

УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА
ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА АГРОІНЖЕНЕРІЇ

Допускається до захисту
Завідувач кафедри

_____ Андрій ВОЙТІК
“ ” _____ 2024

ДИПЛОМНА РОБОТА
_____ магістр
(освітній ступінь)

на тему: «ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ І РЕЖИМІВ РОБОТИ МАШИНИ
ДЛЯ ВИДІЛЕННЯ НАСІННЯ БАШТАННИХ КУЛЬТУР»

Виконав: студент 2 курсу, групи 22м-ім,
спеціальність _____ 208 «Агроінженерія»

_____ Микола МАКОДЗЕБА

Керівник: _____ Олександр ПУШКА

м. Умань – 2024

УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА
ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА АГРОІНЖЕНЕРІЇ

Освітній рівень магістр
Спеціальність 208 «Агроінженерія»
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
Андрій ВОЙТІК
“ ” 2024

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ
Макодзеба Микола Олегович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. **Тема роботи:** Обґрунтування параметрів і режимів роботи машини для виділення насіння баштанних культур

керівник роботи Пушка Олександр Сергійович, к.т.н., доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від

« _____ » _____ 202 _____ року № _____

2. **Строк подання студентом роботи** _____

3. **Вихідні дані до роботи** Огляд стану питання в галузі існуючих машин для виділення насіння баштанних культур. Аналіз літературних джерел, останніх досліджень з обраної тематики.

4. **Зміст розрахунково-пояснювальної записки** (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Огляд способів, технологій та конструкцій технічних засобів. 2. Аналітичні дослідження. 3. методика експериментальних досліджень. 4. Результати експериментальних досліджень 5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. 6. Економічна ефективність роботи Висновки. Список використаних джерел.

5. **Перелік демонстраційного матеріалу**

1. Тема. Мета і задачі досліджень. 2. Мета і задачі досліджень. 3. Огляд конструкцій машин. 4. Технологічна схема сепаратора-очисника. 5. Прилади для експериментальних досліджень. 6. Лабораторна установка. 7. Результати експериментальних досліджень. 8, 9. Показники якості роботи сепаратора-очисника 10. Економічні показники.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Прокопенко Е.В., к.с.-г.н., доцент		
Економічне обґрунтування	Пушка О.С., к.т.н., доцент		

7. Дата видачі завданн: _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналітичний (оглядовий)	19.05.2024	Виконав
2	Теоретичний	23.06.2024	Виконав
3	Експериментальний	15.09.2024	Виконав
4	Охорона праці	06.10.2024	Виконав
5	Економічний	03.11.2024	Виконав
6	Демонстраційна частина	12.11.2024	Виконав

Студент

(підпис)

Макодзеба М.О.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Пушка О.С.

(прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ.....	6
ВСТУП.....	7
1. ОГЛЯД СПОСОБІВ, ТЕХНОЛОГІЙ ТА КОНСТРУКЦІЙ МАШИН ДЛЯ ВИДІЛЕННЯ НАСІННЯ З	10
1.1. Відокремлювачі насіння ударної дії.....	10
1.2. Відокремлювачі насіння перетираючої дії.....	13
1.3. Короткий огляд наукових досліджень процесів одержання насіння з плодів гарбузових культур.....	19
2. АНАЛІТИЧН ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ, СЕПАРАТОРА-ОЧИСНИКА.....	23
2.1. Обґрунтування конструктивно-технологічної схеми сепаратора-очисника.....	23
2.2. Аналітичне обґрунтування конструктивних параметрів вальцевої групи.....	26
2.3. Силовий аналіз вальцевої групи.....	29
2.4. Кінематичний режим вальцевої групи.....	33
2.5. Пружні характеристики вальця.....	37
Висновки	42
3. МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	44
3.1. Програма експериментальних досліджень.....	44
3.2. Методики досліджень механіко-технологічних властивостей насіння... ..	45
3.2.1. Методика визначення розмірних характеристик насіння.....	45
3.2.2. Коефіцієнт зовнішнього тертя ковзання компонентів суміші.....	47
3.2.3. Модуль пружності та зусилля на прокол насіння.....	48
3.3. Методика проведення лабораторного експерименту на дослідному зразку сепаратора-очисника.....	50
3.4. Методика проведення польових випробувань.....	52
Висновки	54
4. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	

СЕПАРАТОРА-ОЧИСНИКА.....	55
4.1. Результати дослідження механіко-технологічних властивостей вороху.....	55
4.1.1. Розмірні характеристики насіння.....	56
4.1.2. Результати досліджень коефіцієнта пружності та зусилля на прокол оболочки свіжовиділеного насіння	57
4.2. Результати лабораторних досліджень.....	57
4.2.1. Дослідження першого етапу.....	58
4.2.2. Дослідження другого етапу.....	65
Висновки	70
5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	71
5.1. Стан охорони праці на підприємстві.....	71
5.2. Вимоги безпеки праці при збиранні баштанних культур.....	71
5.2.1. Загальна положення.....	71
5.2.2. Вимоги безпеки перед початком роботи.....	72
5.2.3. Вимоги безпеки під час збирання баштанних культур.....	73
5.2.4. Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях.....	74
5.2.5. Вимоги безпеки після закінчення роботи.....	75
5.3. Рекомендації щодо забезпечення безпеки та поліпшення умов праці.....	75
Висновки.....	76
6. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ РОБОТИ.....	77
Висновки	82
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	83
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	85

РЕФЕРАТ

В даній магістерській роботі розглядаються питання пов'язані з якістю очищення насіння баштанних культур. На основі аналізу технологій і конструкцій сучасних машин для виділення насіння, запропонована власна конструкція яка в своїй основі має вальцевий сепаратор-очисник. Параметри компоновочної схеми конструкції обґрунтовані експериментально шляхом випробувань машини в різному конструктивному виконанні. Аналітично проаналізований процес взаємодії робочого органа з насінням, розроблена математична модель роботи. Виконані експериментальні дослідження на підтвердження адекватності моделі.

Виконані техніко-економічні розрахунки показують, що від впровадження даної конструкції у виробництво можна отримати прогнозований річний економічний ефект становить 21843 грн.

Ключові слова: вальцевий сепаратор-очисник, насіння гарбуза, мезга.

ВСТУП

Актуальність теми. Необхідною умовою успішної реалізації проблеми забезпечення населення України продовольством є прискорене переведення сільськогосподарського виробництва на індустріальну основу, широке впровадження нових моделей машин і завершення комплексної механізації плодоовочівництва.

Овочівництво та баштанництво – це одні з капітало- і енергомістких галузей сільського господарства, де займаються вирощуванням продукції овочевих та баштанних культур. Оскільки овочі є джерелом здоров'я, то і рівень розвитку овочівництва безпосередньо пов'язаний з тривалістю життя і працездатністю населення. На кожного мешканця Землі сьогодні припадає майже 100 кг овочів і баштанних культур на рік. Лідер світового виробництва їх – Китай, де людина вживає 170 кг овочів і 100 кг баштанних культур [19]. Нині в Україні значно збільшуються площі під вирощування баштанних культур, а саме: гарбузів, кавунів та ін. Баштанні культури, порівняно з іншими сільськогосподарськими культурами, все ще залишаються прибутковими. Особливу увагу потрібно приділяти насінню гарбузів.

Насіння цієї культури має високий вміст олії (50 %), білків (30 %), а також смол, вітамінів, глюкозидів. Олія з насіння гарбуза широко використовується у парфумерії та для виготовлення низки лікарських препаратів.

В Україні й за кордоном створено зразки відокремлювачів насіння гарбузових культур. Досвід їх практичного використання свідчить про те, що існуючі конструктивно-технологічні рішення не забезпечують, особливо при переробці гарбуза, ефективної і якісної роботи. Залишаються високими й не задовольняють агротехнічним вимогам втрати насіння, пошкоджуваність і низька продуктивність машин.

Такі баштанні культури, як кавун, диня, гарбуз традиційно користуються стабільним попитом у населення та переробної промисловості. Останнім часом помітно підвищився попит на насіння баштанних культур, зокрема гарбуза, яке

є цінною сировиною при виробництві парфум та медичних препаратів. Специфіка виробництва цих препаратів пред'являє підвищені вимоги до якості сировини, особливо за такими параметрами, як механічні ушкодження, ступінь очищення, вміст цінних речовин та ін. Перші два показники напряму пов'язані з проблемою якості роботи машини для виділення насіння. Аналіз існуючих конструкцій машин вказує на те, що, за відсутності фундаментальних теоретичних досліджень, їх конструктивні параметри обиралися шляхом практичного відпрацювання у виробничих умовах.

Виходячи з цього, дослідження, спрямовані на розробку та обґрунтування параметрів робочих органів машини для виділення насіння гарбуза, є актуальними. Дана робота присвячена дослідженням технологічного процесу виділення насіння гарбуза і має за кінцеву мету створення принципово нового сепаратора-очисника.

Мета і задачі досліджень. Метою роботи є підвищення ефективності виділення насіння гарбуза шляхом обґрунтування технологічного процесу, параметрів і режимів роботи сепаратора-очисника.

В основу досягнення поставленої мети покладено перевірку **робочої гіпотези**, згідно з якою відділення з поверхні насінини налиплих рослинних решток можна покращити за рахунок дії пальцевого русла сепаратора - очисника, утвореного вальцями, здатними змінювати кривизну своєї бокової поверхні.

Процес перевірки робочої гіпотези передбачає вирішення наступних **задач теоретичних та експериментальних досліджень**:

- дослідити механіко-технологічні властивості мезги та насіння гарбуза, які здійснюють вплив на вибір конструктивних параметрів і режимів роботи сепаратора-очисника;
- вивести аналітичні залежності, які дозволяють визначити конструктивні параметри та режими роботи сепаратора - очисника насіння гарбуза;
- експериментально оцінити вплив конструктивних параметрів і режимів роботи сепаратора-очисника на якісні показники його роботи;

- провести експлуатаційно - технологічну та техніко-економічну оцінки роботи машини з розробленим сепаратором-очисником;
- розробити науково - обґрунтовані рекомендації щодо вибору конструктивних параметрів та визначенню режиму роботи сепаратора-очисника насіння гарбуза.

Об'єкт досліджень – технологічний процес виділення насіння гарбуза вальцевим сепаратором-очисником.

Предмет досліджень – закономірності впливу параметрів та режимів функціонування машини для виділення насіння гарбуза на якість її роботи.

Методи досліджень. Аналітичні дослідження виконували з використанням методів механіки пружно-в'язкого середовища, механіки контактної взаємодії, методів аналітичної та нарисної геометрії, математичного аналізу.

В експериментальних дослідженнях використовували методи повно факторного експерименту, теорії ймовірності та математичної статистики.

Дослідження проводили за спеціально розробленими методиками зі застосуванням сучасних засобів вимірювання та обробки даних на ПЕОМ зі статистичною оцінкою експериментальних даних та графічного аналізу.

Практичне значення одержаних результатів полягає в розробці рекомендацій щодо вибору конструктивних параметрів та визначенню режиму роботи сепаратора-очисника насіння гарбуза, які можуть бути використані при розробці машин для відділення насіння інших баштанних культур.

1. ОГЛЯД СПОСОБІВ, ТЕХНОЛОГІЙ ТА КОНСТРУКЦІЙ МАШИН ДЛЯ ВИДІЛЕННЯ НАСІННЯ

1.1. Відокремлювачі насіння ударної дії

Технологічний цикл виділення насіння апаратом ударної дії будується за наступною схемою:

- подрібнення плода й відокремлення насіння від його м'якоті;
- розділення отриманої мезги на фракції «насіння» й «кірка».

В апаратах ударної дії виділення насіння відбувається в процесі ударного руйнування плоду і виконується одним робочим органом – штифтовим або ножовим барабаном. Принцип дії таких механізмів заснований на тому, що кожен удар робочого органу по плоду супроводжується ефектом порушення окремих зв'язків насіння з м'якоттю, тобто ефектом насінневідокремлення. Відокремлення насіння від подрібненої маси плодів на згаданих відокремлювачах може проводитися методом розділення мезги протиранням, відстоєм, на грохоті або роторному сепараторі .

Пристрій протирочного типу застосовується, головним чином, для виділення насіння із кавунів, огірків і томатів. Для додаткової обробки отриманого насіння з метою очищення його від домішок мезги (дрібною м'якоті, кірки) перетирочні машини знаходять все більш широке застосування і в насінництві баштанних культур.

Найбільш поширену групу відокремлювачів з механізмом ударної дії становлять машини з розділенням мезги на решітному грохоті. Основним робочим органом відокремлювачів такого виду машин є подрібнюючий пристрій у вигляді ножового або штифтового барабана. Існують два типи подібних подрібнювачів: з глухим і з прохідним підбарабанням.

Технологічний цикл згаданих відокремлювачів складається з операцій подрібнення плоду з одночасним відокремленням насіння від його м'якоті й розділення отриманої мезги на фракції «насіння» й «кірка».

Подрібнювач першого типу застосовується на насіннєвідокремлюючій машині СОМ-2 [26]. При обертанні зуби барабана проходять між штифтами нерухомої глухої деки, здійснюючи подрібнення плодів. Зуби на барабані розташовані по гвинтовій лінії для ефективного протягання матеріалу. Цей тип подрібнюючого пристрою не знайшов широкого застосування, тому що в нього відсутнє регулювання ступеня подрібнення плодів.

У подрібнювачі другого типу підбарабання виконано з можливістю повороту щодо нерухомої осі. Під час обертання штифтового барабана плоди подрібнюються й вся маса проходить через щілини між пластинами. За рахунок зміни величини зазору між барабаном і пластинами деки здійснюється регулювання ступеня подрібнення плодів. Даний подрібнюючий пристрій застосовується для відокремлення насіння із плодів баштаних культур у машині ИБК-5 [12].

Ножові барабани встановлювалися на машині ВСБ-3, удосконаленому варіанті машини сільського винахідника І.П.Вірченка [23]. Над цією машиною працювала протягом декількох років у ВІСГОМі група вчених під керівництвом Г.П.Варламова [5, 24]. Результати їх досліджень були використані при створенні подрібнювача баштаних культур ИБК-5М (рис.1.2), що застосовується дотепер в Україні й за кордоном [16, 22, 32].

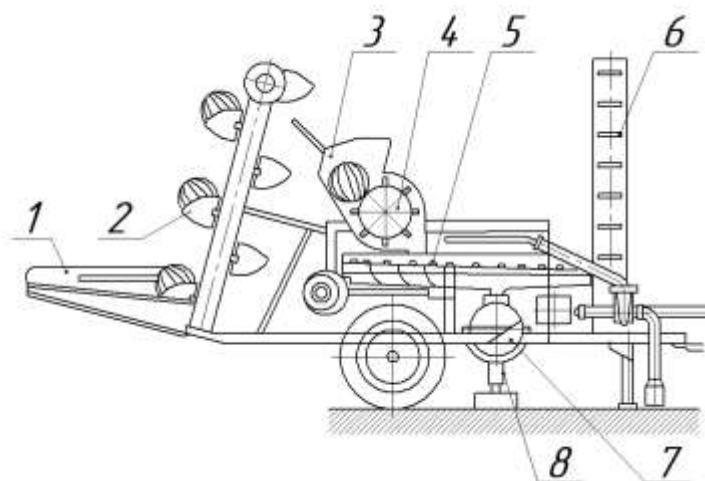


Рис. 1.2. Технологічна схема подрібнення баштаних культур ИБК-5М

Плоди подаються в лоток 1, по якому вони скочуються на гребінку 2 транспортера, підхоплюються ковшами і надходять у прийомний бункер 3. Тут вони подрібнюються штифтовим барабаном 4. Подрібнена маса надходить на

грохот 5, де відбувається її розподіл на фракції: насіння й кірка. Кірка подається і відводиться транспортером 6. Насіння обробляється в протиральному пристрої 7, сік і мезга насосом 8 виводяться з машини.

ИБК-5М успішно працює на переробці кавунів, динь й огірків, при видаленні насіння із гарбузів, кабачків, тобто «сухих» культур. Але якісні показники роботи цієї машини не відповідають агротехнічним вимогам. Через невідповідність пропускної здатності відокремлюючого механізму і грохота велика кількість насіння відходить з кіркою (16–52 %) [16].

Для відокремлення насіння ударного типу також слугує установка УСБ-8. Тут штифтовий барабан за допомогою штифтів і решітного підбарабання попередньо подрібнює плоди на великі фракції. Потім уся подрібнена маса через прохідне решітне підбарабання надходить у роторну ножову дробарку. Тут маса додатково подрібнюється шнеком, транспортується всередину роторного сепаратора для поділу фракцій [23].

Менш активний вплив руйнуючого апарату на плоди не гарантує повного відокремлення насіння від зв'язків і спричиняє збільшення втрат. Прикладом може бути розробка С.І.Пастушенка [15–17], який запропонував установку для отримання насіння гарбузових культур (рис. 1.3). За результатами експериментальних досліджень, проведених на даному обладнанні, він дійшов висновку, що технологічний процес виділення насіння гарбузових культур носить суперечливий характер. При чистоті насіння кавунів 80 % та швидкості обертання барабана 7,5 м/с травмування насіння становить 19 %. При подальшому підвищенні швидкості обертання барабана чистота насіння зростає, але збільшується й відсоток травмування насіння.

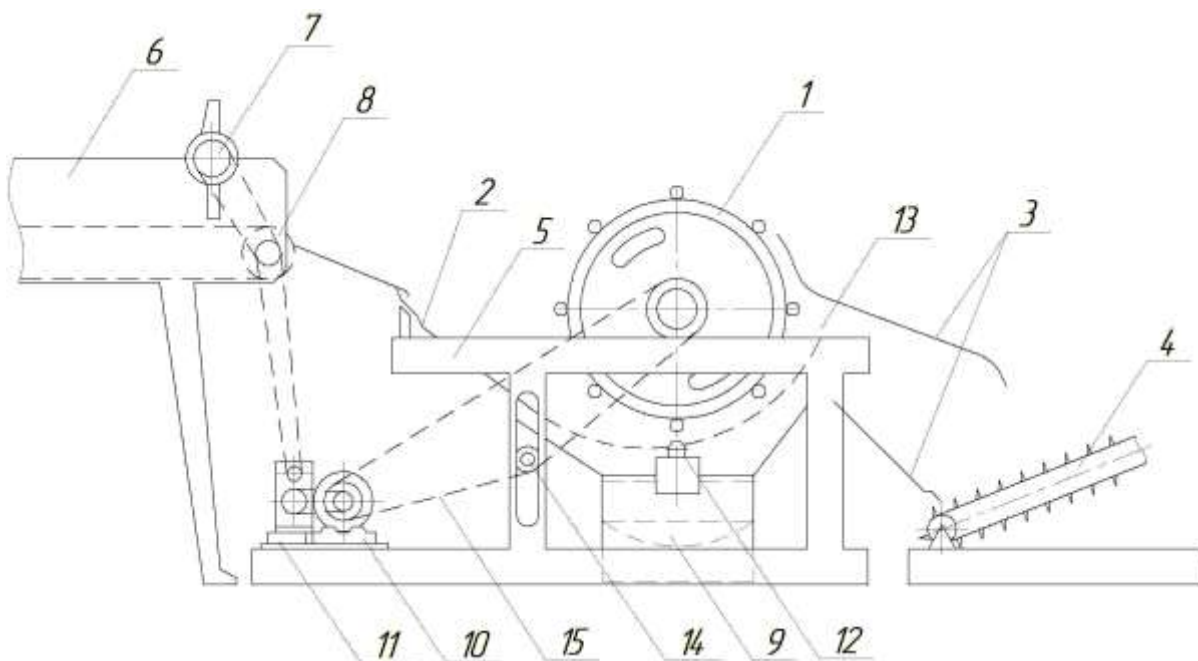


Рис. 1.3. Експериментально-дослідна установка для отримання насіння гарбузових культур:

1 – подрібнювальний барабан; 2 – дека; 3 – відбійні планки;
4 – транспортер для виділення відходів; 5 – рама; 6 – подавальний транспортер; 7 – ножовий барабан для попереднього подрібнення;
8, 15 – ланцюгова передача; 9 – піддон для насіння; 10 – електро-
двигун; 11 – редуктор; 12 – пристрій для встановлення зазору «бич –
решето»; 13 – подовжувач деки; 14 – натяжний ролик

Наприклад, при чистоті насіння 92 % та швидкості обертання барабану 8,5 м/с травмування насіння становитиме 24 %, що виходить за межі агротехнічних вимог. Тому, для досягнення необхідних результатів при отриманні насіння гарбузових культур необхідно досліджувати не тільки вплив окремих чинників, а й їх взаємодію.

1.2. Відокремлювачі насіння перетираючої дії

Відокремлювальні апарати перетираючої дії, як правило, складаються з двох робочих органів, один з яких забезпечує попереднє подрібнення плода й подачу суміші до другого етапу, на якому відділяється насіння від м'якоті. Перетирання – це процес відокремлення маси плодовоовочевої сировини від кісточок, насіння, шкірки шляхом продавлювання на ситах через отвори діаметром 0,7–5,0 мм. Але це в разі обробки продукції, яка має м'яку структуру плоду або

овочу. У процесі протирання маса попадає на поверхню бича, який рухається. Під дією відцентрової сили вона притискається до робочого сита. Напівфабрикат або насіння (в даному разі насіння гарбуза) через отвори проходить у збірник, а відходи під дією сили, обумовленої кутом випередження бичів, просуваються до виходу з робочого сита.

Протиральні машини можна класифікувати за такими ознаками:

- число барабанів одинарне, здвоєне й строєне;
- принцип дії – бичовий і безбичовий;
- форма барабанів – циліндрична чи конічна;
- призначення – для зерняткових, для кісточкових плодів і універсальні;
- спосіб регулювання продуктивності;
- змінний кут випередження бичів;
- змінний зазор між бичами і барабаном, що змінюється частотою обертання ротора.

