

Міністерство освіти і науки України

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет інженерії машин, споруд та технологій

(назва факультету)

Кафедра обладнання харчових технологій

(повна назва кафедри)

## **Пояснювальна записка**

до дипломної роботи

магістр

(освітнього рівня)

на тему: Удосконалення процесу просіювання борошна на просіювальній машині «Бурат» з дослідженням конструктивних та технологічних параметрів.

Виконав: студент VI курсу, групи МОм-61  
спеціальності

133 "Галузеве машинобудування"

(шифр і назва спеціальності)

	_____	<u>Базар В.В..</u>
	(підпис)	(прізвище та ініціали)
Керівник	_____	<u>Стадник І.Я.</u>
	(підпис)	(прізвище та ініціали)
Нормоконтроль	_____	<u>Ворощук В.Я.</u>
	(підпис)	(прізвище та ініціали)
Рецензент	_____	<u>Марущак П.О.</u>
	(підпис)	(прізвище та ініціали)

Тернопіль - 2019 року

Міністерство освіти і науки України  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя  
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет інженерії машин, споруд та технологій  
Кафедра обладнання харчових технологій.  
Освітній рівень магістр.  
Спеціальність 133 "Галузеве машинобудування"  
(шифр і назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

**Завідувач кафедри**  
Обладнання харчових технологій  
д.т.н., проф. Вітенько Тетяна Миколаївна.

"02" вересня 2019 року

**З А В Д А Н Н Я**  
**НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Базару Віктору Вікторовичу  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Удосконалення процесу просіювання борошна на просіювальній машині «Бурат» з дослідженням конструктивних та технологічних параметрів.

**керівник роботи** д.т.н., проф. Стадник Ігор Ярославович.  
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ім'я, по батькові)

затверджені наказом вищого навчального закладу від "29" серпня 2019 року №4/7-741

2. Строк подання студентом роботи "16" грудня 2019 року

3. Вихідні дані до роботи Технічний паспорт та інструкції з експлуатації монтажу та технічного обслуговування і ремонту просіювала Бурат. Річний план випуску продукції.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ. 1. Аналіз сучасного стану об'єкту дослідження, вибір і обґрунтування основного напрямку дослідження. 2 Розроблення нових проектно-технологічних і технічних рішень по удосконаленню процесу посіювання борошна. Експериментальні та теоретичні дослідження режимів роботи центрифуги марки ОГШ-352, з використанням основних розрахунків шнека. 4. Результати теоретичних та експериментальних досліджень 5. Спеціальна частина. 6. Обґрунтування економічної ефективності. 7. Заходи з охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях. 8. Екологія. Загальні висновки. Перелік посилань. Додатки.

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

1. Просіювач марки ПБ-1.5. Загальний вигляд. Ф А1.

2. Складальне креслення, Ф А1.

3. Кінематика машини, Ф А1.

4. Вузол, Ф А1.

5. Графіки залежності. Ф А1.

6. Поле швидкості псевдозрідженої суміші борошна, Ф А1.

7. Розділення борошна в заданому перетині поверхні сита(а), Ф А1

8. Розділення борошна в заданому перетині поверхні сита(б,в) Ф А1

9. Параметр оптимізації нерівномірності подачі борошна. Ф А1

## 6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Обґрунтування економічної ефективності	Мосій О.Б. – к.е.н., доц.		
Охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях	Кравець О.І. – к.т.н., доц. Стручок В.С. – ст. викл.		
Екологія	Зварич Н.М. – к.т.н., доц.		
Спеціальна частина	Вітенько Т.М. – д.т.н., проф.		
Нормоконтроль	Ворощук В.Я. – к.т.н., доц.		

7. Дата видачі завдання “02” вересня 2019 року.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Вступ. 1. Літературний та патентний огляд, а також аналіз існуючого обладнання для просіювання.	12.09.2019р.	
2.	2. Розроблення нових проектно-технологічних і технічних рішень по удосконаленню процесу посіювання борошна.	17. 09.2019р.	
3.	3. Теоретичні основи процесу просіювання	18. 09.2019р.	
4.	4. Результати експериментальних досліджень процесу просіювання.	19.10.2019р.	
5.	5. Спеціальна частина.	02.11.2019р.	
6.	6. Обґрунтування економічної ефективності.	13.11.2019р.	
7.	7. Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях.	14.11.2019р.	
8.	8. Екологія. Загальні висновки. Перелік посилань. Додатки.	15.11.2019р.	
	<i>Графічна частина</i>		
9.	1. Просіювач марки ПБ-1.5. Загальний вигляд. Ф А1.	03. 12.2019р.	
10.	2. Складальне креслення, Ф А1.	03. 12.2019р.	
11.	3. Кінематика машини, Ф А1.	03. 12.2019р.	
12.	4. Вузол, Ф А1.	03. 12.2019р.	
13.	5. Графіки залежності. Ф А1.	03. 12.2019р.	
14.	6. Поле швидкості псевдозрідженої суміші борошна, Ф А1.	03. 12.2019р.	
15.	7. Розділення борошна в заданому перетині поверхні сита(а), Ф А1	11. 12.2019р.	
16.	8. Розділення борошна в заданому перетині поверхні сита(б,в) Ф А1	11. 12.2019р.	
17.	9. Параметр оптимізації нерівномірності подачі борошна. Ф А1	11. 12.2019р.	
18.	10. Розподіл борошна по усій довжині сита, Ф А1	11. 12.2019р.	

Студент \_\_\_\_\_ Базар В.В.  
 ( підпис ) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи \_\_\_\_\_ Стадник  
І.Я. \_\_\_\_\_  
 ( підпис ) (прізвище та ініціали)

## АНОТАЦІЯ

Автора дипломної роботи : Базара Віктора Вікторовича

Тема дипломної роботи: Удосконалення процесу просіювання борошна на просіювальній машині «Бурат» з дослідженням конструктивних та технологічних параметрів.»

Роботу виконано в Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя в 2019 році.

В роботі проведений аналіз сучасного обладнання для проведення просіювання борошна, процесів які відбуваються при просіюванні, будови та принципу роботи просіювачів та шляхи удосконалення.

Запропоновано заходи з удосконалення, що полягають у зміні форми кріплення ситових поверхонь на барабані та заміни матеріалу кріплення зі сталі на пластик. Одночасно обґрунтовано вплив факторів на процес просіювання, зношування ситової поверхні і математичне моделювання нової поверхні і швидкості руху борошна.

Такий підхід дозволив знизити вартість і масу кріплення, підвищив надійність та довговічність сита, збільшити продуктивність машини.

Розглянуто математичну модель технологічних параметрів просіювання і розроблено фізичне представлення процесу.

Проаналізовано результати експериментальних досліджень просіювання борошна згідно конструкції.

Подано техніко-економічне обґрунтування проведених напрямків удосконалення просіювання борошна. Відзначено шляхи забезпечення відповідних умов праці та забезпечення всіх відповідних напрямків по забезпеченні якості у надзвичайних ситуаціях. Крім вказаного звернута увагу на екологічні заходи по додержанню технічного стану просіювача борошна за період його роботи.

В загальних висновках обґрунтовано вплив проведених досліджень на удосконалення процесу просіювання борошна, а також представлено графічну частину роботи на форматі А1.

## Зміст

Анотація.....	
Вступ.....	
1. Літературний та патентний огляд, а також аналіз існуючого обладнання для просіювання борошна.....	
1.1. Основні відомості та класифікація машин для просіювання борошна.....	
1.2. Аналіз сучасного обладнання для просіювання борошна.....	
1.3. Основні фактори, що впливають на процес просіювання .....	
1.4. Напрямки моделювання процесу просіювання.....	
1.4.1. Опис плану Бокса.....	
1.4.2. Опис регресійних рівнянь.....	
1.4.3. Опис критерія Кохрена.....	
1.5. Мета і задачі роботи.....	
2. Розроблення нових проектно-технологічних і технічних рішень по удосконаленню «ппб».....	
2.1. Проектно-технологічні розрахунки з реконструкції впб.....	
2.1.1. Уточнення «впвп» (просіювання борошна) при виборі режиму роботи заводу.....	
2.1.2. Вибір, обґрунтування і опис технологічної схеми «впб» .....	
2.1.2. Аналіз фізичного моделювання руху борошна в пірамідальному барабані .....	
2.1.3. Вибір технологічного обладнання для просіювання.....	
2.1.4. Вибір типу, розмірів і основних будівельних параметрів промислової і адміністративно-побутової будівель.....	
2.1.5. Розробка компоувального плану відділення .....	
2.1.6. Розробка плану розміщення технологічного обладнання .....	
2.1.7. Визначення річної потреби підприємства в водних ресурсах	
2.2. Пірамідальний бурат ПБ-1,5. ....	
2.2.1. Аналіз структури пірамідального бурату ПБ-1.5.....	
2.2.2. Конструктивний розрахунок пірамідального бурату ПБ-1.5.....	
2.2.2.1. Визначення геометричних параметрів бурата.....	
2.3.	Визначення

потужності.....	
2.3.1. Кінематичний розрахунок пірамідального бурату ПБ-1.5.....	
ової передачі приводу.....	
2.4. Технологічний розрахунок пірамідального бурату ПБ-1.5.....	
2.5. Зниження матеріаломісткості і маси сита .....	
2.5.1. Підвищення надійності і жорсткості сита.....	
3. Теоретичні основи процесу просіювання.....	
3.1. Аналіз сучасного стану проблем «пб» .....	
3.1.1. Оптимізація параметрів барабанного просіювача борошна.....	
3.1.2. Шляхи удосконалення обладнання для просіювання сипких матеріалів	
3.2. Аналіз основних факторів, що впливають на ситову поверхню.....	
3.3. Фізичне дослідження і математичне моделювання процесу	
просіювання.....	
3.3.1. Аналіз фізичного моделювання руху борошна в пірамідальному	
барабані .....	
3.4. Вплив типу й нахилу сита на його розміри.....	
3.5. Алгоритм розрахунку ефективного коефіцієнта динамічної в'язкості	
псевдозрідженого середовища .....	
4. Результати експериментальних досліджень пп.....	
4.1. Результати розрахунку коефіцієнта динамічної в'язкості борошна.....	
4.2. Аналіз математичного моделювання тривимірної динаміки	
псевдозрідженої суміші на решеті .....	
4.2.1. Основні фактори що впливають на ситову поверхню.....	
4.3. Аналіз фізичного моделювання просіювання борошна.....	
4.3.1. Оптимізація результатів експериментальних досліджень показників ....	
інтенсифікації процесу просіювання .....	
5. Спеціальна частина.....	
5.1. Використання прикладного програмного забезпечення для вирішень	
задач роботи.....	

5.2. Методики аналізу даних, побудови графіків та діаграм засобами комп'ютерних технологій.....	
5.3. Методика оформлення графічної частини засобами комп'ютерних технологій.....	
6. Обґрунтування економічної ефективності.....	
6.1. Організація технічного переоснащення лінії просіювання борошна.....	
6.2. Економічна частина.....	
7. Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях.....	
7.1. Охорона праці.....	
7.1.1. Аналіз виробничого травматизму.....	
7.1.2. Заходи щодо техніки безпеки і промислової санітарії.....	
7.1.3. Аналіз основних шкідливих і небезпечних факторів .....	
7.2. Цивільний захист в надзвичайних ситуаціях .....	
7.2.1. Дезактивація продуктів харчування, харчової сировини, напівфабрикатів і води (вододжерел).....	
7.2.2. Дезактивація продуктів харчування, харчової сировини, напівфабрикатів і води (вододжерел).....	
8. Екологія.....	
8.1. Характеристика викидів підприємств.....	
8.2. Охорона водоймищ від забруднень стічними водами.....	
Загальні висновки.....	
Перелік посилань.....	
Додатки .....	

## Вступ

Серед харчових виробництв хлібозаводи і пекарні є найбільш масовими. Досить сказати, що в Україні немає такого міста, де б не було кількох хлібозаводів або пекарень, а у великих містах працює більш ніж по десять хлібозаводів. Хліб - основний продукт харчування. Асортимент хлібобулочних виробів в Україні перевищує більш ніж 300 найменувань, основна частина яких виробляється по класичній технології, яка базується на процесі бродіння: зброджування борошняного субстрату за допомогою дріжджів. Процес тісто приготування досить тривалий (2 – 5 год). Як правило основні технологічні процеси хлібопекарського виробництва механізовані.

Один з основних технологічних процесів при приготуванні тіста – це процес просіювання.

Процес просіювання забезпечує не тільки рівномірну аерацію компонентів тіста, а й механічну обробку їх з метою відтворення специфічної структури, забезпечуючи нормальні умови для зброджування тіста за допомогою дріжджів. Для просіювання використовують машини різних типів, котрі в залежності від призначення потужності потокової лінії і особливостей асортименту по різному можуть впливати на продуктивність. Якість просіювання значною мірою впливає на якість готових виробів.

Для просіювання борошна в харчовій промисловості використовують борошнопросіювачі періодичної та неперервної дії. Просіювач «Бурат» відноситься до машин неперервної дії та широко використовується через свою простоту та надійності роботи.



## Позначення по тексту

ППБ-процес просіювання борошна

ВПВП- виробничої потужності і виробничої програми

ВСД –вихідних і святкових днів

Дрфч-дійсний річний фонд часу

РФЧ-річний фонд часу

ПВПБЗ-потужність відділення просіювання борошна в зміну

МАС-машинно-апаратурна схема

К-календарний

ТПП-технологічний процес просіювання борошна

ДРФ-дійсний річний фонд

ТО-технічний огляд

П – об'єм вироблення виробів у рік;

$\Phi_p$  – дійсний річний фонд часу роботи обладнання цеху, днів;

$I_k$  – кількість змін у добу.

Т-технологічне обладнання

$$V_0 = \frac{d\Pi}{dx} \text{ при } x=0,$$

коефіцієнт  $\mu$  характеризує оброблюваний матеріал і сито

$A_i$  – доза борошна, яке просіяне за час  $T$ , кг

$n$  – кількість замірів

$T_i$  – час роботи просіювача, год.

$j_0$  – оптимальне прискорення сита,  $m/s^2$

$A$  – амплітуда коливань, м.

$e$  – радіус, який описується кривошипом,  $e = 0,02$  м

$k$  – коефіцієнт, який враховує коливання сита, залежить від величини оптимального прискорення.

$R$  – коефіцієнт відновлення нормальної швидкості частинки при ударі з краєм отвору.

# 1. Літературний та патентний огляд, а також аналіз існуючого обладнання для просіювання борошна

## 1.1. Основні відомості та класифікація машин для просіювання борошна

Незалежно від конструкції і принципу дії просіювальної машини її основним робочим органом є сито.

Просіювання — це механічний процес поділ борошна на дві фракції: прохід (часточки борошна, що пройшли крізь отвори сита) і схід (залишок на ситі, який скидається у збірник для відходів). Отже, просіювання борошна – це контрольований процес.

Під час просіювання борошно розпушується та аерується, що сприяє покращенню його хлібопекарських властивостей.

Для просіювання використовують сита плетені і штамповані. Сіткові сита виготовляються із сталевого низько вуглецевого, а також із латунного дроту, а штамповані сита — з листової сталі.

Сита випускаються промисловістю. Для плетених сит це розмір сторони вічка у міліметрах, а для штампованих — діаметр отвору. Для просіювання пшеничного борошна використовують сита №№ 1,0 - 1,6, житнього — №№ 2,0 - 2,5. Номер установленого сита повинен відповідати дисперсності помелу.

Пропускна здатність сита характеризується його живим перетином:

$$\varphi = (F_0 / F) \cdot 100, \quad (1.1)$$

де  $F_0$  — площа отворів сита;  $F$  — площа всього сита. Для штампованих сит живий переріз не перевищує 50%, а для плетених досягає 70%.

Під час просіювання борошно необхідно привести в рух відносно сита. Це досягається відповідним переміщенням сита, чи борошна по нерухомому ситу за допомогою механічних лопатей, бит, щіток. За формою сита можуть бути плоскі, хвилясті, циліндричні, конічні, призматичні, пірамідальні. Розташування сит може бути горизонтальне, похиле, вертикальне. Сита бувають нерухомі або з коливальним, вібраційним, обертовим, маятниковим

рухом. Траєкторія руху сита — зворотно-поступальна і кругова.

Машини для просіювання борошна на хлібопекарських і макаронних підприємствах поділяються на дві групи:

- з барабанними ситами;
- з плоскими ситами (з вібраційним або зворотно-поступальним рухом).

Найбільшого поширення набули просіювачі з нерухомими барабанними ситами. Просіювачі з плоскими ситами використовуються рідко.

Підсумовуючи аналіз літературних джерел можна сказати, що теорія просіювання розроблена досить повно і пояснює різні процеси розділення сипучих мас. Найбільш важливе практичне значення на підприємствах мають процеси ситового, повітряного (аеродинамічного) і гравітаційного просіювання, але для зниження енергозатрат необхідне вдосконалення способів просіювання та існуючих машин.

## **1.2. Аналіз сучасного обладнання для просіювання борошна**

Просіювальні машини поділяють: за призначенням, конструкцією, принципом роботи і способом пересування.

За призначенням їх поділяють на машини загального призначення і спеціального. До загального призначення відносять: машини для попереднього очищення матеріалу, первинного очищення і повторного очищення матеріалу для одержання якісного насиченого борошна повтрям.

За конструкцією машини поділяють на прості і складні.

За принципом роботи розділяють повітро-решітні, повітро-решітно-трієрні та трієрні машини.

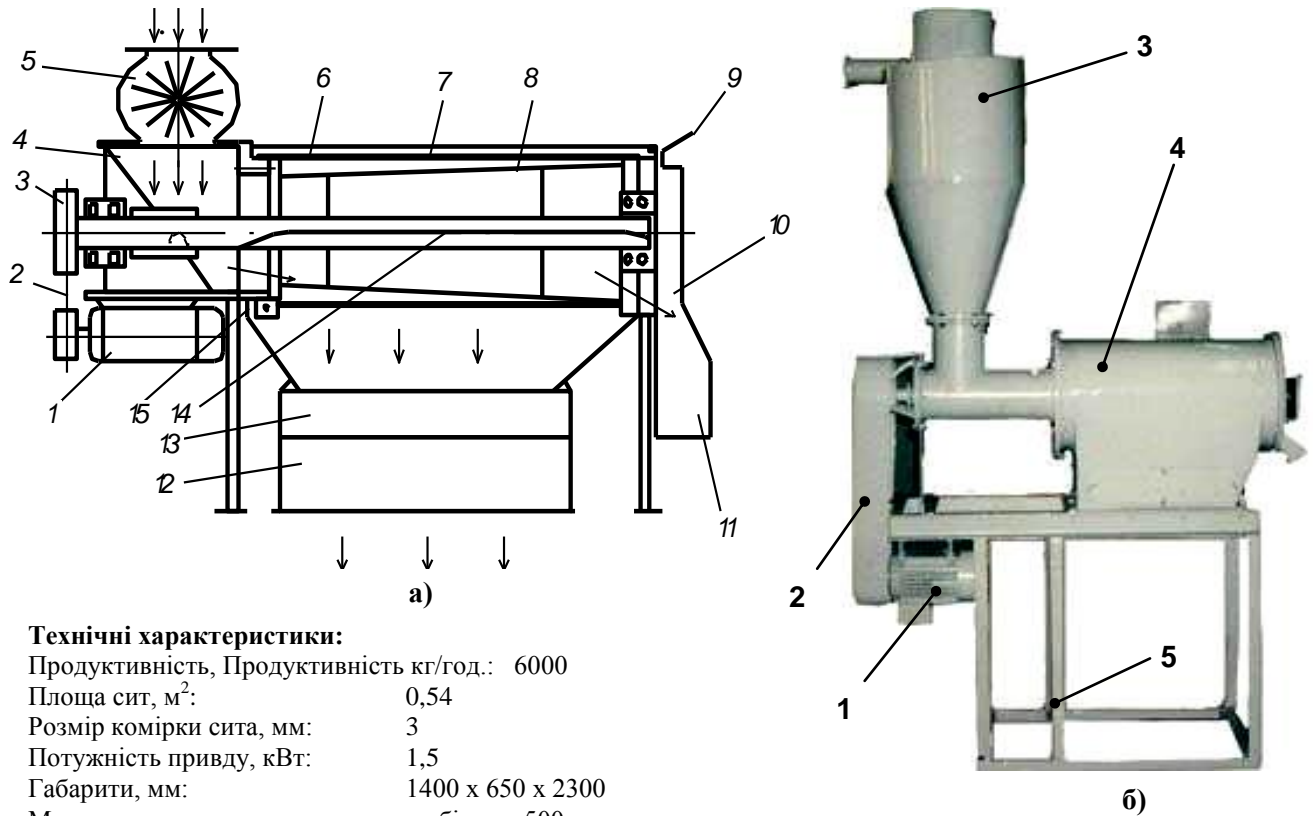
Повітро очисні (безрешітні)- це найпростіші машини, які відокремлюють плевмоколонки, плевмосепаратори тощо.

Повітро-решітні машини використовують для попереднього і первинного очищення та часткового. Вони мають повітро очисні і решітні системи.

У технологічному процесі поєднані всі три види очистки: повітряна решітна і трієрна. Їх називають складними або комбінованими. Трієрні машини

здійснюють очищення і їх використовують найчастіше як окремі блоки з декількох трієрних циліндрів.

**Просіювач Ш2-ХМВ** (рис. 1.1) безперервної дії, малогабаритний. Випускається зі шлюзовим затвором і циклоном для ліній з пневматичним транспортом (Ш2-ХМВ) і без них для ліній з механічним транспортом (Ш2-ХМВ-01).



**Технічні характеристики:**

Продуктивність, Продуктивність кг/год.:	6000
Площа сит, м <sup>2</sup> :	0,54
Розмір комірки сита, мм:	3
Потужність привду, кВт:	1,5
Габарити, мм:	1400 x 650 x 2300
Маса, кг:	не більше 500

Рис. 1.1. Просіювач Ш2-ХМВ: а) принципова схема: 1- двигун; 2- передача клинопасова; 3- вузол підшипниковий; 4- корпус; 5- затвор шлюзовий; 6- каркас сита; 7- барабан ситовий; 8- гонок; 9- кришка ситового барабана; 10- кришка збірника відходів; 11- збірник відходів; 12- колонка магнітна; 13- гнучкий патрубков; 14- вал; 15- кільце для сита; б) загальний вигляд: 1- електродвигун, 2- кожух клинопасової передачі, 3- живильник з шлюзовим затвором, 4- корпус просіювача, 5- рама.

Просіювач працює так. При подачі повітряно-борошняної суміші в циклон, борошно осідає на його конусній частині і потрапляє в просіювач. Вал просіювача 14, обертаючись в підшипникових опорах 3, транспортує борошно за допомогою шнека на сито 7. Шнек виготовлений з змінним

кроком для утворення в ньому борошняного карка, який запобігає потраплянню повітря з циклону в просіювач відносно сита машини встановлені магніти. Всередині сита обертаються гонки 8, які надають борошну осьовий і радіальний рух сприяють рухові борошна у радіальному та осьовому напрямку вловлюють металеві частинки. Відходи видаляються через патрубок, до якого кріпиться збірник відходів 11 (мішок). Кришка 9 кріпиться до корпусу просіювача за допомогою швидкозмінних затискачів. Опора заднього підшипника знаходиться всередині корпусу просіювача, закріплена на кришці і захищена від попадання борошна сальниковим і лабіринтним ущільненнями.

**Просіювач "Воронеж"** поданий на рис. 1.2. Борошно надходить через приймальний патрубок машини 12 і шнеком 13 спрямовується усередину ситового барабана 10. Лопаті зрушувач, закріплені на валу 8, відкидають борошно на внутрішню поверхню сита . Усередині сита обертаються гонки 11, які надають борошну осьового і радіального руху відносно сита. На виході просіяного борошна з машини просіювача встановлені магніти, які вловлюють металеві частинки. Відходи видаляють через патрубок 5, до якого можна прикріпити мішок.

Переваги просіювача — малі габарити і висока продуктивність, недоліки — значна кількість сходу і можливість протирання сторонніх часточок лопатками через сито.

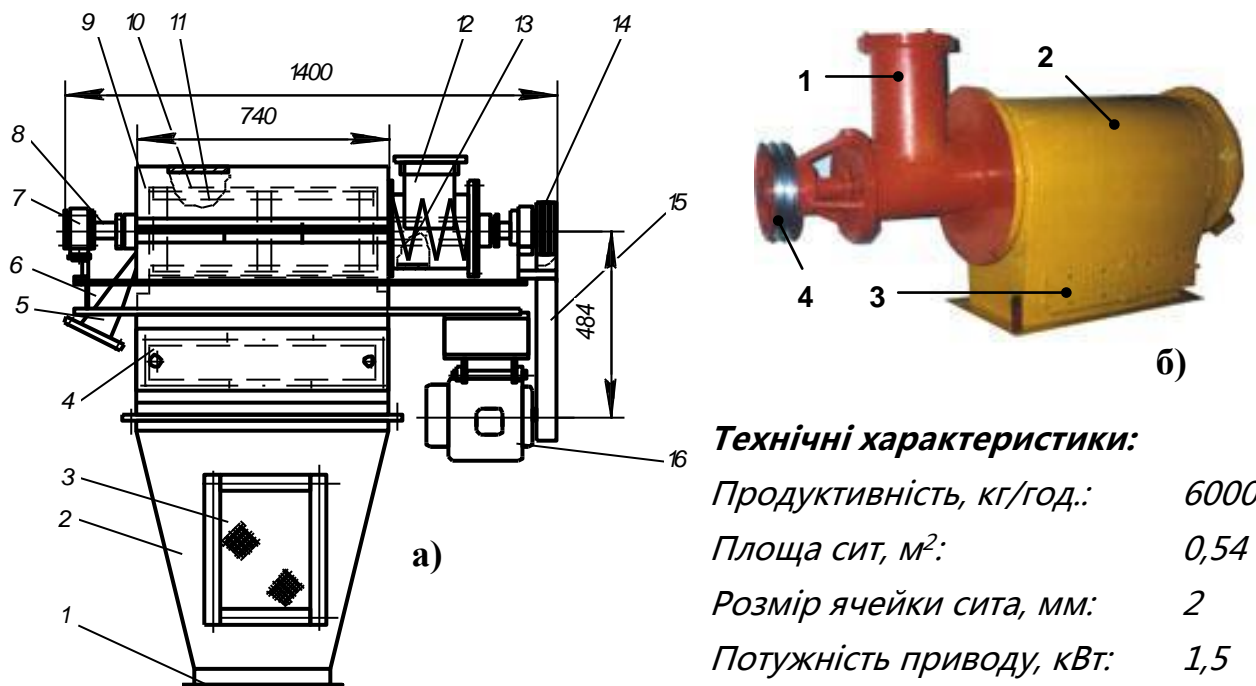


Рис. 1.2. Просіювач "Воронеж": а) принципова схема: 1- патрубок розвантажувальний; 2- збірник очищеного борошна; 3- люк оглядовий; 4- уловлювач магнітний; 5- патрубок для видалення відходів; 6- опора металева; 7- підшипник; 8- вал; 9- корпус; 10- сито нерухоме; 11- гонок; 12- патрубок завантажувальний; 13- шнек; 14- шків; 15- передача клинопасова; 16- електродвигун; б) загальний вигляд: 1- патрубок завантажувальний; 2- корпус; 3- уловлювач магнітний; 4- шків.

### 1.3. Основні фактори, що впливають на процес просіювання

Очищення здійснюють на просіювальних машинах різної конструкції і за ознаками ділення сипучого матеріалу: довжини, ширини, товщини та решток. Особливо важливе значення має набір сит для очищення від домішок, відбирання великих і дрібних решток, частинок метало включень, бо ці компоненти найбільше погіршують стійкість виробів під час їх виробництва та їх якість.

Ця операція здійснюється за одне пропускання борошна через просіювальну машину. Втім, у багатьох випадках попереднє очищення відбувається не повністю: борошно очищають тільки від великих і частково від легких (виділених повітряним потоком) решток. Дрібні ж залишаються в

борошні, завдаючи великої шкоди під час бродіння тіста.

На сьогодні дослідженнями встановлено можливість здійснення процесу очищення борошна безприводними решітними пристроями без використання додаткових решіт. У розробленому принципово новому очищувачі процес розділення від великих і дрібних решток здійснюють за гравітаційного (самоплив) руху маси нерухомими рештками. Важливі переваги гравітаційного очищувача, порівняно з традиційними, такі: просіяння борошна від основних домішок без витрат енергії; малі маса й габаритні розміри (втриє-вп'ятеро); можливість встановлення безпосередньо на потокових лініях і використання у процесі насичення повітрям перед замішуванням тіста. Гравітаційні просівання борошна забезпечують вилучення домішок майже на 77% і втрати борошна не більше одного відсотка.

Просіювання борошна відбувається переважно за питомою масою з урахуванням його розмірів, стану поверхні і вологості. Такий комплексний підхід до просіювання борошна і його потоку, дає можливість з високою точністю просіювання.

За даними дослідників, найкращим і найефективнішим способом просіювання борошна є відокремлення смітних решток на машинах вібраційної дії. За допомогою вібрацій виконується основне завдання просіювання борошна: переміщення часток фракцій, які розділяють, у різні точки робочого простору та аерація його. На відміну від інших способів, під час вібраційного розділення, наявні майже всі фізико-механічні властивості смітних решток. Тому вибираючи спосіб потрібно звертати увагу. Вібрація - найпоширеніший вид механічного впливу на сипкий матеріал під час його просіювання.

Сучасні серії TAS ідеальні для використання як для первинного, так і основного очищення всіх зернових культур.

Просіювання потрібне під час підготування борошна, оскільки є фізико-механічним заходом, який поліпшує якість готової продукції.

