

Міністерство освіти і науки України  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет інженерії машин, споруд та технологій  
(повна назва факультету)

Кафедра обладнання харчових технологій  
(повна назва кафедри)

# КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Модернізація ультратрієрної установки UT401/4 з дослідженням  
процесу сортування зерна пшениці

Виконав(ла): студент(ка) VI курсу, групи МОм-61  
спеціальності 133 Галузеве машинобудування  
(шифр і назва спеціальності)

Бублик Д.В.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

Зварич Н.М.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

Ворошук В.Я

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

(підпис)

Вітенько Т.М.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Тернопіль  
2020



## 6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Кравець О.І., доц. каф ОХ,		
Нормоконтроль	Стадник І.Я., проф. каф. ОХ		
	Ворошук В.А, доц. каф.ОХ		

7. Дата видачі завдання

року

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
	Вступ.	15.09.2020	
1.	Сучасні технології та обладнання для очищення та сортування зерна		
2.	Методи та методика досліджень.	10.10.2020	
3.	Конструктивна частина	15.11.2020	
4	Дослідження процесу сортування пшениці на ультратрієрній установці UT401/4	28.11.2020	
5	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.	03.12.2020	
	Загальні висновки. Перелік посилань	10.12.2020	
1.	Машино-апаратна схема виробництва борошна. Ф.А1.	25.09.2020	
2.	Ультратрієрна установка марки UT 401/4. Вигляд загальний. Ф.А1	01.10.2020	
3.	Вузол жолоба з транспортувальним шнеком ультратрієрної установки марки UT 401/4. Складальне креслення. Ф.А1	10.10.2020	
4	Шнек транспортувальний. Складальне креслення. Ф.А2	20.10.2020	
5	Кінематична схема ультратрієрної установка UT 401/4. Ф.А2	10.11.2020	
6	Плакати (слайди):	10.12.2020	
	1. Визначення кінематичного режиму ультратрієрної установки		
	2. Визначення кута піднімання зернят, що не попали в комірки		
	3. Визначення кута піднімання зернят комірками		
	4. Траєкторія випадання частинки з комірки		

Студент

*Бублик Д. В.*

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)

*Зварич Н.М.*

(підпис)

(прізвище та ініціали)

## АНОТАЦІЯ

Бублик Д. В. Модернізація ультратрієрної установки UT 401/4 з дослідженням процесу сортування зерна пшениці. 133 «Галузеве машинобудування». - Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. - Тернопіль, 2020

В кваліфікаційній роботі досліджено вплив конструктивних параметрів ультратрієрної установки марки UT 401/4, режимів її роботи, характеристик зернової сировини на процес сортування пшениці та запропоновано заходи з модернізації.

Ключові слова: процес сортування, очистка зерна від домішок.

Bublyk D. V. Ultra trieur UT401/4 retrofit including the study of wheat grain classification. 133 “Industrial Machinery Engineering” – Ternopil Ivan Puluj National Technical University.-Ternopil, 2020.

The impact of the Ultra trieur UT401/4 construction parameters, operating regimes, characteristics of grain raw materials on grain classification was researched in the diploma thesis. Modernization measures for the Ultra trieur UT401/4 are suggested in the diploma thesis.

Keywords: grain classification, separation of grain from impurity.

## ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ .....	4
ЗМІСТ .....	5
ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА СКОРОЧЕНЬ .....	7
ВСТУП .....	8
1. СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ ТА СОРТУВАННЯ ЗЕРНА .....	10
1.1. Аналіз способів очищення і сортування зерна .....	10
1.2. Поділ ЗС за довжиною на трієрах .....	15
1.3. Аналіз сучасних конструкцій трієрів.....	17
1.4. Аналіз конструкції та принципу роботи ультратрієрної установки типу УТ401/4 .....	23
1.5. Техніко-економічне обґрунтування модернізації ультратрієрної установки УТ 401/4.....	30
1.6. Мета та завдання кваліфікаційної роботи .....	31
2. МЕТОДИ ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ.....	32
2.1. Обґрунтування методів і засобів досліджень .....	32
2.2. Алгоритм і методики проведення чисельного експерименту .....	33
2.3. Методи аналізу похибок досліджень .....	34
3. КОНСТРУКТИВНА ЧАСТИНА .....	35
3.1. Технологічний розрахунок жолоба ультратрієрній установки УТ 401/4 та визначення конструктивних параметрів жолоба та транспортувального шнека .....	35
3.2. Структурний аналіз конструкції вузла жолобу з транспортувальним шнеком ультратрієрної установки УТ401/4.....	38
3.3. Кінематична схема вузла жолобу з транспортувальним шнеком ультра трієрної установки типу УТ.....	39
3.4. Кінематичний розрахунок ультратрієрної установки УТ 401/4 .....	40

3.5. Розрахунок зубчатої передачі приводу ударного валка вузла жолобу ультратрієрної установки UT401/4 .....	42
3.6. Конструктивний розрахунок шнека.....	48
3.7. Розрахунок параметрів шнека для переміщення очищеного продукту	53
4. ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ СОРТУВАННЯ ПШЕНИЦІ НА УЛЬТРАТРИЄРНІЙ УСТАНОВЦІ UT401/4 .....	55
4.1. Аналіз процесу сортування ЗС на ультратрієрній установці UT401/4 .	55
4.2. Визначення кута піднімання зернят, що не попали в комірки.....	57
4.3. Визначення кута піднімання зернят комірками .....	59
4. 4. Траєкторія випадання частинки ЗС з комірки ТЦ.....	61
5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ ....	63
5.1. Заходи з охорони праці .....	63
5.2. Безпека в надзвичайних ситуаціях.....	69
5.2.2. Заходи знезараження споруд, техніки, предметів та .....	71
ВИСНОВКИ.....	76
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ .....	77
ДОДАТКИ.....	79

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА СКОРОЧЕНЬ

ДД – довгі домішки;

ДТ – дисковий трієр;

ЖП – живильний пристрій;

ЖШ – живильний шнек;

ЗОМ – зерноочисна машина;

ЗС – зернова сировина;

КВ – контрольне відділення;

КД – короткі домішки;

ПЦ – пористий циліндр;

РО – робочий орган;

ТЦ – трієрний циліндр

ТШУТ – транспортувальний шнек

ЦТ – циліндричний трієр;

D - діаметр трієрного циліндра,

d – діаметр комірок становить, мм,

G – продуктивність трієрної установки, кг/год.;

L – довжина трієрного барабана,

k – кількість комірок на  $1\text{ м}^2$  трієрної поверхні:

$\beta=25^\circ$  кут природного відкосу,

$\delta=10$  мм довжина зерна,

$\rho=750$  кг/м<sup>3</sup> насипна вага,

$\varphi$  – кут тертя зерна по матеріалу жолоба

## ВСТУП

Зернопродукти – основа раціону харчування більшості населення. Борошно і крупа традиційно займають важливе місце в раціоні харчування людини. Сучасне виробництво борошна, крупи і різних кормів забезпечує населення якісними продуктами харчування, а тваринництво – кормами високої харчової цінності.

Сьогодні перед зернопереробною галуззю стоять задачі забезпечення максимальної ефективності переробки сировини, покращення якості готової продукції. Розробка і освоєння нових ресурсо- та енергозберігаючих технологій, що забезпечують раціональне використання зерна, зниження його витрати на одиницю продукції, а також переробка пшениці і жита з застосуванням машин нового покоління, для забезпечення повної переробки сировини є головними напрямками сучасного розвитку зернопереробної галузі. Підвищення технічного рівня сучасного виробництва харчових продуктів, використання більш інтенсивних машин вимагає подальшого вивчення і дослідження процесів обробки продуктів, що в них відбуваються, ретельнішого контролю за їх роботою, розуміння всіх аспектів, які впливають на якість, тривалість, безперервність та собівартість обробки продукту. Таким чином дослідження процесу сортування зерна пшениці на та розробка заходів з її модернізації є актуальним.

Мета роботи: Дослідження впливу конструктивних параметрів трієрного циліндру ультратрієрної установки УТ 401/4 та режимів її роботи на процес сортування пшениці і розроблення заходів з модернізації.

Об'єкт дослідження: процес сортування зерна пшениці на ультратрієрній установці.

Предмет дослідження: вплив конструктивних параметрів та режимів роботи на процес сортування зернової суміші.



Методи дослідження: аналіз, синтез, математичного моделювання, аналогія, ідеалізація, порівняння.

Наукова новизна: досліджено вплив конструктивних параметрів трієрного циліндру та режимів роботи на процес сортування зерна пшениці, встановлено, що кінематичні режими характерні для даного обладнання не здійснюють суттєвого впливу на процес сортування зерна пшениці, більше впливають конструктивні особливості трієрного циліндра та характеристики сировини, що обробляється.

Практична цінність: отримані результати можуть бути використані при аналізі роботи і конструкції аналогічного обладнання. Запропонована модернізація покращить рівномірність транспортування і перемішування зернової суміші в трієрному циліндрі, що в свою чергу покращить обробку продукту.

Апробація результатів. Основні положення магістерської роботи доповідались на ІХ Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів « Актуальні задачі сучасних технологій», ( Тернопіль 25-26 листопада 2020).

Структура і обсяг роботи. Кваліфікаційна робота складається зі вступу, 5 розділів, висновків, переліку посилань, додатків. Роботу викладено на 78 сторінках друкованого тексту, вона містить 30 рисунків, 5 сторінок додатків.

# 1. СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ ТА СОРТУВАННЯ ЗЕРНА

## 1.1. Аналіз способів очищення і сортування зерна

Зернові культури використовуються як сировина при виробництві багатьох продуктів харчування. Зрозуміло, що якість таких продуктів у першу чергу залежить від якості сировини та технологій її підготовки до переробки. До основних вимог щодо якості зернової сировини (ЗС) відноситься її чистота, відсутність різних домішок, однорідність за розмірами, кольором, не ураженість шкідниками та хворобами. Дотримання таких вимог при найменших експлуатаційних витратах сировини буде забезпечувати високий вихід готової продукції і високу її якість. Тому в призначених до переробки партіях зерна необхідно забезпечувати і контролювати досягання показників якості. Обмежувальні кондиції на зерно, що поставляється борошномельним заводам наведено в табл. А.1., зокрема, наведені і вимоги до вмісту різного виду домішок.

Зернова суміш, що надходить від комбайнів і молотарок, зазвичай містить певну кількість домішок, які можуть бути зерновими та сміттєвими. Зерновими є бите, поїдене, проросле, некондиційне зерно основної культури, зерна інших культур; сміттєвими - насіння бур'янів, полова, частини стебел тощо, а також шкідливі домішки, такі як кукіль, головня, ріжки, гірчак, в'язіль, металеві домішки. Якщо вміст зерен основної культури в загальній масі становить менше 85%, то такий зерновий продукт вважають «сумішшю» [1, 2].

Для збільшення в ЗС вмісту основної культури використовують очищення, тобто поділ (сепарацію) зернової суміші на окремі фракції, що розрізняються за яким-небудь фізико-механічними властивостями (розміром, густиною тощо). Очищення може бути попереднім, первинним та вторинним [3].

Завданням очищення є виділення з ЗС всіх домішок, а також вилучення щуплого, битого і пошкодженого зерна основної культури для підвищення її чистоти. Очищенню зазвичай піддають все зібране зерно.

Попереднє очищення використовують для свіжезібраної ЗС вологістю до 35%. Завдяки цьому в очищеній ЗС знижується вміст найбільш великих і дрібних домішок з 15 – 20 % до 3%, видаляється частина надлишкової вологи, збільшується його сипкість, полегшуються подальші процеси переробки, покращуються умови зберігання ЗС.

На первинне очищення направляють щойно зібрану ЗС вологістю не більше 22% або попередньо оброблене і висушене зерно вологістю не більше 18%. У результаті із ЗС виділяють великі, легкі і дрібні домішки, подрібнене і щупле зерно, вміст домішок в зерні знижується з 8 – 10% до 1 - 3%. Вихідна ЗС поділяється на три фракції: очищене зерно, фуражні відходи і домішки.

При вторинному очищенні відділяють з ЗС близькі до зерна за розмірами домішки, важковідділюване насіння бур'янів. У результаті вихідна ЗС поділяється на насіннєву фракцію, зерно другого гатунку, легкі, дрібні і великі домішки. В основному попередньому і первинному очищенню піддають продовольче і фуражне зерно, а насіннєве - ще й вторинному [3].

Під час сортування зерна відбувається процес механічного розділення очищеного від домішок зерна на фракції, що розрізняються хлібопекарськими (для продовольчого) або посівними (для насіннєвого) якостями, метою якого є отримання якісного продовольчого та насіннєвого матеріалів. ЗС сортують за розмірами (товщина, ширина та довжина), вагою, аеродинамічними властивостями та іншими ознаками. Зазвичай, у багатьох зерноочисних машинах очищення та сортування зерна виконуються одночасно.

Також ЗС піддають калібруванню, тобто поділу очищеної ЗС на фракції за розмірами, що перебувають у певних межах, зумовлених вимогами рівномірності висіву апаратами сіялок.

Операції з очищення, сортування і калібрування ЗС проводять в зерноочисних машинах (ЗОМ) з різними сепаруючими робочими органами.

Принцип роботи сепарувальних органів базується на відмінності фізико-механічних властивостей окремих частинок ЗС, таких як: аеродинамічні властивості, розміри, форма, щільність, стан поверхні, пружність, колір, електрофізичні властивості та ін.

Способи очищення і сортування ЗС визначаються залежно від фізико-механічних властивостей її складових. До найпоширеніших способи очищення і сортування відносяться [3]:

- а) очищення ЗС повітряним потоком;
- б) поділ ЗС за розмірами на решітках;
- в) поділ ЗС за довжиною на трієрах;
- г) поділ ЗС за формою і властивостями їх поверхні;
- д) очищення і сортування ЗС по щільності;
- е) електричні методи розділення ЗС.

Очищення ЗС повітряним потоком широко застосовують у ЗОМ. Воно базується на відмінності в масі та аеродинамічних властивостях складових ЗС. Аеродинамічні властивості насіння і домішок характеризуються опором, який чинить їх руху повітря. ЗС розділяють на фракції в повітряних каналах і камерах ЗОМ. Повітряні канали бувають вертикальні і похилі, прямокутного перетину і циліндричні. Розрізняють вертикальні канали одинарні (рис. 1. б і в) і подвійні (рис. 1. г) [3].

Застосовують канали нагнітальної дії (рис. 1. б і д), в яких зона обробки зерна повітряним потоком розташована на вихідній частини каналу вентилятора, і всмоктуючого дії (рис. 1. в і г), коли робоча зона розташована на вхідній частини каналу вентилятора. Повітряним потоком виділяють з зерна полови, мертвий сор, деякі насіння бур'янів, щупле і подрібнене зерно та інші домішки. Захоплені повітрям відділені домішки піднімаються по каналу і попадають в осадочну камеру. В результаті збільшення площі поперечного перерізу камери (в 2,5-3 рази порівняно з каналом) швидкість повітря різко зменшується до 0,5-1 м/с і домішки осідають.

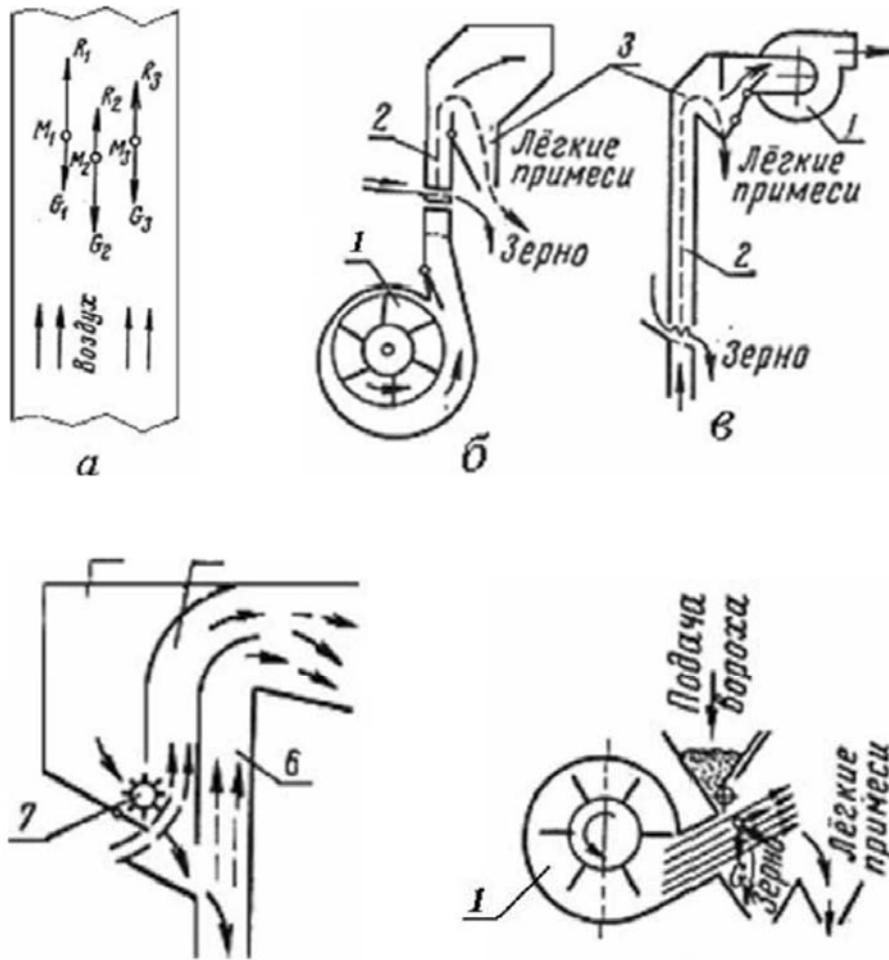


Рисунок 1.1 Типи повітряних каналів ЗОМ: а - сили, що діють на частинки у вертикальному повітряному каналі; б - вертикальний канал нагнітальної дії; в - вертикальний канал всмоктувальної дії; г - подвійний вертикальний повітряний канал; д - похилий повітряний потік в камері ЗОМ: 1 - вентилятор, 2, 5 і 6 - повітряні канали; 3 - осадочна камера; 4 - приймальна камера; 7 - живильний валок.

При розділенні ЗС за розмірами на решетах насіння поділяють на фракції за шириною (середній розмір зернини) та товщиною (мінімальний розмір зернини). Для розділення ЗС за шириною застосовують решета з круглими отворами (рис. 1.2а) (через круглі отвори можуть проходити тільки ті зернини і домішки, ширина яких менше діаметра отвора решета, товщина

зерен і їх довжина на процес поділу не впливають), а для розділення ЗС за товщиною - з продовгуватими.

