

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут (факультет) Навчально-науковий інженерно-технічний інститут ім. акад. І.С. Гулого

Кафедра Технологічного обладнання та комп'ютерних технологій проектування

«До захисту в ЕК»

Директор інституту(декан факультету)

(підпис)

Сергій БЛАЖЕНКО

(ім'я та прізвище)

« ___ » _____ 20__ р.

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

(підпис)

Микола ЯКИМЧУК

(ім'я та прізвище)

« ___ » _____ 20__ р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА

зі спеціальності _____ 133 «Галузеве машинобудування» _____

освітньо-професійної програми Інжиніринг харчових та біотехнологічних виробництв

на тему: Модернізація відцентрового сепаратора для очистки зернових культур підвищеної вологості

Виконав: здобувач V курсу, групи ЗОХ-5-2

Верланов Владислав Валерійович

(прізвище, ім'я, по батькові повністю)

(підпис)

Керівник: Миколів Іван Михайлович

(прізвище, ім'я, по батькові повністю)

(підпис)

Консультанти

(ім'я та прізвище)

(підпис)

(ім'я та прізвище)

(підпис)

(ім'я та прізвище)

(підпис)

Рецензент

(ім'я та прізвище)

(підпис)

Я як здобувач(ка) Національного університету харчових технологій розумію і підтримую політику університету з академічної доброчесності. Я не надавав(-ла) і не одержував(-ла) недозволеної допомоги під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

Здобувач _____

(підпис)

Київ – 2024р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут Навчально-науковий інженерно-технічний інститут ім. акад. І.С. Гулого

Кафедра Технологічного обладнання та комп'ютерних технологій проектування

Освітній ступінь бакалавр

Спеціальність 133 «Галузеве машинобудування»

(код і назва)

Освітня програма «Інжиніринг харчових та біотехнологічних виробництв»

(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТОКТП

проф. Микола ЯКИМЧУК

“ ____ ” _____ 20__ року

З А В Д А Н Н Я **НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА**

Верланов Владислав Валерійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Модернізація відцентрового сепаратора для очистки зернових культур підвищеної вологості

Керівник проекту (роботи) Миколів Іван Михайлович, доц., кандидат тех. наук

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від «08» листопада 2023 р. № 917-кс

2. Строк подання здобувачем роботи «01» лютого 2024р.

3. Вихідні дані до роботи технічний паспорт обладнання; кресленики обладнання; навчальна, нормативна та спеціальна література.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): анотація; зміст; вступ; порівняльний аналіз технічних рішень, техніко-економічне обґрунтування; характеристика вихідної сировини і готового продукту; опис запропонованого технічного рішення, принцип роботи; розрахункова частина; вибір конструкційних матеріалів; технологічний маршрут виготовлення деталі; вимоги щодо монтажу і технічного сервісу; опис системи управління; заходи щодо охорони праці; загальні висновки, список використаних літературних джерел, специфікація.

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

Загальний вигляд обладнання – 2 аркуші; Складальні одиниці обладнання, вузли, деталі – 3 аркуші; Технологія машинобудування – 1 аркуш.

6. Консультанти розділів роботи

| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата | |
|-----------------------------------|---|----------------|------------------|
| | | завдання видав | завдання прийняв |
| <i>Технологія машинобудування</i> | | | |
| | | | |

7. Дата видачі завдання: «09» листопада 2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № п/п | Назва етапів дипломного проекту (роботи) | Строк виконання етапів проекту (роботи) | Примітка |
|-------|---|---|----------|
| 1 | <i>Анотація, зміст</i> | <i>15.11.2023р.</i> | |
| 2 | <i>Вступ</i> | <i>20.11.2023р.</i> | |
| 3 | <i>Порівняльний аналіз технічних рішень поставленої задачі</i> | <i>05.12.2023р.</i> | |
| 4 | <i>Техніко-економічне обґрунтування</i> | <i>10.12.2023р.</i> | |
| 5 | <i>Характеристика вихідної сировини і готового продукту</i> | <i>15.12.2023р.</i> | |
| 6 | <i>Опис запропонованого технічного рішення. Будова та принцип роботи.</i> | <i>20.12.2023р.</i> | |
| 7 | <i>Вибір конструкційних матеріалів</i> | <i>25.12.2023р.</i> | |
| 8 | <i>Розрахункова частина</i> | <i>10.01.2024р.</i> | |
| 9 | <i>Технологічний маршрут виготовлення деталі</i> | <i>15.01.2024р.</i> | |
| 10 | <i>Вимоги щодо монтажу і технічного сервісу</i> | <i>18.01.2024р.</i> | |
| 11 | <i>Опис системи управління</i> | <i>20.01.2024р.</i> | |
| 12 | <i>Заходи щодо охорони праці</i> | <i>24.01.2024р.</i> | |
| 13 | <i>Висновки</i> | <i>26.01.2024р.</i> | |
| 14 | <i>Список використаних літературних джерел</i> | <i>28.01.2024р.</i> | |
| 15 | <i>Графічна частина: 5 аркушів формату А1</i> | <i>28.01.2024р.</i> | |
| | <i>Подача кваліфікаційної роботи на кафедру</i> | <i>01.02.2024р.</i> | |

Здобувач

_____ (підпис)

Владислав ВЕРЛАНОВ

Керівник роботи

_____ (підпис)

Іван МИКОЛІВ

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота на тему "Модернізація відцентрового сепаратора для очистки зернових культур підвищеної вологості". Згідно з тематикою кваліфікаційної роботи, об'єктом модернізації є сепаратор марки БЦС-25. Аналіз процесу сепарування зерна у виробничих умовах виявив проблему очистки від домішок вологого і легкого зерна (ячменю, кукурудзи, соняшнику). Для вирішення цієї проблеми удосконалено відцентровий повітряний сепаратор, який інтенсифікує ситове і повітряне сепарування.

Основною метою дипломного проекту є модернізація виконавчих механізмів машини, які б забезпечили її надійну та безперервну роботу. Під час виконання проекту було розраховано основні параметри сепаратора, виконані технологічний, кінематичний та розрахунки на міцність елементів машини. Результати розрахунків показали, що машина є надійна та ефективна і має право на впровадження її в харчову промисловість України.

Проект складається з розрахунково-пояснювальної записки об'ємом стор. та графічної частини проекту (5 аркушів формату А1) з короткою характеристикою складових проекту.