Проте дані наукових досліджень і практичних випробувань

засвідчують, що повноцінне просіювання буває лише тоді, коли його здійснюють на первинно очищеному борошні.

Конструктивні особливості сортування сипких матеріалів.

Підчас просіювання борошна воно переміщується на рухомому ситі, внаслідок чого дрібні частинки з розмірами, меншими за розміри отворів провалюються крізь отвори й утворюють фракцію, яку називають *проходом*, а більші частинки затримуються на ситі й утворюють *схід*. Основним робочим органом просіювачів є сита, виготовлені здебільшого з листового матеріалу з виштампованими отворами круглої або видовженої форми. Розміщення отворів у шаховому порядку поліпшує розподіл матеріалу на поверхні сит. Розмір отворів 0,04...140,0 мм. Використовують також плетені, виготовлені з дроту і тканин сита з невеликим розміром отворів, виготовлені з шовкових, поліамідних і капронових ниток. Плетені сита мають квадратну або прямокутну форму отворів (рис.1.2,д,е).

Наприклад, ткане поліамідне сито номер 10 має десять отворів на 1 см довжини, при цьому розміри отворів залежать від товщини ниток.

Ефективність використання поверхні сит визначається їх живим перерізом  $\phi$  — відношенням площі отворів  $S_0$  до площі всього сита  $S$ , тобто  $\phi = S_0/S \cdot 100 \%$ . Живий переріз штампованих сит не перевищує 50 %, тканих — 70 %.

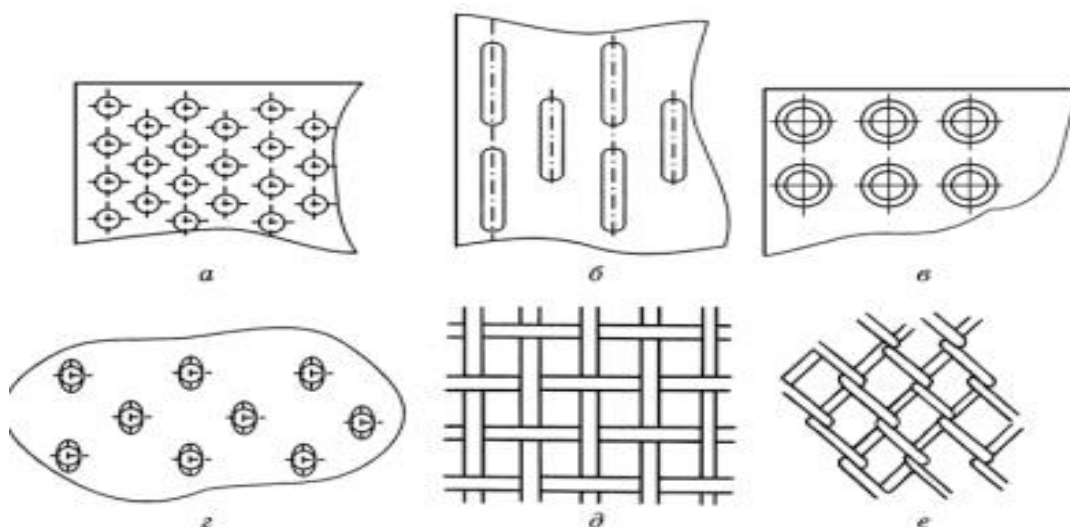


Рисунок 1.3- Форма отворів сит: а — круглі; б — видовжені; в — круглі лікоподібні; г — круглі; звідігнутими краями; д, е — фігури в плетених



металевих сітках.

Пропускна властивість сита характеризується його живим перерізом:

$$\varphi = (F_0 / F)100, \quad (1.2)$$

де  $F_0$  — площа отворів сита;  $F$  — площавського сита.

Сіткове полотно в ситі має бути певною мірою натягнуте. Провисла кошикомсітка викликає занепокоєння. Ситотканина має натяг на рамі тільки тоді, якщо вона розтягну та (видовжена) в момент приклеювання (фіксації) її до рами. Чим більше видовження, тим більший натяг, причому заданий рівномірний натяг забезпечується при рівному видовженні та надійній фіксації на рамі всіх без винятку ниток сітки. Ручне натягування і прибивання не проклеєних по кромках карт не забезпечує потрібної рівномірності. Видовження ситової тканини при натягуванні приводить до збільшення розмірів отворів, а перебування в розтягнутому вигляді - до старіння (втоми). Тому натяг ситотканини на рамі не може бути будь-яким. У цьому випадку враховують максимально припустимий натяг ситотканини на рамі.

За максимально допустимий такий натяг ПА-6 і ПА-6,6 ситотканин, при якому видовження монониток ще не перевищує 2%, а сила натягу не перевищує 12% від розривного навантаження. Задовольняючі ці умови, рівні натягу наведено в табл. 1.1, де вони вставлені з діаметрами монониток і кількістю елементарних чарунок ситотканини. Дані таблиці охоплюють «живі» ситотканини з отворами 95- 224 мкм. З табл. 1.1 видно, що всі ситові тканини з монониток діаметром 50 мкм, а також деякі з монониток діаметром 60 мкм проблематичні в забезпеченні хрестоматійного натягу не менше 6 Н/см. Справа втому, що в табл. 1.1 наведено початковий натяг, який протягом 2-3 діб самостійно знизиться на 25- 30%.

Судячи з табл. 1.1, серед ситових тканин з рівними (близькими) розмірами отворів пріоритетними до вибору є сита з більш товстих ниток, якщо потрібен хороший натяг.

Для ситотканин з ПА-6 монониток діаметром 120-300 мкм максимально допустимий початковий натяг (Р) можна вирахувати за

формулою:

$$P = 54nd^2 \quad (1.3)$$

де n- число елементарних чарунок на 1 см;

d – діаметр монониток, мм;

P - в ньютонках на 1 см.

Для ‘живих’ ситотканин з мононитки діаметром 120 мм найменше значення n складає 23,5 нитки 1 см. Для цієї тканини P=18 Н/см, і від повідно загрози «перетягнути» не існує.

Таблиця 1.1 - Максимально допустимий рівень початкового натягу ситотканин, виготовлених з ПА-6.6 монониток.

Діаметр нитки, мм	Число чарунок на 1см	Натяг. На 1 см
50	52-58	6
50	61-54	7
50	64-70	7-8
60	40-45	6-7
60	48-52	8
60	55-56	9
60	60	9
70	43	12
70	49	13
70	52-55	14
70	57-61	15-16
80	35-38	12-13
80	42-45	14-15
80	49-55	17-18
90	33	12
90	36-38	12
90	41-43	16
100	25	12
100	29	13
100	33	15
100	38	18

#### 1.4. Напрямки моделювання процесу просіювання

Однією з найважливіших технологічних операцій у харчовій та переробній промисловостях є просіювання, іншими словами розділ сипучих матеріалів на фракції, які відрізняються властивостями часток. Класифікація

сипучих продуктів є основний технологічний процес при виробництві продукції, так як від його якості залежить подальша якість готових виробів. Тому вдосконалення існуючих і розробка нових механізмів для класифікації сипучих продуктів є актуальним і важливим завданням, яке частково можна вирішити за допомогою машин для просіювання сипучих матеріалів.

Найбільшу гостроту ця проблема має для розділення борошна, що зумовлено вимогами до ведення самого процесу та його технологічної ефективності. При створенні конструкції обладнання для операції просіювання необхідно мати насичену базу даних про можливості виконання того чи іншого вузла. Це дає можливість проаналізувати складність виконання технічних рішень, можливість обслуговування та проведення ремонту.

В порядку виконання технологічного процесу вказані технічні рішення можуть бути подані за такими групами:

- відділення сторонніх домішок;
- завантаження і регулювання подачі сипучих матеріалів до обладнання;
- вибір структури та параметрів обладнання;
- вибір способу зміни якісних показників;
- організація відведення одержанного якісного продукту.

Оцінка та вибір раціональних параметрів вузлів і режимів роботи при класифікації сипучих продуктів у харчовій та переробній промисловості є завжди актуальною проблемою.

#### **1.4.1.Опис плану Бокса.**

Плани Бокса дозволяють планувати експеримент у ситуаціях з малим рівнем апріорної інформації про об'єкт дослідження, визначати оптимальні значення факторів, скорочувати загальне число дослідів у порівнянні з факторним експериментом у кілька разів, визначати ступінь впливу кожного фактора на досліджуваний параметр в області дослідження.

Включення нового фактора в дослідження вимагає збільшення числа дослідів не більше, ніж у два рази. Коефіцієнти регресії визначаються легко,

без застосування ЕОМ.

При застосуванні методу крутого сходження спочатку ставлять невелику серію дослідів і одержують локальний опис невеликої ділянки поверхні відгуку поліномом першого ступеня, а також напрямок руху до майже стаціонарної області (області оптимальних значень). Потім рухаються в напрямку цієї області. Досягнувши майже стаціонарної області, ставлять велику серію дослідів за ортогональним або рототабельним планом. Одержують опис цієї області у вигляді полінома другого або третього ступеня.

#### 1.4.2 Опис регресійних рівнянь.

Регресійний аналіз використовується в тому випадку, якщо відношення між змінними можуть бути виражені кількісно у виді деякої комбінації цих змінних. Отримана комбінація використовується для передбачення значення, що може приймати цільова (залежна) змінна, яка обчислюється на заданому наборі значень вхідних (незалежних) змінних. У найпростішому випадку для цього використовуються стандартні статистичні методи, такі як лінійна регресія..

Алгоритм регресійного аналізу. Нехай у точках  $x_n$  незалежно її змінної  $x$  отримані виміри  $Y_n$ . Потрібно знайти залежність середнього значення величини  $\bar{Y}$  від величини  $x$ , тобто  $\bar{Y}(x) = f(x|a)$ ,

де  $a$  — вектор невідомих параметрів  $a_i$ . Функцію  $f(x|a)$  називають функцією регресії. Звичайно припускають, що  $f(x|a)$  є лінійною функцією параметрів  $a$ , тобто має вигляд:

$$f(x|a) = \sum_{i=1}^I a_i \varphi_i(x)$$

У цьому випадку матриця  $A_{ni} = f_i(x_n)$  називається регресійною матрицею.

Для визначення параметрів  $a_i$  звичайно використовують метод найменших квадратів, тобто оцінки  $a_i$  визначають із умови мінімуму функціонала:

$$\Phi = \sum_{n=1}^N \frac{(Y_n - \sum_i A_{ni}a_i)^2}{\sigma_n^2} \quad (1.4)$$

$$\Phi = \sum_{n,m} (Y_n - \sum_i A_{ni}a_i)(R^{-1})_{nm}(Y_m - \sum_i A_{mi}a_i) \quad (1.5)$$

і з мінімуму функціонала: для корельованих вимірів з кореляційною матрицею  $R$ .

У якості функцій  $f_i(x)$  при невеликих  $I (I \geq 5)$  звичайно служать степеневі функції  $f_i(x) = x^i$ . Часто використовують ортогональні й нормовані поліноми на множині  $x_n$  [2, с. 62]:

$$\varphi_i(x) = \sum_{k=1}^i c_k^i x^k, \quad \sum_n \varphi_i(x_n) \sigma_n^{-2} \varphi_j(x_n) = \delta_{ij} \quad (1.6)$$

У цьому випадку легко знайти оцінку  $\tilde{a}_i$  [2, с. 62]:

$$\tilde{a}_i = \sum_n \varphi_i(x_n) Y_n \quad (1.7)$$

Звідси випливає, що обчислення  $\tilde{a}_i$  не залежить від обчислення інших  $\tilde{a}_j$ .

Популярне використання в якості  $f_i(x)$  сплайнів  $B_i(x)$ , які мають дві основні властивості:

1.  $B_i(x)$  — поліном заданного степеня;
2.  $B_i(x)$  відмінний від нуля в околі точки  $x_i$ .

При пошуку функції регресії у вигляді (1.3) природно виникає питання про кількість членів  $\mathbf{I}$  у сумі (1.3). При малому значенні  $\mathbf{I}$  не можна досягти гарного опису  $\bar{Y}(x)$ , а при великому — великі статистичні помилки функції регресії.

## **1.5. Мета і задачі дипломної роботи.**

Метою роботи є підвищення продуктивності просіювання борошна на пірамідальному бураті шляхом системного підходу до обґрунтування та розробки нових методів і засобів активізації процесу розділення компонентів.

Відповідно до поставленої мети для вирішення проблеми намічені завдання:

- виконати комплексну оцінку і системний аналіз існуючих підходів до розв'язання проблеми підвищення ефективності просіювання;
- обґрунтувати принципи, розробити концепцію інтенсифікації просіювання;
- розроблення нових проектно-технологічних та технічних рішень по удосконаленню процесу;
- теоретичний аналіз основи процесу просіювання;
- обґрунтування результатів проведених експериментальних досліджень процесу просіювання;
- розділу з екології;
- на основі проведених розрахунків побудувати графіки;
- зробити висновки по виконаній роботі.

Розв'язок цих завдань дасть можливість модернізувати бурат з високими функціонально-технологічними можливостями.

## 2. Розроблення нових проектно-технологічних і технічних рішень по удосконаленню «ппб»

### 2.1. Проектно-технологічні розрахунки з реконструкції впб

#### 2.1.1 Уточнення «впвп» (просіювання борошна) при виборі режиму роботи заводу

Режим роботи заводу приймаємо: з врахуванням всьд за протягом року: 365;

Зміни роботи за 24 годин завантаження: 3, тому загальне число змін протягом року становить - 1095;

Повний к річний фонд часу дорівнює добутку кількості годин в добі на «-кількість календарних днів » в році, тобто:

$$24 \times 365 = 8760 \quad \text{год.}$$

(2.1)

Дійсний рфч технологічних машин приймає врахування його простоїв із-за планових ремонтів, ТО або ВР. Його можна визначити за формулою:

$$\Phi_{\text{д}} = \Phi_{\text{д}} (1 - (a_1 + a_2)); \quad (2.2)$$

де  $a_1$  і  $a_2$  коефіцієнти що враховують ці втрати, рівні відповідно 0,05 і 0,07.

Підставивши у формулу числові значення знайдемо дійсний час роботи обладнання:  $\Phi_{\text{д}} = \Phi_{\text{д}} (1 - (a_1 + a_2)) = 8760 (1 - (0,05 + 0,07)) = 7708 \text{ год.}$

При семи денному робочому тижні з врахуванням усіх св'яткових і вихідних днів  $\Phi_{\text{д}} = 7708 \text{ год.}$

Дрфч роботи робітників приймається з врахуванням втрат які пов'язані: з професійними відпустками, з відпустками на навчання, відпустками по хворобі і становить: Тривалість робочого тижня: 40 год, Тривалість основної відпустки: 15 днів, «Дрфч» роботи робітників: 1860 год.

ПВП борошна за 8 годин роботи знайдемо за формулою:

$$M = \frac{П}{\Phi_{\text{р}} \cdot l_{\text{к}}}; \quad (2.3)$$

Де П - «Пвп» борошна в зміну:

$$M\partial = \frac{П}{\Phi_p \cdot l_k} = \frac{2000}{365 \cdot 3} = 1,8 \text{ т/зм.}$$

Отже: Продуктивність «впб» в добу:

$$(2.4) \quad \begin{array}{l} \text{П}_д \quad \quad \quad = 1,8 \cdot \quad \quad \quad 3 = 5,4 \quad \quad \quad \text{т/зм.} \end{array}$$

Річна програма випуску відділення складає:

$$(2.5) \quad \begin{array}{l} \text{П}_р \quad \quad \quad = 5,4 \cdot \quad \quad \quad 365 = 1971 \text{ т/рік.} \end{array}$$

### 2.1.2. Вибір, обґрунтування і опис технологічної схеми «впб»

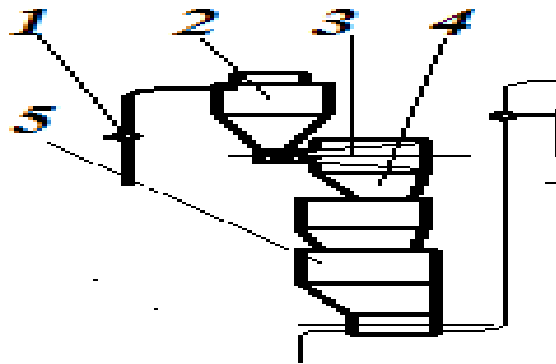


Рисунок 2.1– Мас відділення просіювання борошна

Відповідно до машино-апаратурної схеми просіювання, борошно аерозоль транспортом 1 подається в циклон 2. Проходить розділення борошна від повітря і подають борошно на бурат 3. З бурата борошно поступає на автоматичні ваги 4. З ваги борошно транспортується у виробничий бункер 5.

На основі аналізу «тп» просіювання встановлено, що на вихід та якість готової продукції велике значення має даний процес. Найбільший вплив на вихід та якість готової продукції має обробка борошна (аерація, посіювання).

Вихід готової продукції завжди уточняють з урахуванням усушки[3, с.105]:

$$y = \frac{100(W_1 + W_2)}{100 - W_2} \quad (2.6)$$

де  $W_1$  і  $W_2$  — середньозважені вологості борошна в приймальному бункері та після переробки, %.



Іншим показником довершеності технології є собівартість продукції, яка характеризує не тільки технологію, але і організацію виробництва або управління. Собівартість дуже складний економічний показник і складається із так званих "технологічних" або управлінських витрат. З технологічних складових зараз найбільше значення мають витрати енергії на виробництво продукції. Є рекомендації про визначенню питомої потужності двигунів на 1 тону просіяного борошна протягом доби — 1,8кВт.

Під якістю продукції розуміють сукупність властивостей, які обумовлюють її здатність задовольнити певні потреби відповідно з призначенням. Властивостями продукції називають деякі об'єктивні особливості, які виявляються при її створенні, експлуатації або споживанні. Важливим показником технологічного процесу, що визначає його довершеність, є вихід продукції, тобто співвідношення фактично одержаного продукту  $G_k$  до місткості цього продукту в початковій сировині  $G_n$ [3, с.108]:  $X = \frac{G_k}{G_n}$

### 2.1.3. Вибір технологічного обладнання для просіювання

Уточнення функціонального призначення обладнання, що входить в склад відділення просіювання та його техніко-економічні показники представлені в таблиці 1. До техніко-економічних показників обладнання відноситься його продуктивність та потужність двигунів обладнання.

Таблиця 2.1

Відомість технологічного обладнання, що входить у вп

Назва обладнання	Тип обладнання	Продуктивність, тон/год	Потужність електродвигуна, кВт
Аерозоль транспорт	Д=56мм	115	1.8...7,5
Циклон		150	
Силос		150	
Просіював	Бурат 1.5	100	1,5...3
Вага	ВС-4М	120	



#### **2.1.4. Вибір типу, розмірів і основних будівельних параметрів промислової і адміністративно-побутової будівель.**

В проекті даного заводу максимально використані збірні уніфіковані залізобетонні конструкції, застосована збірна сходові клітка, збірно-монолітні фундаменти.

Збірний каркас виробничого корпусу включає наступні конструктивні елементи: колони, ригелі, плити, стіни.

Колони прямокутного перерізу  $0,4 \times 0,4$  з одною або двома консолями для опори ригелей. Метали, що встановлюються в середині будівлі, мають дві консолі, виліт кожної  $0,2...0,3$  м, а крайні колони – консоль з однієї сторони. На консолях встановлюють ригелі, які жорстко з'єднують з колонами. Колони в плані мають сітку  $6 \times 6$  м та  $9 \times 6$  м. Фундаменти під колони виготовляються із

залізобетону, монолітні. Ригелі із збірного залізобетону прямокутного перерізу  $0,3 \times 0,8$  м, довжиною 9 м. В будівлях каркасного типу для міжповерхового перекриття застосовують ребристі плити висотою 0,4 м, довжиною 6 м, а по ширині вони виготовляються двох типорозмірів: основні шириною 1,5 м і добірні шириною 0,74 м. На плити встановлюється підлога.

При будівництві підприємств застосовують самонесучі стіни, які несуть тільки власне навантаження і не сприймають навантажень від інших елементів будівлі. Стінові панелі кріплять до колон каркасу і встановлюють на фундаментні балки. Покриття бездахового типу. Навкруги приміщення по периметру стін встановлена асфальтна опалубка. Внутрішні стіни виготовлені з металу.

#### **2.1.6. Розробка компоувального плану відділення**

Компоновочний план – це схематичний план виробничої будівлі (корпусу) з зображенням на ньому цехів, відділень, дільниць, допоміжних і службових приміщень, проходів і проїздів без розміщення основного технологічного обладнання. Компоновочний план може розроблятися і для окремого великого цеху або відділення.

Компоновочний план призначений для взаємної ув'язки цехів, відділень і дільниць, які входять в склад корпусу, вибір оптимальних напрямків виробничого процесу, внутріцехового транспорту, а також розміщення допоміжних і службово-побутових приміщень. Компоновочні плани будівель виконуються для кожного будівлі окремо.

Компоновка відділень здійснюється за такими принципами:

- компактність використання мінімальної виробничої площі для розміщення дільниць і відділень;
- використання найбільш економічних видів транспорту;
- забезпечення прямого потоку виробничого процесу, виключення зовнішнього руху і перетинання вантажних потоків.

Всі відділення на компоновочному плані розташовані по ходу виробничого процесу. На компоновочному плані з допомогою прийнятих умовних позначень показані основні стіни, границі (межі) між цехами і дільницями, допоміжні споруди, основні проїзди і проходи та інші елементи будівель з вказанням висотних відміток для них відносно підлоги, а також поперечний розріз прольоту будівлі.

Виробнича будівля підприємства відноситься до промислових споруд, в котрих технологічний процес побудований по вертикалі, тобто сировина транспортується на верхній поверх, звідки самотоком подається на нижні поверхи для подальшої обробки. Виробнича будівля каркасного типу має сітку колон  $9 \times 6$  м, для такої будівлі допустиме навантаження на міжповерхове перекриття становить 0,5...1,5 кПа.

Виробничий корпус включає склад неочищеного зерна гречки, приміщення для відволоження зерна, зерноочишувальне, розмелювальне відділення, та відділення готової продукції із складом безтарного зберігання гречаної крупи, які скомпоновані в один блок.

Виробничий корпус розміщений в будівлі каркасного типу з розмірами в плані  $18 \times 60$  м і висотою 30 м. Для забезпечення стійкості будівлі використовують рамний каркас із сталевими зв'язками по всіх поверхах.

Міжповерхове перикриття виконують збірно-монолітним, використовуючи плити. Покриття бездахового типу складається із збірних залізобетонних плит, шару - стяжки, покриття керамзитовим гравієм для захисту від сонячного проміння і захисного шару.

До будівлі приєднані силоси для неочищеного зерна, первинного і вторинного мають розмір в плані 18 × 12 м. Сходова клітка займає площу 6 × 8 м, марші виконані із збірних елементів. В сходовій клітці розміщені пасажирський і вантажний ліфти. Двері виробничих приміщень у відповідності із стандартом встановлені так, щоб вони відкривались в сторону виходу з поверху, шириною 1,5; 1,1 та 2,5 м, висотою 2,3 м. Для хорошого освітлення виробничих приміщень застосовують суцільні, стрічкові віконні рами, висотою 1,8 м і шириною 6 м. До компоновочного плану додається поперечний переріз прольоту, на якому вказана висота прольоту.

#### 2.1.5. Визначення річної потреби підприємства в водних ресурсах.

Водозабезпечення проектується у відповідності з БНіП 11-30-76, БНіП 2.04.02-84, БНіП 2.04.03-85, СН 245-71.

Вода, що використовуються для пиття, виробничих потреб чи в системі гарячого водозабезпечення, повинна відповідати нормам держстандарту на питну воду.

Каналізація проектується у відповідності з БНіП 2.04.03-85, БНіП 11-30-76, СН 245-71 і СН 496-77.

Стічні води, кількість яких визначається по водоспоживанню, перед видаленням із цеху повинні пропускатись через приямки з решітками, жировловлювачі, шнекові центрифуги, гідроциклони і т.п. обладнання для затримання домішок.

Вентиляція і опалення проектується у відповідності з БНіП 11-33-75, ГОСТ 12.1.005-76 і СН 245-71.

В службово-побутових приміщеннях передбачене водяне опалення. В складі готової продукції використовується повітряне опалення з повною рециркуляцією повітря.

У всіх виробничих відділеннях, де це допускається умовами ведення технологічного процесу і перебування персоналу передбачається природня вентиляція.

Джерелом водопостачання є ставки, технічна вода і п'ять свердловин 36 м<sup>3</sup>. Вода в відділення прийому і попередньої очистки гречкиподається насосами. На виробництві оборотно-послідовне використання води.

Розрахуємо потребу у воді відділення:

$H_1$  - господарсько-побутові потреби;

$H_1=750$  л/міс;

$n_2=4$  чол, кількість робочих у відділенні;

$H_2$ - виробничі потреби;  $H_2=30000$  л/міс;

Середні витрати[7, с.38]::

$$H=(H_1 \cdot n_2 + H_2) \cdot 12=(750 \cdot 4 + 30000) \cdot 12=396000 \text{ м}^3/\text{рік} \quad (2.31)$$

## 2.2. Пірамідальний бурат ПБ-1,5.

Комплектується капроновим ситом прикріпленими до корпусу 4, який у вигляді піраміди. Піраміда закріплена осями на обертовому горизонтальному валу 5. Продукт поступає скрізь горловину 2 і рухається під дією шнека у середину піраміди. Борошно обертається в піраміді і постійно знаходиться на деякій висоті під кутом. Потім борошно потрапляє на розсікачі, зсипаючись з нього, проходить через пластини магнітного уловлювача 11, на яких затримуються феромагнітні домішки.

З просіювача борошно виводиться вивантажувальним шнеком 8. Великі домішки через канал 7 скидаються до збірника відходів. У даному просіювачі питома площа для розділення матеріалу знаходиться в межах 0.25-0.4 усієї поверхні сита. Тому у них низька питома продуктивність (до 3 т/год) і великі габарити габарити.

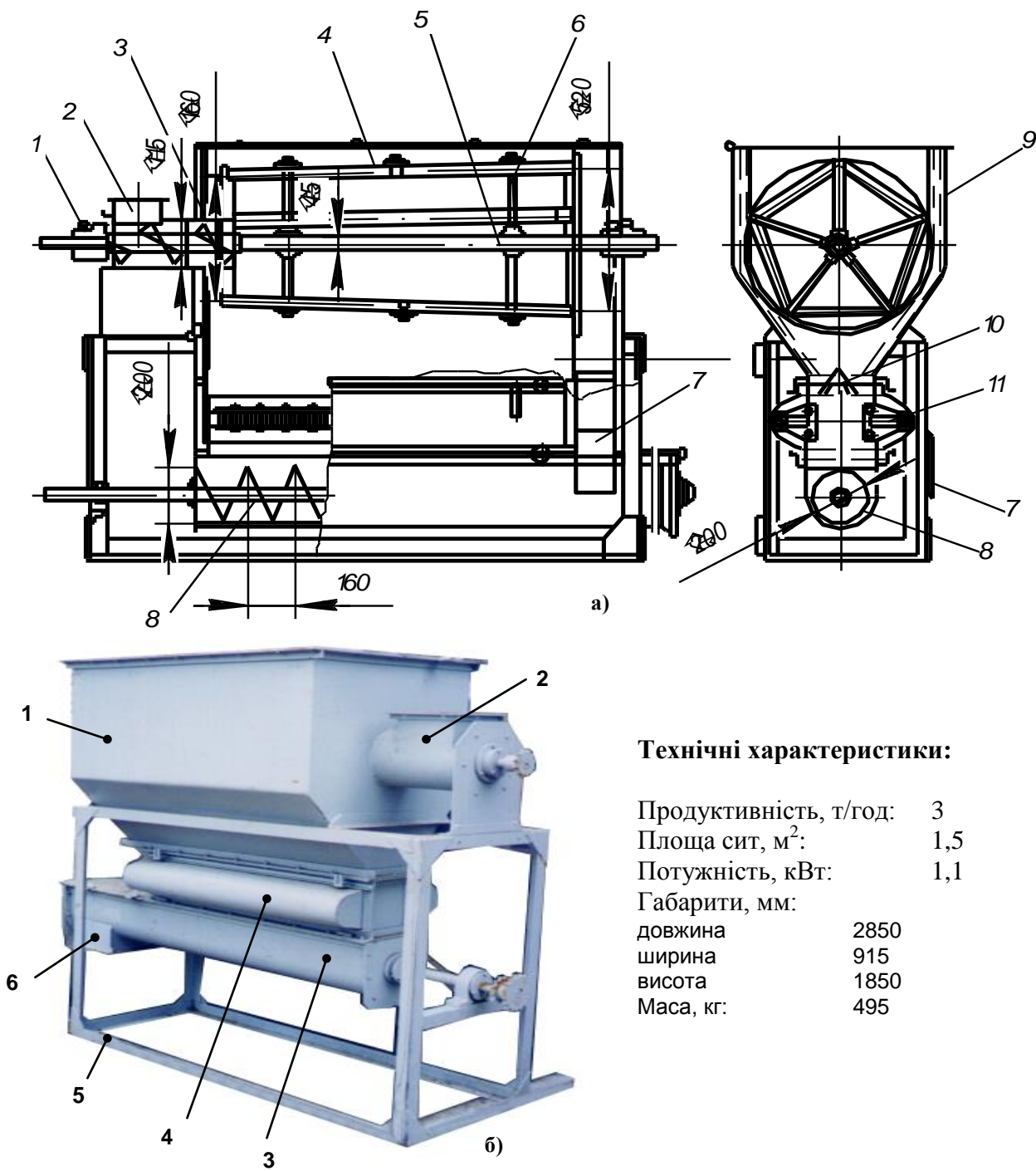


Рис. 2.2. Бурат пірамідальний ПБ-1,5: а) принципова схема: 1 – підшипники ковзання; 2 – патрубок приймальний; 3 – шнек завантажувальний; 4 – барабан пірамідальний з ситовими рамками; 5 – вал горизонтальний; 6 – спиця; 7 – канал для відходів; 8 – шнек вивантажувальний; 9 – корпус металевий; 10 – щиток – розсікач; 11 – магніт постійний; б) загальний вид: 1 – корпус; 2 – патрубок приймальний; 3 – корпус вивантажувального шнека; 4 – корпус магнітоуловлювачів; 5 – рама; 6 – вивантажувальний патрубок.

