

Луцький національний технічний університет  
(повне найменування вищого навчального закладу)  
Факультет аграрних технологій та екології  
(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))  
Кафедра аграрної інженерії ім. проф. Г.А.Хайліса  
(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

## ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної роботи

магістра

на тему: «Дослідження процесу збирання гарбузів з вдосконаленням машини  
для збирання насіння»

Виконав: студент 2 курсу, групи АІм-21  
спеціальності 208 Агроінженерія  
за освітньо-професійною програмою  
«Агроінженерія»

Хорошенко П.М.

(прізвище та ініціали)

Керівник Тарасюк В.В.

(прізвище та ініціали)

Гарант ОП Сацюк В.В.

(прізвище та ініціали)

Рецензент Тараймович І.В.

(прізвище та ініціали)

Луцьк 2023



## 5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

|   | к-сть листів |
|---|--------------|
| 1. Вихідні дані .....   | 1 лист       |
| 2. Теоретичні положення .....   | 1 лист       |
| 3. Апаратура та обладнання для експериментальних досліджень                                 | 1 лист       |
| 4. Результати експериментальних досліджень  | 1 лист       |
| 5. Планування та результати експерименту з використанням математичного методу планування    | 1 лист       |
| 6. Схема експериментальної установки чи досліджуваної машини (функціональна або принципова) | 1 лист       |
| 7. Складальне креслення розроблюваного чи удосконаленого вузла                              | 1 лист       |

## 6. Консультанти розділів проекту

| Розділ        | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата   |                  |
|---------------|---|----------------|------------------|
|               |   | завдання видав | завдання прийняв |
| Нормоконтроль | Юхимчук С..Ф., доцент                     |                |                  |

7. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| №  | Назва етапів кваліфікаційної роботи  | Термін виконання етапів роботи | Примітка |
|----|--|--------------------------------|----------|
| 1  | Огляд літератури за темою, формування завдань досліджень                     | 15.06. – 01.07.2023 р.         |          |
| 2  | Обґрунтування конструкції і теоретичні дослідження                           | 22.08 – 31.08.2023 р.          |          |
| 3  | Розробка схеми експериментальної установки чи досліджуваної машини           | 01.09 – 30.09.2023 р.          |          |
| 4  | Розробка програми і методики експериментальних досліджень                    | 01.10 – 15.10.2023 р.          |          |
| 5  | Реалізація та обробка результатів експериментальних досліджень               | 01.10 – 15.10.2023 р.          |          |
| 6  | Експериментальні дослідження з використанням математичного методу планування | 15.10 – 01.11.2023 р.          |          |
| 7  | Розробка креслення розроблюваного чи удосконаленого вузла                    | 01.11 – 15.11.2023 р.          |          |
| 8  | Узагальнення результатів та оформлення пояснювальної записки                 | 15.11 – 25.11.2023 р.          |          |
| 9  | Оформлення ілюстративного матеріалу для захисту магістерської роботи         | 15.11 – 25.11.2023 р.          |          |
| 10 | Нормоконтроль  | до 09.12.2023 р.               |          |
| 11 | Представлення кваліфікаційної роботи на перевірку на плагіат                 | 09.12.– 19.12.2023 р.          |          |

Студент \_\_\_\_\_  
(підпис)

Хорошенко П.М.  
\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи \_\_\_\_\_  
(підпис)

Тарасюк В.В.  
\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

Гарант ОПП \_\_\_\_\_  
(підпис)

Сацюк В.В.  
\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

## АНОТАЦІЯ

Хорошенко П.М. Тема роботи: Дослідження процесу збирання гарбузів з вдосконаленням машини для збирання насіння. Рукопис

Кваліфікаційна магістерська робота за освітньо-професійною програмою «Агроінженерія» спеціальності 208 «Агроінженерія». Луцький національний технічний університет, Луцьк, 2023.

*Структура і обсяг кваліфікаційної роботи.* Кваліфікаційна робота магістра складається з анотації, вступу, чотирьох розділів, загальних висновків, переліку джерел посилань, додатків (згідно структури кваліфікаційної роботи бакалавра, представленої в методичних рекомендаціях, затверджених кафедрою аграрної інженерії імені професора Г.А. Хайліса). Загальний обсяг роботи складає сторінок, включає 16 рисунків, 8 таблиць, список джерел посилань з 26 назв та 1 додатку.

Робота направлена на дослідження процесу вирощування гарбузів та розробку машини для збирання насіння та вдосконалення механізму для подрібнення плодів.

В кваліфікаційній магістерській роботі проводились обґрунтування технології вирощування гарбузів, огляд засобів та пристосувань для збирання гарбузів, обґрунтування схеми та необхідних параметрів пристрою для подрібнення, транспортування та відділення насіння від мезги гарбузів. Лабораторно було визначено початкову вологість м'якоті гарбуза, зусилля сили стискування м'якоті та сили різання частинок оболонки. Проведено планування експерименту з використанням математичного методу планування.

*Ключові слова:* гарбузи, подрібнюючий механізм, комбайн, , технологія, дослідження, експеримент, прилад, мезга, дослідження.

## ABSTRACT

P.M. Khoroshenko. The topic of the work: Study of the process of harvesting pumpkins with the improvement of the machine for harvesting seeds. Manuscript

Qualifying master's thesis under the educational and professional program "Agroengineering" specialty 208 "Agroengineering". Lutsk National Technical University, Lutsk, 2023.

Structure and scope of qualification work. The master's qualification thesis consists of an abstract, introduction, four chapters, general conclusions, a list of reference sources, appendices (according to the structure of the bachelor's qualification thesis, presented in the methodological recommendations approved by the Department of Agricultural Engineering named after professor G.A. Hailis). The total volume of the work consists of pages, includes 16 figures, 8 tables, a list of reference sources with 26 titles and 1 appendix.

The work is aimed at researching the process of growing pumpkins and developing a machine for collecting seeds and improving the mechanism for crushing fruits.

In the qualifying master's thesis, the substantiation of the technology of growing pumpkins, the review of tools and devices for harvesting pumpkins, the substantiation of the scheme and the necessary parameters of the device for grinding, transporting and separating the seeds from the pulp of pumpkins were carried out. The initial humidity of the pumpkin pulp, the compressive force of the pulp and the cutting force of the shell particles were determined in the laboratory. The planning of the experiment was carried out using the mathematical planning method.

Key words: pumpkins, crushing mechanism, harvester, , technology, research, experiment, device, brain, research.

## ЗМІСТ

|  |       |
|--|-------|
| Анотація.....  | ..... |
| Зміст .....  | ..... |
| Перелік термінів.....  | ..... |
| Вступ.....   | ..... |
| <b>1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ ЗА ТЕМОЮ ТА ФОРМУВАННЯ<br/>ВИХІДНИХ ДАНИХ.....</b>  | ..... |
| 1.1 Аналіз технологій вирощування гарбузів на насіння .....  | ..... |
| 1.2 Аналіз технічних засобів для збирання гарбуза ударної дії .....  | ..... |
| <b>Висновки до розділу 1.....</b>  | ..... |
| <b>2. ОБГРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ ГАРБУЗІВ<br/>ТА ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВДОСКОНАЛЕННЯ МАШИНИ<br/>ДЛЯ ЗБИРАННЯ НАСІННЯ.....</b> | ..... |
| 2.1 Обґрунтуванн технології вирощування гарбузів та схеми<br>запропонованої машини для збирання .....                                    | ..... |
| 2.2. Технологічний розрахунок.....   | ..... |
| 2.3. Розрахунок конструктивних параметрів шнекового подрібнювача<br>гарбузів.....  | ..... |
| 2.4. Розрахунок частини шнеку подрібнювача .....   | ..... |
| 2.5. Силловий розрахунок шнека подрібнювача .....  | ..... |
| 2.6. Енергетичний розрахунок .....   | ..... |
| <b>Висновки до розділу 2 .....</b>   | ..... |
| <b>3 ПРОГРАМА, МЕТОДИКА ТА РЕЗУЛЬТАТИ<br/>ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ .....</b>   | ..... |
| 3.1. Програма експериментальних досліджень при збиранні насіння<br>гарбузів .....  | ..... |
| 3.2. Обладнання, яке необхідне при проведенні експериментальних<br>досліджень.....   | ..... |
| 3.3. Дослідження сили різання зразків мезги гарбузів .....   | ..... |
| <b>Висновки до розділу 3.....</b>  | ..... |

|   |  |
|---|--|
| <b>4 РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ З<br/>ВИКОРИТАННЯМ МАТЕМАТИЧНОГО ПЛАНУВАННЯ.....</b>               |  |
| 4.1 Методика і результати експериментальних досліджень з<br>використанням методу математичного планування ..... |  |
| <b>Висновки до розділу 4.....</b>   |  |
| <b>ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....</b>   |  |
| <b>ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ .....</b>   |  |
| <b>ДОДАТКИ.....</b>   |  |

## ПЕРЕЛІК ТЕРМІНІВ

**Гарбу́з**<sup>[1]</sup> (*Cucurbita*), рідко **кабак**<sup>[2][3][4]</sup> — родова назва рослин з родини гарбузових. Однорічна трав'яниста рослина з повзучим стеблом, п'ятилопатовими листочками та великими жовтими квітками. Вирощують її на городах і баштанах. В умовах України вирощують три види гарбуза — звичайний, великоплідний (або волоський) та мускатний<sup>1</sup>

**Дослі́дження, до́сліди** — (*широко розуміючи*) пошук нових знань або систематичне розслідування з метою встановлення фактів; (*вужько розуміючи*) науковий метод (процес) вивчення чого-небудь.

**При́лад** (англ. *device, apparatus, appliance*; нім. *Gerät n, Vorrichtung f, Einrichtung f*) — технічна конструкція, що уможливорює виконання певного процесу і служить для визначених цілей (наприклад, для перетворення енергії, виконання певної механічної роботи, перетворення інформації), що має специфічну форму будови (часто є групою з'єднаних між собою частин, які утворюють функціональну цілісність) залежно від виконуваних параметрів роботи та цільового призначення.

**Маши́на** (від лат. *machina*, від дав.-гр. *Μηχανή* — пристрій, засіб, знаряддя) — технічний об'єкт, який складається із взаємопов'язаних функціональних частин (деталей, вузлів, пристроїв, механізмів та ін.), що використовує енергію для виконання покладених на нього функцій.

**Експеримéнт** (англ. *experiment*) — сукупність дослідів, об'єднаних однією системою їх постановки, взаємозв'язком результатів і способом їх обробки. Унаслідок експерименту отримують сукупність результатів, які допускають їхню сумісну обробку і зіставлення.

## ВСТУП

**Актуальність теми:** Зростання різноманіття та кількості сортів овочів на сьогодні є дуже актуальним питанням. Це зумовлено збільшенням кількості населення планети та призводить до збільшення продуктів для населення та кількості видів продукції харчової промисловості. Одним із корисних та смачних овочів являються гарбузи, але на сьогоднішній день вони не мають великого попиту. Гарбузи можуть довго зберігатися тому їх можна використовувати протягом тривалого періоду.

Це використовується при вирішенні безперервного постачання овочами населення. Зокрема є напрямком розвитку окремих видів олійного гарбуза. В 2016-2017 роках на Волині засівали більше 3-х тисяч гектарів даної культури. Приблизно 600 тонн якісного голозернового насіння гарбузів з Волині відправлено на переробку до Австрії. Сільгосп підприємства та населення яке займалось вирощуванням гарбузів, та є партнерами австрійської кампанії, мали гарантований збут насіння гарбузів, безкоштовне органічне добриво яке залишалось на полі та стабільний прибуток. Замовники зацікавлені саме в продукції вирощеній і західному регіоні України, тому, що ґрунти роками не обтяжувались важкими мінеральними добривами. Сировина закуплена на Україні була якісна та екологічно чиста. Гарбузове насіння використовують в кондитерській промисловості, фармакології, в хлібопекарській галузі та переробляють на олію.

Збільшення площ вирощування та збут продукції має перспективи в майбутньому. Закордонні партнери якісної сировини та збільшенні посівних площ. В 2019 році агрокомпанія ТОВ «Фаворит-Агро» - підприємство-виробник, засівало до 1 тис. гектар гарбузами після багаторічної перерви.

Гарбуз володіє високими харчовими і кормовими властивостями і може споживатись без додаткової обробки як натуральний продукт. Вміст в плодах насіння та м'якоті гарбуза вітамінів В1, В2, В5, В6, РР, А, Е, С та рідких К і Т має велике значення для організму людини. Плоди гарбузів містять велику кількість різних білків, яка співставна із вмістом в м'ясі.

Плоди гарбузів можуть бути згодовані тваринам, зокрема для корів молочних порід. Застосування гарбузів сприяє збільшенні вмісту жирів та надоїв молока.

Відходи від виробництва олії з насіння гарбузів застосовують в медичних цілях. Гарбуз є найбільш урожайною та рентабельною культурою. Врожайність даної культури досягає – 50...70 ц/га. На Україні вирощують три види гарбузів: мускатний, твердокорий та крупноплідний.

Згідно даних Державного статистичного управління в 2018 році на Україні посівні площі відведені під гарбузами вирости у 2 два рази (в порівнянні із 2017 роком) та становили 1 тис. гектарів.

Сучасний розвиток даної галузі вимагає вирішення задач характерних технологіям вирощування гарбузів промисловими масштабами, серед них - зростання товарного виходу продукції із високими якісними показниками при умові повного виключення ручної праці в процесі збирання гарбузів та її переробки.

Збирання плодів гарбузів одна з енергозатратних операцій. Згідно літературних даних при вирощуванні гарбузів на операцію збирання випадає до 40% всіх витрат при вирощуванні культури. Техніка для механізованого збирання гарбузів низькопродуктивна та потребує вдосконалення.