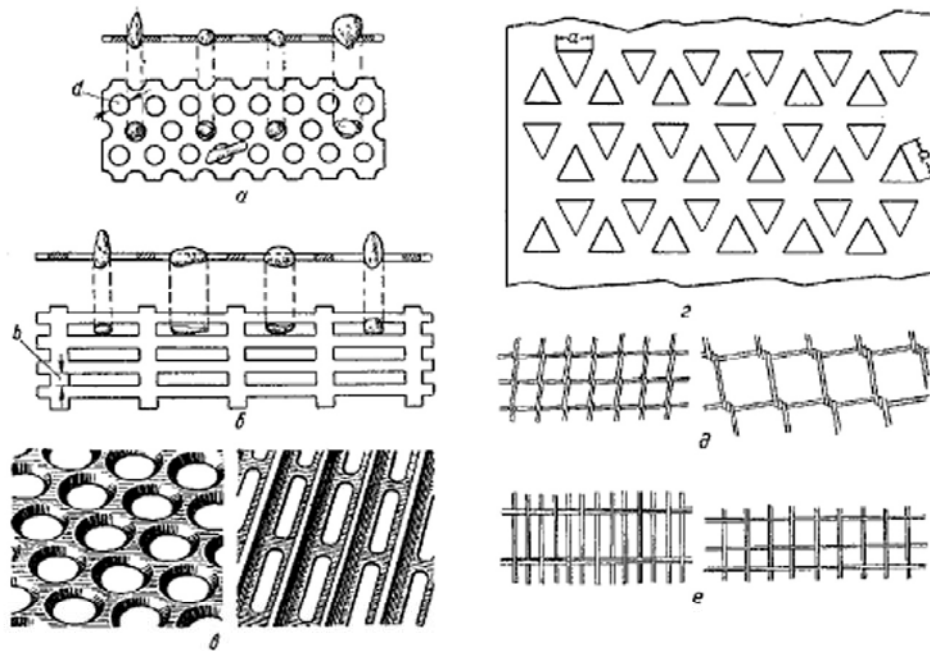


Рисунок 1.2. - Решета ЗОМ: а - з круглими отворами; б - з продовгуватими отворами; в - з лункоподібними і гофрованими отворами для калібрування насіння кукурудзи; г - з трикутними отворами; д - плетені; е – ткани .

Для розділення ЗС по ширині, решета підбирають з такими отворами, щоб крізь них проходили зерна другого сорту або домішки (прохід), а зерна першого сорту сходили з поверхні решета (схід). Через отвори довгастої форми (рис. 1.2 б) можуть проходити тільки ті зерна і домішки, товщина яких менше ширини отворів. Ширина і довжина зерен при цьому не впливають на поділ насіння по товщині. Решета з продовгуватими отворами підбирають так, щоб ширина отворів була менше товщини очищеного насіння і більше товщини частинок [3].

## 1.2. Поділ ЗС за довжиною на трієрах

Для відділення від зерен основної культури коротких або довгих домішок застосовують трієри, які можуть бути як окремими ЗОМ, так і робочими органами інших агрегатів. Найбільше застосування мають циліндричні трієри (ЦТ), робочим органом яких є пористий циліндр (ПЦ). На внутрішній поверхні ПЦ шляхом штампування або фрезерування утворюють комірки у вигляді коміркоподібних заглиблень. Діаметр комірок повинен бути більшим або меншим довжини сортованих або очищуваних зерен ЗС. Трієрні циліндри, у яких діаметр комірок менше довжини зерна основної культури, служать для відділення коротких домішок (КД) з ЗС і називаються кукільними. Циліндри для відділення довгих насінин і домішок мають комірки діаметром більше довжини основного зерна ЗС і називаються овсюжними. У середині циліндра змонтований лоток зі шнеком, частота обертання якого зазвичай дорівнює частоті обертання циліндра з осередками. Поділ зерен комірковою поверхнею і схема роботи кукільного і овсюжного циліндрів показані на рисунках 1.3 і 1.4.

Неочищена ЗС, потрапляючи в обертовий циліндр 1 з одного його кінця, переміщується до вихідного кінця шаром, який проходить по коміркової поверхні. Короткі зерна і домішки довжиною менше діаметра осередків захоплюються ними і піднімаються вгору (рис. 1.4 а). Над лотком 2 насіння під дією сили тяжіння випадають з осередків і потрапляють в шнек 3, яким транспортуються по лотку з циліндра. Довгі насінини, частково потрапляючи в комірки, не утримуються в них і випадають, не доходячи до лотка. Вони переміщуються уздовж осі циліндра і йдуть сходом по коміркової поверхні.

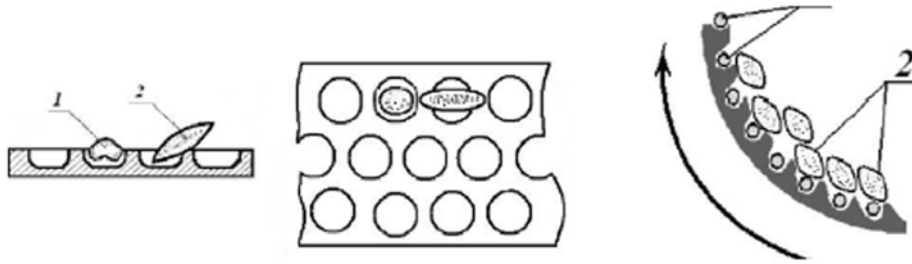


Рисунок 1.3. - Поділ зерен комірковою поверхнею: 1 - зерно, довжина якого менше діаметра осередку (укладається в комірці); 2 - зерно, довжина якого більше діаметра осередку (не вкладається в комірці).

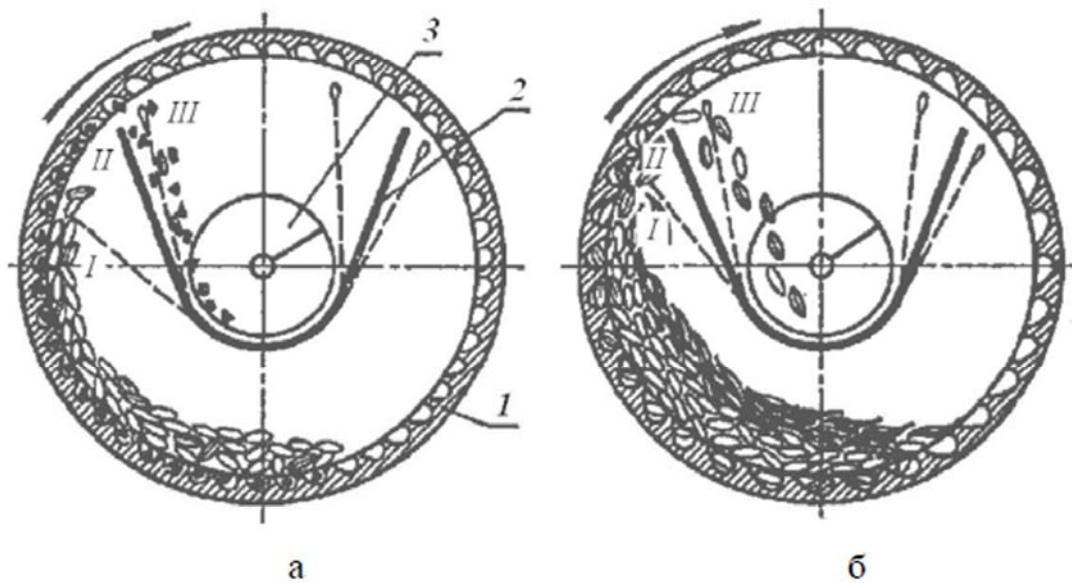


Рисунок 1.4. Схеми роботи кукуільного (а) і овсюжного (б) ЦТ

У овсюжному ЦТ (рис. 1.4 б) КД є основне зерно ЗС, воно потрапляє в осередки і потім в лоток. Довгі домішки (ДД) (наприклад, вівсюг в пшениці) йдуть сходом з поверхні циліндра. Щоб у лоток потрапляли тільки КД, його можна повертати і цим регулювати положення відносного місця випадання насіння з комірок, не допускаючи попадання в нього довгих насінин.

Зазвичай, частота обертання ЦТ  $35 - 50 \text{ хв}^{-1}$ . ЦТ встановлюють у складних ЗОМ, в зерночисних агрегатах і комплексах. Комплекти ЦТ можуть випускаються також у вигляді додаткового обладнання з комірками діаметром 5,0; 6,3; 8,5 і 11,2 мм для сортування ЗС і діаметром 1,8; 2,8; 3,5 і 5,0 мм для сортування дрібних насінин.



### 1.3. Аналіз сучасних конструкцій трієрів

Класифікують трієри за різними ознаками. Залежно від типу робочого органу (РО) всі трієри поділяють на циліндричні та дискові. При цьому ЦТ залежно від частоти обертання ротора можуть бути тихохідними і швидкохідними. Останні залежно від подачі ЗС можуть бути з подачею на початку циліндра і з подачею по всій довжині. Для інтенсифікації процесу поділу в швидкохідних ЦТ з подачею на початку циліндра може встановлюватися зворощувальний механізм. Тихохідні ЦТ можуть мати зовнішню сітчасту поверхню.

Дискові трієри (ДТ) залежно від кількості роторів та їх компоновання підрозділяються на однороторні, чотирьохроторні і спарені. У деяких ДТ для контролю очищеної фракції ЗС передбачають контрольне відділення (КВ). Всі трієри за призначенням можна розділити на ЗОМ для очищення від довгих домішок і для очищення від коротких домішок.

ДТ А9 - УТО і А9 - УТК призначені: перші - для виділення із сумішей ДД (переважно вівсюга), а другі - КД (переважно кукілю). Основний РО трієрів - диски з осередками на бічних поверхнях.

Функціональна схема трієра типу А9 - УТК представлена на рис. 1.5. Вихідна суміш надходить в приймально - живильний пристрій, що складається з приймального патрубку 6, трьох ковшових коліс 4, шнека 5 і регулюючих пристроїв, звідки трьома потоками направляється в корпус 20. Корпус 20 ночноподібної конструкції розділений двома перегородками 11 на робоче 8, контрольне 16 і перевантажує 19 відділення, в яких розміщується обертовий ротор. Ротор являє собою вал, на якому закріплені диски робочого відділення 23, диски контрольного відділення 14 і ковшове колесо 12. Привід ротора здійснюється від електродвигуна 2 через кліноременну передачу 1 і ланцюгову муфту 25. Зерна ЗС, що надійшли в робоче відділення, потрапляють в комірки обертових дисків і піднімаються на певну висоту.

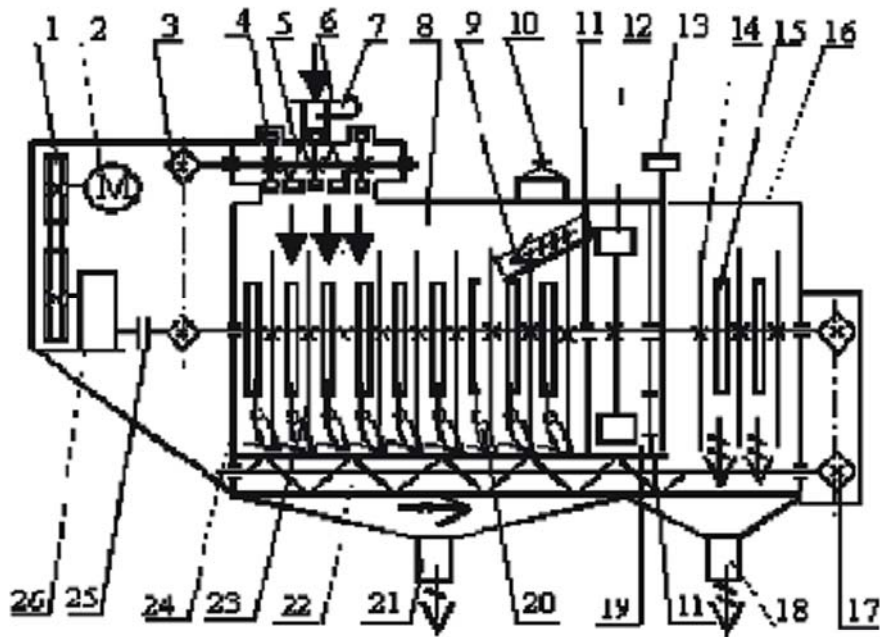


Рисунок 1.5 - Схема трієра кукілевідбірника типу А9-УТК: 1 - пасова передача; 2 - електродвигун; 3 - ланцюгова передача приводу ЖП; 4 - ковшове колесо ЖП; 5 – живильний шнек; 6 - приймальний патрубок; 7 - заслонка ЖП; 8 - робоче відділення; 9 - лоток перевантажувального пристрою; 10 - аспіраційний патрубок; 11 - перегородка; 12 - ковшове колесо перевантажувального пристрою; 13-заслонка КВ; 14 - диск КВ; 15 - лоток КВ; 16- КВ; 17 - ланцюгова передача приводу шнека для короткої фракції; 18 - патрубок для випуску короткої фракції; 19 - перевантажувальне відділення; 20 - корпус; 21 - патрубок для випуску очищеного зерна; 22 - шнек; 23 - диски робочого відділення; 24 - лотки; 25 - ланцюгова муфта; 26 - редуктор.

При цьому ДД (зерна пшениці або жита) займають нестійке положення в комірках і при невеликому куті повороту дисків випадають, потрапляючи в лотки, звідки очищене зерно через патрубок 21 виводиться з машини. Коротка фракція (биті зерна та насіння кукілю) займають стійке положення в комірках і випадають під дією сил інерції і тяжіння при значно більшому куті повороту ротора в лотки 24, розташовані між дисками, з них в шнек 22. Останній транспортує коротку фракцію і попавші сюди зерна основної культури (пшениці або жита) в КВ 16, де обертаються диски 14. Тут КД

домішки, потрапляючи в комірки, піднімаються вгору, випадають в лотки 15, а по них надходять до збірнику і через патрубок 18 виводяться з ЗОМ. ДД накопичуються в контрольному відділенні і гонками дисків підтискаються до перегородки 11, що розділяє контрольне і перевантажує відділення.

При досягненні певного рівня зерна пшениці (або жита) через вікно в стінці 11 надходять в перевантажувальне відділення і ковшовим колесом 12 піднімаються вгору, а потім по похилому лотку 9 повертаються в робоче відділення. Шнеки і ковшові колеса ЖП приводяться в рух від основного ротора через ланцюгові передачі 3 і 17. Аспірація трієра здійснюється через патрубок 10. Рівномірність розподілу і подачу (продуктивність) вихідної суміші регулюють за допомогою прапорця розподільника і заслонки 7. Рівень зерна, що знаходиться в контрольному відділенні, змінюють шляхом перекриття заслонкою 13 вікна в перегородці, що розділяє контрольне і перевантажувальне відділення. Принцип дії трієра А9 - УТО і його конструкція аналогічні трієру А9 - УТК.

ДТ А9-УТ2К-6 кукілевідбірник, представлений на рис. 1.6., призначений для очищення зерна пшениці від ДД кукілю та іншого аналогічного насіння бур'янів. В ньому поділ ЗС по довжині зернових компонентів відбувається за допомогою пористих дисків. ЗС через завантажувальний пристрій 3 рівними потоками надходить у робоче відділення трієра. Зерно пшениці і довгі домішки обертовими дисками виносяться в нижні лотки і виводяться з машини. КД і зернівки пшениці, що займають стійке положення в комірках дисків, по верхніх лотках потрапляють в гвинтовий конвеєр і транспортуються в КВ. У КВ короткі домішки витягуються комірками дисків і виводяться з машини, а зерно і довгі домішки, накопичуючись, перетікають в перевантажувальний пристрій і за допомогою ковшового колеса повертаються в робоче відділення для додаткового очищення. Рівень перетікання зерна з КВ в перевантажувальний пристрій регулюється заслонкою.

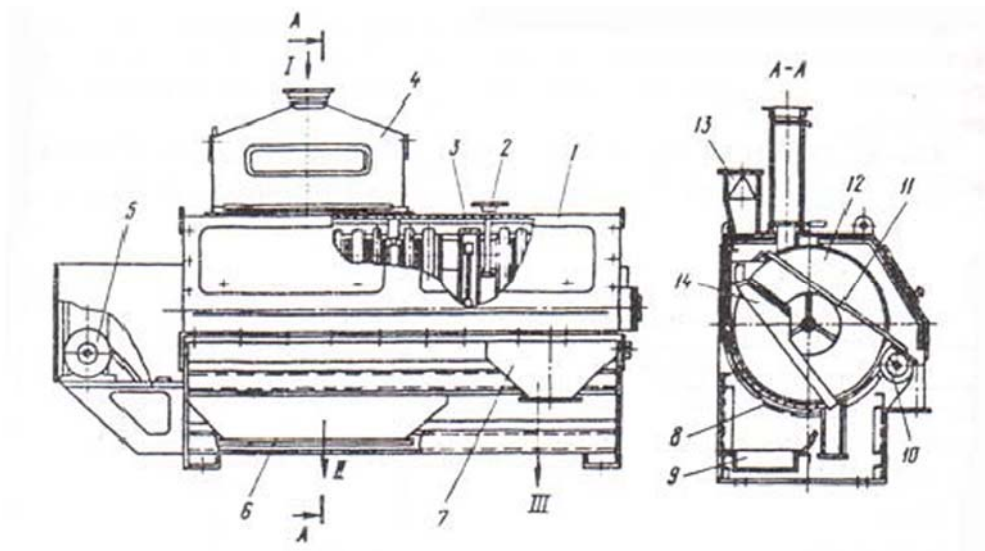


Рисунок 1.6. - Дисконий трієр А9-УТ2К-6 кукулієвідбірнік: 1 – корпус, 2 – штурвал регулювальної заслонки, 3 – ковшове колесо, 4 – приймально-розподільчий пристрій, 5 – електропривід, 6, 9 – збірники, 7 – бункер, 8 – люк, 10 – шнек, 11, 14 – лотки, 12 – диск, 13 – аспіраційний диффузор; I – неочищене зерно, II – очищене зерно, III – КД.

Трієр БТС (рис. 1.7.) призначений для очищення зерна від домішок, що відрізняються від основної культури (пшениці) довжиною (вівсюг, овес, ячмінь та ін.). РО машини є циліндрична поверхня 2 з осередками діаметром 8,5 мм. По краях пористого циліндра розташовані бандажі 1, що спираються на ролики 15. У середині циліндра розташований живильний шнек (ЖШ) 13 і шнек 4, що служить для збору і виведення короткої фракції (пшениці) з трієра. У середині циліндра є гребінка з плужками 12, що служать для переміщення довгої фракції уздовж циліндра. З боку випуску вівсюга знаходиться зворощувач 7. Циліндр приводиться в дію від електродвигуна 10 через пасові передачі, проміжний вал 9, приводний вал 8 і ролики 15. Ролики за рахунок сил тертя з бандажами передають рух циліндру. З валу 8 рух за допомогою ланцюгової передачі передається на шнеки 4, 13 і зворощувач 7. Вихідна суміш, яка надходить на очищення живиться шнеком, розподіляється тонким шаром приблизно на  $2/3$  довжини циліндра. Зерна пшениці, потрапляючи в комірки, піднімаються і випадають в жолоб шнека,

який виводить очищене зерно в збірник. Вівсюг та інші довгі домішки, які не поміщаються в комірки, скупчуються в циліндрі і за допомогою плужків переміщуються уздовж його осі. Зворошувач розпушує ЗС, полегшуючи потрапляння пшениці в комірки. Вівсюг через борт циліндра надходить у збірник 6. Найбільшу ефективність очищення трієр має при продуктивності 5 т/год і частоті обертання 38 об / хв.