### 2.2.1. Аналіз структури пірамідального бурата ПБ-1.5

Розрахувати геометричні та кінематичні параметри пірамідального бурата з обертовими ситами, вибрати схему приводу і визначити його потужність. Продуктивність пірамідального бурата,  $Q$ , кг/год.

Пірамідальний бурат ПБ-1,5 (рис. 2.2) призначена для просіювання борошна пшеничного і житнього при виробництві хлібобулочних виробів на підприємствах хлібопекарської промисловості. Створення або модернізація – це структурна схема пірамідального бурата ПБ-1,5 зображена на рис. 2.3.

На схемі вал з шнеком і шестигранним корпусом для сит приводиться в рух одним електродвигуном через циліндричну зубчасту (редуктор) передачу за допомогою електродвигуна потужністю 4 кВт. Частота обертання вала електродвигуна 980 об/хв. Вал машини із шнеком вивантаження борошна приводиться в дію ланцюговою передачею. На валу закріплені витки щнека. Об'єм борошна, який видає турнікет, за один оберт, є постійною величиною, маса цього об'єму залежить від виду борошна, сорту, вологості і якості підготовки ситової поверхні.

Продуктивність залежить від числа обертів турнікета за одиницю часу, тобто від кута повороту щнека за один оборот вала. Кут повороту регулюється за допомогою сектора, жорстко зв'язаного з рукояткою, що виступає за огороження привода.

Електроустаткування машини складається з двигуна, мотор-редуктора, датчика блокування кришки шестигранної камери, датчиків нижнього і верхнього рівня борошна в завантажувачі і пульта керування. Пульт керування містить апаратуру комутації, захисту, керування і сигналізації.



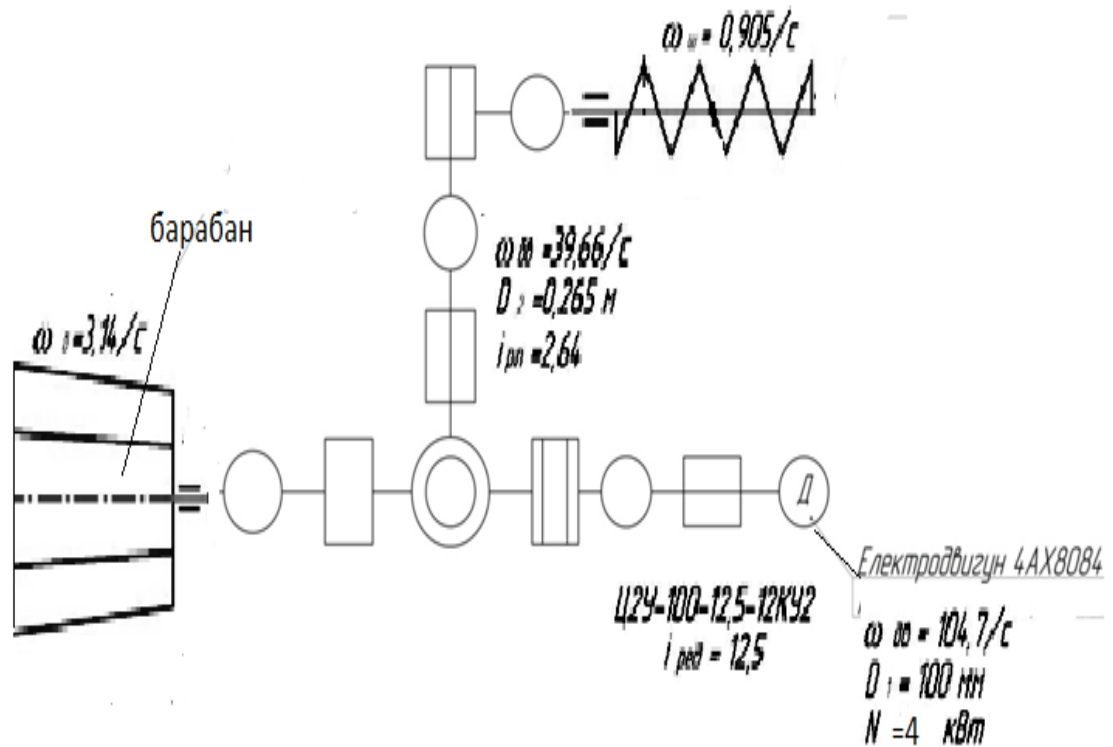


Рис. 2.3. Структурна схема пірамідального бурата ПБ-1.5

Крутний момент від електродвигуна через пасову передачу передається на швидкохідний вал редуктора. Потім з тихохідного вала редуктора крутний момент через муфту передається на вал барабана і через ланцюгову передачу на вал розподільного шнека.

## 2.2.2. Конструктивний розрахунок пірамідального бурата ПБ-1.5

### 2.2.2.1. Визначення геометричних параметрів бурата

Продуктивність пірамідального бурата ПБ-1.5 (в кг/год) розраховують на забезпечення завантаження параметричного ряду печі на характерному для неї асортименті з урахуванням необхідних виробничих інтервалів та ритму роботи лінії, в яку входить дана машина.

За табл. 2.1. визначаємо фізико-механічні властивості борошна:  
геометричні розміри  $d=0,150\dots0,530$  мм;

насіпну густину  $\rho=760$  кг/м<sup>3</sup>;

коефіцієнт внутрішнього тертя  $f_i=1,42$ ;

коефіцієнт зовнішнього тертя по сталевому полотну  $f=0,65$ .

За заданою продуктивністю  $Q=0,139$  кг/с визначаємо приведений радіус барабана бурату з використанням залежності (2.31), приймаючи товщину шару борошна в барабані  $h=0,05$  м, частоту обертання барабана  $n=30 \text{ хв}^{-1}=0,5 \text{ с}^{-1}$ :

$$R = \frac{1}{0,05} \cdot \sqrt[3]{\left(\frac{0,139}{760 \cdot 0,50 \cdot \text{tg } 5}\right)^2} = 0,519 \text{ м} \quad (2,31)$$

Приймаємо приведений радіус барабана  $R=0,52$  м.

Перевіряємо правильність вибору частоти обертання барабана з формулою (2.2). Приймаючи, що в основі піраміди знаходиться шестигранник, а також враховуючи граничне розташування грані, визначаємо критичну частоту обертання барабана:

$$n = 30 < n_{\text{кр}} = 30 \cdot \sqrt{\frac{1}{0,52 \cdot (0,65 + 0,58)}} = 37,5 \text{ хв}^{-1} \quad (2,32)$$

Умова виконується, отже, частота обертання барабана обрана правильно.

Задавшись питомою продуктивністю бурата  $q=0,033$  кг/(м<sup>2</sup>с), визначаємо загальну площу ситової поверхні барабана бурата  $F_c$  (м) за формулою (2.33):

$$F_c = \frac{0,139}{0,033} = 4,21 \text{ м}^2. \quad (2,33)$$

З огляду на те, що в основі піраміди знаходиться шестигранник і кількість граней ситового барабана  $z=6$ , визначаємо площу ситової поверхні однієї рамки  $F$  (м<sup>2</sup>) за формулою (2.34):

$$F_c = \frac{4,21}{6} = 0,7 \text{ м}^2. \quad (2,34)$$

Вважаючи, що приведений радіус барабана  $R$  (м) є середньою лінією пірамідальної грані ситового барабана, визначаємо довжину ситової рамки барабана за формулою (2.35):

$$L = \frac{0,7}{0,52} = 1,35 \text{ м}. \quad (2,35)$$

Для сита вибираємо металеву сітку №1,4 ГОСТ 3826-66.

Знаючи площу ситової рамки і її довжину, визначаємо розміри сторін рамки. Схеми барабана і його грані наведені на рис.2.6.

Розглядаючи трикутники  $ABC$  і  $AB_1C_1$  визначимо радіуси більшої і меншої основ усіченої піраміди. Горизонтальну проекцію довжини барабана визначаємо з виразу:

$$L_1 = L \cdot \cos 5 = 1,35 \cdot 0,9962 = 1,345 \text{ м.}$$

З трикутника  $AB_1C_1$  визначимо відстань  $A_1$  між гранями і радіус  $R_1$  меншої основи піраміди, знаючи кут ( $\alpha=5^\circ$ ) нахилу грані піраміди і кількість граней ( $z=6$ ):

$$R_1 = \frac{A_1}{2 \cdot \sin 60} = \frac{2 \cdot R \cdot \sin 60 - L_1 \cdot \operatorname{tg} 5}{2 \cdot \sin 60} = \frac{2 \cdot 0,52 \cdot \sin 60 - 1,345 \cdot \operatorname{tg} 5}{2 \cdot \sin 60} = 0,452 \text{ м}$$

З трикутника  $ABC$  визначимо відстань  $B_1$  і радіус  $R_2$  більшої основи

$$\text{піраміди: } R_2 = \frac{B_1}{2 \cdot \sin 60} = \frac{A_1 + 2 \cdot L_1 \cdot \operatorname{tg} 5}{2 \cdot \sin 60} = \frac{0,783 + 2 \cdot 1,345 \cdot \operatorname{tg} 5}{2 \cdot \sin 60} = 0,587 \text{ м}$$

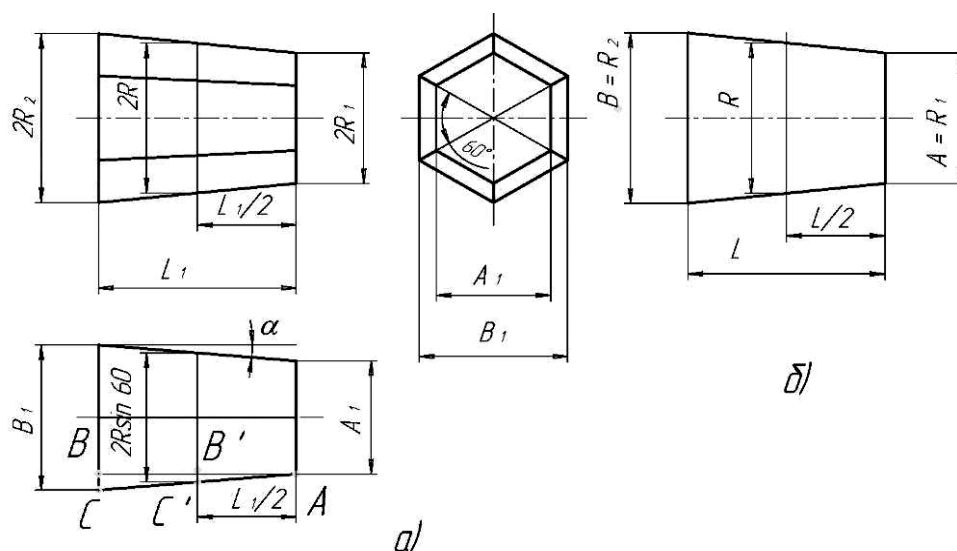


Рис.2.6. Облаштування пірамідального барабана: а – схема; б – будова грані барабана

Довжини верхньої і нижньої сторін трапеції грані відповідно рівні радіусам меншої і більшої основ усіченої піраміди, отже  $A=R_1$ ,  $A=0,452$  м,  $B=R_2=0,587$  м, а висота грані  $H=L=1,35$  м.

Задаємося конструктивними розмірами шнека: діаметр гвинта  $D=0,15$  м; крок гвинта  $S=D=0,15$  м; діаметр вала шнека  $d=0,2 \cdot D=0,2 \cdot 0,15=0,03$  м.

Частоту  $n_{\text{шн}}$  обертання розподільного шнека ( $\text{с}^{-1}$ ) визначаємо за формулою (2.36), задаючись коефіцієнтом заповнення шнека  $\psi=0,5$ :

$$n_{\text{шн}} = \frac{4 \cdot 0,139}{3,14 \cdot (0,15^2 - 0,03^2) \cdot 0,15 \cdot 760 \cdot 0,5} = 0,144 \text{с}^{-1} = 8,64 \text{хв}^{-1} \quad (2.36)$$

### 2.3. Визначення потужності

Потужність, необхідну на подолання сил тертя у підшипниках вала  $N_1$  (кВт), визначаємо за формулою, задавши коефіцієнтом тертя ковзання  $f=0,20$  та діаметром шийки вала барабана  $d=0,03$  м.

Вагу барабана пірамідального бурата  $G_6$  (Н) можна розрахувати або визначити зважуванням. В нашому випадку  $G_6=400$  Н. Вагу борошна в барабані  $G_M$  (Н) визначаємо, виходячи з припущення, що борошно розташовується на 1/6 частині площі сита барабана рівномірно, товщиною  $h=0,05$  м:

$$G_M = F \cdot h \cdot \rho \cdot g = 0,7 \cdot 0,05 \cdot 760 \cdot 9,81 = 261,57 \text{Н}$$

Звідси:

$$N_1 = (400 + 261,57) \cdot 0,20 \cdot 3,14 \cdot 0,03 \cdot 0,5 \cdot 10^{-3} = 0,006 \text{кВт}$$

Потужність, яка витрачається на піднімання борошна в барабані  $N_2$  (кВт), визначаємо за формулою (2.37), прийнявши радіус барабана бурата  $R=0,52$  м:

$$N_2 = 2,4 \cdot 261,57 \cdot 0,52 \cdot 0,5 \cdot 10^{-3} = 0,163 \text{кВт} \quad (2.37)$$

Потужність, необхідну для обертання розподільного шнека  $N_3$  (кВт), визначаємо за формулою, приймаючи довжину шнека рівною довжині барабана сепаратора  $L_{\text{шн}}=L=1,35$  м, а коефіцієнт опору руху  $\omega=5$ :

$$N_3 = 9,81 \cdot 0,139 \cdot 1,35 \cdot 5 \cdot 10^{-3} = 0,009 \text{кВт}$$

#### 2.3.1. Кінематичний розрахунок пірамідального бурату ПБ-1

Для забезпечення обертання пірамідального барабана і розподільного шнека складемо кінематичну схему приводу бурата ( рис. 2.7)

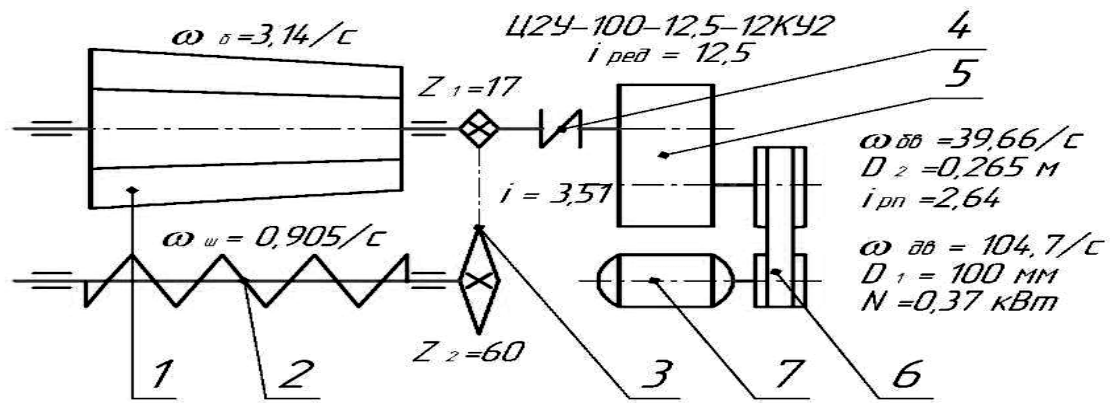


Рис. 2.7. Кінематична схема пірамідального бурата: 1 – барабан; 2 – розподільний шнек; 3 – ланцюгова передача; 4 – муфта, 5 – редуктор; 6 – пасова передача; 7– електродвигун.

Крутний момент від електродвигуна 7 через пасову передачу 6 передається на вал редуктора 5. Потім через муфту 4 передається на вал барабана 1 і, через ланцюгову передачу 3, на вал розподільного шнека 2.

Коефіцієнт корисної дії приводу визначається за формулою з урахуванням ККД пасової передачі  $\eta_{\text{РЕМ}}=0,95$ , ККД зубчатої передачі  $\eta_{\text{ЦП}}=0,95$  та ККД редуктора  $\eta_{\text{ред}}=0,8$ :

$$\eta = \eta_{\text{рем}} \cdot \eta_{\text{цп}} \cdot \eta_{\text{ред}} = 0,95 \cdot 0,95 \cdot 0,8 = 0,722$$

Потужність електродвигуна N (кВт) приводу визначаємо за формулою

$$N = \frac{0,006 + 0,163 + 0,009}{0,722} = 0,247 \text{ кВт.}$$

За довідником підбираємо електродвигун 4А71А6УЗ ГОСТ 19523-74 і виписуємо його технічну характеристику:  $N_{\text{ДВ}}=0,37$  кВт,  $n=1000$  хв<sup>-1</sup>.

Визначаємо крутний момент на тихохідному валу редуктора і за довідником вибираємо редуктор:

$$M_{\text{кр}} = \frac{30 \cdot N_{\text{дв}} \cdot \eta_{\text{рем}} \cdot \eta_{\text{ред}} \cdot 1000}{\pi \cdot n} = \frac{30 \cdot 0,37 \cdot 0,95 \cdot 0,8 \cdot 1000}{3,14 \cdot 30} = 89,5 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

За довідником вибираємо циліндричний двохступінчастий редуктор Ц2У-100-12,5-12КУ2 ГОСТ 20758-75, передаточне число  $i_{\text{ред}}=12,5$ , номінальний крутний момент на тихохідному валу  $M_T=250 > M_{\text{кр}}=89,5$  Н·м. Отже, редуктор вибраний правильно.

Визначаємо загальне передаточне число за формулою (2.8):

$$i = \frac{n_{дв}}{n_{шн}} = \frac{1000}{8,64} = 115,74$$

Передаточне число ланцюгової передачі  $i_{цп}$  визначаємо за формулою (2.8), знаючи частоти обертання барабана і шнека:

$$i_{цп} = \frac{n}{n_{шн}} = \frac{30}{8,54} = 3,51$$

Передаточне число клинопасової передачі  $i_{рем}$  визначаємо за формулою, знаючи передаточні числа ланцюгової передачі і редуктора:

$$i_{рем} = \frac{i}{i_{цп} \cdot i_{ред}} = \frac{115,74}{3,51 \cdot 12,5} = 2,64$$

За отриманими даними уточнюють передаточні числа і розраховують клинопасову і ланцюгову передачі на міцність за методиками, представленими дисципліні «Деталі машин».

#### 2.4. Технологічний розрахунок пірамідального бурата ПБ-1.5

Продуктивністю машини називають кількість просіяного борошна за одиницю часу. В залежності від поставленого завдання розраховують дійсну, теоретичну чи технологічну продуктивність [10, с.66]. Вихідні дані:  $Q=500$  кг/год= $0,139$  кг/с; кут тертя  $\varphi=33,0^\circ$ ; кут нахилу грані піраміди барабана  $\alpha=5^\circ$ .

$$П = F_0 \cdot n \cdot \rho \cdot \varphi, \quad (2.38)$$

де,  $F_0$ - площа ситової поверхні барабана,  $м^2$

$n$  – частота обертання барабана, об/хв

$\rho$  – густина борошна,  $кг/м^3$

$\varphi$  – коефіцієнт використання отворів сита

$$\rho = 760 \text{ кг/м}^3 \quad [10, \text{ ст. } 97 ]$$

$$\varphi = 0,5 \quad [10, \text{ ст. } 105 ]$$

$$n = 37,5$$

Площа ситової поверхні барабана [10, ст. 85 ]:

$$F_0 = \pi R l \quad (2.39)$$

#### 2.5. Зниження матеріаломісткості і маси сита

Розрізняють структурну та питому матеріалоемність. Структурна матеріалоемність дозволяє досліджувати раціональність вибраної номенклатури матеріалів, можливість виключення дорогих та дефіцитних матеріалів, використання стандартних профілей прокату тощо. Питома матеріалоемність (тобто на одиницю техніко-економічних характеристик) необхідна для порівняння машин однакового експлуатаційного призначення, але різної потужності, різної продуктивності тощо. До основних напрямків зниження матеріалоемності можна віднести наступне: зниження маси, підвищення коефіцієнта використання матеріалу, вибір раціонального матеріалу, уніфікацію деталей та вузлів.

Зниження маси. Один з основних способів зменшення маси конструкцій - раціональна загрузка деталей, коли напруження будуть однакові в кожному січенні деталі по її повздовжній осі і в кожній точці цього січення. Це можливо лише при деяких видах навантаження, коли навантаження сприймає все січення деталі (розтяг-стиск).

При згині, крученні та важких напружених станах напруження розподіляються по січенню нерівномірно. Можливі випадки навантажень, коли, наприклад, важіль працює на кручення або згин внаслідок зміщення площини дії сили. Важіль раціональної конструктивної форми, що не піддається крученню.

Масу деталей також можна помітно знизити введенням гантелей та скосів на ділянці сполучення стінок деталей, а також заміною плоскої стінки конусної твірної.

В ряді випадків вдається зменшити масу деталей в результаті видалення металу з менш напружених зон січення. Наприклад, використовуючи порожнисті вали. При відношенні внутрішнього діаметра деталей порожнистого профілю до діаметра напруженому  $D$ , рівному 0,9, моменти опору та інерції порожнистого профілю збільшуються відповідно в 4,5 та 10 раз в порівнянні з деталлю

суцільного профілю тієї ж маси; при  $d/D=0,95$  моменти опору та інерції збільшуються відповідно в 6 та 20 разів.

*Підвищення коефіцієнту використання матеріалу.* Способи підвищення коефіцієнту використання матеріалу різноманітні: заміна поковок литим заготовками, отримання заготовок за допомогою гарячого та холодного штампування тощо.

Прогресивним напрямком в створенні високотехнологічних конструкцій, що забезпечують велику економію металу, є використання стандартних та спеціальних профілів прокату, особливо полегшених.

*Вибір раціонального матеріалу.* Конструктор має можливість вибрати при проектуванні різні матеріали, що забезпечують приблизно однакові експлуатаційні властивості деталей, але різні по вартості та трудомісткості обробки.

Великі перспективи економії чорних, кольорових металів і сплавів відкриваються із збільшенням виробництва та розширення застосування в харчовому машинобудуванні пластичних мас.

### **2.5.1. Підвищення надійності і жорсткості сита**

Жорсткість – це здатність системи пручатися утворенню деформацій: стиснення або розтягування.

Розглянемо на прикладі вилитих кронштейнів. У разі кронштейна стержні працюють переважно на розтяг-стиск, тоді як кронштейн, а піддається згину. Кронштейн стає більш міцний і жорстким, якщо його стержні з'єднати суцільним перемикачем кронштейн, менш жорсткий, ніж кронштейн, через наявність горизонтальної ділянки, що працює на вигин.

Підвищенню жорсткості сприяє раціональна розстановка опор, наприклад, можливе більше зближення опор.

Для збільшення жорсткості, широко застосовують ребра жорсткості. Розглянемо використання ребер жорсткості різної форми. Деталь з працюючим на розтяг ребром на ділянці переходу двох



перерізів вельми не вигідна по міцності і жорсткості. Якщо видалити ребро, то жорсткість деталі збільшиться.

Для збільшення жорсткості доцільно встановлювати ребра таврового перетину або розташовувати їх так, щоб вони працювали на стиск. Короткі ребра послаблюють перегородку циліндричної деталі, яка навантажена поперечною силою  $P$  або згинаючим моментом  $M$  раціональнішого ребра постійної висоти або розширюються до місця закладення. Найбільшою міцністю і жорсткістю володіють конструкції з гофрованою і перегородкою коробчатого перетину, посилення внутрішніми поперечними ребрами. Наявність рідкісних ребер у консольної корпусних сферичної деталі веде до зменшення жорсткості. Якщо стінки можна розширити в межах габаритних розмірів, то доцільніше видалити ребра жорсткості. Збільшити жорсткість можна поздовжніми ребрами або вафельними. Високою міцністю і жорсткістю володіє деталь з гофрованими стінками.

Для збільшення жорсткості деталей типу дисків і днищ доцільно разом з прямими ребрами застосовувати кільцеві ребра. Збільшенню жорсткості кільцевих ребер сприяє збільшення їх висоти, розташування їх по радіусу, де кут повороту перетину найбільший. Ємнісного апарати, що мають прямокутну форму, володіють малою жорсткістю. Для збільшення їх жорсткості застосовують поперечною перегородкою жорсткості. Великий жорсткістю володіють овальні, еліптичні і особливо циліндричні апарати. Для жорсткості днищ циліндричних апаратів велике значення має їх форма. Плоскі днища менш жорсткі, ввігнуті - більш жорсткі. Однак останні визивають розпір обичайки за наявності внутрішнього тиску в апараті і помітно зменшують його робочий об'єм. Випукле і конічні днища на противагу ввігнутих зменшують радіальні деформації апарату. Збільшення жорсткості апаратів з пластмас пов'язано з рядом особливостей. Для зменшення прогину плоских кришок і стінок застосовують діаметральне та діагональне розташування ребер жорсткості, причому останнє більш

технологічно. При великій довжині стінок апаратів і наявності верхньої відбортовки застосовують вертикальні ребра, які в поєднанні з бурти і днищем утворюють жорсткі рами прямокутного перерізу.

### 3. Теоретичні основи процесу просіювання

#### 3.1. Аналіз сучасного стану проблем «пб»

«Тп» розділення сипучих матеріалів включає в себе наступні етапи: переміщення їх по робочій поверхні; сегрегацію – перерозподіл частинок в шарі; просіювання частинок через його отвори; очищення отворів від компонентів, що застрягли. Від інтенсивності протікання цих операцій залежить продуктивність і якість роботи просіювача.

Більшість досліджень процесу на обертових решетах базувалися на вивченні впливу різних факторів на основні елементи процесу: вібропереміщення, сегрегація в шарі, просіювання через отвори решіт і їх очищення.

Аналіз досліджень процесів просіювання борошна на плоских решетах присвячені роботи ряду дослідників [2, 7,8]. У багатьох випадках для опису процесів розділення та просіювання сипких середовищ зручними та точними є моделі гідродинаміки [9]. Встановленню закономірностей процесу присвячені роботи С.А. Васильєва [4, 5], який експериментально встановив аналітичні залежності для просіяного зерна на заданій довжині решета, вилучення прохідної фракції, прискорення коливань решета. Автором рекомендовані значення прискорення коливань решета з круглими отворами при розділенні пшениці.

Дослідженню закономірностей процесу розділення сипких середовищ на плоских решетах для встановлення шляхів підвищення їх ефективності присвячені роботи [5]. Встановлено, що решета з частотою коливань (15...50 Гц) і амплітудою (0,5...3 мм) разом з ефективними очисниками отворів працюють більш продуктивніше (у порівнянні з тихохідними коливальними решетами) на очищенні зернового вороху.

В роботі [7] автори досліджували зону найкращого просіювання на плоскому коливальному решеті, при цьому визначали оптимальну швидкість

борошна, величина якої знаходиться між зонами перевантаження і недовантаження.

Проведена класифікація основних режимів впливу робочих органів на борошно: «ущільнювальний» - найменш інтенсивний режим при якому дрібні частинки вкладаються в проміжки між великими, і суміш ущільнюється; «віброзрідження» – більш інтенсивний режим при якому відбувається «зрідження» ЗС і направлене переміщення частинок з різною питомою вагою або крупністю; «віброкипіння» – відбувається відривання частинок один від одної і хаотичне переміщення. Кращими режимами для віброзрідження є режими з амплітудою вертикальних вібрацій  $1,5 \dots 2,5 g$ , ( $g = 9,8 \text{ м/с}^2$ ), а для віброкипіння –  $3,3 \dots 3,7 g$ .

Борошно являє собою сипке середовище, яке під дією вібрації (обертання) набуває собою властивості псевдозрідженої суміші. Тому одним із значущих факторів, що впливають на нього, є оптимальні кінематичні параметри решіт.

Оптимізації кінематики решіт метод вільних крутильних коливань тонкостінного циліндру, отримала емпіричні залежності ефективного коефіцієнта динамічної в'язкості за глибиною шару від режимів вібрації. Аналіз відомих досліджень свідчить, що розглядаючи борошно як пошарове сипке тіло, вони встановлюють вплив на кінематичні режими роботи решіт. При цьому комплексний підхід з врахуванням дії активаторів при сепаруванні на плоских решетах відсутній.

Перспективним напрямком з точки зору підвищення ефективності просіювання, є використання решіт у вигляді поверхонь обертання і надання їм обертального руху. За рахунок додаткової дії відцентрової сили на борошно просіюваність таких решіт значно вища порівняно з плоскими. Це дозволяє знизити металоємність вібраційно-відцентрових сепараторів, порівняно з традиційними аналогічними машинами, в 2 рази. Поширення отримали циліндричні, конічні, параболоїдні та ін. решітні поверхні, які в залежності від розміщення можуть бути горизонтальними, нахиленими і вертикальними.

### **3.1.1. Оптимізація параметрів барабанного просіювача борошна**

Хлібопекарська промисловість у нашій країні є однією з ведучих галузей харчової промисловості. На переробних підприємствах борошно, цукор, крупи та інші сипучі продукти надходять у різній тарі - мішках, картонних коробах, що веде до їх засмічення механічними домішками. Відомо, що для відокремлення сторонніх домішок застосовують машини для просіювання. Просіювання – це відділення механічних домішок, розпушення і насичення продукту повітрям [1].