Ключові слова: сепаратор, зерно, відцентрова сила, вологість.

| | | | | | | |
|---|---|---|-----------------------------|-------------------------|--------------------------|----------------------------|
| <i>Відповідальна організація</i> НУХТ | <i>Технічне узгодження</i> Миколай І.М. | <i>Вид документа</i> Пояснювальна записка | | <i>Статус документа</i> | | |
| <i>Власник документа</i> НУХТ | <i>Розробник документа</i> Верланов В.В. | <i>Назва, додаткова назва</i> Анотація | 19-1676.КР.02.000 ПЗ | | | |
| | <i>Документ затверджено</i> Якимчук М.В. | | <i>Інд. змін.</i> | <i>Дата видання</i> | <i>Мова</i> UA | <i>Аркуш</i> 1/2 |

ABSTRACT

Qualification work on the topic "Modernization of a centrifugal separator for cleaning grain crops with high humidity". According to the topic of the qualification work, the object of modernization is the BCS-25 separator. The analysis of the grain separation process in production conditions revealed the problem of cleaning wet and light grains (barley, corn, sunflower) from impurities. To solve this problem, a centrifugal air separator has been improved, which intensifies sieve and air separation.

The project consists of a calculation and explanatory note with a volume of pages, which includes drawings (drawings), tables (tables), graphs (2 graphs) and the graphic part of the project (5 sheets of A1 format) with a brief description of the project components.

The main goal of the diploma project is to modernize the executive mechanisms of the machine, which would ensure its reliable and continuous operation. During the implementation of the project, the main parameters of the separator were calculated, technological, kinematic and strength calculations of the machine elements were performed. The results of the calculations showed that the machine is reliable and efficient and has the right to be introduced into the food industry of Ukraine.

Key words: separator, grain, centrifugal force, moisture.

ЗМІСТ

| | стор. |
|--|-------|
| Анотація..... | 4 |
| Вступ..... | 7 |
| 1. Порівняльний аналіз технічних рішень поставленої задачі..... | 10 |
| 2. Техніко-економічне обґрунтування..... | 19 |
| 3. Характеристика вихідної сировини і готового продукту. Опис запропонованого технічного рішення. Будова та принцип роботи обладнання..... | 22 |
| 4. Вибір конструкційних матеріалів..... | 26. |
| 5. Технологічний маршрут виготовлення деталі..... | 29. |
| 6. Розрахункова частина..... | 39 |
| 7. Опис системи управління..... | 58 |
| 8. Вимоги щодо монтажу і технічного сервісу..... | 64 |
| 9. Заходи щодо охорони праці..... | 68 |
| 10. Охорона довкілля..... | 74 |
| Висновки..... | 81 |
| Список використаних літературних джерел..... | 82 |
| Специфікації..... | 84 |

| | | | | | | |
|---|---|---|-----------------------------|---------------------|--------------------------|---------------------|
| <i>Відповідальна організація</i> НУХТ | <i>Технічне узгодження</i> Миколай І.М. | <i>Вид документа</i> Пояснювальна записка | <i>Статус документа</i> | | | |
| <i>Власник документа</i> НУХТ | <i>Розробник документа</i> Верланов В.В. | <i>Назва, додаткова назва</i> Зміст | 19-1676.КР.02.000 ПЗ | | | |
| | <i>Документ затверджено</i> Якимчук В.М. | | <i>Інд. змін.</i> | <i>Дата видання</i> | <i>Мова</i> UA | <i>Аркуш</i> 1/1 |

Вступ

Одним із пріоритетних напрямів розвитку агропромислового комплексу, є створення нового і удосконалення існуючого технологічного обладнання і технологій для переробки сільськогосподарської сировини.

Сепарування зернової суміші та інших сипучих матеріалів широко використовується на підприємствах борошномельної, круп'яної, масложирової та інших галузей промисловості. Важливим фактором для виробництва є зниження собівартості і підвищення якості робіт. Необхідність переходу на сучасне і високоефективне обладнання обумовлена високими вимогами до якості зерна, що надходить на переробку.

У даний час процес сепарування сипучих матеріалів здійснюється на застарілому обладнанні, і як наслідок, якість отриманого продукту не задовольняє сучасні вимоги. Витрати на післязбиральну обробку і зберігання зерна складає від 40 до 60 % загальних витрат на його виробництво, тому актуальним питанням є перехід на високоефективне обладнання для сепарування, що дозволить інтенсифікувати даний процес [1].

Основним напрямком технічного прогресу в сфері зберігання зерна на даний момент часу являється впровадження прогресивних технологій, автоматизованих ліній та високопродуктивних видів обладнання, що дозволить покращити якість продукції, підвищити продуктивність праці на заводах, зменшити втрати сировини, покращити санітарно-гігієнічні умови роботи та підвищити загальну культуру виробництва в цілому [1, 2]. Одним із найбільш пріоритетним напрямків розвитку переробної промисловості є розробка та впровадження новітніх енергоощадних технологій, які б дозволили налагодити випуск досить широкого асортименту харчової продукції при порівняно невеликих енергетичних затратах. Особливого значення при цьому надається створенню надійних конструкцій, нового

| | | | | | | |
|---|---|---|-------------------|-----------------------------|--------------------------|----------------------------|
| <i>Відповідальна організація</i> НУХТ | <i>Технічне узгодження</i> Миколай І.М. | <i>Вид документа</i> Пояснювальна записка | | <i>Статус документа</i> | | |
| <i>Власник документа</i> НУХТ | <i>Розробник документа</i> Верланов В.В. | <i>Назва, додаткова назва</i> Вступ | | 19-1676.КР.02.000 ПЗ | | |
| | <i>Документ затверджено</i> Якимчук М.В. | | <i>Інд. змін.</i> | <i>Дата видання</i> | <i>Мова</i> UA | <i>Аркуш</i> 1/3 |

технологічного обладнання і підвищення надійності діючого [3, 4].

Створення нової, досконалішої техніки і удосконалення технологічних прийомів її експлуатації при зберіганні і переробці зерна зустрічає ряд труднощів, обумовлених багатьма причинами, найважливіші з яких наступні: різноманіття матеріалів, що сепаруються, і способів сепарації; складність і різноманітність механічних явищ взаємодії часток матеріалів, що сепаруються, один з одним і з робочим органом машини; недостатній розвиток теоретичних основ сепарації і інженерних методів розрахунку параметрів процесу і машини [5–7]. Опанування наукових уявлень про особливості різних процесів сепарації необхідне не лише для створення нових машин, але і для визначення оптимальних умов експлуатації наявних машин, скорочення термінів впровадження нової техніки, удосконалення технологічних процесів зберігання і переробки зерна в цілому, для узагальнення виробничого досвіду.