Відокремлюючі апарати першого типу обладнані відокремлювачем насіння гарбузових культур конструкції КБ НВО «Дністер». Машина АВС-30, розроблена КБ у співробітництві з «Укрсортсемовощ», входить до комплекту оснащення насіннєвідокремлюючої лінії СВЛ-30 [18].

Технологічний процес відокремлювача конструкцій КБ «Дністер» (рис. 1.4) відбувається у такий спосіб. Штифтовий барабан 1 захоплює плоди, попередньо їх подрібнює й подає до бильного барабана 2, який протягує частину плоду з насінням по бичовому підбарабанню 3, де внаслідок перетираючої дії робочих органів відбувається відокремлення насіння від м'якоті. Подальше розділення суміші здійснюється на віброрешітному грохоті 4, куди для поліпшення процесу сепарації подається вода.

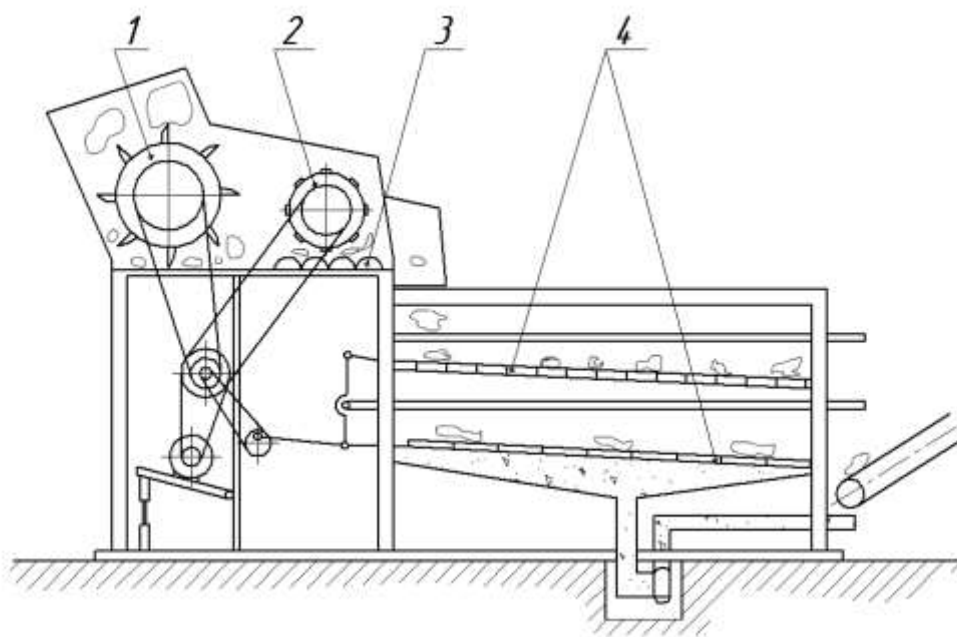


Рис. 1.4. Технологічна схема відокремлювача насіння машини АВС-30

Відокремлювач насіння гарбузових культур ВБЛ-20 (рис.1.5) має відокремлюючий апарат перетираючої дії з попереднім подрібненням - роздавлюванням.

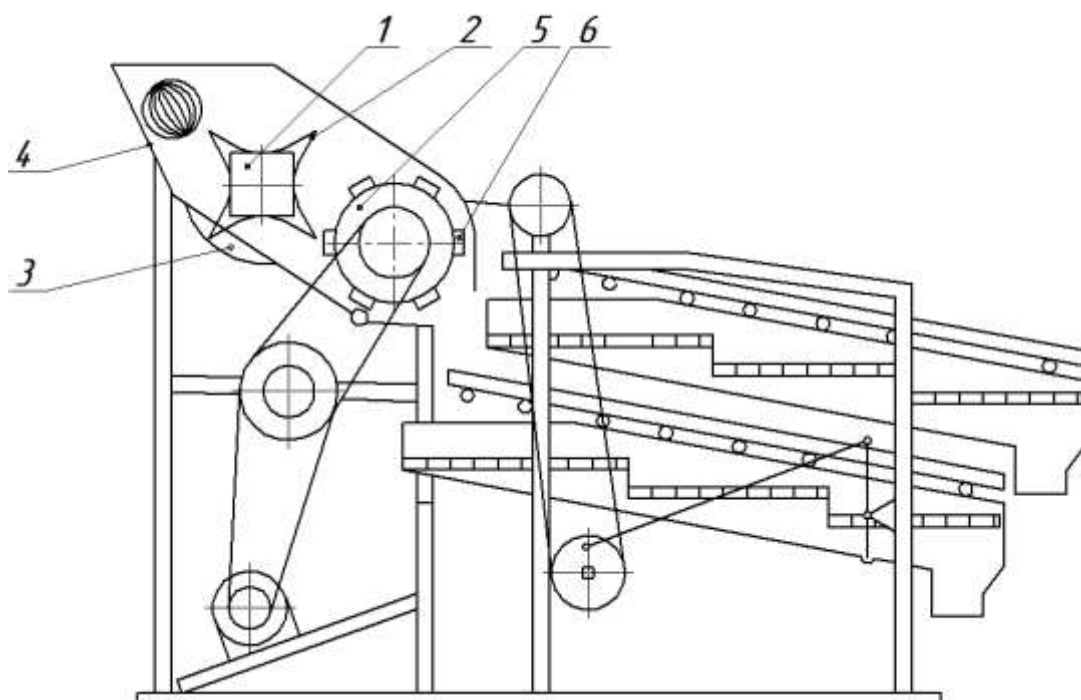


Рис. 1.5. Технологічна схема відокремлювача насіння гарбузових культур ВБЛ-20

Штифтовий барабан був замінений робочим органом, виконаним у вигляді багатогранника 1, по ребрах якого розміщені радіальні ножі 2. При обертанні барабана 1 ножі проходять по карману 3, яка передбачена в нахиленому днищі корпуса 4 відокремлюючого апарата [11, 12, 13]. Плоди, потрапляючи в корпус 4, розрізаються ножами 2, а потім захоплюються ребрами барабана й роздавлюються в зменшуваному при його обертанні зазорі між гранями й днищем корпуса. Потім ці частинки плодів подаються до бильного барабана 5, який протягує їх через робочий зазор з бичовою декою 6, відокремлює насіння від м'якоті плоду, перетираючи плаценту.

За результатами досліджень [10, 20] і державних випробувань машин для відокремлення насіння АВС-30 і ВБЛ-20 можна зробити наступні порівняльні висновки:

- 1) під час переробки кавунів технологічні показники робочих процесів цих відокремлювачів задовольняють агровиимогам, чого не відбувається в разі виділення насіння з гарбуза;
- 2) заміна робочого органа для попереднього подрібнення (штифтового барабана) на обертовий багатогранник не дає істотного ефекту. Хоча в суміші подрібнених плодів ВБЛ-20 збільшилася масова частка великих фракцій, втрати повноцінного насіння у сході грохоту залишалися високими. Для АВС-30 вони становлять 23,3%, для ВБЛ-20 – до 8,4–10,5%. Крім того, при переробці гарбуза продуктивність ліній мала;
- 3) під час випробувань виявлено періодичне засмічення отворів решіт сепаратора мезгою кори. Це погіршує сепаруючу здатність решіт і призводить до збільшення втрат насіння. Тому відзначається необхідність удосконалення сепараторів та їхніх очисних пристроїв [9, 11].

Для усунення цих недоліків була запропонована технологічна схема машини для виділення насіння з плодів з кулачковим грохотом (рис.1.6) [15]. Тут плоди подрібнюються в дробарці 1, потім подаються на вальці 9 грохоту 2. За рахунок кулачків, ексцентрично встановлених на вальцях 9, і кута нахилу рухомої рами 4, подрібнені плоди інтенсивно струшуються, переміщаються по

поверхнях вальців, промиваючись одночасно водою з душового пристрою 6. Насіння просипається через зазори між кулачками вальців, разом з водою просувається в піддон 7 і далі гідротранспортером 8 подається на обробку, а кірка по вальцях надходить на транспортер відходів. Однак, застосування складного у виготовленні й регулюванні кулачкового сепаратора не поліпшило чистоту «проходу» у порівнянні з горизонтально-хитним грохотом.

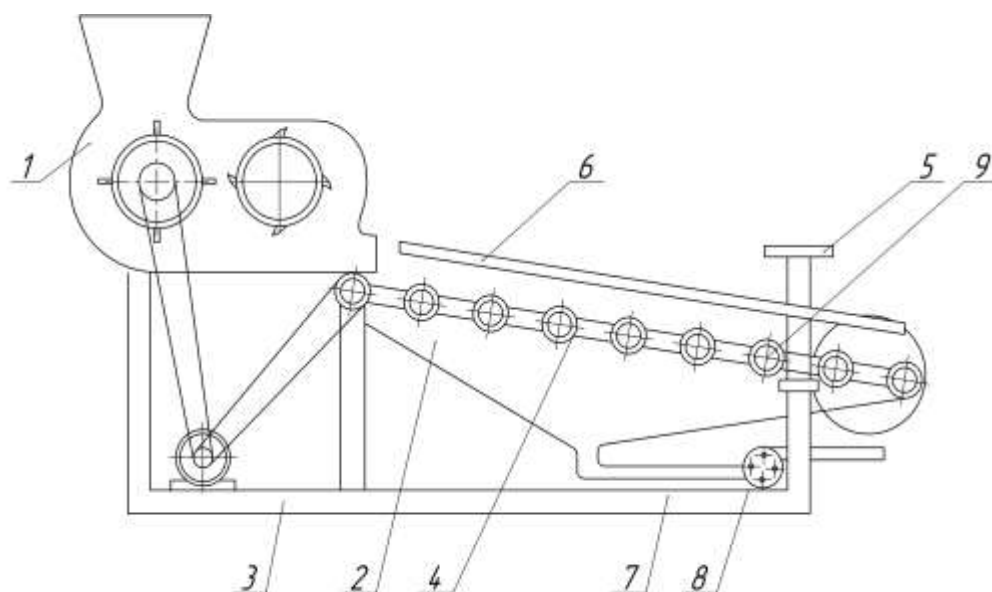


Рис. 1.6. Технологічна схема машини з кулачковим грохотом для виділення насіння з плодів гарбуза

Суміш подрібнених плодів, що надходять на сепарацію, мають великий вміст фракцій розмірами часток менше 10 мм. Цим обумовлюється низька чистота виходу «насіння», яка становить 9,1–10,2 % [9–11].

Причина цього недоліку полягає у використанні для відокремлення насіння від м'якоті плодів бильного барабана з бичовою декою. З одного боку, він має обмежену пропускну здатність, з іншого боку – при протягуванні м'якоті через робочий зазор додатково подрібнює її, погіршуючи фракційний вміст суміші. Одноразова протираюча дія апарата, що відокремлює досить міцну плаценту з насінням в робочому зазорі, не гарантує повного відокремлення насіння від м'якоті. Через це можуть зростати втрати насіння культур. Для їх зниження при переробці гарбуза плоди необхідно подрібнювати на більше число часток, у результаті чого їхня форма стає більш сприятливою для обробки. Застосування

для цієї мети способу різання ножами дозволяє зменшити масову частку дрібних фракцій у суміші та втрати насіння.

Подрібнення різанням розроблено й застосовано лабораторією механізації баштанництва Волгоградського сільськогосподарського інституту (з 1992 р. – Волгоградська державна аграрна академія) [20, 24, 26]. Загальний вид даного типу подрібнювача представлений на рис.1.7.

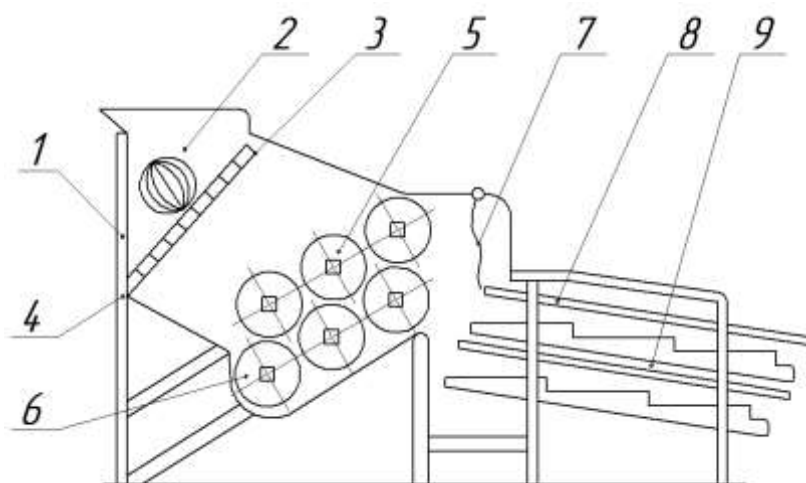


Рис. 1.7. Технологічна схема відокремлювача насіння гарбуза зі щітчним відділяючим апаратом

Машина містить раму 1, бункер 2, у якому змонтований пристрій для попереднього подрібнення плодів, виконаний у вигляді ножевої решітки 3, установленної з можливістю хитання на осі 4, і пристрою для відокремлення насіння від м'якоті плодів у вигляді верхнього 5 і нижнього 6 блоків циліндричних щіток. Бункер замість задньої стінки має еластичний фартух 7. Для поділу суміші на «насіння» й «кірку» є грохот 8, над яким установлений душовий пристрій 9.

Технологічний процес відбувається в такий спосіб. Плоди, що подаються завантажувальним транспортером у бункер 2, синхронним відхиленням ножів решітки 3 подрібнюються на частинки й надходять до циліндричних щіток. Обертання щіток верхнього 5 і нижнього блоків 6 спрямовано назустріч один одному, причому частота обертання кожної наступної щітки більше попередньої, розташованої в іншому блоці. Суміш захоплюється щітками, протягується

через робочий зазор між верхнім 5 і нижнім 6 блоками. За рахунок різниці частот обертання щіток виникає перетираюча дія. У результаті багаторазової дії відбувається відокремлення насіння від м'якоті за будь-якого положення подрібнених частинок плоду. На виході з відокремлюючого апарата швидкість суміші гаситься еластичним фартухом 7. Подальше виділення насіння здійснюється на грохоті 8, куди подається вода пристроєм 9.

Позитивною якістю даного типу подрібнювача є плавність роботи, внаслідок відсутності ударних навантажень. Регулюванням необхідних розмірів ножової решітки можна встановлювати оптимальний ступінь подрібнення плодів. Тут майже відсутня дрібна фракція суміші, що забруднює насіння. Таким чином, подрібнення різанням дозволяє одержувати насіння високої чистоти.

До недоліків такого подрібнювача варто віднести циклічний характер руху завантажувального транспортера плодів, що зв'язано зі складністю приводу і його синхронізацією з ножовою решіткою.

Оцінка напрямів удосконалення технологічних процесів виділення насіння свідчить про те, що покращення техніко-економічних показників необхідно зв'язувати також з пошуком конструкції нових робочих органів для відокремлення насіння від м'якоті.

Розв'язання цих завдань вимагає проведення спеціальних досліджень, спрямованих на розробку більш ефективних відокремлювачів з покращенням технологічних процесів. Новий процес сепарації повинен мати такі параметри робочих органів відокремлювачів, які забезпечили б високу продуктивність та якісну переробку плодів гарбузових культур.

1.3. Короткий огляд наукових досліджень процесів одержання насіння з плодів гарбузових культур

Експериментальні й теоретичні дослідження робочого процесу виділення насіння з ножовими й штифтовим відокремлювальним апаратами під час переробки плодів кормового кавуна, проведені В.Г.Кобою [5-9], були спрямовані на

виявлення залежностей якісних і енергетичних показників процесу від режимних і геометричних параметрів робочих органів. Автор установив, що роботою ножового барабана є процес вибивання насіння з м'якоті плоду ножами. Ножовий барабан правомірно віднесений до відокремлюючих апаратів ударної дії. Штифтовий барабан має в 4–5 разів більшу продуктивність, ніж ножовий, але енергоємність його на 10–15 % вища.

На основі проведених досліджень В.Г.Коба робить висновок: більш перспективним для цілей виділення насіння з плодів гарбузових культур є штифтовий барабан.

Дослідженнями Б.М.Ємеліна, В.М.Корабльова і В.Я.Наумова [17,18], проведеними під керівництвом професора А.Ф.Ульянова, встановлено, що основною причиною великих втрат насіння при переробці кавунів машиною ИБК-5 є перевантаження решіт відокремлювачів унаслідок невідповідності продуктивності відокремлюючого апарата і очисника. Автори пропонують три шляхи підвищення пропускної здатності грохоту: 1) установка додаткового розвантажувального решета; 2) оптимізація режимів роботи очисника; 3) покращення фракційної суміші за рахунок заміни штифтового барабана бильним.

У результаті експериментального дослідження процесу виділення насіння кавунів бильним і штифтовим барабанами Б.М.Ємелін отримав варіаційні криві розподілу крупності часток суміші подрібнених плодів [47, 48]. Автор встановив, що з підвищенням крупності часток збільшується скважність суміші, покращується сепарація, знижуються втрати насіння.

Аналіз розглянутих досліджень показує, що основним їх напрямом було вивчення робочих процесів існуючих відокремлювачів насіння з відокремлюючими апаратами ударної дії, обґрунтування раціональних параметрів з метою покращення якісних показників і підвищення продуктивності, а також проведення порівняльних випробувань. При цьому дослідження, присвячені переробці кавунів і динь, не зачіпають особливостей виділення насіння з гарбуза. Л.Д. Барилко [11, 12] досліджувала окремі операції стаціонарної технології перероб-

ки гарбузових культур на насіння. Нею розглядався вплив перебування насіння гарбузових культур у воді на його посівні якості, а також досліджувалася залежність подачі плодів на втрати насіння у потоковій лінії ЛСБ-20. Було встановлено, що із зростанням подачі прямо пропорційно зростають і втрати. При цьому переробка динь і гарбуза супроводжується 3–4-разовим перевищенням агротехнічних норм, навіть за малих подач.

А.І. Пьянков [24] досліджував здатність плодів овочевих і баштанних культур до виділення насіння у процесі їхнього ударного руйнування. Було встановлено, що для повного виділення насіння необхідний ступінь подрібнення, обумовлений формулою

$$П > Q / pL,$$

де Q – маса плоду, кг;

p – щільність часток, кг/м;

L – середня довжина часток, м.

Дослідження автора показують, що для повного виділення насіння із кабачків, огірків потрібний зовсім невеликий ступінь подрібнення: 400–420 шт. У кабачка за такого ступеня подрібнення виділяється лише 70–75 % насіння, а для повного відокремлення необхідний значно більший ступінь подрібнення. Однак, за інтенсивного подрібнення більша частина суміші буде мати розміри, близькі до розмірів насіння. В результаті цього подальше виділення насіння з суміші на віброрешітному грохоті стане неможливим.

На підставі цього А.І. Пьянков робить висновки: виділення насіння з «сухих» гарбузових культур шляхом подрібнення ударної дії є малоімовірним, необхідне застосування апаратів, що відокремлюють перетиранням.

Наведений вище аналіз наукових досліджень за темою роботи показує, що результати теоретичних й експериментальних досліджень і висновки авторів найрізноманітніші, а в ряді випадків протилежні, суперечливі (наприклад, відносно перспективності типу відокремлюючого апарата). Обумовлено це різ-

ними фізико-механічними характеристиками досліджуваних матеріалів, складністю очищення, що супроводжує процес виділення насіння.

Висновки

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

- 1) подрібнення плодів;
- 2) очищення насіння від кірки та плаценти.

Подрібнення гарбузів у порівнянні з іншими способами краще здійснювати різанням. Якість насіння в цьому випадку значно вища.

2. АНАЛІТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ, СЕПАРАТОРА-ОЧИСНИКА

2.1. Обґрунтування конструктивно-технологічної схеми сепаратора-очисника насіння гарбуза

Запропонований нами очисник включає русло, утворене двома вальцями, які обертаються в зустрічному напрямку (рис.2.1). Кожний з вальців виконаний у вигляді багатокутника, утвореного валом 1 з вставленими співвісно опорами 2. Тіло 3 вальців утворено методом лиття з гуми. Кількість граней на вальцях однакова. Грані встановлені на вальцях зі зміщенням поверхні один відносно одного на кут π/n , де n – кількість граней вальця.

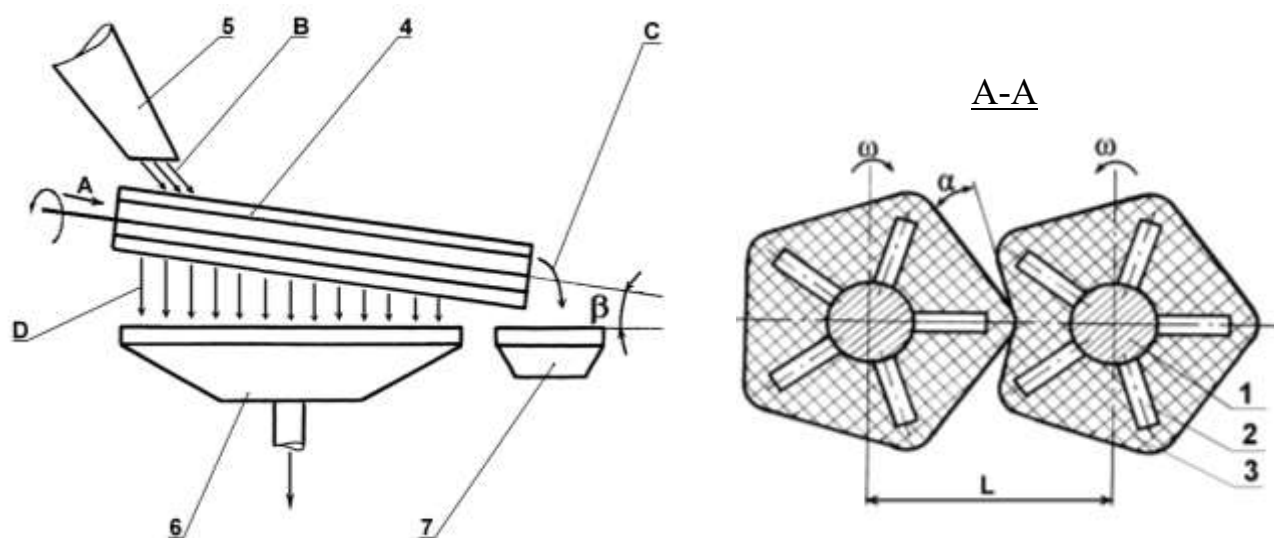


Рис.2.1. Конструктивно – технологічна схема сепаратора - очисника:
1 – вал; 2 – опора; 3 – тіло вальця; 4 – вальці (бітерний блок);
5 – завантажувальний пристрій; 6- піддон для мезги; 7 - бункер
для очищеного насіння

Виконання вальців литтям з гуми дозволяє встановлювати їх із взаємним перекриттям траєкторій окружних точок. При цьому в руслі, утвореному вальцями з'являється кут защемлення α , що періодично змінюється від максимального значення до нуля. У початковий момент кут защемлення значно переви-

щує подвоєне значення кута тертя вороху по гумі й суміш лягає на дно русла. Завдяки цьому рослинні рештки затягуються в русло й защемляються між вальцями. Надалі, у міру зменшення кута защемлення, насіння витискається з русла, а рослинні рештки протягаються під робочі поверхні.