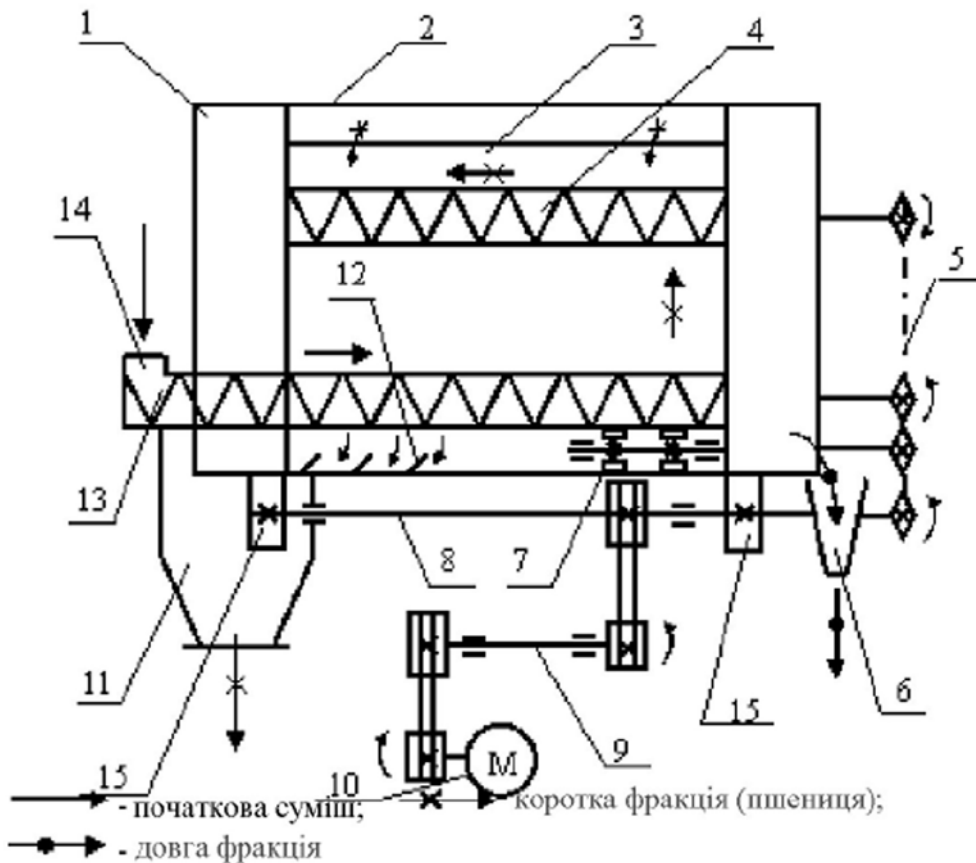


Рисунок 1.7 - Схема ЦТ БТС 1 - бандаж; 2 - циліндр пористий; 3 - лоток; 4 - шнек для збору короткою фракції; 5 - передача ланцюгова; 6 - збірник вівсюга; 7 - зворошувач; 8 - вал приводних роликів; 9 - вал проміжний; 10 - електродвигун; 11 - збірник короткої фракції; 12 - плужок; 13 - шнек живильний; 14 - приймач; 15 - ролик привідний

Трієри циліндричні Р6-ТЦ-500 Р6-ТЦ-700 (рис. 1.8) призначені для відбору із зерна пшениці домішок, що відрізняються від основного зерна довжиною.



Рисунок 1.8. - Трієри циліндричні Р6-ТЦ-500 та Р6-ТЦ-700

Порівняння технічних характеристик трієрів наведено в таблиці А.2.

#### 1.4. Аналіз конструкції та принципу роботи ультратрієрної установки типу UT401/4

Ультратрієрні установки типу UT (рис.1.9) служать для сортування залежно від довжини зерна та інших зернистих продуктів, що неможливо відсіяти за допомогою сит.

Станина установки UT складається з двох основних рам на боковинах яких знаходяться металеві аркуші обшивки, що прикручуються. На рамах кріпляться інші вузли пристрою. Дверцята обшивки знімні

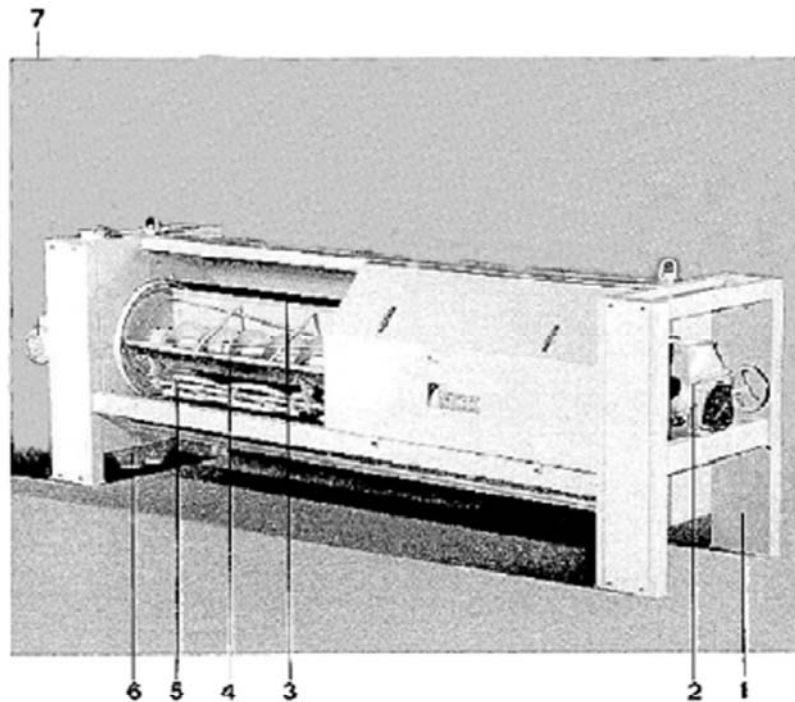


Рисунок 1.9. – Ультратрієрна установка UT401/4:

1 – станина трієра; 2 – впускний вузол; 3 – циліндр трієра; 4 – жолоб трієра з транспортувальним шнеком; 5 – ударний валок; 6 – випускний вузол; 7 – привід

Впускний вузол складається (рис 1.10) з литого корпусу і прикріплений гвинтами 4 до станини трієра. Від задньої частини впускного вузла проходить порожній вал жолоба трієра крізь корпус.

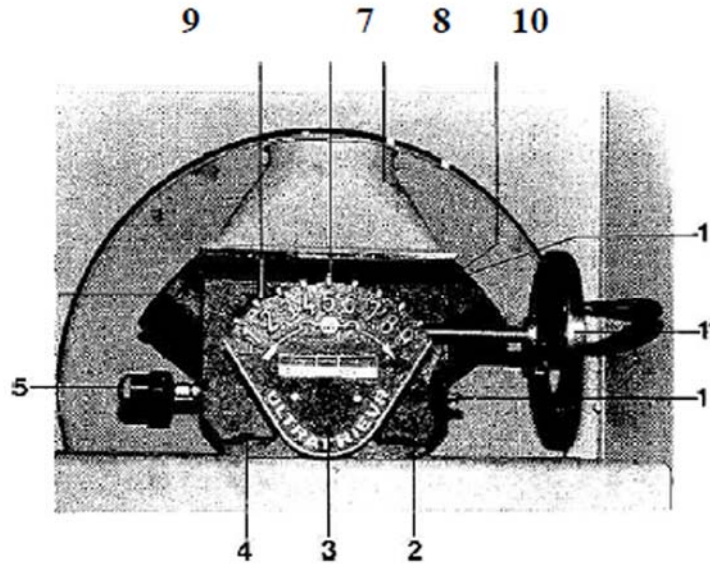


Рисунок 1.10 – Впускний вузол ультратрієрної установки типу УТ401/4: 1 – змашувальний ніпель; 2 – впускний вузол; 3 – табличка; 4 – гвинти; 5 – автоматичне мастильне гніздо; 6 – штуцер забору проб, лівий; 7 – покажчик; 8 – перехідний пристрій головної подачі; 9 – фіксуючий гвинт; 10 – штуцер забору проб, правий 11 – ручне махове колесо

На цьому порожньому валу закріплена шестерня шнека, зчеплена зі шнеком ручного махового колеса 11. За допомогою ручного махового колеса проводиться регулювання жолоба трієра. На передній частині прикручена табличка жолоба 3. Табличка жолоба має розподіл (від 1 до 9), що разом з покажчиком 7 показують положення жолоба трієра. Крім того табличка жолоба містить інформацію про напрямок обертання трієра, розмір трієрної установки і номер фабрику. У верхній частині впускного вузла знаходиться перехідний пристрій 8 для головного впуску. Ліворуч і праворуч знаходяться штуцери забору проб 6 і 10. Для фіксації положення регулятора жолоба трієра установлений фіксуючий гвинт 9.



Циліндр трієра (рис. 1.11). Обидві половини циліндра 4 і 6 накладаються на зірочку впуску 1 і зірочку випуску, а потім затягуються за допомогою натяжного гвинта 3. Натяжний гвинт необхідно затягнути таким чином, щоб не виникло перетяжки половинок циліндра. Потім затягнути контргайку 2.

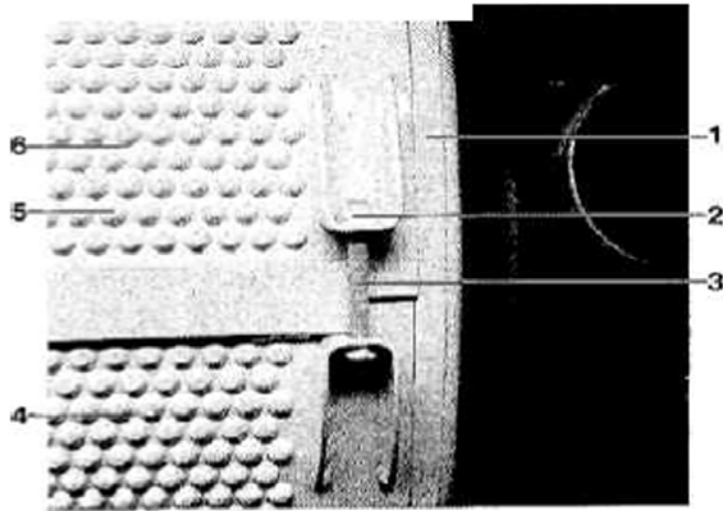


Рисунок 1.11 – Циліндр трієра ультратрієрної установки типу УТ401/4: 1 – зірочка впуску; 2 – гайка; 3 – натяжний гвинт; 4 – половинка циліндра; 5 – комірка трієра; 6 – половинка циліндра

Жолоб трієра з транспортувальним шнеком (рис. 1.12.). Жолоб трієра 2 зміцнюється розпірками 3, а також має дві підпірки 6, що йдуть у подовжньому напрямку жолоба. Жолоб може плавно регулюватися за допомогою ручного махового колеса. Транспортувальний шнек 4 установлений на валу циліндра і приводиться ним же в рух. Жолоб трієра з транспортувальним шнеком приймає відсортований продукт і транспортує його до сторони випуску. Цей вузол установлюється між зірочками впуску і випуску, а на нього накладається циліндр. Для повного спустошення жолоб трієра може бути повернутий в обидва боки на 360°.

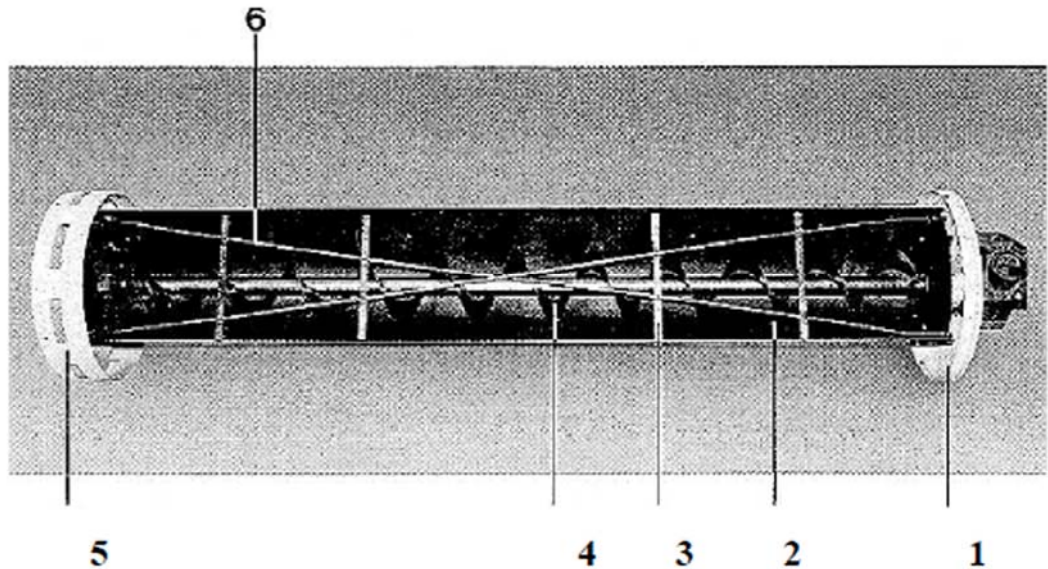


Рисунок 1.12.— Жолоб трієра з транспортувальним шнеком ультратрієрної установки типу УТ401/4: 1 – зірочка впуску; 2 – жолоб трієра; 3 – розпірки; 4 – транспортувальний шнек; 5 – зірочка випуску; 6 – підпірки жолоба

Ударний валок (рис. 1.13, рис. 1.14). Вал ударного валка 3 (рис. 1.13) прикручений через вузол підшипника 6 (рис.1.14) і кріпильну скобу 2 (рис.1.15) до нижньої частини жолоба трієра 3 (рис.1.13.). З боку впуску вал має транспортувальний шнек 1 (рис.1.13). На іншій стороні вала ударного валка знаходиться ударний валок 2 (рис.1.14). Ударний валок приводиться в рух за допомогою шестерні 5 (рис.1.13) і укріпленого на зірочці випуску зубчастого вінця 4 (рис.1.14).

Випускний вузол виводить роздільно фракції, що надходять з жолоба трієра і циліндра трієра. Для цієї мети кришка випуску розділена на камери, а на її нижній частині знаходяться виходи до яких прикріплені відповідні виводи. Ліворуч і праворуч кріпляться отвори, що закриваються, для забору проб. Отвору для забору проб можуть бути розташовані також і на передній стороні вузла.

На вал циліндра трієра насаджені привід і двигун. Для прийому моменту обертання привод з'єднаний зі станиною через упор проти

провертання. На вузлі привода є витяжна вентиляція. На верхній частині двигуна встановлена клемна коробка.

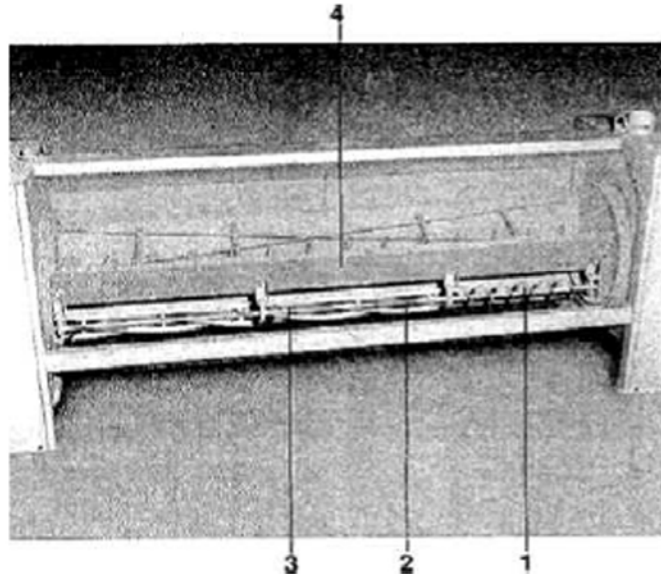


Рисунок 1.13 – Вал ударного валка ультратрієрної установки UT401/4:

1 – транспортувальний шнек / ударний валок; 2 – ударний валок; 3 – вал ударного валка; 4 – жолоб трієра

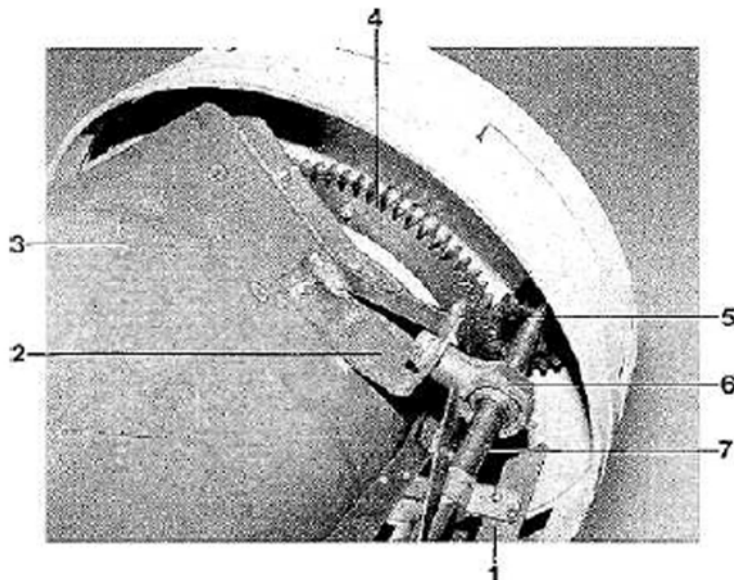


Рисунок 1.14 – Ударний валок ультратрієрної установки UT401/4: 1 – ударний валок; 2 – кріпильна скоба; 3 – жолоб трієра; 4 – зубчастий вінець; 5 – шестірня; 6 – опора з підшипником; 7 – вал ударного валка

Циліндр трієра разом з валом циліндра спирається на самовстановлювальний шарикопідшипник і вертикальну опору. Пристрій регулювання жолоба трієра спирається на синтерне гніздо і самовстановлювальний шарикопідшипник. Для герметизації обертових вузлів на стаціонарні вузли встановлені повстяні кільця. На зірочці випуску герметизація досягається за допомогою повстяних ущільнювачів.

Принцип роботи ультратрієрної установка показано на рис. 1.15.

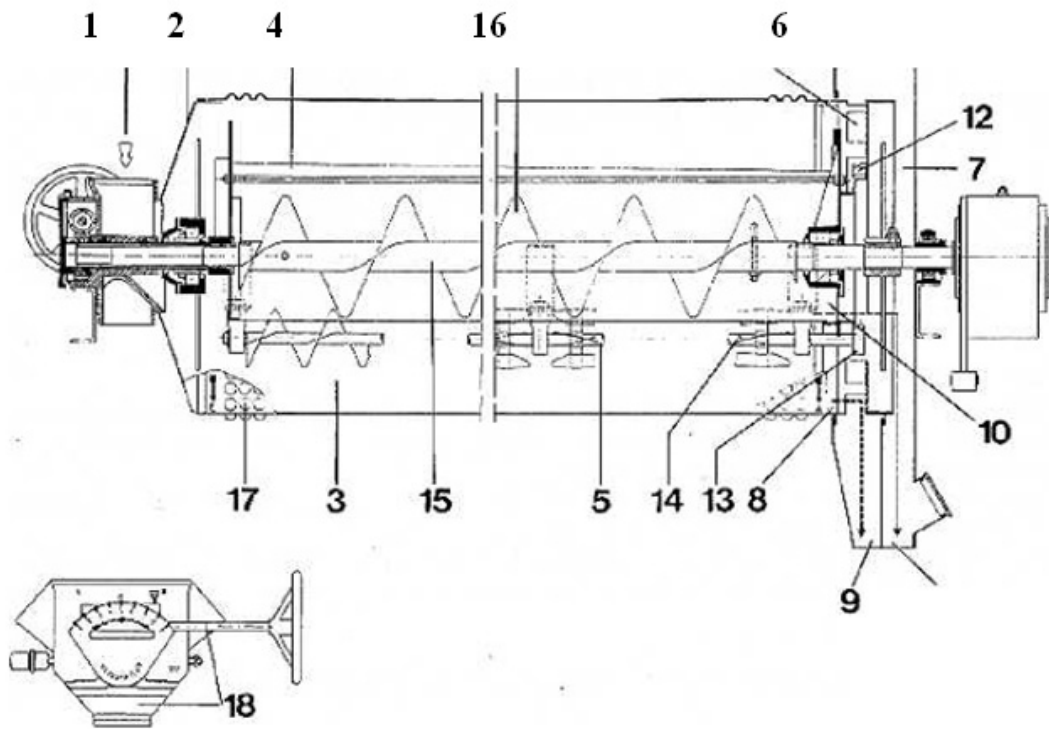


Рисунок 1.16. – Принцип роботи ультратрієрної установки UT401/4:  
 1 – впуск; 2 – зірочка впуску; 3 – циліндр трієра; 4 – жолоб трієра; 5 – ударний валок; 6 – зірочка випуску; 7 – кришка випуску; 8 – випуск циліндра трієра; 9 – підключення продукту оболонки; 10 – випуск жолоба; 11 – підключення жолобового продукту; 12 – зубчастий вінець; 13 – шестерня; 14 – вал ударного валка; 15 – серединний вал трієра; 16 – транспортувальний шнек; 17 – комірка трієра; 18 – впускний вузол.