Варто зауважити, що переробка гарбузів не дозволяє виключити ручну працю і пов'язано це з властивостями не лише рослин, а й плодів, що мають великі розміри та вологість. Сучасні технології збирання і переробки гарбузів мають операції, що необхідно виконувати лише з застосуванням ручної праці. З врахуванням попереднього досвіду, розробка технічних засобів та способів збирання гарбузів актуальна і потребує вирішення. Спрямовані вони повинні на підвищення продуктивності машин для збирання і вдосконалення засобів первинної переробки сировини.

З врахуванням глибокого аналізу існуючих методів збирання плодів гарбузів розроблено комбайн для механізованого збирання плодів та вдосконалено конструкції машин, що забезпечують механізацію вибіркового

збирання з допомогою широкозахватних підбирачів в вигляді транспортерів. Застосування даного комбайну дозволило підвищити продуктивність виконання збиральних робіт в 3...4 рази.

Розробка технології та технічних засобів для реалізації процесу збирання, забезпечує підвищення ефективності підбору плодів, зменшення використання ручної праці та завантаження їх в причепи транспортних засобів. Було розроблено нові технології та комплекси для збирання.

Впровадження підбирача для підйому гарбузів з поверхні поля та вивантаження в причепи транспортних засобів плодів різних сортів гарбузів дозволяє захоплювати плоди і передавати до наступних робочих органів комбайну вивантажувати їх в причепи а це значно підвищить якість виконання технологічного процесу збирання гвбузів. Застосування підбирачів в таких комплексах зменшує затрати ручної праці при збиранні на 32,2% та підвищує їх продуктивність в 1,5 рази. Дослідниками запропоновано та досліджено валкоутворювач плодів баштанних культур. Основною перевагою таких пристроїв є зменшення травмування плодів та їх продуктивність.

Проаналізувавши відомі дослідження виявлено, що засоби для збирання гарбуза не задовольняє у повній мірі агротехнічні вимоги при збиранні та характеризується високою складністю та високою комбайна. Обґрунтування та вдосконалення напрямів розвитку технологій вирощування та збирання плодів повинне бути направлене на підвищення продуктивності процесу збирання і понизять степінь травмування плодів. Підґрунтям при вирішенні такої задачі є вивчення технологій збирання гарбузів та технічних засобів для виконання даного процесу.

**Мета роботи та завдання досліджень.** Вдосконалити технологію вирощування та збирання гарбузів, запропонувати конструкцію машини для збирання і подрібнення плодів із одночасним рівномірним розкиданням нетоварної по полі.

Для цього визначимо наступні завдання досліджень:

- вивчити існуючі технології вирощування та збирання гарбузів;

- провести обґрунтування параметрів машини для збирання, обґрунтувати конструктивні особливості пристрою для подрібнення плодів;
- провести лабораторні дослідження, що використовуються при конструюванні подрібнювача;
- запропонувати схему машини для збирання гарбузів різних форм та розмірів;
- запропонувати конструкцію подрібнюючого пристрою плодів гарбузів.

**Об’єкт дослідження.** Процес збирання та подрібнення плодів гарбузів.

**Предмет дослідження.** Вплив робочих органів комбайну для збирання гарбузів та степінь подрібнення.

**Методи дослідження.** Дослідження з визначення основних параметрів подрібнюючого пристрою в роботі магістра здійснювались в лабораторії та за стандартними методиками, виконувались вони на обладнанні, що присутнє в лабораторії кафедри.

**Практичне значення одержаних результатів.** Запропоновано подрібнюючий пристрій та визначено його основні параметри для подрібнення плодів при збиранні гарбузів.

**Апробація роботи.** Отримані результати проведеного дослідження, представлено на III студентській науково-технічній конференції факультету ФАТЕ ЛНТУ (2023 р.).

# 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ ЗА ТЕМОЮ ТА ФОРМУВАННЯ ВИХІДНИХ ДАНИХ

## 1.1 Аналіз технологій вирощування гарбузів на насіння

Гарбуз – це одна із найбільш врожайних та рентабельних культур. За оптимальних кліматичних умов росту, правильної технології вирощування та збирання врожайність досягає 50–70 т/га.

На Україні вирощують три види гарбуза: мускатний (*C. moschata Duch.*), крупноплідний (*C. maxima Duch.*) та твердокорий (*C. pepo L.*). Але для виробництва насіння, як основної продукції вирощують сорти другого та третього виду. Від виду залежить не тільки врожайність гарбузового насіння, але і його жирно-кислотний склад.



Рисунок 1.1. Молоді гарбузові посіви

Головним критерієм оцінки у кожній технології є його сорт. Від того, як правильно буде підібраний сорт, залежить основна рентабельність при вирощуванні гарбузів на насіння.

Особливістю сучасних технологій вирощування гарбуза на насіння є використання високопродуктивних сортів. Гарні позиції на ринку мають сорти гарбузів з великим виходом насіння української селекції: Лель, Гамлет,

Народний, Український багатоплідний, Валок і Світень, що за своїми характеристиками задовольняють всіх виробників насіння із різними напрямками використання продукції.



Рисунок 1.2 Плоди гарбуза - сорт Український багатоплідний

Найбільш поширеним сортом є сорт Український багатоплідний, його характеристики наступні - вид твердокорий, ранньостиглий (період вегетації 88–109 діб), стебло довге до 3–4 м. Плоди жовто-помаранчеві з широкими темно-зеленими смугами, що набувають помаранчевого забарвлення, слаборебристі, оберненояцеподібні і коротковальні. М'якуш світло-помаранчевий, хрумкий товщиною до 3–5 см. Кора дерев'яниста. Вміст сухої речовини в плодах до 6,0–10,5%, каротину 2,1–3,2 мг%, цукрів 5–6%,. Середня вагу плоду становить 5–8 кг. Маса насіння 1000 штук – 190–230 г. жовто-кремового кольору, Врожайність насіння – 500–600 кг/га., плодів становить 21,7–40 т/га. Сорт є посухостійким, столового та насінневого напрямку.

Окрім підбору сортів, важливим є дотримання кожної із технологічних операцій у технології вирощування гарбузів.

Посіви гарбузів розміщують на ґрунтах з легким механічним складом та з рН 6,0–7,0. Хорошими попередниками являються: зернобобові, багаторічні трави, озима пшениця та кукурудза на зелений корм. Посіви баштанних культур на попереднє місце вирощування повертати варто не раніше ніж через 6–8 років,

розміщувати після інших культур родини гарбузових рекомендується через вісім років.

При застосуванні сучасних технологій вирощування гарбузів вносять як органічні, так і мінеральні добрива.

Органічні добрива варто вносити при зяблевій оранці (свіжий гній під гарбузи вносити не можна), мінеральні добрива вносять під зяблеву оранку, при посіві насіння та при підживленні посівів. Вносити їх необхідно в оптимальних нормах залежно від зони типу ґрунту та вирощування (табл. 1.1).

Таблиця 1.1 – Норми внесення добрив під гарбузи на різних ґрунтах

| Зона                          | Ґрунти                                    | Гній           | N        | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O |
|-------------------------------|---|----------------|----------|-------------------------------|------------------|
| Лісостеп правобережний        | темно-сірі лісові та чорноземи опідзолені | 20–30          | 60       | 90                            | 60               |
| Лісостеп лівобережний         | чорноземи глибокі мало- і середньогумусні | 20–30          | 45       | 60                            | 45               |
| Степ північний та центральний | чорноземи звичайні                        | 20–30          | 45       | 45                            | 45               |
| Степ південний                | чорноземи південні, каштанові ґрунти      | 19–20<br>15–20 | 60<br>40 | 90<br>60                      | 60<br>40         |

Калійні і фосфорні мінеральні добрива найдоцільніше використовувати восени під оранку чи ранньовесняну культивуацію. Азотні –навесні під першу культивуацію і при підживленні рослин.

Увагу необхідно приділити обробітку ґрунту під посів гарбузів, і його завжди треба починати з лушення. Дана операція зроблена навесні зберігає вологу в районах недостатнього зволоження, а в зонах достатнього забезпечення вологою дає можливість запобігти ущільненню орного шару ґрунту. Крім того, лушення провокує проростання бур'янів та покращує просушуванню ґрунту під час інтенсивних весняних дощів. Лушення залишків стерні здійснюють на глибину 8–10 см і варто його проводити дисковими луцильниками. Після таких попередників як баклажан, томати, перець та інші). Відразу після збирання врожаїв таких попередників потрібно подрібнити рослинні залишки дисковими

боронами на глибину 10–12 см в двох напрямках. Поле потрібно зорати через 10–15 діб на глибину 27–30 см.

На глибоко зораних ґрунтах добре розвиваються коренева система гарбузів. Зяблеву оранку варто проводити, коли ґрунт досяг стиглості та гарно кришиться. Для попередження ерозії ґрунтів, крім традиційної оранки, варто використовувати глибокий, безвідвальний, плоскорізний обробіток.

Боронування весною варто проводити, як самостійну операцію для зменшення випаровування вологи і вирівнювання поля, створення більш крихкого верхнього шару та за наявності - знищення бур'янів.

Першу культивацію весною варто провести навісними культиваторами чи іншими сучасними комбінованими агрегатами на глибину 10–12 см впоперек основного обробітку ґрунту. Другау ,передпосівну, культивацію проводять впоперек попередньої та мілкіше на глибину 7–8 см – глибину висіву насіння.

Якщо восени не внесли деякі види добрив, варто їх внести під першу культивацію, під другу внести гербіциди.

За посівними якостями насіння гарбуза для висівання повинно відповідати вимогам ДСТУ 2240-93.

Для підвищення його польової схожості, покращення посівних якостей насіння, та запобігання ураженню хворобами висів необхідно проводити каліброваним насінням , та обробляти біостимуляторами, мікроелементами і здійснити протруєння насіння проти хвороб (пероноспороз, антракноз, бактеріоз фузаріозне в'янення,) та шкідників гарбузів (совки, дротянки) згідно із діючим переліком пестицидів та агрохімікатів, що дозволені до використання на Україні. Перед висівом необхідно прогріти насіння впродовж 3–5 діб при температурі 35–40°C. Це пришвидшує на кілька днів появу сходів.

Перед посівом із метою рівномірного загортання насіння відведені під посів поля культивують і прикочують котками різних типів: кільчасто-шпоровими (ЗККШ-6), (гладенькими водоналивними (ЗКВГ-1,4 і СКГ-2) чи кільчасто-зубовими. Ґрунти з підвищеною вологістю прикочувати не можна.

Для посіву слід застосовувати якісне насіння із високими сортовими і посівними можливостями. Найоширеніший спосіб сівби гарбузів – широкорядний, із міжряддями 140, 180, 210, 280, 360 і 420 см. Для здійснення хорошого механізованого обробітку міжрядь слід застосовувати квадратно-гніздову чи прямокутно-гніздову схеми посіву насіння.

До вибору схем посіву і площі живлення варто підходити диференційовано. При оптимальній площі живлення рослин тобто при якій в рослини нормально відбуваються процеси бутонізації, цвітіння, запліднення, зав'язування плодів, формуються репродуктивні органи та відбувається досягання плодів. Все це визначається біологією сорту – кущовий він чи довгостебловий, ранній чи пізній, способом сівби, родючістю ґрунту, кліматичними особливостями зони вирощування та ін. З наближенням до оптимального числа рослин на 1 га дозрівання плодів відбувається швидше, врожаність насіння зростає.

Оптимальним числом насіння для довгостеблевих сортів гарбузів (Народний, український багатоплідний) - 9–11 тис. шт./га, із метою збільшення врожайності насіння можливо припускати загушення посіву до 12–14 тис. шт./га (площа живлення при цьому складає 0,71–0,83 м<sup>2</sup>/рослину). Для кушових сортів гарбузів (Лель, Валок, Світень, Гамлет) становить приблизно 15 тис. шт./га, з можливим загушенням до 18 тис. шт./га (площа живлення рослин при цьому становить 0,55 м<sup>2</sup>/рослину).

При збільшенні загушення посіву пригнічуються ріст та розвиток рослин гарбузів, зростає відсоток нестандартних плодів з дрібним і недоформованим насінням. Одночасно при збільшеній площі живлення вони розвиваються нормально, но це призводить до зменшення валового урожаю насіння, що само собою знижує рентабельність вирощування даної культури.

При вирощуванні необхідно враховувати, що норма висіву висівними апаратами залежить від розмних властивостей насіння. Для довгостеблових сортів виду твердокорого та мускатного норма становить - 3,2–4,5 кг/га. Для

крупноплідного, в якого більше насіння до 5,5 кг/га. Для кущових становить – 5,5–6,5 кг/га.

Слід приділяти велику увагу догляду за посівами, які складається з міжрядних розпушень, боронування, прополювань і проріджування, підживлень. Хороший результат при вирощуванні гарбузів на насіння одержують при виконанні не менше як три міжрядних обробіток ґрунту і одного прополювання.

При боротьбі із бур'янами ефективні боронування посівів, що понижують забур'яненість посівів від 40–90%. Гарбузи дуже чутливі до розпушення ґрунтів під посівами. Першу культивуацію варто провести при появі рядків чи в фазу першого листочка на глибину 10–12 см, другу проводять в фазу 3–5 листків на глибину 8–10 см, третю, під час формування огудини та четверту - за необхідності, через 7–10 діб після попередньої на глибину 6–8 см. Обов'язковим також є формування густоти посівів, зайві сходи зрізують біля основи стебла, і не вищипують, для того щоб не пошкодити коріння рослин, що і ростуть поряд.

Підживлення рослин мінеральними добривами є ефективним прийомом в дозі  $N_{15}P_{15}$  при початку стеблуння. Підживлення варто проводити одночасно із обробітком культиваторами рослинопідживлювачами КРН-5,6, КРН-4,2.