Найбільш ефективним способом очищення і сортування зерна є сепарація на решетах. У даний час в основному використовуються плоскі решета, але вони мають обмежену продуктивність на одиницю робочої поверхні. Одним із основних недоліків плоских решіт є необхідність коливальних рухів, що ускладнює привід і очищення решіт, потребує пристроїв для їх удосконалення. Все це обумовлює складність, недостатню надійність машин, а також їх великі габарити, металоємність і відповідно високу вартість та експлуатаційні затрати.

Для значного підвищення ефективності роботи відцентрових сепараторів необхідно в принципі змінити технологічний процес. Основними факторами, що визначають процес сепарації, повинна бути не сила тяжіння, а інерційна сила, яку можливо реалізувати на циліндричних решетах. Які мають великі переваги:

- вони не потребують врівноважування;
- відрізняються плавністю руху;
- простим приводом;
- високою надійністю;
- компактністю.

Тому інтенсифікація сепарації за допомогою циліндричних решіт є актуальною задачею, а самі решета одним із найбільш перспективних робочих органів для сепарації.

Відповідно до викладеного, у кваліфікаційній роботі сформульовано **мету дослідження**: підвищення ефективності технологічного процесу сепарації на основі інерційних силових полів.

Об'єкт дослідження: технологія сепарації зерна і процес роботи сепарувальної машини на горизонтальних решетах.

Предмет дослідження: закономірності процесу сепарації зерна , параметри і режими роботи решітних циліндрів.

Методи дослідження: теоретичні обґрунтування параметрів і режимів роботи сепарувальної машини проводилось з використанням методів математичної статистики і моделювання, законів і методів класичної механіки, методів планування багатofакторного експерименту і математичного аналізу отриманих результатів.

1. Порівняльний аналіз технічних рішень поставленої задачі

Основні вимоги до процесу очищення. Основними показниками, що визначають якість очищення та сортування, є чистота зерна (посівного матеріалу), питома маса, вирівняність зерна за розмірами, схожість тощо. Рациональні розміри та добротність зерна встановлюють відповідно до агротехнічних вимог, базисних кондицій, державних стандартів на продовольче зерно і насіннєвий матеріал.

Очищене і відсортоване зерно призначене для помелу на сортове борошно повинно відповідати встановленим стандартам: вміст сміттевої домішки не повинен перевищувати 2%, шкідливої домішки – не більше 0,2%, в тому числі вміст головні і спори твердої сажки окремо або разом не повинен перевищувати 0,05%, а гірчака і в'язелю (окремо або разом) – 0,04% від загальної норми 0,05%; вміст зернової домішки – не більше 5% в пшениці і 4% в житі, в тому числі порослих зерен не більше 3%; зерно повинно бути не заражене шкідниками; натурна вага зерна пшениці не повинна бути меншою 650 г./л, жита 600 г./л [8].

Сортова чистота насінневого матеріалу зернових культур I й II класу має становити 98...99%, схожість – 90...95% (для твердої пшениці II класу – не менше 8%), кількість обрешеного насіння – 0,5... 1%.

Зерноочисні машини мають бути пристосованими для доведення зерна і насінневого матеріалу різних сільськогосподарських культур до потрібних кондицій, легко переналагоджувались, бути зручними в експлуатації, відповідати агротехнічним вимогам і санітарним нормам.

Повітроочисні машини. Основна технологічна функція повітряних сепараторів – виділення із зернової суміші домішок, відмінних від зерна за аеродинамічними ознаками.

| | | | | | | |
|---|---|---|-----------------------------|-------------------------|--------------------------|---------------------|
| <i>Відповідальна організація</i> НУХТ | <i>Технічне узгодження</i> Миколай І.М. | <i>Вид документа</i> Пояснювальна записка | | <i>Статус документа</i> | | |
| <i>Власник документа</i> НУХТ | <i>Розробник документа</i> Верланов В.В. | <i>Назва, додаткова назва</i> Порівняльний аналіз технічних рішень поставленої задачі | 19-1676.KP.02.001 ПЗ | | | |
| | <i>Документ затверджено</i> Якимчук М.В. | | <i>Інд. змін.</i> | <i>Дата видання</i> | <i>Мова</i> UA | <i>Аркуш</i> 1/9 |

Принцип роботи полягає в зміні характеру руху часточок зернової суміші у повітряному потоці залежно від їх аеродинамічних властивостей.

Повітроочисні машини застосовують для очищення зернової маси від половини, пилу й інших домішок на токах післязбиральної обробки, в лініях вальцьових млинів, для відділення лузги з продуктів лушіння насіння соняшнику в олійному виробництві і пливчастих культур (проса, гречки, вівса ін.) на круп'яних заводах, а також для контролю крупи та відходів. Вони бувають конструктивним виконанням для роботи з механічним і пневматичним транспортом.

За способом використання повітря їх поділяють на сепаратори з одноразовим і багаторазовим послідовним в часі продуванням зерна, з розімкнутим і зімкнутим потоками повітря. Для створення повітряного потоку застосовують в основному індивідуальні відцентрові вентилятори низького тиску до 1 кПа, середнього тиску 1...3 кПа і вентилятори пневмотранспорту [9].

У зернопереробних виробництвах застосовують зерноочисні колонки типу ОПС-2, сепаратори пневматичні СП-5, машини для попереднього очищення зернового матеріалу МПО-50, МІЮ-100, сепаратори А1-БВЗ, РЗ-БАБ, РЗ-БСД та ін.

Пневмоколонка (повітряний канал) – коробчастий канал з привареними в середині скатними полицями або без них. Полиці гальмують рух зерна в каналі за рахунок чого збільшується час його обробки повітряним потоком, застосовують канали зі всмоктувальним або напірним повітряними потоками, їх розташовують вертикально або похило. Повноцінне зерно має більшу критичну швидкість чим легкі домішки, потрапляючи в капали, рухається вертикально вниз до виходу вертикального каналу або по балістичній траєкторії в похилому каналі і падає ближче в лоток повноцінного зерна, а легка домішка (легке щупле зерно) відноситься в верх у патрубок вертикального каналу або в лоток для легкої фракції похилого каналу.

