка по тим же признакам, визначення К-генів
Оцінка гібридів по тим же ознакам, опис гібрида за морфологічними признаками, виробничі випробування	Конкурсне випробування другого року (800 рослин)	Повторне визначення К-генів, облік вилежування в період зимнього зберігання після звичайного механізованого збирання
	Державні випробування	

Таблиця 2.2 – Перелік контрольованих параметрів в селекції картоплі

№	Найменування параметрів	Одиниці вимірювання	Діапазон вимірювання	Абсолютна похибка вимірювання	Частота збирання
Контроль бульб					
1	Маса	г	5-500	1	Після збирання
2	Довжина	мм	15-220	1	Після збирання
3	Ширина	мм	10-200	1	Після збирання
4	Товщина	мм	5-180	1	Після збирання
5	Коефіцієнт форми	мм	1,0-1,7	0.1	Після збирання
6	Щільність				
7	Статична міцність	Н	300-1500	10	Після збирання
8	Коефіцієнт пружності	%	5-30	0,1	Після збирання
9	Опір на прокол	мм	3-20	0,1	Після збирання
10	Пошкодження при ударі	мм	0-20	0,1	Після збирання
11	Міцність з'єднання шкірки з м'якоттю	Н/см ²	5-50	0,1	Після збирання
12	Динамічна твердість	Кількість ударів	10-20	0,1	Після збирання
13	Статична твердість	Н/см ³	20-100	0,5	Після збирання
14	Стійкість до виривання	Н/см ³	50-500	1	Після збирання
15	Опір на розрив	Н/см ²	10-100	0,1	Після збирання
16	Деформація	мм	1-10	0,01	Після збирання

Як ми вже відзначали в першому розділі, існує безліч приладів і методів для досліджень механічних характеристик бульб картоплі. Зупинимося на розгляді деяких з них. Так, статичну міцність бульб визначають за допомогою

динамометрів, різних конструкцій: пружинним динамометром, динамометром-роботоміром, масляним динамометром і т.д. Визначають також міцність з'єднання шкірки з м'якоттю бульб за допомогою приладу ПКК-1. Вивчення міцності бульб в статичних умовах дає значно менше розсіювання точок на діаграмах в порівнянні з дослідженнями в динамічних умовах. Однак дослідження в динамічних умовах ближче відповідають умовам роботи різних картоплезбиральних машин, тому більшу увагу будемо приділяти таким приладам.

Так є маятниковий копер (рис. 2.1), який дозволяє досліджувати динамічну міцність бульб при ударних навантаженнях і визначати роботу, затрачену на руйнування.



Рис. 2.1. Маятниковий копер

Копер дозволяє вивчати такі деформації: розчавлювання бульб, деформації зламу і вигину. Він влаштований таким чином. На металевому столі укріплена труба. До верхньої частини труби прикріплена головка з пальцем, який є віссю підвісу маятника, посаженого на кулькових підшипниках. Головку можна пересувати по трубі вгору і вниз. На палець надіта з деяким тертям стрілка, що дозволяє відраховувати за шкалою кут підйому маятника. На цьому ж пальці є пристосування, яке дає можливість встановлювати маятник для кидання під кутом в 30, 60, 90 і 120 градусів. На металевому столі, до якого прикріплена труба, перпендикулярно до площини хитання маятника встановлено зажим, що

дозволяє здійснювати поперечний розрив або зріз бульби. Для визначення величини роботи, витраченої на розрив, є набір змінних маятників і бойків різної ваги

Робота, що витрачається маро зрив (злом) зразка виражається через константи маятника і величину його кутів зльоту:

Холостого і робочого (рис. 2.2.)

$$A = G \times r(\cos\alpha - \cos\beta) \quad (2.2)$$

де A – робота, затрачена маятником на руйнування зразка;

G – вага маятника;

r – радіус обертання центра ваги маятника;

α – кут робочого зльоту маятника;

β – кут холостого зльоту маятника.

Швидкість маятника в момент удару:

$$v = \sqrt{2 \times g \times h} \quad (2.3)$$

де: g – прискорення вільного падіння;

h – висота падіння центру ваги маятника.

Швидкість удару, в залежності від кута кидання маятника, коливається в межах від 2,5 до 5,5 м/с і визначається за формулою:

$$v = \sqrt{2 \times g \times r \times (1 - \cos\gamma)} \quad (2.4)$$

де γ – кут кидання.