Ребро вальця завдяки наявності опори 2 не стискається. Грань має пружність, яка обумовлена механічними властивостями гуми. У результаті цього при вході в контакт ребро стискає тіло грані, а потім при виході з контакту грань приймає початкову форму. Відбувається різка зміна кривизни, що приведе до інтенсивного струшування й самоочищення поверхні від налиплого бруду.

Через те, що передбачена можливість зміни величини міжцентрової відстані L , а отже, і величини перекриття, змінюються початкове значення кута захвата й натяг стрічки, а отже, її пружність. Останнє впливає на зусилля захвату рослинних решток і на інтенсивність струшування при виході грані зі зачеплення з ребром сусіднього вальця.

Істотною перевагою нової конструкції є також те, що на відміну від круглих вальців, які традиційно використовуються в очисниках, у запропонованій конструкції площа контакту буде збільшена за рахунок прямолінійних ділянок граней, що входять у контакт. Разом із пружною поверхнею це знизить імовірність травмування насіння, що очищають.

Дослідний сепаратор-очисник працює в такий спосіб (див. рис. 2.1). Завантажувальний пристрій 5 подає суміш мезги та насіння на утворене вальцями 4 русло (потік B). У момент, коли кут защемлення (значно перевищує кут тертя суміші мезги та насіння по гумі, суміш надходить на дно русла. Кірка плоду має істотно меншу товщину й вона більш плоска. Завдяки цьому при захваті вальцями вона защемляється й виноситься в напрямку піддона 6 (потік D). Надалі кут зменшується, насіння витискається з русла й знаходиться на поверхні вальця до наступного розкриття кута защемлення. Цикл повторюється. Оскільки існує кут нахилу бітерного блока, насіння поступово переміщується в напрямку бункера 7 (потік C).

При обґрунтуванні параметрів та режиму роботи сепаратора-очисника прийняті наступні **припущення**:

- 1) насінина гарбуза має поверхню, яка задовільно описується постійними радіусами кривизни в площинах «довжина-ширина» (R) і «довжина-товщина» (r);
- 2) насінина гарбуза розглядається як тіло з пружно - в'язкими властивостями (тіло Максвела);
- 3) прогин матеріалу вальця лінійно залежить від діючих сил. Залишкові деформації в тілі вальця відсутні.

Правомірність першого припущення підтверджується результатами лабораторних досліджень та аналізу розмірних характеристик насіння гарбуза п'яти сортів (див. розділ 4). Аналіз базувався на дослідженні ескізів поверхні насіння. В результаті було встановлено, що вона задовільно описується співвідношеннями для сегмента кола (див. розділ 3):

$$R = \frac{L^2}{8a} + \frac{a}{2}; \quad r = \frac{b^2}{8a} + \frac{a}{2}.$$

де L , b , a – довжина, ширина і товщина насіння відповідно.

Друге припущення базується на постановці задачі, яка виключає пошкодження насіння гарбуза із-за наявності його пластичного деформування. Модель Максвела дає можливість оперувати швидкістю пружної деформації тіла (поверхні насіння). В кінцевому рахунку це дозволяє визначити кінематичний режим роботи вальців очисника сепаратора.

Під час взаємозв'язаного повороту вальців сепаратора - очисника насіння гарбуза відбувається стискання тіла (гуми) одного із них. Як показує аналіз конструктивної схеми (рис 2.1 вид А-А) величина зминання тіла суттєво менша 25% від розмірів вальця. Водночас, такими дослідниками, як Ю.К.Растеряєвим[114] та багатьма іншими, доведено, що в такому випадку процес деформування гуми з достатньою для практики точністю може описува-

тися законом Гука. З огляду на це прийняте нами третє припущення є цілком коректним.

2.2. Аналітичне обґрунтування конструктивних параметрів вальцевої групи.

Параметрами, що визначають працездатність конструкції, є: відстань між осями вальців (L); радіус описаного кола (R); кількість граней (n); кут нахилу бітерного блоку (β); частота обертання вальців (ω); коефіцієнт тертя насіння по матеріалу робочої поверхні вальців (ϕ_1), довжини вальців.

Під час роботи сепаратора навіть короткочасно не повинен виникати зазор між бітерами, тому що це призведе до порушення технологічного процесу. Тому, максимально припустима відстань між осями визначається з умови, що в момент входу–виходу точки D з контакту з ребром AB (рис. 2.2, положення I, III) у контакт із ребром CD вступає точка A . Фактично це означає, що в цей момент AB й CD повинні утворювати одну лінію, тобто збігатися. Але положення вальців, за якого ця умова буде виконуватися, остаточно не визначено.

Положення II відповідає робочому моменту, за якого бітери мають однозначно певне положення. Приймаємо його за вихідне. Знайдемо рівняння прямих AB й CD й, обертаючи конструкцію відносно позитивного напрямку осі Y , визначимо кут α , за якого прямі будуть паралельні. Потім за умовою співпадання AB й CD знайдемо величину L .

Миттєве значення координат базових точок (положення I) може бути визначене із наступних рівнянь:

$$\begin{aligned}
 A: \quad X_A &= R \cdot \sin \left[\frac{\pi(n-2)}{2n} + \varphi \right]; & Y_A &= R \cdot \cos \left[\frac{\pi(n-2)}{2n} + \varphi \right]; \\
 B: \quad X_B &= R \cdot \sin \left[\frac{\pi(n+2)}{2n} + \varphi \right]; & Y_B &= R \cdot \cos \left[\frac{\pi(n+2)}{2n} + \varphi \right]; \\
 C: \quad X_C &= L - R \cdot \sin \left[\frac{\pi(n-4)}{2n} + \varphi \right]; & Y_C &= R \cdot \cos \left[\frac{\pi(n-4)}{2n} + \varphi \right]; \\
 D: \quad X_D &= L - R \cdot \cos \varphi; & Y_D &= -R \cdot \sin \varphi,
 \end{aligned}
 \tag{2.1}$$

де R – радіус описаного кола;

n – кількість граней вальця;

φ – поточне значення кута повороту ребра вальця відносно вертикальної осі.

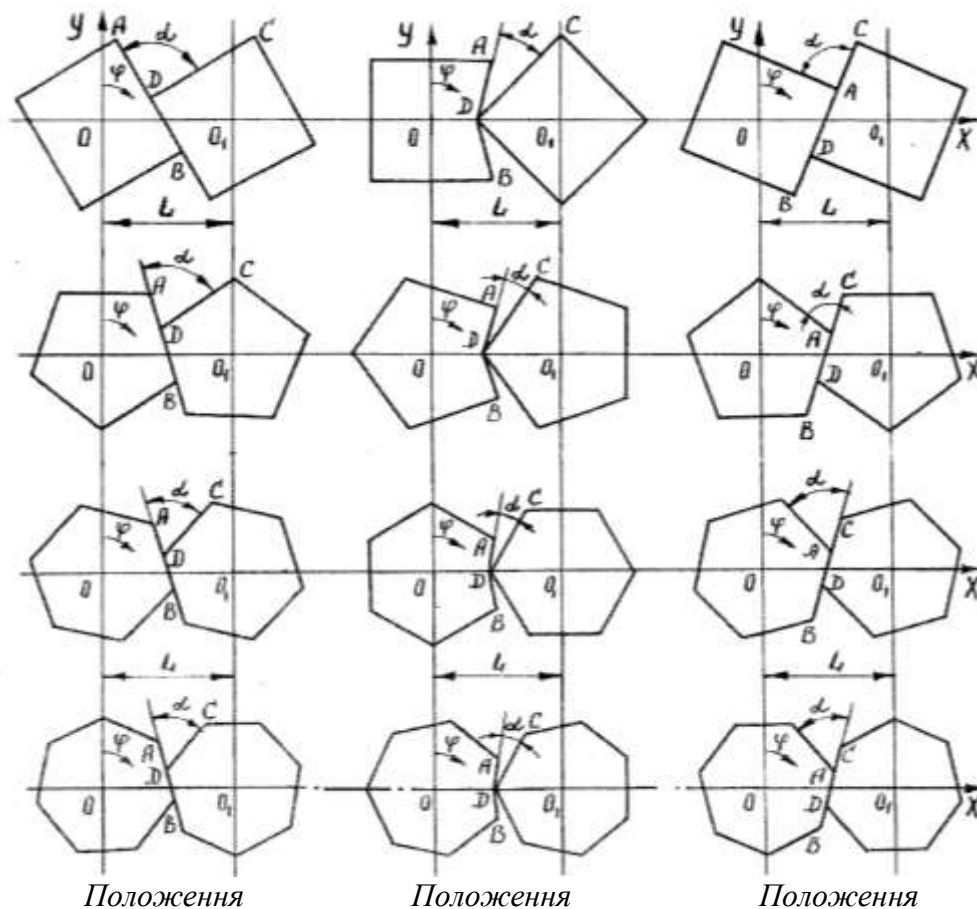


Рис. 2.2. Розрахункова схема визначення основних геометричних співвідношень у сепараторі-очиснику
Шукані рівняння прямих при цьому такі:

$$AB: \quad \frac{Y - Y_A}{Y_B - Y_A} = \frac{X - X_A}{X_B - X_A};$$

$$CD: \quad \frac{Y - Y_C}{Y_D - Y_C} = \frac{X - X_C}{X_D - X_C},$$

або

$$(Y_B - Y_A) \cdot X - (X_B - X_A) \cdot Y + [Y_A \cdot (X_B - X_A) - X_A \cdot (Y_B - Y_A)] = 0;$$

$$(Y_D - Y_C) \cdot X - (X_D - X_C) \cdot Y + [Y_C \cdot (X_D - X_C) - X_C \cdot (Y_D - Y_C)] = 0.$$

Умова паралельності прямих AB і CD є наступною:

$$(Y_B - Y_A) \cdot (X_D - X_C) - (X_B - X_A) \cdot (Y_D - Y_C) = 0. \quad (2.2)$$

Підставивши у формулу (2.2) вирази для необхідних координат із системи (2.1), одержимо значення кута повороту конструкції для одного циклу «розкриття – закриття» кута защемлення α :

$$\varphi = \frac{\pi}{2 \cdot n}. \quad (2.3)$$

Паралельні прямі AB й CD збігаються при виконанні наступної умови:

$$\frac{Y_B - Y_A}{Y_D - Y_C} = \frac{X_B - X_A}{X_D - X_C} = \frac{Y_A \cdot (X_B - X_A) - X_A \cdot (Y_B - Y_A)}{Y_C \cdot (X_D - X_C) - X_C \cdot (Y_D - Y_C)}. \quad (2.4)$$

Підставимо у вираз (2.4) значення координат із системи (2.1) і розв'яжемо його відносно L . Після виконання необхідних математичних перетворень одержуємо, що

$$L = R \cdot \left[\cos \frac{\pi}{2n} + \sin \frac{3\pi}{2n} \cdot \operatorname{tg} \frac{\pi}{2n} - \sin \frac{\pi}{2n} \cdot \operatorname{tg} \frac{\pi}{2n} + \cos \frac{3\pi}{2n} \right]. \quad (2.5)$$

Відповідно до розрахункової схеми (див. рис.2.1) величина кута защемлення α визначається положенням ліній AB й CD , які є слідами перетину граней вальців з поперечно-вертикальною площиною. Відповідно до методики, прий-

нятої в аналітичній геометрії, кут між такими прямими визначається наступною залежністю:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{(Y_B - Y_A) \cdot (X_D - X_C) - (Y_D - Y_C) \cdot (X_B - X_A)}{(Y_B - Y_A) \cdot (Y_D - Y_C) + (X_B - X_A) \cdot (X_D - X_C)}. \quad (2.6)$$

Підставивши в рівняння (2.6) поточне значення координат із системи (2.1) і виконавши необхідні математичні перетворення, одержуємо:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\operatorname{tg}(0,5 \cdot \pi - \varphi) - \operatorname{tg} \varphi}{1 + \operatorname{tg} \varphi},$$

або

$$\alpha = \operatorname{arctg} \frac{\operatorname{tg}(0,5 \cdot \pi - \varphi) - \operatorname{tg} \varphi}{1 + \operatorname{tg} \varphi}. \quad (2.7)$$

Кут повороту вальця φ має при цьому наступну область визначення:

$$-\frac{\pi}{2n} \leq \varphi \leq \frac{\pi}{2n}. \quad (2.8)$$

Повне розкриття кута защемлення α відповідає положенню I, яке тепер повністю детерміновано залежностями (2.7) і (2.8).

2.3. Силовий аналіз вальцевої групи

Для успішного виконання технологічного процесу необхідно забезпечити незащемлення насіння у руслі сепаратора-очисника за одночасного захоплення інших рослинних решток. Здійснити це можна тільки за рахунок розбігу у конусності складової суміші, розбігу в кутах тертя й пружності.

На насініну, поміщену в міжвальцевий простір (рис. 2.3), діють сили N_1 і N_2 – нормальних реакцій; F_1 та F_2 – сили тертя.

Граничні значення сил тертя дорівнюють:

$$F_1 = \operatorname{tg} \varphi_1 \cdot N_1; \quad F_2 = \operatorname{tg} \varphi_1 \cdot N_2. \quad (2.9)$$

де φ_1 – кут тертя насініни по матеріалу вальця.

Як показали лабораторні дослідження (розділ 4), пружність насіння істотно нижче за пружність матеріалу вальця. Це дає підставу стверджувати, що в межах точки контакту δS вектор реакції N_1 буде мати один напрямок.

Помістимо початок координат у місце контакту. Суми проекцій сил, які діють на насініну, і умови її рівноваги такі:

$$\Sigma R_X = N_2 \cdot \sin \alpha - F_1 - F_2 \cdot \cos \alpha = 0 \quad (2.10)$$

$$\Sigma R_Y = N_1 - N_2 \cdot \cos \alpha - F_2 \cdot \sin \alpha = 0 \quad (2.11)$$

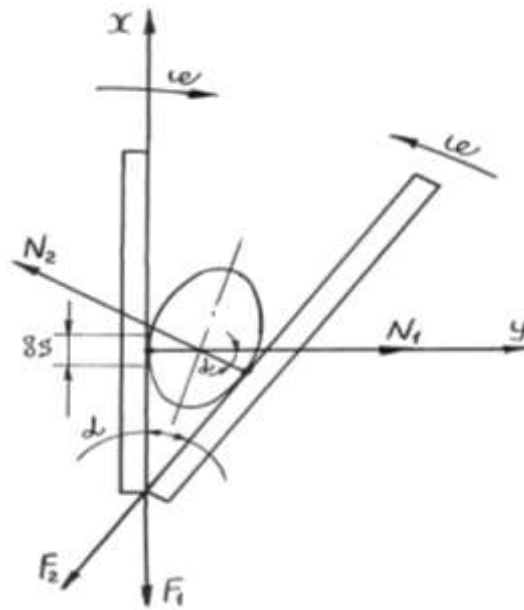


Рис. 2.3. Схема сил, діючих на насініну в міжвальцевому просторі

В результаті спільного розв'язку залежностей (2.9), (2.10) і (2.11) одержуємо наступне рівняння зв'язку кута защемлення й зовнішнього кута тертя насіння по матеріалу вальця (в даному випадку по гумі):

$$\alpha = 2 \cdot \varphi_1.$$

Таким чином, для виносу насініни за межі русла вальців необхідно, щоб кут защемлення був більший за подвоєний кут зовнішнього тертя насіння по матеріалу вальця.

Враховуючи це, а також вирази (2.3) і (2.7), отримуємо залежність, яка дає можливість визначити кількість граней вальця (n):

$$2 \cdot \varphi_1 < \operatorname{arctg} \frac{\operatorname{tg} \left[\frac{\pi \cdot (n-1)}{2 \cdot n} \right] - \operatorname{tg} \left(\frac{\pi}{2 \cdot n} \right)}{1 + \operatorname{tg} \left(\frac{\pi}{2 \cdot n} \right)}. \quad (2.12)$$

Аналіз залежності (2.12) в принципі показує, що чим більший кут тертя насіння гарбуза по поверхні вальця, тим більшу кількість граней він повинен мати. Інша справа, що в реальних межах варіювання значення φ_1 від 0,13 до 0,26 рад. (див. розділ 4) величина n змінюється мало – від 4,36 до 4,80 (рис.2.4). Значить практично кожний валець запропонованого нами сепаратора-очисника повинен мати **п'ять** граней.

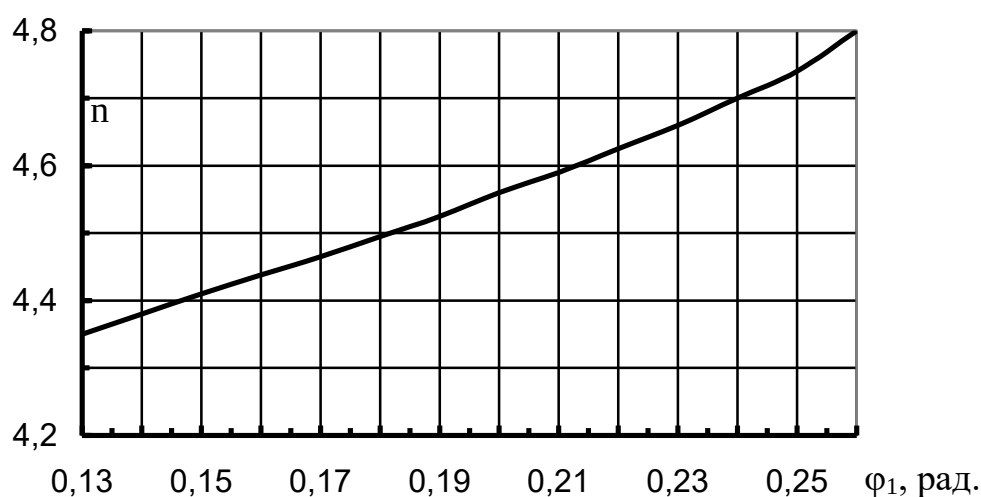


Рис.2.4. Залежність кількості граней вальця від кута тертя по ньому насіння

Прийнявши $n = 5$, із виразу (2.5) отримуємо:

$$L = 1,7 \cdot R$$

Дана залежність, яка в принципі встановлює кількісний взаємозв'язок між конструктивним параметрами L і R , дозволяє, задавшись значенням однієї із цих величин, легко визначити значення другої.

Для виносу насіння за межі русла вальців проекція всіх діючих у зоні контакту сил на вісь русла повинна бути спрямована убік виносу (див. рис. 2.3),

тобто $F_B \geq F_T$. Під час стискування насіння вальцями утворюється стріла прогину, й площа контакту δS збільшується до величини, яку треба враховувати.

Знаючи пружні властивості насіння, напругу стискування (σ) можна визначити як

$$\sigma = \varepsilon \cdot E,$$

де ε – відносний прогин (відношення абсолютної величини прогину до товщини насіння);

E – модуль пружності насіння.

Згідно з методикою, викладеною у пункті 3.2.5 даної роботи, напруга стискування може бути визначена відповідно до експериментально отриманої діаграми (рис. 2.5).

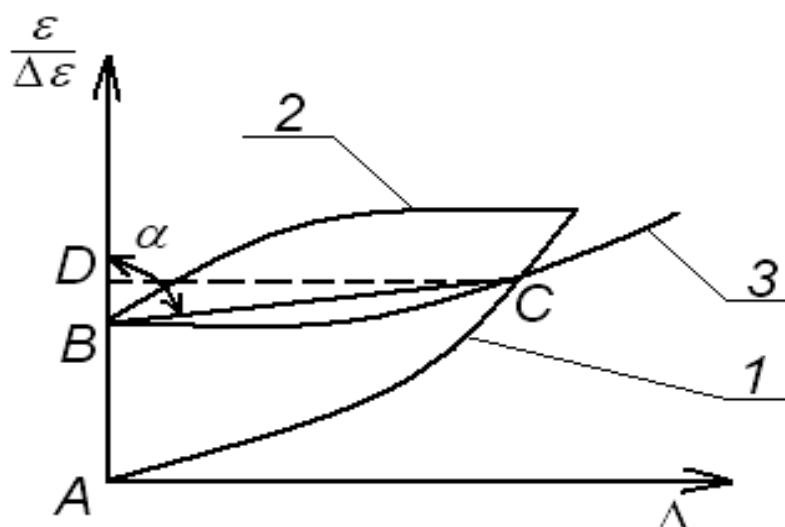


Рис. 2.5. Приклад експериментально отриманого графіка поздовжньої деформації при стискуванні насіння гарбуза

Порядок роботи з діаграмою такий. Під час лабораторних досліджень визначено модуль пружності, фізична суть якого: $\operatorname{tg} \alpha$, де α – кут нахилу BC . Знаючи величину прогину ε , знаходимо, що:

$$N_1 = \sigma \cdot S = \varepsilon \cdot E \cdot S,$$

де S – площа контакту, яка з достатнім ступенем точності може бути прирівняна до площі бічної поверхні насіння.