Встановлено, що гарбуз на Україні найчастіше вражають грибкові хвороби – бактеріальні – плямистість листків, бактеріоз; борошниста роса, пероноспороз; рідше – вірусні захворювання рослин.

З гризучих шкідників, небезпечні дротяники (в вологих місцях) та несправжні дротяники (в посушливих умовах), вини вигризають насіння чипошкоджують корінці молодих рослин. Такої ж шкоди завдає гусінь різних видів совок.

Одним з заходів для боротьби з шкідниками та хворобами гарбузів є використання якісного з високою сортністю та чистотою посівного матеріалу; правильне застосування сівозмін; збирання врожаю із врахуванням всіх тонкощів процесу вирощування; знищення бур'янів; виконання всіх технологічних операцій при вирощуванні даної культури.

Збирати плоди гарбузів варто в один прохід та при біологічній стиглості всіх плодів. Економічний ефект дає механізований збір плодів в валки, замість ручного збирання в купи, валкоутворювачами УПВ-8, ВБК-8 з продуктивністю за восьмиметрової ширини захвату – 20–25 га за зміну. Та застосуванні технології машинного збирання механізованим підбором плодів з валків в причепи транспортних засобів. Сучасна технологія механізованого збирання полягає в застосуванні машин відокремленням насіння безпосередньо в полі.

## 1.2 Аналіз технічних засобів для збирання гарбуза ударної дії

Технологічний цикл виділення насіння машинами ударної дії проходить за такими схемами

- подрібнення плода гарбуза та відокремлення насіння від м'якоті
- розділення гарбузової мезги на дві фракції з насіння та кірки.

У апаратах ударної дії відділення насіння проходить у процесі ударного руйнування плодів та виконується одним робочим органом - штифтовими чи ножовими барабанами. Принцип дії робочих органів таких машин полягає в нанесення ударів по плодах та під дією цих ударів по плодах відбувається порушення зв'язків насіння із м'якоттю супроводжується ефектом відокремлення насіння. Відділення насіння з подрібненої маси гарбузів коли вона переходить на інші робочі органи, проводиться методом протирання її між отворами сит з відповідними отворами на грохоті чи роторному сепараторі.

Протирочного типу механізми застосовуються, для відділення насіння з томатів, кавунів та огірків. Для додаткового відділення отриманого насіння при очищенні від домішок мезги (кірки чи дрібної м'якоті) перетирочні машини знаходять широке застосування при вирощуванні гарбузів.

Поширену групу відокремлювачів із механізмом ударної дії складають машини де розділення мезги проходить на решітних грохотах. Робочим органом таких відокремлювачів машин являється подрібнюючий пристрій гарбузів в вигляді ножового чи штифтового ротора. Є два типи подібних подрібнювачів

плодів: з прохідним підбарабанням та з глухим.

Повний технологічний цикл таких машин полягає в операції подрібнення плоду з відокремленням насіння від м'якоті та поділ отриманої мезги гарбузів на фракції з насіння та кірки.

Подрібнювач першого типу застосовується на насіннєвідокремлюючій машині СОМ-2. В даній машині при обертанні зуби штифтового барабана проходять між штифтами нерегульованої, глухої деки та здійснюють подрібнення гарбузів. Зуби на такому барабані розміщені по гвинтовій лінії щоб краще і ефективніше протягувати подрібнений матеріал. Цей тип пристрою не знайшов широкого використання, бо в нього відсутні регулювання величини кусків гарбузів при подрібненні плодів.

В подрібнювачі другого типу підбарабання виконане з механізмом повороту відносно нерухомої осі. При обертанні штифтового барабану плоди подрібнюються і подрібнена маса проходить через щілини між пластинами в підбарабанні. Зміною зазору між барабаном та пластинами деки здійснюється регулювання отримання мезги бажаної фракції. Такий подрібнюючий пристрій встановлено в машині ИБК-5.

Ножові роторні барабани встановлюються на машині ВСБ-3. Також ножові подрібнювачі використані при створенні подрібнювача даних культур ИБК-5М (рис.1.2), які використовуються в Україні та за кордоном.

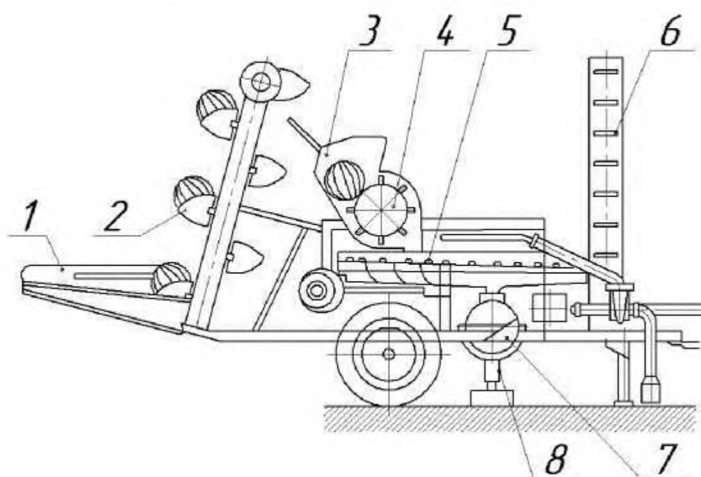


Рисунок 1.3. Технологічна схема подрібнювача баштанних культур ИБК-5

ИБК-5М застосовується при переробці динь, кавунів й огірків, та при збиранні і видаленні насіння з «сухих» культур (гарбузів і кабачків).

Дана машина працює наступним чином: плоди подаються до лотка 1, по якому скочуються на гребінку 2 транспортера де вони захоплюються ковшами та поступають в бункер 3. Там вони подрібнюються барабаном 4. Потім подрібнена маса поступає на грохот 5, де проходить розділення на фракції: кірка та насіння. Кірка вивантажується транспортером 6 за межі машини. Насіння після того додатково обробляється в протиральних пристроях 7, мезга та сік насосом 8 виводяться за межі машини.

Відокремлюванні механізми перетираючої дії, складаються з двох чм декількох робочих органів, одні забезпечують подрібнення плодів та подачу мезги до другого етапу переробки, на якому відбувається поділ насіння від м'якоті. Перетирання мезги - процес відокремлення вологої мякоті від насіння. В таких приладах шкірки продавлюються на ситах з отворами 0,7-5,0 мм. В процесі протирання мезга попадає на поверхню бича, що обертається. Під дією відцентрової сили притискається до робочого сита і проходить через нього. Насіння (в даному разі насіння гарбуза) через отвори проходить в бункер для насіння, відходи під дією сили, створеної кутом бичів, транспортуються до виходу з сита.

Протиральні машини класифікуються:

1. принцип дії - бичовий і безбичовий;
2. число барабанів одинарне, здвоєне й строєне;
3. спосіб регулювання продуктивності;
4. змінний кут випередження бичів;
5. змінний зазор між бичами та барабаном який змінюється частотою обертання ротора шнекового типу
6. форма барабанів - циліндрична чи конічна;
7. призначення - для зерняткових, кісточкових плодів та універсальні.

Відокремлюючі механізми першого типу обладнані відокремлювачем насіння для гарбузових культур КБ НВО «Дністер». Машина АВС-30,

розроблена КБ в співробітництві із «Укрсортсемоощ», яка входить до комплексу насінневідокремлювальної лінії СВЛ-30.

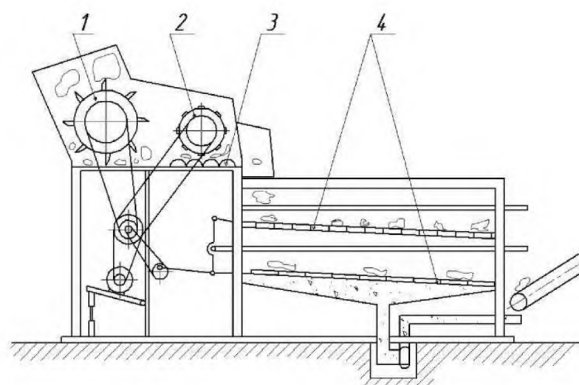


Рисунок 1.4 Технологічна схема машини АВС-30

Відокремлювач насіння із гарбузів ВБЛ-20 має відокремлювальний апарат перетираючої дії із попереднім подрібненням – роздавлюванням плодів.

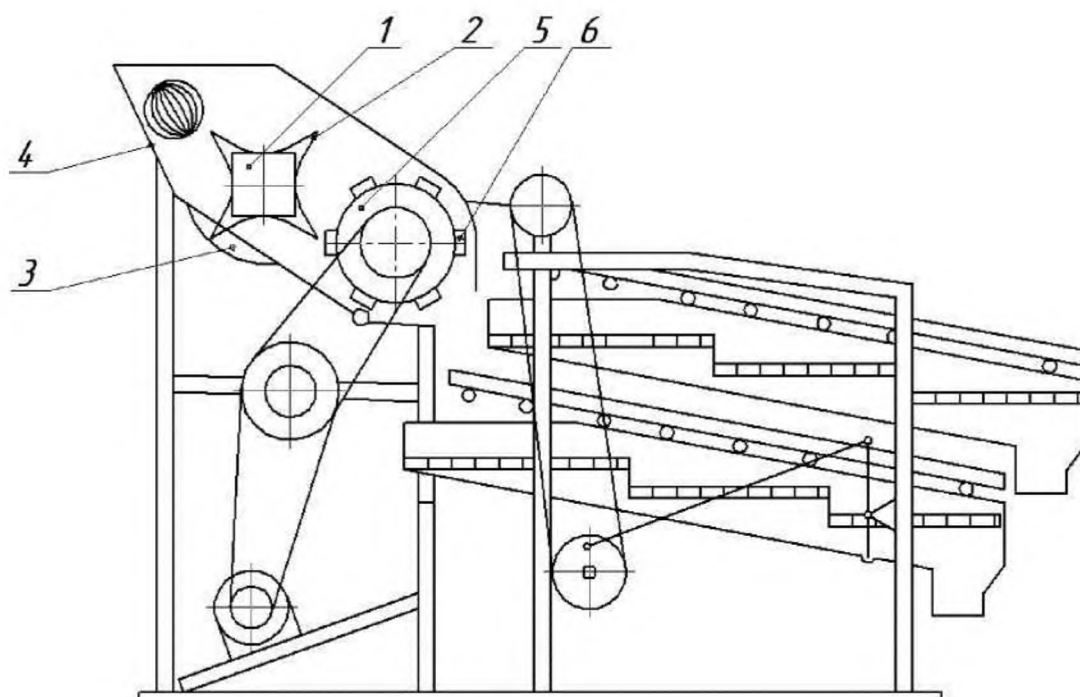


Рисунок 1.5. Технологічна схема відокремлювача насіння гарбузових культур ВБЛ-20

Штифтовий барабан замінений робочим органом, виконаним в вигляді

багатогранника 1, на ребрах розміщені радіальні ножі 2. При обертанні барабану 1 ножі проходять по карману 3 в днищі корпусу 4. Плоди, що потрапляють в корпус 4, ріжуться ножами 2 захоплюються ребрами барабана та роздавлюються в зменшуваному зазорі між гранями та днищем корпусу 4. Потім отримані частинки частинки гарбузів подаються до бильного барабана 5, що просуває їх через зазор із бичовою декою 6, там він відокремлює насіння від м'якоті плодів, перетираючи мезгу.

### **Висновки до розділу 1**

Проведений аналіз літературних джерел показує, що процес відокремлення насіння гарбузів включає дві обов'язкові стадії:

- 1) Подрібнення плодів та видалення основної маси за межі машини.
- 2) Очищення насіння від кірки та плаценти здійснювати перетираючими пристроями.
- 3) Подрібнення плодів гарбузів в порівнянні із іншими способами найкраще здійснювати методом різання. Якість насіння в даному випадку вища, як в механізмах іншої дії.