Сортований сипучий продукт надходить через впуск 1 у циліндр трієра 3. Видавлені у формі кишені пресовані комірки 7 приймають придатні за

розміром під комірки зерна сортованого продукту. Прийняті комірками зерна забираються обертовим у трієрі циліндром, поки вони під дією власної ваги не випадуть з відповідної висоти. На прохідному наскрізь серединному валу 15 знаходиться жолоб трієра 4 у якому рухається транспортувальний шнек 16. У цій частині пристрою обидві фракції надходять назовні роздільно з жолоба 11 і з циліндра 9. Границя поділу між обома фракціями залежить не тільки від розміру комірок, але і від плавної перестановки висоти канта жолоба трієра, що регулюється через впускний вузол 18 напроти стінки циліндра. Трієр для круглого зерна має ударний валок 5, що кріпиться за допомогою зубчастого вінця 12, встановленого на зірочці випуску 6, і приводиться в рух шестірнею 13. Ударний валок перешкоджає утворенню напливів зерна, що можуть утворитися в нижній частині ЦТ. На самій верхній частині станини трієра знаходиться пристрій підключення аспірації.

### 1.5. Техніко-економічне обґрунтування модернізації ультратрієрної установки UT 401/4

Використовувана у технологічному процесі ультратрієрна установка UT 401/4 відносяться до сучасного високопродуктивного обладнання, яке застосовується у круп'яних, борошномельних виробництвах та інших виробництвах, де є сортування ЗС. Переробка великої кількості сировини різної якості викликає деколи завалювання установки сировиною і її зупинку для подальшого очищення. Таке явище викликане тим, що шнековий виток на початку ударного валка виконаний у виді стрічки і між ним і валом є зазор, через який може просипатися продукт і не перемішуватися.

Тому модернізація ультратрієрної установки шляхом заміни стрічкового витка на суцільний дозволить уникнути цього явища, покращити рівномірність і якість транспортування, перемішування ЗС, покращити якість продукції.

## 1.6. Мета та завдання кваліфікаційної роботи

Метою кваліфікаційної роботи дослідження процесу сортування зерна пшениці, впливу на нього конструктивних параметрів, кінематичних режимів, характеристик сировини і розроблення заходів з модернізації ультратрієрної установки УТ 401/4 що дозволить підвищити ефективність підготовки зерна пшениці до подальшої переробки.

Завдання роботи:

- Провести сучасних досліджень процесів сортування та зробити аналіз існуючих конструкцій трієрних машин;
- Провести технологічний розрахунок ультратрієрної установки УТ 401/4 та визначення конструктивних параметрів жолоба та транспортувального шнека;
- Провести розрахунок продуктивності ультратрієрної установки УТ 401/4 та потрібної потужності;
- Провести кінематичний розрахунок, проектні та перевірочні розрахунки конструктивних елементів установки;
- Провести теоретичне дослідження процесу сортування зерна пшениці, дослідити вплив конструктивних та режимних параметрів на процес сортування.

## 2. МЕТОДИ ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

### 2.1. Обґрунтування методів і засобів досліджень

Отримання фахових знань при сучасному інтенсивному розвитку суспільства є неможливим без пошуку та аналізу інформації, постановки експериментів, опрацювання їх результатів, знання і розуміння методів моделювання та оптимізації харчових процесів і виробничого обладнання, сучасних методів представлення результатів.

Мережі Інтернет є самим незамінним засобом сучасного пошуку інформації. Сучасні веб-переглядачі такі як Google, Chrome, Opera та інші дозволяють знайомитися з сучасними досягненнями науки, технології, обладнання, формулювати актуальність та завдання роботи.

Сучасні методи теоретичного та емпіричного дослідження а саме: спостереження, порівняння, аналогія, аналіз, синтез, моделювання тощо широко використовуються для вирішення проблемних завдань.

Незамінним для оформлення текстової частини роботи залишається текстовий редактор - Microsoft Word, який має широкі можливості для оформлення і представлення різних документів, в тому числі і з розрахунками, формулами, таблицями. Програми AutoCAD, AdobeReader, Photoshop мають широкі можливості для представлення ілюстративного матеріалу.

Система автоматизованого проектування AutoCAD використовувалася для виконання та оформлення креслень, схем та деяких рисунків.

Виконання інженерних, аналітичних розрахунків здійснювалось в середовищах Microsoft Excel (в основному табличні розрахунки, побудова та аналіз графіків) та Mathcad (для інженерних та конструкторських розрахунків).



## 2.2. Алгоритм і методики проведення чисельного експерименту

Проведення дослідження процесу сортування зерна пшениці на ультратрієрній установці УТ 401/4 спочатку було розглянуто яким чином реалізується сам процес сортування і які чинники впливають на нього. Розглядалися як і конструктивні параметри: діаметр і довжина ТЦ, вид і якість його поверхні, конструктивні особливості елементів конструкції ТЦ, їх вплив на складові процесу, характеристики перероблюваної сировини. Також було опрацьовано багато літератури по розглядуваному питанню. Для аналізу впливу різних факторів на процес сортування були використані дані з різних літературних джерел для подальших розрахунків. Аналіз отриманої інформації, представлення результатів у виді графіків, які наглядно дають змогу оцінити вплив того чи іншого фактора на процес сортування ЗС. Представлені схеми полегшують сприйняття і розуміння суті процесу, наглядно показують співвідношення між конструктивними параметрами, діючими силами, дають розуміння особливостей досліджуваного процесу,. Також було проведено конструкторські розрахунки по модернізації обладнання. Отримані результати послугували основою для розробки пропозицій з модернізації ТЦ ультратрієрній установці УТ 401/4.

### 2.3. Методи аналізу похибок досліджень

При розгляді і аналізі різних процесів та обладнання харчових виробництв зазвичай виникають складнощі по охопленню всіх важелів що здійснюють прямий чи непрямий вплив на обробку того чи іншого продукту. Зазвичай часто користуються різними припущеннями і спрощеннями, тому завжди виникає питання достовірності отриманих результатів, тому що при розв'язку прикладних завдань зазвичай виникають різного роду похибки. Вони можуть бути більшим чи меншими. Тоді отримані результати можуть відповідати досліджуваному процесу або подекуди навіть суперечити реальному ходу подій. Для того щоб уникнути серйозних похибок необхідно використовувати стандартні методи і методики розрахунків, оцінки результатів. Гарні можливості надає зараз сучасна комп'ютерна техніка, що дозволяє здійснювати розрахунки дуже точно, з мінімальними похибками.

Виходячи з вище представленого конструктивні розрахунки елементів установки були проведені відповідно до стандартних методик. Використання програм Microsoft Excel та Mathcad, що спеціально розроблені для таких видів робіт забезпечує необхідну достовірність математичної обробки результатів та точність інженерних розрахунків.

### 3. КОНСТРУКТИВНА ЧАСТИНА

3.1. Технологічний розрахунок жолоба ультратрієрній установки УТ 401/4 та визначення конструктивних параметрів жолоба та транспортувального шнека

Желоб й шнек ультратрієрній установки. Для приймання та відводу зерен та домішок ЗС, що вилучаються комірками, служать жолоб и шнек. Слід відмітити, що в трієрних машинах кутові швидкості обертання шнеку та ТЦ циліндру є однаковими. Відносно осі трієрних машин шнеки можуть розміщуватися концентрично та ексцентрично (рис. 3.1).

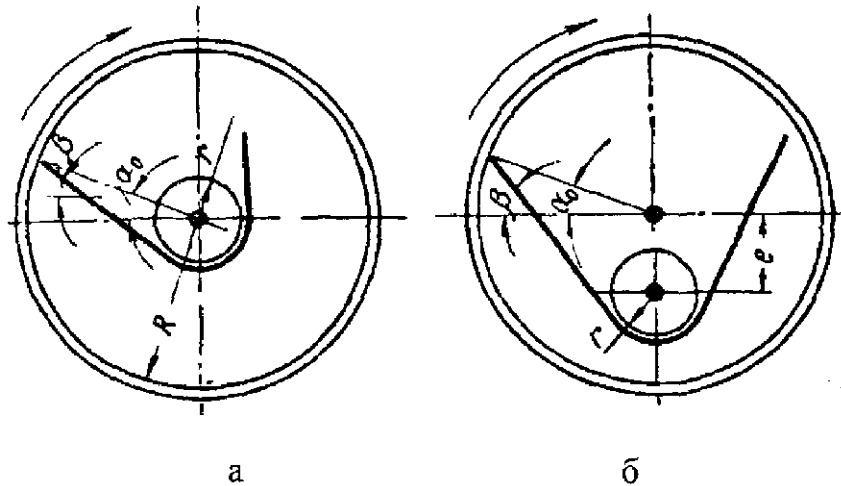


Рисунок 3.1 - Схеми розміщення шнеків: а – концентрична та б – ексцентрична

В розглядуваній ультратрієрній установці шнек розміщений концентрично по відношенню до жолоба.

При визначенні розмірів ТЦ циліндра задаються спочатку окружною швидкістю, яка для швидкохідних трієрів становить 0,9-1,4 м/с.

Користуючись даними [12] вибираємо розміри комірок для очистки пшениці від коротких домішок.

Для очищення пшениці:

діаметр комірок становить  $d=5$  мм,

довжина зерна  $\delta=10$  мм,

насипна вага  $\rho=750$  кг/м<sup>3</sup>,

кут природного відкосу  $\beta=25^\circ$ ,

коефіцієнт тертя до сталі  $f=0.36$

Довжина трієрного барабана  $L$ , м в першому наближенні за формулою

Павловського:

$$L = \frac{53 \cdot G \cdot a}{D \cdot k \cdot \delta \cdot \varepsilon \cdot n} = \frac{166.42 \cdot G \cdot a}{k \cdot \delta \cdot \varepsilon \cdot v}$$

де  $G = 4000$  кг/год – задана продуктивність трієра,

$a=10\%$  - вміст коротких зерен в сировині:

$D$  - діаметр трієрного циліндра,

$k$  – кількість комірок на 1м<sup>2</sup> трієрної поверхні:

$$k = \frac{8 \cdot 10^7}{d^2 + d + 0.2 \cdot s} = \frac{8 \cdot 10^7}{5^2 + 5 + 0.2 \cdot 1} = 3,9 \cdot 10^8,$$

де  $s = 1$  – місткість однієї комірки,

$\varepsilon=0,1$  – коефіцієнт використання коміркової поверхні для трієрів, що

відділяють короткі домішки

$$\text{Таким чином } L = \frac{166.42 \cdot 4000 \cdot 0.1}{3,9 \cdot 10^8 \cdot 0.001 \cdot 0.1 \cdot 1.1} = 1.551 \text{ м}$$

Діаметр трієрного барабана для швидкохідних трієрів визначаємо за

залежністю:

$$D = L / (1.25 \div 3.75)$$

тоді

$$D = L / 3 = 0,517 \text{ м.}$$

Приймаємо  $D=0,52$ м.

Радіус шнека для забезпечення необхідного кута зсуву зерна по робочій стінці жолоба для концентрично розміщеного шнека визначаємо з залежності:

$$r \geq R \cdot \sin(\varphi - \alpha_0),$$

де  $R=0.26$  м – радіус трієрного циліндра,

$\varphi$  - кут тертя зерна по матеріалу жолоба,  $\alpha_0=10^\circ$ - центральний кут встановлення жолоба над горизонтальним діаметром.

$$\varphi = \arctg(f) = \arctg(0,36) = 0.34 \text{ рад} = 19,5^\circ$$

$$r \geq 0,26 \cdot \sin(19,5 - 10) = 0,092 \text{ м}$$

Конструктивно приймаємо  $r = 0,11$  м.

Тоді дальність польоту зерна по горизонталі

$$2a = \frac{\omega^2 \cdot R^2}{g} \sin 2\alpha$$

$$\text{де } \alpha = \varphi + \arcsin(K \cdot \cos \varphi) = 19.5 + \arcsin(0.5 \cdot \cos 19.5) = 47.5^\circ$$

$$\text{Тоді } 2a = \frac{4,23^2 \cdot 0,26^2}{9,81} \sin(2 \cdot 47,5) = 0,13 \text{ м}$$

Висота польоту зерна по вертикалі дорівнює

$$b = \frac{\omega^2 \cdot R^2}{2g} \cos 2\alpha = \frac{4,23^2 \cdot 0,26^2}{2 \cdot 9,81} \cos(2 \cdot 47,5) = 0,05 \text{ м.}$$

Необхідну потужність приводу трієра визначають за формулою [15]:

$$N = \frac{2 \cdot 10^{-4} \cdot G}{\eta} = \frac{2 \cdot 10^{-4} \cdot 4000}{0.8} = 1 \text{ кВт,}$$

де  $\eta=0,8 - 0,9$ - к.к.д. приводу трієра

Вибираємо трьохфазний двигун АИР80 з номінальною потужністю 1.1 кВт та частотою обертання 1000об/с.

### 3.2. Структурний аналіз конструкції вузла жолобу з транспортувальним шнеком ультратрієрної установки UT401/4

Основною механічною операцією, яку виконує вузол жолобу з транспортувальним шнеком ультратрієрної установки є передача крутного моменту шнеку, циліндру та ударним валкам машини.

Структурна схема складається на першому етапі конструювання нової машини або дослідження існуючої. Структурна схема включає основні частини устаткування, їх призначення і взаємозв'язок.

На рисунку 3.2 наведена структурна схема конструкції вузла жолобу з транспортувальним шнеком ультра трієрної установки марки UT 401/1

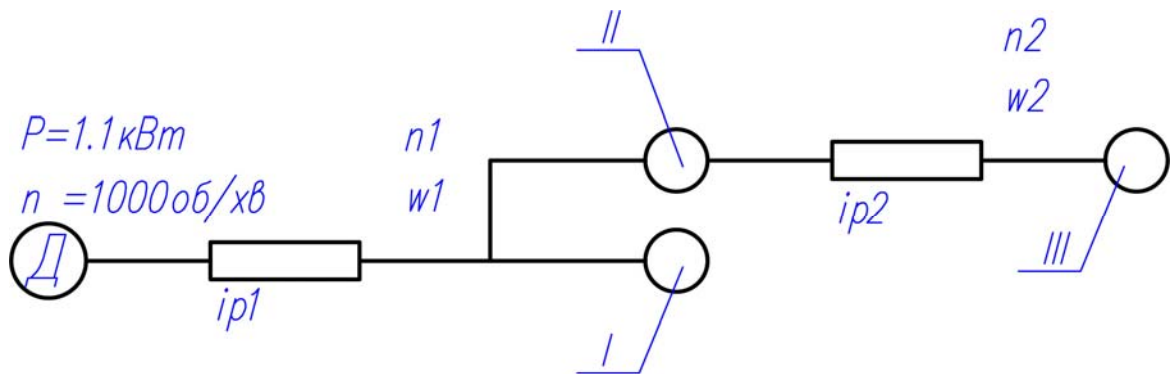


Рисунок 3.2.- Структурна схема конструкції вузла жолобу з транспортувальним шнеком ультратрієрної установки UT401/4

Схема включає електропривід, червячний редуктор, робочі органи.

За принципом дії даний агрегат відноситься до обладнання з механічним приводом. Робочі органи відносяться до деталей типу – “вал” і здійснюють обертний рух. Всі вони здійснюють рух від одного приводу з електродвигуном.

### 3.3. Кінематична схема вузла жолобу з транспортувальним шнеком ультра-трієрної установки типу UT

Розроблення кінематичної схеми є необхідним кроком при створенні нових машин або модернізації існуючих.

На рисунку 3.3 показана кінематична схема ультратрієрної установки типу UT. Кінематична схема дає уявлення, яким чином рух від електродвигуна передається робочим органам машини.

Від електродвигуна до шнека рух передається за допомогою черв'ячного редуктора, далі за допомогою зубчатої пари передається безпосередньо на ударний валок.