З урахуванням цього сила тертя насіння в зоні контакту з вальцем може бути представлена у такому вигляді:

$$F_1 = \varepsilon \cdot E \cdot S \cdot \operatorname{tg} \varphi_1 .$$

Сила, яка виштовхує насіння з русла, при цьому дорівнюватиме

$$F_B = N_1 \cdot \sin(0,5\alpha) = \varepsilon \cdot E \cdot S \cdot \sin(0,5\alpha).$$

Водночас, проекція сили тертя на напрямок виштовхування складатиме:

$$F_T = F_1 \cdot \cos(0,5\alpha) = \varepsilon \cdot E \cdot S \cdot \operatorname{tg} \varphi_1 \cdot \cos(0,5\alpha).$$

В результаті можна визначити силу метання насіння (F_M):

$$F_M = F_B - F_T = \varepsilon \cdot E \cdot S \cdot [\sin(0,5\alpha) - \operatorname{tg} \varphi_1 \cdot \cos(0,5\alpha)].$$

Під впливом цієї сили насіння отримує відповідне прискорення (a):

$$a = \frac{1}{m} \cdot \varepsilon \cdot E \cdot S [\sin(0,5\alpha) - \operatorname{tg} \varphi_1 \cdot \cos(0,5\alpha)], \quad (2.13)$$

де m – маса однієї насінини.

Із аналізу рівняння (2.13) чітко видно, що насіння не матиме прискорення ($a = 0$) коли $\alpha = 2 \cdot \varphi_1$. Це ще раз підкреслює правоту попереднього висновку про те, що величина кута защемлення насіння має бути більшою за подвійний кут зовнішнього його тертя по поверхні вальця.

2.4. Кінематичний режим вальцевої групи

Обґрунтовуючи кутову швидкість обертання вальців, виходимо зі згаданого вище припущення, що тіло насінини у випадку прикладання напруги поводить себе відповідно до пружно-в'язкого середовища Максвелла (рис. 2.8).

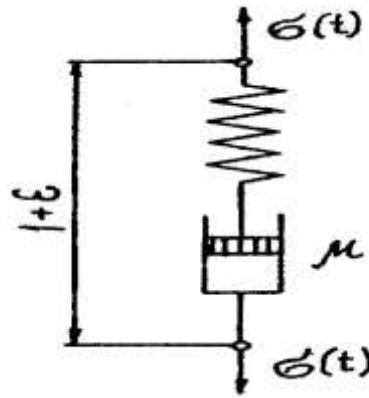


Рис. 2.8. Модельне уявлення насінини як пружно-в'язкого середовища

Дискретну модель такого середовища можна представити у вигляді реологічного рівняння [33]:

$$G = E \cdot \varepsilon + \mu \cdot \frac{d\varepsilon}{dt}, \quad (2.16)$$

де E – модуль пружності, Н/м²;

μ – коефіцієнт в'язкості, Па·с;

$\frac{d\varepsilon}{dt}$ – швидкість деформації, м/с.

Аналіз рівняння (2.16) показує, що існує критична швидкість $V_{кр}$ прикладання напруги до насінини. За такого режиму прикладання напруги, коли швидкість защемлення V_z є нижче критичної, насінина поводить себе як в'язке тіло. В результаті з'являється велика ймовірність отримання залишкової деформації.

Якщо швидкість прикладання напруги більша за $V_{кр}$, то насінина поводить себе як пружне тіло і залишкових деформацій не буде.

Таким чином, швидкість прикладання напруги повинна перевищувати критичну, але бути меншою за швидкість механічного руйнування насінини. Цю вимогу можна виразити наступним чином:

$$V_{кр} = \sqrt{\frac{E}{\rho}},$$

де ρ – щільність тіла насінини.

Максимальне значення швидкості буде припадати на момент виходу насіння за межі кута защемлення. З точки зору підвищення ступеню очищення за рахунок більшого часу контакту з поверхнею необхідно, щоб це відбувалося на момент закриття кута защемлення. Це означає, що

$$V_z = \omega \cdot R,$$

З урахуванням коефіцієнта запасу K_z , згаданого в залежності (2.15), остаточно маємо:

$$\omega = \frac{K_z}{R} \cdot \sqrt{\frac{E}{\rho}}. \quad (2.17)$$

Звідси із відомого виразу легко знаходимо частоту (n_b) обертання вальців очисника - сепаратора:

$$n_b = 30 \cdot \omega / \pi = \frac{30 \cdot K_z}{R \cdot \pi} \cdot \sqrt{\frac{E}{\rho}}. \quad (2.18)$$

Як показує аналіз рівняння (2.18), чим більший модуль пружності насіння гарбуза, тим більшими можуть бути кутова швидкість і, відповідно, частота обертання вальців очисника-сепаратора. Іншими словами, більш пружна оболонка насіння витримуватиме без її пошкодження більшу критичну швидкість, про яку уже йшла мова вище.

Підкреслимо, що такі, ще не визначені параметри, як L_B , V_M , β , R , a , ω , і n_b , зв'язані наступною системою рівнянь:

$$\left. \begin{aligned} L_B &= 2 \cdot K_z \cdot n_{II} \cdot V_M^2 \cdot \left(\frac{\cos \beta}{g - a} + \frac{2 \cdot \operatorname{tg} \beta}{g} \right), \\ V_M &= 0,5 \cdot \omega \cdot R \cdot \left(1 + \cos \frac{\pi}{n} \right), \\ a &= \frac{1}{m} \cdot \varepsilon \cdot E \cdot S[\sin(0,5\alpha) - \operatorname{tg} \varphi_1 \cdot \cos(0,5\alpha)], \\ \omega &= \frac{K_z}{R} \cdot \sqrt{\frac{E}{\rho}}. \end{aligned} \right\} \quad (2.19)$$

$$n_b = \frac{30 \cdot K_3}{R \cdot \pi} \cdot \sqrt{\frac{E}{\rho}}.$$

Як бачимо, в системі (2.19) рівнянь п'ять, а невідомих – сім. Для її розв'язання здійснимо наступні кроки. По-перше, задамося значенням одного із вказаних вище шуканих параметрів.

Найпростіше це зробити відносно радіуса описаного кола R . Справа в тому, що більшість відомих конструкцій очисників – сепараторів мають круглі вальці, діаметром 120...140 мм. Спираючись на ці практичні дані, можемо прийняти для нашого випадку $R = 60...70$ мм.

По-друге, задача знаходження кута нахилу вальців очисника – сепаратора β може бути вирішена шляхом розв'язання частинної похідної:

$$\partial L_B / \partial \beta = 0$$

Після диференціювання виразу (2.15) отримаємо:

$$-A_1 \cdot \sin \beta + A_2 / \cos^2 \beta = 0,$$

де $A_1 = 1/(g-a)$;

$$A_2 = 2/g.$$

Далі це рівняння розв'язуємо з урахуванням прискорення польоту насіння гарбуза a . Для інтервалів змінювання тих параметрів, які входять у вираз (2.13), отримуємо, що кут нахилу вальців очисника – сепаратора β може знаходитися в межах 18...21°.

Подальше розв'язання системи (2.19) дає наступні результати. Меншу швидкість метання насіння забезпечуватимуть вальці меншої довжини (рис.2.9). Збільшення кількості циклів очищення насіння навпаки вимагає установки вальців більшої довжини. Взагалі ж довжина вальців очисника - сепаратора повинна знаходитися в межах 1,6...2,7 м.

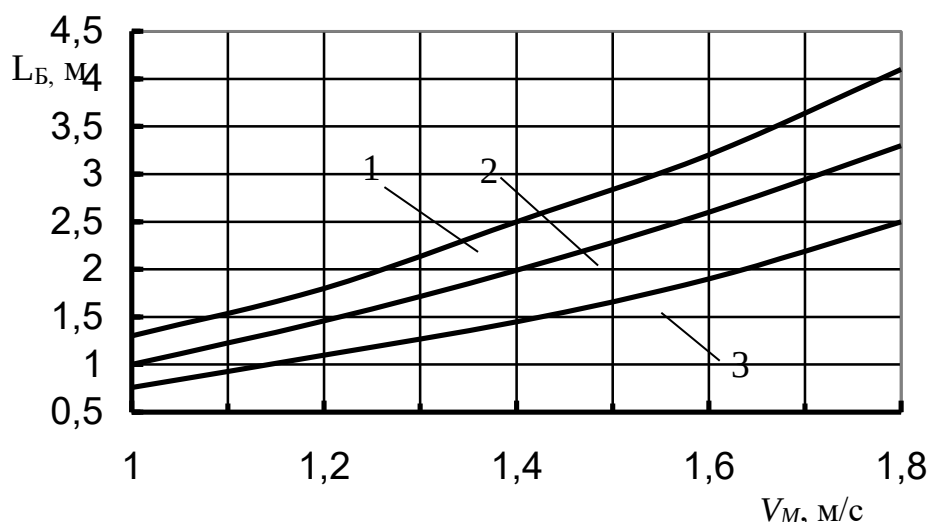


Рис.2.9. Залежність довжини вальців очисника-сепаратора від швидкості польоту насіння при різній кількості циклів його очищення:
 1 – $n_{ц} = 5$; 2 – $n_{ц} = 4$; 3 – $n_{ц} = 3$

Рациональна частота обертання вальців – 200 хв.^{-1} . При такому режимові їх обертання швидкість метання насіння знаходитиметься в межах $1,2 \dots 1,6 \text{ м/с}$, а прискорення – $2,1 \dots 2,4 \text{ м/с}^2$. Слід підкреслити, що всі отримані дані справедливі для чотирьох циклів очищення насіння. Як показує практика використання подібних машин, такої кількості $n_{ц}$ цілком достатньо для прийнятного здійснення розглядуваного технологічного циклу.

І, нарешті, ще один конструктивний параметр – відстань між поздовжніми осями вальців L . Як підкреслювалося вище, при п'яти гранях кожного із них $L = 1, R$. А оскільки в нашому випадку $R = 60 \dots 70 \text{ мм}$, то $L = 102 \dots 119 \text{ мм}$.

2.5. Пружні характеристики вальця

Як видно з наведених вище результатів аналітичних досліджень, кінематичні та конструктивні параметри очисника залежать від співвідношення пружних властивостей насіння та матеріалу вальця.

Поведінка гуми у випадку наведення квазістатичних, а особливо динамічних навантажень відрізняється від поведінки інших відомих матеріалів. Перш

за все це взаємозалежність один від одного модуля пружності (E_g) та коефіцієнта Пуассона (ν_g).

Як підкреслювалося вище, Ю.К. Растеряєвим було доведено, що при стисканні зразка гуми в межах від 0 до 25 % для опису процесу можна використовувати закон Гука, але в дещо зміненому вигляді [114]:

$$\sigma = \Psi \cdot \varepsilon \cdot E_g,$$

де ε – відносна деформація, мм;

E_g – модуль пружності, що визначається за діаграмою розтягнення зразка гуми, МПа (табл. 2.2);

Ψ – коефіцієнт форми. Його виведено Ю.К. Растеряєвим для характеристики підвищення жорсткості гуми у зв'язку з обмеженістю поперечних деформацій при стисканні.

Таблиця 2.2

Зв'язок між твердістю Шора А і модулем пружності гуми E_g
за Ю.К. Растеряєвим

Твердість Шора А, H_A	Модуль пружності гуми E_g , МПа
10	4,1
20	7,3
30	11,5
35	14,0
40	17,0
45	20,4
50	24,6
55	29,7
60	36,1
65	44,4
70	55,3
75	70,7
80	93,7
90	208,9

Для форми вальця цей коефіцієнт розраховується із формули:

$$\Psi = 1 + B \cdot \left(\frac{d}{h_0} \right)^2,$$

де d – діаметр описаного кола вальця, м;
 h_0 – товщина шару гуми, м;
 B – експериментальний коефіцієнт форми, який залежить від модуля пружності гуми (табл. 2.3).

Таблиця 2.3

Залежність коефіцієнта форми від модуля пружності гуми

E_g , МПа	21	21–30	30–42	42–54	>54
B	0,12	0,103	0,08	0,063	0,056

Із достатньої для практики точністю можна вважати, що стискання вальця відбувається в напрямку однієї осі. Тоді закон Гука можна записати так:

$$\Delta h_0 = \frac{\sigma \cdot h_0}{\Psi \cdot E_g},$$

де Δh_0 – абсолютна лінійна деформація при стисканні.

Для нашого випадку справедливе наступне:

$$\sigma = q; \quad \Delta h_0 = W,$$

де q – питомий контактний тиск, Па;

W – абсолютний прогин гуми, м.

В результаті остаточно маємо:

$$W = \frac{q \cdot h_0}{\Psi \cdot E_g}. \quad (2.20)$$

Для визначення коефіцієнта Пуассона нами розроблена методика, яка наводиться нижче.

На поверхні вальця в зоні його контакту з насінням виріжмо нескінченно малий кубик (рис. 2.10.). Вважатимемо, що кубик стиснуто з усіх боків і він не має можливості до розширення (рис.2.11). Прийmemo також, що кубик знаходиться в однорідному напруженому стані.

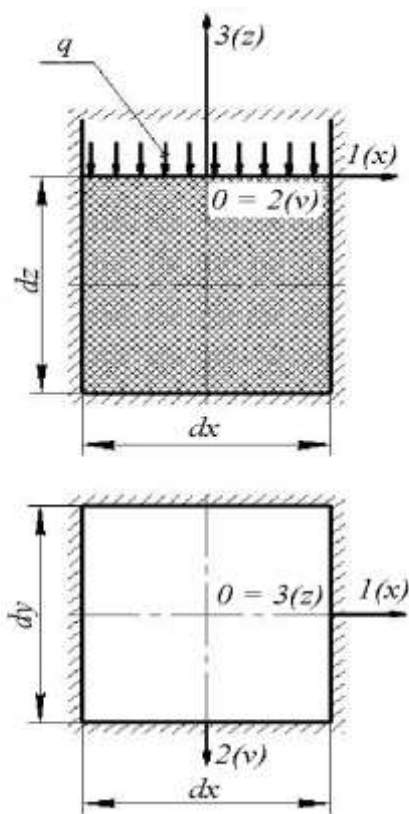


Рис. 2.10. Розрахункова схема до визначення коефіцієнта Пуассона

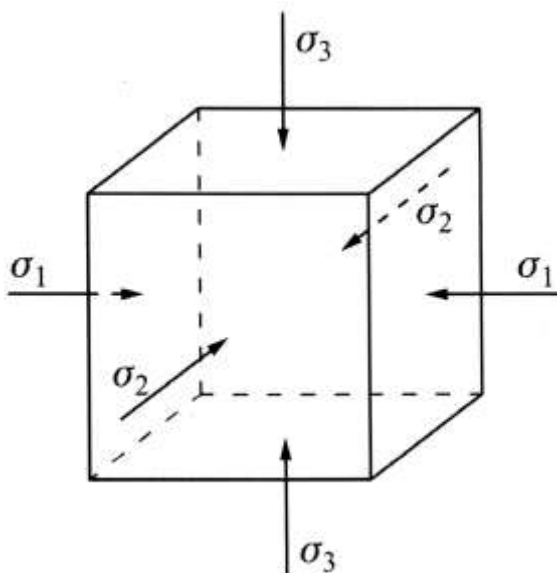


Рис. 2.11. Розрахункова схема діючих сил на грані кубика

Це дає нам змогу використовувати і далі узагальнений закон Гука.

$$\left. \begin{aligned} \varepsilon_1 &= \frac{1}{E_g} \cdot [\sigma_1 - \nu_g \cdot (\sigma_2 + \sigma_3)] = 0, \\ \varepsilon_2 &= \frac{1}{E_g} \cdot [\sigma_2 - \nu_g \cdot (\sigma_3 + \sigma_1)] = 0. \end{aligned} \right\}$$

Враховуючи, що σ_3 практично дорівнює питомому тиску q , отримуємо:

$$\left. \begin{aligned} \sigma_1 - \nu_g \cdot (\sigma_2 + q) &= 0, \\ \sigma_2 - \nu_g \cdot (-q + \sigma_1) &= 0. \end{aligned} \right\}$$

Вирішуючи систему відносно σ_1 і σ_2 , маємо:

$$\sigma_1 = \sigma_2 = -\frac{\nu_g}{1 - \nu_g} \cdot q.$$

Тоді відносна деформація ε_3 дорівнюватиме

$$\begin{aligned} \varepsilon_3 &= \frac{1}{E_g} \cdot [\sigma_3 - \nu_g \cdot (\sigma_1 + \sigma_2)] = \frac{1}{E_g} \cdot [\sigma_3 - 2 \cdot \nu_g \cdot \sigma_1] = \\ &= \frac{1}{E_g} \cdot \left[-q + \frac{2 \cdot \nu_g^2}{1 - \nu_g} \cdot q \right] = -\frac{q}{E_g} \cdot \frac{1 - \nu_g \cdot (1 + 2\nu_g)}{1 - \nu_g}, \end{aligned}$$

або

$$\varepsilon_3 = -\frac{q}{E_g} \cdot \frac{(1 + \nu_g) \cdot (1 - 2\nu_g)}{1 - \nu_g}. \quad (2.21)$$

Із формули (2.21) шляхом простих алгебраїчних перетворень можна отримати наступне рівняння другого ступеня відносно коефіцієнта Пуассона для гуми ν_g :

$$2 \cdot \nu_g^2 + \left(1 + \frac{E_g \cdot \varepsilon_3}{q} \right) \cdot \nu_g - \left(1 + \frac{E_g \cdot \varepsilon_3}{q} \right) = 0.$$

Розв'язуючи це рівняння відносно ν_g і відкидаючи один недійсний корінь, маємо:

$$\nu_g = \frac{1}{4} \cdot \left[-\left(1 + \frac{E_g \cdot \varepsilon_3}{q} \right) + \sqrt{\left(1 + \frac{E_g \cdot \varepsilon_3}{q} \right) \cdot \left(9 + \frac{E_g \cdot \varepsilon_3}{q} \right)} \right]. \quad (2.22)$$

Для розрахунку v_g із формули (2.22) необхідно експериментально визначити величину відносної деформації для конкретного зразка гуми:

$$\varepsilon_3 = \frac{\Delta a}{a},$$

де Δa – абсолютна лінійна деформація стискання, м;

a – товщина шару гуми в напрямку стискання, м.

За результатами лабораторних досліджень величина ε_3 не перевищувала 6%. Цей же показник, розрахований згідно з формулою (2.20)

$$\varepsilon_3 = \frac{W}{h_o} = \frac{q}{\Psi \cdot E_g}.$$

не перевищує 5%.

З цього випливає два висновки:

- 1) отримані теоретичні залежності щодо пружних характеристик матеріалу вальців є адекватними;
- 2) дійсна величина відносної деформації матеріалу вальця (гуми) не перевищує 25%, що підтверджує прийняте нами припущення щодо використання в теоретичних дослідженнях закону Гука.

Висновки:

1. Аналітично встановлено, що чим більший кут тертя насіння гарбуза по поверхні вальця, тим більшу кількість граней (n) він повинен мати. В реальних межах варіювання значення кута зовнішнього тертя φ_1 від 0,13 до 0,26 рад. величина n змінюється мало – від 4,36 до 4,80. Звідси випливає, що практично кожний валець запропонованого сепаратора-очисника повинен мати **п'ять** граней.
2. Як показують результати теоретичних досліджень, чим більший модуль пружності насіння гарбуза, тим більшими можуть бути кутова швидкість i ,

відповідно, частота обертання вальців очисника - сепаратора. Раціональне значення цього параметра має бути 200 хв.^{-1} .

3. Для забезпечення процесу очищення насіння гарбуза вальці очисника-сепаратора повинні бути установлені під кутом $18...21^\circ$ до горизонту, а відстань між їх поздовжніми осями симетрії має становити $102...119 \text{ мм}$.

МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Програма експериментальних досліджень

Під час проектування машини для виділення насіння потрібно було вивчати деякі властивості плодів і насіння гарбуза різних сортів, конструктивних матеріалів робочих органів і умов технологічного процесу. До них належать:

- для насіннєвих плодів – форма, розміри, маса, питомий опір роздавлювання, вміст сирого насіння;
- для насіння – форма, розміри, питома та об'ємна маса, щільність свіжовидаленого насіння, опір оболонки на проколювання, вологість.

Об'єктами лабораторних досліджень були:

- механіко-технологічні властивості насіння та мезги гарбуза;
- конструктивні параметри та кінематичні режими роботи сепаратора-очисника.

Лабораторні дослідження проводилися з метою:

- визначення основних геометричних параметрів та механіко - технологічних властивостей компонентів суміші мезги та насіння гарбуза;
- перевірки прийнятності запропонованого механізму очищення;
- дослідження впливу конструктивних параметрів та кінематичного режиму роботи очисника на якісні показники очищення;
- порівняння дослідних даних та теоретичних досліджень;
- перевірки робочої гіпотези.

Виробничі випробування проводилися з метою:

- визначення реальних техніко-економічних показників;
- прийняття рішення про доцільність впровадження машини у виробництво.

Для виконання програми експериментальних досліджень необхідно було:

- окреслити групу сортів гарбузів, які найбільш перспективні для вирощування в Україні;
- визначити групу показників, за якими проводилася оцінка якості чищення насіння та відпрацьована методика їх визначення;
- розробити методику окремих етапів дослідження;
- розробити та виготовити експериментальні установки;
- організувати проведення досліджень відповідно до теорії методів планування експерименту та обробки результатів досліджень.

3.2. Методики досліджень механіко-технологічних властивостей насіння та мезги

3.2.1. Методика визначення розмірних характеристик насіння.

Мета досліджень – виявити основні відмінності в розмірних характеристиках, формі й кутах тертя компонентів вороху для оцінки можливості його поділу за цими параметрами.

Дніпропетровським науково-дослідним центром інституту овочівництва й баштанництва Української академії аграрних наук (УААН) рекомендовані до районування в регіоні такі сорти гарбуза, як Ждана, Стофунтовий, Славута, Лель, Світень, Український багатоплідний. У зв'язку з цим дослідження проводилися стосовно до цієї сортової групи.