Крім маятничого копра в НПКХ за сприяння А.А.Герасимова і Е.А. Глухих був свого часу сконструйований і виготовлений прилад для визначення динамічної міцності бульби ДПК-1 (рис.2.2) [4].

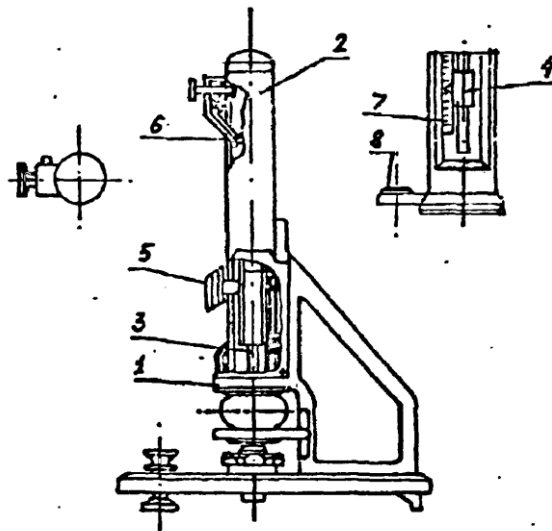


Рис. 2.2. Прилад ДПК-1

Прилад має столик 1 для випробовуваного бульби, Над ним розташований вертикальний циліндр 2, всередині якого переміщається бойок з ударників 3, з покажчиком 4, з ручкою 5 і упором 6, жорстко закріплена з циліндром шкала 7 і рівень і рівень 8.

Прилад укомплектований двома змінними ударниками 3, нижній напівшар одного з них має діаметр 20 мм, інший – 10 мм. Для визначення коефіцієнта відновлення і потемніння м'якоті бульби зазвичай використовується ударник з діаметром напівкулі 20 мм, а для глибини проколу бульби – ударник діаметром 10 мм. Перед роботою циліндр 2 по рівню 8 встановлюють у вертикальному положенні. Потім на столик 1 встановлюють бульба і обертанням гайки поєднують покажчик ударника з нульовим значенням шкали 7. Потім за ручку піднімають ударник 3 на потрібну висоту і замикають його упором 6. Висота відскоку бойка від бульби або глибина проколу фіксується за шкалою 7. Визначення стійкості бульб до потемніння м'якоті проводиться після удару по бульбі стандартним бойком при скиданні стандартного вантажу з певної висоти і подальшого десятиденного зберігання [24].

Крім перерахованих приладів і методів існує ряд методів досліджень із застосуванням більш складних приладів. Так, певний інтерес представляє метод дослідження пошкоджуваності бульб В.А. Мацепуро і В.Н. Кірсановой [2]. Цей

метод враховує спільну дію статичних і динамічних навантажень і багаторазовість їх прикладання, визначаючи критерій пошкоджуваності. Ударна установка [9], що застосовується при цьому, складається з ударного механізму 1 пружинного дії, плити 2 з пристосуванням для жорсткого кріплення зразків і механізму вільного кріплення бульби 3, змонтованих на загальній плиті-основі 4, пристрою для динамічного тарировання датчиків вимірювання ударного зусилля і прискорення ударника. Ударний механізм пружинного дії складається з направляючого циліндра, пружини і ударника, в носовій частині якого кріплять різні за масою і формою змінні бойки. Для зміни маси ударника передбачені спеціальні вантажі.

При експериментальних дослідженнях в даному випадку заміряють ударне зусилля, час зіткнення і швидкість удару. Однак цей метод відрізняється певною складністю і, головне, не відображає реальної пошкоджуваності бульб при збиранні картоплезбиральними машинами, так як досліджує бульби при різноманітних навантаженнях, але не має зв'язку з реальними процесами руху бульб в реальній машині. Тому цей метод неприйнятний для оцінки нових сортів і гібридів на стійкість до механічних пошкоджень, хоча може застосовуватися для вивчення фізико-механічних властивостей бульб. Маятниковий копер (рис. 2.1) також мало придатний для оцінки стійкості селекційного матеріалу до механічних пошкоджень, так як на ньому створюються навантаження, що діють на злам, (розрив) бульби, тоді як в дійсності такі навантаження рідко зустрічаються при збиранні машинами. В даний час в нашій країні випробування бульб селекційного картоплі на стійкість до механічних пошкоджень рекомендують проводити щорічно, починаючи з розплідника гібридів другого року. На першому етапі селекційного процесу рекомендується застосовувати лабораторний метод оцінки, на останньому - механізоване збирання в полі за допомогою "комбайнового тесту" [56]. У лабораторних умовах використовують методику оцінки пошкоджуваності бульб на приладі динамічної міцності ГЦЩ (аналогічному ДПК-1) (рис. 2.2). Вперше опис методу було зроблено А.А.