Операція просіювання сировини носить контролюючий характер, яка одночасно сприяє розпушенню та аерації [3]. На переробних підприємствах застосовуються, в основному, просіювачі вібраційні та відцентрові з шнековою подачею [4]. Принцип дії борошнопросіювача вібраційного типу - це вібрація сита, через яке порціями пропускається борошно. Перевагою є висока продуктивність, недоліком - великий шум, підвищений знос сита.

Основним недоліком просіювача є конструкція бункера та живильного шнека, який створює значний шум, нерівномірність подачі при роботі і, завдячуючи ударним навантаженням на сита барабана, швидкий їх знос. Конструкція просіювача не передбачає регулювання його продуктивності. Тому метою даної роботи є розробка нової конструкції завантажувального бункера із спускним лотком, що дозволить знизити енергетичні витрати, збільшити рівномірність подачі та підвищити ергономічність конструкції.

Для вищених поставлених задач, необхідно модернізувати конструкцію завантажувального бункера; обрати методику проведення експериментальних досліджень; визначити фактори та критерії оптимізації процесу на вдосконаленому просіювачі борошна; провести експериментальні дослідження стосовно оптимізації конструктивних параметрів завантажувального бункера та поверхні сит.

### **3.1.2. Шляхи удосконалення обладнання для просіювання сипких матеріалів**

До основних вимог, яких повинні дотримуватись конструкції просіювачів сипких матеріалів, належать:

- тривалість роботи за умови постійного надходження продукту;
- плавність регулювання продуктивності;
- забезпечення необхідної продуктивності у широкому діапазоні без змін властивостей матеріалу та умов експлуатації;
- можливість включення просіювача під навантаженням;
- швидке блокування в аварійних ситуаціях;
- надійність роботи;
- мінімальна кількість рухливих деталей;
- мала інерційність;
- незначне зношування робочого органу;
- спонукач повинен сприяти, а не чинити опір гравітаційному спуску;
- низька вартість, простота обслуговування та низька необхідна потужність.

Хоча загальні закономірності опору конструктивних елементів переміщенню і просіюванню сипких матеріалів відомі, можна навести ряд невдалих та знайти високоефективні і прості рішення, які в цих випадках приведуть до зменшення опору потоків матеріалу та покращення умов процесу у робочій камері машини. На кафедрі обладнання харчових технологій ведуться роботи зі створення високоефективних просіювачів

борошна у двох напрямках: створення принципово нових конструкцій і усунення недоліків у наявних конструкціях.

### 3.2. Аналіз основних факторів, що впливають на ситову поверхню

Пропускна здатність сітки в просіюванні прийнято оцінювати коефіцієнтом живого січення (КЖС), вираженим у відсотках часток площі отворів до загальної площі.

Для ситових тканин полотняного переплетення:

$$\begin{aligned} KЖС &= \frac{100a^2}{(a+d)^2} \\ KЖС &= \frac{10^{-6}}{a^2 n^2} \end{aligned} \quad (3.1)$$

де,  $a$ - розмір квадратного отвору (мкм);

$d$ - діаметр отвору (мкм);

$n$ - число елементарних чарунок на 1 см.

Чим менший КЖС, тим нижча пропускна здатність сітки. З вище згаданим коефіцієнтом заповнення елементарної чарунки  $K$  він пов'язаний співвідношенням, що не містить величин  $d$  і  $a$  і виражається рівнянням:

$$KЖС = \frac{100K^2}{(1+K)^2} \quad (3.2)$$

З цього видно, що міцність сітки протидіє її пропускній здатності.

Орієнтування у зв'язку величин  $K$  і КЖС наведене в табл. 3.3, з якої видно діапазон значень КЖС для ситотканин, що виробляються.

Роль коефіцієнта живого січення в забезпеченні ефективності просіювання борошна сильно перебільшена з тих часів, коли єдиним засобом розділення суміші частинок за розмірами було ручне решето. Вище наведені формули описують ізольовану ситову тканину, не торкаючись її стану (величина натягу, вібраційна здатність), її взаємодія з шаром продукту (коефіцієнт тертя, рельєфність), частинок, що проходять (розмір, злипання), її взаємодія з ситоочисниками і корпусом ситової рами, а також виду і складу матеріалу, що просіюється.

Якщо пропускна здатність ситотканини визначається коефіцієнтом живого січення, то швидкість просіювання для двох ситотканин з отворами рівного чи близького розміру можна порівняти за формулою:

$$V_{ШП} = \frac{100KЖС_2}{KЖС_1} \quad (3.3)$$

де, ВШП- відносна швидкість просіювання, %;

$KЖС_1$  і  $KЖС_2$  - коефіцієнти живого січення порівнюваних ситотканин, %.

Так, наприклад, заміна ситотканини з  $KЖС=51\%$  ( $K=2,5$ ) на ситотканину з  $KЖС=40\%$  ( $K=1,7$ ) приведе до зменшення пропускної здатності на 27%, але суттєвого підвищення міцності, судячи з рис. 3.1.

Таблиця 3.1

Співвідношення між коефіцієнтом живого січення ( $KЖС$ ) і коефіцієнтом заповнення елементарної чарунки ( $K$ )

$K$	1,3	1,5	1,7	1,9	2,1	2,5	3,0	3,5	4,0
$KЖС$ , %	32	36	40	43	46	51	56	60	64

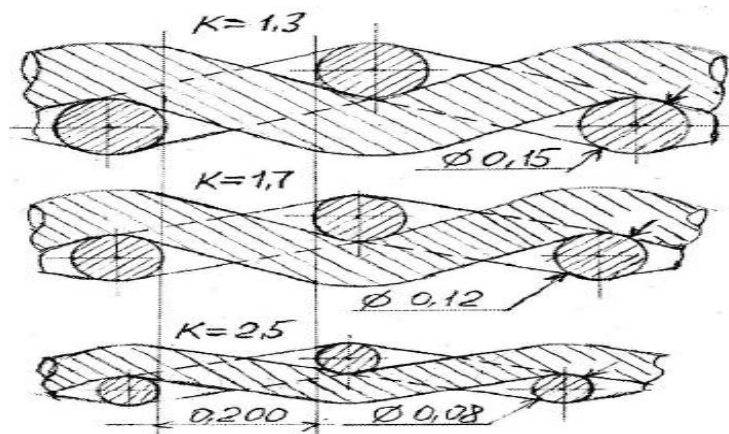








Рис. 3.1- Схематичне зображення живого січення ситотканин.

Міцність на розрив - важливий показник зносостійкості ситотканини. Чим більша різниця між розривним і фактичним експлуатаційним навантаженням, тим вища зносостійкість сита. Ця різниця - коефіцієнт запасу міцності визначається діаметром монониток у застосовуваній ситотканині. Розривну міцність оцінюють як розривне навантаження смужки ситотканини



					
Ø 50 мкм	Ø 60 мкм	Ø 70 мкм	Ø 80 мкм	Ø 90 мкм	Ø 100 мкм
100%	144%	196%	256%	324%	400%

шириною 50 мм і довжиною 200 мм на динамометрі. Виробники ситотканин не вказують її в своїх рекламних матеріалах, вважаючи достатнім вказати діаметр мононитки. З доброю ступінню точності її можна вирахувати за формулою:

$$P \geq 33.4 \sigma d^2$$

$$P \geq \frac{\sigma d^2}{a + d}$$

де, P- розривне навантаження смужки ситотканини шириною 50 мм у деканьютонах (кГс);

n - число елементарних чарунок на 1 см;

d - діаметр мононитки в міліметрах;

$\sigma$  - питоме розривне навантаження моно нитки, даН/мм\*<sup>2</sup>;

$\sigma = 60$  даН/мм\*<sup>2</sup> для ПА-6 монониток діаметром 120-300 мкм;

$\sigma = 52$  даН/мм\*<sup>2</sup> для ПА-6,6 монониток діаметром 50-100 мкм.

Порівняти розривну міцність двох ситотканин СТ-1 і СТ-2 полотняного переплетення можна за формулами:

$$BPM = \frac{n_2 d_2^{100}}{n_1 d_1^2}$$

$$BPM = \frac{(d_1 + a_1)^{100 d_2}}{d_1^2 (d_2 + a_2)}$$

$$BPM \approx \frac{100 d_2^2}{d_1^2}$$

(3.4)

де BPM - відносна розривна міцність СТ-2, %;

п<sub>1</sub> і п<sub>2</sub> - число елементарних чарунок на 1 см у ситотканах СТ-1 і СТ-2;

d<sub>1</sub> і d<sub>2</sub> - діаметри монониток, мкм;

остання формула - для ситотканин з рівними розмірами отворів.

Для популярних ситотканин з отворами 132 мкм - 55па50-132/53; 52па60-132/47; 49па70-134/43; 46па80-135/39 відносна розривна міцність складає 100,135,170, 210%, тобто зростає вдвічі зі збільшенням діаметра мононитки.

Звичайно ситотканина виходить з ладу внаслідок стирання і наступного розриву монониток. Стирання відбувається під дією продукту, очисників сита, тертя ниток по лінії контакту. Очевидно, що тонка нитка швидше за товсту протреться до такого стану, що порветься під дією розтяжного навантаження.

На сітчасте полотно ситової рами в процесі експлуатації діють сили в площині полотна, загрожуючи зсувом ниток, збільшенням розмірів отворів в одному місці й зменшенням в іншому. Ймовірність зсуву зменшується зі збільшенням довжини лінії контакту монониток на ділянках огинання одна одної та кута нахилу ниток до площини ситотканини у зв'язку зі збільшенням сил тертя, що протидіють зміщенню.

І довжина лінії контакту, і кут нахилу збільшуються зі зростанням діаметра нитки і коефіцієнта заповнення елементарної чарунки. Тому ситові тканини, які характеризуються меншим коефіцієнтом, мають перевагу при великих навантаженнях на сітчасте полотно, наприклад, у пневмороторних сепараторах.

Пропускна здатність ситотканин відповідно збільшується по мірі переходу до групи меншої міцності. Одноманітності в числі і позначенні груп, на жаль, немає. Матеріалоємність полотняної ситотканини, тобто поверхневу щільність чи масу 1 м<sup>2</sup> можемо оцінити за формулами:

$$\begin{aligned} M &= 1844 * d^2 / (d + a) = 184,4 * d^2 * n \\ M &= 17,9nd^2 * \sqrt{(100 + d^2n^2)} \end{aligned} \quad (3.5)$$

де, М- поверхнева щільність, г/м<sup>2</sup>;

а - розмір отвору, мм;

d- діаметр мононитки, мм;

n- число елементарних чарунок на 1 см.

Перша дає наближене значення, оскільки числовий коефіцієнт формули враховує викривленість мононитки втканині з припущення, що її довжина складає 1.03 м в 1 м тканини. Друга формула, навпаки, враховує викривленість мононитки як функцію під. Показник «поверхнева щільність» придатний для ідентифікації ситотканин за відсутності належних приладів візуального визначення розмірів отворів і діаметрів монониток. Завдяки простоті та точності визначення величин M і n формула придатна для визначення фактичного діаметра мононитки.

Отже, всі параметри ситотканини однозначно описуються розміром отвору і діаметром мононитки. Решта показників може бути вирахована у вигляді абсолютних і відносних величин. Доцільне систематичне позначення ситотканин полотняного переплетення за схемою [3, ст. 69 ]:

$$N - PA - d - B - a / K$$

N - число елементарних чарунок на 1 см;

PA - поліамідна, ПЕФ - поліефірна;

d- діаметр мононитки, мкм;

B- група міцності (X, XX, XXX);

a - розмір отвору, мкм;

K - коефіцієнт живого січення, %.

### **3.3. Фізичне дослідження і математичне моделювання процесу просіювання**

Виготовлена експериментальна установка ( рис.3.1) ДАТИ ФОТО дає можливість зміни: частоти обертання шістьгранного решета в діапазоні, який дозволяє створювати необхідний режим руху борошняного потоку; амплітуди, частоти і направленості; початкової подачі борошна в піраміду з решетами.

Дослідження виконували із пшеничним борошном з показниками гранулометричного складу, натури, щільності, вологості та засміченості згідно з ДСТУ 4138-2002.

Процес просіювання можна вивчати як на натуральному взірці, так і на моделі, робочій камері якої відтворюються аналогічні процеси з фіксованими відхиленнями, розмір яких обмежений прийнятою методикою.

Фізична модель являє собою вирізку натурального розміру, або зменшену робочу камеру з робочими органами, системою приводів, які забезпечують зміни параметрів процесу в заданих межах, і оснащену пристроями для візуального спостереження (прозора стінка або вікно), системою вимірювальних самописних приладів та ін.

При використанні зменшених моделей виникають значні відхилення, викликані дією пристінних ефектів та відхиленням масштабного часового фактору. Тому на таких машинах для просіювання лінійні розміри не слід зменшувати більше ніж в 2 рази, при цьому робочий об'єм зменшиться в 8 разів. Ефективніше виконувати моделювання на "вирізках" натурального розміру. Ширина "вирізки" повинна бути такою, щоб пристінні ефекти, які при цьому виникають, не вносили суттєвих відхилень.

Математична модель будується на базі фізичної моделі і формалізованого запису основних процесів, які мають місце в робочій камері машини, що дозволяє вивчати системи математичними методами. Вивчення її по кількісних показниках дозволяє отримати основні залежності і якісне відображення реальної системи, а також визначити невраховані відхилення і скорегувати результат.

Фізична модель (3D) загального вигляду і робочої камери просіювача представлена на (рис. 3.2 та 3.3). Робоча камера являє собою місткість, в якій здійснюються процеси просіювання борошна.



Рис. 3.1. Загальний вигляд просіювача борошна: 1 – корпус; 2 – патрубок приймальний; 3 – корпус вивантажувального шнека; 4 – корпус магнітоуловлювачів; 5 – рама; 6 – вивантажувальний патрубок.

**Технічні характеристики:**

Продуктивність, т/год: 3

Площа сит, м<sup>2</sup>: 1,5

Потужність, кВт: 1,1

Габарити, мм:

довжина 2850

ширина 915

висота 1850

Маса, кг: 495

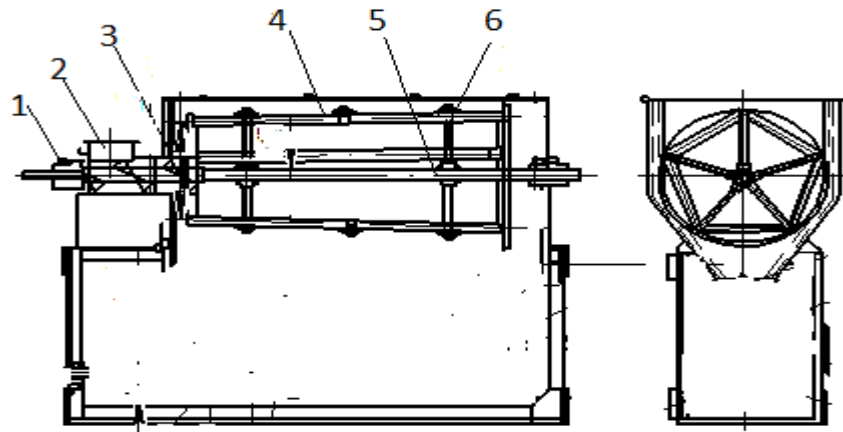


Рис.3.3. Схема просівального барабана: 1- підшипники ковзання; 2 – патрубок приймальний; 3 – шнек завантажувальний; 4 – барабан пірамідальний з ситовими рамками; 5 – вал горизонтальний; 6 – шпиця; 7 – канал для відходів;

Процес просіювання борошна в цьому решеті здійснюється наступним чином. Продукт надходить через приймальний отвір 2 і транспортується коротким шнеком у середину ситового барабана. Потім борошно потрапляє на розсікачі, зсипаючись з нього, проходить через пластини магнітного уловлювача, на яких затримуються феромагнітні домішки.

### **3.3.1. Аналіз фізичного моделювання руху борошна в пірамідальному барабані**

До розрахунку робочої камери машини спочатку необхідно на основі теоретичного аналізу і знайомства з патентним матеріалом по темі виконати пошукові розрахунки, провести експерименти та на підставі отриманих підтверджень очікуваних результатів відпрацювати вирізку моделі. Вибрати модельну робочу масу, що повинно дозволити одержати якісні показники просіювання борошна.

Якісною оцінкою рівномірного розподілу борошна у бураті, сприяють не тільки масові сили, але й швидкість несучої поверхні обертових сит та кута їх установлення. Велику роль відіграє своєрідна конструкція робочої шестигранної камери. Висока чутливість борошна до швидкості обертання

барабана та його конструкції впливає на зміну фізичних властивостей. Борошно одержує відповідну швидкість при коловому обертанні в процесі його просіювання, що впливає на тривалість проходження процесу. Це змушує чітко регламентувати режим роботи обертання та подачі борошна, щоб отримати рівномірний розподіл на несучих поверхнях та інтенсифікувати весь процес просіювання відповідної його завантаженої маси.

На сьогоднішній день є ряд рішень, що базуються на спрощенні дійсного процесу і не враховують вплив еластично-в'язкої і пластичної структури тіста і дії на неї коливань тиску. Більшість робіт [1,2] присвячені дослідженню впливу кутів живлення на продуктивність, зростання тиску в приймальній камері, що встановлює залежність досягнення необхідного рівня стискання продукту при виборі типу і розмірів отворів сит та частоти їх обертання. Зазначена конфігурація барабана сприяє підвищенню змішувального ефекту компонентів, їх плавному транспортуванню по довжині утвореного профільного каналу. Конструктивне розташування живильного шнека дозволяє проводити згадані процеси і дає можливість передбачити встановлення меншого діаметру, що повинно забезпечити більшу продуктивність і інтенсивність просіювання. Внаслідок такої конструкції та різної частоти обертання живильного шнека, борошно у шістегранному барабані має складний рух. Борошно рухаються не лише в коловому напрямку, а і вздовж осі поверхонь сит. В коловому напрямку воно рухаються під дією робочої поверхні. В осьовому напрямку має місце безнапірна течія.

### **3.4. Вплив типу й нахилу сита на розміри**

На ситах можливим є здійснення процесів трьох типів: ковзання вперед, назад і підкидання. Для просіювання на ситі необхідно, щоб частинки пройшли певну довжину по поверхні сита. Припустимо, що ця довжина  $l_0$ .

Якщо кількість коливань сита

$n < n_{\max}$ , то можливим є ковзання лише вниз із подачею  $S$ . Позначивши необхідну для просіювання кількість коливань  $N$ , отримаємо залежність:

$$l_0 = N S = 1,$$

де  $l$  – довжина сита.

Якщо  $p > p_{\max}$ , то за  $l$  амплітуду коливань результуюча подача  $S = S_1 - S_2$ , але шлях, який проходить частинка по поверхні, дорівнює  $S' = S_1 + S_2$ .

У цьому випадку необхідна довжина шляху продукту

$$l_0 = S' N = (S_1 + S_2) N, \quad (3.7)$$

$$\text{а необхідна довжина сита } l = SN = (S_1 - S_2) N, \quad (3.8)$$

тобто  $l - l_0$ , оскільки продукт рухається вперед і назад.

Якби продукт рухався лише вперед, то необхідна довжина сита повинна була б дорівнювати  $l_0$ , насправді достатньо коротшого сита  $L$ .

На ситах з поперечними коливаннями продукт рухається вниз по зигзагоподібній траєкторії. Це призводить до необхідності збільшення ширини сита.

На ситах з підкиданням скорочується час зіткнення продукту з ситом і зменшується шлях ковзання. Це веде до збільшення площі просіювання.

Збільшення нахилу збільшує одностороннє пересування продукту і швидкість подачі, що вимагає збільшення довжини. Але оскільки при цьому зменшується товщина шару, то ширина сита може бути зменшена.

У табл. 3.2. наведені результати просіювання борошна по довжині сита залежно від нахилу сита.

Таблиця 3.2

Результати просіювання борошна по довжині сита залежно від нахилу сита

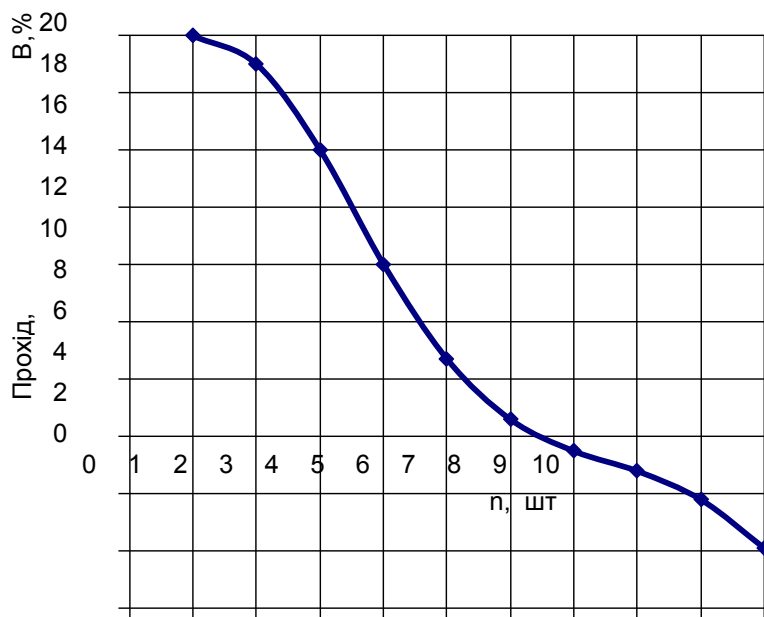
Нахил сита, Град	Прохід по довжині сита в % від ваги					Схід %	Швидкість подачі мм/с
	1	2	3	4	5		
10	22,6	16,3	8,5	6,3	3,0	4,3	0,1
15	15,8	14,0	7,6	6,9	4,3	5,1	0,6



### 3.5. Алгоритм розрахунку ефективного коефіцієнта динамічної в'язкості псевдозрідженого середовища

При гідродинамічному підході до досліджень руху борошна по обертовому решету, з математичної точки зору, описується розв'язанням крайової задачі для рівнянь Нав'є – Стокса в'язкої нестискаємої рідини [9]. При такому підході однією з центральних проблем є розробка алгоритмів ідентифікації значень ефективного коефіцієнта динамічної в'язкості. Це пов'язано з тим, що цей коефіцієнт входить у відповідні рівняння Нав'є – Стокса і його величина визначає вплив сил в'язкості на процес руху борошна по решету. Для розв'язку цієї проблеми була запропонована низка теоретичних і експериментальних підходів [7, 8], які присвячені проблемі визначення ефективного коефіцієнта динамічної в'язкості. В основі цих робіт лежить ідея встановлення зв'язку між коефіцієнтом динамічної (здвигової) в'язкості і коефіцієнтом внутрішнього сухого тертя в борошні.

При просіюванні крізь кожну погонну одиницю довжини пірамідального сита, величина цієї частинки спочатку проходить крізь перші ділянки сита. Тому визначення розподілу борошна по довжині  $\frac{dQ_n}{dx}$  проводилося встановленням 10 ящиків. Це дозволило визначити кількість борошна за однаковий проміжок часу.



На рис. 3.5 розглянуто процес просіювання.

Таким чином кількість борошна змінюється в ящиках. Початкова ордината кривої розподілення борошна  $\frac{d\Pi}{dx}$  позначити через  $M_0$ , то ордината на відстані  $X$  від початку сита буде визначатись із рівняння:

$$y = \frac{d\Pi}{dx} = M_0 e^{-\mu x}, \quad (3.3)$$

Підсумувавши у всіх ящиках масу борошна за одиницю часу, зробили

Рис.3.5. Розподіл продуктивності просіювача по довжині сита

проінтегрування кривої  $\frac{d\Pi}{dx}$ , тобто:

$$\Pi = \int_0^x y dx = \int_0^x B_0 e^{-\mu x} = \frac{B_0}{\mu} (1 - e^{-\mu x}) .$$

(3.4)

Дослід встановив, що продуктивність сита, яка поділена на 10 частин, встановлює результат: - перша половина пірамідального сита висіває 74,9 % від загальної кількості проходу, а друга – 25,.

$$\text{Формула } \Pi'_{\Pi} = \frac{B_0}{\mu} (1 - e^{-\mu \ell})$$

(3.5)

показує, що при дуже довгому ситі ( $\ell = \infty$ ) повна кількість проходу буде

$$\Pi_{\infty} = \frac{B_0}{\mu}$$

(3.5)

Показник  $\mu$  має розмірність 1/мн.

Якщо довжину сита обрати такою, що дорівнює  $x = \frac{1}{\mu}$ , то

продуктивність першої ділянки буде

$$\frac{d\Pi_0}{d\ell} = B_0 ,$$

(3.6)

а ділянка на відстані  $x^I$ ,

$$\frac{d\Pi_x}{d_x} = B_x .$$

Відношення цих величин

$$\frac{B_x}{B_0} = e^{-1} = \frac{1}{2,718} = 0,368 ,$$

3.7 )

тобто продуктивність погонного елемента довжини на відстані  $x = \frac{1}{\mu}$

складає 36,8 % від продуктивності першої ділянки.

На відстані  $x = \frac{2}{\mu}$  продуктивність знижується до  $100 e^{-2} = 13,5$  %, при

довжині, збільшеній у тричі, - до  $100 e^{-3} = 5$  %.

Тобто, спостерігаючи розподілення продуктивності, визначаємо експериментально коефіцієнт  $\mu$ .

Технічна продуктивність просіювача становить:

$$\Pi = \frac{1}{n} \sum \frac{A_i}{T_i} ,$$

(5.7)

Підставивши прийняті значення, отримаємо значення продуктивності.

$$\Pi = \frac{1}{5} \frac{1500}{0,3} = 1000 \text{ кг/год}$$

Ширина сита розраховується за формулою:

$$B = \frac{\Pi}{3600 q_b}$$

(5.8)

де  $q_b$  – питома продуктивність, віднесена до одиниці ширини сита, 0,55 – 2,55 кг/(см<sup>2</sup>)

$$B = \frac{1000}{3600 \cdot 0,6} = 0,46 \text{ м}$$

Частота коливань сита розраховується за формулою:

$$n = \frac{1}{20} \sqrt{\frac{10j_0}{A}} , \quad (5.9)$$

Амплітуда коливань:

$$A = e \cdot k, \quad (5.10)$$

Значення оптимального прискорення наведено в табл. 3.2.

На рис. 3.6 наведено графік для визначення коефіцієнта  $k$ .

Довжина сита визначається із рівняння:

$$l = \frac{\Pi}{B \cdot q_f},$$

(5.11)

де  $q_f$  – питома продуктивність сита, кг/(с·м<sup>2</sup>)

$$q_f = 0,0528(0,95 - \varepsilon)(105 - \beta),$$

де  $\varepsilon$  – повнота розділення.

$$q_f = 0,0528(0,95 - 0,85)(105 - 15) = 0,47 \text{ кг/(с м}^2\text{)}$$

Таблиця 3.2.

Оптимальне значення прискорення  $J_0$

Кут нахилу сита $\alpha$ , град	Оптимальне значення прискорення $j_0$ , м/с <sup>2</sup> при $q_b$ , кг/(с·м <sup>2</sup> )				
	0,5555	1,1111	1,6666	2,2222	2,7777
10	19,0	26,0	–	–	–
15	15,0	22,0	27,0	–	–
20	13,5	19,0	23,0	27,0	–
25	12,0	17,0	21,0	24,0	27,0
30	11,0	16,0	19,0	22,0	24,0
35	10,0	14,5	17,5	20,0	22,0
40	9,5	13,5	16,5	19,0	21,0

$$\text{Довжина решета } l = \frac{1000}{3600 \cdot 0,46 \cdot 0,47} = 1,28 \text{ м.}$$

Потужність  $N$ , кВт, яка необхідна для надання руху сити, розраховується за формулою:

$$N = kn^3 r^2 (m_c - m_n) / 250 \quad (3.12)$$

де  $k$  – коефіцієнт ( $k= 2,0\dots2,5$ );

$n$  – частота обертання кривошипа,  $c^{-1}$

$r$  – радіус кривошипа, м

$m_c$  – маса хитних частин сита, кг

$m_n$  – маса шару продукту на ситі, кг;

$$m_n = Sh\rho g = 0,46 \cdot 1,28 \cdot 0,01 \cdot 550 \cdot 9,8 = 31,7 \text{ кг}, \quad (3.13)$$

де  $S$  – площа сита,  $m^2$

$h$  – товщина шару продукту, м;

$\rho$  – насипна густина продукту,  $кг/м^3$

$g$  – прискорення вільного падіння,  $м/с^2$ .

Таким чином,  $N = 2 \cdot 2,5^3 \cdot 0,2^2 (40 - 31,7) / 250 = 0,041 \text{ кВт}$ .

Отже, просіювання окремої частинки під час її руху над отвором сита– явище випадкове, вірогідність якого для безвідривного руху підпорядковується нормальному закону

$$P_0 = 1 - \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^v e^{-\frac{1}{2} \left( \frac{V - V_k}{v} \right)^2} dV, \quad (3.14)$$

)

де  $V$  – швидкість центру маси частинки відносно сита;

$V_k$  – критичне значення швидкості при  $P_0=1/2$ .