Як показує аналіз досліджень [15, 34, 35], найбільш важливим параметром у процесі очищення є співвідношення

$$L / b,$$

де L – довжина насіння;

b – ширина насіння (рис. 3.1).

Відомо, що з ростом цього відношення ймовірність розділення суміші знижується.

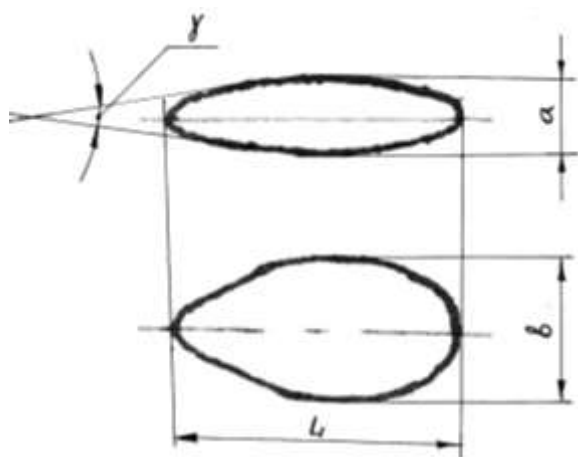


Рис. 3.1. Розмірні характеристики насіння гарбуза:
а – розрахункова схема; б – робочий момент

Вимірювання розмірних характеристик насіння гарбуза здійснювали штангенциркулем з похибкою 0,1 мм. З кожного сорту відбирали 100 насінин, проводили їх виміри, за результатами яких визначали середнє значення параметра, дисперсію (σ^2) і середнє квадратичне відхилення ($\pm\sigma$).

Як видно з наведеного ескізу, насінина має кривизну в поздовжній (R) і поперечній (r) площинах, які визначалися розрахунковим способом, виходячи з припущення, що поверхня являє собою сегмент практично правильного кола.

Звідси маємо наступні відомі співвідношення:

$$R = \frac{L^2}{8a} + \frac{a}{2}; \quad r = \frac{b^2}{8a} + \frac{a}{2}.$$

В процесі лабораторних досліджень згідно із загальноприйнятою методикою визначали щільність м'якоті, насіння, мезги подрібнених плодів.

Для визначення біологічної урожайності за насінням з трьох точок відбиралася проба плодів не менш 500 кг. Потім з проби досліджували без вибору не менше 50 гарбузів. Кожен плід 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.

Абсолютну масу (1000 насінин) визначали згідно з ГОСТ 12042-80, вологість насіння – згідно з ГОСТ 12041-82.

3.2.2. Коефіцієнт зовнішнього тертя ковзання компонентів суміші

Визначення цього коефіцієнту здійснювали спеціальним приладом за схемою, представленою на рис. 3.4.

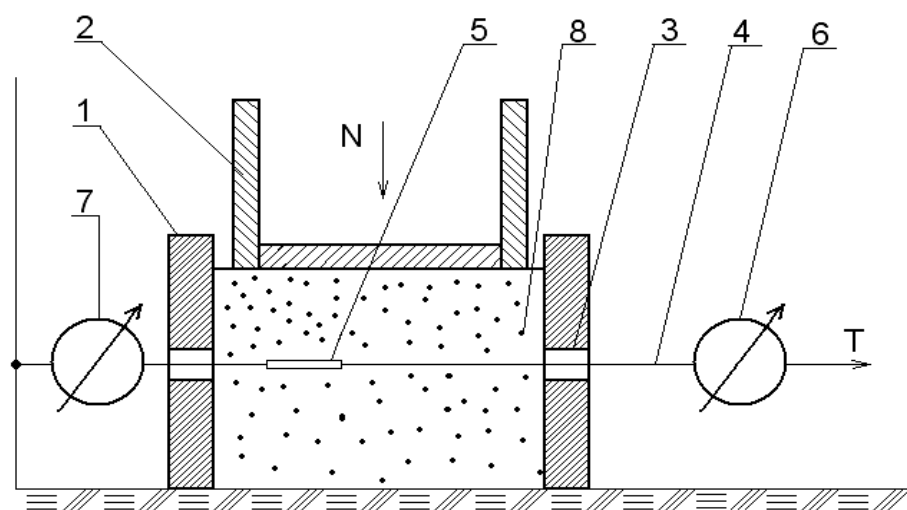


Рис.3.4. Принципова схема визначення коефіцієнта зовнішнього тертя мезги гарбуза залежно від тиску зминання

Прилад складається з нерухомого зовнішнього 1 та внутрішнього 2 стаканів. Їх контактуючі поверхні виконані з чистотою поверхні не нижче $R_a = 6,3$ і забезпечують вільне відносне переміщення з мінімальним зазором. Зовнішній стакан 1 має технологічний отвір 3, крізь який протягнуто трос 4, на кінці якого закріплено пластину 5. Товщина пластини 5 повинна бути якомога меншою, але жорсткою, щоб виключити її згинання протягом роботи. До вільного кінця тросу 4 прикріплені динамометр 6 та мікрометр 7. Стискаюче зусилля утворюється шляхом вкладання вантажу у внутрішню порожнину стакана 2, зсувне – натягуванням вільного кінця тросу 4.

Суть методики полягає в наступному. Нерухомий зовнішній стакан 1 заповнювали мезгою 8. Суміш ущільнювали до рівня технологічного отвору 3. У

технологічний отвір 3 протягували трос 4 із закріпленою пластиною 5, яку уклали на мезгу ближче до лівого (за схемою) краю стакана 1 і покривали шаром мезги. У зовнішній стакан 1 вводили внутрішній стакан 2 і навантажували зусиллям N .

Поступово, збільшуючи зсувне зусилля T , відстежували залежність зсувної сили від відносного переміщення пластини 5. На початковому етапі зі зростанням зсувного зусилля відносне переміщення зростає пропорційно останньому. Потім настає момент, коли для відносного переміщення збільшувати зсувне зусилля потреби немає. Збільшивши стискаюче зусилля, повторювали експеримент до отримання сітки кривих (рис. 3.5а).

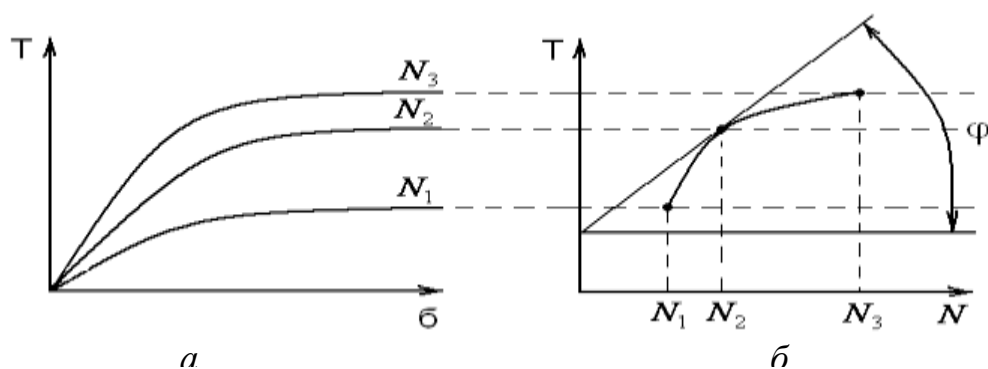


Рис. 3.5. Графічна інтерпретація одержаних залежностей:
а – відносне переміщення від зсувної та стискаючої сил;
б – зусилля на зсув від стискаючого зусилля

У правій частині рис. 3.5б шляхом переносу будували залежність T від N . Коефіцієнт зовнішнього тертя за конкретного значення стискаючого зусилля дорівнює тангенсу кута нахилу φ дотичної до кривої в точці, що відповідає значенню N . Представлена методика дозволяє, на відміну від загальноприйнятої, враховувати залежність коефіцієнта зовнішнього тертя від штучно створеної напруги в середовищі.

3.2.3. Модуль пружності та зусилля на прокол насіння

Ці показники важливі з точки зору оптимізації діючих зусиль у міжвальцевому просторі. Модуль пружності визначали за діаграмою навантаження–

розвантаження за одновісного стискання. Дослідження виконувались з використанням твердоміра ВІСГОМ (рис. 3.6).

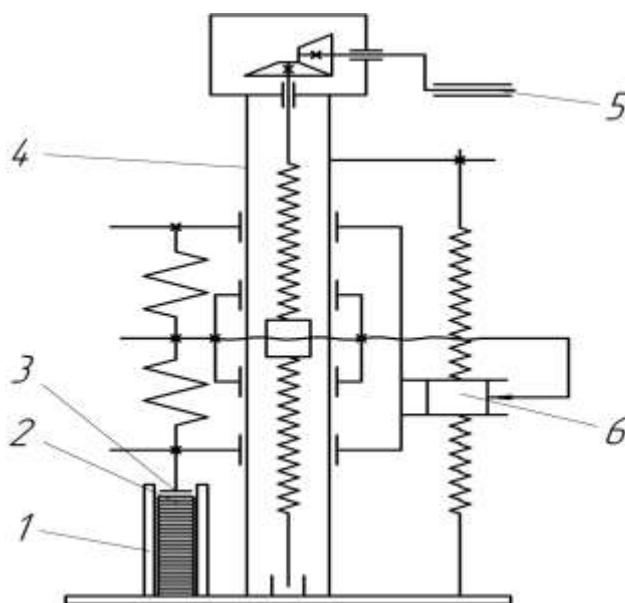


Рис. 3.6. Схема приладу для визначення модуля пружності та зусилля на прокол насіння гарбуза

З серійного приладу знімали конічний наконечник і замість нього встановлювали плунжер 3 у вигляді диска для визначення модуля пружності. У процесі роботи, при обертанні рукояті 5, плунжер стискає зернину й самопис 6 реєструє діаграму стиску, а при зворотному обертанні рукояті – діаграму розвантаження.

Зернина має малі розміри, тому чутливості твердоміра недостатньо для виконання досліджень. Далі зернини 2 вкладали в касету 1. Сумарна деформація такої кількості зерен знаходилася в межах чутливості самописа приладу.

У зв'язку з тим, що при стисканні можуть виникати незворотні пластичні деформації, необхідно унеможливити їх прояв. Для цього безпосереднє визначення модуля пружності виконувалося за повторного стискання, що пояснюється графічно (рис. 2.5).

При первинному навантаженні зі збільшенням зусилля σ збільшується й відносна деформація ε (крива 1), де Δ – стискаюче зусилля. У випадку розвантаження дослідного зразка (крива 2) частина деформації (ділянка AB) залишається, а частина (ділянка BD) – відновлюється.

При повторному навантаженні крива 3 знаходиться за межами зони пластичності й петля гістерезису повністю характеризує пружні властивості матеріалу. Пряма BC є графічною інтерпретацією залежності між навантаженням і пружною деформацією. Модуль пружності дорівнює тангенсу кута нахилу прямої до осі деформації: $\tau = \operatorname{tg} \alpha$

Зусилля на прокол насінини визначали за цією ж методикою. Тільки замість плунжера 3 встановлювали голку діаметром 1 мм. Момент проколу визначали візуально, а зусилля на прокол – по діаграмі твердоміра.

3.3. Методика проведення лабораторного експерименту на дослідному зразку сепаратора-очисника

У процесі досліджень використовувалася повномасштабна модель сепаратора-очисника. Робочим тілом була натуральна суміш насіння та мезги. Тому методи фізичного моделювання в роботі не застосовувалися.

Лабораторна установка (рис.3.7) складається з рами 1, на якій у підшипникових опорах 2 встановлені вальці 3.

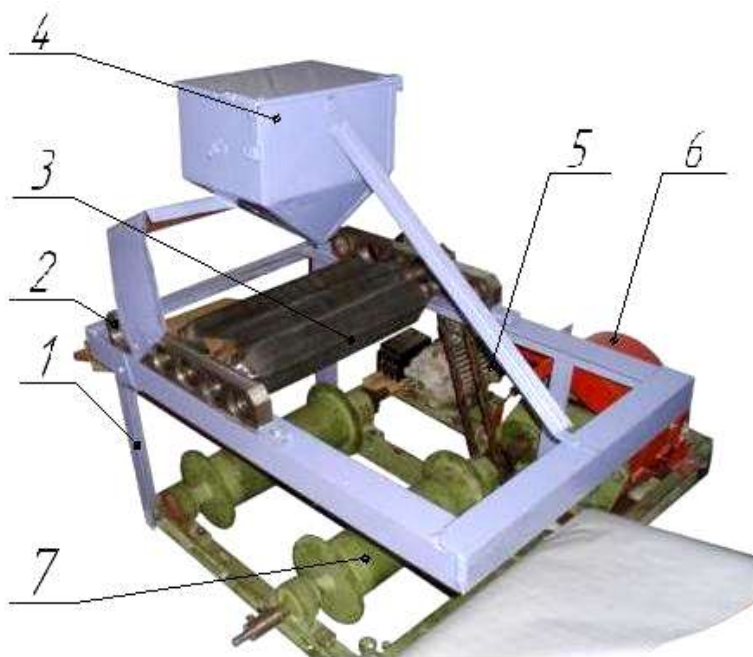


Рис. 3.7. Загальний вигляд лабораторної установки

Вальці розміщені таким чином, що робоче поле сепаратора-очисника для забезпечення сходу матеріалу з поверхні має нахил 15–20°.

Середній валець отримує обертальний момент від електродвигуна 5 через редуктор 6. Інші вальці приводяться в обертання за рахунок сил тертя. Для виділення відходів встановлений транспортер 7 (на рисунку не показаний).

Робота виконувалася в такій послідовності. Гарбуз розрізали, видаляли внутрішній вміст, зважували його та визначали механіко-технологічні властивості. Редуктором виставляли потрібну частоту обертання і вмикали механізм приводу. Вручну заповнювали сумішню насіннєвий ящик сепаратора-очисника, вмикали установку і заміряли час повного очищення. Механізм приводу вмикали, збирали очищене насіння та зважували його. Відношення маси очищеного насіння до загальної маси внутрішнього вмісту давало відсотковий вміст насіння в суміші.

У подальшому зважували відходи. Відношення маси відходів до маси очищеного насіння становило відсоток засміченості.

Від очищеного насіння відділяли травмоване (на підставі візуального огляду), підраховували загальну кількість насінин та обчислювали відсоткове відношення.

Задача лабораторних досліджень – експериментально отримати оптимальне співвідношення вхідних та вихідних параметрів системи.

У якості вхідних параметрів прийнято:

- діаметр описаного кола вальця;
- відстань між вальцями, або перекриття русла вальців;
- частота обертання вальців;
- жорсткість поверхні вальця;
- довжина вальця;
- кут нахилу вальцьового поля;
- механіко-технологічні властивості суміші насіння та мезги;
- відсотковий вміст насіння в суміші.

Для визначення впливу вхідних параметрів на вихідні необхідно було провести повний восьмифакторний експеримент, який потребував досить значної кількості дослідів. Тому на початковому етапі були виконані, так звані, постановочні експерименти, за результатами яких кількість вхідних факторів була обмежена трьома:

- початкова забрудненість насіння;
- липкість суміші;
- частота обертання вальців.

Для експерименту прийнято трифакторний симетричний план $3 \times 3 \times 3$.

Порівняльні випробування проводилися при видаленні насіння гарбуза з плодів різних сортів: Ждана, Лель, Світень, Славута, Стофунтовий.

Програма та методи дослідження були розроблені згідно з вимогами ГОСТ 70.10.8-84 [54]. Для проведення дослідів гарбузи відбирали в трьох точках вороху, а потім оцінювали їх біологічну стиглість. Масу проб плодів на дослід визначали з використанням товарних ваг РП-100 П1-1 ЗПХТ23711-79 з допустимою похибкою вимірювання 100 г. Достовірність обраних режимів та параметрів встановлювали шляхом відбору та аналізу не менше 3-х проб.

3.4. Методика оцінки якісних показників роботи

Оцінка роботи очищувача виконувалась за наступними критеріями:

- відсоток засміченості очищеного насіння;
- відсоток травмованих насінин;
- енерговитрати процесу;
- продуктивність машини;
- технологічна надійність;
- сталість виконання технологічного процесу.

Показники якості визначали за сталої безупинної роботи машини. Відбір проб виконували на виході кінцевих продуктів. Дослід проводили з трикратною повторністю за встановленого режиму з партіями плодів у 100 кг кожна.

Для визначення складу втрат за час проведення досліду за сигналом під виходи працюючої машини підставляли тару, а по закінченні відбору проб за сигналом тару прибирали. Тривалість відбору проб фіксувалася секундоміром. Час проведення одного експерименту відповідав часу переробки партії плодів.

Масу середнього зразка втрат зважували на медичних вагах ВМ-20 (ТГУ-64-1-1064-78) з похибкою вимірювання 10 г.

Проби подрібнених плодів зважували вагами ВТК-500 (ГОСТ 19491-74).

Якість отриманої продукції перевіряли візуальним і біологічним методами [25]. Для проведення необхідних дослідів відокремлювач насіння був обладнаний спеціальними пробовідбірниками.

Дослідження проводили за розробленою програмою шляхом визначення:

- біологічної врожайності переробленої культури по насінню;
- основних параметрів подрібненої маси плодів, що надходила на сепарацію;
- оптимальної настройки сепаратора-очисника насіння;
- якісних показників роботи сепаратора-очисника.

Показник повноти виділення насіння Δ , який характеризує інтенсивність просіювання по довжині очисника, розраховували із виразу:

$$\Delta = M_x / q_c,$$

де M_x – маса насіння, що пройшло через очисник, г;

q_c – маса насіння, яка подається з подрібненими плодами на сепарацію, г.

Ефективність сепарації на вальцях (p , %) визначали із формули:

$$p = (m_c / m_e) \cdot 100,$$

де m_c – кількість вільних насінин на ділянці довжини сепаратора-очисника, г;

m_e – кількість насінин, виділених на цій ділянці, г.

Чистоту отриманої продукції (A , %) розраховували за формулою:

$$A = \frac{m}{M} \cdot 100,$$

де M – загальна маса проби, г;

m – маса вільного насіння в пробі (без сумішей), г.

Досліди проводили на п'яти подачах питомої загрузки сепаратора - очисника. Зміну подачі плодів проводили шляхом зміни величини отвору у насіннєвому ящику. Правильність регулювань та обраних режимів перевірялись трьохразовими дослідними пробами.

Обробку проб здійснювали вручну з використанням приладів, які вказав в ГОСТ 70.10.8.84.[24].

Необхідна кількість повторностей польових експериментів визначалась за кожним досліджуваним фактором виходячи з точності $\pm 5\%$ і надійності досліджень 0,95. За встановленими рівняннями зв'язку будували графічні залежності, які дозволили візуально показати сутність впливу вихідних факторів на досліджувані параметри. Перевірку гіпотези про адекватність математичного опису експериментальним даним виконували з використанням F_d – критерію Фішера [16, 20].

Висновки

1. Механіко-технологічні властивості суміші насіння та мезги гарбуза носять специфічний характер. Загальна особливість полягає в тому, що на відміну від загальноприйнятих уявлень вони залежать від зовнішнього тиску та часу, що минув з моменту видалення насіння. Розроблені нами методики дозволяють проводити визначення необхідних параметрів з урахуванням технологічних особливостей процесу видалення насіння.

2. Плоди гарбуза як фізичні тіла являють собою неоднорідні системи з різними механічними властивостями внутрішніх і периферійних тканин. У процесі взаємодії досліджуваного матеріалу з робочим органом спостерігається поступовий перехід реакції взаємодії від одних властивостей до інших.

4. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ СЕПАРАТОРА-ОЧИСНИКА

4.1. Результати дослідження механіко-технологічних властивостей вороху

Обґрунтування основних конструктивно-кінематичних параметрів досліджуваного сепаратора-очисника дає можливість перейти до визначення його якісних показників роботи, ефективності та надійності технологічного процесу. Для визначення ефективності використання запропонованого сепаратора-очисника насіння, перевірки результатів теоретичних та лабораторних досліджень у реальних умовах були проведені польові випробування. Механіко-технологічні властивості насіння та мезги гарбуза проявляються інакше, ніж властивості інших матеріалів.

Перша відмінність. Механіко-технологічні властивості матеріалів характеризують їх поведінку в разі прикладання до них механічного зусилля. У загальному випадку коефіцієнт тертя не залежить від тиску. Особливість мезги полягає в тому, що під час прикладання зусилля змінюється структура робочого тіла і його основні фізичні властивості. У процесі експериментальних досліджень нами відмічена залежність коефіцієнтів внутрішнього та зовнішнього тертя від тиску.

Друга відмінність. Процеси, що відбуваються в робочому тілі в разі дії тиску, мають малий час релаксації. Як наслідок – залежність властивостей від швидкості прикладання зусилля.

Третя відмінність. При контактуванні мезги з повітрям відбувається хімічна реакція, яка перш за все впливає на липкість матеріалу. Якщо в шнековому транспортері, де відбувається зминання мезги, контакт з повітрям практично відсутній, то сепаратор-очисник, навпаки, розділяє суміш за інтенсивного контакту з повітрям.

4.1.1. Розмірні характеристики насіння

Насіння гарбуза, як правило, округле, сплюснуте і має грушоподібну форму. Плоди сорту Ждана, гладкі плоско-округлі й слабосегментовані. Маса досліджуваних плодів становить 2,56–6,32 кг, діаметр 230–380 мм. Середня товщина м'якоті 40–55 мм. Вихід сирого насіння - 1,8–2,57 %, а сухого - 1,3–1,5 %.

Плоди сорту Стофунтовий гладкі, форма - сплющеного типу. Маса 2,25–4,23 кг, середній діаметр плодів 180–310 мм. Товщина м'якоті 35–48 мм. Вихід сирого насіння 3,35–3,5 %, сухого 2,1–2,5 %. По краю насіння паралельно бортикам проходить виїмка. Поверхня насіння трохи шорстка і вкрита тонкою прозорою плівкою, яка знімається під час сушіння.