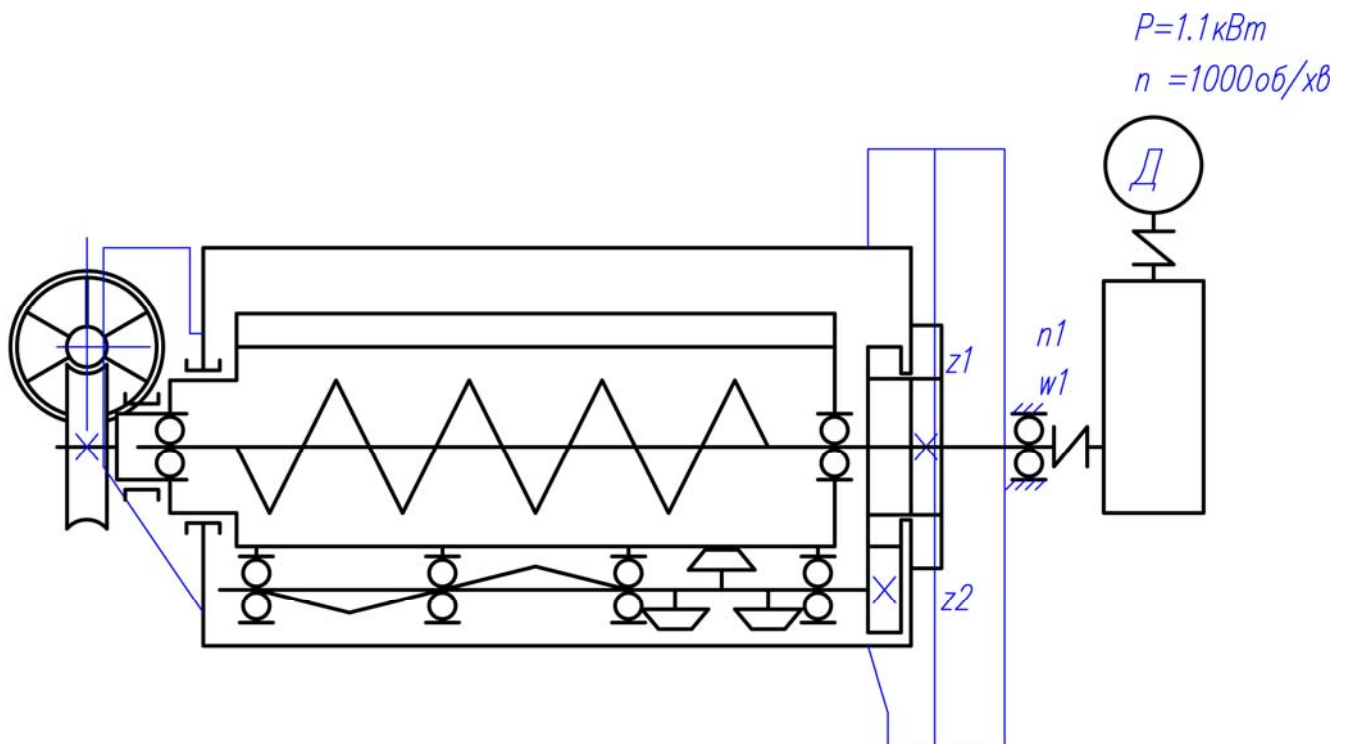


Рисунок 3.3 – Кінематична схема ультратрієрної установки типу UTR

### 3.4. Кінематичний розрахунок ультратрієрної установки УТ 401/4

Розрахуємо основні параметри кінематичної схеми ультра трієрної установки УТ 401/4 (рис. 3.2, рис. 3.3.). и

Визначення кінематичних параметрів приводу

Для розрахунку задаємося необхідними вихідними параметрами:  
діаметр трієрного циліндра:

$$D_p := 0.52 \text{ м};$$

швидкість обертання трієрного циліндру:

$$v_p := 1.1 \text{ м/с};$$

Визначаємо кутові швидкості валів:

$$\omega_p := \frac{2 \cdot v_p}{D_p} \quad \omega_p = 4.231 \text{ 1/с};$$

Орієнтуємось на електродвигун з синхронною швидкістю обертання:

$$n_{dv} := 1000 \text{ об/хв},$$

$$\omega_1 := \frac{\pi \cdot n_{dv}}{30} \quad \omega_1 = 104.72 \text{ 1/с.}$$

Швидкості обертання валів:

$$n_p := \frac{30 \cdot \omega_p}{\pi} \quad n_p = 40.401 \text{ об/хв};$$

$$n_{III} := n_p \quad n_{III} = 40.401 \text{ об/хв};$$

Тоді передагочне відношення приводу від електродвигуна до циліндра трієра та шнека буде:

$$i_1 := \frac{n_{dv}}{n_p} \quad i_1 = 24.752$$



Вибираємо черв'ячний редуктор МК 63-24,5 з передаточним відношенням

$$i_1 := 24.5$$

Задаємось швидкістю руху та діаметром допоміжного шнеку:

$$v_{pd} := 0.35 \text{ м/с};$$

$$D_k := 0.05 \text{ м};$$

Визначаємо кутову швидкість допоміжного шнеку:

$$\omega_{pd} := \frac{2 \cdot v_{pd}}{D_k} \quad \omega_{pd} = 14 \text{ 1/с};$$

$$n_{pd} := \frac{30 \cdot \omega_{pd}}{\pi} \quad n_{pd} = 133.69$$

Передаточне відношення буде:

$$i_2 := \frac{n_p}{n_{pd}} \quad i_2 = 0.302$$

$$\omega_p := \frac{2 \cdot v_p}{D_p} \quad \omega_p = 4.231 \text{ 1/с};$$

3.5. Розрахунок зубчатої передачі приводу ударного валка вузла жолобу  
ультратрієрної установки UT401/4

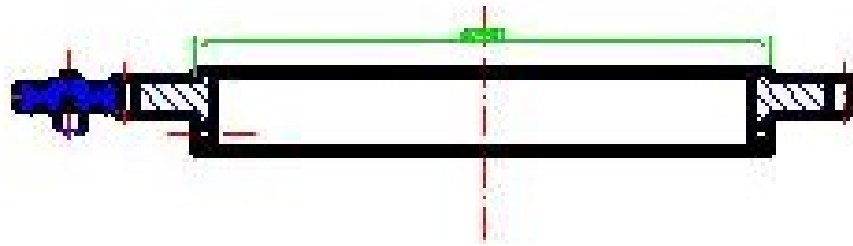


Рисунок 3.4. – Розрахункова схема

Проведемо перевірочний розрахунок міцності зубців зубчатої пари  $z_1-z_2$  за контактними напруженнями та за напруженнями згину.

Матеріал - сталь 45 Гост 1050-88. Механічні властивості матеріалу [12]:

$$\sigma_B := 570 \cdot 10^6 \quad \text{Па}$$

$$HB := 180$$

Приведений модуль пружності

$$E_{\text{пр}} := 2.1 \cdot 10^5 \quad \text{МПа}$$

Номінальна потужність та кількість обертів на валу електродвигуна:

$$P_{\text{дв}} := 1.1 \cdot 10^3 \quad \text{Вт}$$

$$n_{\text{дв}} := 1000 \quad \text{об/хв}$$

$$\omega_1 := \frac{\pi \cdot n_{\text{дв}}}{30} \quad \omega_1 = 104.72 \quad \text{рад/с}$$

Крутний момент на валу електродвигуна:

$$T_1 := \frac{P_{\text{дв}}}{\omega_1} \quad T_1 = 10.504 \quad \text{Н*м}$$

Передаточне відношення редуктора:

$$u_k := 24.5$$

К.к.д. редуктора [10]:

$$\eta_k := 0.9$$

Крутний момент на валу з більшою швидкістю:

$$T_2 := T_1 \cdot u_k \cdot \eta_k \quad T_2 = 231.618 \quad \text{Н*м}$$

Кількість обертів валу з більшою швидкістю:

$$n_2 := 468.75 \quad \text{об/хв}$$

1. Розглянемо зубчасту пару  $z_{12} \cdot z_{22}$ .

Кількість зубців:

$$z_1 := 20 \quad z_2 := 73$$

$$b_1 := 40 \quad \text{мм} \quad b_2 := 45 \quad \text{мм}$$

$$m := 5 \quad \text{мм}$$

$$\beta := 16.26 \quad \circ$$

$$\alpha := 15 \quad \circ$$

$$\cos\beta := 1$$

$$\sin 2\alpha := 0.5$$

$$u_{12} := \frac{z_2}{z_1}$$

$$u_{12} = 3.65$$

Ділильні діаметри:

$$d_1 := z_1 \cdot \frac{m}{\cos\beta} \quad d_1 = 100 \quad \text{мм}$$

$$d_2 := z_2 \cdot \frac{m}{\cos\beta} \quad d_2 = 365 \quad \text{мм}$$

Міжосьова відстань:

$$a_1 := 0.5 \cdot (d_1 + d_2) \quad a_1 = 232.5 \text{ мм}$$

Визначаємо окружну швидкість:

$$v_{12} := \frac{\pi \cdot d_1 \cdot 10^{-3} \cdot n_2}{60} \quad v_{12} = 2.454 \text{ м/с}$$

Приймаємо 8 степінь точності. З таблиці 8,3 [10]:

$$K_{Hv} := 1.02$$

За графіком рис.8.15 [10], з врахуванням коефіцієнту ширини шестерні відносно діаметру:

$$\psi_{bd12} := \frac{b_1}{d_1} \quad \psi_{bd12} = 0.4$$

маємо коефіцієнт концентрації навантаження:

$$K_{H\beta} := 1.27$$

$$K_H := 1.1 \cdot K_{H\beta} \quad K_H = 1.397$$

З таблиці 8.7 [10]:

$$K_{H\alpha} := 1.07$$

Коефіцієнт торцьового перикриття:

$$\epsilon_{\alpha} := \left[ 1.88 - 3.2 \cdot \left( \frac{1}{z_1} + \frac{1}{z_2} \right) \right] \cdot \cos\beta \quad \epsilon_{\alpha} = 1.676$$

який знаходиться в рекомендованих границях.

За формулою 8.28 [10] знаходимо коефіцієнт збільшення міцності косозубих передач за контактними напруженнями:

$$Z_{H\beta} := \sqrt{\frac{K_{H\alpha} \cdot (\cos\beta)^2}{\epsilon_{\alpha}}} \quad Z_{H\beta} = 0.799$$

Розрахункові контактні напруження визначасмо за формулою 8.29 [10] для прямозубих передач:

$$\sigma_H := 1.18 \cdot Z_H(\beta) \sqrt{\frac{E_{\text{пр}} \cdot T_2 \cdot 10^3 \cdot K_H \cdot \left( \frac{u_{12} + 1}{u_{12}} \right)}{d_1^2 \cdot b_1 \cdot \sin 2\alpha}}$$

$$\sigma_H = 620.261 \quad \text{МПа}$$

Кількість циклів навантаження кожного зуба за

строк служби  $T_c := 10000$  годин

$$N_{\text{ц}} := T_c \cdot 60 \cdot n_2 \quad N_{\text{ц}} = 2.813 \times 10^8$$

Оскільки  $N_{\text{ц}} > 10^7$ , то коефіцієнт режиму:

$$k_{\text{рк}} := 1$$

Допустимі контактні напруження для матеріала шестерень визначаємо за формулою [11]:

$$\sigma_H := 2.75 \cdot H_B \cdot k_{\text{рк}} \quad \sigma_H = 495 \quad \text{МПа}$$

Оскільки  $\sigma_H < [\sigma_H]$ , то умова міцності за контактним напруженням виконується.

Проведемо перевірку за напруженнями згину.

Еквівалентна кількість зубів шестерень:

$$z_{v12} := \frac{z_1}{\cos \beta} \quad z_{v12} = 20$$

$$z_2,$$

$$z_{v22} := \frac{z_2}{\cos \beta} \quad z_{v22} = 73$$

За графіком рис.8.20 [10] при коефіцієнті зміщення  $x=0$  знаходимо коефіцієнти форми зубців:

$$Y_{F12} := 3.92 \quad Y_{F22} := 3.74$$

$$Y_{F12} := 3.92 \quad Y_{F22} := 3.74$$

$$n_T := 1.75$$

Визначаємо відношення:

$$\frac{\sigma_B}{Y_{F12} \cdot n_T} = 8.309 \times 10^7$$

$$\frac{\sigma_B}{Y_{F22} \cdot n_T} = 8.709 \times 10^7$$

Далі розрахунок виконуємо для шестерні, у якої відношення менше.

$$Y_F := Y_{F12} \quad Y_F = 3.92$$

З таблиці 8.7 [10] маємо:

$$K_{F\alpha} := 1.22$$

$$Y_\beta := 1 \cdot \frac{\rho}{140} \quad Y_\beta = 0.884$$

$$Z_{F\beta} := K_{F\alpha} \cdot \frac{Y_\beta}{\varepsilon_\alpha} \quad Z_{F\beta} = 0.643$$

За графіком рис.8.15 [10], з врахуванням коефіцієнту ширини шестерні відносно діаметру:

$$K_{F\beta} := 1.24$$

За табл.8.3 [10]:

$$K_{Fv} := 1.11$$

Тоді  $K_F := K_{F\beta} \cdot K_{Fv}$   $K_F = 1.376$

Окружна сила в зацепленні:

$$F_t := 2 \cdot \frac{T_2 \cdot 10^3}{d_1} \quad F_t = 4.632 \times 10^3 \quad \text{Н}$$

Максимальні розрахункові напруження на згин:

$$\sigma_F := \frac{Y_F \cdot Z_{F\beta} \cdot F_t \cdot K_F}{b_1 \cdot m} \quad \sigma_F = 80.395 \quad \text{МПа}$$

Допустимі напруження на згин:

$$\sigma_F := \frac{\sigma_D}{n_T} \quad \sigma_F = 3.257 \times 10^8 \quad \text{Па}$$

Оскільки  $\sigma_F < [\sigma_F]$ , то умова міцності за напруженням на згин виконується.

## 3.6. Конструктивний розрахунок шнека

Шнек має наступні параметри:

зовнішній радіус вала шнека:  $r := 0.015$  (м)

зовнішній радіус шнека:  $R := 0.055$  (м)

крок шнека  $t := 0.193$  (і)

частота обертання шнека:  $n := \frac{498.78}{60}$  (об/с)

ширина вершини витка  $a := 0.002$

ширина основи витка  $b := 0.0024$

Матеріал шнека: Сталь  $\rho := 7800$

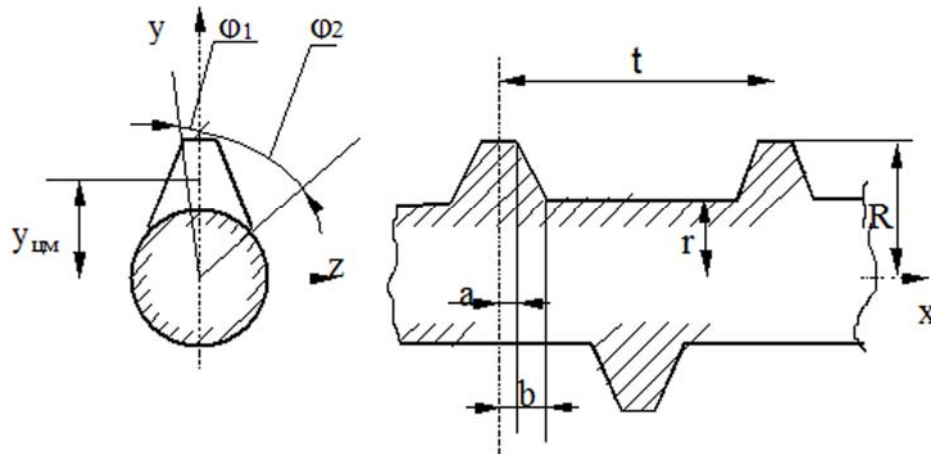


Рисунок 3.5 - Принципова схема шнека

Загальна довжина шнека:

$$L := 1.13$$

$$L = 1.13 \quad (\text{м})$$

Кут нахилу бокової лінії трапеції в нормальному перерізі:

$$\alpha_n := \arcsin\left(\frac{b - a}{R - r}\right)$$

$$\alpha_n \cdot \frac{180}{\pi} = 0.573$$

Визначимо момент інерції перерізу однозаходного шнека відносно осі z.



Розрахункові кутові коефіцієнти:

$$\phi_1 := 2 \cdot \pi \cdot \frac{a}{t}$$

$$\phi_1 \cdot \frac{180}{\pi} = 3.731$$

+

$$\phi_2 := 2 \cdot \pi \cdot \frac{b}{t}$$

$$\phi_2 \cdot \frac{180}{\pi} = 4.477$$

Момент інерції перерізу в ала шнека відносно осі z:

$$J_{1z} := \frac{\pi}{4} \cdot (r^4) - \frac{\pi}{4} \cdot [(r - 0.01)^4]$$

$$J_{1z} = 3.927 \times 10^{-8} \quad (M4)$$

Розрахункові лінійні коефіцієнти

$$x_1 := 2 \cdot R \cdot \sin(\phi_1)$$

$$x_1 = 7.157 \times 10^{-3} \quad (i)$$

$$x_2 := 2 \cdot r \cdot \sin(\phi_2)$$

$$x_2 = 2.342 \times 10^{-3} \quad (i)$$

Подальший розрахунок проводить ся для максимального лінійного коефіцієнта

$$H := x_1$$

$$H = 7.157 \times 10^{-3} \quad (i)$$

Площа поперечного перерізу витка шнека:

$$F_{\Gamma} := (R \cdot \sin(\phi_1) + r \cdot \sin(\phi_2)) \cdot (R - r)$$

$$F_{\Gamma} = 1.9 \times 10^{-4} \quad (M)$$

Момент інерції перерізу витка шнеку відносно осі, що проходить через його центр мас і паралельно осі z:

$$J_{2z} := \frac{F_{\Gamma}^2 \cdot (R - r \cdot \cos(\phi_2))}{12 \cdot H}$$

$$J_{2z} = 1.683 \times 10^{-8} \quad (i3)$$

Координата центра мас витка шнека:

$$Y_{\text{цм}} := \frac{1}{3} \cdot (R - r) \cdot \frac{r \cdot \sin(\phi_2) + 2 \cdot R \cdot \sin(\phi_1)}{r \cdot \sin(\phi_2) + R \cdot \sin(\phi_1)} + r$$

$$Y_{\text{цм}} = 0.038 \quad (M)$$

Момент інерції перерізу шнека відносно осі z

$$J_z := J_{1z} + \left( J_{2z} + F_r \cdot Y_{\text{цм}}^2 \right) \quad J_z = 3.359 \times 10^{-7} \quad (i4)$$

Припускаємо, що перпендикулярні до осі шнека навантаження взаємно компенсуються.

На шнек діє поздовжнє зусилля, виникаюче в транспортованому матеріалі, що визначається наступним чином:

$$S = \int_0^L q_x(x) dx$$

де  $q(x)$  - інтенсивність розподіленого осьового навантаження

$$q_x(x) = \left[ -\Delta p(x) + (2 \cdot p(x) - \Delta p(x)) \cdot f \cdot \frac{\operatorname{tg}(\beta)}{\cos(\alpha_n)} \right] \cdot \frac{\pi \cdot (R^2 - r^2)}{t}$$

аа  $f := 0.01$  коефіцієнт, що враховує тертя між умовними шарами транспортованого матеріалу

$\beta(x)$  - кут підйому гвинтової лінії по радіусу вала шнека

$$\beta := \operatorname{atan}\left(\frac{t}{r \cdot 2 \cdot \pi}\right) \quad \frac{\beta \cdot 180}{\pi} = 63.972$$

$p(x)$  - тиск в порожнині на поточному витку:

$$\begin{cases} p(x) = p_0 & 0 \leq x \leq l_3 \\ p(x) = p_0 + \frac{p_{\max} - p_0}{L} (x - l_3) & l_3 \leq x \leq L + l_3 \end{cases}$$

де  $l_3 := \frac{L}{4}$   $l_3 = 0.282$  (м) - довжина частини шнека перед завантажувальною камерою, приймаємо

$$l_3 := 0$$

$p_0 := 0.10 \cdot 10^6$  (Па) - атмосферний тиск

$p_{\max} := 0.1 \cdot 10^6$  (Па) - необхідний нормативний тиск на виході шнека

$p'(x)$  - тиск в порожнині на попередньому витку:

$$\begin{cases} p'(x) = p_0 & 0 \leq x \leq l_3 + t(l_3) \\ p'(x) = p_0 + \frac{p_{max} - p_0}{L} (x - l_3 - t) & l_3 + t(l_3) \leq x \leq L + l_3 \end{cases} ;$$

Позначим  $\Delta p = p - p'$ :

$$\begin{cases} \Delta p = 0 & 0 \leq x \leq l_3 \\ \Delta p = (p_{max} - p_0) \cdot \frac{x - l_3}{L} & l_3 \leq x \leq l_3 + t(l_3) \\ \Delta p = (p_{max} - p_0) \cdot \frac{t}{L} & l_3 + t(l_3) \leq x \leq l_3 + L \end{cases} ;$$

Проведемо необхідні підстановки і проінтегруємо вираз. Після інтегрування отримаємо:

Геометрична силова складова:

$$HS := \left[ \frac{t^2}{2} \cdot \left( f \cdot \frac{\tan(\beta)}{\cos(\alpha_n)} - 1 \right) - (L \cdot t - t^2) \cdot \left( 1 + f \cdot \frac{\tan(\beta)}{\cos(\alpha_n)} \right) + (L^2 - t^2) \cdot f \cdot \frac{\tan(\beta)}{\cos(\alpha_n)} \right]$$

$$HS = -0.177 \quad (M^2)$$

$$S := \frac{\pi \cdot (R^2 - r^2)}{t} \cdot \left( 2 \cdot f \cdot \frac{\tan(\beta)}{\cos(\alpha_n)} \cdot p_0 \cdot L + \frac{p_{max} - p_0}{L} \cdot HS \right) \quad S = 210.944 \quad (H)$$

знак “-” вказує на стискаючу дію осьової сили.