Для сферичної частинки діаметром  $d$  за умови рівномірного руху над прямокутним отвором довжиною  $D$  у горизонтальному ситі

$$V_k = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{D}{d}} \frac{2D\sqrt{1+R} - d}{\sqrt{1+R} + \sqrt{R(1+R)}}, \quad (3.15)$$

)

Збільшення товщини сипкого тіла до певного оптимального значення  $H^*$  збільшує вірогідність просіювання, оскільки верхні шари, що не відчують безпосередньо ударів, перешкоджають відриву від сита частинок нижнього шару. При  $H > H^*$  підкидання з цієї причини не відбувається, але надмірний тиск верхніх шарів збільшує тертя між частинками нижнього шару, що ускладнює просіювання останніх. Питома продуктивність сита по проходу  $D$ ,  $\text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$ , пропорційна кількості частинок, що пройшли над отвором сита за 1 с і вірогідності  $P_0$  їх просіювання:

$$D = cV\rho_0, \quad (3.16)$$

де  $c$  – коефіцієнт пропорційності, що залежить від живого перерізу сита, концентрації проходового компоненту у нижньому шарі, щільності та інших властивостей частинок.

Поблизу значення  $V_k$  із збільшенням  $V < V_k$  зростає кількість частинок, що проходять над отвором за одиницю часу при незначно спадаючій вірогідності  $P$ ; за умови подальшого збільшення  $V > V_k$  вирішальний вплив на  $D$  має істотне зменшення  $P$ .

Прямолінійні коливання встановлюють змінну швидкість і оптимізація значення має вигляд  $\left(\frac{1}{4} \div \frac{1}{3}\right)V$ .

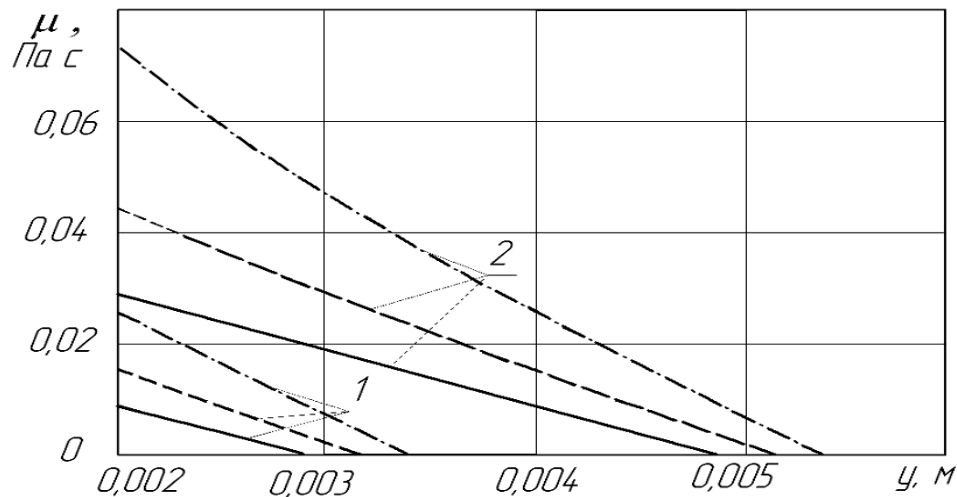
#### 4. Результати експериментальних досліджень пп

##### 4.1. Результати розрахунку коефіцієнта динамічної в'язкості борошна

Розрахунки проводили для шару борошна при наступних значеннях механіко-технологічних параметрів:  $\rho = 750 \text{ кг/м}^3$ ;  $a = 0,0018 \text{ м}$ ;  $h = 0,004 \text{ м}$ ,  $0,006 \text{ м}$ . Кут нахилу решета до горизонту складав  $\alpha = 8^\circ$ , а амплітуда і частота коливань, відповідно,  $A = 0,0075 \text{ м}$   $\text{с}^{-1}$ . Коефіцієнт внутрішнього сухого тертя змінювався на інтервалі  $0,3 \leq f \leq 0,55$ , а коефіцієнт, що враховував пористість борошна  $k = 0,7$ .

На рис. 4.1 наведені результати розрахунків залежностей коефіцієнта динамічної в'язкості борошна від величини  $y$  – відстані до площини решета. Розрахунки проводили при різних значеннях коефіцієнта внутрішнього сухого тертя  $f = 0,3$ ;  $0,4$ ;  $0,55$  (рис.4.2). Як видно з рис. 4.1, коефіцієнт динамічної в'язкості лінійно залежить від координати  $y$ . Причому, при ефективних значеннях товщини борошна, яка визначається за

$$h = p f y \operatorname{tg} \alpha$$



1 –  $h=0,004 \text{ м}$ ; 2 –  $h=0,006 \text{ м}$ ; –  $f=0,3$ ; –  $f=0,4$ ; –  $f=0,55$

Рисунок 4.1 – Залежності коефіцієнту динамічної в'язкості псевдозрідженого борошна за товщиною його шару ( $h = 0,0075 \text{ м}$ ;  $a = 75 \text{ с}^{-1}$ ;  $h = 0,0018 \text{ м}$ ;  $\rho = 750 \text{ кг/м}^3$ )



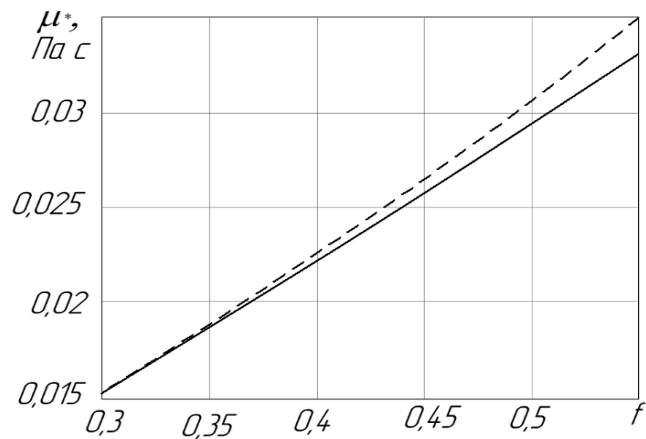


Рисунок 4.2 – Залежності коефіцієнту динамічної в'язкості борошна від коефіцієнтів внутрішнього сухого тертя ( $h = 0,0075$  м;  $a = 75$  с<sup>-1</sup>;  $h = 0,018$  м;  $\rho = 750$  кг/м<sup>3</sup>)

На рис. 4.2 при різних значеннях товщини шару борошна наведені залежності середнього значення коефіцієнту динамічної в'язкості відповідає серединій ефективній його товщини шару. Встановлено, що при збільшенні товщини шару починає підвищуватися коефіцієнт динамічної в'язкості (на 0,004 Па с) з ростом коефіцієнта внутрішнього тертя. Варіювання коефіцієнта сухого тертя майже у два рази (до  $f=0,6$ ) призводить до незначної зміни ефективної товщини шару у  $\sim 0,0005$  м.

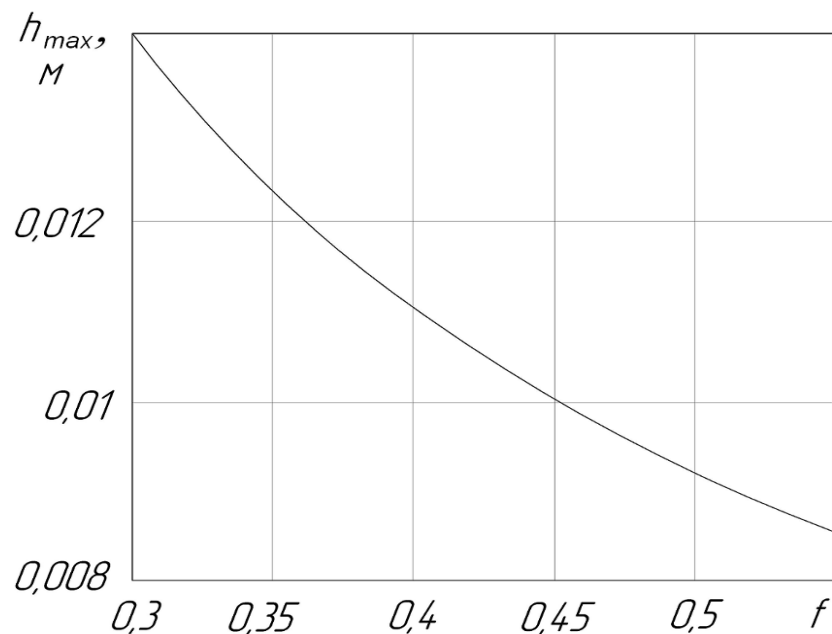


Рисунок 4.3 – Залежність максимальної товщини шару борошна від коефіцієнта внутрішнього сухого тертя ( $h = 0,0075$  м;  $\rho = 1572$  кг/м<sup>3</sup>;  $a = 75$  с<sup>-1</sup>;  $\rho = 750$  кг/м<sup>3</sup>)

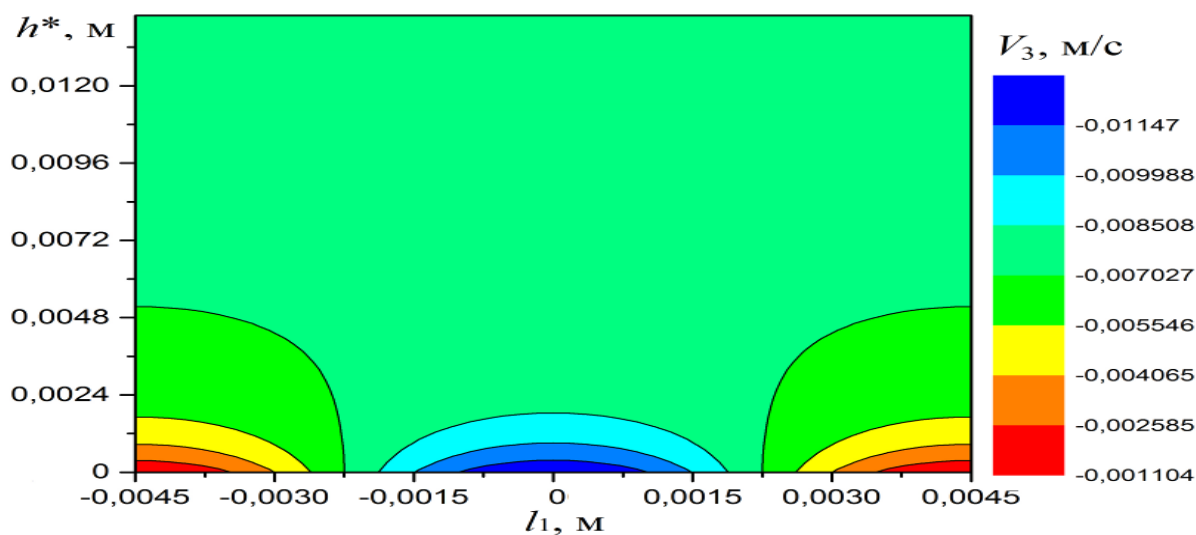
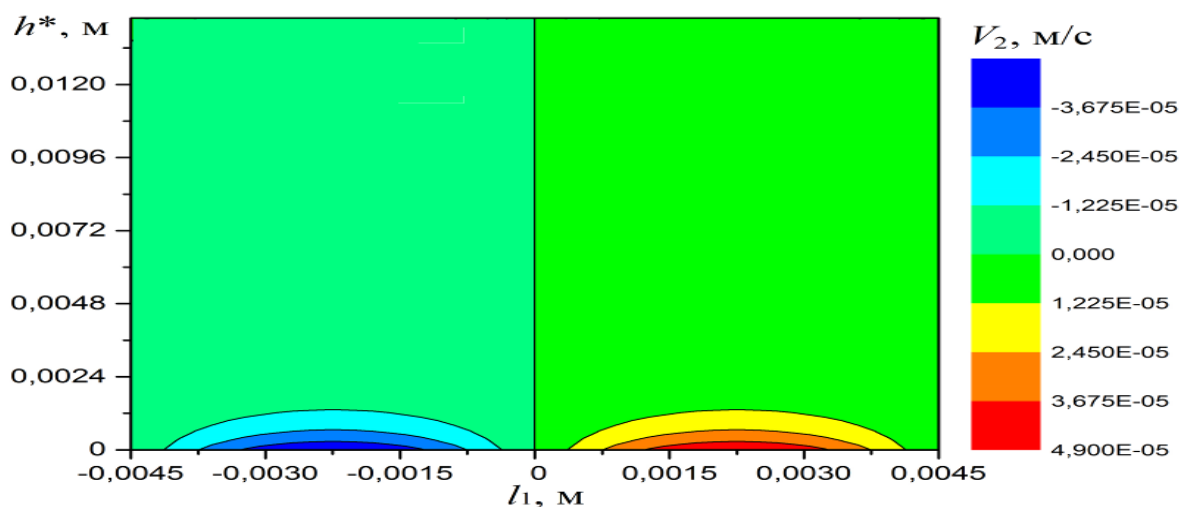
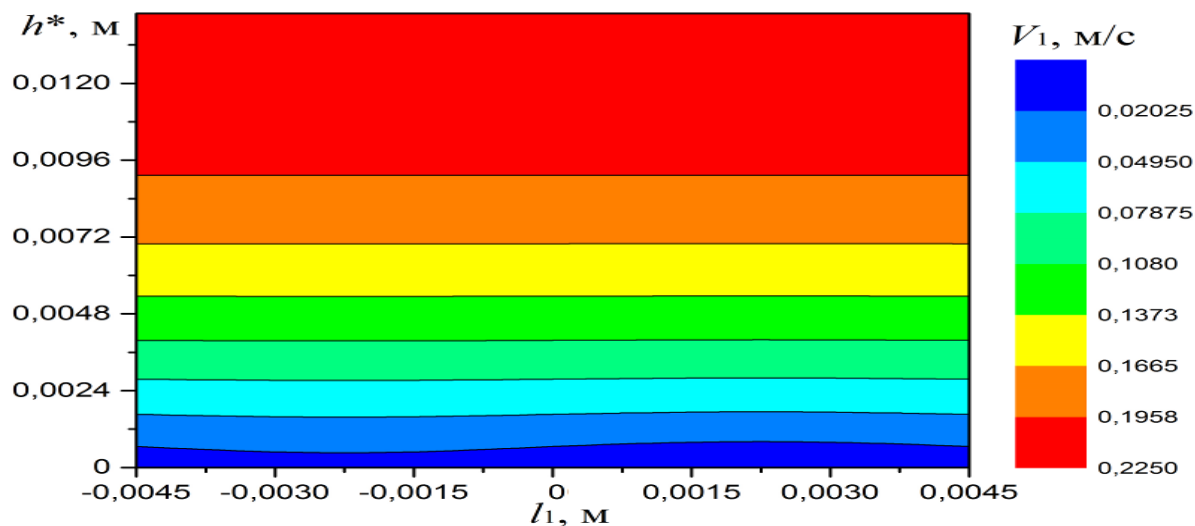
На рис. 4.3 зображена залежність  $h_{\max}$  від  $f_{\max}$ , де  $f$  – коефіцієнт внутрішнього сухого тертя. Слід відмітити, що при малих кутах нахилу решета до горизонту максимальна товщина шару практично співпадає з ефективною товщиною.

#### **4.2. Аналіз математичного моделювання тривимірної динаміки псевдозрідженої суміші на решеті**

Математичне моделювання проведено з використанням механіки багатофазних систем, згідно якої рух сипкого борошна розглянуто як динаміка, яке характеризується двома ефективними коефіцієнтами в'язкості. При цьому поверхня решета розглянута як двовимірний періодичний структура з періодом уздовж осі  $x$  і з періодом уздовж осі  $y$ . Базовою коміркою такої структури прийнято прямокутник, на якому розташовано отворів з площею.

Встановлено, що зі збільшенням висоти шару борошна, в діапазонах що досліджуються, зміна швидкості верхніх підшарів носить лінійний характер, тоді як, за рахунок впливу параметрів самих отворів решета та їх розташування, швидкість нижніх підшарів має нелінійний вигляд. Зі збільшенням висоти шару відбувається зміна поздовжньої складової швидкості  $U$  в 9...11 разів з  $-0,017...0,187$  м/с до  $0,193...1,685$  м/с. При цьому поперечна складова швидкості борошна також змінюються при русі по решеті в залежності від параметрів його отворів, але ці зміни є незначними.

При моделюванні (рис.4.4) використані значення  $V_0=0,01...1 \times 10^{-3}$  м/с. В результаті аналізу залежностей встановлено, що збільшення швидкості проходження суміші через отвори решета, в діапазоні що досліджується, підвищує значення поперечних складових швидкості шару борошна, і негативно впливає на поздовжню складову її швидкості.



а – поздовжні складові; б – поперечні складові; в – вертикальні складові

Рисунок 4.4 – Поле швидкості псевдозрідженої суміші борошна за середньою товщиною її шару ( $h^*$ ) відносно періоду круглих отворів ( $l_1$ ) решіт ( $A=0,015$  м;  $\omega=33,51$  рад/с;  $l_1=l_2=0,009$  м;  $\mu=1,78 \times 10^{-5}$  Па с;  $\rho=750$  кг/м<sup>3</sup>;  $f=0,63$ ;  $k=0,9$ ;  $a=0,003$  м;  $L=1$  м;  $V_0=0,35 \times 10^{-3}$  м/с;  $R_0=0,0035$  м)

Величина даних параметрів визначає ефективність просіювання. Найбільший вплив на поперечну складову швидкості, яка визначає ефективність просіювання борошна через отвори решета, має швидкість проходження через отвори  $V_0$ . В результаті аналізу залежностей встановлено, що збільшення швидкості проходження суміші через отвори решета, в діапазоні що досліджується, підвищує значення поперечних складових швидкості шару, і негативно впливає на поздовжню складову її швидкості. Це пояснюється значним пригальмовуванням шару борошна над отворами, за рахунок збільшення  $V_0$ . Так збільшення швидкості  $V_0$  призводить до зменшення нижньої межі діапазону поздовжньої швидкості  $U_{11}$  в 6,9 раз з  $0,017... 0,187$  м/с до  $-0,1173...0,189$  м/с. При цьому вертикальна складова швидкості  $U_{12}$ , навпаки, збільшується, збільшилась в 10 разів, з  $0,012...0,016$  м/с до  $-0,12...0,162$  м/с.

#### 4.2.1. Основні фактори що впливають на ситову поверхню.

Проаналізувавши дослідні дані з таблиці 4.1, в якій представлено співвідношення між коефіцієнтом живого січення (КЖС) і коефіцієнтом заповнення елементарної чарунки (К) мною виведено графік цієї залежності.

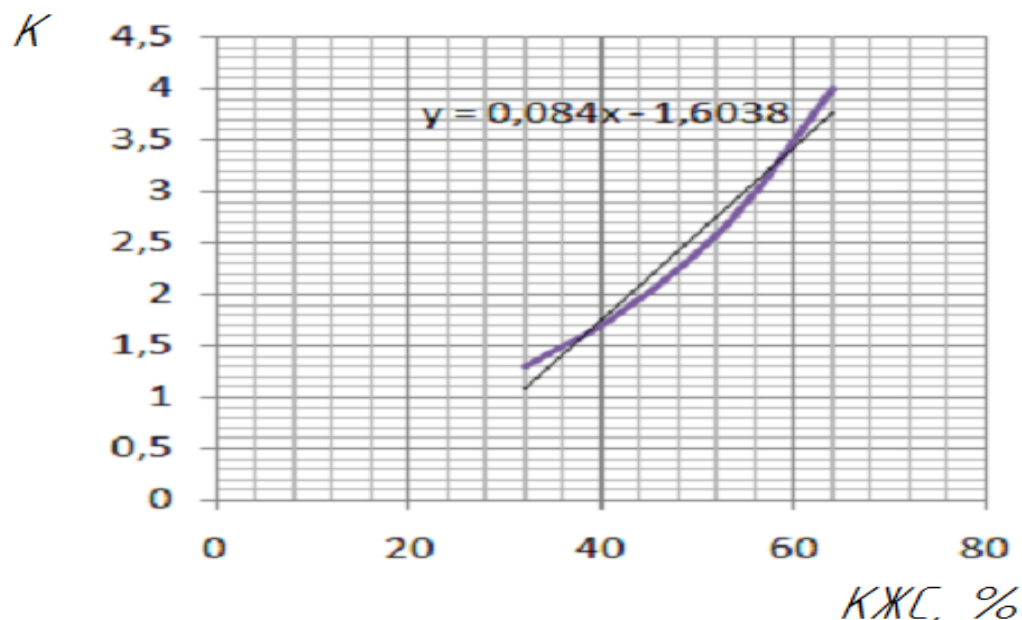
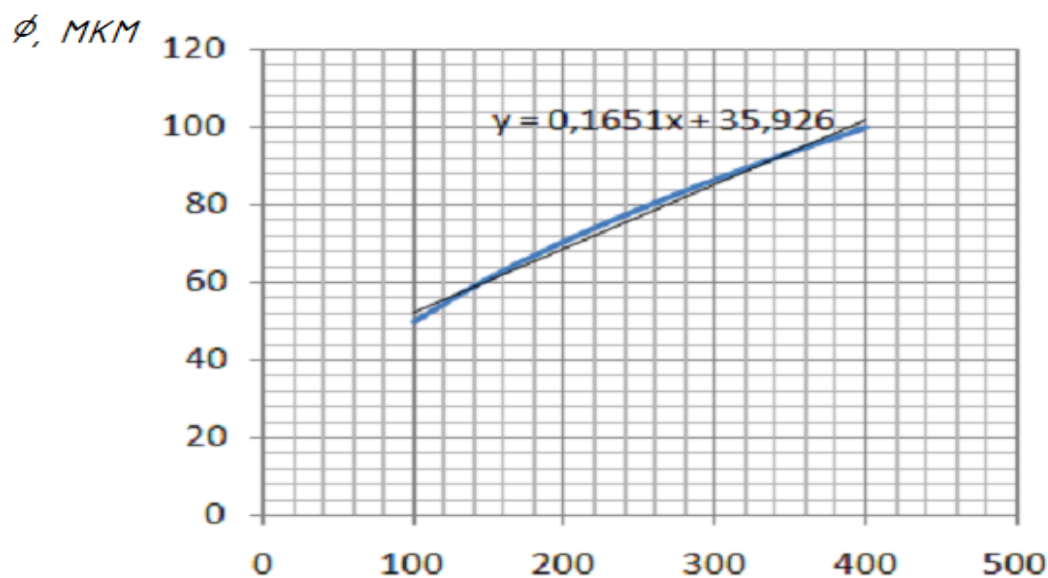


Рисунок 4.5. Залежність коефіцієнта живого січення (КЖС) від коефіцієнта заповнення елементарної чарунки (К).

Співвідношення між коефіцієнтом живого січення (КЖС) і коефіцієнтом заповнення елементарної чарунки (К)

К	1,3	1,5	1,7	1,9	2,1	2,5	3,0	3,5	4,0
КЖС, %	32	36	40	43	46	51	56	60	64

Також проаналізувавши рис. 4.6 мною виведено графік залежності січення монониток і відносної площі січення.



% Рис

унок 4.6. Залежність відносної площі січення від діаметра поперечного січення монониток

За результатами експерименту отримуємо регресійне рівняння другого порядку.

$$Y = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_{11} X_1^2 + b_{22} X_2^2 + b_{12} X_1 X_2$$

$X_1$ - діаметр отвору  $d_{mm}$ ;  $X_2$ - площа контакту поверхні  $S_{mm^2}$ .

Експерименти проводились на базі математичного планування.. Основні фактори і рівняння їх варіювання подано у таблиці 4.2.

Таблиця

4.2

Основні фактори і рівняння їх варіювання

Характеристика плану	Перемінні фактори	Перемінні фактори
	Діаметр отвору $X_1$ , мм	площу контакту ситоватої поверхні $X_2, \text{мм}^2$
Основний рівень, $X_1^{(0)}$	4.5	12
Крок варіювання	1.5	3
Нижній рівень $X_1^{(-)}$ (-1)	3	9
Верхній рівень, $X_1^{(+)}$ (+1)	6	16

Вихідними параметрами були:

$Y_1$ -зміна кута взаємодії борошна по висоті його переміщення по поверхні сита.

$Y_2$ - зміна кута взаємодії борошна по його площі контакту на поверхні сита.

Таблиця 4.3

План експерименту та його результати

	$X_1$ (а, мм)	$X_2$ (S, $\text{мм}^2$ )	$Y_1$	$Y_2$
1	3	9	30	5,6
2	4,5	9	35	7
3	6	9	40	9
4	3	12	45	9,8
5	4,5	12	50	10
6	6	12	64	10,8
7	3	16	60	11
8	4,5	16	68	11,6
9	6	16	75	12,4

Використовуючи одержані дані коефіцієнтів регресії, складемо рівняння регресії для  $Y_1$  та  $Y_2$

$$Y_1 = -54,39 - 3a + 12,07S + 0,59a^2 + 0,21aS - 0,33S^2$$

$$Y_2 = -17,43 + 0,8a + 3,31S + 0,11a^2 - 0,09aS - 0,09S^2$$

$$Y_1 = f(d, S) \tag{4.1}$$

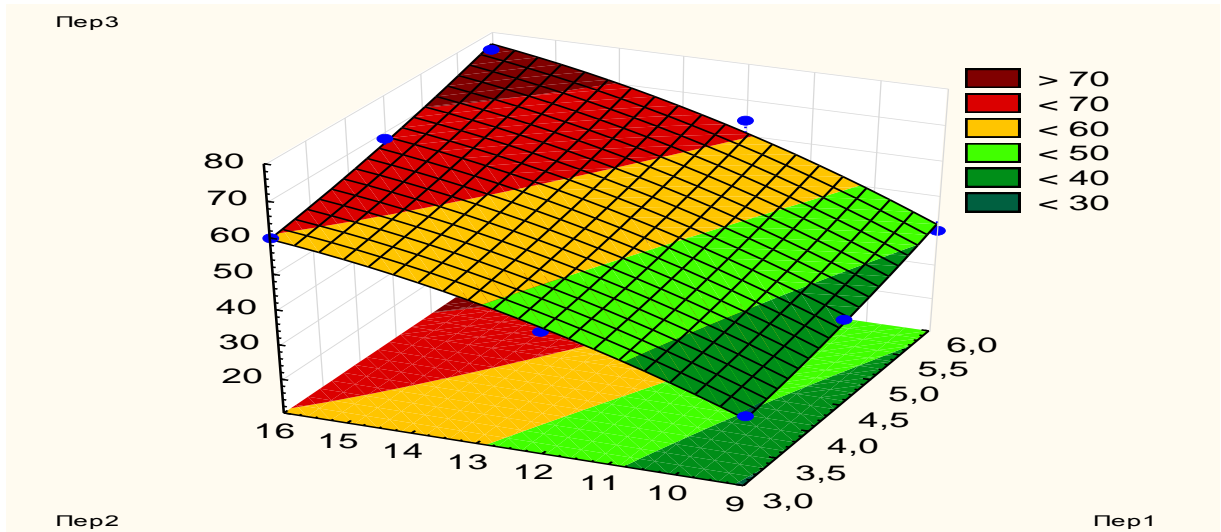


Рисунок 4.7. Двумірний переріз поверхні відгуку як функція  $Y_1 = f(d, S)$

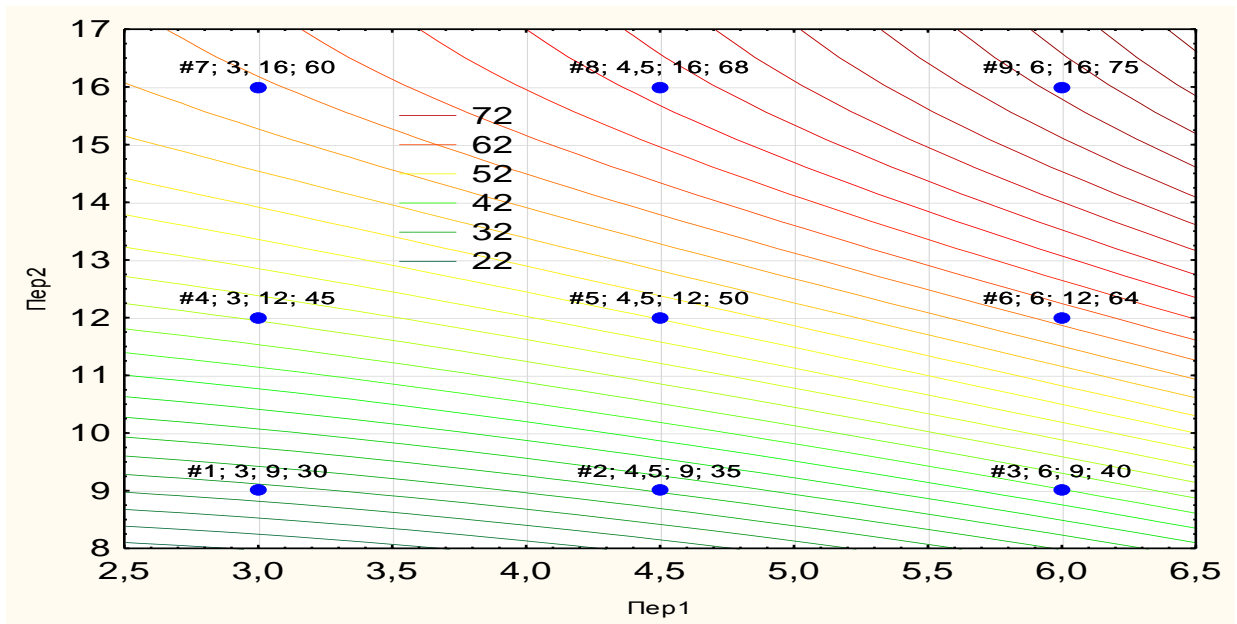


Рисунок 4.8. Поверхня відгуку  $Y_1 = f(d, S)$

### 4.3. Аналіз фізичного моделювання просіювання борошна

У технологічних процесах виробництва харчової продукції, операції просіювання на відміну від інших підприємств пов'язані в основному з очищенням сировини і контролем якості готової продукції. Це визначає можливість застосування більш простого обладнання. Однак деякі операції просіювання потребують встановлення додаткового обладнання, яке

використовується на підприємствах. Це пов'язано з особливостями матеріалів, що обробляються, важкосипучість, забрудненістю та ін..