Силу тиску на зерно і швидкість повітряного потоку, при якій часточки суміші будуть виноситись повітряним потоком, залежать від критичних їх швидкостей і кута нахилу каналу до горизонту. Із збільшенням кута нахилу від 0 до 90° зростають витрати енергії на поділ зерна, тому вертикальні канали при всіх інших рівних умовах є більш енергоємними і їх доцільно застосовувати тільки для видалення легких домішок з невеликими критичними швидкостями. Аспараційні канали є складовою частиною багатьох пневматичних сепараторів, зерноочисних машин та пневмотранспорту.

Ситовий сепаратор фірми «Совокрим», складається із рами і ситового корпусу, які з'єднані пружинами. Коливальний рух ситовому корпусу задають два вібратори. У ситовому корпусі змонтовано два яруси сортувальних і підсівних сит. Сита від забивання очищаються гумовими кульками. Для обмеження амплітуди коливань корпусу під час пуску і зупинки сепаратора служать амортизатори. Ситові рами встановлюються з торця машини і фіксуються гвинтами, кут нахилу сит – 7° [10].

Технологічний процес в сепараторі здійснюється таким чином. Зерно поступає в живильник, далі з похилих дощок поступає на сито верхнього ярусу, з якого сходом відділяється крупна домішка. Зерно проходив через сита поступає на підсівні сита другого ярусу. Очищене зерно виводиться сходом з підсівних сит і видаляється назовні через лоток з фартухом.

Очищення сит здійснюється гумовими кульками, які під час коливань грохота переміщуються по їх поверхні. Амплітуда коливань ситового корпусу регулюється в межах 3...6 мм за рахунок зміни розташування мас вібраторів відносно осі обертання. Частота коливань ситового корпусу – 75 рад/с.

У віброситових сепараторів типу БСХ принцип дії його аналогічний сепаратору «Совокрим». Для рівномірного завантаження сит по ширині зроблено два приймальні патрубки. Сепаратор може бути укомплектовано

пневмосепаруючим каналом. Технічна характеристика сепараторів БСХ приведена в табл. 2.1.

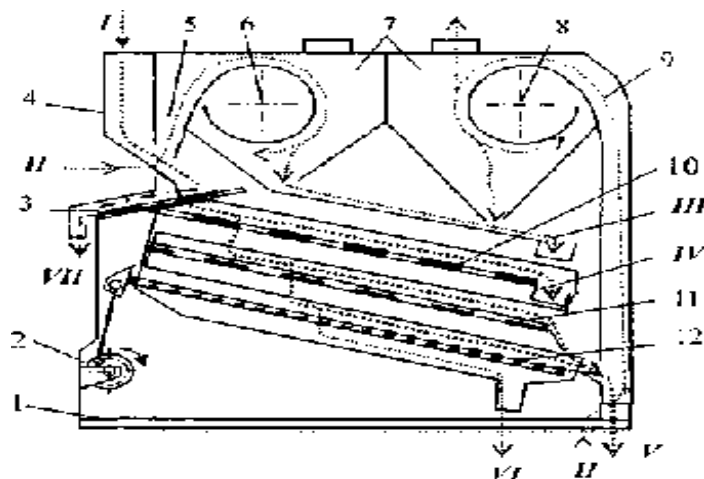
Таблиця 2.1. Технічна характеристика сепараторів типу БСХ

| Показники | Модель | | |
|------------------------------------|--------|-------|--------|
| | БСХ-3 | БСХ-6 | БСХ-12 |
| Продуктивність, т/год. | | | |
| – в елеваторному режимі | 3 | 6 | 12 |
| – в зерноочисному відділенні млина | 12 | 25 | 40 |
| Технологічна ефективність, %: | | | |
| – в елеваторному режимі | 80 | 75 | 80 |
| – в зерноочисному відділенні млина | 20 | 20 | 20 |
| Установлена потужність, кВт | 0,75 | 0,75 | 1,10 |

Повітряноситові сепаратори. Це комбіновані сепаратори, які поділяють зернову суміш за двома ознаками – розмірами (шириною і товщиною) і швидкістю витання часточок. Робочими органами цих машин є сита і повітряні канали. Найпоширенішими сепараторами є сепаратори типу ЗСМ, А1-БІС і Р6-СВС.

Повітряноситові сепаратори типу ЗСМ застосовують на підприємствах з механічним транспортом. Функціональна схема сепаратора типу ЗСМ зображена на рис. 1.1. Сепаратор розділяє зернову суміш на ситах за товщиною і шириною компонентів та за їхніми аеродинамічними властивостями. Розділення виконується послідовно. Спочатку зерно

очищається від легкої домішки (пилу, полови) повітрям в аспіраційному каналі 5 (рис. 2.1) на виході з бункера 4 сепаратора. Потім зерно просіюється на ситах 3, 10–12, де видаляються крупні і дрібні домішки. Сита коливаються плоско-паралельно у вертикальній площині. Відсортоване зерно провіюється висхідним повітряним потоком в аспіраційному каналі 9 на виході із сепаратора.



1 – корпус; 2 – привод; 3 – колосове сито; 4 – бункер; 5 – канал попереднього провіювання зерна; 6,8 – вентилятори; 7 – осадові камери; 9 – канал повторного провіювання зерна; 10,11 – сортувальні сита; 12 – підвісне сито

Рисунок 2.1 – Схема повітряноситового сепаратора ЗСМ

Сепаратори А1-БІС застосовуються на елеваторах і млинах з пневмотранспортом. Їх ситові корпуси роблять круговий поступальний рух у горизонтальній площині.

Сита встановлені в два яруси один над іншим і утворюють просту технологічну схему: схід верхнього сита – велика домішка, схід нижнього сита зерно, а прохід дрібна домішка.

Трієри призначені для очищення продовольчого зерна і насінневого матеріалу зернових, зернобобових, круп'яних та олійних культур від коротких і довгих домішок (куколю, вівсюга тощо) після обробки повітряноситовими сепараторами. Поділ зернової суміші за довжиною часточок виконують за допомогою циліндричних і дискових трієрів. Схема дискового трієра показана на рис. 2.2. Основним робочим органом трієра є барабан або диск з комірками.