Оскільки величини осьової сили набагато більша порівняно із очікуваним значенням маси шнека при розрахунку підшипникових опор її враховувати не будемо.

Проведемо перевірку по напруженнях для основи і гвинтової лінії шнека.

Напруження стиску від дії осьових сил.

$$\sigma = \frac{S}{F}$$

де  $F$  - площа поперечного січення вала шнека

$$F := \pi \cdot r^2 \quad F = 7.069 \times 10^{-4} \quad (\text{м}^2)$$

$$\sigma := \frac{S}{F} \quad \sigma = 2.984 \times 10^5 \quad (\text{Па})$$

Дотичні напруження визначаються з залежності:

$$\tau = \frac{M}{W_p} = \frac{\frac{2}{3} \cdot p_{\max} \cdot \pi \cdot \text{tg}[\beta] \cdot [R^3 - r^3]}{\frac{\pi \cdot [r^4 - r_0^4]}{2 \cdot r_0}} = \frac{4}{3} \cdot \frac{p_{\max} \cdot r_0 \cdot \text{tg}[\beta] \cdot [R^3 - r^3]}{[r^4 - r_0^4]}$$

$$M := \left(\frac{2}{3}\right) \cdot p_{\max} \cdot \pi \cdot \text{tg}(\beta) \cdot (R^3 - r^3) \quad M = 69.909 \quad (\text{Н*м})$$

$$W := \frac{\pi \cdot r^4}{2} \quad W = 7.952 \times 10^{-8} \quad (\text{м}^3)$$

$$\tau := \frac{M}{W} \quad \tau = 8.791 \times 10^8 \quad (\text{Па})$$

Еквівалентне напруження:

$$\sigma_{\text{екв}} := \sqrt{\sigma^2 + 4 \cdot \tau^2} \quad \sigma_{\text{екв}} = 1.758 \times 10^9 \quad (\text{Па})$$

Напруження входить в діапазон допустимих.

Кутова швидкість шнека:

$$\omega := 2\pi \cdot n \quad \omega = 52.232 \quad \text{рад/с}$$

Потужність:

$$N := \frac{M \cdot 1000}{\omega} \quad N = 1.338 \times 10^3 \quad (\text{Вт})$$

## 3.7. Розрахунок параметрів шнека для переміщення очищеного продукту

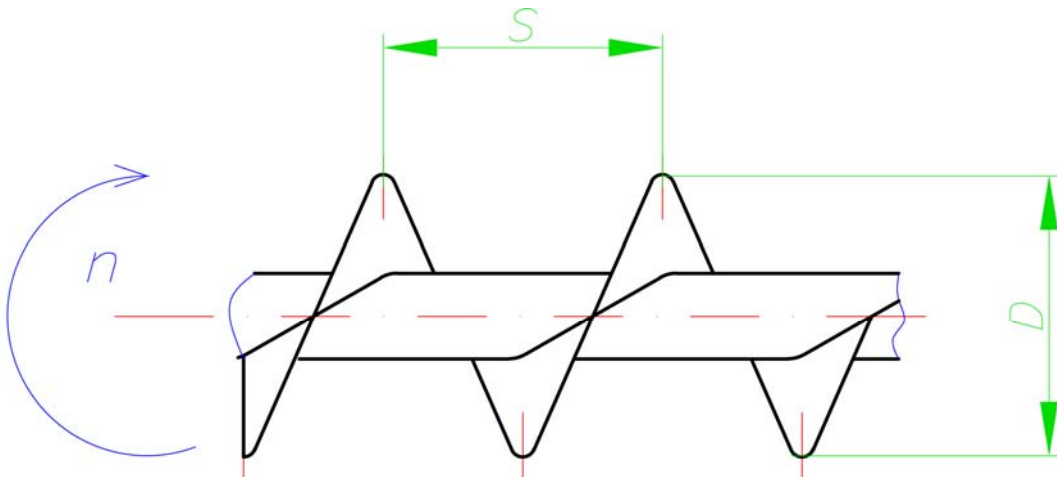


Рисунок 3.6. Розрахункова схема

Для розрахунку шнека для переміщення очищеного продукту

попередньо задамося співвідношенням  $k_D \frac{D}{S} = 1$

Визначаємо необхідний діаметр гвинта шнека за формулою:

$$D = 0.275 \cdot \sqrt[3]{\frac{G \cdot (1-b)}{k_a \cdot n \cdot \psi \cdot \gamma \cdot k_\beta}} = 0.275 \cdot \sqrt[3]{\frac{4 \cdot (1-0.1)}{1 \cdot 148.75 \cdot 0.4 \cdot 0.6 \cdot 1}} = 0.118 \text{ м}$$

где:  $D$  – діаметр гвинта, м;

$G$  – расчётная производительность конвейера, т/ч;

$b$  – проектный вміст забруднення в зерні,  $b = 10\%$ ;

$k_D$  - отношение шага гвинта к діаметру гвинта:

$\psi$  - коефіцієнт використання об'єма, для зерна  $\psi = 0,4$

$n$  – частота обертання шнека,  $n = 148.75$  об/мин;

$\gamma$  - насипна густина вантажа, т/м. Для зерна  $\gamma = 0,6$  т/м<sup>3</sup>;

$k_\beta$  – коефіцієнт зменшення продуктивності залежно від кута нахилу шнека:  
 $k_\beta = 1.0$ ;

Конструктивно приймаємо  $D = 0,11$  м

Тоді

$$S = 0,11 \text{ м.}$$

Осьова швидкість переміщення вантажу:

$$v = S \cdot n = 0,11 \cdot 149,75 = 16,47 \text{ м/хв.}$$

Перевіряємо частоту обертання шнека за формулою

$$n < n_{\max} = \frac{A_b}{\sqrt{D}}$$

Для зерна  $A_b = 60$ ,

$$\text{тоді } n_{\max} = \frac{A_b}{\sqrt{D}} = \frac{60}{\sqrt{0,11}} = 180,92 \text{ об/хв.}$$

Умова  $n < n_{\max}$  виконується.

#### Параметри спроектованого шнека

Продуктивність	3,8 т/год
Шнек	однозаходний
Кількість підшипникових опор	3
Довжина конвеєра	1050мм
Кут нахилу	0
Діаметр гвинта	110мм
Крок гвинта	110мм
Частота обертання гвинта	149,75об/хвм
Осьова швидкість преміщення продукту	16,75м/хв

#### 4. ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ СОРТУВАННЯ ПШЕНИЦІ НА УЛЬТРАТРІЄРНІЙ УСТАНОВЦІ UT401/4

##### 4.1. Аналіз процесу сортування ЗС на ультратрієрній установці UT401/4

ЗС під час обертання ТЦ циліндра переміщується шаром певної товщини з одного кінця трієра до іншого. Сортування на ультратрієрній установці UT401/4 відбувається шляхом захоплення комірками ТЦ зерен довжиною меншою за їх розмір. Під час обертання ТЦ захоплені зерна піднімаються догори і при його певному куті повороту під дією сили тяжіння падають вниз, попадають в жолоб, з якого транспортуються назовні ТШ. Довгі зернятка не утримуються в комірках і зісковзують в нижню частину ТЦ, де також розміщений ще один спеціальний шнек УВ.

Самою першою умовою реалізації процесу сортування на даній установці є необхідність підняття зернини коміркою на певну висоту і падіння її з цієї точки. Розглянемо положення ТЦ, коли комірка із зерном знаходиться у його верхній точці, тоді  $\omega \cdot t = \pi/2$  (рис. 4.1.) [11].

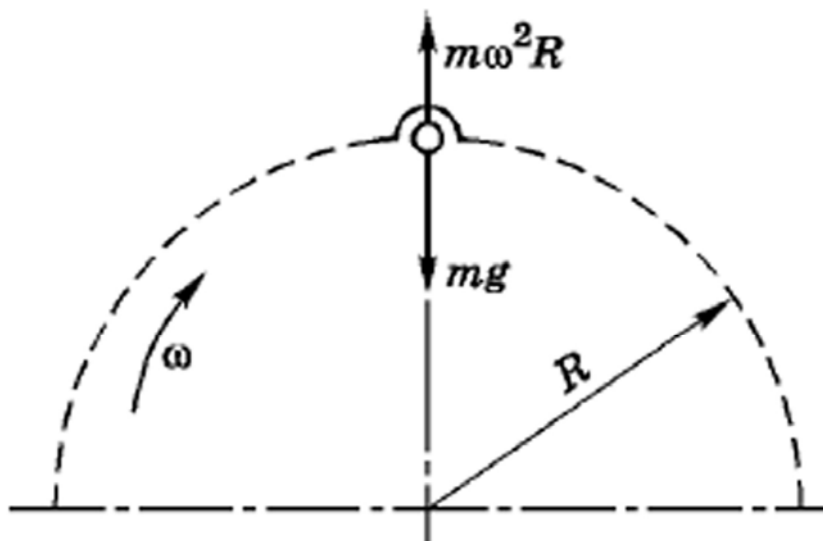


Рисунок 4.1. - Визначення кінематичного режиму трієра

Зернина впаде з комірки тоді, коли сила тяжіння перевищить відцентрову силу:

$$m \cdot g > m \cdot \omega^2 \cdot R \quad (4.1)$$

Якщо розділимо обидві частини нерівності (4.1) на  $m \cdot g$ , отримаємо рівняння кінематичного режиму роботи ультратрієрної установки та умову за якої буде відбуватися сортування:

$$\frac{\omega^2 \cdot R}{g} = K < 1 . \quad (4.2),$$

Зазвичай для трієрів вибирають таку частоту обертання, щоб  $K = 0.4 \div 0.7$  .

Розрахована залежність частоти обертання ТЦ від кінематичного режиму роботи установки показано на рис. 4.2.

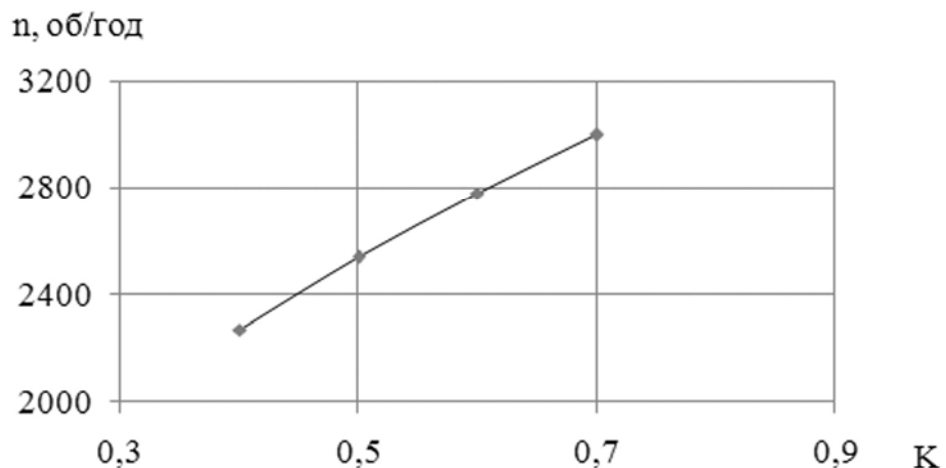


Рисунок 4.2 - Залежність частоти обертання ТЦ від кінематичного режиму

Аналіз рисунка 4.2 показує, що зі зміною кінематичного режиму роботи ультратрієрної установки від мінімального до максимального, швидкість обертання змінюється майже в 1.5 рази.



#### 4.2. Визначення кута піднімання зернят, що не попали в комірки

В нижній частині ТЦ всі зернинки контактують з його поверхнею. Частина зерен попадає в комірка, а частина просто знаходиться на поверхні ТЦ і піднімаються на ній завдяки відцентровій силі. Під час обертання ТЦ радіусом  $R$  на певний кут  $\alpha_1$  (рис.4.3.) зерна, які не захоплені комірками, починають зісковзувати вниз [11].

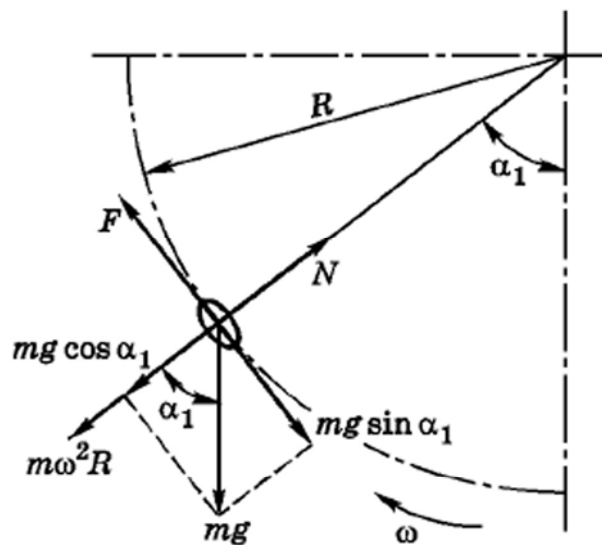


Рисунок 4.3. Визначення кута початку ковзання зерен у трієрі

Для визначення кут початку ковзання зернинки, розглянемо рівняння руху матеріальної точки. В нашому випадку на зернинку масою  $m$  діють сила тяжіння  $m \cdot g$ , реакція  $N$ , сила тертя  $F$  і відцентрова сила  $m \cdot \omega^2 \cdot R$ .

Умову початку ковзання запишемо у вигляді

$$m \cdot g \cdot \sin \alpha_1 \geq F \quad (4.3)$$

де  $F = N \cdot \operatorname{tg} \varphi \quad (4.4)$

З рисунку 4.3 визначаємо, що

$$N = m \cdot \omega^2 \cdot R + m \cdot g \cdot \cos \alpha_1 .$$

Підставивши вирази для  $N$  та  $F$  отримаємо

$$m \cdot g \cdot \sin \alpha_1 = \frac{\sin \varphi}{\cos \varphi} \cdot (m \cdot \omega^2 \cdot R + m \cdot g \cdot \cos \alpha_1) \quad (4.5)$$

Врахувавши, що кінематичний режим роботи трієра визначається залежністю:

$$\frac{\omega^2 \cdot R}{g} = K ,$$

$$\text{і} \quad \sin \alpha_1 \cdot \cos \varphi - \sin \varphi \cdot \cos \alpha_1 = \sin(\alpha_1 - \varphi)$$

після перетворень отримаємо:

$$\sin(\alpha_1 - \varphi) = K \cdot \sin \varphi .$$

З останнього рівняння визначимо кут при піднятті на який зернинки, що не містяться в комірках почнуть зісковзувати вниз:

$$\alpha_1 = \varphi + \arcsin(K \cdot \sin \varphi) . \quad (4.6)$$

Тобто, ті зернинки, що знаходяться поза комірками при обертанні ТЦ вище кута  $\alpha_1$  підніматися не будуть.

Розрахована за формулою (4.6) залежність кута піднімання  $\alpha_1$  від кутів тертя для пшениці  $\varphi = 15 \div 35^\circ$  при різних кінематичних режимах роботи установки показана на рис. 4.4.

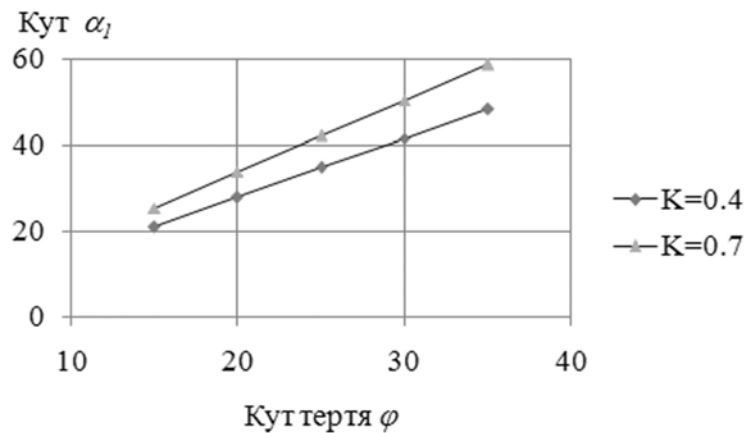


Рисунок 4.4. - Залежність кута піднімання зернят, що не попали в комірки ТЦ від кутів тертя для пшениці.

З рис. 4.4. видно, що кут піднімання  $\alpha_1$  в більшій мірі залежить від матеріалу з якого виготовлений ТЦ та оброблюваної ЗС ніж кінематичного режиму.

#### 4.3. Визначення кута піднімання зернят комірками

Під час сортування на ультратрієрній установці зернинка, що попала в комірку ТЦ піднімається на певну висоту, потім падає але вже жолоб установки.

Визначимо кут випадання зернини з комірки трієра (рис. 4.5.).

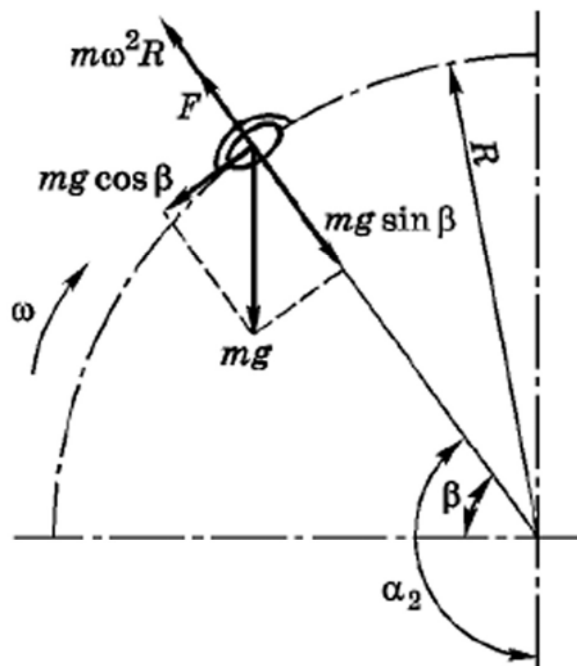


Рисунок 4.5. - Визначення кута випадання зернинки з комірки трієра

У комірці ТЦ зернина перебуває у відносному спокої доти, доки всі сили, що діють на зернинку (у тому числі відцентрова сила  $m \cdot \omega^2 \cdot R$ , будуть зрівноважені.

Реакція N у даному випадку (рис.4.5) буде:

$$N = m \cdot g \cdot \cos \alpha_2 .$$

У момент часу, коли комірка із зернинкою підніметься на кут  $\alpha_2$  зернинка почне випадати з комірки за умови [11]:

$$m \cdot g \cdot \sin \beta \geq m \cdot \omega^2 \cdot R + F \quad (4.7)$$

де  $\beta = \alpha_2 - \frac{\pi}{2}$

Сила тертя  $F$  визначається за рівнянням (4.2).

Після перетворень буде:

$$\alpha_2 = \frac{\pi}{2} + \varphi + \arcsin(K \cdot \cos \varphi) . \quad (4.8)$$

З рівняння (4.8) видно, що, на який зернина піднімається коміркою ТЦ, не випадаючи з неї, залежить від кута  $\varphi$  тертя і показника  $K$  кінематичного режиму.