Виходячи з промислового досвіду харчових та переробних підприємств і аналізу літературних джерел щодо роботи просію вального обладнання, необхідно виділити таке: просіювальні машини, що найчастіше застосовуються у промисловості, запозичені із зернопереробної галузі й використовуються без урахування специфіки підприємств харчової галузі. Тому іноді вони не забезпечують необхідного параметра роботи, мають велику метало- і енергоємність.

Існуючі способи просіювання потребують досить великих динамічних навантажень, а це зменшує надійність обладнання і негативно впливає на стан здоров'я обслуговуючого персоналу.

Для надійності роботи обладнання необхідно встановлення дозаторів.

Оскільки оптимізація процесу просіювання є ефективність, то вона визначається за формулою:

$$E=N/N_0 \cdot 100\%;$$

де N - кількість фракції, яка проходить через сито, кг;

N<sub>0</sub> – кількість тієї самої фракції у продукті, кг.

Ефективність роботи циліндричного пірамідального решета визначається двома показниками: ефективністю просіювання та продуктивністю за проходженням фракції.

Зношування поверхонь отворів сита в потоці борошна відбувається дією різних факторів:

- силового впливу при дії борошна;
- в наслідок транспортування борошна відносно сита;
- вологості та впливу хімічних складових);
- абразивного впливу частинок домішок.

#### **4.3.1. Оптимізація результатів експериментальних досліджень**

##### **показників**

##### **інтенсифікації процесу просіювання**



Для просіювання інтегральними показниками ефективності є, по-перше, їх питома продуктивність, по-друге, повнота поділення фракцій. Питоме завантаження при потрібній повноті розділення позначає питому продуктивність. Ці два показники взаємопов'язані і доповнюють один одного. Тому в якості критерія оптимізації дослідники, як правило, вибирають один з наведених критеріїв при фіксованому значенні іншого.

Критерієм оптимізації в роботі прийнята повнота просіювання, яка є кінцевою метою ефективності.

На підставі апріорної інформації встановлено, що на циліндричних решетах впливають наступні фактори:

- кінематичні параметри роботи решіт: амплітуда  $A$ , частота  $\omega$  коливань й частота обертання  $\Omega$ );
- конструктивні параметри: радіус рухомого кола  $0$ , коефіцієнт живого перетину решета  $k_p$ , площа отвору  $S_{ot}$ ;  $r$
- конструктивні параметри: площа живого перетину решета  $S_p$ , висота і ширина об'ємних активаторів.

Підставою для вибору цих факторів є результати проведених теоретичних і традиційних експериментальних досліджень, які виключили необхідність у психологічному експерименті.

Встановлено, що найбільш поширеними є два режими:  $A=0,0075$  м;  $\omega=48,12$  рад/с;  $A=0,015$  м;  $\omega=33,51$  рад/с. Кінематичні параметри роботи циліндричних решіт встановлені і є паспортними просіювання борошна.

Рух в область оптимуму включає факторний експеримент, його статистичний аналіз і круте сходження на поверхні відгуку в напрямленні градієнта. Значення і кодування рівнів факторів інтенсифікації представлені в табл.4.3.

Таблиця 4.3

Значення і кодування рівнів факторів процесу просіювання борошна

Рівень фактору	Фактори		
	h <sub>p</sub> , мм (x <sub>1</sub> )	k <sub>p</sub> , % (x <sub>2</sub> )	b <sub>p</sub> , мм (x <sub>3</sub> )
Нижній (-1)	1,5	26	5
Нульовий (0)	2	28	6
Верхній (+1)	2,5	30	7
Інтервал варіювання (ε <sub>i</sub> )	0,5	2	1

Перед початком експерименту були призначені рівні варіювання виділених факторів (табл.4.3) і проведено їх кодування:

$$x_i = \frac{X_i - X_{0i}}{\varepsilon_i}, \quad (4.2)$$

де: x<sub>i</sub> – кодоване значення фактору, верхній рівень якого позначено (+1), а нижній – (-1); X<sub>0i</sub> – натуральне значення фактору; – натуральне значення фактору на нульовому рівні; ε – натуральне значення інтервалу варіювання фактору.

Для отримання математичних залежностей впливу обраних факторів на борошно був реалізований факторний експеримент за планом Бокса-Бенкіна. При пропусканні заданої суміші, відповідно до матриці планування експерименту, встановлювалось розроблене решето з заданим поєднанням факторів і визначали повноту розділення. При цьому питома продуктивність решета коливалася в межах 5...11 кг год/дм<sup>2</sup>.

Для визначення оптимального поєднання встановлених факторів, яке забезпечує максимальну величину повноти розділення, був проведений експеримент з 8 дослідів. Матриця планування експерименту і визначені середні значення критерія оптимізації після трьох повторностей представлені в табл. 4.4.

Таблиця 4

. Матриця планування і результати дослідів

№ точки плану	Рандомізація дослідів		$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_1x_2$	$x_1x_3$	$x_2x_3$	$x_1^2$	$x_2^2$	$x_3^2$	Результати експериментів		
												$y_1$	$y_2$	$y_3$
1	64	14	+	+	0	+	0	0	+	+	0	55,1	54,3	55
2	40	9	-	-	0	+	0	0	+	+	0	40,3	42,1	41,8
3	90	15	+	-	0	-	0	0	+	+	0	50,8	52,4	51,5
4	40	10	-	+	0	-	0	0	+	+	0	49,9	50,3	50,1
5	20	3	+	0	+	0	+	0	+	0	+	53,3	54,0	53,7
6	26	5	-	0	-	0	+	0	+	0	+	44,2	42,9	44
7	18	2	+	0	-	0	-	0	+	0	+	52,9	53,3	53,3
8	31	6	-	0	+	0	-	0	+	0	+	46,7	47,3	48,1
9	36	7	0	+	+	0	0	+	0	+	+	51,8	53,4	52,5
10	44	11	0	-	-	0	0	+	0	+	+	45,1	44,9	44,8
11	21	4	0	+	-	0	0	-	0	+	+	50,6	52,3	52,7
12	46	12	0	-	+	0	0	-	0	+	+	43,8	42,9	44,2
13	03	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	54,3	55,0	54,7
14	60	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	53,9	54,3	54,3
15	39	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	54,6	55,1	54,7

Відтворюваність при однаковій кількості паралельних дослідів на кожному поєднанні рівнів факторів перевірялась за критерієм Кохрена. Для отримання розрахункового значення критерія Кохрена складена допоміжна таблиця

Таблиця 4.5.

Допоміжна таблиця для розрахунку значень дисперсії

№ досліджу	$Y_1$	$Y_2$	$Y_3$	$\bar{Y}$	$\sum_{p=1}^m (Y_{ip} - \bar{Y})$	$S_u^2$
1	55,1	54,3	55	54,8	0,38	0,19
2	40,3	42,1	41,8	41,4	1,86	0,93
3	50,8	52,4	51,5	51,5667	1,2867	0,6433
4	49,9	50,3	50,1	50,1	0,08	0,04
5	53,3	54	53,7	53,6667	0,2467	0,1233
6	44,2	42,9	44	43,7	0,98	0,49
7	52,9	53,3	53,3	53,1667	0,1067	0,0533
8	46,7	47,3	48,1	47,3667	0,9867	0,4933
9	51,8	53,4	52,5	52,5667	1,2867	0,6433
10	45,1	44,9	44,8	44,9333	0,0467	0,0233
11	50,6	52,3	52,7	51,8667	2,4867	1,2433
12	43,8	42,9	44,2	43,6333	0,8867	0,4433
13	54,3	55	54,7	54,6667	0,2467	0,1233
14	53,9	54,3	54,3	54,1667	0,1067	0,0533
15	54,6	55,1	54,7	54,8	0,14	0,07

В результаті розрахунків за даними таблиці 4.5 критерій Кохрена склав  $G_{розр}=0,2235$ . Табличне значення критерія Кохрена з числом ступенів свободи  $f=m-1=2$  і  $f=N=15$ ,  $G_{табл}=0,3346$ . Як видно, тому процес є відтворюваним. При цьому дисперсія відтворюваності (помилка досліджу) склала 0,3709

Коефіцієнти регресії, що визначені за (таблицею 4.5), мають значення:

$$b_0=54,5444; b_1= 3,8292; b_2=3,475; b_3= 0,4458; b_{12}= - 1,3667;$$

$$b_{13}= - 0,7917; b_{23}=0,5; b_{11}= - 2,5368; b_{22}= - 2,8431; b_{33}= - 2,841.$$

В результаті отримано рівняння регресії в наступному вигляді:

$$y = 54,5444 + 3,8292x_1 + 3,475x_2 + 0,4458x_3 - 1,3667x_{12} - 0,7917x_{13} + 0,5x_{23} - 2,5368x_{11} - 2,8431x_{22} - 2,841x_{32}. \quad (4,3)$$

Оцінка значущості коефіцієнтів регресії проводилась за допомогою критерія Стюдента шляхом порівняння коефіцієнтів регресії з довірчим інтервалом:

Порівняння коефіцієнтів регресії з довірчими інтервалами:

$54,5444 b_0 \geq b_1 0,1854; 3,8292 b_0 \geq b_1 0,1135; 3,475 b_1 \geq b_2 0,1135;$   
 $0,4458 \geq 0,1135; -1,3667 \geq 0,1605; -0,7917 \geq 0,1605; 0,5 \geq 0,1605; -2,5368 \geq 0,1854; -$   
 $2,8431 \geq 0,1854; \square 23 b \square \square ij b \square 11 b \square \square ii b \square 22 b \square \square ii b$   
 $-2,841 \geq 0,1854. \square 33 b \square \square ii b$

Після порівняння абсолютних значень коефіцієнтів регресії з абсолютною величиною їх довірчого інтервалу приходимо до висновку, що істотний вплив на показник повноти розділення борошна впливають всі фактори. Тому рівняння регресії в кінцевому вигляді буде мати вигляд:

$$y = 54,5444 + 3,8292x_1 + 3,475x_2 + 0,4458x_3 - 1,3667x_{12} - 0,7917x_{13} + 0,5x_{23} - 2,5368x_{12} - 2,8431x_{22} - 2,841x_{32}.$$

Для перевірки гіпотези про адекватність моделі другого порядку проведено статистичний аналіз рівняння регресії. Дану перевірку здійснювали за допомогою *F*-критерія (критерія Фішера).

Результати розрахунків представлені на рис. 4.8. Встановлено, що максимальне значення повноти розділення суміші в заданому перетині поверхні відгуку складає  $E=56,55\%$ , і має місце при радіусі обертаючого кола епіциклоїди  $r_0=0,8$  мм і коефіцієнти живого перетину решета  $k_p=47\%$ . Аналізом графіку також встановлено, що значення факторів (при допустимому значенні повноти розділення) знаходиться в межах  $r_0=0,76\dots 0,84$  мм і  $k_p=46\dots 48\%$ .

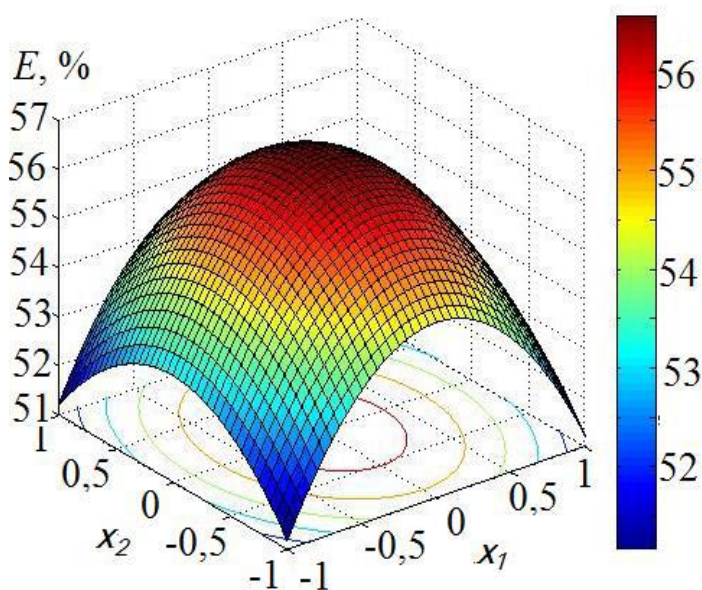


Рисунок 4.8 – Поверхні відгуку і її двовимірний перетин, які характеризують повноту розділення борошна при  $x_3=0$

Важливе практичне значення при роботі розроблених решіт з активаторами має місце двовимірний перетин поверхні відгуку, що характеризує повноту розділення суміші в залежності від радіусу оберտального кола епіциклоїди ( $r$ ) і площі отвору ( $S_0$ ).

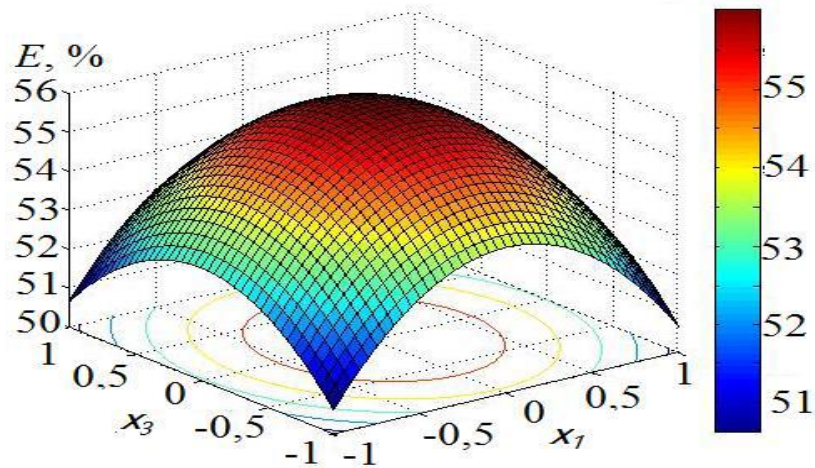


Рисунок 4.9. Поверхні відгуку і її двовимірний перетин, які характеризують повноту розділення борошна при  $x_2=0$

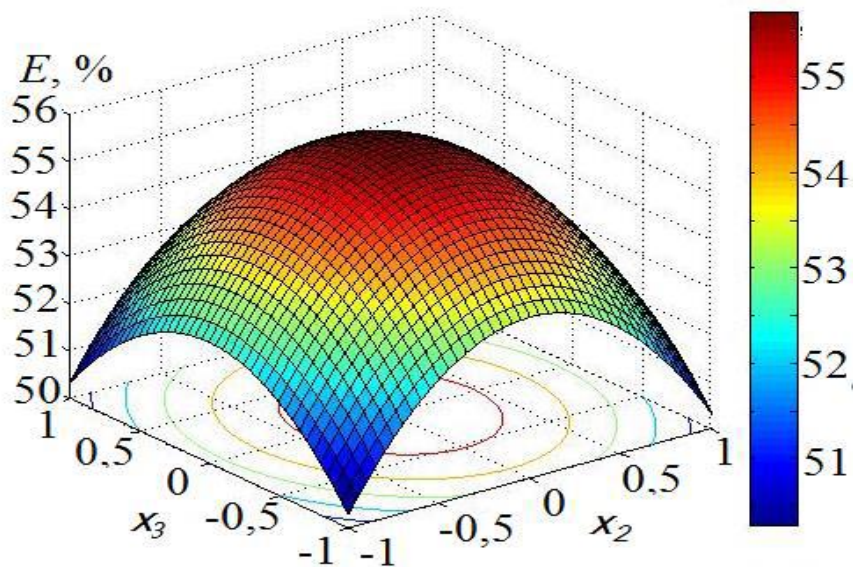


Рисунок 4.10. Поверхні відгуку і її двовимірний перетин, які характеризують повноту розділення борошна при  $x_1=0$

Аналізом залежностей (рис.4.8-4.10) встановлені оптимальні співвідношення між конструктивними параметрами розроблених решіт з активаторами просівання: радіус кола (обертального) епіциклоїди  $r_0=0,745...0,855$  мм; коефіцієнт живого перетину решета  $k_p=46...48$  %; площа отвору  $S_0=49,7...52,3$  мм<sup>2</sup>.

## **5. Спеціальна частина**

### **5.1. Використання прикладного програмного забезпечення для вирішень задач роботи**

Основне призначення прикладних програм – це розв’язання задач у конкретній предметній галузі. При розв’язанні задач за допомогою комп’ютера її розбивають на кілька частин – підзадач. Кожна з цих підзадач розв’язується за допомогою своєї прикладної програми. Розв’язання вихідної задачі забезпечується сукупністю всіх використовуваних прикладних програм. Для розв’язування задач однакового типу створено системи прикладних програм, за допомогою яких розв’язуються різні конкретні задачі даного типу. Системи прикладних програм, що дозволяють розв’язувати задачі певного типу, називаються пакетами прикладних програм.

Для виконання робіт з оброблення інформації на комп’ютері в дипломній роботі вибрано пакет прикладних програм, які використовувалися в учбовому процесі, а також інше програмне забезпечення (безкоштовне, умовно безкоштовне).

При виконанні дипломної роботи виконання як графічної частини, так і пояснювальної записки вимагає використання сучасного програмного забезпечення, а саме:

- для пошуку інформації в мережі Інтернет використано браузер Google Chrome;
- для розпізнавання і корекції сканованої інформації (тексту та зображень) з технічної літератури використовувались програми FineRaeder та AdobePhotoshop;
- для перегляду електронних книг використано AdobeReader;
- для оформлення текстової частини – MicrosoftOffice та MicrosoftExcel;

- для виконання рисунків і креслень – AutoCadLT.

Для аналізу інформації, отриманої з мережі Internet, застосовано AcrobatReader.

AcrobatReader - це одна з кращих програм для перегляду та друку текстової інформації в форматі pdf. Це - один з нових форматів для зберігання і перенесення текстової інформації, наприклад, з Інтернету на комп'ютер.

Програма AcrobatReader дозволить Вам швидко шукати необхідні сторінки, підбирати масштаб, зручний для перегляду, а також налаштувати друк. Друкувати Ви зможете як виділений фрагмент, так і кілька сторінок або весь документ.

Для виконання інженерних розрахунків та побудови графіків використано Microsoft Excel.

Microsoft Excel (повна назва Microsoft Office Excel) — програма для роботи з електронними таблицями, створена корпорацією Microsoft для Microsoft Windows, Windows NT і Mac OS. Застосунок входить до складу офісного пакету

Microsoft Office. Типові області застосування Excel:

завдяки тому, що лист Excel являє собою готову таблицю, Excel часто використовують для створення документів без усіляких розрахунків, що просто мають табличне представлення (наприклад, прайс-листи в магазинах, розклади); у Excel легко можна створювати різні види графіків і діаграм, які беруть дані для побудови з комірок таблиць (графік зниження ваги тіла за вказаний період від початку занять спортом);

його можуть використовувати звичайні користувачі для елементарних розрахунків (скільки витратив за цей місяць, що/кому/коли дав/взяв);

Excel містить багато математичних і статистичних функцій, завдяки чому його можуть використовувати школярі і студенти для розрахунків курсових, лабораторних робіт;

Excel інтенсивно використовується в бухгалтерії — у багатьох фірмах це основний інструмент для оформлення документів, розрахунків і створення діаграм. Природно, він має в собі відповідні функції;



Все вищенаведене програмне забезпечення не використовувалось лише в навчальних цілях.

Для обчислення інженерних розрахунків використовувався Mathcad – це система комп'ютерної алгебри з візуальним супроводженням, відрізняється легкістю використання. Робота здійснюється в межах робочого аркуша, на якому рівняння і вирази. В середовищі Mathcad фактично немає графіків функцій в математичному розумінні терміну, а є візуалізація даних, що знаходяться у векторах та матрицях (тобто здійснюється побудова як ліній, так і поверхонь по точках з інтерполяцією) відображаються графічно, на противагу текстовому запису в мовах програмування.

## **5.2. Методики аналізу даних, побудови графіків та діаграм засобами комп'ютерних технологій**

Для аналізу виконання обчислень, аналізу даних та побудови графіків застосовували Microsoft Excel. Представим процес побудови графіків за допомогою Microsoft Excel.

Діаграми служать для відображення рядів числових даних у графічному форматі, зручному для осягнення великих обсягів даних і співвідношень між різними рядами даних.

Створення діаграми в Excel починається із введення на аркуші числових даних для діаграми. Потім ці дані необхідно нанести на діаграму, вибравши потрібний тип діаграми на стрічці Office Fluent (вкладка Вставлення, група Діаграми).

Після створення діаграми можна змінити будь-який з її елементів. Наприклад, можна змінити спосіб відображення осей, додати назву діаграми, перемістити

або приховати легенду, відобразити додаткові елементи діаграми тощо.

1. Слід упорядкувати на аркуші дані, з яких потрібно побудувати діаграму.
2. Необхідно виділити клітинки з даними, які потрібно використати в діаграмі.

Якщо виділено лише одну клітинку, то для побудови діаграми буде використано всі клітинки з даними, прилеглі до цієї клітинки. Якщо клітинки, з яких потрібно побудувати діаграму, розташовано не в суцільному діапазоні, можна виділити несуміжні клітинки або діапазони. Потрібно лише, щоб виділена область мала форму прямокутника. Також можна приховати рядки або стовпці, які не потрібно використовувати для створення діаграми.

3. На вкладці Вставлення у групі діаграми треба виконати одну з таких дій: Вибрати тип діаграми, а потім вибрати підтип, який потрібно використати. Щоб переглянути всі доступні типи діаграм, виберіть тип діаграми та виберіть пункт «Усі типи діаграм», щоб з'явилось діалогове вікно «Вставлення діаграми». За допомогою стрілок можна переглянути всі доступні типи та підтипи діаграм. Клацніть потрібний варіант діаграми.

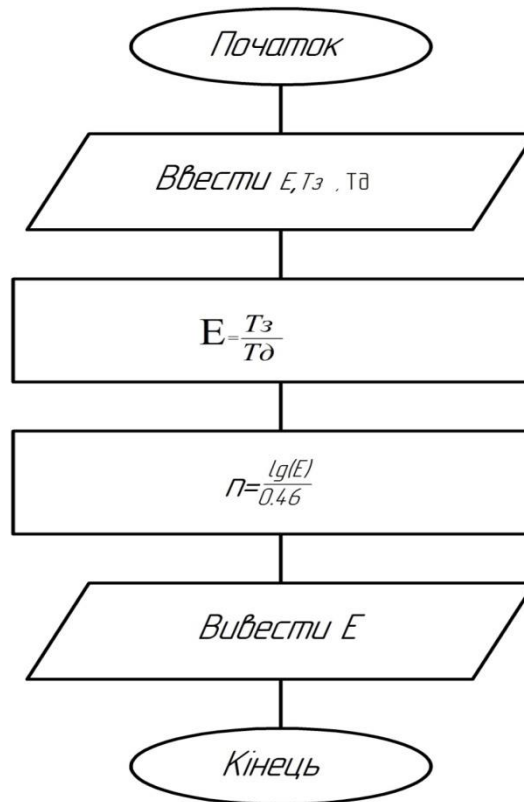


Рисунок 5.1- Блок-схема виконання розрахунку необхідної кількості переходів

Складемо програмку до блок-схеми «Розрахунок необхідної кількості переходів»:

Program\_perehid;

```
uses crt;

var Tz, Td, E, n: real;

begin

write ('введіть Tz');

readln (Tz);

write ('введіть Td');

readln (Td);

E:=Tz/Td;

write (E);

begin

n:=(ln(10)/ln(E))/0.46;

write ('vashresultat =',n);

readln (n);

end;

end.
```

### 5.3. Методика оформлення графічної частини засобами комп'ютерних технологій

Всі креслення у дипломній роботі виконані з використанням прикладної програми AutoCad 2017. Дана програма використовувалась лише в навчальних цілях, і є спеціальною програмою для виконання креслень в машинобудуванні і механіці. Всі деталі та вузли на кресленні складаються з простих геометричних фігур, для побудови яких використано загальновідомі геометричні методи та прийоми спряжень і геометричних побудов. На кресленнях не використовуються складні геометричні криві типу еліпсів, спіралей та інших математичні криві.

Креслення оформлені згідно ГОСТ та ЄСКД. Програма AutoCAD 2017 є подальшим розвитком популярної системи автоматизованого проектування AutoCAD. Більша частина змін стосується керування шарами та атрибутами блоків, змінене визначення асоціативних розмірів, значно змінилися засоби для комунікації й співробітництва.

Великий набір примітивів (об'єктів, розглянутих системою як єдине ціле при створенні й модифікуванні креслень) і засобів редагування їхніх властивостей дозволяє одержувати конструкторську документацію відповідно до вимог різних стандартів, у тому числі - Єдиної Системи Конструкторської Документації (ЄСКД).

Щоб повідомити системі, який примітив вичерчувати, необхідно ввести відповідну команду. Команди можуть вводитися із клавіатури, вибиратися з меню або інструментальних панелей. Сприймавши команду, система вступає в діалог з користувачем та уточнює дію команди. Після уведення всієї необхідної інформації примітив вичерчується, а система переходить у режим очікування наступної команди.

Нові функціональні можливості системи AutoCAD 2017, її інтелектуальність відкривають конструкторові-проектувальникові більші можливості для рішення професійних творчих завдань, при цьому система виконує основну частину рутинних операцій.

Програма AutoCAD 2017 може працювати як в автономному режимі, так і у локальній мережі.

Система AutoCAD використовує великий набір примітивів: точки, відрізки, кола, дуги, полілінії (безперервна послідовність відрізків і дуг), мультілінії (ламана лінія, сегменти якої складаються з декількох паралельних відрізків), сплайни (гладка крива, що проходить через заданий набір точок), тексти, блоки (іменовані об'єкти, сформовані з декількох примітивів), еліпси, багатокутники, фігури (частина площини, обмежена трьома або чотирма відрізками), прості тіла і т.д. Загальними властивостями, якими володіють всі примітиви, є належність до шару, кольори і тип лінії. Багато примітивів

мають також товщину. Окремі примітиви (текст, блок) мають спеціальні властивості, такі як гарнітура, кут нахилу, точка вставки і т.д.

До складних примітивів відносяться: полілінія, мультилінія, мультитекст (багаторядковий текст), розмір, виноска, допуск, штриховка, входження блоку або зовнішнього посилання, атрибут, растрове зображення. Крім того, є просторові примітиви, видові екрани і примітиви.

Товщина ліній на кресленні встановлюється стосовно товщини основної лінії. Використовуючи кольори, тип і товщину ліній можна виділити на кресленні важливі деталі, останні модифікації або візуально відзначити взаємозв'язок окремих фрагментів креслення. ЄСКД установлює накреслення і товщину ліній на кресленнях всіх галузей промисловості. Система AutoCAD 2002 містить набір типів ліній, що задовольняють її вимогам, а при необхідності можна створити власний набір типів ліній, використовуючи засоби AutoCAD. Нагадаємо, що найменша товщина ліній на кресленнях повинна бути 0,2 мм, а найменша відстань між лініями - 0,8 мм.

### Створення нового креслення

При запуску система AutoCAD пропонує в діалоговому вікні Start Up кілька режимів початку роботи. Вибір режиму початку роботи визначає набір початкових робочих параметрів для нового креслення. Після вибору режиму початку роботи його назва відображається в діалоговому вікні Start Up.

Кнопка Open a Drawing дозволяє продовжити роботу із уже існуючим кресленням. Щоб завантажити файл креслення, потрібно вибрати його ім'я в списку Select a file і клацнути на кнопці ОК. Якщо список не містить потрібного файлу, натисніть кнопку Browse для його пошуку способом, стандартним для всіх додатків Windows.

Кнопка Start from Scratch дозволяє почати нове креслення з параметрами, установленими в системі за замовчуванням. У цьому випадку користувачеві при створенні нового креслення потрібно вибрати тільки одиниці виміру зі списку Default Settings діалогового вікна Start Up.

Кнопка Use a Template дозволяє почати нове креслення з використанням параметрів існуючого креслення-шаблону. Шаблон — графічний файл із розширенням .DWT. Цей файл містить інформацію про розміри креслення, прийнятих одиницях вимірювання, параметрах шарів і налаштувань режиму креслення. Після вибору цього режиму програма AutoCAD 2002 виведе в центрі діалогового вікна Start Up список всіх доступних шаблонів, з якого користувач вибирає необхідний. Зауважимо, що будь-яке існуюче креслення може бути збережене як шаблон, для цього в діалоговому вікні Save Drawing As у списку, що розкривається, Files of type потрібно вибрати рядок AutoCAD Drawing Template File (\*.DWT). Потім у текстовому полі File name уведіть ім'я нового шаблону і клацніть на кнопці Save.

Кнопка Use a Wizard дозволяє почати нове креслення з параметрами, які встановлює спеціальний майстер. Можливі два способи підготовки робочого середовища: швидкий і детальний. У першому випадку задаються формат одиниць вимірювання лінійних величин і границі креслення. У другому випадку необхідно задати формат одиниць вимірювання лінійних і куткових величин, початок і напрямок відліку виміру кута і границі креслення.

## 6. Обґрунтування економічної ефективності

### 6.1. Організація технічного переоснащення лінії просіювання борошна

В даному дипломному проєкті розробляються заходи з технічного переоснащення лінії просіювання борошна. Класифікація технологічних операцій приведена в таблиці 6.1.

Визначимо структуру виробничого циклу, виходячи з кількості операцій і їх призначення у виробничому процесі. Всього операцій 16, з них основних – 8, допоміжних – 8. Розрахуємо питому вагу цих операцій в загальній кількості.

Основні операції – 50% ( $8 \cdot 100 / 16$ );

Допоміжні операції – 50% ( $8 \cdot 100 / 16$ ).