Герасімовим і О.А. Сафразбекяном в 1973 році. Принцип роботи на приладі наступний: бульбу укладають на столик, який піднімають обертанням гайки, і бульбу притискають до нижньої частини циліндра. Потім ударник піднімають на необхідну висоту і закріплюють затискачем. При натисканні на замок бойок вдаряє по бульбі. Бойок масою 100 г і діаметром 200 мм скидають з висоти 25 см. Місце контакту бульби з бойком обводять хімічним олівцем. Потім випробувані бульби закладають на 10-денний зберігання при кімнатній температурі. Після закінчення цього терміну досліджують ступінь потемніння, для чого від бульби відсікають сегмент з плямою контакту товщиною від 0,6 до 1,0 см і розрізають на часточки завтовшки від 2 до 3 мм. Часточки переглядають і відзначають потемніння м'якоті, застосовуючи наступну шкалу оцінки: 1 бал – потемніння відсутні; 3 бали – потемніння глибиною до 3 мм; 5 балів – потемніння глибиною понад 3 мм. Мінімальний об'єм проби становить 20 бульб. Для отримання більш точних даних число бульб в пробі збільшують до 50.

Оцінку ж стійкості бульб картоплі до механічних пошкоджень методом "комбайнового тесту" проводять для гібридів основного і конкурсного випробувань. Збирання гібридів рекомендують проводити комбайном і картоплекопачем КСТ-1,4, який найбільш сильно пошкоджує бульби. Довжина двохрядної ділянки повинна бути не менше 35-40 м, щоб забезпечити нормальний робочий процес. При більшій площі ділянки або на ділянці розмноження збирання та оцінку можна проводити комбайнами.

Бадилля скошують в день збирання або напередодні. При збиранні з кожного варіанту відбирають по дві проби бульб в двократній повторності до 50 бульб в кожній (всього 4 проби). Проби для оцінки відбирають, відступивши від кордонів ділянки на 5 м, уникаючи при цьому скупченості бульб і залишків гички. Бульби масою менше 30 г, а також уражені фітофторозом виключають. Відібрані проби розбирають безпосередньо в полі або в сховищі, в останньому випадку перевезення повинні бути однаковими. У день збирання враховують зовнішні пошкодження. Потім всі бульби закладають в сховище при температурі

16 - 8 °С. Після десятиденного зберігання бульби розрізають перпендикулярно поздовжньої осі на часточки завтовшки від 2 до 3 мм. Часточки розглядають і відзначають потемніння м'якоті на глибину менше 3 мм, від 3,0 до 4,9 мм, від 5,0 до 7,0 мм і більше 7 мм. Якщо на бульбі кілька однотипних ушкоджень, то враховують кожне з них. За результатами обліку обчислюють відсоток пошкоджених бульб, в тому числі за видами механічних пошкоджень. За результатами оцінки виділяють гібриди, що перевершують по стійкості до механічних пошкоджень стандартні сорти.

Але, як зазначалося вже в попередньому розділі, "комбайновий тест" можливий тільки перед передачею гібридів на державні випробування (при основному і конкурсному випробуваннях), тобто в кінці селекційного процесу. Застосування ж приладу ПДП оцінює тільки стійкість до потемніння м'якоті і при цьому необхідно мати не менше 50 бульб (в крайньому випадку не менше 20 бульб). Тому буде доцільним застосування поряд з "комбайнових тестом", але на ранніх етапах виведення, пристрій, що моделює робочий процес картоплезбирального комбайна, а також поряд із застосуванням приладу ПДП для визначення стійкості до потемніння м'якоті бульб необхідно застосовувати пристрій, що дозволяє визначати межу міцності і модуль пружності м'якоті бульб (зразків, вирізаних з бульб) на ще більш ранніх стадіях виведення (при наявності менше 20 бульб селекційного матеріалу).