## **2. ОБГРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ ГАРБУЗІВ ТА ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВДОСКОНАЛЕННЯ МАШИНИ ДЛЯ ЗБИРАННЯ НАСІННЯ**

2.1 Обґрунтуванн технології вирощування гарбузів та схеми запропонованої машини для збирання

Запропонований нами комбайн напівпричіпний та призначений для збирання гарбузів з попередньо сформованих рядків. В себе він включає сницю 1 за допомогою якої він кріпиться до енергетичного засобу, органів приводу всіх робочих органів 2, та рами 4, яка спирається на опорно-ходові колеса 3. До рами спереди машини справа прикріплено очищувач-підбирач 9 гарбузів з гарбузового поля. Принцип дії його полягає в наколюванні гарбузів на своєрідні голки та передача на завантажувальний транспортер, що забирає гарбузи з-під підбирача та передає їх до подрібнюючого механізму 10, який слугує для подрібнення плодів перетирання між декою та шнековим ротором. Там подрібнена маса – мезга попадає під резинові лопаті що розміщені на валі в вигляді шнекової навивки, яка великі рослинні рештки заодно транспортує до вивантажувальної горловини 8 наколені на голки гарбузи піднімаються ввєрх та перекидаються через себе. Позаду підбирача 9 розташований транспортер. Підбирач також виконує роль відокремлювача рослинних решток, які наколюються на голки. Подрібнювач-відокремлювач через вивантажувальну горловину вивантажує великі куски м'якоті на зібране поле, а наніння продавлюється через отвори деки де воно попадає на вальцевий відокремлювач дрібних вологих домішок, що є в насінні насіння продавлюючись через вальцевий очисник попадає на транспортер яким воно завантажується в бункер. Машина для збирання гарбузів зображено на рис 2.1

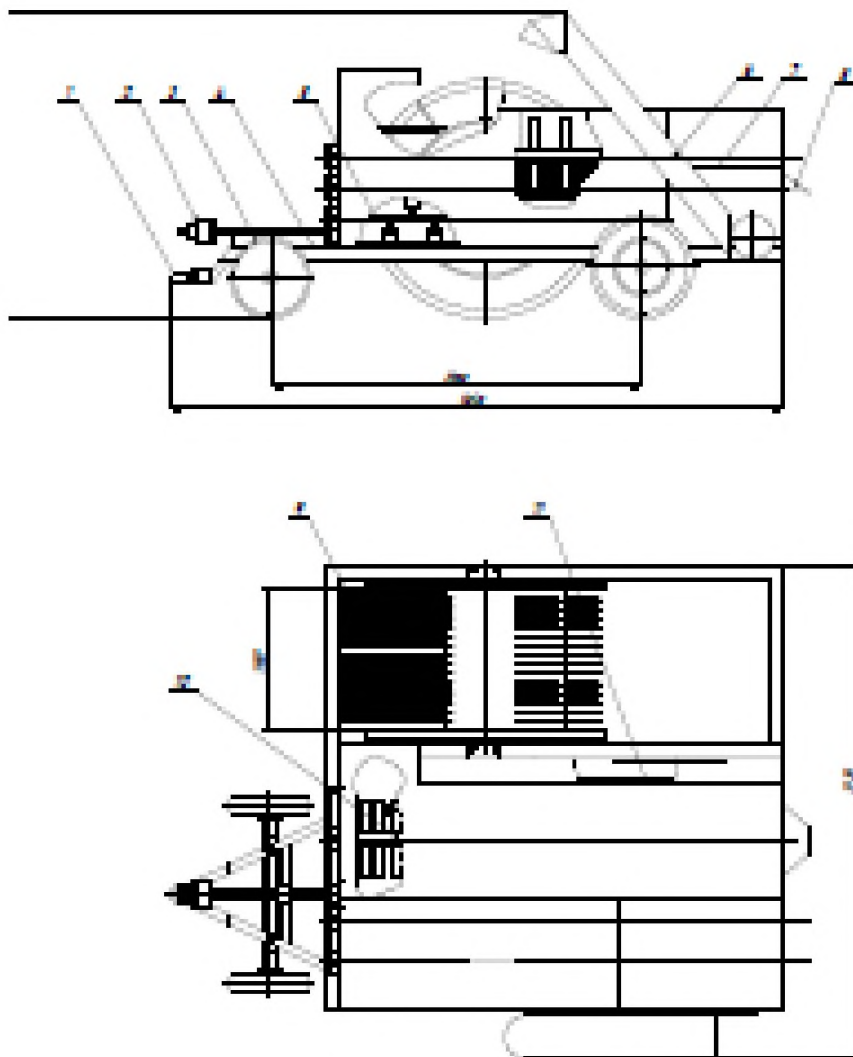


Рисунок 2.1. Принципова схема комбайну для збирання гарбузів

Істотною перевагою нової конструкції є також те, що на відміну від інших в них встановлено шнековий подрібнювач ударної дії, що добре зарекомендував себе при встановленні на машинах-аналогах, і краще за ті що традиційно використовуються в очисниках. В запропонованій конструкції шнекового подрібнювача маса буде мати більшу площа контакту за рахунок прямолінійних ділянок граней, які входять в контакт. Разом з пружною поверхнею лопатей шнека дасть можливість понизити травмування насіння та підвищить їх якість. Отримане насіння буде впищої якості.

При обґрунтуванні параметрів і режимів роботи запропонованої машини були допущені наступні припущення:

а) в насінини гарбуза є поверхня, що задовільно описується радіусами кривизни у площинах «довжина-ширина» (R) та «довжина-товщина» (r);

б) насінина гарбуза приймається як тіло із пружно - в'язкими властивостями;

3) прогин матеріалу лопатей шнека прямо залежить від діючих сил.

Аналіз базується на дослідженні ескізу поверхні насінин. у результаті встановлено, що вона задовільно описується співвідношеннями для сегмента кола.

Друге припущення базується на задачі, що виключає пошкодження насінин гарбуза, тому що є наявності пластичного деформування. В кінцевому рахунку це дозволить визначити кінематичний режим роботи подрібнювача-очисника насіння. Це й дасть перевагу над машинами аналогами.

## 2.2. Технологічний розрахунок

Продуктивність комбайну для збирання гарбузів розраховуємо за формулою:

$$W_{\Gamma} = 0,1 \cdot B_p \cdot V_m \cdot \tau, \text{га / год} \quad (2.1)$$

де  $B_p$  - ширина захвату комбайна для збирання гарбузів, м;

$V_m$  - швидкість руху комбайна для збирання гарбузів, км/год;

$\tau$  - коефіцієнт використання робочого часу зміни.

Ширину захвату комбайна для збирання гарбузів визначимо за формулою:

$$B_p = v_p \cdot n_p, \text{м} \quad (2.2)$$

де  $v_p$  - ширина валка, м,  $v_p = 1,2$  м,

$n_p$  - кількість рядків,  $n_p = 1$ .

Тоді за формулою (2.2) одержимо:

$$B_p = 1,2 \cdot 1 = 1,2 \text{ м}$$

Врахувавши, що максимальна робоча швидкість руху агрегату  $V_m = 4$  км/год а коефіцієнт використання робочого часу зміни  $\tau = 0,7$  за формулою (2.1) будемо мати:

$$W = 0,1 \cdot 1,2 \cdot 4 \cdot 0,7 = 0,39, \text{га / год}$$

Кількість годин роботи комбайна в рік визначимо за формулою:

$$T_p = \frac{W_p}{W_r}, \text{ год} \quad (2.3)$$

де  $W_p$  - річний об'єм виробництва,  $W_p = 70$  га.

Отже:

$$T_p = \frac{70}{0,39} = 180, \text{ год}$$

### 2.3 Розрахунок конструктивних параметрів шнекового підрібнювача гарбузів

Шнековою підрібнювач гарбузів служить для подрібнення гарбузів часткового роздавлювання подрібнених частинок та транспортування подрібненої суміші до наступних робочих органів. В даному випадку ми застосовуємо механізм, що обладнаний ножами виготовленими в вигляді шнекової навивки та шнеку виготовленого з прорезинової стрічки.

Ширину горловини шнекового підрібнювача гарбузів приймаємо згідно конструктивних параметрів комбайна і вона складає 1,2 м.

Теоретичний аналіз відділення насіння від подрібнених решток показав, що покращення сепарації залежить від величини отворів в полотні деки, тому величина отворів повинна становити 15-20 мм.

Для розрахунку технологічного процесу сепарації насіння гарбузів на насінневідділяючих органах машини для збирання гарбузів необхідно знати вплив на повноту сепарації насіння та подачу віднесену до площі робочого органу, яка залежить від вологості та липкості частинок гарбузів.

Кількість маси гарбузів, що надходить в комбайн:

$$Q_k = 0,1 \cdot C \cdot G_k \cdot V_m, \text{ т/га} \quad (2.4)$$

де  $C=1$  – кількість рядків;

$G_k$  – врожай гарбузів, т/га;

$V_m$  – швидкість руху машини, м/с.

$$Q_k = 0,1 \cdot 2 \cdot 300 \cdot 1,11 = 65,8 \text{ кг/с}$$

Так при ширині захвату комбайна 1.2 м та при урожайності гарбузів 300 ц/га і середній вазі гарбуза 6 кг, при швидкості руху 1,11 м/с в машину попадає біля 6 гарбузів за хвилину з кожного рядка.

Характер відділення насіння комбайна шнековим подрібнювачем визначається наступними параметрами: частотою обертання шнекового подрібнювача, кутом нахилу навивки шнеку.

Діаметр гвинта визначимо із співвідношення масової продуктивності:

$$Q = \frac{Kn \cdot Kp \cdot \rho \cdot w \cdot D^3}{8}, \text{ м}^3/\text{год} \quad (2,5)$$

звідки

$$D = \sqrt[3]{\frac{Q}{450 \cdot Kn \cdot Kp \cdot \rho \cdot w}}, \text{ м} \quad (2,6)$$

де:  $Kp$  – відношення кроку гвинта до його діаметра,

$Q$  - продуктивність шнека-подрібнювача,  $Q=70$  кг/с;

$Kn$  - коефіцієнт продуктивності шнека;

$w$  - кутова швидкість обертання гвинта шнеку, рад/с.

$\rho$  – транспортованого вантажу, т/м<sup>3</sup>; Згідно табл. 6.3 [ 8] приймаємо  $Kn = 0,8$ ;  $Kp = 0,8$ ;  $n = 150$  об/хв.

Кутова швидкість обертання вала:

$$w = \frac{\pi \cdot n}{30} = \frac{3,14 \cdot 150}{30} = 15,7, \text{ с}^{-1} \quad (2,7)$$

Таким чином за формулою:

$$D = \sqrt[3]{\frac{70}{450 \cdot 0,8 \cdot 0,8 \cdot 0,45 \cdot 15,7}} = 0,598 \text{ м}$$

Уточнюємо діаметр гвинта за формулою:

$$D' = \sqrt{D^2 + d_g^2}, \text{ м} \quad (2,8)$$

де  $d_g$ - діаметр вала гвинта,  $d_g=0,08$  м.

$$D' = \sqrt{0,598^2 + 0,08^2} = 0,61\text{м}$$

За табл. 6.4 ( ) приймаємо діаметр гвинта  $D=600$  мм і крок гвинта 50 мм.

За вибраним діаметром гвинта  $D$  перераховуємо частоту обертання гвинта, тобто визначаємо фактичне значення  $n_{\phi}$ .

$$n_{\phi} = n \cdot \left( \frac{D'}{D} \right)^3 = 150 \cdot \left( \frac{0,61}{0,6} \right)^3 = 157,5 \text{ об / хв} \quad (2,9)$$

#### 2.4. Розрахунок сил шнеку подрібнювача

Згідно зроблених розрахунків діаметр подрібнювача приймаємо рівним діаметру шнека приймаємо  $D_n = 600$  мм. Довжина ножів буде рівна 270 мм. Тяговий опір входження ножів в поверхню гарбуза обчислимо за формулою:

$$P = n \cdot k, \text{кН} \quad (2,10)$$

Де:  $k$  - опір входження одного зуба,  $k=50$  Н; стор.124[ ].

$n$  - кількість зубів, що одночасно здійснюють різання,  $n=4$ .

Отже:

$$P = 4 \cdot 50 = 200\text{Н} = 0,2\text{кН}$$

Для забезпечення якісного подрібнення лінійну швидкість кінця ножів необхідно прийняти в 1,5-2 рази більшою за швидкість транспортера, що подає гарбузи в приймальну горловину шнека  $V_{\text{тр}} = 1,66$  м/с.

$$V_{\text{нідб}} = 1,66 \cdot 15,7 = 26,1 \text{ м/с}$$

Звідси визначимо частоту обертання подрібнювача:

$$V = R \cdot \omega, \text{ м/с} \quad (2,11)$$

де:  $R$  – радіус кола, що описує кінець леза ножа, м;

$\omega$  – кутова швидкість обертання подрібнювача,  $\text{с}^{-1}$ .

$$\omega = \frac{V}{R} = \frac{26,5}{0,3} = 88,33\text{с}^{-1} \quad (2,12)$$

Визначимо частоту обертання валу подрібнювача з співвідношення:

$$w = \frac{\pi \cdot n}{30}, c^{-1} \quad (2,13)$$

Звідки:

$$n = \frac{30 \cdot w}{\pi} = \frac{30 \cdot 26,5}{3,14} = 253,2 \approx 260 \text{ об / хв} \quad (2,14)$$

## 2.5 Силовий розрахунок шнека подрібнювача

Визначаємо вагу транспортованого вантажу на 1 м шнека за формулою:

$$q = 250 \cdot \pi (D^2 - d_e^2) \cdot c_i \cdot c_\beta \cdot \gamma, H / м, \quad (2,15)$$

де:  $c_i$  – коефіцієнт заповнення,  $c_i = 0,4$ ;

$c_\beta$  – коефіцієнт, що враховує кут нахилу жолоба до горизонту,  $c_\beta = 1$ ;

$\gamma$  – об'ємна вага гарбузів, вибираємо за табл.6.3 стр.267,  $\gamma = 0,35 \text{ кН/м}^3$ .

Отже

$$q = 250 \cdot 3,14 (0,21^2 - 0,08^2) \cdot 0,4 \cdot 1 \cdot 0,35 = 3,69 \text{ кН / м}$$

Осьова сила, що діє на гвинт:

$$F_a = q \cdot L (\sin \beta + \mu \cdot \cos \beta), H \quad (2,16)$$

де:  $\mu$  – коефіцієнт тертя транспортованого матеріалу;

$\beta$  – кут нахилу конвеєра, град.;

$q$  – вага матеріалу на 1 м довжини жолоба, Н/м;

$L$  – довжина конвеєра, м .

Тоді:

$$F_a = 7,69 \cdot 2 (\sin 0 + 0,3 \cdot \cos 0) = 46,14 H$$

Тоді, обертальний момент на валу гвинта шнека від опору переміщення мозги та тертя із гвинтом визначається за формулою:

$$T_1 = 0,5 \cdot D_{cp} \cdot F_a \cdot \text{tg}(\psi + \varphi), H \cdot м \quad (2,17)$$

де:  $D_{cp} \approx 0,8 D$  – середній діаметр п'яти, м;

$F_a$  – осьова сила, що діє на гвинт, Н;

$\Psi$  – кут підйому гвинтової лінії гвинта;

$\varphi$  – кут тертя вантажу із гвинтом,  $\varphi = 30 \text{ tg} \varphi = \mu$  ( $\varphi = \arctg \mu$ ),  $\text{tg} \Psi = P / (\pi D_{cp})$ ,  
но  $\Psi = \arctg P / (\pi D_{cp})$ ,

де:  $P$  – крок чи хід гвинта,  $P = 500 \text{ мм}$ .