Результати розмірно-масових характеристик плодів гарбуза, розмірні показники насіння, яке тільки-но видалили, і їх фізичні властивості показані в табл. 4.1 та 4.2.

Таблиця 4.1

Фізичні властивості насіння

Абсолютна вологість насіння, %	Абсолютна маса 1000 насінин, г			Об'ємна маса, г/л			Щільність насіння, г/см ³		
	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 4.2

Геометричні параметри насіння деяких сортів гарбуза, мм

№	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

4.1.2. Результати досліджень коефіцієнта пружності та зусилля на прокол оболонки свіжовиділеного насіння.

Середнє значення коефіцієнта пружності $\tau = 2,124 \pm 0,3$. Результати замірювань представлені в додатку Б. Нижче наведені результати досліджень міцності оболонки насіння на прокол (табл. 4.3).

Таблиця 4.3

Міцність оболонки свіжовиділеного насіння на прокол

Сорт	σ , Н/мм ²		
	мінімальна	максимальна	середня
Ждана	29,3	69,1	43,8
Стофунтовий	23,2	44,4	32,9

Аналіз отриманих даних показує, що більш крупне, дозріле насіння має й більш високу міцність. Однак, великі розміри насіння потребують більш пом'якшених режимів їх доочистки. Пояснюється це тим, що зі збільшенням геометричних розмірів насіння підвищується імовірність травмування його робочими органами. Зокрема, виникає загроза пошкодження носика насіння, що призводить до зниження його посівних якостей.

4.2. Результати лабораторних досліджень

Конструктивні параметри сепаратора-очисника та його кінематичні режими роботи залежать від значної кількості вихідних даних. Виконати повномасштабний багатofакторний експеримент у такому випадку складно. Тому лабораторні дослідження виконані нами у два етапи.

На першому етапі ми проводили експеримент з обмеженою кількістю вихідних даних. На другому етапі нами прийнятий багатofакторний експеримент. Це пояснюється тим, що липкість суміші, матеріал вальця та діаметр описаного

кола найбільше впливають на якість очищення насіння. І хоч вони є не залежними факторами, але розглядати їх окремо недоцільно.

4.2.1. Дослідження першого етапу.

Метою попередніх лабораторних досліджень було визначення в першому наближенні діапазону кінематичного режиму та пружності вальців з точки зору сталості виконання технологічного процесу. Ступінь очищення насіння на цьому етапі нами не досліджувалася.

Для проведення досліджень було виготовлено 3 групи п'ятигранних вальців різної пружності. Значення останньої змінювали шляхом формування у тілі вальця порожнин різного діаметра (рис. 4.2).

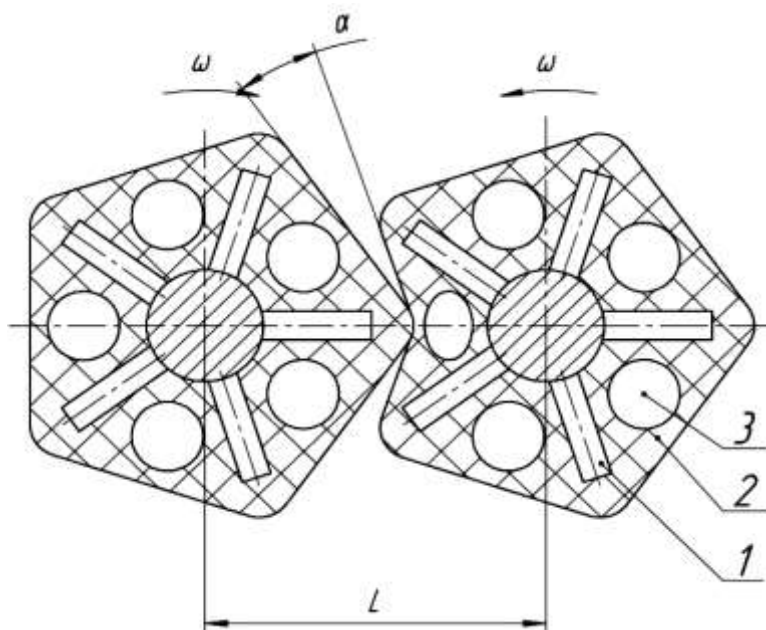


Рис. 4.2. Схема формування порожнин у тілі вальців

Таке рішення є прийнятним, бо дає можливість не змінювати склад гуми вальця. Таким чином, експерименти були виконані за ідентичних умов з огляду на якість робочих поверхонь.

Розроблений очисник призначений для кінцевого (фінішного) очищення вороху, тому суміш, що подавалася на вальці, проходила попереднє очищення.

Як показав аналіз протоколів заводських випробувань серійних машин,

ступінь кінцевого забруднення становить 25–35 % за масою. Тому нами в експерименті була прийнята саме така забрудненість.

Вологість суміші не враховували, бо, як показали спостереження, процес відбувається практично у водному середовищі.

Експериментально встановлено, що при пружності вальців більше 2,1 мПа показники якості їх роботи практично не змінюються.

Аналіз отриманих даних говорить про те, що незалежно від пружності гуми, для забезпечення найменшої засміченості насіння оптимальна частота обертання сепаратора-очисника має бути 200...300 хв.⁻¹ (рис.4.3 і 4.4). Цей діапазон відповідає тому, який був отриманий в результаті теоретичних досліджень (200...300 хв.⁻¹).

При частоті обертання меншій за 200 хв.⁻¹ показник засміченості насіння гарбуза погіршується. Причому ця тенденція зберігається незалежно від пружності матеріалу вальців.

Коли ж частота обертання останніх перевищує 300 хв.⁻¹, якість очищення насіння погіршується лише у випадку застосування вальців з меншою пружністю (див. рис.4.3). У вальців з більшою пружністю цей показник (як і показник кондиційності насіння) практично стабільний (див. рис.4.4). Більше того, при $n > 300$ хв.⁻¹ втрати насіння з відходами і їх незначне травмування (дрібні тріщини) при очищенні вальцями з більшою пружністю мають певну тенденцію до зменшення. Кількість повністю порушеного насіння при цьому навпаки різко зростає (див. рис.4.4). З огляду на це частоту обертання вальців очисника-сепаратора слід тримати в діапазоні 200...300 хв.⁻¹.

Слід підкреслити, що з точки зору абсолютного рівня засміченості насіння найкращий показник забезпечують вальці, пружність яких менша. Так, при значенні цього параметра 1,2 мПа найменша засміченість становить приблизно 3% (рис.4.3), в той час як при 2,1 мПа – майже в 7 разів більше (рис.4.4).

При частоті обертання 200...300 хв.⁻¹ вальці з меншою пружністю мають кращі якісні показники роботи: вищу кондиційність насіння, менші його втрати

і травмування. Найкращі показники роботи забезпечуються вальцями пружністю 1,2...2,2 МПа (рис.4.5).

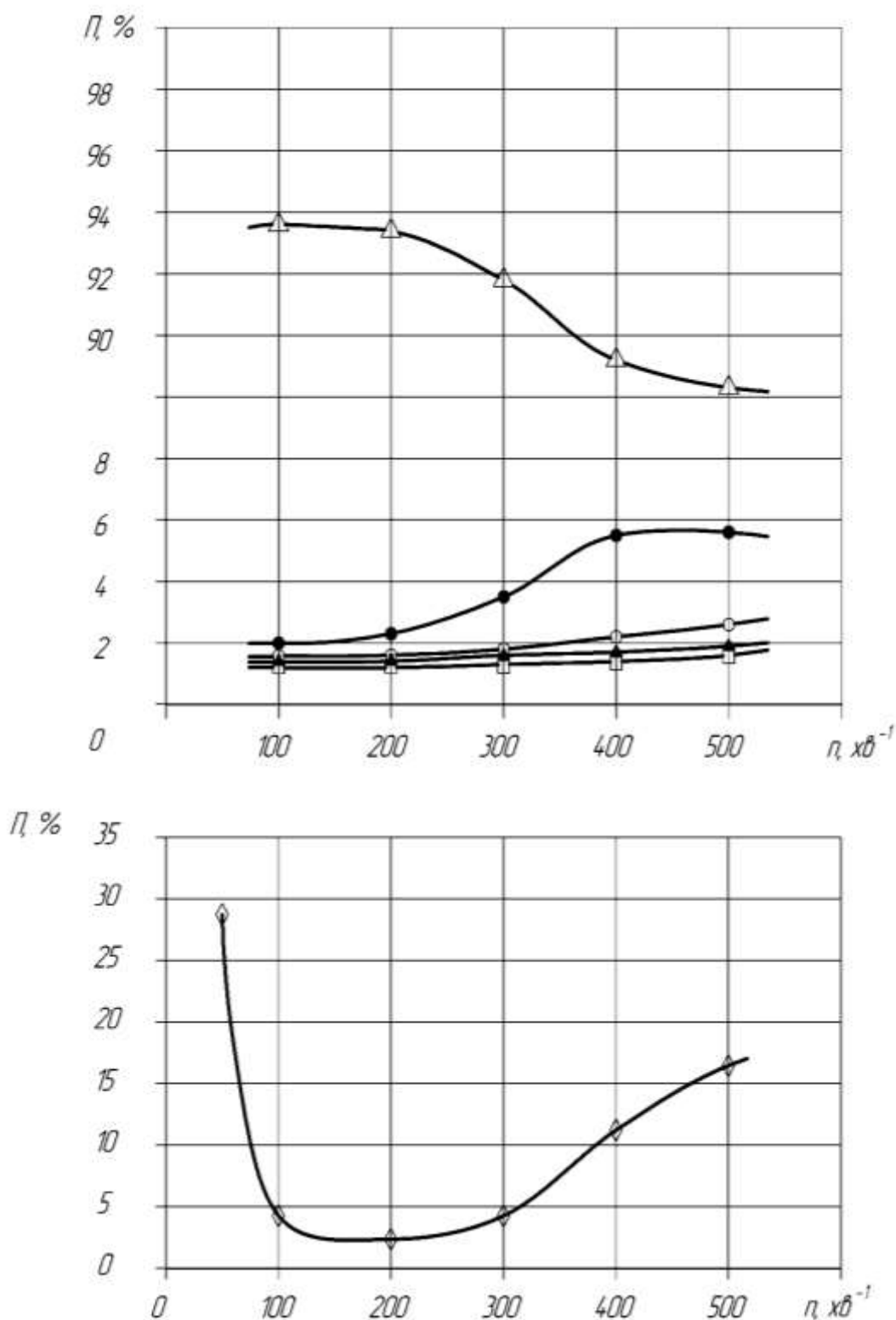


Рис. 4.3. Якісні показники роботи сепаратора-очисника (пружність вальця – 1,2 МПа):

Δ – кондиційне насіння; $\circ$ – дрібні тріщини; $\square$ – порушені без травмування зародка; $\blacktriangle$ – порушене повністю; $\bullet$ – втрачене з відходами; $\diamond$ – засміченість

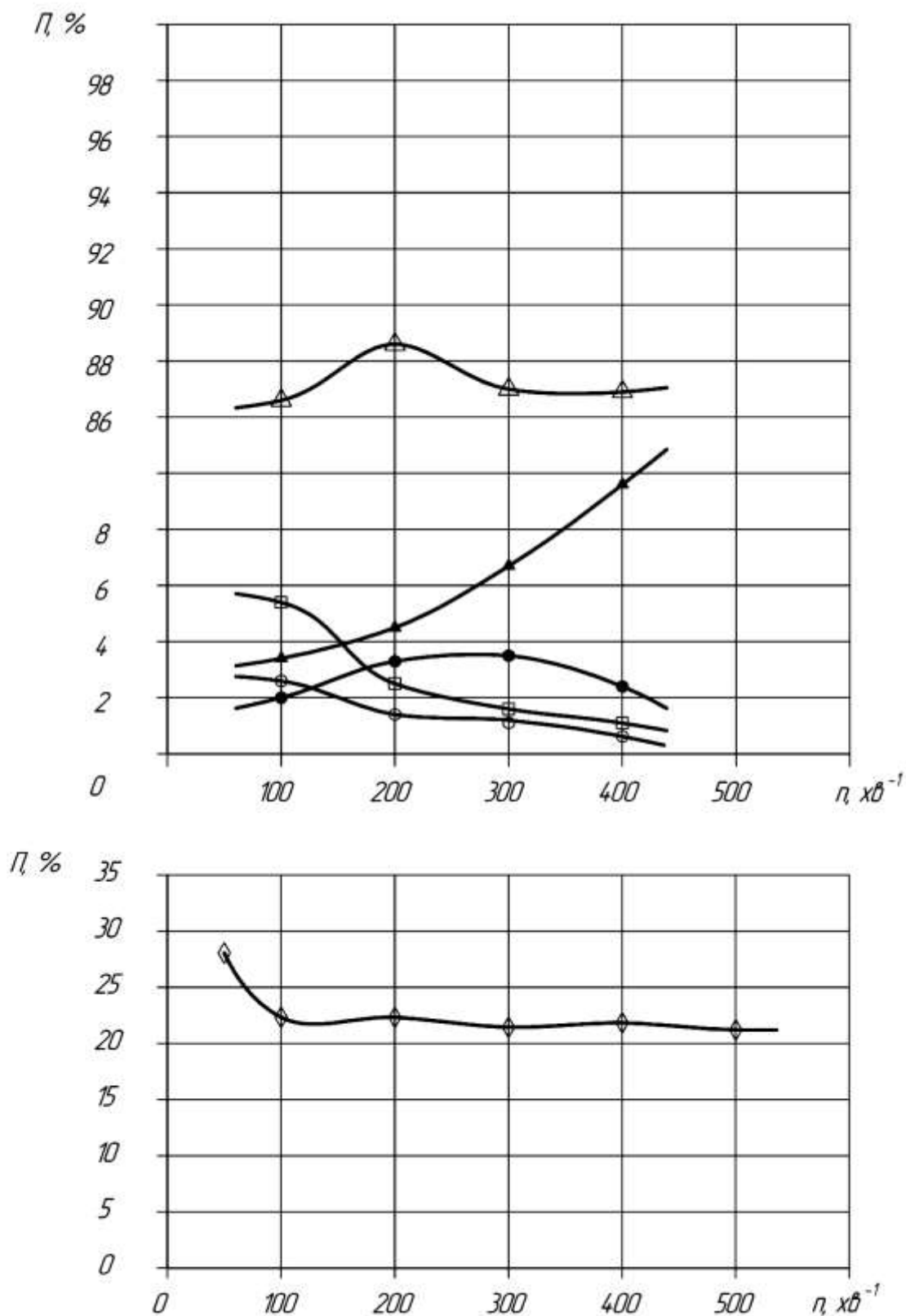


Рис. 4.4. Якісні показники роботи сепаратора-очисника
(пружність вальця – 2,1 МПа):

Δ – кондиційне насіння; $\circ$ – дрібні тріщини; $\square$ – порушені без травмування зародка; $\blacktriangle$ – порушене повністю; $\bullet$ – втрачене з відходами; $\diamond$ – засміченість

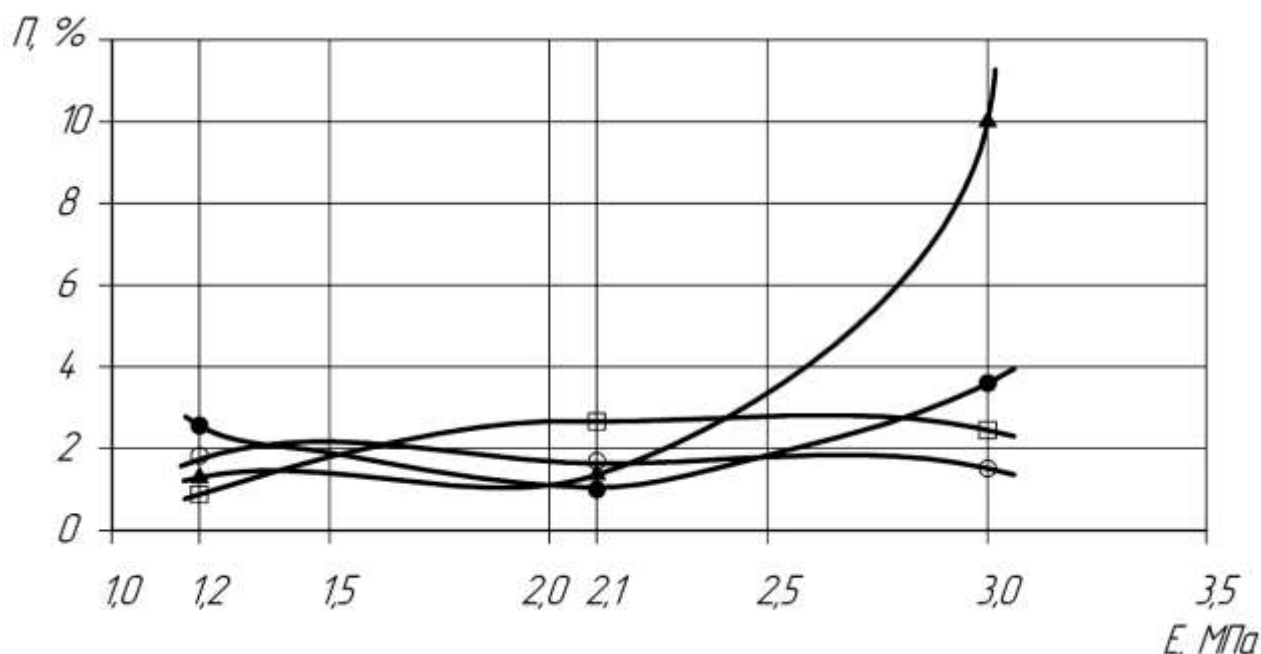


Рис. 4.5. Залежність показників роботи вальцевої групи від пружності гуми (позначення відповідають прийнятим на рис. 4.3–4.4)

Наведені вище залежності отримані за мінімальної величини перекриття описаного і вписаного кола вальців $\Delta = 0\text{--}0,5$ мм (рис.4.6)

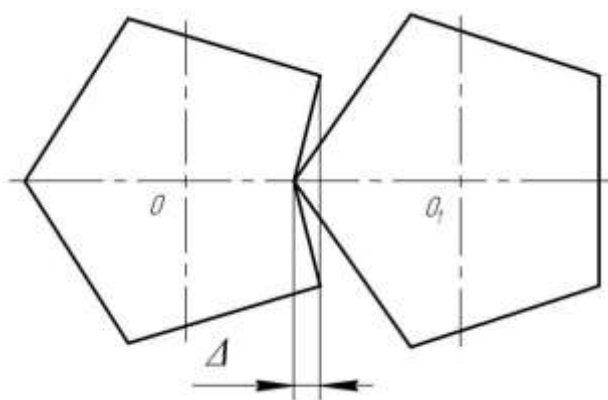


Рис. 4.6. Схема до визначення величини перекриття Δ

На (рис. 4.7) представлено результати дослідження впливу величини перекриття на основні якісні показники роботи за оптимальних значень пружності та частоти обертання. Як показує аналіз наведених залежностей, вплив величини перекриття не є визначальним, тому з метою підвищення строку служби вузла та зниження енерговитрат потрібно прийняти $\Delta = 1\text{--}3$ мм.

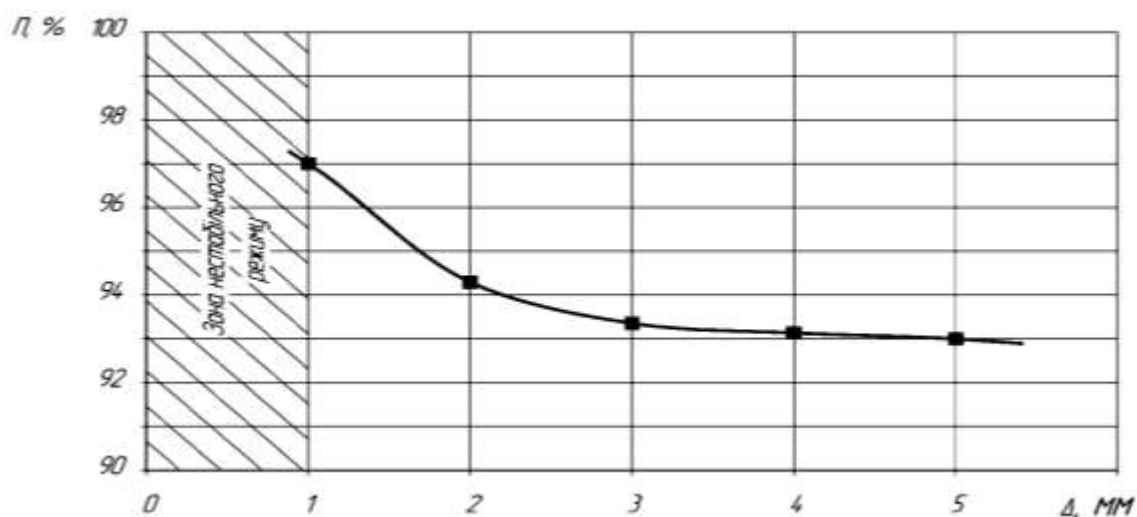


Рис. 4.7. Вплив величини перекриття Δ на вміст повністю кондиційного насіння на виході з очисника:
частота обертання $n = 200 \text{ хв}^{-1}$; пружність 2,1 МПа

Проте аналіз умов виготовлення вальців показує, що таке перекриття вимагає підвищеної точності формування, а це суттєво підвищує вартість виготовлення. Тому під час розробки вузла для польових випробувань ми орієнтувалися на величину перекриття 3 мм.

Обертальний момент вальцевої групи носить циклічний характер, і значна його частина витрачається на зминання гуми. Якщо повернутися до розрахункової схеми (рис. 2.2), то перехід з положення I у положення II супроводжується витратами на зминання, перехід з положення II у положення III, навпаки: енергія, накопичена гумою, вивільняється і повертається у трансмісію, де витрачається на обертання вальців. Частина енергії при цьому розсіюється. Як наслідок, заміри енерговитрат традиційними методами не дадуть повністю об'єктивної картини. Тому нами енерговитрати були визначені через обертальний момент за такою схемою – рис. 4.8.