У 1988 - 1990 роках в ІМЕСХ були проведені господарські випробування, раніше розробленого імітатора пошкодження бульб) [6]. Він призначений для оцінки стійкості бульб селекційного картоплі до механічних пошкоджень на третьому-четвертому роках селекційного процесу. Крім того була вдосконалена установка маятникового типу для дослідження міцності і пружності зразків м'якоті бульб при динамічних навантаженнях.

Висновки по другому розділі

1. Визначення міцності м'якоті бульб картоплі при дії динамічних навантажень має виключно важливе значення як в селекції, так і при його виробництві.

2. Вплив сортових особливостей на міцність м'якоті бульб становить від 52 до 56%, а вплив факторів середовища – від 20 до 22%.

3. На міцність м'якоті картоплі впливають вид і доза внесених мінеральних добрив.

4. Для оцінки міцності м'якоті бульб на початкових стадіях селекційного процесу необхідно застосовувати методи випробувань, які відтворюють умови удару, що мають місце в комбайні.

5. Приладовий комплекс і методи розрахунків, які використовуються для оцінки міцності м'якоті бульб, повинні перш за все моделювати перепади і роботу сепаруючих робочих органів збирального комбайна.

6. У початковій стадії селекційного процесу (при наявності менше 20 бульб селекційного матеріалу) для оцінки міцності м'якоті бульб слід визначати межу міцності і модуль пружності м'якоті. Для цього випробовуються зразки з м'якоті або в бульби впроваджуються циліндричні наконечники.

РОЗДІЛ 3

РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Для вибору моделі відбиває пружні і в'язкі властивості м'якоті бульб необхідно досліджувати процес деформації зразків в умовах постійного напруженого стану - процес плинності і процес релаксації - падіння напруги при постійній за величиною відносної деформації. З цією метою нами були проведені випробування зразків вирізаних з бульб картоплі Невський. Зразок вирізував спеціальним пристосуванням (рис.3.1). При цьому виходив циліндричний зразок діаметром 19 мм і висотою від 10 до 15 мм.

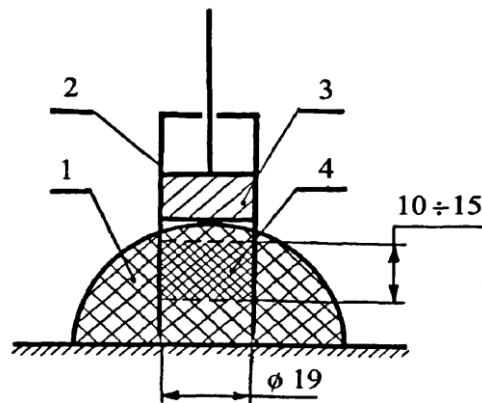


Рис. 3.1. Схема вирізання циліндричного зразка з бульби.

Циліндричні зразки деформувалися на приладі МП-100 (машина для випробування пружин) (рис. 3.2).

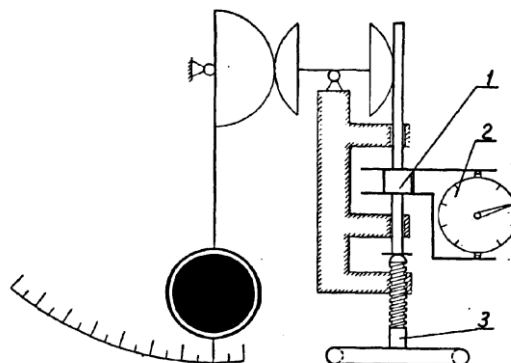


Рис. 3.2. Схема машини для випробування пружин, пристосована для випробування зразків з бульб картоплі.

Зразок 1 встановлювався на регульовану по висоті підставку і навантажувався пуансоном 3 приладу. Деформація визначалася за показниками індикаторної головки 2, укріпленої в пристосуванні, а величина зусилля стиснення – за шкалою приладу. Точність вимірювання приладу МИП-100 була 2 Н, індикаторної головки – 0,01 мм. При обробці експериментальних даних, визначаючи напруження, враховувалося зміна площі поперечного перерізу зразка з ростом величини деформації. При цьому ми брали допущення, що обсяг зразка, що деформується залишається постійним, оскільки він складається в основному з рідких і твердих речовин, які практично нестискаються, вміст же газоподібних речовин незначний.