Таким чином згідно формули (2,17):

$$T_1 = 0,5 \cdot 0,8 \cdot 0,2 \cdot 46,14 \cdot \text{tg}(17,65 + 30) = 4,04 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Вага гвинта:

$$G_g = q_g \cdot L, \text{ Н} \quad (2,18)$$

де:  $q_g$  – вага 1 метра гвинта, Н/м, яка вибираємо залежно від  $D$ .

Тоді за формулою (2,18) отримаємо:

$$G_g = 27,69 \cdot 1,3 = 36 \text{ Н}$$

Колова сила  $F$  на шнеці:

$$F = \frac{2 \cdot T_1}{D_{cp}} = \frac{2 \cdot 4,04}{0,6} = 133,3 \text{ Н} \quad (2,19)$$

Сила, яка діє на радіальні підшипники:

$$F_r = \sqrt{(G_g \cdot \cos \beta)^2 + F^2} = \sqrt{(15,38 \cdot \cos 0)^2 + 50,5^2} = 17,37 \text{ Н} \quad (2,20)$$

Тиск що діє на підп'ятник:

$$F_a' = F_a + G_g \cdot \sin \beta = 46,14 + 15,38 = 61,52, \text{ Н} \quad (2,21)$$

Обертальний момент на валу гвинта шнека від опору у підшипниках:

$$T_2 = F_a' \cdot \mu_1 \cdot \frac{d_{cp}}{2} + F_r \cdot \mu_1 \cdot \frac{d_g}{2}, \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (2,22)$$

де  $F_a$  – тиск на підп'ятниках;

$d_{cp} = 1,2 d_g$  – середній діаметр п'яти

$d_g$  – діаметр вала гвинта шнека

$\mu = 0,1$  – коефіцієнт тертя в підшипниках;

Тоді

$$T_2 = 61,32 \cdot 0,1 \cdot \frac{0,16}{2} + 17,37 \cdot 0,1 \cdot \frac{0,8}{2} = 5,6 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Повний обертальний момент на валу шнека:

$$T = k \cdot T_1 + T_2, H \cdot m \quad (2,23)$$

де:  $k$  – коефіцієнт, що залежить від транспортованого матеріалу, за табл. 6.8 ( )  
 $k=1.3$  .

$T_1$  - обертальний момент на валі гвинта шнека, що виникає від опору переміщення матеріалу по жолобу та тертя маси з гвинтом ,  $T_1 = 4,04 \text{ Н*м}$ ;

$T_2$  - обертальний момент на валі гвинта шнека, що виникає від опору у опорах,  $T_2 = 5,6 \text{ Н*м}$ .

Отже:

$$T = 1,3 \cdot 4,04 + 5,6 = 10,85 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

## 2.6. Енергетичний розрахунок

Загальну потужність визначимо за формулою:

$$N = N_n + N_w, \text{кВт} \quad (2,24)$$

де:  $N_n$  - потужність, яка затрачається на привід подрібнювача, кВт;

$$N = P \cdot w, \text{кВт} \quad (2,25)$$

де:  $P$  – опір переміщення зубів при подрібненні,  $P=0,7 \text{ кН}=700 \text{ Н}$ ;

$w$ - частота обертання подрібнювача.

Звідси:

$$N_n = 700 \cdot 9.1 = 6.37, \text{кВт}$$

Потужність приводу шнека визначимо за формулою (2.24):

$$N_w = \frac{T \cdot n}{9550}, \text{кВт} \quad (2,26)$$

де:  $T$  – обертальний момент на валі шнека,  $T=8,94 \text{ Н*м}$ ;

$n$  – частота обертання шнека,  $\text{хв}^{-1}$ .

$$N_w = \frac{8,94 \cdot 150}{9550} = 0,140, \text{кВт}$$

Загальна потужність приводу подрібнюючого пристрою рівна:

$$N = 6,37 + 0,140 = 6,51, \text{кВт}$$

### **Висновки до розділу 2**

В даному розділі проведено обґрунтування схеми запропонованої машини для збирання гарбузів. Конструкція машини дозволить збирати гарбузи механізованим методом зменшивши затрати ручної праці. Проведено розрахунки подрібнюючого апарату та визначено потужність при виводу. Конструкція подрібнюючого апарату дозволить відокремлювати насіння якісно та скоротити час відокремлення насіння від мезги.

### **3 ПРОГРАМА, МЕТОДИКА ТА РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ**

#### **3.1 Програма експериментальних досліджень при збиранні насіння гарбузів**

Під час проектування машин для виділення насіння необхідно дослідити властивості плодів та насіння гарбузів різних сортів, конструктивних матеріалів робочих органів машини та умов виконання технологічного процесу збирання, до них належать: для насіння - форма, розміри, питома та об'ємна маса, щільність свіжовидаленого насіння, опір оболонки насінини на проколювання, вологість; для насінневих плодів - вміст сирого насіння, розміри, маса, форма, питомий опір роздавлювання;

Об'єктами лабораторних досліджень були: механіко-технологічні властивості насіння і мезги гарбуза;

Лабораторні дослідження проводилися з метою: визначення основних геометричних параметрів насінини і механіко - технологічних властивостей мезги та насіння гарбуза;

Для виконання програми досліджень необхідно було: визначити групу показників, за якими проводиться чищення насіння та методику визначення параметрів, окреслити групу сортів гарбузів, що найбільш застосовуються для вирощування на Україні; розробити методику етапів дослідження, організувати проведення дослідів до методів планування експериментів і обробки результатів досліджень.

В зв'язку з розвитком технологій вирощування та збирання плодів гарбузів механізованим методом, підвищилось травмування насіння, як основного продукту від вирощування гарбузів, при його збиранні та післязбиральній обробці насіння та в процесі зберігання насіння. Травмування насіння насіння може бути: біологічне, механічне та екологічне, але пошкодження отримані механічним способом найбільш небезпечні тому що значно погіршують властивості насіння яке використовується для посіву .

Механічні травмування воно часто отримує насіння під час збирання механізованим методом або його очистки, транспортування, зберігання в насіннесховищах чи на току. Травмування поділяють на три групи: насіння з макротравмами, насіння з мікротравмами та біте зерно подрібнювачами збиральних машин.

До макротравм належать пошкодження: зародок відбитий повністю чи частково ендосперм, повністю видалені оболонки насіння перисперм – пошкодженні, сім'ядолі.

Мікротравми приносять велику шкоду. До них відносять: омертвіння частинки насіння, яке не відокремлюється від самої насінини і не бере участі в життєдіяльності може отруювати зародок продуктами розпаду. До мікротравм належать: мікропошкодження зародка, сім'ядолі, перисперму із внутрішнім тріщинами, ендосперму, мікротріщини, які утворились при відділенні насіння від плоду, пошкодження оболонок насіннасінин та різного роду вм'ятини, що виникають від ударів при великій вологості насінин.

Основні причини травмування насіннин при збиранні плодів гарбузів є: регулювання частоти обертання подрібнювачів плодів та органів пов'язаних з відділення мезги від насіння комбайном – тиск вальців для протискування насіння через решета грохота, Решета встановлюються з певними отворами відповідно культури яка збирається, властивостей суміші мезги та насіння - сорту, врожайності, співвідношенні насіння та мезги, вологості самого насіння, форми насіння, маси 1000 насінин, фази стиглості та способу збирання гарбузів; режимів роботи роботи робочих органів збиральної машини, технічного стану машини; її конструктивних особливостей, майстерності операторів.

Травмується насіння найбільше при збиранні механізованим способом. Степінь травмування насіння при обмолоті сильно залежить від форми та розмірів, вологості насіння, будови, швидкості подачі мезги на робочі органи відділювачів їх регулювань. насіння в вологому та дуже сухому стані травмонебезпечне.

3.2. Обладнання, яке необхідне при проведенні експериментальних досліджень.

Для проведення досліджень потрібно мати стандартне та спеціально виготовлене обладнання для встановлення визначених показників. Це необхідно для встановлення параметрів досліджуваного матеріалу. виконання замірів розмірів насіння, яке отримане після збиральних машин, режимів роботи органів призначених для відділення насіння від мезги і певного періоду проведення дослідів. Проведення досліджень розділено на два етапи: пошук відповідного матеріалу та основні його дослідження.

При цьому використовували наступне стандартне обладнання (рис. 3.1, 3.2):

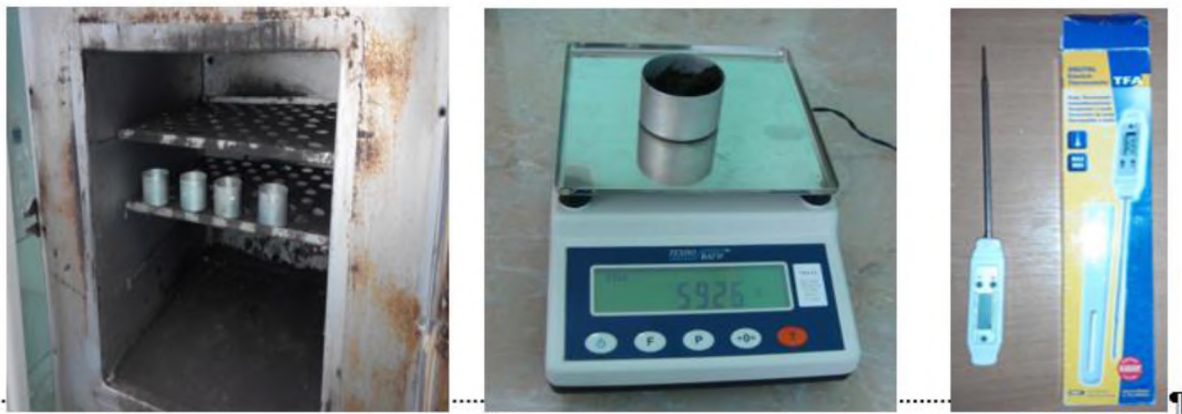


Рисунок 3.1 Прилади та обладнання з визначення вологості насіння ріпаку та стеблевої маси: сушильна шафа, набір бюксів, ваги, термометр,



Рисунок 3.2 Електронний вологомір МГ-44



Рисунок 3.3. Штангенциркуль

Для дослідження розмірних характеристик насіння використовували штангенциркуль з точністю до сотих міліметра.

3.3. Дослідження відібраних зразків та визначення розмірних характеристик насіння

Мета дослідження - виявити основні відмінності у розмірних характеристиках, формі та кутах тертя компонентів мезги і оцінки відділення насіння за цими параметрами.

Рекомендовані до районування у регіоні такі сорти гарбузів, як Український багатоплідний, Славута, Лель, Ждана, Стофунтовий, Світень. В зв'язку з цим дослідження проводились відповідно до цієї групи сортів.

Як показує аналіз дослідів, найбільш важливим параметром у процесі очищення є співвідношення довжини та ширини насінини (рис. 3.1), Відомо, що із ростом даного співвідношення якість розділення суміші зменшується.

$$L/b$$

де  $L$  – довжина насіння;  $b$  – ширина насіння

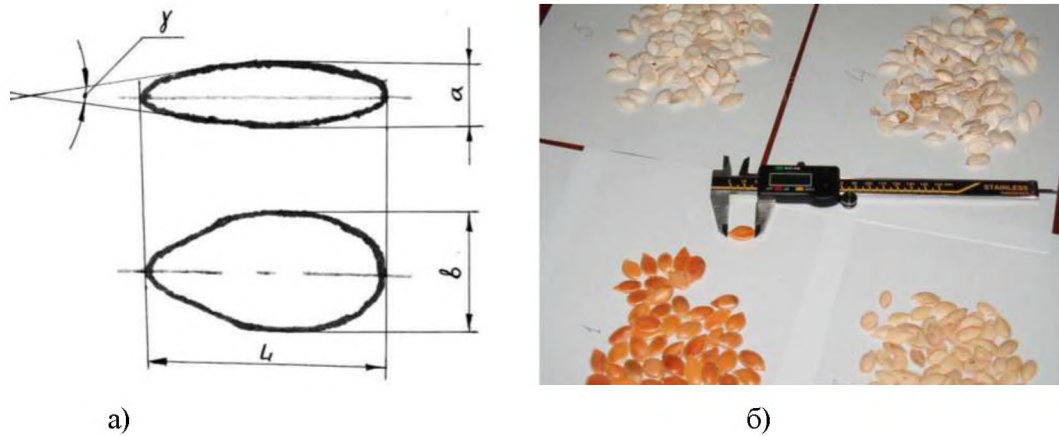


Рисунок 3.4. Розмірні характеристики насіння гарбузів: а – схема розмірів; б - робоче фото

Вимірювання геометричних розмірів насіння гарбузів здійснювали штангенциркулем з похибкою 0,01 мм. З кожного рекомендованого сорту відбирали по 100 насінин та проводили виміри, за результатами дослідів визначали середнє значення відповідного параметра, дисперсію і середнє квадратичне відхилення. Як видно із наведеного (рис 3.4, а), насінина має кривизну у поздовжній та поперечній площинках, які визначалися розрахунковим способом, виходячи з припущення, що поверхня являє собою сегмент правильного кола.

Насіння гарбузів має округлу, сплюснуту а подекуди грушоподібну форму. Плоди сорту Ждана, плоско-округлі, гладкі та слабосегментовані. Маса плодів відібраних для досліджень складає 2,56-6,32 кг, їх діаметр 230-380 мм. Середня товщина м'якоті становить 40-55 мм. Вихід насіння при збиранні складає 1,8-2,57 % від всієї маси, сухого - 1,3-1,5 %.