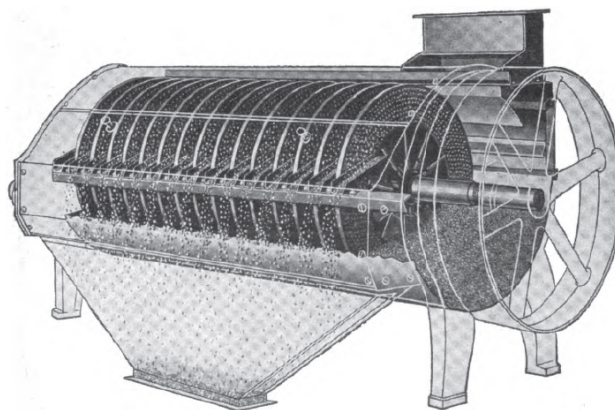


Рисунок 2.2 – Схема дискового трієра

На підприємствах з переробки зерна застосовуються дисковий трієр кукільовідбірник ТДК (А9-УТК-6) і трієр вівсюговідбірник ТДК (А9-УТО-6). Розміри комірок трієрних циліндрів для очищення та сортування насіння різних культур представлені в табл. 2.2 [11].

Таблиця 2.2 – Розміри комірок трієрних циліндрів для очищення та сортування насіння різних культур

| Культура | Діаметр комірок(мм) | | Культура | Діаметр комірок (мм) | |
|---------------------------|---------------------|------------|------------------------------------|----------------------|------------|
| | Кукільного | Вівсюжного | | Кукільного | Вівсюжного |
| Пшениця жито | 5,0 | 9,5 | Льон | 3,6 | 5,0 |
| Ячмінь | 6,3 | 11,2 | Конюшина червона | 1,6 | 2,8 |
| Овес | 6,3 | 8,5 | Тимофіївка, конюшина люцерна | 1,8 | 2,8 |
| Вико- вівсяна суміш | 5,0 | 8,5 | Рис | 6,3 | 8,5...11,2 |
| Гречка | 6,3 | 8,5 | Житняк, вівсяниця, еспарцет | 5,0 | 8,5 |

Найпоширенішими у переробних виробництвах є циліндричні трієри як більш прості за конструкцією, в ремонті і обслуговуванні, мають меншу

металомісткість від дискових трієрів, хоча технологічна ефективність їх дещо нижча дискових.

Каменевідбірні машини. Зернова маса, як правило, засмічена грудочками ґрунту, щебенем, галькою та іншими грудкуватими домішками мінерального походження. Такі домішки не можна відокремити від зерна в сепараторах і аспіраторах, якщо вони мають приблизно однакові із зерном розміри, їх видаляють каменевідбірними машинами.

За принципом роботи та конструктивними параметрами каменевідбірні машини поділяють на три групи: вібропневматичні, вібраційні дискові та гідравлічні [12].

У вібропневматичних машинах використовується дія на зернову суміш висхідного повітряного потоку та змінних за значенням і напрямком сил тертя при коливаннях ситової поверхні вібростола. В сукупності ці чинники зумовлюють розшарування («самосортування») зернової суміші за насипною щільністю. Зерно, яке має в два-три рази меншу насипну щільність, ніж мінеральні домішки, спливає вгору, набуває властивості

«плинності», сходить самопливом із робочої поверхні вібростола навіть тоді, коли кут нахилу її буде меншим від кута тертя зерна по столу. Мінеральна домішка концентрується на поверхні вібростола, коливальними рухами проштовхується по його поверхні вгору до вихідного рукава.

У вібраційних дискових машинах аеродинамічний чинник не використовують, тому процес самосортування зернової суміші відбувається менш інтенсивно, габаритні розміри і матеріаломісткість їх більші порівняно з вібропневматичними машинами однакової продуктивності.

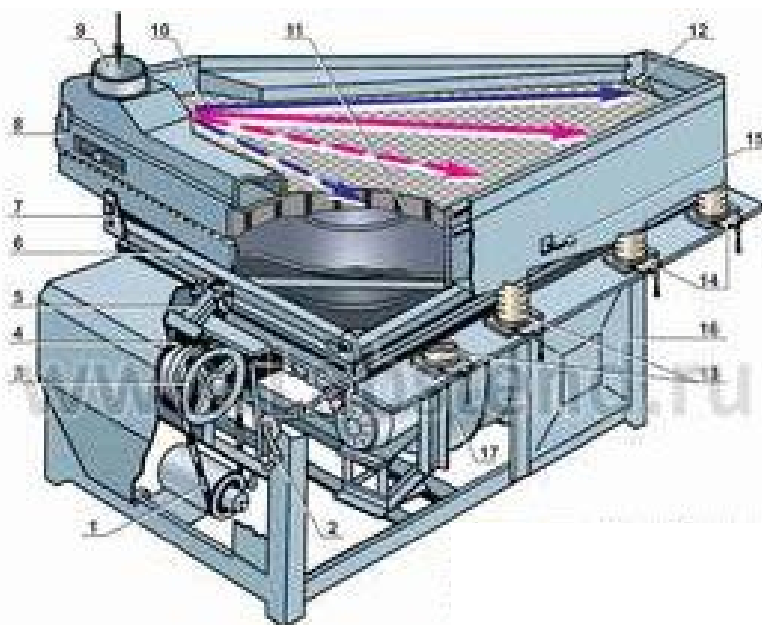
У гідравлічних машинах (зернові мийні машини) мінеральні домішки виділяються (осаджуються) у воді.

На сучасних млинах і крупорушках найпоширенішими є вібропневматичні каменевідбірні машини типу РЗ-БКТ, РЗ-БКТ-100 виробництва

ВАТ «Могилів-Подільський машинобудівний завод», Н0.6057, НО.1007.15 виробництва ЗАТ «Укрстанкінпром».

Пневматичні сортувальні столи призначені для очищення зернового матеріалу від насіння бур'янів, сортування насіння зернових та зернобобових культур та очищення від лузги і сортування крупів. Поділ зернових продуктів на столах відбувається за густиною, формою, величиною і властивостями поверхні часточок. Попередньо матеріал очищають повітроситовими машинами і трієрами.

Пневматичний сортувальний стіл ПСС-2,5В (рис. 2.3.) призначений для очищення пшениці, риса, проса, гречки та інших культур, попередньо оброблених у повітряноситових і трієрних зерноочисних машинах.