Результати дослідження процесів плинності і релаксації зразків, вирізаних з м'якоті бульб картоплі Невський представлені на рис. 3.3.

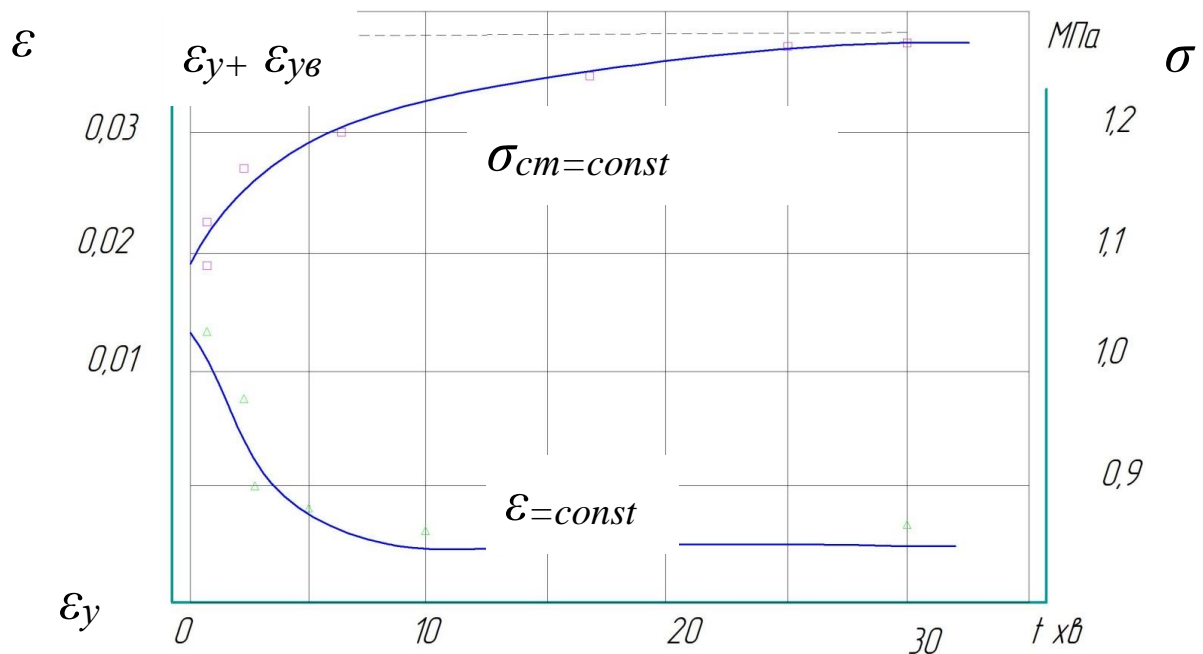


Рис. 3.3. Результати дослідження процесів плинності і релаксації зразків, вирізаних з бульб картоплі сорту "Невський".

Аналіз цих результатів і характер їх протікання вказують на те, що м'якоть бульб володіє як пружними, так і пружно-в'язкими властивостями. Подібне протікання процесів характерно для тіл деформації яких описуються моделлю тіла Зинера. Модель складається з пружної частини і пружно-в'язкої частини з'єднаних послідовно.

Визначення міцності, жорсткості і в'язкості м'якоті бульб картоплі при дії статично прикладених навантажень проводилося нами також на машині для випробування пружин МІП-100 (рис. 3.4).



Рис. 3.4. Прилад МІП-100

На рисунку 4.7 дана також залежність межі міцності від швидкості відносної деформації, побудована за експериментальними даними.