Розраховані залежності для кута  $\alpha_2$  показані на рис. 4.6

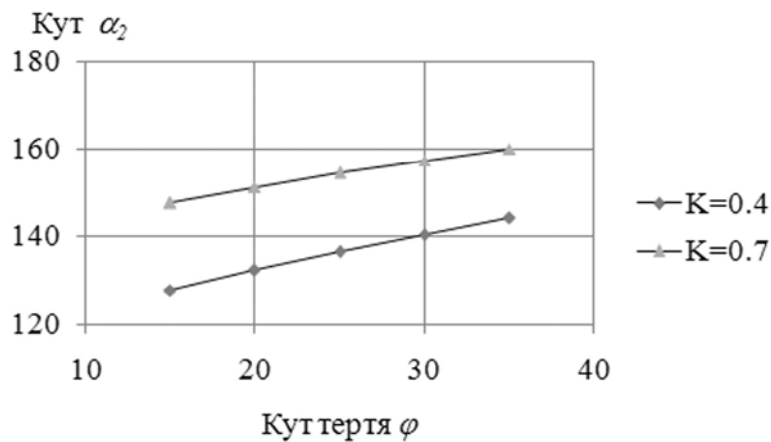


Рисунок 4.6. - Залежність кута піднімання зернят комірками ТЦ від кутів тертя для пшениці

З рис. 4.6 видно, що зі зменшенням коефіцієнта тертя між зернинкою ЗС і коміркою ТЦ кут  $\alpha_2$  зменшується. Значення кутів тертя для ЗС, що можуть відокремлюватись від домішок на ультратрієрній установці: для кукуля  $\varphi = 5 \div 20^\circ$ , для пшениці  $\varphi = 15 \div 35^\circ$ . У результаті цього, зернятка ЗС

будуть випадати з комірок ТЦ в різних місцях, а  $\alpha_2$  відповідатиме значенню  $\varphi_{min}$  і  $\varphi_{max}$  кута тертя.

#### 4. 4. Траєкторія випадання частинки ЗС з комірки ТЦ

Зернятка, що захопились комірками ТЦ незначно, але відрізняються за розмірами, шорсткістю поверхні, розміщенням в комірці ТЦ. Вони з комірок будуть випадати не одночасно. На рис. 4.7. показана схема розміщення ТЦ, приймального жолоба, руху частинок ЗС, що відрізняються. На рис. 4.7. кути  $\alpha_1$   $\alpha_2$  показують можливі початкове і кінцеве положення частинки ЗС, що випадає з комірки ТЦ за яких вона потрапить в приймальний жолоб. [11]:

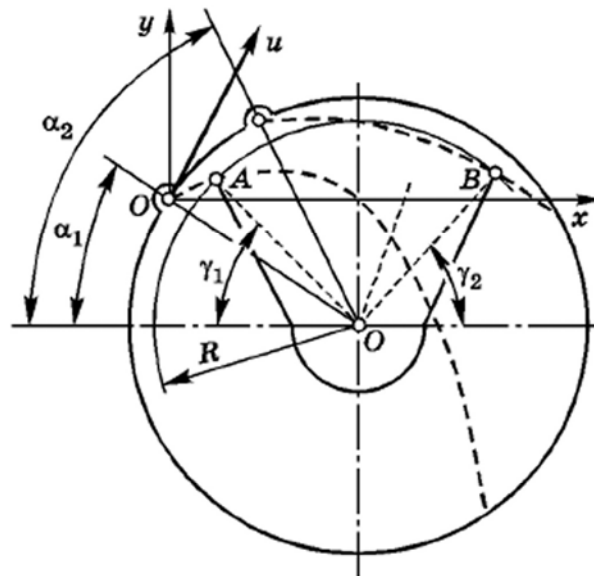


Рисунок 4.7. - Схема положення приймального лотка ультратрієрної установка і траєкторії руху частинок ЗС

За початкову точку прийнята т. О, через неї ж проведено прямокутну систему координат. ТЦ обертається з лінійною швидкістю  $u = \omega \cdot R$ . У таких координатах  $x$  та  $y$  рівняння траєкторії руху частинки ЗС будуть [11]:

$$x = u \cdot \cos\left(\frac{\pi}{2} - \alpha_1\right) \cdot t = u \cdot t \cdot \sin \alpha_1, \quad (4.9)$$

$$y = u \cdot t \cdot s \cos \alpha_1 - \frac{g \cdot t^2}{2}. \quad (4.10)$$

На рис. 4.8. представлені розраховані траєкторії руху частинок ЗС (дані взяті для пшениці), при обробці на ультратрієрній установці UT401/4 для різних кінематичних режимів її роботи. Прийняти граничні значення  $K$ , кут тертя  $\varphi = 15^\circ$ . Тривалість польоту частинки 0,35 с. Розрахунки проведені з інтервалом по часу 0,05с.

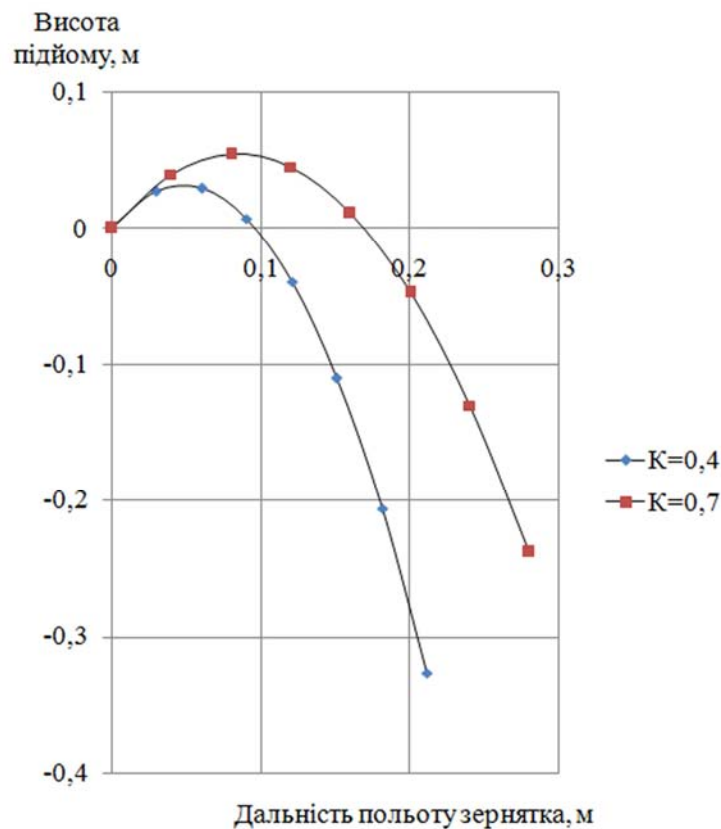


Рисунок 4.8. - Траєкторії польоту зернят пшениці в координатах  $x$  і  $y$  при різних кінематичних режимах роботи установки

Проведене теоретичне дослідження процесу сепарування пшениці та проведені розрахунки і представлені графіки що стосуються обробки на ультратрієрній установці UT401/4 підтверджують складність процесу сепарування ЗС за розмірами частинок, велику залежність якості процесу від конструктивних параметрів ТЦ установки, точності розміщення регульованих елементів, безперебійності подачі сировини і відведення поділених фракцій.

## 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

### 5.1. Заходи з охорони праці

На зерноперероблювальних підприємствах слід строго дотримуватися загальних та галузевих норм та правил техніки безпеки. На зерноперероблювальних підприємствах по техніці безпеки проводяться: ввідний інструктаж, інструктаж на робочому місці, повторний інструктаж, курсове навчання. Проходження інструктажу реєструють в журналі.

Зерновий, борошняний і комбікормовий пил при певних умовах може створити небезпеку загоряння і вибуху. Для пилу елеваторів, борошномельних і комбікормових заводів температура загоряння (іскріння і спалахи) коливається в межах 315—725 °С, а температура запалення 600—800 °С. Можливість вибуху пилу повинна бути відвернена виконанням профілактичних заходів. Насамперед не можна допускати запиленості повітря і скупчення пилу. Для цього необхідно забезпечити справну роботу аспірації всіх джерел утворення пилу, правильний і своєчасний нагляд за устаткуванням.

Для переносного освітлення треба використовувати електричні лампи напругою 12—36 В в герметичному виконанні зі скляним ковпаком і металевією сіткою, з живленням від трансформаторів у герметичному виконанні. Опускати електролампочки в циклони, розвантажувачі, фільтри, бункери, силоси не дозволяється. Мастильні й обтиральні матеріали необхідно зберігати в спеціальних залізних шухлядах на відведених місцях.

У процесі експлуатації варто уникати роботи у холосту ультратрієрних установок, вальцьових верстатів, дробарок, оббивальних машин, тому що при цьому можуть виникати вибухонебезпечні концентрації пилоповітряних сумішей.

Велику небезпеку має статична електрика, що, накопичуючись на металевих частинах устаткування в процесі переміщення і дроблення зернопродуктів, а також на вставках з органічного скла, може утворювати поля високої напруги (до 50000 В). Тому все устаткування, враховуючи аспіраційне і пневмотранспортне, необхідно заземлювати. Заземлення повинно відповідати ГОСТ 12.1.030–81 “ССБТ. Електробезпека. Захисне заземлення, занулення”.

Важливим заходом, що запобігає нагромадження статичної електрики, є підтримка у виробничому приміщенні вологості повітря, рівної 70%. Тому поряд з контролем запиленості повітря необхідно регулярно визначати вологість повітря і, якщо є можливість, зволожувати його.

Також працівникам млина слід чітко дотримуватись вимог пожежної безпеки, регламентованих "Інструкцією про заходи з пожежної безпеки для приміщень розташованих на території млина", яка розроблена і затверджена на підприємстві. Ця інструкція поширюється на всі виробничі, складські, допоміжні та інші приміщення млина і встановлює вимоги пожежної безпеки, порядок дій у разі виникнення пожежі в приміщеннях. Вона є обов'язковою для вивчення та виконання відповідальною особою за пожежну безпеку, усіма працівниками та відвідувачами, які знаходяться в приміщеннях, також для технічних працівників та обслуговуючого персоналу. Усі працівники під час прийняття на роботу і в процесі роботи повинні проходити протипожежний інструктаж та перевірку знань з питань пожежної безпеки.

#### Вимоги пожежної безпеки до утримання будівель, споруд, приміщень.

На зовнішньому боці дверей повинна бути вивішена інформаційна карта, що характеризує вибухопожежну та пожежну небезпеку товарів, речовин та матеріалів, їх кількість та заходи, які слід вжити під час гасіння пожежі.

Не допускається знімати з дверей пристрої для самозачинення, фіксувати такі двері у відчиненому положенні, зберігати, у тому числі



тимчасово, інвентар та різні матеріали у тамбурах виходів, у шафах для інженерних комунікацій, зачиняти на замки та інші запори, що важко відчиняються зсередини, зовнішні евакуаційні двері у разі знаходження в будинку людей.

Безпека цеху забезпечується заходами по запобіганню пожеж і вибухів: системою пожежного захисту, системами вибухопопередження і вибухозахисту, у відповідності з вимогами нормативних актів з пожежної безпеки.

Зовнішні огорожувальні конструкції цеху, сходових маршів, повинні бути забезпечені легкоскидаємими конструкціями, площа яких визначається розрахунком, а також системою локалізації вибуху.

Усі приміщення повинні своєчасно очищатися від горючого сміття, відходів виробництва і постійно утримуватись в чистоті. Прибирання проходів в цеху, в тому числі на даху будівлі, слід проводити з суворим дотриманням графіку. Роботи з очищення технологічного обладнання повинні проводитись у відповідності з технологічним регламентом та записуватись в журналі відповідальної особи.

В цеху повинні весь час ефективно працювати аспіраційні мережі. Вимикати аспіраційні установки при роботі обладнання забороняється, якщо цей захід не викликаний аварією або пожежею. Технологічне обладнання, трубопроводи, продуктопроводи, вентиляційне обладнання, повітропроводи, м'які вставки на вентиляторах, патрубки із оргскла на продуктопроводах, огороження приводів, розміщених у вибухо-пожежонебезпечних приміщеннях, повинні обов'язково заземлюватись.

Будівля млина повинна бути обладнана блискавкозахисними пристроями, відповідно до вимог правил пожежної безпеки і діючих методик.

Меблі та обладнання мають розміщуватися таким чином, щоб забезпечувався вільний евакуаційними прохід до дверей виходу з приміщення. Евакуаційні шляхи та виходи необхідно постійно утримувати вільними, нічим не захарашувати.

Використання нестандартних опалювальних приладів у приміщенні млина забороняється.

Електромережі, електроприлади і апаратура повинні експлуатуватися тільки у справному стані з урахуванням вказівок та рекомендацій підприємств-виготовлювачів. У разі пошкоджень електромереж, вимикачів, розеток та інших електровиробів слід негайно вимкнути їх та взяти необхідних заходів щодо приведення у пожежобезпечний стан.

В приміщенні млина забороняється користуватись гасовими лампами, факелами, сірниками, свічками, запальничками, тощо.

Основні вимоги щодо забезпечення пожежної безпеки при експлуатації обладнання:

- загальне розташування обладнання повинно забезпечити необхідні проходи і вільні підходи до нього;
- робота обладнання і його навантаження повинні відповідати вимогам паспортних даних і технологічного режиму;
- обладнання повинно бути максимально ущільненим, щоб не виділявся пил;
- деталі і вузли машин, які мають поступово-зворотній рух або рухаються навколо осі, повинні бути відбалансовані і перевірені на врівноваженість їх маси;
- машини повинні знаходитись в справному стані, відрегульовані, працювати плавно, без невластивого їм шуму, ривків, наростаючої вібрації, заїдання, або підвищеного тертя рухомих частин механізмів;
- температура підшипників машин і механізмів під час роботи не повинна перевищувати температуру навколишнього повітря більше ніж на 45 °С і повинна бути у всіх випадках не вище 60 °С;
- підшипники повинні регулярно змащуватись;

- привідні ремені і стрічки конвеєрів та інших транспортуючих машин повинні мати нормальний натяг, який включає їх буксування і провисання, а також тертя до огорожувальних кожухів;
- У складських приміщеннях забороняється зберігання різних легкозаймистих предметів.

Атмосферні умови на борошномельних, круп'яних і комбікормових заводах установлюють відповідно до норм технологічного проектування, затвердженими у встановленому порядку.

Технічний прогрес на підприємствах борошномельної, круп'яної і комбікормової промисловості, інтенсифікація технологічних процесів підвищили на підприємствах рівень шуму і вібрації. Припустимі рівні звукового тиску і рівні звуку на постійних робочих місцях, у приміщеннях і на території підприємств варто приймати відповідно до гігієнічних норм, затвердженими Міністерством охорони здоров'я. Нормативним документом, який регламентує рівень шумів для різних категорій робочих місць і службових приміщень являється ГОСТ 12.1.003-83 “ССБТ. Шум. Загальні вимоги безпеки”.

Різде підвищення рівня шуму особливо виявляється в зоні роботи обладнання, де головне джерело шуму — це зубчасті передачі. Рівень шуму тут може досягати 100—110 Дб, що значно перевищує санітарні норми і здійснює на людину шкідливий фізіологічний вплив.

Для зменшення шуму необхідно проводити на робочих місцях відповідні заходи, змазувати вібруючі і створюючі шум деталі; застосовувати пристрої, що ізолюють чи поглинають шум; постачати обладнання обладнане глушителями, амортизаторами; підтримувати устаткування в належному порядку; вчасно проводити технічний огляд і ремонт.

Для ослаблення вібрації і шуму устаткування, що викликає вібрацію і шум вище встановлених норм (електродвигуни, вентилятори і інше), треба встановлювати на самостійних шумоізолюючих фундаментах і підставках,

віброізолюваних від підлоги та інших конструкцій будинків, а якщо цього недостатньо в окремих ізолюваних приміщеннях.

Для зменшення шуму, відбитого від стін, стель і устаткування, застосовують також метод звукопоглинання. Основне призначення глушителей шуму, установлених на повітропроводах агрегатів, двигунів, вентиляторів, полягає в тім, щоб знищити чи послабити шум, що виникає внаслідок пульсації тиску в цьому потоці; але глушители не повинні робити опору виходу потоку повітря чи газу.

## 5.2. Безпека в надзвичайних ситуаціях

### 5.2.1. Оцінка стійкості роботи харчових підприємств в надзвичайних ситуаціях

Згідно Кодексу цивільного захисту України від 02.10.2012р. громадяни України мають право на захист свого життя і здоров'я від наслідків аварій, катастроф, стихійного лиха. Держава як гарант цього права створює систему цивільного захисту, яка повинна захистити населення від небезпечних наслідків аварій і катастроф техногенного, екологічного, природного та воєнного характеру. Цивільний захист України є державною системою органів управління силами і засобами, що створюються для організації забезпечення захисту населення від наслідків надзвичайних ситуацій (НС).

Оцінка рівня стійкості харчового підприємства проводиться робочими групами до яких залучають головних спеціалістів (головного інженера, головного технолога) під загальним керівництвом начальника ЦЗ об'єкта та штабу ЦЗ. В результаті оцінки стійкості підприємства у можливих надзвичайних ситуаціях розробляються необхідні науково обґрунтовані інженерно-технічні заходи. При оцінці стійкості об'єкта користуються відповідною нормативно-технічною документацією.

На підприємстві досліджують стан:

- технологічного процесу;
- верстатного та технологічного обладнання;
- будівель та споруд;
- управління виробництвом;
- підготовленості персоналу;
- забезпечення засобами захисту;

- матеріально-технічного постачання і транспорту;
- комунально-енергетичних мереж.

Основними завданнями оцінки стійкості харчового підприємства є визначення:

- стійкості будинків, споруд, технологічного та іншого устаткування, наземних і підземних комунікацій при дії на них факторів надзвичайних ситуацій, у т. ч. води, тиску повітряних потоків;
- стану пожежної безпеки будинків та споруд;
- умов постачання енергії, води, сировини, матеріалів та інструментів;
- можливості роботи об'єкту умовах радіоактивного, хімічного забруднення:
- величини можливих збитків, завданих при виникненні надзвичайних ситуацій, та величини відшкодувань, якщо причиною НС стало підприємство;
- можливості та доцільності відновлення об'єкту залежно від ступеня його руйнування.

Після проведення оцінки стійкості розробляються заходи, які необхідно провести на об'єкті з метою підвищення стійкості його роботи в умовах надзвичайних ситуацій. При розробці заходів виходять з результатів всебічного дослідження підприємства усіма групами фахівців. Заходи повинні бути максимально ефективними при мінімальних затратах, тому в першу чергу увагу звертають на найбільш уразливі місця об'єкта. Заходи щодо підвищення стійкості підприємства об'єднують у єдиний план удосконалення виробничого процесу, реконструкції та капітального ремонту.

### 5.2.2. Заходи знезараження споруд, техніки, предметів та спеціальна обробка людей

Забруднення радіоактивними та зараження отруйними і біологічно небезпечними речовинами під час відповідних надзвичайних ситуацій вимагає проведення комплексу робіт щодо очищення споруд, техніки, товарів, у т.ч. харчових продуктів, обробки засобів індивідуального захисту, що використовувалися під час ліквідації наслідків аварії. Знезараження проводиться в такій послідовності:

- знезараження території об'єкту;
- знезараження будинків та приміщень;
- знезараження тари, технологічного устаткування, посуду;
- знезараження продовольчих товарів, води та непродовольчих товарів.