Експеримент проводився відносно однієї пари вальців (інші були зняті) і полягав у наступному. На один із вальців 1 було встановлено квадратний накопичувач 2, на який одягали динамометричний ключ 3. Вальці оберталися динамометричним ключем і при цьому фіксували показання динамометра залежно від кута повороту φ . Результати замірів представлено на рис. 4.8,б.

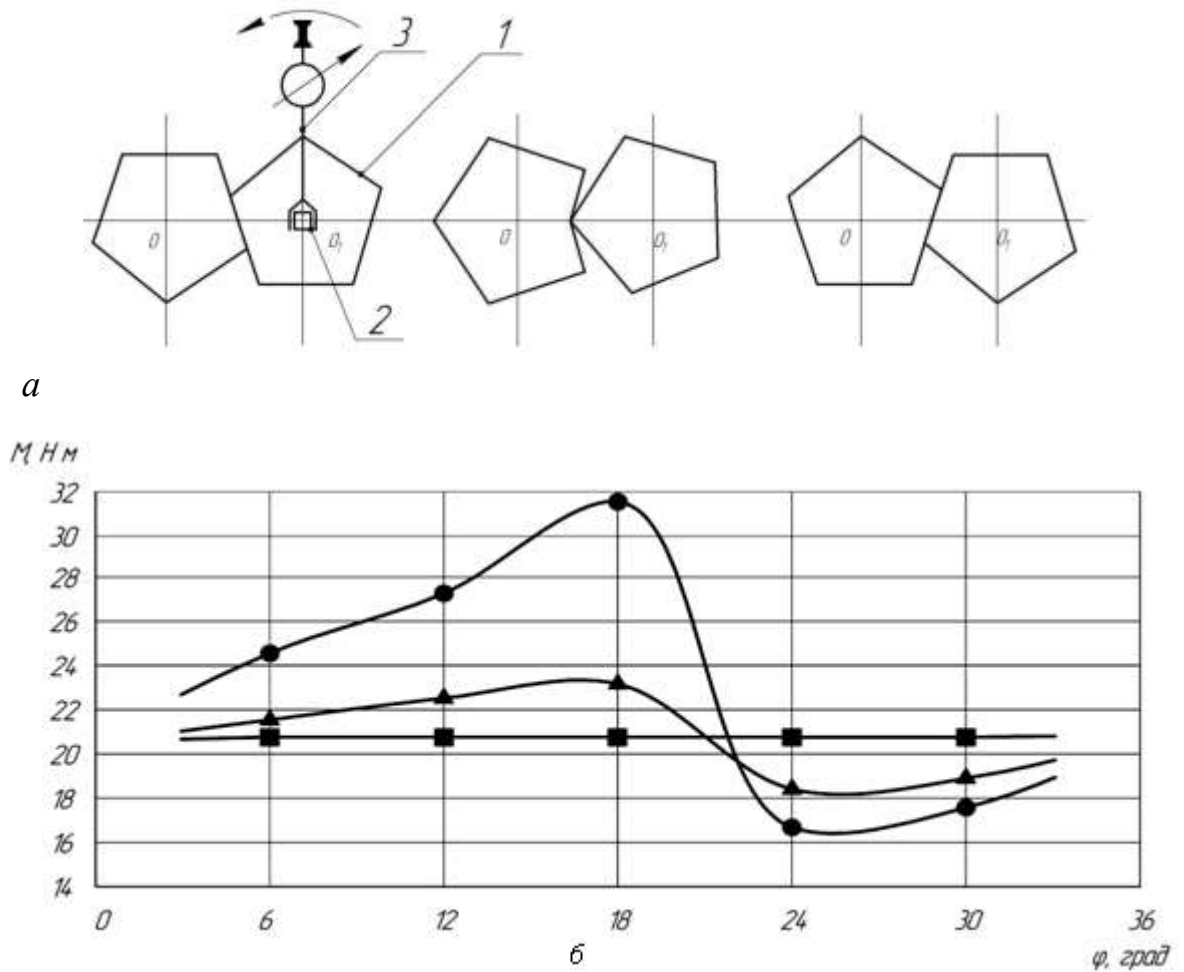


Рис. 4.8. Схема до визначення величини обертового моменту (а) та результати досліджень (б):

1 – валець; 2 – квадратний наконечник; 3 – динамометричний ключ;
 ■ – перекриття $\delta = 0$; ▲ – перекриття $\delta = 1$ мм; ● – перекриття $\delta = 3$ мм

Із рис.4.8а бачимо, що максимальний крутний момент дорівнює 31,5 Н·м, мінімальний – 16,2 Н·м, а середній – 23,8 Н·м.

При кутовій швидкості обертання вальців $\omega = 200 \cdot 3,14 / 30 = 21 \text{ с}^{-1}$ маємо наступні значення потрібної потужності:

- максимальна – $31,5 \cdot 21 = 660 \text{ Вт} = 0,66 \text{ кВт}$;
- мінімальна – $16,2 \cdot 21 = 0,34 \text{ кВт}$;
- середня – $23,8 \cdot 21 = 0,50 \text{ кВт}$.

4.2.2. Дослідження другого етапу.

Для досліджень прийнято симетричний трифакторний експеримент плану $3 \times 3 \times 3$. Фактори та їх рівні обрано виходячи із наступних міркувань. Перший фактор – три рівні. У процесі попередніх досліджень було відмічено, що липкість суміші мезги і насіння залежить від часу, що минув після виділення насіння з плоду гарбуза. Абсолютне значення липкості в даному випадку принципового значення не має. Важливим є час після виділення. Тому у якості фактора приймаємо саме час, що минув після виділення (X_1) насіння.

Безумовно, перший рівень – це відсутність затримки з переробкою, або $X_1 = 0$. Як показали досліди, змінення липкості найбільш інтенсивно відбувається перші 20 хв. Тому для отримання симетричного плану приймаємо:

- перший рівень $X_1 = 0$ хв;
- другий рівень $X_1 = 10$ хв;
- третій рівень $X_1 = 20$ хв.

Другий фактор – три рівні. На першому етапі лабораторних досліджень нами було окреслено діапазон зміни пружності матеріалу вальця 1,2–2,2 МПа. Але валець, не виходячи за діапазон пружності, можна виготовити з різного матеріалу, що безпосередньо відіб'ється на липкості. У промисловості ежекція (виштовхуюча властивість) використовується у виготовленні різного виду штампів. Існує чотири типи ежекторних матеріалів (таблиця 4.4):

- гума з відкритими порами, або губчаста;
- гума зі закритими порами;
- мікропористий поліуретан (*Vulkolan*).

З усієї кількості механіко-технологічних властивостей на даному етапі для дослідів важливі наступні:

- коефіцієнт Пуассона (коефіцієнт бокового розширення);
- швидкість релаксації (кількість циклів стискання за годину, за якої матеріал повністю відновлює вихідну форму);

- коефіцієнт компресії (величина, на яку можна стиснути матеріал, не наносячи механічних пошкоджень)

Таблиця 4.4

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

Слід відмітити, що при стисканні гуми з відкритими порами з неї частково відходить повітря, що збільшує час релаксації, але зменшує липкість і коефіцієнт тертя за рахунок повітряної подушки.

Як показує аналіз табл. 4.4, усі три матеріали можуть бути використані у виготовленні вальця. Тому нами 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 – три рівні. Діаметр описаного кола вальців прийнято (фактор X_3):

- перший рівень (X_3) = 45 мм;
- другий рівень (X_3) = 65 мм;
- третій рівень (X_3) = 85 мм.

Рівні варіювання факторів представлені у вигляді підсумкової табл. 4.5.

Таблиця 4.5

Рівні варіювання факторів

Фактор	Код	Рівні факторів		
		-1	0	+1
Час, що пройшов від моменту виділення насіння до очищення, хв	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

Експерименти проводилися відповідно до розрахункової матриці (табл. 4.6), яка включає повний перебір всіх комбінацій рівнів факторів. Для кожного рівня факторів виміри проводилися з трикратним повторенням і бралось середнє значення.

Значення постійних для розрахунку коефіцієнтів регресії [29]:

$$A_0 = 0,25926;$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

За результатами багатофакторного експерименту, отримано наступне рівняння регресії:

$$P = 68,0 - 6,9 \cdot X_1 - 5,3 \cdot X_2 - 3,2 \cdot X_3 - 1,4 \cdot X_1^2 + 0,2 \cdot X_2^2 + 0,3 \cdot X_3^2 + 0,5 \cdot X_1 \cdot X_2 + 0,33 \cdot X_1 \cdot X_3,$$

де P – абсолютне зниження засміченості, %

Враховуючи той факт, що зміна параметра X_2 є досить трудомісткою і витратною, аналіз отриманої регресійної моделі проводили за зрізами, отриманих при зафіксованому значенні цього фактора.

В результаті встановлено, що фактор X_1 здійснює найбільший вплив (рис.4.9). Причому, максимальне абсолютне зниження засміченості насіння гарбуза має місце при $X_1 = -1$, тобто тоді, коли час затримки його очищення дорівнює нулю.

Таблиця 4.6

Розрахункова матриця визначення величини зниження абсолютної засміченості насіння гарбуза

№	Фактичне зниження засміченості, %	Розрахункова матриця										Розрахункове значення, %	$S_p - S, \%$
		X_0	X_1	X_2	X_3	X_1^2	X_2^2	X_3^2	$X_1 X_2$	$X_1 X_3$	$X_2 X_3$		
1	51	+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	55,1	+1,1
3	56	+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	56,5	+1,5
5	58	+1	+1	0	0	+1	0	0	0	0	0	59,7	+1,7
6	60	+1	+1	0	-1	+1	0	+1	0	-1	0	62,3	+2,3
7	59	+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	64,7	+1,7
9	67	+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	59,4	+0,4
11	63	+1	0	+1	0	0	+1	0	0	0	0	62,9	-0,1
12	65	+1	0	+1	-1	0	+1	+1	0	0	-1	64,7	-0,3
13	65	+1	0	0	+1	0	0	+1	0	0	0	64,5	-0,5
14	68	+1	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	70,9	-0,1
16	70	+1	0	-1	+1	0	+1	+1	0	0	-1	70,0	0,0
17	74	+1	0	-1	0	0	+1	0	0	0	0	73,5	-0,5
18	76	+1	0	-1	-1	0	+1	+1	0	0	+1	76,6	+0,7
19	65	+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	67,9	-1,1
21	74	+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	69,7	-2,3

23	75	+1	-1	0	0	+1	0	0	0	0	0	73,5	-1,5
24	78	+1	-1	0	-1	+1	0	+1	0	+1	0	76,7	-1,3
25	77	+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	79,5	-1,5
27	84	+1	-1	-1	-1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	82,7	-1,3
Сума 65		$0Y = 1809$	$1Y = -125$	$2Y = -95$	$3Y = -58$	$Y11 = +1198$	$Y22 = +1207$	$Y33 = +1204$	$Y12 = +6$	$Y13 = +4$	$Y23 = +1$		$\sigma = 1,28$

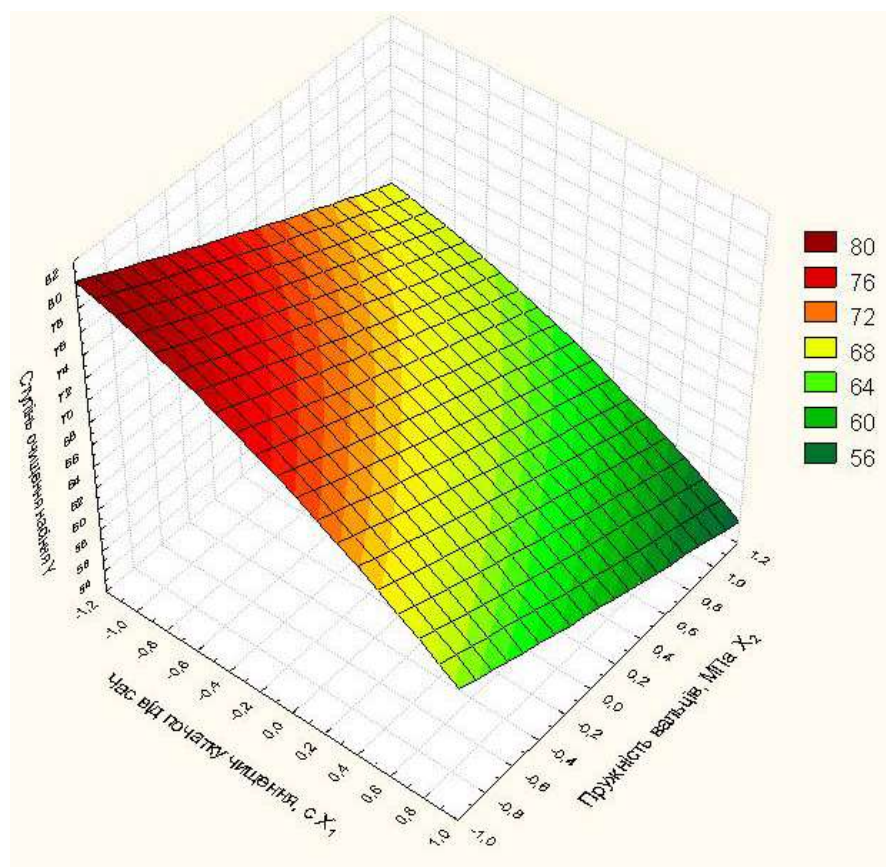


Рис 4.9. Оптимальна поверхня відгуку розробленої математичної моделі.

Вплив фактора X_2 хоча і суттєвий, але у порівнянні з X_1 на 30 % менший. Підвищення чистоти насіння при зменшенні жорсткості вальця можна пояснити видавлюванням повітря з гуми у процесі стискання і утворенням повітряної подушки, яка зменшує прилипання суміші до вальця. Такий висновок цілком підтверджується позитивним значенням коефіцієнта $b_{12} = 0,5$. Це вказує на те, що у

випадку використання гуми з відкритими порами час від виділення насіння до його очищення можна збільшити до 10 хв. без суттєвих втрат якості.

Що стосується фактора X_3 , то при його зменшенні теж відбувається зниження абсолютного значення засміченості насіння гарбуза, хоча і не так інтенсивно, як при зменшенні фактора X_1 (див.рис.4.9). Певну позитивну роль у цьому процесі відіграє парний вплив факторів X_1 і X_3 , про що відповідним чином свідчить і значення коефіцієнту b_{13} .

Водночас, установка вальців з меншим діаметром описаного кола зменшує їх жорсткість з усіма впливаючими звідси негативними наслідками. З огляду на це вказаний діаметр має знаходитися у визначених в процесі теоретичних досліджень межах, тобто 102...119 мм.

Висновки

1. Для досліджуваних сортів гарбузів коефіцієнт тертя мезги по гумі інтенсивно зростає в інтервалі часу 0...20 хв. При більш тривалому перебуванні мезги на відкритому повітрі суттєвих змін значення вказаного коефіцієнта тертя не зафіксовано.
2. Теоретичними дослідженнями встановлено, а експериментально підтверджено, що для забезпечення найменшої засміченості насіння гарбуза оптимальна частота обертання вальців сепаратора-очисника має бути в діапазоні 200...300 хв⁻¹. Поза цим діапазоном показник засміченості насіння погіршується і ця тенденція зберігається незалежно від пружності матеріалу вальців.
3. При частоті обертання 200...300 хв.⁻¹ вальці з меншою пружністю забезпечують вищу кондиційність насіння, менші його втрати і травмування. Для забезпечення заданої якості роботи оптимальне значення цього параметра має знаходитися в межах 1,2...2,2 мПа, а величина абсолютної деформації вальця не повинна перевищувати 3 мм.

5. ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1. Стан охорони праці на підприємстві

Забезпечення безпечних умов праці покладено на адміністрацію підприємства не залежно від форми власності. Адміністрація несе відповідальність за дотримання законодавства, забезпечує впровадження сучасних засобів безпеки для запобігання виробничому травматизму.

На підприємстві з кількістю працюючих 50 і більше чоловік рішенням трудового колективу може створюватися комісія з питань охорони праці. Комісія складається з представників власника, профспілок, уповноважених трудового колективу, спеціалістів з безпеки, гігієни праці і представників інших служб підприємства. Типове положення про комісію з питань охорони праці підприємства затверджується Державним комітетом України по нагляду за охороною праці за погодженням з профспілками. Рішення комісії мають рекомендаційний характер.

Трудовий договір, що укладає адміністрація з трудовим колективом, не може містити положень, які не відповідають законодавчим та іншим нормативним актам про охорону праці, що діють в Україні. При укладанні трудового договору громадянин має бути проінформований власником під розписку про умови праці на підприємстві, наявність на робочому місці, де він буде працювати, небезпечних і шкідливих виробничих факторів, які ще не усунуто, можливі наслідки їх впливу на здоров'я та про його права на пільги і компенсації за роботу в таких умовах відповідно до законодавства і колективного договору. Забороняється укладення трудового договору з громадянином, якому за медичним висновком протипоказана запропонована робота за станом здоров'я.

5.2. Вимоги безпеки праці при збиранні баштанних культур

5.2.1. Загальні положення

1) До самостійної роботи з комбайном допускаються особи, які знають його будову, правила та інструкції з безпеки його експлуатації, які засвоїли правиль-

не проведення технологічного процесу, викладене в технологічних інструкціях з експлуатації комбайна, що оволоділи практичними навичками безпечного проведення робіт, що пройшли інструктаж на робочому місці, перевірку знань і навичок.

- 2) Робітник зобов'язаний виконувати тільки ту роботу, яку йому доручено бригадиром відповідно до виробничої інструкції.
- 3) Перед початком роботи робітник повинен одягнути необхідний для даного виду робіт спецодяг, спецвзуття, головний убір і за необхідності, захисні пристосування, перевірити справність обладнання і допоміжних пристосувань і підготувати відповідне робоче місце.
- 4) Робочий зобов'язаний тримати в чистоти і порядку своє робоче місце. Забороняється загороджувати пожежний інвентар і застосовувати не за призначенням пожежні вогнегасники, хлопавки і т. ін.
- 5) Працювати на обладнанні з несправними або знятими захисними щитками рухомих частин забороняється.
- 6) Про всі помічені до початку роботи несправності техніки працівник зобов'язаний негайно повідомити начальству.
- 7) Робітник повинен знати способи і прийоми надання першої допомоги потерпілому та негайно повідомити про нещасний випадок, якщо такий стався, начальнику або бригадиру.
- 8) Особи, які припускаються порушення вимог інструкцій з охорони праці, притягуються до відповідальності в адміністративно або судовому порядку, залежно від характеру порушення.

5.2.2. Вимоги безпеки перед початком роботи

1. Перевірити висоту провисання проводів повітряних ліній електропередач.
2. Вимоги щодо безпеки під час післязбирального доробляння та зберігання зернових, зернобобових та круп'яних культур

3. Післязбиральне обробляння зерна у приміщеннях зерносклади дозволено виконувати лише за умови наявності окремих спеціальних відділень для протруєння, очищення, сушіння та зберігання зерна, оснащених системою аспірації. Не дозволяється використовувати для протруєння насіння обладнання, агрегати, комплекси і токи, які призначено для післязбирального доробляння та зберігання продовольчого і фуражного зерна.

4. Не дозволяється експлуатувати машини і обладнання без захисних огорож.

5. Не дозволяється у місцях проведення робіт з консервування зерна та зберігання хімічних консервантів вживати їжу, палити та користуватися відкритим вогнем.

6. Зернозбиральні комбайни і транспортні засоби повинні бути обладнані автоматичною зчіпкою, яка дозволяє від'єднувати наповнений причіп і приєднувати порожній під час руху агрегату без участі допоміжного працівника.

5.2.3. Вимоги безпеки під час збирання баштанних культур

1. Під час роботи в полі та переміщення по дорогах на комбайні дозволено перебувати лише комбайнеру.

2. Запасні ножі збиральних машин необхідно зберігати у дерев'яних чохлах на польовому стані.

3. Не дозволяється перебування працівників у кузові автомашини або тракторного причепа під час заповнення їх технологічним продуктом, а також під час транспортування продукту до місця складування.

4. Комбайни повинні бути забезпечені дерев'яними лопатами для проштовхування злежаного зерна у бункерах до вивантажувального шнека.

5. Збиральні машини повинні бути забезпечені міцними дерев'яними підкладками для встановлення домкрата.

6. Під час переїжджання вивантажувальні шнеки та інші робочі органи збиральних машин повинні бути переведені в транспортне положення. Дистанція між збиральними машинами повинна бути не менше 50 м.

5.2.4. Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях

1. Тракторист-машиніст комбайна у випадку нездужання або травмування зобов'язаний припинити роботу, сповістити про це адміністрацію й звернутись у медпункт.

2. У випадку потрапляння диз. палива в очі потрібно негайно промити їх двопроцентним розчином питної соди або чистою теплою водою і звернутися до лікаря.

3. При вимушеній зупинці тракторист-машиніст зобов'язаний включити аварійну сигналізацію, а при її відсутності, на відстані не ближче 20 м у населених пунктах і 40 м поза населеними пунктами, позаду трактора виставити знак аварійної зупинки або миготливий червоний ліхтар, прийняти всі міри до евакуації трактора за межі проїзної частини дороги.

4. У випадку вимушеної зупинки транспортного засобу на залізничному переїзді, тракторист-машиніст зобов'язаний негайно висадити людей і прийняти міри для звільнення переїзду, а якщо це зробити не вдається, він повинен: якщо є можливість, послати двох чоловік вздовж шляхів в обидва боки від переїзду, не менш чим на 1000 м (якщо одного, то вбік ймовірної появи потяга, а на одноколійних переїздах - убік гіршої видимості залізничної колії), пояснивши їм правила подачі сигналу зупинки машиністу потяга, що наближається, (локомотива, дрезини); залишатися біля трактора і, подаючи сигнали загальної тривоги, прийняти всі міри до звільнення переїзду; з появою потяга бігти йому назустріч, подаючи сигнал зупинки.