1 – варіатор; 2 – регулятор; 3 – механізм привода; 4 – противага; 5 – шатун; 6 – рамка; 7 – кронштейн; 8 – дека; 9 – горловина; 10 – сітка; 11 – повітровирівнювальна решітка; 12 – клапан; 13, 15, 18 і 20 – приймачі фракцій; 14 – заслінка; 16 – важіль; 17 – рама

Рисунок 2.3 – Пневматичний сортувальний стіл ПСС-2,5В

Комплекси для очищення і сушіння зерна. Машина КОС-0,5 призначена для очищення насіння зерна та інших дрібнонасієних культур

різної засміченості і доведення його до вимог 1-го та 2-го класів використовують спеціальну насіннеочисну лінію КОС–0,5. Вона складається з двох частин: приймально-вентиляційної та очисно-сушильної. Перша частина використовується для приймання і тимчасового зберігання зерна із застосуванням активного вентилявання. Частина для вентилявання зерна бувають двох типів: з бункерами для активного та для підлогового вентилявання. У частині з бункерами для активного вентилявання є стрічковий завантажувальний конвеєр, бункери БВ–12,5 з вібраційною розвантажувальною системою, норії, комплект зернопроводів, металева арматура та пульт керування.

Сирий матеріал вивантажується на приймальний конвеєр, а з нього – на норію, яка подає зернову масу в один з вентиляваних бункерів, де вона підсушується підігрітим повітрям. З бункерів зернова маса надходить в очисно-сушильну частину

2. Техніко-економічне обґрунтування

Перспективою розвитку та застосування в сільськогосподарському виробництві сучасних високоефективних технічних засобів [1; 9; 16; 18; 21], а також комплексного вирішення проблеми післязбиральної обробки і збереження зерна в господарствах України [1; 16; 20] є створення сучасних очисно-сушильно-зберігальних комплексів, що забезпечать прямоточну обробку врожаю з доведенням до норм базисних кондицій відповідно до ДСТУ. Наукові дослідження руху зернових сумішей з використанням відцентрових сил інерції, як найбільш ефективних, дозволили створити і впровадити у виробництво універсальні сепаратори продуктивністю від 15 до 100 т/год [13; 15; 23; 24], що стало основою для освоєння машинобудівним виробництвом ряду універсальних вібровідцентрових сепараторів типу БЦС.

Досить поширеними як в Україні, так і в інших країнах світу є повітряно-решітні зернові сепаратори з гравітаційними робочими органами, такими як плоскі коливальні, циліндричні обертові решета і вертикальні або похилі пневмосепарувальні канали, яким і притаманна обмеженість в інтенсивності сепарування, що значною мірою ускладнює створення на їх основі високопродуктивних сепараторів для очищення і сортування зернових матеріалів [1; 9].

У зазначених сепараторах застосовано інтеграцію робочих органів та спільне використання повітряних і решітних сепарувальних пристроїв у формі автономних зерноочисних блоків. Конструкційно-технологічну схему пневмосепарувального пристрою розробляли на базі проведених наукових досліджень [1; 9; 16; 18; 20; 21], що не дозволяє забезпечити збільшення продуктивності машини за необхідної якості первинного очищення зерна.

У зв'язку з викладеним, проблема розробки технічних засобів та

| | | | | | | |
|---|---|---|-----------------------------|-------------------------|--------------------------|----------------------------|
| <i>Відповідальна організація</i> НУХТ | <i>Технічне узгодження</i> Миколай І.М. | <i>Вид документа</i> Пояснювальна записка | | <i>Статус документа</i> | | |
| <i>Власник документа</i> НУХТ | <i>Розробник документа</i> Верланов В.В. | <i>Назва, додаткова назва</i> Техніко-економічне, соціальне обґрунтування | 19-1676.КР.02.002 ПЗ | | | |
| | <i>Документ затверджено</i> Якимчук М.В. | | <i>Інд. змін.</i> | <i>Дата видання</i> | <i>Мова</i> UA | <i>Аркуш</i> 1/3 |

теоретичного і механіко-технологічного обґрунтування технологічного процесу пневмовихрового сепарування в машинах первинного очищення зерна є актуальною, а її вирішення дасть змогу забезпечити такій техніці новий, вищий технічний рівень.

У зернових сепараторах типу БЦС використовуються пневмовідцентрові пристрої [1; 6; 9;

10; 16; 18; 20; 21], при цьому процес сепарування не дозволяє забезпечити значного підвищення ефективності і якості сепарування [9; 20]. Автори [2; 5; 19] зазначають, що збільшення продуктивності за незмінних показників якості прямо або опосередковано пов'язані з конструкційними особливостями дозувальних пристроїв, ротаційних розкидачів і організації повітряних сепарувальних каналів.

Дослідженнями [6; 10; 24] дискового розкидача зерна для пневмосистеми з вертикальним кільцевим аспіраційним каналом (аналог зерноочисного блока БЦС) досягнуто деяке підвищення ефективності очищення зерна вібровідцентровим сепаратором за допомогою розробки пневмо-сепарувального каналу з вертикальним кільцевим аспіраційним каналом, розділеним перегородками [15; 23]. Збільшення продуктивності такою розробкою не досягнуто.

Дослідження [7; 13; 14; 19] спрямовані на підвищення ефективності сепарування в пневмовідцентрових пристроях, якими досягнуто підвищення якості сепарування зернової суміші за рахунок конструкційних особливостей відцентрових решіт. Однак результати вказаних досліджень не підтвердили можливості використання запропонованих конструкцій пневмосепарувальних пристроїв на відцентрових сепараторах.

У результаті досліджень [9; 16; 19–21] розроблена конструкційно-технологічна схема вихрової аспіраційної камери до сепараторів типу БЦС, яка

забезпечує підвищення ефективності сепарування за рахунок таких чинників: поєднання ротаційного розкидача та обмежувальних стінок кільцевого пневмосепарувального каналу з вихровим висхідним повітряним потоком [13; 14], використання вихрового висхідного повітряного потоку [9].

3. Характеристика вихідної сировини і готового продукту. Опис запропонованого технічного рішення. Будова та принцип роботи обладнання

Харчова продукція ринкових в умовах повинна бути конкурентноздатною, це передбачає мінімум затрат при максимальних прибутках.

Кваліфікаційна робота відноситься до техніки сепарування зернових продуктів, насіння підвищеної вологості та засміченості від домішок.

Відцентровий сепаратор може бути використаний в харчовій, хімічній та інших галузях виробництва.

Суть роботи полягає в тому, що в цьому сепараторі інтенсифікуються процеси ситової і пневмосепарації за рахунок використання відцентрових сил і механізму подачі в сепаратор повітря та його взаємодії з зернистим шаром.