Таблиця 6.1 – Класифікація операцій технологічного процесу виробництва гречаних круп.

№ п/п	По призначенню у виробництві	По способу виконання
1	2	3
1	Допоміжна	Машинно-ручна
2	Допоміжна	Машинна
3	Основна	Машинна
4	Допоміжна	Машинна
5	Основна	Апаратна
6	Допоміжна	Машинна
7	Основна	Машинна
8	Допоміжна	Машинна
9	Допоміжна	Ручна
10	Основна	Машинно-ручна
11	Основна	Ручна
12	Допоміжна	Ручна
13	Основна	Машинна
14	Основна	Машинна

Визначимо коефіцієнти механізації виробництва  $K_{мн}$

$$K_{мн} = \frac{K_{мо}}{K_{об}}, \quad (6.1)$$

де  $K_{мо}$  – кількість операцій, які виконуються машинним, машинно-ручним і апаратним способом;

$K_{об}$  – загальна кількість операцій;

$$K_{мн} = 11/14 = 0,79. \quad (6.2)$$

В розглядуваному технологічному процесі виробництва гречаних круп має місце паралельно-потоківий вид руху предметів праці. Складемо план робіт на технічне переоснащення лінії (таблиця 6.2).

Таблиця 6.2 – План робіт на технічне переоснащення лінії виробництва гречаних круп

Код події	Подія	Код роботи	Робота
1	2	3	4
0	ТЗ на технічне переоснащення лінії отримано	0-1	Розробка ТП на технічне переоснащення
1	ТП на технічне переоснащення розроблений	1-2	Підготовка приміщень для технічного переоснащення
2	Приміщення підготовлені	2-3	Проектування і розробка будівельної частини
3	Проектування будівельної частини завершено	2-4	Проектування та розробка механічної частини модернізації обладнання
4	Проектування механічної частини завершено	2-5	Оформлення та розміщення замовлень на покупні елементи
5	Замовлення на покупні елементи розміщені	3-6	Проведення будівельних робіт по влаштуванню інженерних комунікацій



Продовження таблиці 6.2

		4-6	Виготовлення модернізованого обладнання
		5-6	Виконання замовлень на покупні елементи
6	Всі елементи будівельної і механічної частини готові, покупні елементи отримані	6-7	Розробка робочої документації по експлуатації лінії
7	Технічна документація розроблена	7-8	Монтаж лінії
8	Монтаж лінії проведено		Контрольні випробування обладнання
9	Лінія випробувана		

Складаємо сітковий графік на технічне переоснащення (рисунок 6.1).

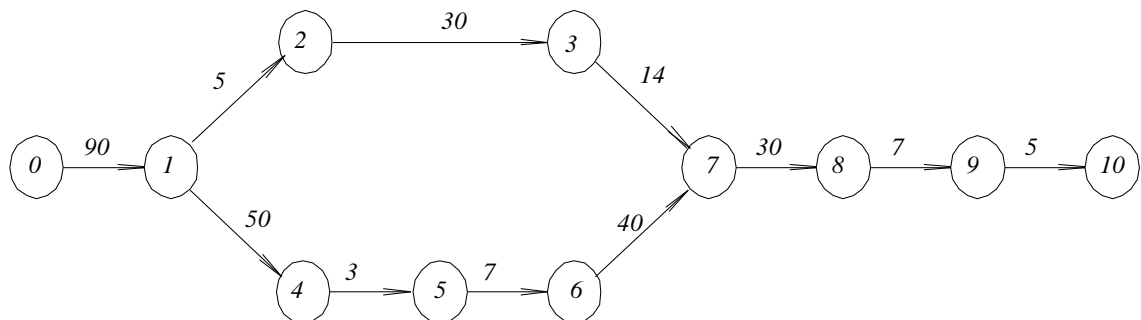


Рисунок 6.1.– Сітковий графік робіт з технічного переоснащення.

Резерви часу існують у сіткових графіках у всіх випадках, коли є більше одного шляху різної тривалості. Резерв часу події визначається як різниця між пізнім  $T_n$  і раннім  $T_p$  строками появи події.

$$P_i = T_n - T_p. \quad (6.3)$$

Ранній і пізній строки появи визначаються по максимальному з шляхів  $L_{max}$ , при цьому  $T_p$  рівне тривалості максимального з попередніх шляхів, а  $T_n$  є

різницею між тривалістю критичного шляху  $L_{кр}$  і максимальною з наступних за даною подією шляхів:

$$T_{P_i} = t \cdot [L_{max} \cdot (j \div i)]; \quad (6.4)$$

$$T_{n_i} = t \cdot L_{кр} - t \cdot [L_{max} \cdot (i \div c)]. \quad (6.5)$$

Таблиця 6.3 – Результати розрахунків сіткового графіка на технічне переоснащення.

$i$	$j$	$t_{ij}$	$T_{P_i}$	$T_{n_i}$	$P_i$
0	1	80	80	80	0
1	2	5	85	85	0
2	3	40	125	211	86
2	4	76	161	161	0
2	5	25	110	178	61
3	6	10	135	221	96
4	6	60	221	221	0
5	6	43	152	221	68
6	7	16	237	237	0
7	8	8	245	245	0
8	9	5	250	250	0

## 6.2. Економічна частина

Розрахуємо капітальні вкладення на проведення переоснащення.

Вартість споруд формують наступні обсяги додаткових площ:

виробничі площі - 28 м<sup>2</sup>

підсобні і складські

приміщення 36 м<sup>2</sup>

допоміжні приміщення 8 м<sup>2</sup>

Згідно додатку 3 виконаємо розрахунок вартості будівельних робіт.

Затрати на будівництво та освоєння виробничих площ:

$$Збв = 28 * 3650 = 102200 \text{ грн}$$

Затрати на будівництво та освоєння складських приміщень

$$Збс = 36 * 1780 = 64080 \text{ грн}$$

Затрати на будівництво та освоєння допоміжних приміщень

$$Збд = 12 * 1950 = 23400 \text{ грн}$$

Сумарні затрати на будівельні роботи:  $Зс = 102200 + 64080 + 23400 = 189680$   
грн

Розрахуємо ціну на модернізований барабанний скальператор марки А1-Б32-0.

Кількість модернізованих одиниць обладнання: 1

Допоміжні матеріали укрупнено приймаємо на рівні 4% від вартості проекту.

Результати зведемо в таблицю 6.4.

Розрахуємо витрати на додаткове обладнання, яке встановлюється в результаті реконструкції.

Розрахунки зведемо в таблицю 6.5.

Таблиця 6.4. - Визначення собівартості модернізованої одиниці обладнання

№ п/п	Найменування матеріальних ресурсів	Один вимі	Ціна одиниці,	Норма на продукції,	Вартість сировини і матеріалів,	Транспор-тно-заготі-вельні витрати, грн.	Загальна сума витрат на сировину і матеріали, грн.
I	Сировина і основні матеріали						
	Гарячий прокат:						
1	Тонкий листовий	кг	6.50	30	30	3	33
2	Сортовий дрібний	кг	15.00	750	750	75	825
3	Середній	кг	12.00	420	420	42	462
4	Волочений	кг	11.00	275	275	27.5	302.5
	Холодний прокат:						
5	Листовий	кг	5.00	175	175	17.5	192.5
6	Сортовий	кг	8.00	784	784	78.4	862.4
7	Кутники, швелери	кг	1.80	270	270	27	297
8	Труби для заготовок	кг	5.00	1050	1050	105	1155

Продовження таблиці 6.4

9	Гаряча штамповка	кг	14.00	1044	1044	104.4	1148.4
10	Холодна штамповка	кг	7.00	140	140	14	154
11	Чавунне литво	кг	6.00	660	660	66	726
12	Вироби з пластмас	кг	10.00	70.8	70.8	7.08	77.88
13	Двигун	шт	580.00	580	580	58	638
II	Допоміжні			249.95	249.95	25.00	274.95
Разом				6498.75	6498.75	649.88	7148.63

Розрахуємо фонд оплати праці робітників, які виготовляють машину.

Трудовімісткість виготовлення машини, люд.-год 240

Середньогодинна оплата праці по заводу, грн. 17

Фонд оплати праці:  $ФОП = 240 * 17 = 4080$  грн.

Загальновиробничі витрати укрупнено приймаємо на рівні 60% від фонду заробітної плати:

$Зв = 4080 * 0,6 = 2448$  грн.

Адміністративні витрати приймаємо на рівні 55% від фонду оплати праці:

$Ав = 4080 * 0,55 = 2244$  грн.

Виробнича собівартість виготовлення модернізованої машини:

$Вс = 4618,79 + 4080,00 + 3024,00 + 2772,00 = 15394,79$  грн.

Позавиробничі витрати приймаємо на рівні 6,5% від виробничої собівартості:

$Пв = 15394,79 * 0,065 = 1000,66$  грн.

Розрахуємо ціну машини:

Закладаємо рівень рентабельності 15%.

Ціна машини:

$Цо = (15394,79 + 1000,66) * (1,00 + 0,15) = 18854,77$  грн.

Розрахуємо загальні капіталовкладення на впровадження нової машини.

Витрати на демонтаж старої машини: 1200,00 грн

Залишкова вартість старої машини 0,00 грн

Капітальні вкладення в створення нової машини з таблиці 6.5.: 23660,31 грн

Вартість брухту від реалізації старої машини 420,00 грн

Загальні капіталовкладення на впровадження нової машини:

$Ко = 23660,31 + 1200,00 + 0,00 - 420,00 = 24440,31$  грн.

Річний випуск продукції на модернізованій машині складе: 4500000,00 кг

Питомі капіталовкладення:  $K_u = 24440,31 / 4500000,00 = 0,00543118$

грн/од.прод.

Таблиця 6.5 – Кошторис витрат на обладнання.

№ п/п	Найменування обладнання	Кількість одиниць, шт	Вартість одиниць, шт	Загальна вартість, грн.	Транспортні витрати, грн.	Витрати на монтаж, грн.	Загальні витрати, грн.
1	Вовчок К7-ФВ2-П-160-01	1	18928,25	18928,2	2839,237	1892,825	23660,31
Разом				18928,2	2839,237	1892,825	23660,31

Розрахуємо витрати на транспортні засоби, силове і енергетичне обладнання, пристосування, на лабораторні прилади

Вартість транспорту приймаєм із умови 15% вартості обладнання:

$$23660,31083 * 0,15 = 3549,046624 \text{ грн}$$

Вартість силового та енергетичного обладнання приймається із розрахунку 140 грн на 1 кВт встановленої потужності.

З розділу 2 встановлена потужність складає: 15,5 кВт

Тоді розрахункова вартість:  $15,5 * 140 = 2170$  грн

Вартість виробничого та господарського інвентаря розрахуєм з умови 100 грн на одного працюючого.

З розділу 2 кількість працюючих: 22 чол

$$22 * 100 = 2200 \text{ грн}$$

Вартість інших витрат приймаєм на рівні 65% вартості обладнання та будівельно-монтажних робіт.

$$( 103120 + 23660,31083 ) * 0,65 = 82407,20204 \text{ грн}$$

Результати розрахунків зведемо в таблицю 6.6.

Таблиця 6.6 – Кошторис капітальних витрат.

№ п/п	Види основних виробничих фондів	Балансова вартість, грн.	Річна норма амортизації, %	Річні амортизаційні відрахування, %
1	2	3	4	5
1	Споруди	103120,00	7	7218,40
2	Промислове обладнання	23660,31	20	4732,06
3	Транспортні засоби	3549,05	20	709,81
4	Силове і енергетичне обладнання,	2170,00	15	325,50
5	Інструмент, пристосування, лабораторне обладнання	1580,00	25	395,00
6	Виробничий і господарський інвентар	2200,00	25	550,00
7	Інші витрати	82407,20		
8	Разом	218686,56		13930,77

В процесі технічного переоснащення планується встановлення нової машини.

Таблиця 6.7 – Дані для розрахунку економічної ефективності впровадження.

Показник	Варіанти	
	Базовий	Новий
1	2	3
Річна програма випуску готової продукції, кг	3825000	4500000
Усереднена технічна продуктивність, кг/зм	6375,00	7500,00
Норма виробітку в годину, кг	2100,00	2500,00
Капітальні витрати на впровадження машини з врахуванням затрат на монтаж, грн.	0	218686,6

Продовження таблиці 6.7.

1	2	3
---	---	---

Споживана потужність, кВт	5	4,5
Коефіцієнт використання потужності електродвигуна	0,95	0,95
Норма амортизації обладнання, %	20	20
Розряд робіт		
Тарифна погодинна ставка, грн	3	3
Премії і доплати, %	18,5	18,5
Додаткова заробітна платня, % від основної	25	25
Витрати на охорону праці і техніку безпеки в розрахунку на середньорічного працівника за рік, грн	6	6
Відрахування на соціальне страхування, %	134	134
Баланс робочого часу в середньому на одного працівника за рік, год.	54	54
Виконання робітником норм виробітку, %	1633	1633

Визначимо трудомісткість річного об'єму роботи при виробництві для базового і проектного варіанту.

Вона відповідно рівна  $3825000 / 2100 = 1821,43$  год

і  $4500000 / 2500 = 1800,00$  год

Для розрахунку середньорічної чисельності робітників, де діленим буде трудомісткість, а дільником добуток (Б\*П). Підставивши значення, отримаємо:

$$1821,43 / 1633 = 1,12$$

$$1800 / 1633 = 1,10$$

Розрахунок поточних витрат приведено в таблиці 6.8.

Визначимо додаткові показники економічної ефективності впровадження нової техніки.

Економія середньорічної чисельності робітників складає 0,01 чоловік

Таблиця 6.8.– Затрати по заробітній платні, грн.

Витрати	Варіанти	
	Базовий	Новий
Основна тарифна заробітна плата	$18,50 * 1821,43 = 33696,43$	$18,50 * 1800,00 = 33300,00$
Премії і доплати до тарифної заробітної плати	$33696,43 * 0,25 = 8424,11$	$33300,00 * 0,25 = 8325,00$
Основна заробітна плата	$33696,43 + 8424,11 = 42120,54$	$33300,00 + 8325,00 = 41625,00$
Додаткова заробітна плата	$42120,54 * 0,06 = 2527,23$	$41625,00 * 0,06 = 2497,50$
Заробітна плата	$42120,54 + 2527,23 = 44647,77$	$41625,00 + 2497,50 = 44122,50$
Відрахування на соціальне страхування	$44647,77 * 0,54 = 24109,79$	$44122,50 * 0,54 = 23826,15$
Охорона праці	$134,00 * 1,12 = 149,46$	$134,00 * 1,10 = 147,70$
Амортизація	0,00	$218686,56 * 0,20 = 43737,31$
Всього	68907,02	111833,66

Можливе збільшення продуктивності праці на використання даної операції:

$$0,01 * 100 / (1,12 - 0,01) = 1,19 \%$$

Економія фонду заробітної плати становить:

$$44647,77 - 44122,50 = 525,27 \text{ грн}$$

Визначимо можливе підвищення продуктивності праці  $\Pi_{тр}$  в результаті

економії чисельності працюючих за формулою:  $\Pi_{тр} = E_{уч} \cdot 100 / T_{ч} - E_{уч}$ ,

де  $E_{уч}$  – економія середньорічної чисельності робітників;

$T_{ч}$  – загальна кількість робітників;

$$\Pi_{тр} = 0,01 * 100 / (22 - 0,01) = 0,06 \%$$

Розрахуємо економію річного тарифного фонду заробітної плати, що складе:



$$E_{рт} = 33696,43 - 33300,00 = 396,43 \text{ грн}$$

Економія річного фонду основної заробітної плати:

$$E_{ро} = 396,43 * 1,25 = 495,54 \text{ грн}$$

Економія річного загального фонду заробітної плати складе:

$$E_{фт} = 396,43 * 1,33 = 525,27$$

Розробимо планову калькуляцію собівартості всього річного випуску, використовуючи дані таблиці 6.9. Загальні витрати приймаєм укрупнено рівними 46% від основної заробітної плати робітників, а інші витрати від виробничої собівартості мінус виробничі витрати. Невиробничі витрати складають 1,1% від виробничої собівартості.

Таблиця 6.9.– Витрата матеріальних ресурсів і заробітної плати на тону продукції.

Найменування	Ціна за одиницю, грн.	Витрата
Гречка, кг	6	2000
Упаковка, м <sup>2</sup>	3,5	54
Електроенергія, кВт	0,83	590
Вода, м <sup>3</sup>	0,53	25
Кислотний розчин, кг	5	20
Пара, кг	0,3	2000
Втрати від браку, грн	–	25

Складемо порівняльну таблицю визначення собівартості. Для визначення повної собівартості необхідним є виконання розрахунку кошторису витрат на річний випуск продукції (таблиця 6.10).

Таблиця 6.10.- Кошторис витрат на річний випуск продукції, грн.

№ п/п	Статті витрат	Витрата, грн.	Порівня-
-------	---------------	---------------	----------

		до проекту	з проектом	льний результат (+ чи -)
1	2	3	4	5
1	Матеріальні витрати			
	Гречка	5355000,00	6300000,00	-
	Упаковка	722925,00	850500,00	-
	Всього	6077925,00	7150500,00	-
2	Витрати на оплату праці	44647,77	44122,50	+
3	Відрахування на соціальні заходи	24259,26	23973,85	+
4	Амортизація	0,00	43737,31	-
5	Інші витрати			
	Електроенергія	3001477,50	2203650,00	+
	Вода	50681,25	59625,00	-
	Кислотний розчин	382500,00	450000,00	-
	Пара	2295000,00	2700000,00	-
	Втрати від браку	95625	90000	+
	Загальновиробничі витрати, грн	458	452,61	+
	Адміністративні витрати, грн	240	237,17	+
	Позавиробничі витрати, грн	525	525	=
	Всього	5825981,75	5517075,98	-
6	Всього витрат	11972813,77	12766298,45	-

Ефективність впровадження нової розробки розрахуємо за її чистою теперішньою вартістю.

Капітальні затрати на впровадження розробки:  $K = 218686,5595$  грн

Річна собівартість готової продукції:  $S_p = 12663702,26$  грн

Закладаємо річний чистий прибуток на рівні 14%:  $C_p = 0,14 * 12663702,26 = 1772918,316$  грн

Амортизаційні відрахування:  $A = 43737,31$  грн

Чистий річний прибуток з амортизаційними відрахуваннями:  $A C_p = C_p + A = 1772918,316 + 43737,31 = 1816655,63$  грн

Коефіцієнт освоєння потужностей у першому році:  $K_1 = 0,4$

Дисконтна ставка  $K_n = 0,15$

$$ЧТВ = -K + \sum_{t=1}^n \frac{(A + Чр)K_1}{(1 + K_n)^t} \quad (6.6)$$

Після першого року: ЧТВ = 7247737,90 грн.

Термін окупності - один рік

Побудуємо зведену таблицю калькуляції собівартості випуску продукції.

Таблиця 6.11.- Зведена таблиця калькуляції собівартості випуску продукції.

№ п/п	Статті витрат	Витрата, грн.		Порівняльний результат (+/-)
		до проекту	з проектом	
1	2	3	4	5
1	Сировина і основні матеріали	6077925,00	7150500,00	-
2	Допоміжні матеріали	2728181,25	3209625,00	-
3	Тара і тарні матеріали	722925,00	850500,00	-
4	Електроенергія і паливо (для технологічних цілей)	3001477,50	2203650,00	+
5	Основна заробітна плата основних виробничих робітників	42120,54	41625,00	+
6	Додаткова заробітна плата основних виробничих робітників	2527,23	2497,50	+
7	Нарахування на заробітну плату основних виробничих робітників	24259,26	54589,97	-
8	Загальновиробничі витрати	458,00	452,61	+

## Продовження таблиці 6.11

9	Разом виробнича собівартість	3,11	2,81	+
10	Адміністративні витрати	240,00	237,18	+
11	Позавиробничі витрати	525,00	525,00	=
	Повна собівартість	3,11	2,81	+

Таблиця 6.12.- Основні техніко-економічні показники підприємства

№ п/п	Нормативні показники	Одиниці виміру	Величина показника	
			без проекту	з проектом
1	Річний випуск продукції:			
	а) в натуральному вираженні	т	3825,00	4500,00
2	б) у вартісному вираженні	грн	11877713,77	12663702,26
	Капітальні затрати:			
3	а) в обладнання	грн	-	174949,25
	б) в площу	грн	-	43737,31
3	Загальна кількість працюючих	чол	39	37
4	Собівартість випуску одиниці продукції	грн	3,11	2,81
5	Випуск продукції з 1 м <sup>2</sup> площі	т/рік	15,00	22,50
6	Рентабельність продукції	%	0,23	0,27
7	Чиста теперішня вартість проекту	грн	-	408629,77
8	Період окупності	т/чол	-	один рік

## **7. Заходи з охорони та безпеки в надзвичайних ситуаціях**

### **7.1. Охорона праці**

#### **7.1.1. Аналіз виробничого травматизму**

Рівень травматизму і профзахворювань на підприємствах залежить від рівня організації охорони праці та пожежної безпеки, а також стану трудової дисципліни. Значну роль у питаннях створення здорових і безпечних умов праці відіграє наявність коштів на підприємстві, призначених для охорони праці і професіоналізму працівників.

Розслідування травматизму, аварій і професійних захворювань на підприємствах, в установах і організаціях України проводиться згідно з «Положенням про розслідування та облік нещасних випадків, професійних захворювань і аварій на підприємстві в установах і організаціях» (ДНАОП 0-00-4.03 — 98).

Отже, для зниження рівня виробничого травматизму у галузі необхідно по-перше впроваджувати організаційні заходи, а також намагатися покращити трудову і виробничу дисципліну

Основними напрямками по ліквідації виробничого травматизму є:

- підготовка спеціалістів по охороні праці і пожежонебезпеці, а також підвищення рівня знань по охороні праці у всіх інженерно-технічних працівників всіх посад;

- забезпечення робітників підприємства всіма діючими нормативними документами в галузі охорони праці і пожежній безпеці і забезпечення проведення трьохступеневого контролю за станом;

- утриманням обладнання, машин і установок, будівель, споруд у відповідності з діючими положеннями і виключенням випадків допуску до експлуатації несправного або не відповідаючого вимогам нормативних

документів обладнання, машин, установок, будівель і споруд;

- підвищення якості навчання і інструктажу по техніці безпеки працівників, а також виключення випадків по техніці безпеки до роботи не проінструктованих працівників;

- забезпечення працівників ефективними засобами захисту у відповідності із специфікою виробничих процесів.

### **7.1.2. Заходи щодо техніки безпеки і промислової санітарії.**

Планування приміщень, компонування технологічного обладнання, внутрішньоцеховий транспорт і обладнання прийняті відповідно до вимог категорій вибухонебезпечних процесів і класу приміщень.

Для створення безпечних і сприятливих умов праці передбачені наступні заходи: автоматичний контроль, автоматичне регулювання технологічних процесів.

Управління роботою лінії подачі борошна на виробництво здійснюється оператором з пульта управління.

Передбачене автоматичне включення звукової запобігливості сигналізації про роботу борошняних ліній.

Проектом передбачено система автоматизованого управління процесами прийому борошна в складські силосу, видачі її з силосів і транспортування у виробничі збірники.

Виробничі збірники забезпечені сигналізаторами рівня з виведенням сигналу на пульт. Запроектоване блокування механізмів лінії подачі борошна передбачає їх послідовне включення в порядку, зворотному надходженню муки. Це запобігає перевантаженню обладнання і зводить обслуговування тільки до спостереження за роботою механізмів і машин.

Подача стислого повітря до живильників аерозоль транспорту передуює включенню живильників, що запобігає утворенню завалів борошна в борошняній лінії. Пуск насосів, що подають рідкі інгредієнти, передбачений ручний, за допомогою кнопки управління, а відключення по досягненню верхнього рівня. Для зважування борошна передбачені автоматичні зважуючі пристрої. Передбачена електроблокіровка обладнання комплексно-механізованих ліній, у якої у разі зупинки однієї з машин попередні зупиняються, а подальші продовжують працювати.

Передбачене блокування кришок і щитків, що прикривають частини машин, що обертаються, пристроєм для автоматичного виключення машини.

У проекті додержані передбачені нормами відстані між обладнанням, висоти робочих ліній, необхідні проходи в складі сировини і готовій продукції. Установка обладнання і електродвигунів забезпечує легкий доступ до них для прибирання, очищення і миття.

Всі машини закріплені на підмурках або основах щоб уникнути зміщення. Безпека роботи персоналу забезпечується наявністю огорож всіх рухомих, електропровідних частин машин, що обертаються. Сходи і майданчик для обслуговування обладнання мають обгороджування.

Передбачається теплова ізоляція всіх апаратів і комунікацій, випромінюючих тепло. Температура поверхні ізоляції не перевищує 45° С.

Всі електропровідні установки, а також обладнання аерозольтранспортування борошна, трубопроводи борошна і стислого повітря заземлюються для відведення статистичної електрики. Для зручності роботи і правильної експлуатації внутрішніх інженерних мереж проектом передбачається забарвлення в різні попереджувальні кольори паропроводів, виробничих трубопроводів, трубопроводів аерозоль-транспортування борошна, водопроводу і інших комунікацій.

Трубопроводи пари забарвлюються в яскраво-червоний колір, трубопроводи - в зелений, продуктові технологічні трубопроводи – коричневий, борошнопроводи - в білий колір.

Передбачена аспірація автоматичних терезів для поліпшення санітарного стану приміщень і ліквідації пилу. Очищення транспортуючого повітря від пилу передбачене фільтрами, що струшуються в складі БХМ і мішковими фільтрами у відділенні виробничих бункерів.

Для антикорозійного захисту труб в проекті передбачено їх фарбування масляною фарбою за два рази, застосування безшовних труб, зварювання труб встик. Антикорозійний захист технологічного обладнання передбачений машинобудівними заводами при його виготовленні.

### **7.1.3. Аналіз основних шкідливих і небезпечних факторів.**

Для виявлення наявності шкідливих і небезпечних чинників проаналізуємо роботу обладнання розміщеного в цеху по виробництву хліба

«Українського» виробів на підприємстві “Хлібозавод №2” в м. Київ. Умовні позначення шкідливих і небезпечних чинників нанесемо на спрощену апаратурно-технологічну схему.

В цеху працюють сім спеціалістів, що обслуговують лінію:

- оператор тістоподільної машини – 2 чол.;
- укладальник тістових заготовок на люльки вистійної шафи – 2 чол.;
- пекар – 1 чол.
- приймальник готової продукції – 1 чол.
- укладальник готової продукції – 1 чол.

Для прикладу розглянемо санітарні норми для наступних робочих місць: оператор тістоподільної машини, укладальник тістових заготовок на люльки вистійної шафи, пекар.

Нормовані параметри мікроклімату встановлюються з урахуванням наявних теплонадлишків залежно від періоду року і категорії робіт за енерговитратами.

У виробничих приміщеннях передбачено вологе прибирання.

Основними нормативними документами при проектуванні вентиляційних виробничих та допоміжних приміщень є СНіП 1134-82 "Опалення, вентиляція та кондиціонування", СНіП 247-92 "Санітарні норми проектування промислових підприємств".

Для нормалізації повітря робочої зони в усіх приміщеннях передбачаються припливно-витяжні системи вентиляції. Примусовий приплив повітря в робочу зону має дорівнювати 75-80%.

Ці приміщення, які належать за вибухонебезпечністю до категорії В, проектується аварійна вентиляція з 8-кратним обміном повітря з урахуванням постійно діючої примусової вентиляції. Контроль мікроклімату рекомендовано проводити двічі на рік.

Допустимі норми шуму для вибраних професій подано в таблиці 7.1.

Таблиця 7.1

Допустимі норми шуму.



№ п/п	Робочі місця	Рівні звукового тиску (дБ) в октавних смугах з середньгеометричними частотами (Гц)									Рівень звуку, дБА
		31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
1	Оператор тістоподільної машини	103	99	92	86	83	80	78	76	74	70
2	Укладальник тістових заготовок на люльки вистійної шафи	100	95	90	84	79	78	75	74	72	70
3	Пекар	103	99	92	86	83	80	78	76	74	70

Заходи по боротьбі з шумом та вібраціями поділяють на організаційні і технічні.

Організаційні:

1. Виключення з технологічної схеми віброакустично активного обладнання;

2. Використання обладнання з мінімальними динамічними навантаженнями, правильний його монтаж;

3. Правильна експлуатація обладнання, своєчасне проведення профілактичних ремонтів;

4. Розміщення обладнання, що шумить, в окремих приміщеннях, відділення його звукоізолюючими перегородками;

5. Розташування шумних цехів у віддаленні від інших виробничих приміщень;

6. Застосування ЗІЗ від шуму.

До основних технічних міроприємств відносяться:

1. Звукоізоляція приводів з допомогою кожухів;

2. Використання шумозаглушуючих пристроїв на всосах і вихлопах вентиляційних систем і компресорів.

Ослаблення і ліквідація шуму досягається шляхом заміни ударних процесів і машин безударними, зміною конструкції вузлів, які створюють шум; заміна зворотньо-поступального руху деталей рівномірним обертовим; використання пластмас, текстоліту, гуми і інших матеріалів для виготовлення деталей обладнання.

Найбільш раціональним методом боротьби з шумом є зменшення його в джерелах виникнення. З цією метою приймаються наступні заходи:

- по можливості замінюються ударні взаємодії деталей на без ударні;
- звукоізоляція огорожувальних конструкцій;
- своєчасна заміна підшипників;
- змазка ударних деталей в'язкими рідинами.