Плоди сорту Стофунтовий гладкі, мають сплюснену форму. Маса плодів 2,254,23 кг, діаметр складає 180-310 мм. Середня товщина м'якоті 35-48 мм. Вихід сирого насіння складає 3,35-3,5 %, сухого - 2,1-2,5 %. З краю насіння є виїмка. Насіння має шорстку поверхню та покрита тонкою прозорою плівкою, яка відпадає при сушінні.

Результати розмірно-масових характеристик плодів, його розмірні показники та фізичні властивості представлені в табл. 4.1 та 4.2.

Таблиця 3.1 – Фізичні властивості насіння

| Абсолютна вологість насіння, % | Абсолютна маса 1000 насінин, г |       |         | Об'ємна маса, г/л |       |         | Щільність насіння, г/см <sup>3</sup> |       |         |
|--------------------------------|--------------------------------|-------|---------|-------------------|-------|---------|--------------------------------------|-------|---------|
|                                | мін.                           | макс. | середн. | мін.              | макс. | середн. | мін.                                 | макс. | середн. |
| 48,2                           | 690                            | 850   | 770     | 514               | 598   | 570     | 0,84                                 | 0,91  | 0,90    |
| 45,6                           | 326                            | 382   | 372     | 586               | 660   | 630     | 0,87                                 | 0,92  | 0,91    |

Таблиця 1.2 – Геометричні параметри насіння деяких сортів гарбуза

| № | Сорт        | Довжина  |             | Ширина   |             | Товщина  |             |
|---|-------------|----------|-------------|----------|-------------|----------|-------------|
|   |             | $L_{CP}$ | $\pm\sigma$ | $b_{CP}$ | $\pm\sigma$ | $a_{CP}$ | $\pm\sigma$ |
| 1 | Славута     | 21,07    | 3,01        | 12,83    | 1,49        | 5,53     | 0,33        |
| 2 | Лель        | 18,09    | 1,67        | 10,73    | 1,85        | 2,84     | 0,19        |
| 3 | Світень     | 20,74    | 2,41        | 11,54    | 1,09        | 3,87     | 0,20        |
| 4 | Ждана       | 20,29    | 2,50        | 12,36    | 0,89        | 5,37     | 0,28        |
| 5 | Стофунтовий | 20,71    | 2,35        | 11,60    | 1,25        | 3,52     | 0,15        |

Механіко-технологічні властивості насіння і мезги гарбузів відрізняються від властивостей плодів інших культур.

Тобто механіко-технологічні властивості насіння та мезги характеризують власну поведінку в разі прикладання механічного зусилля до таких матеріалів. В загальному випадку коефіцієнт тертя мезги не залежить від її стиску. Особливість мезги полягає в тому, що під час прикладання зусилля змінюється структура самого тіла та основні фізичні властивості зразка.

Процеси, які проходять в робочому тілі при дії стиску, мають малий час дії. Проходить пряма залежність властивостей мезги від швидкості прикладання зусилля.

При контакті мезги із повітрям відбувається хімічна реакція, яка сильно впливає на липкість матеріалу. В шнековому транспортері, де відбувається зминання сумішей, контакт із повітрям відсутній, то вже сепаратори-очисники, розділяють суміш при інтенсивного контакті з навколишнім середовищем.

Силу стискування мезги гарбузів проводили переобладнаним екстензометром.



Рисунок 3.5 Прилад для визначення сил стискування мезги

Для цього відбирали зразки з середньої частини та прикірковій. Зразки виготовляли в вигляді кубиків 20-20 мм та розміщували між площинами приладу і проводили стискування даних зразків покази знімали при зміні відстані між площинами 5 мм. Дані заносили в таблицю та з допомогою приграми Excel будували графічні залежності зображені на рис 3.

Таблиця 3.3 – Характеристика сил стискування м'якоті гарбузів

| № за порядком | Відстані вимірів.<br>мм | Сила стиску<br>середини м'якоті, Н | Сила стиску<br>м'якоті при кірці, Н |
|---------------|-------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|
| 1             | 20                      | 12                                 | 15                                  |
| 2             | 15                      | 10                                 | 17                                  |
| 3             | 10                      | 7                                  | 22                                  |
| 4             | 5                       | 3                                  | 30                                  |
| 5             | 0                       | 0                                  | -                                   |

В процесі проведення лабораторних дослідів згідно з загальноприйнятою методикою визначали стискування мезги подрібнених плодів, м'якоті та прокол насіння насіння, Для визначення біологічної врожайності за насінням з трьох

точок відбиралася проба плодів не менш 50 кг. Далі з проб брали без вибору не менше 50

Плоди вимірювали за його довжиною (по його повздовжній осі діаметра з похибкою 1 мм) і зважували з похибкою 1 г. Потім вручну виділяли насіння і зіставляли масу отриманого насіння і плоду, розраховували відсотковий вміст компонентів.

### Сила стискання м'якоті гарбузів

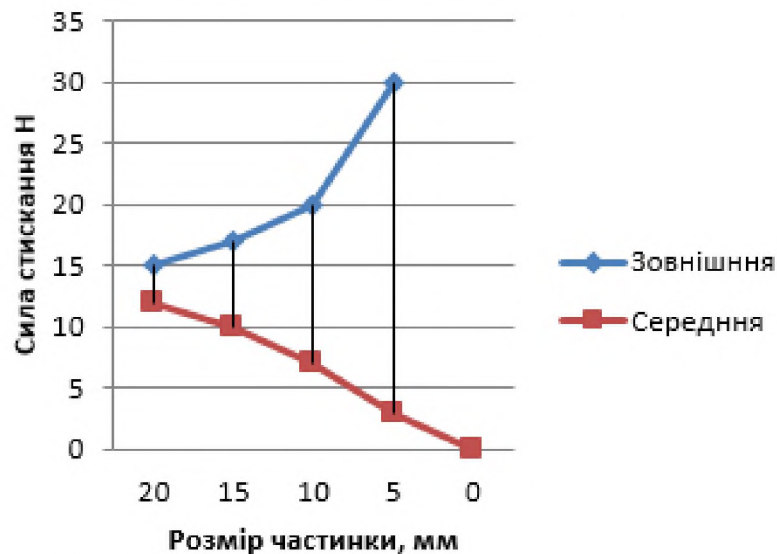


Рисунок 3.6 Графік залежності сили стискування мезги від розмірів гарбузів.

### 3.3. Дослідження сили різання зразків мезги гарбузів

Для проведення досліджень визначалась вологість зразків гарбузів з яких вирізали частини зразків для проведення дослідів: з разки вирізувались з внутрішньої частини, середньої та зовнішньої сторони. Проведені дослідження



Рисунок 3.7 Лабораторне устаткування для визначення сили різання м'якоті гарбузів.

обумовлюються різною твердістю оболочки гарбузів та необхідністю досліджень для визначення конструктивних особливостей сепаруючих робочих органів машини для збирання гарбузів твердості її в різних ділянках морфологічної будови самого плоду та дією на плід робочого органу (подрібнюючого механізму) із врахуванням різниці сортів гарбузів, та буде впливати на ступінь подрібнення оболочки гарбуза та заодно на якість відділення насіння та роботу машини в різних агротермінах збирання. Це необхідно враховувати коли вибирають швидкість руху агрегату на полі та виборі технології збирання даної культури.

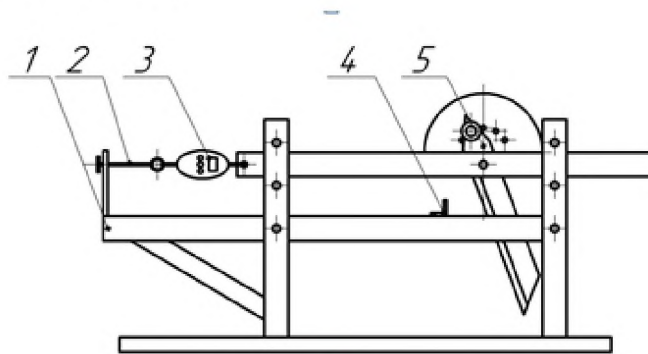


Рисунок 3.8 Схема установки із визначення сили різання м'якоті гарбузів:  
1 - рама приладу, 2 - гвинт, 3 - динамометр, 4 - зажими, 5 - рухомий ніж з регулюванням кута різання 30-60-90 градусів.

Для встановлення впливу вологості на кути різання м'якоті гарбузів в різних фазах його досягання використали стандартні лабораторну установки, зображену на рис. 3.7, 3.8 і прилади, які описані в п.3.1.

Згідно отриманих результатів досліджень з визначення сили різання були побудовані графіотриманими результатами будувалися графічні залежності напружень від відносного видовження (рис. 3.16) і проводилося узагальнення отриманих значень умовних напружень і розривних зусиль (табл. 3.4).

Таблиця 3.4 – Зусилля різання зразків м'якоті гарбузів

| Висота зразка<br>м'якоті гарбуза, мм | Середнє зусилля різання зразків, з різним<br>кутом нахилу леза, ° |      |      |
|--------------------------------------|---|------|------|
|                                      | 30°   | 60°  | 90°  |
| 20,0-25,0                            | 14,2  | 15,3 | 20,0 |
| 30-35                                | 17,1  | 20,2 | 26,6 |
| 45-50                                | 25,3  | 26,8 | 35,4 |

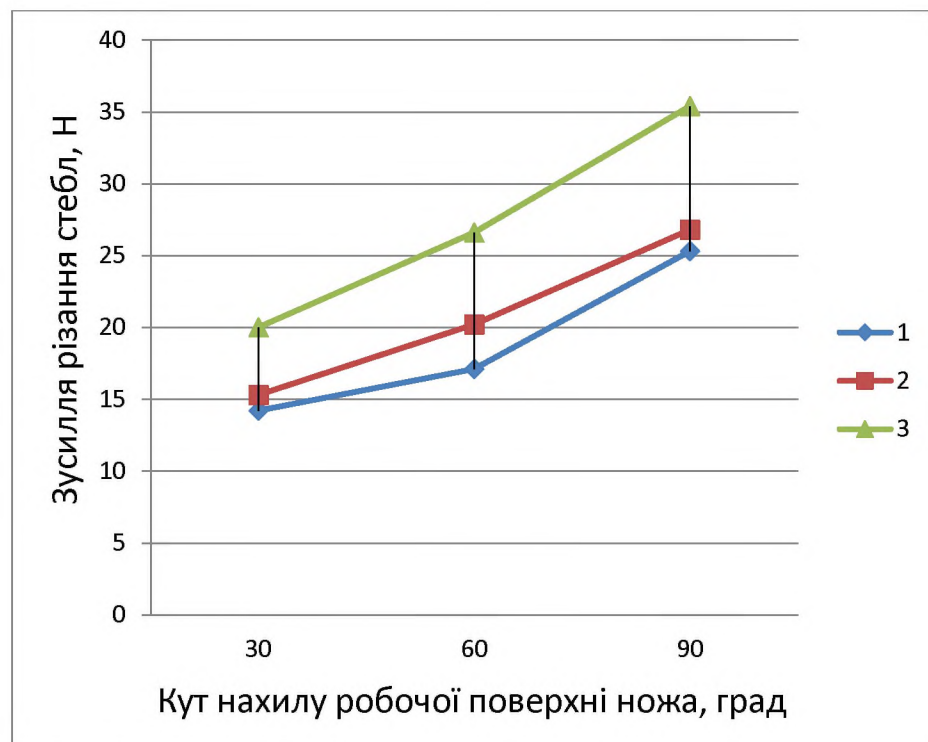


Рисунок 3.9 – Графік залежності зусилля різання зразків м'якоті гарбузів від кута нахилу леза: 1 – внутрішня частина м'якоті гарбуза; 2 – середня частина, 3 – верхня прикіркова частина.

### **Висновки до розділу 3**

1. В програмі проведення дослідів було використано стандартне та спеціально виготовлене лабораторне обладнання.
2. Приведена методика із визначення сил поперечного різання мякоті гарбузів.
3. Запропоновано методику із визначання сил стискування мякоті вказує на вдалий підбір кутів різання та сили притискування мезги до днищ сепаруючих робочих органів та можна застосовувати рекомендації при конструюванні механізму для подрібнення та відділення насіння від плодів гарбузів.

## 4 РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ З ВИКОРИТАННЯМ МАТЕМАТИЧНОГО ПЛАНУВАННЯ

4.1 Методика та результати експериментальних досліджень із використанням методу математичного планування.

Для проведення експериментальних досліджень методом математичного планування експерименту прийнято брати симетричний трифакторний експеримент плану  $3 \times 3 \times 3$ . Фактори і їх варіацію обрано виходячи з наступних міркувань. Перший фактор три варіації. В процесі проведення лабораторних досліджень було зазначено, що липкість суміші мезги та насіння прямо залежить від часу, який пройшов після виділення насіння з плодів гарбуза. Значення липкості в даному випадку принципового значення не має. Важливим є час після виділення. Тому в якості фактору приймемо саме час, який пройшов після виділення ( $XI$ ) насіння на розроблюваній машині.

Перший рівень – це відсутність затримки із наступною переробкою, чи  $XI = 0$ . Як показали дослідження, збільшення липкості інтенсивно проходить перші 20 хв. Тому при отриманні симетричного плану приймемо: перший рівень  $XI = 0$  хв, другий рівень  $XI = 10$  с, третій рівень  $XI = 20$  с.

Другий фактор також повинен мати три варіювання. На першому етапі проведення лабораторних досліджень було окреслено діапазон зміни пружності матеріалів лопатей шнека 1,2–2,2 МПа. Валець, не виходячи за діапазон пружності, можна виготовляти із різного матеріалу, і це безпосередньо відбивається на липкості. Існує чотири типи виштовхуючих матеріалів для виготовлення лопатей шнека (таблиця 4.4): мікропористий поліуретан (*Vulkolan*), гума з відкритими порами, чи губчаста, гума з закритими порами.