5.2.5. Вимоги безпеки після закінчення роботи

1. Очистити комбайн від мезги та бруду.
2. Очистити від пилу повітряний фільтр ДВЗ та фільтр повітря, що надходить в кабіну.
3. Поставити комбайн на місце стоянки, встановити ручне гальмо.
4. Після закінчення роботи зняти спецодяг, вимити лице і руки теплою водою з милом або прийняти душ.

5.3. Рекомендації щодо забезпечення безпеки та поліпшення умов праці в господарстві

Господарство займається вирощуванням сільськогосподарських культур, використовуючи наявний рухомий склад. Також в господарстві виконується ремонт і обслуговування техніки.

Зі стихійних лих, які можна спостерігати на території розташування підприємства, можуть мати місце: пожежі, урагани, сильні морози.

Від швидкості ліквідації та попередження наслідків надзвичайних ситуацій можуть залежати не тільки виробничо-матеріальні аспекти, але і здоров'я працюючого персоналу. Тому підприємство працює відповідно до програми Державної системи попередження надзвичайних ситуацій, яка включає в себе:

- 1) забезпечення надійного контролю за станом потенційно небезпечних об'єктів;
- 2) створення резервних матеріально-технічних засобів, медичних засобів та інших матеріалів;
- 3) забезпечення високої готовності органів управління, сил і засобів до дій за надзвичайних ситуацій;
- 4) проведення аварійно-відновлювальних та інших робіт по ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій.

Висновок

Як показує аналіз умов експлуатації модернізованої машини, проведена модернізація не погіршила умов праці комбайнера і додаткових спеціфічних міроприємств по охороні праці не потрібно. Технічне обслуговування машини можна проводити стандартним інструментом, що є у комплекті цієї машини.

6. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ РОБОТИ

Оцінку якості роботи запропонованого сепаратора-очисника проводили у порівнянні з базовою машиною КТВС-1.

Розрахунок техніко-економічної ефективності розробки

Вихідні дані до техніко-економічних розрахунків.

№	Показник	Розмірність	Технологічна машина	
			Серійна	Модернізована
1	Річний обсяг роботи	тон	300	300
2	Продуктивність	т/год	16,0	20,8
3	Витрати ПММ	кг/га	7,4	6,2
4	Вартість:	грн		
	- Трактора		547000	547000
	- Машини		49000	50000
5	Кількість обслуговуючого персоналу		5	3

Об'єм виконаної роботи, т

Базовий варіант

$$W_{CEZ} = 300 \text{ т}$$

Проект

$$W_{CEZ} = 300 \text{ т}$$

Кількість нормо-годин в об'ємі роботи:

Базовий варіант

$$K_{нг} = \frac{W_{CEZ}}{W_{год}} = \frac{300}{16,0} = 18,75 \text{ год.}$$

Проект

$$K_{нг} = \frac{W_{CEZ}}{W_{год}} = \frac{300}{20,8} = 14,42 \text{ год.}$$

де $W_{год}$ – продуктивність машини, т/год.

Витрати праці:

Базовий варіант

$$B_{п} = K_{нг} \cdot n = 18,75 \cdot 5 = 93,75 \text{ люд.-год.}$$

Проект

$$B_{п} = 14,26 \cdot 3 = 43,26 \text{ люд.-год.}$$

де n – кількість обслуговуючого персоналу.

Експлуатаційні витрати

Експлуатаційні витрати складаються з основної і додаткової заробітної плати, амортизаційних відрахувань, витрат на паливо-мастильні матеріали, витрат на технічне обслуговування, ремонт і зберігання агрегату.

Основна і додаткова заробітна плата.

Основна і додаткова заробітна плата з нарахуваннями становить

$$П = \frac{C_T}{W_{год}} \cdot K_1 \cdot K_2,$$

де C_T – тарифна ставка, 41,64 грн. /год.;

$K_1 = 1,2$ – коефіцієнт, що враховує додаткову оплату праці (20 %);

$K_2 = 1,375$ – коефіцієнт, що враховує нарахування на соціальні заходи.

Базовий варіант

Проект

$$П = \frac{41,64}{16,0} \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1,375 \cdot 5 = 21,14 \text{ грн/т};$$

$$П = \frac{41,64}{20,8} \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1,375 \cdot 3 = 9,76 \text{ грн/т}.$$

Амортизаційні відрахування

Норма амортизації для трактора – 15 %, машини для виділення насіння – 15 %.

Нормативне завантаження на рік:

- трактора – 1550 год.;

- машини – 115 год.

Базовий варіант

Проект

$$\text{Трактор: } A_{TP} = \frac{547000 \cdot 15}{100 \cdot 1550 \cdot 16,0} = 3,31 \text{ грн/т}; \quad A_{TP} = \frac{547000 \cdot 15}{100 \cdot 1550 \cdot 20,8} = 2,54 \text{ грн/т}.$$

$$\text{Машина: } A_M = \frac{49000 \cdot 15}{100 \cdot 115 \cdot 16,0} = 3,99 \text{ грн/т}; \quad A_M = \frac{50000 \cdot 15}{100 \cdot 115 \cdot 20,8} = 3,14 \text{ грн/т}.$$

Всього:

Базовий варіант

Проект

$$A_{\Sigma} = 3,31 + 3,99 = 7,3 \text{ грн/га.}$$

$$A_{\Sigma} = 2,54 + 3,14 = 5,68 \text{ грн/га.}$$

Витрати на ПММ.

Базовий варіант

Проект

$$B_{\text{ПММ}} = C_{\text{ПММ}} \cdot V_{\text{ПММ}} = 27,5 \cdot 7,4 = 203,5 \text{ грн/т;}$$

$$B_{\text{ПММ}} = 27,50 \cdot 6,2 = 170,5 \text{ грн/т.}$$

де $C_{\text{ПММ}}$ - ціна 1 кг = 27,5 грн ПММ.

Витрати на ТО, ТР і зберігання.

Норма витрат на ТР, ТО і зберігання:

- $\alpha_{\text{ТО}} = 11 \%$ – норма відрахувань на ТО;
- $\alpha_3 = 0,2 \%$ – норма відрахувань на зберігання;
- $\alpha_{\text{ТР}} = 8 \%$ – норма відрахувань на ремонт.

Витрати на ТО, ТР і зберігання:

$$B = \frac{B_{\text{Б}} \cdot (\alpha_{\text{ТО}} + \alpha_3 + \alpha_{\text{ТР}})}{100 \cdot K_{\text{НГ}} \cdot W_{\text{ГОД}}},$$

де $B_{\text{Б}}$ – балансова вартість, грн.

Базовий варіант

Проект

$$\text{Трактор: } B_{\text{ТР}} = \frac{547000 \cdot (11 + 8 + 0,2)}{100 \cdot 18,75 \cdot 16,0} = 350,08 \text{ грн/т; } B_{\text{ТР}} = \frac{547000 \cdot (11 + 8 + 0,2)}{100 \cdot 14,42 \cdot 20,8} = 350,15 \text{ грн/т.}$$

$$\text{Машина: } B_{\text{М}} = \frac{49000 \cdot (11 + 8 + 0,2)}{100 \cdot 18,75 \cdot 16,0} = 31,36 \text{ грн/т; } B_{\text{М}} = \frac{50000 \cdot (11 + 8 + 0,2)}{100 \cdot 14,42 \cdot 20,8} = 32,01 \text{ грн/т.}$$

Всього по агрегатах:

<i>Базовий варіант</i>	<i>Проект</i>
$B_B = B_{TP} + B_M = 350,08 + 31,36 = 381,44 \text{ грн/т};$	$B_{II} = 350,15 + 32,01 = 382,16 \text{ грн/т}.$

Всього експлуатаційних витрат на 1 т:

<i>Базовий варіант</i>	<i>Проект</i>
$E_B = 21,14 + 7,3 + 203,5 + 381,44 = 613,38 \text{ грн/т};$	

$$E_B = 9,76 + 5,68 + 170,05 + 382,16 = 568,1 \text{ грн/т}.$$

Експлуатаційні витрати на весь об'єм роботи:

<i>Базовий варіант</i>	<i>Проект</i>
$E_{\Sigma} = E_B \cdot W_{CE3} = 613,38 \cdot 300 = 184014 \text{ грн};$	$E_{\Sigma} = 568,1 \cdot 300 = 170430 \text{ грн}.$

Інвестиційні вкладення на 1 т:

<i>Базовий варіант</i>	<i>Проект</i>
Трактор: $K_B = \frac{B_B}{W_{CE3}} = \frac{547000}{300} = 1823,33 \text{ грн/т};$	$K_B = \frac{547000}{300} = 1823,33 \text{ грн/т}.$

Машина: $K_B = \frac{49000}{300} = 163,33 \text{ грн/т};$	$K_B = \frac{50000}{300} = 166,67 \text{ грн/т}.$
---	---

Всього:

<i>Базовий варіант</i>	<i>Проект</i>
$K_B = 1823,33 + 163,33 = 1986,66 \text{ грн. /т};$	$K_B = 1823,33 + 166,67 = 1849 \text{ грн. /т}$

Сукупні витрати на 1 т:

$$П_B = E_B + 0,2 \cdot K_B$$

В результаті маємо:

<i>Базовий варіант:</i>	<i>Проект</i>
$П_B = 613,38 + 0,20 \cdot 1986,66 = 1010,71 \text{ грн/т};$	

$$P_B = 568,1 + 0,20 \cdot 1849 = 937,9 \text{ грн/т.}$$

Сукупні витрати на весь об'єм робіт:

Базовий варіант

Проект

$$P_{B\Sigma} = P_B \cdot W_{CEZ} = 1010,71 \cdot 300 = 303213 \text{ грн};$$

$$P_B = 937,9 \cdot 300 = 281370 \text{ грн.}$$

Річний економічний ефект, який досягається однією машиною при переробці 450 т гарбузів, складає:

$$E_E = 303213 - 281370 = 21843 \text{ грн.}$$

Термін окупності:

$$T_o = 597000 - 596000 / 21843 = 0,1 \text{ років}$$

Доні розрахунків занисимо до таблиці 6.1.

Таблиця 6.1.

Економічна ефективність роботи			
№	ПОКАЗНИКИ	Варіант	
		Базовий	Проект
1	Вид роботи	Виділення і очистка насіння	
2	Об'єм роботи, тон	300	300
3	Склад агрегата: Трактор Машина	MT3-82 КТВС-1	MT3-82 КТВС-1М
4	Продуктивність, т/год	16,0	20,8
5	Кількість нормо-годин у обсязі робіт	18,75	14,42
6	Кількість обслуговуючого персоналу -трактористів-машиністів -допоміжних працівників	1 5	1 3
7	Витрати праці, люд. год/га	93,75	43,26
8	Тарифний розряд роботи	V	V
9	Тарифна ставка, грн/год	41	41
10	Норма витрати пального, кг/га	7,4	6,2
11	Балансова вартість, грн: - трактора - машини	547000 49000	547000 50000
12	Комплексна ціна ПММ, грн/кг	27,5	27,5

13	Експлуатаційні витрати, грн/т у тому числі: Амортизаційні відрахування: -трактор -машини Витрати на ПММ Витрати на ТО, ТР, зберігання, -трактора -машини	613,38 3,31 3,99 203,5 350,08 31,36	568,1 2,54 3,14 170,5 350,15 32,01
14	Приведені затрати, грн/т	1010,71	937,9
15	Річний економічний ефект, грн		21843

Висновок

Техніко – економічний аналіз показує, що впровадження нової машини дозволяє заощадити 21843 грн при переробці 300 тон гарбузів.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Особливість мезки гарбуза полягає в тому, що при доведенні зусилля змінюється структура робочого тіла і його основні фізичні властивості. В процесі експериментальних досліджень нами відмічена залежність коефіцієнтів внутрішнього та зовнішнього тертя від тиску. Процеси, що відбуваються в суміші насіння та м'якоті околоплідника при наведенні тиску, мають малий час релаксації. Як наслідок – залежність властивостей від швидкості прикладання зусилля. При контакті мезки з повітрям відбувається хімічна реакція, яка змінює перш за все липучість матеріалу. Тому, один і той же показник на початковому етапі видалення і на кінцевому відрізняється за абсолютним значенням. Окрім того, абсолютне значення показника змінюється у часі.

2. Аналітично доведена і перевірена на практиці ефективність використання в якості очищувача вальцевої групи на основі вальців змінної кривизни. Обґрунтована оптимальна кількість граней вальця – 5 та аргументовано основні конструктивні параметри вальцевої групи радіус описаного кола, відстань між вальцями, кут нахилу конструкції, довжина вальців та частота обертання.

3. Експериментальними дослідженнями встановлено залежність якості виконання технологічного процесу виділення насіння гарбуза від таких конструктивних – технологічних факторів, як швидкість руху вальців, кут нахилу вальців до їх осі; величина подачі маси гарбуза на переробку; оптимальне перекриття між вальцями.

4. Лабораторними дослідженнями встановлено наступні показники механо-технологічних властивостей:

-коефіцієнт пружності знаходиться в межах $2,1 \dots 1,66$

-прокол оболочкі насіння від 20,1 до $72,4 \text{ Н/мм}^{-10}$

5. Вихід сирого насіння з плодів гарбуза знаходиться в широких межах: досліджуваних сортів від 1,8 до 3,9%. Ступінь чищення насіння від мезги в розробленій машині знаходиться в межах 96%., при цьому найбільший вплив на ступінь чищення мають частота обертів вальців та первинний склад суміші.

6. Теоретичними дослідженнями встановлено, а експериментально підтверджено, що для забезпечення найменшої засміченості насіння гарбуза оптимальна частота обертання вальців сепаратора-очисника має бути в діапазоні $200 \dots 300 \text{ хв}^{-1}$. Поза цим діапазоном показник засміченості насіння погіршується і ця тенденція зберігається незалежно від пружності матеріалу вальців. Інтенсивність просіювання по довжині сепаратора-очисника росте більш на першій $1/3$ довжині ротора виділяється на 15% насіння більше ніж в кінці сепаратора.

7. Проведено економічну оцінку, яка свідчить про високу ефективність впровадження у виробництво сепаратора-очисника. Прогнозований річний економічний ефект складає 21843 грн на 300 тон гарбуза.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Анисимов И.Ф. Механизация производственных процессов в производстве / Анисимов И.Ф. // Научно-технический процесс в овощеводстве и орошаемом земледелии. – Кишинев, 1980. – С. 167–173.
2. Аністеренко В.О. Математичне планування експериментів в АПК : навч. посібник / В.О. Аністеренко, В.Г. Федолов. – К. : Вища школа, 1993. – 75 с.
3. А.с. 126325 СССР. Машина для измельчения плодов бахчевых культур и выделения из них семян / П.М. Комиссаров, Г.П. Варламов, А.И. Кожеуров, В.В. Князьков; опубл. 23.04.1960. Бюл. № 4.
4. А.с. 912129 СССР. Машина для выделения семян из плодов / И.Ф. Анисимов, Н.А. Ивукин, Н.М. Лысенко; опубл. 23.09.1982, Бюл. № 10.
5. А.с. 1703045 Россия. Устройство для выделения семян бахчевых культур / М.С. Елисеев, В.М. Царев, Ю.Е. Трушин. Опубл, 1992. Бюл. № 1.
6. А.с. 1768126 Россия. Машина для выделения семян бахчевых / М.С. Елисеев, В.М. Царев, Ю.Е. Трушин Ю.Е. и др. Опубл. 1992, Бюл № 38.
7. Барилко Л.Д. Производительность поточной линии для получения семян тыквенных культур / Л.Д. Барилко, Ф.С. Завалишин // Тракторы и сельхозмашины. – 1981. – № 10. – С. 28–29.
8. Барилко Л.Д. Технологическое оборудование поточной линии получения семян тыквенных культур : автореф. дис. на соиск. учен. степени канд. техн. наук / Л.Д. Барилко. – Воронеж, 1981. – 16 с.
9. Барилко Л.Д. Продолжительность пребывания семян бахчевых и огурца в воде и их качество / Л.Д. Барилко // Картофель и овощи. – 1976. – № 8. – С. 36.
10. Барилко Л.Д. Барботирование и качество семян / Л.Д. Барилко // Картофель и овощи. – 1977. – № 8. – С. 31.
11. Барилко Л.Д. Физико-механические свойства арбузов / Л.Д. Барилко // Картофель и овощи. – 1975. – № 6. – С. 23–24.

12. Бендат Дж. Измерения и анализ случайных процессов / Дж. Бендат, А. Пирсол. – М. : Мир, 1983. – 310 с.
13. Блехман И.И. Вибрационное перемещение / И.И. Блехман, Г.Ю. Джанелидзе. – М. : Наука, 1964. – 187 с.
14. Болотский А.С. Технологические процессы возделывания овощных культур / Болотский А.С. – К. : Урожай, 1990. – 240 с.
15. Бронштейн И.Н. Вычислительная математика в примерах и задачах / И.Н. Бронштейн, К.А. Семендяев. – М. : Наука, 1986. – 544 с.
16. Бушуев Н.М. Семяочистительные машины. Теория, конструкция и расчет / Бушуев Н.М. – М.–Свердловск : Машгиз, 1962. – 238 с.
17. Варламов Г.П. Машина для выделения семян из плодов бахчевых культур / Г.П. Варламов // Консервная и овощесушильная промышленность. – 1957. – № 6. – С. 31–32.
18. Варламов Г.П. Выделитель семян бахчевых культур ВСБ-3 / Г.П. Варламов // Тракторы и с.-х. машины. – 1958. – № 1. – С. 24–25.
19. Василенко П.М. Теория движения частицы по шероховатым поверхностям сельскохозяйственных машин / Василенко П.М. – К. : Изд-во УСХА, 1960. – 436 с.
20. Веденяпин Г.В. Общая методика экспериментального исследования и обработки опытных данных / Веденяпин Г.В. – [3-е изд., перераб. и доп.]. – М., 1973. – 199 с.
21. Войтюк Д.Г. Сільськогосподарські та меліоративні машини / Войтюк Д.Г., Дубровін В.О., Іщенко Т.Д. – К. : Вища освіта, 2004. – 544 с.
22. Гмурман В.Е. Теория вероятности и математическая статистика / Гмурман В.Е. – М. : Высшая школа, 2001. – 480 с.
23. 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).
24. Горячкин В.П. Собрание сочинений: Т. 2. – Изд. 2-е; под ред. Н.Д. Лучинского. / В.П. Горячкин //– М.: Колос, 1968. – 455 с.

25. Гольдшміт О.В. Теоретичний аналіз процесу подрібнення насіннєвих плодів овочевих культур // Механізація с.-г. виробництва : зб. наук. праць НАУ. – К., 2002. – Т. XII. – С. 193–197.

26. Гольдшміт О.В. Теоретичний аналіз процесу подрібнення насіннєвих плодів баштанних культур / О.В. Гольдшміт // Конструювання, виробництво та експлуатація с.-г. машин : загальнодерж. міжвідомч. науково-техн. зб. / КДТУ. – Кіровоград, 2002. – Вип. 32. – С. 111–117

27. Диденко Н.Ф. Машины для уборки овощей / Диденко Н.Ф., Хвостов В.А., Медведев В.П. – М. : Машиностроение, 1984. – 190 с.

28. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта / Доспехов Б.А. – [5-е изд., перераб. и доп.]. – М. : Агропромиздат, 1985. – 351 с.

29. Думенко К.М. Обґрунтування технологічного процесу та параметрів робочих органів машини для виділення насіння солодкого та гострого перцю : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук / Думенко К.М. – К., 2007. – 20 с.

30. Егоров И.С. Обоснование и исследование процесса сборки арбузов накатывающими бесконечными рабочими поверхностями : автореф. дис. на соиск. ученой степени канд. техн. наук / И.С. Егоров. – М., 1970. – 25 с.

31. Економічний довідник аграрника / [В.І. Дробот, Г.І. Зуб, М.П. Кононенко та ін.]; за ред. Ю.Я. Лузана, П.Т. Саблука. – К. : Преса України, 2003. – 800 с.

32. Елисеев М.С. Линия для выделения семян тыквенных культур : информ. листок № 54 / Елисеев М.С., Царев В.М., Трушин Ю.Е. – Саратов : ЦНТИ, 1990. – 4 с.

33. Елисеев М.С. Определение критической скорости движения частиц для процесса просеивания / М.С. Елисеев, Ю.Е. Трушин // Повышение эффективности процессов в механизации и электрификации в АПК : сб. науч. работ / Саратов. аграр. ун-т им. Н.И. Вавилова. – Саратов, 2001. – С. 143–147.

34. Емелин Б.Н. Исследование процесса сепарации семян арбуза на грохоте с разгрузочным решетом / Б.Н. Емелин, В.М. Кораблев, В.Я. Наумов // Механи-

зация садоводства, бахчеводства и овощеводства : тр. Саратовск. СХИ. – Саратов; 1975. – Вып. 51. – С. 40–54.

35. Емелин Б.Н. Влияние режимов работы молотильных аппаратов на качество выделения семян машиной ИБК-5 / Б.Н. Емелин // Исследование новых рабочих органов уборочных машин в бахчеводстве, садоводстве : труды Саратовского СХИ. – Саратов, 1975. – Вып. 36. – С. 36–41.

36. Емелин Б.Н. Выделитель семян тыквенных культур с роторным шести-гранным сепаратором : информ. листок № 25 / Емелин Б.Н., Елисеев М.С., Трушин Ю.Е. – Саратов : ЦНТИ, 2002. – 2 с.

37. Заика П.М. Сепарация семян по комплексу физико-механических свойств / Заика П.М., Мазнев Г.Е. – М. : Колос, 1978. – 287 с.

38. ИБК-5М. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. – Николаев, 1981. – 35 с.

39. Теслюк Г.В. Аналитическое обоснование конструктивных параметров битерного очистителя с вальцами переменной кривизны применительно к очистке вороха семян бахчевых культур / Г.В. Теслюк, А.Ф. Головчук, Б.А. Волк. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка Випуск 41. “Технічний сервіс АПК, техніка та технології у сільськогосподарському машинобудуванні” – Харків. 2005. с. 71 – 78

40. 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.