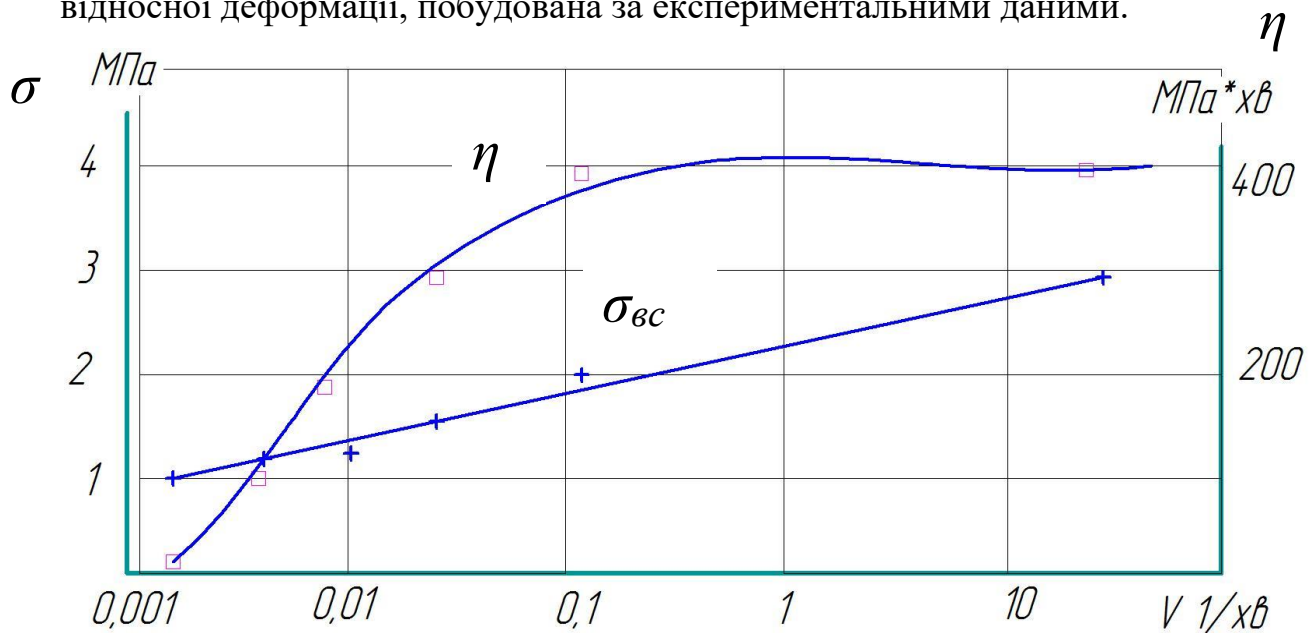


Рис. 3.5 Залежність коефіцієнта в'язкості від межі міцності картоплі сорту «Невський»

Аналіз вказує на те, що в залежності від швидкості деформації тимчасовий опір стиску (межа міцності) коливається в межах від 1 МПа до 3 МПа.

Дослідження міцності м'якоті і бульб картоплі при ударі проводилося нами на установці маятникового типу. Програма лабораторних досліджень включала в себе проведення експериментів на спеціально розробленій установці з метою визначення:

- 1) проміжку часу, протягом якого відбувається руйнування тканин м'якоті бульб при динамічних навантаженнях;
- 2) міцності властивостей (межі міцності) м'якоті бульб при динамічних навантаженнях, а також вплив періоду зимового зберігання на міцність;
- 3) пружних властивостей (модуля пружності) м'якоті бульб в період масового збирання картоплі при динамічних навантаженнях, а також після зимового зберігання.

Методика проведення експериментів була наступна. З бульб вирізалися зразки м'якоті циліндричної форми за допомогою спеціальних пристосувань – шаблонів різного діаметру: 14 мм, 17 мм, 20 мм.

Зразки різного діаметру і висоти піддавалися руйнуванню при динамічних навантаженнях, створюваних установкою. У момент руйнування зразка маятником на осцілограмме фіксувалися такі параметри: максимальна сила руйнування, імпульс сили і час, витрачений на руйнування. Маятник після руйнування зразка фіксувався спеціальним пристосуванням. Стрілка 2 потенціометра за шкалою 1 фіксувала кут підйому маятника в холостому режимі і при руйнуванні зразка. Повторність дослідів із зразками кожного діаметра і висоти була прийнята нами 20-кратною, що забезпечувало середню похибку дослідів в межах 4,5%.

При дії багаторазово повторюваних ударів міцність м'якоті знижується. Нами був проведений експеримент на копрі маятникового типу (рис. 3.6).