На відміну від гравітаційних сито повітряних сепараторів дане обладнання займає меншу виробничу площу та має менші питомі габарити,.

Відцентровий сепаратор складається із завантажувального пристрою, обертового конусного решета, кожуха з патрубками для виходу фракцій продукту та пневмосепаруючого пристрою, що відрізняється тим, що для підвищення ефективності сепарування кожух сепаратора має жалюзійні решітки, через які до решета підводиться відрегульована кількість повітря.

Відомі відцентрові сепаратори з застосуванням пневмо сепаруючих пристроїв (БЦС, Sigma). Але це обладнання складне, не повністю забезпечує оптимальні умов сепарування.

Метою модернізації буде підвищення ефективності сепарування вологих зернових культур та насіння підвищеної засміченості та вологості.

| | | | | | | | |
|---|--|--|-----------------------------|-------------------------|-------------------|---------------------|--|
| <i>Відповідальна організація</i> НУХТ | <i>Технічне узгодження</i> Миколай І.М. | <i>Вид документа</i> Пояснювальна записка | | <i>Статус документа</i> | | | |
| <i>Власник документа</i> НУХТ | <i>Розробник документа</i> КВерланов В.В. | <i>Назва, додаткова назва</i> Характеристика вихідної сировини і готового продукту. Опис запропонованого технічного рішення. Будова та принцип роботи обладнання | 19-1676.КР.02.003 ПЗ | | | | |
| | <i>Документ затверджено</i> Якимчук М.В. | | <i>Інд. змін.</i> | <i>Дата видання</i> | <i>Мова</i> UA | <i>Аркуш</i> 1/4 | |

Ця мета досягається тим, що цей відцентровий сепаратор, у складі завантажувального механізму, обертового конусного решета, кожуха з патрубками для відведення фракцій та пневмо сепаруючого пристрою має кожух з жалюзійними решітками, через які ззовні до решета підводиться відрегульована кількість повітря.

Слід відзначити, що вологе зерно пшениці, кукурудзи, або соняшнику сепарують по кілька разів і при цьому отримують не зовсім хороші результати. Це зумовлено тим, що вологе зерно кукурудзи покрите плівкою, яка майже не відводиться при сепаруванні на існуючих конструкціях сепараторів, а зерно соняшника має невелику масу для сепарування. В запропонованій конструкції застосовується відцентрова сила, яка надає зерну значної маси, а також за рахунок тертя зерна по сити сепаратора, плівка відділяється від зерна, захоплюється потоком повітря і надходить в циклон.

Даний проект може бути впроваджений на млинах, комбикормових заводах, а також на інших харчових підприємствах, де необхідно сепарувати зерно від домішок.

Опис конструкції та принципу дії сепаратора.

На рис. 3.1. представлена конструкція відцентрового повітряного сепаратора. Основними частинами сепаратора є обертове конусне решето 1, завантажувальна лійка 2, труба для подачі зерноsumіші для сепарування 3, розподільча тарілка 4, кожух із жалюзійною решіткою 5 та патрубками 6, 7 та 8 для відведення мілкої, середньої та крупної фракцій зерноsumіші, що сепарується. В кришці кожуха є жалюзійна решітка 9 для попереднього продування завантажувальної зерноsumіші повітрям. Sumіш для сепарування поступає в завантажувальну лійку 2 і в проміжку між лійкою 2 та трубою подачі 3 продувається поперечним потоком повітря з жалюзійної решітки 9.

Sumіш, що попала на тарілки 4, долучається до обертового руху та під дією відцентрової і коріолісової сили інерції, піднімається вгору по конусному решеті 1 рівномірним шаром. Решето приводиться в обертовий

рух разом з валом 12, обертовий рух якому надається від мотор-редуктора 13. Сепарування суміші при підйомі її вгору по конусному решету 1 дуже залежить від кута при вершині конуса та коефіцієнта тертя ковзання зерносуміші по його поверхні. Зменшення кута при вершині конуса покращує ефективність сепарування, але при цьому збільшується коефіцієнт тертя, що може призвести до припинення підйому суміші вгору по решету для зменшення коефіцієнта тертя. Ззовні, крізь конусне решето подається регульована кількість повітря від жалюзійного решета 5. При переміщенні зерносуміші по решеті відбувається відділення дрібної фракції через решето впатрубок 6, середньої впатрубок 7, крупної - сходом з решета зверху, через патрубок 8 і повітряне - легкої фракції - вгори конуса через циклон 11. Потрапляння зерносуміші в патрубки відбувається за рахунок похилого лускового днища 11. Для того, щоб не забивалися отвори, конусні решета 1 встановлені очисні щітки 14.

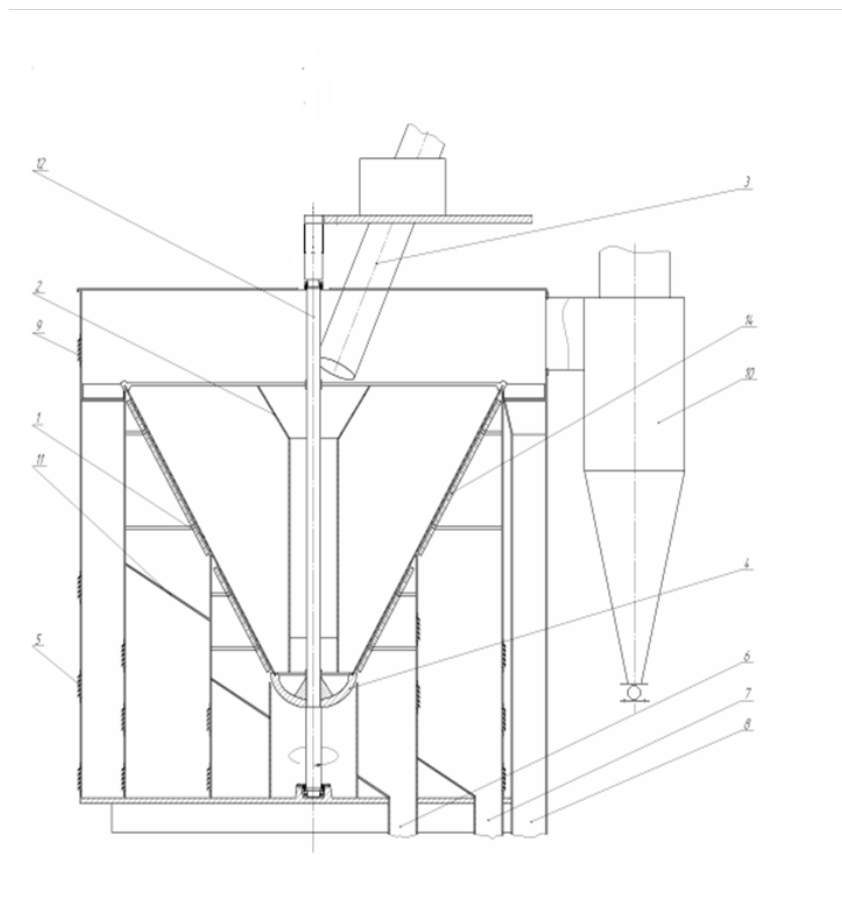


Рис. 3.1. Схема відцентрового повітряного сепаратора.