З всієї кількості механікотехнологічних властивостей на даному етапі для дослідів важливі наступні: коефіцієнт Пуассона (коефіцієнт бокового розширення) та швидкість релаксації (кількість стискань за годину, при якій матеріал повністю відновлює свою початкову форму), коефіцієнт компресії

(величина, на яку можна стискати запропонований матеріал, не наносячи механічного пошкодження)

Таблиця 4.1 – Основні фізико-механічні властивості матеріалу лопатей

| Основні механічні властивості матеріалу вальця № | Матеріал                 | Коефіцієнт Пуассона, % | Швидкість релаксації, год-1 | Коефіцієнт компресії, % |
|--|--------------------------|------------------------|-----------------------------|-------------------------|
| 1  | Гума з відкритими порами | 50                     | 3–9 тис.                    | 40                      |
| 2  | Гума зі закритими порами | 100                    | 5–13 тис.                   | 50–60                   |
| 3  | Мікропористий поліуретан | 150                    | 10–14 тис.                  | 40–50                   |

Варто зазначити, що при стискуванні гуми із відкритими порами з неї частково відходить повітря, яке збільшує час релаксації (відновлення), но зменшує липкість та коефіцієнт тертя за рахунок подушки з повітря.

Як вказує аналіз табл. 4.1, всі три матеріали гуми можуть бути застосовані для виготовлення лопатей шнека. Тому було прийнято (фактор  $X_2$ ): перший рівень ( $X_2$ ) – гума з відкритими порами, другий рівень ( $X_2$ ) – гума зі закритими порами, третій рівень ( $X_2$ ) – мікропористий поліуретан.

Третій фактор має три рівні варіювання. Діаметр описаного кола лопатей прийнято (фактор  $X_3$ ): перший рівень ( $X_3$ ) = 45 мм, другий рівень ( $X_3$ ) = 65 мм, третій рівень ( $X_3$ ) = 85 мм

Рівні варіювання (зміни) факторів представлені в вигляді підсумкової табл. 4.2.

Таблиця 4.2 – Рівні варіювання факторів експерименту

| Фактор  | Код   | Рівні факторів                 |                               |                                |
|---|-------|--------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|
|   |       | -1                             | 0                             | +1                             |
| Час, перебування насіння в робочому органі, с | $X_1$ | 0                              | 10                            | 20                             |
| Матеріал вальця (пружність, МПа)              | $X_2$ | Гума з відкритими порами (1,2) | Гума з закритими порами (2,1) | Мікропористий поліуретан (3,0) |
| Діаметр описаного кола, мм                    | $X_3$ | 45                             | 65                            | 85                             |

Експериментальні дослідження методом математичного планування експерименту проводилися відповідно до матриці (табл. 4.3), яка включає повний перебір всіх комбінацій рівнів факторів. Для кожного рівня факторів виміри проводилися з трикратним повторенням і бралось серед-нє значення.

Значення постійних для розрахунку коефіцієнтів регресії [29]:

$$A_0 = 0,25926;$$

$$A_{01} = A_{03} = 0,11111;$$

$$A_1 = A_2 = A_3 = 0,05556$$

$$A_{11} = A_{22} = A_{33} = 0,16667$$

$$A_{12} = A_{13} = A_{23} = 0,08333. \text{ Коефіцієнт рівня регресії}$$

$$b_0 = A_0 (OY) - A_{01} (11Y) - A_{02} (22Y) - A_{03} (33Y) = 68,0$$

$$b_1 = A_1 (1Y) = -6,9$$

$$b_2 = A_2 (2Y) = -5,3$$

$$b_3 = A_3 (3Y) = 3,2$$

$$b_{12} = A_{12} (12Y) = 0,5$$

$$b_{13} = A_{13} (13Y) = 0,33$$

$$b_{11} = A_{11} (11Y) - A_{01} (OY) = -1,4$$

$$b_{22} = A_{22} (22Y) - A_{02} (OY) = +0,2$$

$$b_{33} = A_{33} (33Y) - A_{03} (OY) = 0,3.$$

За результатами багатофакторного експерименту, отримано наступне рівняння регресії:

$$P = 68,0 - 6,9 \cdot X_1 - 5,3 \cdot X_2 - 3,2 \cdot X_3 - 1,4 \cdot X_{12} + 0,2 \cdot X_{22} + 0,3 \cdot X_{23} + 0,5 \cdot X_1 \cdot X_2 + 0,33 \cdot X_1 \cdot X_3$$

Де:  $P$  – зниження засміченості відділеного насіння гарбузів, %

Враховуючи те, що заміна параметра  $X_2$  є трудомісткою та витратною, аналіз отриманої регресійної моделі провели за зрізами, отриманими при зафіксованих значеннях даного фактора.

В результаті було встановлено, що фактор варіювання  $X_1$  є найбільший значущим (рис.4.1). Причому, максимальне абсолютне пониження засміченості

насіння гарбузів має при  $X1 = -1$ , коли час затримки очищення насіння рівне нулю.

Таблиця 4.3 – Розрахункова матриця визначення величини зниження абсолютної засміченості насіння гарбуза

| №       | Фактичне зниження забруднення, % | Розрахункова матриця |           |          |          |             |             |             |          |          |          | Розрахункове значення, % | SP – S, % |          |
|---------|----------------------------------|----------------------|-----------|----------|----------|-------------|-------------|-------------|----------|----------|----------|--------------------------|-----------|----------|
|         |                                  | X0                   | X1        | X2       | X3       | X21         | X22         | X23         | X1X2     | X1X3     | X2X3     |                          |           |          |
| 1       | 51                               | +1                   | +1        | +1       | +1       | +1          | +1          | +1          | +1       | +1       | +1       | +1                       | 51,9      | +0,9     |
| 2       | 54                               | +1                   | +1        | +1       | 0        | +1          | +1          | 0           | +1       | 0        | 0        | 0                        | 55,1      | +1,1     |
| 3       | 56                               | +1                   | +1        | +1       | -1       | +1          | +1          | +1          | +1       | -1       | -1       | -1                       | 57,6      | +1,6     |
| 4       | 55                               | +1                   | +1        | 0        | +1       | +1          | 0           | +1          | 0        | +1       | 0        | 0                        | 56,5      | +1,5     |
| 5       | 58                               | +1                   | +1        | 0        | 0        | +1          | 0           | 0           | 0        | 0        | 0        | 0                        | 59,7      | +1,7     |
| 6       | 60                               | +1                   | +1        | 0        | -1       | +1          | 0           | +1          | 0        | -1       | 0        | 0                        | 62,3      | +2,3     |
| 7       | 59                               | +1                   | +1        | -1       | +1       | +1          | +1          | +1          | -1       | +1       | -1       | -1                       | 61,1      | +2,1     |
| 8       | 63                               | +1                   | +1        | -1       | 0        | +1          | +1          | 0           | -1       | 0        | 0        | 0                        | 64,7      | +1,7     |
| 9       | 67                               | +1                   | +1        | -1       | -1       | +1          | +1          | +1          | -1       | -1       | +1       | +1                       | 67,3      | +0,3     |
| 10      | 59                               | +1                   | 0         | +1       | +1       | 0           | +1          | +1          | 0        | 0        | +1       | +1                       | 59,4      | +0,4     |
| 11      | 63                               | +1                   | 0         | +1       | 0        | 0           | +1          | 0           | 0        | 0        | 0        | 0                        | 62,9      | -0,1     |
| 12      | 65                               | +1                   | 0         | +1       | -1       | 0           | +1          | +1          | 0        | 0        | -1       | -1                       | 64,7      | -0,3     |
| 13      | 65                               | +1                   | 0         | 0        | +1       | 0           | 0           | +1          | 0        | 0        | 0        | 0                        | 64,5      | -0,5     |
| 14      | 68                               | +1                   | 0         | 0        | 0        | 0           | 0           | 0           | 0        | 0        | 0        | 0                        | 68,0      | 0,0      |
| 15      | 71                               | +1                   | 0         | 0        | -1       | 0           | 0           | +1          | 0        | 0        | 0        | 0                        | 70,9      | -0,1     |
| 16      | 70                               | +1                   | 0         | -1       | +1       | 0           | +1          | +1          | 0        | 0        | -1       | -1                       | 70,0      | 0,0      |
| 17      | 74                               | +1                   | 0         | -1       | 0        | 0           | +1          | 0           | 0        | 0        | 0        | 0                        | 73,5      | -0,5     |
| 18      | 76                               | +1                   | 0         | -1       | -1       | 0           | +1          | +1          | 0        | 0        | +1       | +1                       | 76,6      | +0,7     |
| 19      | 65                               | +1                   | -1        | +1       | +1       | +1          | +1          | +1          | -1       | -1       | +1       | +1                       | 64,1      | -0,9     |
| 20      | 69                               | +1                   | -1        | +1       | 0        | +1          | +1          | 0           | -1       | 0        | 0        | 0                        | 67,9      | -1,1     |
| 21      | 74                               | +1                   | -1        | +1       | -1       | +1          | +1          | +1          | -1       | +1       | -1       | -1                       | 72,1      | -1,9     |
| 22      | 72                               | +1                   | -1        | 0        | +1       | +1          | 0           | +1          | 0        | -1       | 0        | 0                        | 69,7      | -2,3     |
| 23      | 75                               | +1                   | -1        | 0        | 0        | +1          | 0           | 0           | 0        | 0        | 0        | 0                        | 73,5      | -1,5     |
| 24      | 78                               | +1                   | -1        | 0        | -1       | +1          | 0           | +1          | 0        | +1       | 0        | 0                        | 76,7      | -1,3     |
| 25      | 77                               | +1                   | -1        | -1       | +1       | +1          | +1          | +1          | +1       | -1       | -1       | -1                       | 75,7      | -1,3     |
| 26      | 81                               | +1                   | -1        | -1       | 0        | +1          | +1          | 0           | +1       | 0        | 0        | 0                        | 79,5      | -1,5     |
| 27      | 84                               | +1                   | -1        | -1       | -1       | +1          | +1          | +1          | +1       | +1       | +1       | +1                       | 82,7      | -1,3     |
| Сума 65 |                                  | 0Y = 1809            | 1Y = -125 | 2Y = -95 | 3Y = -58 | Y11 = +1198 | Y22 = +1207 | Y33 = +1204 | Y12 = +6 | Y13 = +4 | Y23 = +1 |                          |           | ∇ = 1,28 |

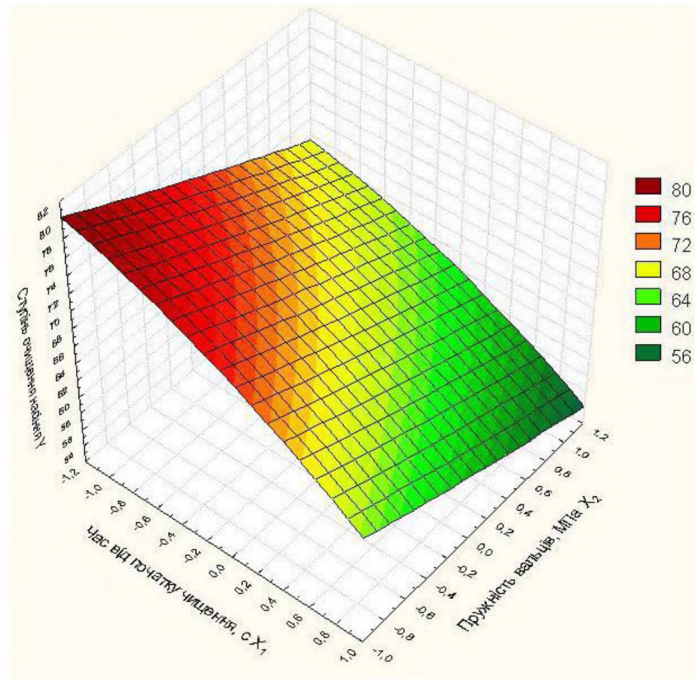


Рисунок 4.1. Оптимальна поверхня відгуку розробленої математичної моделі.

Вплив фактора  $X_2$  хоч і суттєвий, але в порівнянні із  $X_1$  на 30 % менший. Підвищення чистоти насіння при зменшенні жорсткості вальця пояснюємо видавлюванням повітря із гуми в процесі стискування та утворенням повітряної подушки, що зменшить прилипання подрібненої суміші до прорезиненої лопаті шнека. Висновок цілком підтверджується позитивним значенням коефіцієнта  $b_{12} = 0,5$ . І це вказує на те, що в випадку використання гуми із відкритими порами час відвиділення насіння від мезги до повного його очищення можна збільшити до 10 с. без втрат якості вихідного матеріалу.

Що стосується фактору  $X_3$ , то при зменшенні його теж відбувається пониження абсолютного показника засміченості насіння гарбуза, хоч й не так інтенсивно, як при зниженні фактора  $X_1$  (рис.4.1). Позитивну роль в даному процесі має парне впливання факторів на процес  $X_1$  та  $X_3$ , про що відповідним чином свідчить й значення коефіцієнту  $b_{13}$ .

Встановлення лопатей меншого діаметру описаного кола зменшує жорсткість лопатей зі всіма негативними наслідками. Із огляду на це вказаний

діаметр повинен знаходитися в визначених в процесі теоретичних досліджень межах- 62...78 мм.

#### **Висновки до розділу 4**

1. Для всіх сортів гарбузів коефіцієнт тертя мезги по гумі зростає в інтервалі часу 0-20 хв. При ще більш тривалому перебуванні мезги на відкритому повітрі змін значення вказаного коефіцієнта тертя не зафіксовано.

2. Дослідженнями встановлено, і експериментально підтверджено, що для забезпечення малої засміченості насіння гарбуза частота обертання лопатей шнекового подрібнювача повинна становити 200...300 хв<sup>-1</sup>. За цим діапазоном частоти обертання показник засміченості погіршується та це зберігається незалежно від пружності матеріалу лопатей.