## **7.2. Цивільний захист в надзвичайних ситуаціях .**

### Характеристика об'єкту:

Це наймолодше підприємство у хлібопекарській галузі України. Шляхом вмілого поєднання традиційних рецептів та сучасних технологій підприємство виробляє продукцію широкого асортименту та високої якості. Хлібокомбінат було створено за індивідуальним проектом із застосуванням перспективних сучасних розробок, що засновані на автоматизації та комп'ютеризації виробництва. Загальна проектна потужність комбінату - 65 тонн хлібобулочних виробів на добу. Початково підприємство було орієнтоване на виготовлення хлібобулочних виробів.

Надалі було введено в експлуатацію обладнання для булочного і кондитерського виробництва: в 1997 році почала діяти дільниця з виробництва здобних дрібноштучних виробів, в 1999 році запрацювала ще одна дільниця, на якій було освоєно виробництво дріжджових листкових виробів, кексів та здобного печива.

На підприємстві встановлено сім комплексно-механізованих ліній з потужними печами ППЦ та "Гостол". Сьому лінію було організовано в жовтні 2002 року для виробництва хліба пшеничного 1 сорту (піч ППП). Механізація та автоматизація технологічного процесу становить 70% на всіх

виробничих ділянках і здійснюється за допомогою найновітніших систем вітчизняного та імпортного виробництва.

В травні 2004 року на загальних зборах акціонерів АТ "Тернопіль хліб" було прийнято рішення щодо реорганізації. На підприємстві розроблена та впроваджена в дію система управління якістю у відповідності з вимогами ISO 9001:2000 ДСТУ (ISO 9001-2001).

Система управління якістю сертифікована в Системі сертифікації "ПРИРОСТ" (сертифікат QSP-0038/03) та в Системі сертифікації УкрСЕПРО (сертифікат NUA 2.034.833 від 25.09.2003р.)

Протягом останніх років на хлібокомбінаті проведено ряд робіт, що були спрямовані на модернізацію виробництва, зокрема, на впровадження енергозберігаючих технологій:

- З метою збільшення гнучкості виробництва, реконструйовані відділення для приготування тіста заквасок, відділення холодильних машин та компресорів. Багато вдосконалень введено у пічному відділенні.
- На всіх технологічних лініях впроваджено найновішу систему обліку, яка дозволяє мати оперативну інформацію про кількість продукції, що випускається і як наслідок про витрати сировини.
- На підприємстві введено друге автономне джерело водопостачання на базі артезіанської свердловини. Введено установку знезалізнювання, що значно покращило якість води, яка подається на виробництво.
- На складі безтарного зберігання борошна (БЗБ), що дозволяє зберігати 900 тон борошна, впроваджено найновішу систему склепіннязавалювання фірми "Мітек", яка повністю задовольняє потребам виробництва.
- Виконано реконструкцію існуючих електричних мереж. Тепер дані цієї системи виводяться і оброблюються комп'ютером. При цьому економія електроенергії склала близько 20%.
- Після встановлення 14-ти водонагрівачів, що працюють на газах, які виходять з печі, вдалося значно скоротити витрати пару для гарячого

водопостачання та відмовитись від використання пари для підігріву води у літній період, а на 7-ми виробничих лініях вже встановлені парогенератори, що використовують тепло полум'я пальника.

- Впроваджені новітні системи обліку пару і гарячої води в системі опалювання.
- На трансформаторній підстанції встановлені стабілізатори фаз, що наблизило використовувану електричну енергію до європейських стандартів та скоротило на 6% її використання.
- З метою розширення асортименту та збільшення об'ємів виробництва проведено реконструкцію лінії №2 цеху №2 із залученням нового технологічного обладнання з досконалою системою дозування, тісто приготування та вистоювання тістових заготовок. На сьогоднішній день ведеться подальша реконструкція, оновлення та технічне переоснащення виробництва цеху №2 в цілому.
- Оновлено обладнання для збільшення потужності та покращення якості пакування готової продукції. Введено в дію новий автомат А-33.
- Введено в дію нову систему припливно-відпливної вентиляції головного виробничого корпусу та експедиції, встановлено нові автоматичні ворота з ціллю технологічного зберігання готової продукції.

За веденням технологічного процесу, якістю сировини і готової продукції забезпечено цілодобовий контроль з боку технологічної служби.

Технологічна лабораторія хлібокомбінату акредитована Укр ЦСМ у жовтні 2001 року. Її відповідність критеріям акредитації вимірювальних лабораторій підтверджена до жовтня 2006 року.

З 1996 року на підприємстві розроблено рецептури та освоєно виробництво більш ніж 60 найменувань хлібобулочних і кондитерських виробів. Найбільшим попитом у споживачів користуються витушки здобні з вишнею, кекс "Насолода", булочки "Їжачок", хліб "Зерновий", печиво "Яблуневий цвіт", "Підковки макові".

З початку 2005 року хлібокомбінатом налагоджено виробництво ще 6 найменувань кондитерських виробів.

Виробництво хлібобулочних виробів базується на традиційній класичній технології з тривалим зброджуванням напівфабрикатів, що забезпечує накопичення натуральних смакових та ароматичних речовин. Вся продукція хлібокомбінату виготовляється з натуральної доброякісної сировини без додавання хімічних поліпшувачів та консервантів. Для приготування тіста використовується чиста артезіанська вода з власної свердловини. Технологічний процес, починаючи від замішування тіста і до виходу з печі готових буханців хліба чи батонів, триває 6-7 годин. І вже через годину-дві продукція потрапляє в торгову мережу.

### **7.2.2. Дезактивація продуктів харчування, харчової сировини, напівфабрикатів і води (вододжерел)**

Знезараження харчової сировини і продуктів має проводитись так, щоб із зменшенням забрудненості зберігалась харчова цінність продукту, його смакові властивості, зовнішній вигляд. Тому кількість способів знезараження скорочується, використання значної частини мийних і знезаражувальних засобів виключається. Найдоцільнішим способом дезактивації мав би бути природний спосіб, пов'язаний із зменшенням активності радіонуклідів з часом. Даний спосіб може бути рекомендований за умови, що сировина і продукти не потребують термінового використання; періоди напіврозпаду радіонуклідів, що забруднили продукти, короткочасні (години, доби). Природний спосіб може бути використаний також для зменшення зараженості запасного обладнання; діючого обладнання, що не має контакту з харчовими продуктами і людиною; обладнання, що має поверхневу забрудненість понад припустиму в 2-3 рази; сировини і готової продукції тривалого зберігання (борошно, цукор, сіль, макаронні вироби, ячмінь, рис, кукурудза, солод, хміль).

**Дезактивація сипких продуктів (цукор, сіль та ін.)** Сипкі продукти, затарені у мішки, дезактивують головним чином заміною зараженої тари на чисту. Для цього поверхню мішка злегка зволожують,

обтирають вологою ганчіркою, потім мішок розшивають і продукт пересипають совком у чистий мішок. Продукти перевіряють у лабораторії на зараженість РР.

**Деактивація борошна.** Заражені мішки з борошном до дезактивації не перевертають і не переносять. Оброблення починають з видалення пилу з поверхні мішка обмітанням. Після видалення пилу беруть пробу безпосередньо під мішковиною. Якщо зараженість понад припустиму, мішки замочують водою (4 л/м<sup>2</sup>). Через 2-6 год. утворюється кірка тіста. Потім мішок розшивають, беруть проби з-під кірки тіста. Якщо забрудненість борошна не перевищує припустиму, борошно совком пересипають у чисті мішки і використовують за призначенням. За великої забрудненості штабель залишають для природної дезактивації. Відходи борошна внаслідок дезактивації замочуванням становлять до 1,6-2 %. Якщо борошно забруднюється РР під час безтарного зберігання, то вручну або пневматичними засобами видаляють верхній шар борошна завтовшки 1-2 см або змочують верхній шар борошна водою (витрата 2-2,5 л/м<sup>2</sup>). Утворену кірку видаляють вручну, а борошно перевіряють на забрудненість. Борошно у процесі проходження через силос контролюють, забруднене збирають в іншу місткість для природної дезактивації.

**Деактивація водних джерел і води.** Наземні споруди водних джерел (артезіанські свердловини та колодязі) дезактивують обмиванням їх поверхні чистою водою. Перед використанням воду з артезіанських джерел відкачують протягом 10 хв. Шахтні колодязі дезактивують тільки в крайньому разі (у разі потреби), їх дезактивацію проводять багаторазовим відкачуванням води із колодязя і видаленням з дна мулу та піску. Неприпустиме зворотне потрапляння у водне джерело використаної води. Використану воду відводять до узгоджених з медичною службою ЦО місць, які позначають попереджувальними знаками. Забруднений шар ґрунту також вивозять за межі підприємства і закопують у місцях, зазначених медичною службою ЦО.

Деактивацію води здійснюють тільки у тому разі, якщо немає можливості мати воду із незаражених джерел.

**Дегазація.** Дегазацією називається знезараження (нейтралізація, розклад) отруйних речовин або видалення їх із зараженої місцевості і різних об'єктів. Дегазують головним чином об'єкти та предмети, заражені стійкими отруйними речовинами. Використовують три способи дегазації: хімічні, фізичні та механічні. Хімічні способи базуються на перетворенні ОР в нешкідливі речовини внаслідок взаємодії з ними деяких хімічних речовин або їх розчинів дегазівних речовин. Фізичні способи — розчин і змивання ОР з поверхні розчинниками (бензин, гас, дизпаливо, спирт, чотирихлористий водень і ін.), випаровування ОР під дією високих температур, гарячого повітря, пари.

Механічні способи базуються на зніманні (зрізанні) і видаленні зараженого шару або ізоляції зараженого шару.

На практиці ці способи взаємодоповнюювані і використовуються комплексно залежно від стану хімічного забруднення і наявності сил і засобів дегазації.

Продукти харчування, заражені парами ОР, якщо немає потреби у терміновому використанні, дегазують провітрюванням. Строки провітрювання в літніх умовах наведено у табл. 1.

**Висновок:** У випадках, коли підприємство потрапляє в зону радіоактивного, хімічного або бактеріологічного зараження, в першу чергу має бути проведена відповідна розвідка, за результатами якої начальник цивільної оборони підприємства приймає рішення щодо проведення робіт для ліквідації наслідків зараження.

Складовою частиною ліквідації наслідків зараження є спеціальне оброблення - комплекс заходів, що проводяться з метою приведення виробничого персоналу до готовності для виконання обов'язків.

Спеціальне оброблення включає знезараження поверхонь різних предметів, обладнання, транспорту, тари, сировини, напівфабрикатів, готової продукції та води, а також санітарне оброблення особового

складу формувань і виробничого персоналу. Санітарне оброблення проводиться у санітарно-обмивальних пунктах, які розгортаються на базі лазень, санітарних пропускних пунктів.



## 8. ЕКОЛОГІЯ

Взаємовідносини людини з природою характеризуються поглибленням екологічної кризи, виникненням та посиленням потепління клімату (парниковий ефект) завдяки підвищенню вмісту діоксиду вуглецю у повітряному середовищі, появою озонових дірок та кислотних дощів, суперіндустріалізацією, суперхімізацією, супермілітаризацією, супервживанням та суперзабрудненням всіх сфер Землі. Слід відмітити, що починаючи з 1980 року і до теперішнього часу відношення людей на планеті до природи істотно змінилося. Отримує всебічний розвиток екологічна освіта в усіх країнах світу, поширюється суспільний рух за збереження природного середовища, з'являються та розвиваються альтернативні джерела енергії, розвивається дехімізація сільського господарства, спостерігається ріст та ефективність ресурсозберігаючих технологій, розвивається та посилюється економічний механізм природокористування та охорони навколишнього середовища, а також правова основа останніх. Розроблюються і приймаються нові національні і міжнародні програми та закони про охорону природи. У найбільш розвинутих країнах світу починається також процес демілітаризації.

Сучасні тенденції та підходи до розвитку окремих галузей харчової промисловості свідчать про те, що питання виробництва, споживання та якості продукції з поняттям "екологізація виробництва" та "екологізація технологій".

Екологізація виробництва – процес неухильного і постійного впровадження систем технічних управлінських, організаційних та інших рішень, які дають можливість підвищувати ефективність використання природних ресурсів, поліпшувати або зберігати якість природного середовища на локальному, регіональному та глобальному рівнях.

Під екологізацією технологій розуміють розробку і впровадження у виробництво таких технологій, які при максимальному отриманні продукції високої якості забезпечували б зберігання екологічної рівноваги в

навколишньому середовищі та природному кругообігу речовин і енергії, не допускали б забруднення середовища. Основу екологізації складає розробка і впровадження маловідходних енерго- та ресурсозберігаючих технологій, а також таких природоохоронних технологій, як очищення відпрацьованого повітря та стічних вод. В основі підходу до екологізації технологічного циклу (ресурсного циклу) будь-якого виробництва закладений соціо-еколого - економічний принцип. Він зберігається і в умовах ринкових відносин.

Харчова промисловість належить до числа матеріалоемних галузей, оскільки використовує значну кількість природних, сировинних .паливно-енергетичних та водних ресурсів. У більшості галузей промисловості питома витрата сировини та матеріалів, тобто витрата сировини та матеріалів на одиницю випущеної продукції достатньо велика.

Цей показник суттєво впливає не тільки на розвиток і розміщення виробництва, формування сировинних зон та термінів переробки сировини, але й на екологічність виробництва в цілому.

Серед першої, найбільш багато чисельної групи виробництва, для яких характерні високі питомі витрати сировини та матеріалів – цукрові, спиртові, крохмало-паточні, масложирові, консервні, виноробні та інші заводи.

Третю групу виробництва складають такі, в яких маса готової продукції значно вища маси сировини. До них відносяться виробництво хліба, пива, лікєро-горілчаних виробів та інші галузі. Як правило вони розташовуються в районах споживання готової продукції.

До другої групи відносять галузі, для яких звичайно слугують продукти інших галузей харчової промисловості. Це кондитерські та макаронні фабрики,

маргаринові та цукрово-рафінадні заводи. Кожне з харчових виробництв в тій чи іншій мірі забруднює навколишнє середовище за рахунок викиду ряду шкідливих речовин у атмосферу, утворення стічних вод і твердих відходів.

Харчова промисловість займає 14 місце серед галузей і виробництв промислового циклу за рівнем забруднення навколишнього середовища. До 10% стічних вод промислових підприємств припадає на долю харчових виробництв.

## **8.1. Характеристика викидів підприємств.**

Викиди промислових підприємств розділяють на неорганізовані та організовані. Неорганізовані викиди – це викиди газів, пари, пилу та стічних вод, які утворюються в результаті нещільностей в апаратах, установках, трубопроводах, комунікаціях, через віконні та дверні прорізи, особливо при відкритих процесах завантаження і розвантаження продуктів, при погано організованому транспортуванні та складуванні пильних та виділяючі гази матеріалів, хімікатів, відходів виробництва. Особливо небезпечні для повітряного середовища та водоймищ аварійні (залпові) викиди рідких та газоподібних речовин, які утворюються при порушенні технологічних процесів, при несправностях та за іншими причинами.

Організовані викиди – це викиди, які відводять від місць їх утворення системою повітропроводів, газоходів (димові труби, шахти, загально обмінні вентиляційні системи) від технологічного обладнання.

Викиди в атмосферу харчовими підприємствами можна поділити на наступні групи:

- викиди, які супроводжуються при виділенні енергії та теплоти і в результаті використання транспортних засобів з двигунами внутрішнього згорання;
- викиди, які супутні основним технологічним процесам;
- викиди цехів по переробці вторинних матеріальних ресурсів;
- викиди допоміжних цехів та виробництв.

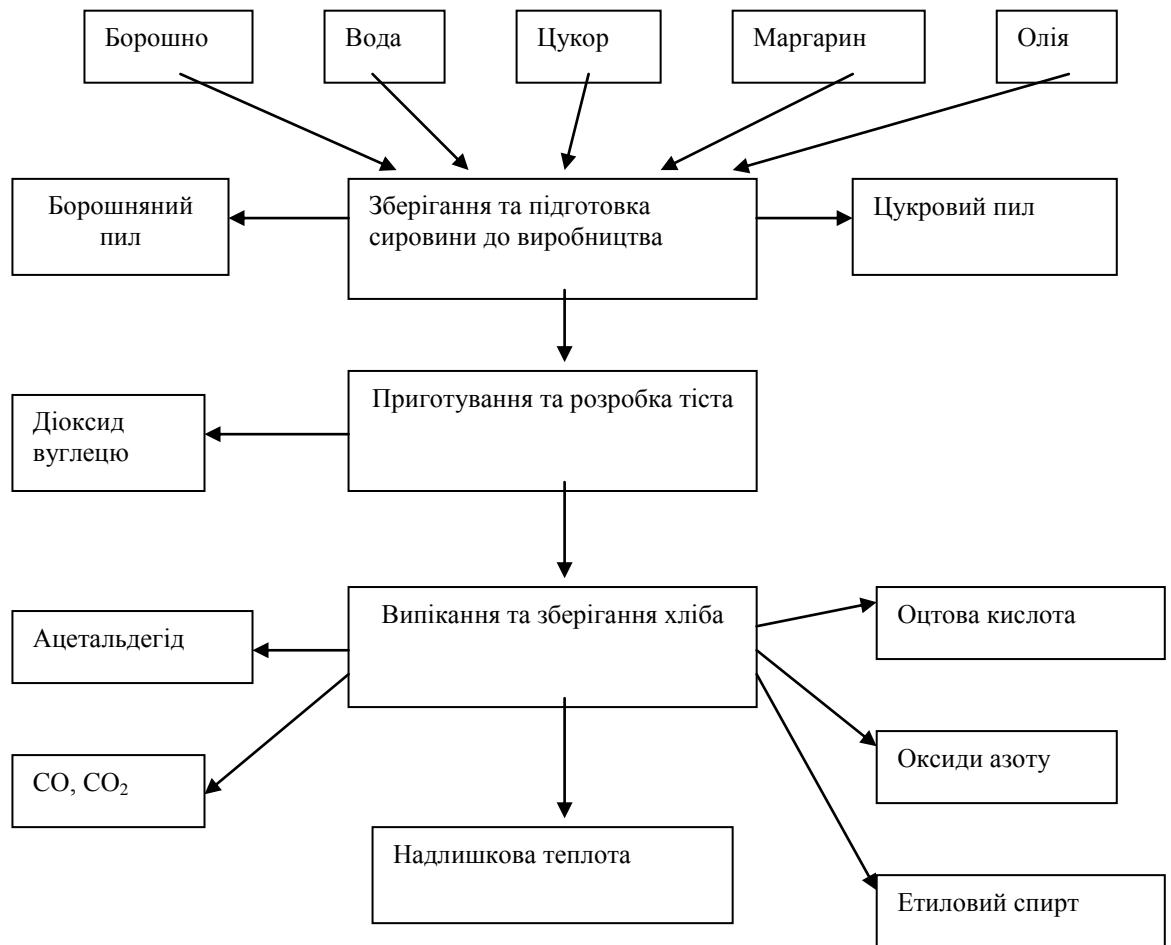


Рис. 8.1. Принципова технологічна схема виробництва хлібобулочних виробів

Джерелом першої групи викидів на підприємстві є теплоелектроцентралі та паросилове обладнання, хлібопекарні печі, а також автотранспорт.

В якості палива в хлібопекарській промисловості використовують газ, мазут та тверде паливо – кам’яне вугілля. У хлібопекарських печах використовують переважно природній газ або електрообігрів. На пекарні використовується електрична енергія – екологічно чисте паливо.

На пекарні специфічно організованими викидами є борошняний та цукровий пил. При бродінні тіста виділяється діоксид вуглецю, який утримує етиловий спирт, альдегіди та складні ефіри. Для уловлювання парів етилового спирту і летких домішок газу бродіння повинні проходити через спиртовловлювачі. Нині на більшості заводів діоксид вуглецю

використовується як вторинний матеріальний ресурс та направляється в атмосферу, а в цех товарного продукту.

Стічні води підприємства без очищення скидаються в міську каналізаційну мережу. Санітарні відходи (забруднене борошно, тісто, хліб), що створюється в результаті очищення обладнання та виробничих приміщень, збираються у спеціальну тару та вивозяться до підсобних господарств, в якості корму для тварин.

## **8.2. Охорона водоймищ від забруднень стічними водами.**

Основна кількість стічних вод пов'язана з мийкою технологічного обладнання, тістоспусків, трубопроводів. Мийка технологічного обладнання здійснюється розчинами лугів, кислот. Загальне стічне скидання формується із усіх стічних потоків.

Для зменшення кількості стічних вод використовується система зворотного водопостачання. Водовідведення відбувається шляхом скидання промислових потоків у самоточний заводський колектор діаметром 300 мм, а також в міський колектор діаметром 500 мм. Вода після охолодження технологічного обладнання потрапляє в градирню. Охолоджена вода змивається в бак, а потім насосом подається до вищевказаного обладнання.

Застосування зворотної системи водопостачання скорочує витрату споживаної води на 860 м<sup>3</sup>/год.

Для попередження розвитку біологічних обростань теплообмінних апаратів, трубопроводів і градирень передбачається обробка води гіпохлоридом натрію.

З метою встановлення контролю за раціональним використанням води, врахування споживаної води і її економії проектом передбачається установка водомірних пристроїв на системах питної, технічної і оборотної води.

## **8.3. Забруднення атмосферного повітря.**

При бродінні тіста виділяються діоксид вуглецю (CO<sub>2</sub>) який утримує етиловий спирт (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH), альдегіди та складні ефіри. Для уловлювання парів етилового спирту і легких домішок газу бродіння повинні проходити через спиртовловлювачі. У наш час на більшості заводів діоксид вуглецю

використовується як вторинний матеріальний ресурс та направляється не в атмосферу, а в цех товарного продукту.

Для контролю за станом атмосфери розроблені санітарно-гігієнічні норми. Основною фізичною характеристикою домішок атмосфери є концентрація речовини в одиниці об'єму ( $\text{мг/м}^3$ ) повітря при нормальних умовах. Розрізняють максимально разову ГДК<sub>м.р.</sub> та середньодобову ГДК<sub>(с)</sub> гранично допустимі концентрації шкідливих речовин.

У таблиці наведені значення ГДК деяких найбільш характерних забруднювачів атмосферного повітря.

Таблиця 4.1.

Речовини	Клас небезпеки	Гранично допустима концентрація, $\text{мг/м}^3$	
		ГДК <sub>м.р.</sub>	ГДК <sub>(с)</sub>
NO <sub>2</sub>	2	0,085	0,040
CO	4	5,000	3,000
SO <sub>2</sub>	3	0,500	0,050
Хлор	2	0,100	0,030
Озон	1	0,160	0,003
Аміак	4	0,200	0,040
Спирт метиловий	3	1,000	0,500
етиловий	4	5,000	5,000
Пил борошняний	4	0,500	0,150
цукровий	4	0,500	0,150
Бензин (а) - пірен	1		$1 \times 10^{-6}$

### Характеристика скидів.

Стічні води хлібозаводу (води, використані у виробничому циклі та призначені для спуску у водойми або каналізацію) являють собою складну фізико-хімічну систему. В ній затримуються не тільки розчинні частки, але й частки різного ступеню дисперсності (від  $10^{-9}$  до  $10^{-2}$ м). Крім зважених

часток в них міститься значна кількість забруднювачів. Розчинених речовин органічного та неорганічного походження.

Стоки хлібозаводу – багате середовище для мікроорганізмів активного мулу. Воно характеризується наявністю зважених частинок (150 мг/л), рН 6,0÷7,0,

повне біологічне споживання меню БСК=500÷700мг О/л, хімічне споживання кисню ХСК=600÷700 мг О/л.

Водозабезпечення підприємства здійснюється за рахунок міського водопроводу та артезіанської свердловини.

Виробничі стоки заводу не повинні порушувати роботу каналізаційних мереж та споруд, сприяючи корозії або відкладенню осадів: концентрація зважених часток вод не повинна перевищувати 500 мг/л. рН не повинно бути нижчим 6,5 і вищим 8,5; температура стоків повинна бути не вище 40<sup>0</sup>С. У таких водах не повинно бути речовин у концентраціях, які перешкоджають біологічній очистці стоків міста. небезпечних бактеріальних і токсичних забруднень, смол, мазуту та бензину.

Каналізаційні міські системи також потребують певної підготовки стічних вод. Стічні води хлібозаводу тільки пройшовши механічну очистку у систему міської каналізації. Іноді виникає необхідність вловлювання жирових речовин.

На кожному підприємстві утворюється велика кількість вторинних матеріальних ресурсів (ВМР), відходів.

Несвоєчасна та неповна переробка ВМР, а також відходів виробництва призводить до їх псування інфікування, втраті цінних властивостей, а головне до пагубного впливу на навколишнє середовище. При цьому ступінь забруднення стічних вод різко збільшується і собівартість продукту також.

Стічні води підприємства без очищення скидаються в міську каналізаційну мережу. Склад і параметри стічних вод відповідають “Умовам скиду стічних вод в каналізаційні мережі”. З метою економії води та зменшення кількості токів передбачається оборотна та циркуляційна система



водопостачання. В результаті вказаних заходів хлібокомбінат раціонально використовує водні ресурси і негативного впливу на водойми не чинить.

## Загальні висновки

В результаті виконання дипломної роботи проведено аналіз впливу та взаємозв'язок конструктивних й технологічних параметрів на процес просіювання в пірамідальному бураті.

Проаналізовано сучасне обладнання для просіювання, що передбачає: літературний та патентний огляд, а також аналіз існуючого обладнання для попереднього просіювання; основні фактори, що впливають на процес просіювання; напрямки моделювання процесу просіювання.

Запропоновано заходи з удосконалення просіювача, що полягають у зміні форми кріплення ситової поверхні, та заміни матеріалу сита зі сталі на пластик. Така модернізація дозволяє знизити вартість і масу цього кріплення, також підвищить продуктивність машини.

Розглянуто математичну модель руху борошна в конструкції барабану й залежність технологічних параметрів просіювання. Розроблено фізичне представлення процесу та аналіз впливу ситової поверхні на просіювання.

Проаналізовано результати експериментальних досліджень просіювання борошна та подано використання прикладного програмного забезпечення для вирішень задач кусової роботи. На основі зроблених дослідів вибрано максимально ефективні режими роботи удосконаленого просіювача, що дало змогу значно зменшити його матеріаломісткість та збільшити продуктивність.

Продуктивність і енерговитрати залежать від опору, який утворюється в результаті руху борошна який він чинить йому. Тому конструктивні параметри відіграють важливу роль при транспортуванні у системах. Рух частинок матеріалу при дії підкиданням, істотно скорочує час контакту з ситом.

### Перелік посилань

1. Бушуев Н.М. Семяочистительные машины. - М.: Машгиз, 1962. - 292 с.
2. Воробьев С.Х., Мазиров Д.Я., Соколов А.П. Теплотехнические процессы и аппараты силикатных заводов. -М.: Высшая школа, 1965. - 126 с.
3. Малис А.Я., Демидов А.Р. Машины для очистки зерна воздушным потоком. - М.: Машгиз, 1962. - 452 с.
4. Гортинский В.В. Процессы сепарирования на зерноперерабатывающих предприятиях. - М.: Колос, 1973.-296 с.
5. Єрмак В.П. Обґрунтування способу сепарування соняшника у повітряних потоках // Автореф. дис. ... канд.техн.наук. - Луганськ, 2003. - 21 с.
6. Абдуєв М.М. Обґрунтування параметрів сепаратора з нахиленим повітряним каналом для розділення зернових сумішей // Автореф. дис...канд.техн.наук. - Харків, 2007. -21 с.
7. Злочевський В.Л. Интенсификация процесса аэродинамического разделения зерновых материалов // Автореф. дис...д-р. техн. наук. - Новосибирск.: СибИМЭ СО ВАСХНИЛ. - 1986. - 35 с.
8. Степаненко С.П. Дослідження процесу пневматичної сепарації насіння в кільцевому зигзагоподібному сепараторі. 36. наук. пр. “Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка”. Випуск 75. “Механізація сільськогосподарського виробництва”. - Харків: ХНТУСГ. - 2008. - Ті. - С. 59-65.
9. Степаненко С.П. Підвищення ефективності вібропневматичних сепараторів зерна // Дис. ...канд. техн. наук. - Глеваха.: ННЦ «ІМЕСГ». - 2008. - 183 с.
10. Жуковский Н.Е. Теоретическая механика. - М.-Л., 1950. - 812 с.
11. Матвеев А.С. Исследование процесса сепарирования зерновых смесей вертикально - восход 6. Лісовенко О.Т. Технологічне обладнання харчових виробництв [Текст]/ О.В. Закалов, І.О. Закалов . - Т. : Б.В., 2000. - 406 с.
12. Сухенко Ю.Г. Визначення критеріїв надійності механізмів машин [Текст]/ Сухенко Ю.Г., А.І. Бортник. – Київ: SAMStudio, 2004. – 60 с.

13. А. Ф. Горбацевич. Курсовое и дипломное проектирование по технологии машиностроения. [Текст]/ А. Ф. Горбацевич. -М.: Машиностроение, 1975. – 340с.
14. Шевчук Я.М., Галушак М.П. Методичні вказівки до виконання організаційно-економічної частини дипломного проекту для студентів спеціальності 8.05030313 “Обладнання харчових та переробних виробництв” Тернопіль, 2001 – 28с.
15. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя том 2. [Текст]/Анурьев В.И. - М.: Машиностроение, 1980. - 359с.
16. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя том 3. [Текст] / Анурьев В.И.- М.: Машиностроение, 1980. - 557с.
17. Поперечний А.М. Моделювання процесів та обладнання харчових виробництв. Підручник. [Текст]/ А. М. Поперечний, В. О. Потапов, В. Г. Корнійчук – К.: Центр учбової літератури, 2012. – 312 с.
18. Сухенко Ю., Стадник І. Технологчне обладнання для виробництва борошняної продукції. Підручник. [Текст]/ Сухенко Ю., Стадник І. – К.: Центр учбової літератури, 2015. –412 с