Для знезараження використовуються технічні засоби для миття та видалення бруду з поверхні предметів, а також для видалення верхнього забрудненого шару, а саме:

- поливо-мийні машини, обприскувачі, пожежні машини;
- бульдозери, грейдери, спеціальні дорожні машини;
- гідропульти;
- ручні обприскувачі;
- пілососи, щітки, скребки та ін.

Залежно від виду небезпечних речовин, які потрібно видалити та нейтралізувати, знезараження поділяється на дезактивацію, дезінфекцію та дегазацію.

Дезактивація - видалення радіоактивних речовин. Дезактивацію проводять, знімаючи верхній забруднений шар поверхні, змітаючи забруднення (при цьому доцільно використовувати пілососи), змиваючи радіоактивні речовини. Для підвищення ефективності змивання

використовують кислоти, луги, фосфат натрію, трилон Б, шавлеву та лимонну кислоти, солі цих кислот, аміачну воду (20-24%), водні розчини мила (50 г мила на 10 л води), водні розчини (0,3%) синтетичних миючих засобів (пральні порошки).

Територію з твердим покриттям дезактивують, змітаючи попередньо зволожений радіоактивний пил, після цього миють, як правило, застосовуючи спеціальну техніку.

Радіоактивний пил та забруднена вода повинні підлягати переробці на спеціальних комбінатах та подальшому захороненню.

Територію без твердого покриття дезактивують шляхом видалення верхнього шару ґрунту товщиною 5-10 см. а взимку верхнього шару снігу 5-20 см. Зрізаний ґрунт чи сніг відвозять в спеціально відведені місця для захоронення.

Дезактивацію зовнішніх стін будинків та дахів проводять змиваючи радіоактивний пил водою або спеціальними розчинами.

Для дезактивації внутрішніх приміщень застосовують пилососи, проводять вологе прибирання тощо.

Дегазація — видалення та нейтралізація отруйних та сильнодіючих отруйних речовин. Територію з твердим покриттям дегазують сухим хлорним вапном, згодом поливаючи його водою, ґрунтові площадки після застосування хлорного вапна (0,2-0,3 кг/м<sup>2</sup>) переконують на глибину 3-5 см або засинають шаром ґрунту 8-10 см. Зимою знімають верхній шар снігу товщиною 5-20 см.

Зовнішню поверхню будинків і споруд дегазують водою або дегазуючим розчином, внутрішні приміщення - шляхом розбризкування дегазуючих розчинів з наступним миттям водою і провітрюванням.

Знезараження транспортних засобів і техніки проводиться на станціях знезараження транспорту, які, переважно, організуються на базі підприємств автосервісу.



З предметів отруйні речовини видаляють тампонами, змоченими в дегазуючих розчинах. Деколи для дегазації використовують відкритий вогонь.

Для дегазації дрібних металевих предметів застосовують кип'ятіння протягом 30-40 хвилин.

Дегазація може проводитись хімічним або механічним способом. Хімічний спосіб передбачає застосування дегазуючих розчинів, механічний - зрізання і видалення верхнього зараженого шару. До дегазуючих речовин відносяться хімічні сполуки, які вступають в реакцію з отруйними речовинами і перетворюють їх в нетоксичні сполуки. Для дегазації застосовують речовини окислювально-хлоруючої дії (гіпохлориди, хлораміни) і лужні (їдкі луги, соду, аміак, солі амонію тощо), а також такі спеціальні розчини як: дегазуючий розчин № 1, що містить 5% розчину гексахлормеламіну або 10% розчину діхлораміну в діхлоретані, він призначений для дегазації бойових отруйних речовин (БОР) типу іприт і V-газів; дегазуючий розчин № 2 — водний розчин 2% їдкого натру, 5% моноетаноламіну та 20% аміаку і призначений для дегазації БОР тину зоман.

Дезінфекція — знищення хвороботворних мікробів та нейтралізація токсинів.

Дезінфекцію проводять хімічним, фізичним, механічним або комбінованим способом.

Хімічний спосіб передбачає застосування спеціальних дезінфікуючих речовин, що знищують хвороботворні мікроорганізми і руйнують біотоксини.

Для дезінфекції, а також часто і для дегазації, застосовують такі речовини та їх розчини:

хлорне вапно;

водний розчин хлорного вапна;

їдкий натр (каустична сода);

водний розчин їдконого натру (10%); формальдегід (35-40% водний розчин); перекис водню;  
спеціальні препарати.

Фізичний спосіб дезінфекції використовується переважно для невеликих предметів, білизни, посуду. Він передбачає застосування тривалої дії високих температур (кип'ятіння, нагрівання в автоклаві, використання перегрітої пари, відкритого вогню тощо) з метою знищення мікроорганізмів та руйнування токсинів.

Механічний спосіб передбачає видалення мікроорганізмів та токсинів разом з верхнім шаром предметів або їх миття. Цей спосіб потребує утилізації забруднених речовин і води.

Територію, будинки дезінфікують 20%-м розчином хлорного вапна та іншими дезінфікуючими речовинами; устаткування та інвентар обробляють 6%-м розчином перекису водню; металевий інвентар та посуд - кип'ятять в 2%-му розчині кальцинованої соди протягом 1,5 год. після чого промивають водою.

Санітарна обробка передбачає комплекс заходів щодо знезараження населення та особового складу формувань цивільного захисту від радіоактивних, отруйних речовин та хвороботворних мікроорганізмів.

За правилами проводять повну та часткову санітарну обробку.

Часткова санітарна обробка передбачає механічне очищення, миття та обробку відкритих ділянок шкіри, зовнішніх поверхонь одягу, взуття, засобів індивідуального захисту засобами, що входять до індивідуальних протихімічних пакетів. Як правило, часткову обробку проводять у зонах зараження та забруднення.

При повній санітарній обробці, крім загального знезараження і миття тіла, замінюється одяг і білизна.

Санітарна обробка особового складу формувань та населення проводиться в санітарно-обмивних пунктах, що, як правило, формуються на

базі бань, санперепускників, душових, можливе влаштування тимчасових пунктів в польових умовах.

Взуття, одяг, білизну та засоби захисту обробляють у відділеннях знезараження. Станції знезараження одягу влаштовують на базі хімчисток, побутових комбінатів, а деколи підприємств, що мають печі та автоклави.

Для перевірки якості дезінфекції проводять бактеріологічні дослідження.

Під час проведення робіт зі знезараження необхідно дотримуватися наступних заходів безпеки;

- всі роботи повинні виконуватися в засобах індивідуального захисту;
- в зоні радіоактивного зараження здійснювати контроль за одержаними дозами опромінення;
- в зоні хімічного зараження уникати застою ОР, в приміщенні працювати з відчиненими дверима та вікнами;
- в період роботи не пити води, не їсти, не налити і не знімати засобів індивідуального захисту (ЗІЗ);
- на відкритій місцевості під час проведення робіт знаходитись із навітряної сторони по відношенню до зараженого об'єкта (предмета);
- для уникнення перегріву тіла необхідно дотримуватися гранично-допустимого часу безперервної роботи в захисному одязі;
- знімати ЗІЗ тільки у спеціально відведених місцях після спеціальної обробки;
- після проведення робіт провести знезараження інструменту, приладів.

Контроль за зараженими і забрудненими продовольчими та непродовольчими товарами і водою здійснюється, як правило, постами радіаційного та хімічного спостереження і хімічними лабораторіями. Знезараження проводиться на складах і виробничих приміщеннях, а також на спеціально устаткованих майданчиках знезараження.

## ВИСНОВКИ

Кваліфікаційна робота присвячена дослідженню процесу сортування зерна пшениці. Аналіз сучасних досліджень процесів сортування ЗС та існуючих конструкцій трієрних машин показав, що процес сортування ЗС є складним процесом, якість проведення якого залежить від багатьох факторів. У результаті теоретичного дослідження встановлено, що конструктивні параметри ТЦ ультратрієрної установки, саме розміри, особливості конструкції, якість поверхні, вид обробки поверхні, взаємне розміщення елементів ТЦ та характеристика оброблюваної сировини здійснюють суттєвий вплив на сортування зерна пшениці. Для якісної обробки сировини важливим є рівномірне транспортування ЗС та інтенсивне її перемішування в ТЦ. Виходячи з цього, з метою забезпечення більш рівномірної роботи установки, було запропоновано заміну конструкції ударного валка ТЦ шляхом зміни його стрічкового виду на конструкцію у вигляді шнека. Були проведені всі необхідні для цього розрахунки: технологічний, кінематичний, конструктивний розрахунок, визначення необхідної потужності на роботу ультратрієрної установки.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Обладнання підприємств переробної та харчової промисловості. /За ред. І.С.Гулого – Вінниця: Нова книга, 2001. –576с.
2. Головань Ю.П., Ильинский Н.А. Технологическое оборудование хлебопекарных предприятий. – М.: Агропромиздат, 1988. –382с.
3. Технология переработки зерна. / Под ред. Г.А.Егорова.- М.: Колос, 1977. – 376с.
4. Азаров Б.М. Технологическое оборудование пищевых производств. – М.: Агропромиздат, 1988. –462с.
5. Основы расчета и конструирования машин и автоматов пищевых производств. / Под ред. А.Я.Соколова —М.: Машиностроение, 1969. –637с.
6. Иванов М.Н. Детали машин. –М.: Высшая школа, 1991. – 383с.
7. Сборник задач и примеров расчета по курсу деталей машин. М.: Машиностроение, 1975. –286с.
8. Общетехнический справочник. /Под ред. Е.А. Скороходова. –М.: Машиностроение, 1990. -496с.
9. Посацький С.Л. Опір матеріалів. – Львів, Видавництво Львівського університету, 1963. –360с.
- 10.Березин М.А. Практикум по расчетам технологического оборудования пищевых производств / М.А. Березин, С.В. Истихин, В.В. Кузнецов. – Саранск:ООО «Мордовия Экспо, 2009.- 64с.
- 11.Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку: Підручник / Д.Г. Войтюк, В.М. Барановський, В.М. Булгаков та ін.; за ред. Д.Г. Войтюка. — К.: Вища освіта, 2005. — 464 с.
- 12.Беляев Н.М. Сопротивление материалов. – М.: Наука, 1976.- 608с.
- 13.Дробот В.И. Справочник инженера-технолога хлебопекарного производства. – К.: Урожай, 1990. – 280с.

14. Гафнер Л.А. Основы мукомольного производства. – М.: Агропромиздат, 1985. – 223с.
15. Нормы технологического проектирования мельниц. – М.: ЦНИИпромзернопроект, 1977.
16. Правила организации и ведения технологического процесса на мельницах. – М.: ЦНИИТЭМ Минзага СССР, 1978.
17. Копейкина Т.К., Мельников Е.М. Практикум по мукомольно-крупяному и комбикормовому производству. – М.: Колос, 1980. – 199с.

ДОДАТКИ

Таблиця А.1. – Обмежувальні кондиції на зерно, що поставляється  
борошномельним заводам

Показники	Пшениця	Жито
Вологість, %	15,5	15,5
Кількість бур'янистої домішки, %	2,0	2,0
у тому числі:		
усіх видів мінеральної домішки	0,3	0,3
шкідливої домішки	0,2	0,2
У числі шкідливої домішки:		
гірчака, в'язелю ( разом чи окремо)	6,1	0,1
ріжка, головешки ( разом чи окремо)	0,15	0,15
куколю	0,5	0,5
Кількість зернової домішки, %	5,0	4,0
у тому числі пророслих зерен	3,0	3,0
Кількість клейковини на помел (не менше), %:		
сортовий	25,0	
обойний	20,0	—
Якість клейковини (не нижче)	Другої групи	



Таблиця А.2. - Технічні характеристики трієрів

Марка	А9-УТ2- К-6	Р6-ТЦ-500	Р6-ТЦ- 700	УТК-200	БТС-120
Продуктивність, т/год	6	3	6	8,3	5
Потужність елект- родвигуна, кВт	2,64	1,1	1,1	2,2	2,8
Габаритні розміри, мм	2500x975 x 1360	3480x850x 1160	3480x990 x 1664	2292x103 4x 1415	2292x1034 x 1415
Ефективність очис-тки домішок, %, не менше	80	70	70		
Витрата повітря, м <sup>3</sup> /год	300	300		670	670
Маса, кг	970	445	620		

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
 Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя (Україна)  
 Національна академія наук України  
 Університет імені П'єра і Марії Кюрі (Франція)  
 Маріборський університет (Словенія)  
 Технічний університет у Кошице (Словаччина)  
 Вільнюський технічний університет ім. Геллімінаса (Литва)  
 Шяуляйська державна колегія (Литва)  
 Жешувський політехнічний університет ім. Лукасевича (Польща)  
 Білоруський національний технічний університет (Республіка Білорусь)  
 Міжнародний університет цивільної авіації (Марокко)  
 Національний університет біоресурсів і природокористування України (Україна)  
 Наукове товариство ім. Шевченка  
 ГО «Асоціація випускників Тернопільського національного технічного  
 університету імені Івана Пулюя»

# АКТУАЛЬНІ ЗАДАЧІ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

**Збірник**

тез доповідей

**Том II**

**IX Міжнародної науково-технічної  
 конференції молодих учених та студентів  
 25-26 листопада 2020 року**



УКРАЇНА  
 ТЕРНОПІЛЬ – 2020

**СЕКЦІЯ: ФУНДАМЕНТАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ХАРЧОВИХ БІО- ТА  
НАНОТЕХНОЛОГІЙ**

1.	Д.А. Арутюнян, Л.А. Сторож, О.С. Покоტიло ЖИРНОКИСЛОТНИЙ СКЛАД СИРІВ ЗАЛЕЖНО ВІД ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА	139
2.	Н.В. Бабин ВИМОГИ ДО ПОДРІБНЮВАЧІВ	140
3.	Н.І. Баглай, Б.Л. Шамчук УДОСКОНАЛЕННЯ ПАСТЕРИЗАЦІЙНО-ОХОЛОДЖУВАЛЬНОЇ УСТАНОВКИ ДЛЯ КИСЛОМОЛОЧНИХ ПРОДУКТІВ ОПЛ-10	141
4.	І.В. Бойко, О.В. Бойко АНАЛІЗ ФАСУВАЛЬНОГО УСТАТКУВАННЯ	142
5.	Д. В. Бублик, А. М. Василівська, Н. М. Зварич НАПРЯМКИ МОДЕРНІЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ЗЕРНОПРОДУКТІВ	144
6.	В.В. Власов, В.Р. Сельський ВИКОРИСТАННЯ АЛИЧІ У ВИРОБНИЦТВІ СОКІВ	145
7.	Д.Я. Далевська, О.С. Покоტიло ВПЛИВ БІОЛОГІЧНОГО АКТИВНОГО ЙОДУ НА ОРГАНОЛЕПТИЧНІ ПОКАЗНИКИ КЕФІРУ	146
8.	Ю.М. Добощук ВПЛИВ ВЖИВАННЯ ХЛІБУ НА ОРГАНІЗМ ЛЮДИНИ	147
9.	Р.І. Дубовий, В.П. Глазій АНАЛІЗ МЕТОДІВ ВИМІРЮВАННЯ СТРУКТУРНО-МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ТІСТА	148
10.	В.В. Конюкевич ОСОБЛИВОСТІ ВАКУУМНИХ КОВБАСНИХ ШПРИЦІВ	149
11.	Т. Є. Мурин, В. Р. Сельський СПОСОБИ ПІДГОТОВКИ СИРОВИНИ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ СОКУ ІЗ СЛИВИ	150
12.	І.Т. Новіков, О.С. Покоტიло ЛЛЯНА ОЛІЯ ЯК ДЖЕРЕЛО ОМЕГА-3 ПОЛІЕНАСИЧЕНИХ КИСЛОТ ПРИ СТВОРЕННІ КУПАЖІВ	151
13.	А.А. Островська РОЗЛИВ ПИВА У КЕГИ – ГАРАНТІЯ ЯКОСТІ	152

УДК 664.7

Д. В. Бублик, А. М. Василюшин, Н. М. Зварич, канд. техн. наук, доц.

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

**НАПРЯМКИ МОДЕРНІЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ  
ВИРОБНИЦТВА ЗЕРНОПРОДУКТІВ**

D.V. Bublik, A. M. Vasylyshyn, N. M. Zvarych, Ph. D., Assoc Prof.

**WAYS OF MODERNIZATION OF TECHNOLOGICAL EQUIPMENT FOR  
PRODUCTION OF GRAIN PRODUCTS**

Одним із стратегічних завдань кожної країни є забезпечення населення продуктами харчування. Світовий попит на харчові продукти оцінюється приблизно у 10 трлн дол. США [1]. Харчова промисловість України має всі можливості для успішного реагування на глобальні виклики та інтеграцію у світовий торговельний простір, завдяки наявності природних ресурсів, вигідного географічного розташування та високому ступеню розвитку продовольчого сектора. У 2018 році, експорт харчових та сільськогосподарських продуктів з України склав 18,6 млрд дол. США, що дорівнює 39,3% загального експорту з України. Головною статтею експорту були зернові культури (7,2 млрд дол. США), за ними – жири та масла, готові для споживання істивні жири та віск (4,5 млрд дол. США). Далі – олійні культури (2 млрд. дол. США), шрот та макуха 1,2 млрд. дол. США), м'ясо та харчові м'ясні субпродукти (646 млн. дол. США), а також молоко та молочні продукти, яйця птиці, натуральний мед (481 млн. дол. США). Експорт м'яса птиці порівняно з 2017 виріс на 30%, шоколаду – на 13%, соєвої олії – на 22%, насіння ріпаку – на 15% і пшениці – на 9%. [2]. Оскільки зернопродукти та продукти їхньої переробки складають велику частку раціону харчування населення, модернізація та реконструкція, розширення діючих і будівництво нових виробничих потужностей відповідно до вимог і нормативів ЄС щодо виробництва безпечної та якісної продукції, розробка і освоєння нових ресурсо- та енергозберігаючих технологій, що забезпечують раціональне використання сировини, зменшення її витрати на одиницю продукції, а також переробка зернової сировини застосуванням машини нового покоління, які забезпечують глибоку переробку є одними з головних напрямків розвитку зернопереробних підприємств. Важливими напрямками модернізації також є збільшення продуктивності та інтенсифікація технологічних процесів, подальше впровадження систем комплексної переробки відходів. Проблемою багатьох підприємств, особливо невеликих, сьогодні є використання застарілих, громіздких систем автоматизації виробничих процесів або невикористання взагалі. Розроблення і впровадження сучасних систем автоматизації обладнання для переробки зернової сировини з можливістю комп'ютерного налаштування та дистанційного керування технологічними процесами суттєво підвищує технічний рівень підприємства. Важливим напрямком модернізації харчових виробництв є зменшення матеріало- та металоємності обладнання, створення та удосконалення міні обладнання, використання сучасних композитних матеріалів.

**Література**

1. Розвиток промисловості для забезпечення зростання та оновлення української економіки : науково-аналітична доповідь / за ред. Дейнеко Л.В.; НАН України, ДУ «Ін-т еком. та прогнозув. НАН України». – К., 2018. – 158 с.

2. Секторальна експортна стратегія 2019-2023 "Харчова і переробка промисловість України" (дослідження). - Режим доступу <https://www.me.gov.ua/Documents/Detail?lang=uk-UA&id=515d8680-39af-417d-b782-ebbe388f3dd3&title=SektoralnaEksportnaStrategiiaKharchovaIPerrobkaPromislovostiUkraini-doslidzhennia-UkrainskoinMovoju>