3. За частоти обертання 200...300 хв<sup>-1</sup> лопаті із меншою пружністю забезпечують кращу якість насіння, менші втрати та травмування насінин. Оптимальне значення даного показника має становити 1,2...2,2 мПа, величина деформації лопаті не має перевищувати 3 мм.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

В кваліфікаційній роботі розроблено технологію вирощування гарбузів та запропоновано конструкцію машини для його збирання та розроблено схему машини для механізованого збирання гарбузів з шириною валка 1.2 м

За останні роки на Україні розвивається вирощування баштанних культур по всій території. Поява стабільних покупців даної продукції зробила вирощування даної культури прибутковою. Багато великих підприємств та фермерських господарств почали вирощувати дану культуру. Тому розробка машин для механізованого збирання є актуальною темою кваліфікаційної роботи магістра. Широке застосування розробка одержить при технології вирощування гарбузів та інших баштанних культур, вона покращить якість виконання технологічного процесу збирання зменшивши використання ручної праці. Розроблюваний вузол дозволить якісно подрібнювати плоди гарбузів та відділяти від нього насіння. Дану машину можна буде використовувати на різних площах посіву. Продуктивність його дозволить збирати культуру в відведені агротехнічні терміни.

В роботі було проведено огляд поширених технологій вирощування гарбузів та зроблено огляд машин, які можуть брати участь у технологічному процесі збирання гарбузів. Розробка всі вимоги до збирання даної культури.

В роботі теоретично обґрунтовано параметри подрібнювального апарату, зроблено розрахунок потужності, що витрачається на привід подрібнювача.

В даній роботі проведено лабораторно-експериментальні дослідження, які вимагали застосування стандартного та виготовленого лабораторного обладнання.

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Дерев'янку Д.А. Дослідження травмування насіння робочими елементами протруювача при проходженні технологічного процесу / Збірник наукових праць Кіровоградського національного технічного університету. Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація / - вип. 29. - Кіровоград: КНТУ, 2016. -с. 18-24.
2. Дерев'янку Д. Дослідження ударної взаємодії травмування насіння поверхнею циліндричного решета вібросепаратора після його сходження з диска розподільника / Техніка і технології АПК, №6 (69) 2015. - Режим доступу: [http://ndipvt.com.ua/oldsite/arcive ioigpa1/2P15/TTAPK%2006 2015.pdf](http://ndipvt.com.ua/oldsite/arcive%20ioigpa1/2P15/TTAPK%2006%202015.pdf)
3. ДСТУ 4138-2002. Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначання якості. - К.: Держспоживстандарт України, 2003. - 173 с.
4. Аністеренко В.О. Математичне планування експериментів в АПК : навч. посібник / В.О. Аністеренко, В.Г. Федолов. – К. : Вища школа, 1993. – 75 с.
5. Каленська С.М. Насіннезнавство та методи визначення якості насіння сільськогосподарських культур: навчальний посібник / [С.М. Каленська, Н.В.Новицька, В.Л.Жемойда та ін.]; за ред. С.М.Каленської. - Вінниця: Нова Книга, 2011. - 300 с.
6. Войтюк Д.Г. Сільськогосподарські та меліоративні машини / Войтюк Д.Г., Дубровін В.О., Іщенко Т.Д. – К. : Вища освіта, 2004. – 544 с.
7. Головчук А.Ф. Експлуатація та ремонт сільськогосподарської техніки : підруч. / Головчук А.Ф., Марченко В.І., Орлов В.Ф. – К. : Грамота, 2005.– 576 с. (Машини сільськогосподарські; кн. 3).
8. Гольдшмідт О.В. Теоретичний аналіз процесу подрібнення насінневих плодів овочевих культур // Механізація с.-г. виробництва : зб. наук. праць НАУ. – К., 2002. – Т. XII. – С. 193–197.
9. Гольдшмідт О.В. Теоретичний аналіз процесу подрібнення насінневих плодів баштанних культур / О.В. Гольдшмідт // Конструювання, виробництво та

експлуатація с.-г. машин : загальнодерж. міжвідомч. науково-техн. зб. / КДТУ. – Кіровоград, 2002. – Вип. 32. – С. 111–117

10. Лихочвор В.В., Проць Р.Р. Ріпак - Львів: НВФ “Українські технології” 2005 - 88 с.

11. Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначання якості: ДСТУ 4138-2002. - [Чинний від 2004-01-01]. - К.: Держспоживстандарт України, 2003. - 173 с.

12. Новицька Н.В. Травмування насіння як чинник зниження врожайності сільськогосподарських культу / Н.В. Новицька // Науковий вісник НАУ. - Вип. 123. - К., 2008. - С. 58-68.

13. Новицька Н. В. Шляхи зниження негативних наслідків травмування насіння / Н. В. Новицька // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Сер.: Агронімія. - 2012. - Вип. 176. - С. 40-45. - Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvnaui\\_aet\\_2012\\_176\\_7](http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvnaui_aet_2012_176_7)

14. Теслюк Г.В. Визначення коефіцієнта зовнішнього тертя мезги гарбуза по металевій поверхні. / Наукові праці Полтавської державної аграрної академії. – Том 6 (25). Механізація та електрифікація сільського господарства. – Полтава.: РВВ ПДАА, 2007. с. 150 – 153.

15. Сільськогосподарські та меліоративні машини: Підручник / Д.Г.Войтюк, В.О. Дубровін, Т.Д. Іщенко та ін.; Заред. Д.Г. Войтюка. - К.:Вищаосвіта, 2004. — 544 с.

16. Войтюк Д. Г., Гаврилюк Г.Р. Сільськогосподарські машини: Підручник. -К., «Каравела», 2004. – 552 с.

17. Заїка П.М. Теорія сільськогосподарських машин. Том. 2 (ч. 1). Машини для заготівлі кормів. / П.М. Заїка. – Х.: Око, 2003. – 360 с.

18. Новітні агротехнології у рослинництві: Підручник / В.Д. Паламарчук, І.С. Поліщук, В.А. Мазур, О.Д. Паламарчук. – Вінниця, 2017. – 602с.

19. Сільськогосподарські машини. Електронний підручник. Агроосвіта [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://192.162.132.48:555/elektr%20pidr/ehanizacia/silskogospodarski%20mashynu/teoria/6/6.1.htm>

20. Пришляк В.М. Сільськогосподарські машини. Машини для заготівлі кормів, збирання зернових культур та коренебульбоплодів. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт студентами факультету механізації сільського господарства напряму підготовки 6.050503 "Обладнання переробних та харчових виробництв" денної форми навчання / В.М. Пришляк, О.В.Ковальчук, В.М. Яропуд. – Вінниця: ВНАУ, 2014. –80с.

21. Медведовський О.К., Іваненко П.І. Енергетичний аналіз інтенсивних технологій в сільськогосподарському виробництві. Київ: Урожай, 1988. 208с.

22. Петриченко В., Лихочвор В. Рослинництво. Нові технології вирощування польових культур: підручник. 5-те вид., виправ., доповн. Львів: НВФ «Українські технології» 2020. 806 с.

23. Вища математика в прикладах та задачах : навч. посіб. / В.М. Дубчак, В.М. Пришляк, Л.І. Новицька. – Вінниця: ВНАУ, 2018. – 254 с.

24. Гаврилюк М. М., Салатенко В. Н., Чехов А. В., Федорчук М. І. Олійні культури в Україні: навчальний посібник. К.: Основа, 2008. 420 с..

25. Шорошенко П.М., Тарасюк В.В. Властивості гарбузів, як і коли збирати врожай / П.М. Хорошенко, В.В. Тарасюк, // Студентський науковий вісник. Серія – природничі та технічні науки. Науковий збірник. Випуск 48 – Луцьк: ЛНТУ, 2023 – 65-68 с.

26. Каленська С.М., Єрмакова Л. М., Паламарчук В. Д., Поліщук І. С., Поліщук М. І. Системи сучасних інтенсивних технологій у рослинництві: Підручник. Вінниця: ФОП Рогальська І.О., 2015. 448 с

## **ДОДАТКИ**

| Формат | Зона | Поз. | Позначення           | Найменування              | Кільк. | Примітка |
|--------|------|------|----------------------|---------------------------|--------|----------|
|        |      |      |                      | <u>Документація</u>       |        |          |
| A1     |      |      | AI.MГЗ.00.00.0000.03 | Схема принципова          |        |          |
|        |      |      |                      | <u>Складальні одиниці</u> |        |          |
|        |      | 1    | AI.MГЗ.01.00.0000.СК | Сниця                     | 1      |          |
|        |      | 2    | AI.MГЗ.02.00.0000.СК | Кардан                    | 1      |          |
|        |      | 3    | AI.MГЗ.03.00.0000.СК | Опорне колесо             | 2      |          |
|        |      | 4    | AI.MГЗ.04.00.0000.СК | Рама                      | 1      |          |
|        |      | 5    | AI.MГЗ.05.00.0000.СК | Очищувач                  | 2      |          |
|        |      | 6    | AI.MГЗ.06.00.0000.СК | Вивантажувальний шнек     | 1      |          |
|        |      | 7    | AI.MГЗ.07.00.0000.СК | Бункер                    | 1      |          |
|        |      | 8    | AI.MГЗ.08.00.0000.СК | Вивантажувальна горловина | 1      |          |
|        |      | 9    | AI.MГЗ.09.00.0000.СК | Підбираючий механізм      | 1      |          |
|        |      | 10   | AI.MГЗ.10.00.0000.СК | Подрібнювач шнековий      | 1      |          |
|        |      | 11   | AI.MГЗ.11.00.0000.СК | Опорне колесо             | 2      |          |

|           |      |                |        |      |  |  |       |         |
|-----------|------|----------------|--------|------|--|--|-------|---------|
|           |      |                |        |      | KA1.MГЗ.00.00.0000.03  |  |       |         |
| Зм.       | Арк. | № докум.       | Підпис | Дата |  |  |       |         |
| Розроб.   |      | Хорошенко П.М. |        |      | <b>Машина для збирання<br/>гарбузів<br/>схема принципова</b> | Літера                                 | Аркуш | Аркушів |
| Перев.    |      | Тарасюк В.В.   |        |      |  | М                                      | 1     | 1       |
| Т.Контр.  |      |                |        |      |  | Луцького НТУ, каф. AI<br>ст.гр. AIм-21 |       |         |
| Н. контр. |      | Юхимчук С.Ф.   |        |      |  |  |       |         |
| Затв.     |      | Сацюк В.В.     |        |      |  |  |       |         |

| Формат | Зона | Поз. | Позначення           | Найменування              | Кільк. | Примітка |
|--------|------|------|----------------------|---------------------------|--------|----------|
|        |      |      |                      | <u>Документація</u>       |        |          |
| A1     |      |      | AI.MГЗ.10.00.0000.SK | Подрібнювач шнековий      |        |          |
|        |      |      |                      | <u>Складальні одиниці</u> |        |          |
|        |      | 1    | AI.MГЗ.10.00.0001    | Вал                       | 1      |          |
|        |      | 2    | AI.MГЗ.10.00.0002    | Кришка наскрізна          | 1      |          |
|        |      | 3    | AI.MГЗ.10.00.0003    | Корпус підшипника         | 2      |          |
|        |      | 4    | AI.MГЗ.10.00.0004    | Корпус                    | 1      |          |
|        |      | 5    | AI.MГЗ.10.00.0005    | Протирізальна пластина    | 4      |          |
|        |      | 6    | AI.MГЗ.10.00.0006    | Лопать                    | 60     |          |
|        |      | 7    | AI.MГЗ.10.00.0007    | Боковина                  | 1      |          |
|        |      | 8    | AI.MГЗ.10.00.0008    | Корпус підшипника         | 1      |          |
|        |      | 9    | AI.MГЗ.10.00.0009    | Кришка глуха              | 1      |          |
|        |      | 10   | AI.MГЗ.10.00.0010    | Дека                      | 1      |          |
|        |      |      |                      | <u>Стандартні вироби</u>  |        |          |
|        |      |      |                      | Болт ГОСТ 7805-70         |        |          |
|        |      | 13   |                      | M10- 6g-25                | 4      |          |
|        |      | 17   |                      | M16- 6g-20                | 8      |          |
|        |      |      |                      | Гайка ГОСТ 5915-70        |        |          |
|        |      | 12   |                      | M55                       | 2      |          |
|        |      | 14   |                      | M10                       | 4      |          |
|        |      | 11   |                      | Сальник 50*60*5           | 1      |          |
|        |      | 16   |                      | Сальник 80*75*7           | 2      |          |
|        |      |      |                      | ГОСТ 8752-79              |        |          |
|        |      |      |                      | Підшипник7613 (32313)     |        |          |
|        |      |      |                      | ГОСТ 7242-81              |        |          |
|        |      | 19   |                      | Кільце A135.50 ХГА        | 1      |          |
|        |      |      |                      | ГОСТ 13943-86             |        |          |

|           |      |                |        |      |  |                       |       |         |
|-----------|------|----------------|--------|------|--|-----------------------|-------|---------|
|           |      |                |        |      | КАI.MГЗ.00.00.0000.03                        |                       |       |         |
| Зм.       | Арк. | № докум.       | Підпис | Дата |  |                       |       |         |
| Розроб.   |      | Хорошенко П.М. |        |      | Подрібнювач шнековий<br>Складальне креслення | Літера                | Аркуш | Аркушів |
| Перев.    |      | Тарасюк В.В.   |        |      |  | М                     | 1     | 1       |
| Т.Контр.  |      |                |        |      |  | Луцького НТУ, каф. AI |       |         |
| Н. контр. |      | Юхимчук С.Ф.   |        |      |  | ст.гр. AIм-21         |       |         |
| Затв.     |      | Сацюк В.В.     |        |      |  |                       |       |         |