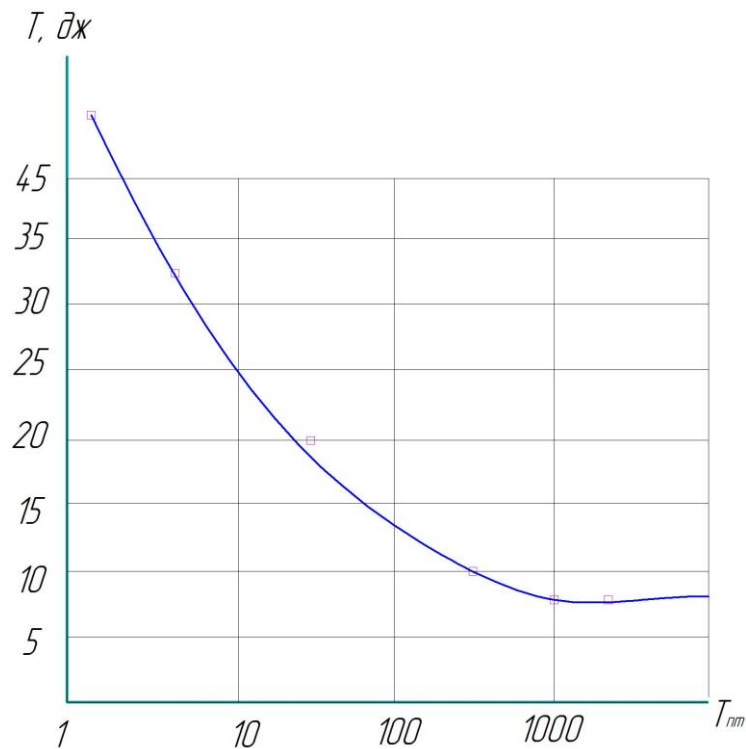


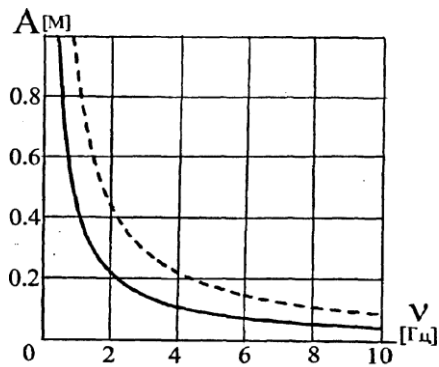
Рис. 3.6. Залежність енергії удару, що приводить до початку проникнення штамп в бульбу від кількості ударів.

При різній кінетичній енергії визначалося кількість ударів, що викликають початок проникнення циліндричного пуансона діаметром 19мм в м'якоть бульби.

Випробовувалися бульби картоплі сорту "Невський". Результати представлені у вигляді графіка рис. 3.6.

З отриманих результатів видно, що гранично - допустима енергія кожного удару змінюється в 8 разів при зміні числа ударів від одного до тисячі. Використовуючи ці дані і допустиму висоту падіння бульб на соснову дошку визначаємо допустимі амплітудо-частотні характеристики коливань транспортних засобів.

При внутрішньогосподарських перевезеннях число окремих ударів беремо близько 100, тому допустиму висоту скидання знижуємо в $N_1=5$ разів. При тривалих перевезеннях число ударних впливів понад 1000, тому $N_2=8$. Беручи допустиму висоту падіння 0,2 м, ми отримали допустимі амплітудно-частотні характеристики коливань транспортних засобів, представлені на рис. 3.7.



----- внутрішньогосподарські перевезення
 _____ міжміські перевезення.

Рис. 3.7. Допустимі амплітудно-частотні характеристики коливань транспортних засобів

Висновки по 3 розділу

Пошкоджуваність клітин м'якоті бульб картоплі відбувається при досягненні певної величини відносної деформації (близько 0,09), і не залежить від швидкості відносної деформації.

М'якоть бульб по різному працює на розтягування і стиснення, так при статичному навантаженні у сорту "Невський" межа міцності при розтягуванні 1 МПа, при стисненні 2 МПа при зрізі 0,64 МПа.

При ударних процесах працює тільки пружна частина моделі, при цьому у сорту "Невський" модуль пружності дорівнює 45 МПа, а міцність 3 МПа.

Гранично – допустима енергія кожного удару змінюється в 8 разів при зміні числа ударів від одного до тисячі. Це використано нами при розрахунку граничних амплітудно-частотних характеристик коливань робочих органів.

Результати експериментів і розроблена нами методика дозволяють підбирати пружні покриття робочих органів забезпечують механічне збереження бульб.

ВИСНОВКИ

На підставі проведених теоретичних та експериментальних досліджень можна зробити наступні основні висновки:

1. При розрахунках напружень і деформацій в бульбах картоплі м'якоть вважаємо однорідним суцільним середовищем. Модель м'якоті складається з пружної і пружно-в'язкої частин, з'єднаних послідовно.

2. Межа міцності, модуль пружності і коефіцієнт в'язкості м'якоті бульб залежать від швидкості відносної деформації. Руйнування відбувається при досягненні відносної деформації 0,08.

3. Розрахунок міцності бульб при складному напруженому стані необхідно проводити за допомогою феноменологічної теорії міцності Мора, що враховує різну міцність м'якоті бульб при розтягуванні і стисненні. У сорту "Невський" при ударі межа міцності стиснення 3 МПа, а розтягування – 1,6 МПа.

4. При ударі працює тільки пружна частина моделі. Модуль пружності у сорту "Невський" склав, в середньому, 45,6 МПа, а межа міцності – 3 МПа. У сорту "Пригожий" – відповідно: 20,3 МПа і 1,4 МПа.

5. Зіткнення бульб з робочими органами призводить до поширення хвиль пружних деформацій зі швидкістю 200 м/с. При швидкостях зіткнення від 9 до 13 м/с м'якоть пошкоджується незалежно від сили удару. Це необхідно враховувати при подрібненні бульб.

6. Розроблені методики дозволяють підбирати раціональне по жорсткості і товщині пружне покриття робочого органу і визначати гранично допустимі амплітудно-частотні характеристики коливань робочих органів, що взаємодіють з бульбами картоплі.

7. Межа міцності і модуль пружності м'якоті рекомендується визначати шляхом проникнення циліндричного наконечника в бульби картоплі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Адлер Ю.П. Введение в планирование эксперимента. Москва : Металлургия, 1969. 159с.
2. Адлер Ю. П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. - М.: Наука, 1976. – 279с.
3. Борычев С. Н. Машинные технологии уборки картофеля с использованием совершенствованных копателей, копателей-погрузчиков, и комбайнов: автореф. дисс. на соискание научн. степени д-ра техн. наук: спец. 05.20.01 - „Технологии и средства механизации сельского хозяйства" С.Н. Борычев - Рязань, 2008.
4. Бжезовская А. И. Исследования влияния физико - механических свойств клубней картофеля на повреждаемость их при ударе. Тр. Центр. НИИ мех. и электр.с.х.Н.З.СССР. 1870. Т.8. С.51 - 57.
5. Васьков А. А. Повышение эффективности работы самоходного картофелеуборочного комбайна: диссертация...канд.техн.наук / Васьков Александр Анатольевич. М., 2009.168 с.
6. Верещагин Н.И. Исследование и обоснование путей уменьшения механических повреждений клубней картофеля при поточной уборке. Дис. канд.техн.наук. М. 1972.
7. Высоцкий А.А. Динамометрирование сельскохозяйственных машин. Москва : Машиностроение, 1958.- 300 с.
8. Верещагин Н.И. Динамические характеристики соударения клубней картофеля с другими телами. *Рабочие органы и устройства для возделывания, уборки и послеуборочной обработки корнеклубнеплодов и овощей: Сб. науч. тр.* Москва : ВИСХОМ, 1990. С. 50-54.
9. Долгов И.А. Уборочные сельскохозяйственные машины (конструкция, теория, расчёт): Учебник. – Ростов н/Д: Издательский центр ДГТУ, 2003. 707 с

10. Мельников С.В., Алешкин В. В., Рощин П. М. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов. Ленинград : Колос. 1980. 168 с.
11. Петров Г.Д. Картофелеуборочные машины. Москва : Машиностроение, 1984. 320 с.
12. Рейнгарт Э. С., Сорокин А. А., Пономарев А. Г. Унифицированные картофелеуборочные машины нового поколения. Тракторы и сельскохозяйственные машины, 2006. № 10.
13. . Старовойтов В. И., Кулькин А. И. Снизить потери клубней при уборке. *Картофель и овощи*. 1985. №4.
14. Синій С. В. Тенденції розвитку однорядної картоплезбиральної техніки. *Вісник Львівського національного аграрного університету*. 2011. № 15. С. 379 -390.