Для “легких” зерна і насіння (соняшник та ін.) повітря подається тільки через жалюзі і з тонкого шару суміші повітря виділяє всередину і нагору конусного решета легкі домішки, а основна фракція виводиться через кільцеву щілину вгорі решета.

За рахунок відцентрових сил зростає притискання зерноsumіші до решета зсередини, що дозволяє збільшувати швидкість і силу тиску повітря на зерноsumіш ззовні конусного решета і таким чином інтенсифікувати процес сепарування в порівнянні з гравітаційними решетами. Цьому сприяє також рівномірний розподіл повітря в тонкому шарі продукту.

Регулювання режиму роботи сепаратора за рахунок зміни кількості і швидкості повітря є простим і забезпечує коефіцієнт тертя, необхідний для підйому продукту по решету.

За рахунок відцентрових сил і притискання продукту до решета руйнуються грудки, частки, що прилипли до зерна, тому сепаратор використовується для очищення вологого зерна та насіння.

Конусне решето використовується для просіювання “важкого” зерна (пшениця, кукурудза) або в якості повітря розподільчої решітки - для “легких” зерна та насіння (овес, соняшник).

4. Вибір конструкційних матеріалів

У харчовій промисловості необхідним є ретельний підбір матеріалів для виготовлення деталей та апаратів. Вимогою є допуск матеріалу до харчових продуктів. В тих вузлах, де не відбувається контакту обладнання з продуктом можна користуватись загальними правилами підбору конструкційних матеріалів.

У харчовій промисловості необхідним є ретельний підбір матеріалів для виготовлення деталей та апаратів. Вимогою є допуск матеріалу до харчових продуктів. В тих вузлах, де не відбувається контакту обладнання з продуктом можна користуватись загальними правилами підбору конструкційних матеріалів.

При виборі того чи іншого конструкційного матеріалу, що контактує з харчовим середовищем, необхідно враховувати токсичність матеріалу, а також дозвіл органів охорони здоров'я на його застосування при безпосередньому контакті з конкретним технологічним середовищем харчового виробництва; корозійну стійкість при довгій дії на матеріал реальних харчових середовищ, підвищених температур і тисків, а також миючих і дезінфікуючих розчинів; механічну міцність при виконанні необхідних робочих циклів деталей, вузлів і механізмів машини; технологічні властивості пересування, лиття, зварювання та ін.; економічну доцільність.

Матеріали, що застосовуються в харчовому машинобудуванні, повинні відповідати загальним вимогам, які пред'являються до матеріалів, що знаходяться в контакті з харчовими продуктами.

Матеріали не повинні містити шкідливих для здоров'я людини елементів чи вступати в реакцію хімічної взаємодії з продуктами,

| | | | | | | |
|---|---|---|-----------------------------|-------------------------|--------------------------|----------------------------|
| <i>Відповідальна організація</i> НУХТ | <i>Технічне узгодження</i> Миколай І.М. | <i>Вид документа</i> Пояснювальна записка | | <i>Статус документа</i> | | |
| <i>Власник документа</i> НУХТ | <i>Розробник документа</i> Верланов В.В. | <i>Назва, додаткова назва</i> Вибір конструкційних матеріалів | 19-1676.KP.02.004 ПЗ | | | |
| | <i>Документ затверджено</i> Якимчук М.В. | | <i>Інд. змін.</i> | <i>Дата видання</i> | <i>Мова</i> UA | <i>Аркуш</i> 1/3 |

руйнуватися під дією харчових середовищ, миючих та дезінфікуючих засобів і мастильних матеріалів.

Однією з основних вимог до матеріалів, що застосовуються у харчовому машинобудуванні являється їх висока корозійна стійкість.

Галузевими стандартами встановлені обмеження на марки та асортимент матеріалів, які застосовуються у харчовому машинобудуванні, що сприяє підвищенню рівня уніфікації та технологічності харчових машин та апаратів.

Вали та осі приводу виготовлені із матеріалу Сталь Ст 20 (ГОСТ 1050-74) - допустимі напруження: розтягу [σ_p] = 1400 (кгс/см²); згину [$\sigma_{зг}$] = 1700 (кгс/см²); зминання [$\sigma_{зм}$] = 2100 (кгс/см²); кручення [$\tau_{кр}$] = 1050 (кгс/см²).

При необхідності застосування матеріалів, не передбачених ГОСТ 27-00-223-75, для виготовлення деталей харчового обладнання вимагається узгодження та дозвіл відповідних підрозділів Міністерства легкої та харчової промисловості України.

Сталь 45 забезпечує високі міцнісні і пластичні властивості, порівняні з чавунами, а також зумовлює вищу стабільність структури (у тому числі і зварних з'єднань) при їх нагріві. Труби з цієї сталі можна використовувати для транспортування води, повітря і газів, хімічно активних і харчових рідин, зрозуміло з певним обмеженням. Труби і апарати із сталі 45 стійкі до ударних механічних дій, витримують високі пікові температурні навантаження (до 650 °С) і можуть безперервно експлуатуватися при температурах як мінімум до 250 °С без інтенсивного утворення окалини.

Сталь 45 добре зварюється всіма способами. Висока теплопровідність і низький коефіцієнт термічного розширення у порівнянні з нікеле-вмісними сталями визначають переваги використання сталі 45

Сталь 45 володіє набагато вищою теплопровідністю у порівнянні з аустенітною нікеле-вмісною сталлю (приблизно у 1,6 рази), завдяки чому трубопроводи з даних сталей можна з успіхом використовувати у теплообмінних контурах

В умовах високих перепадів температур використання сталі 45 забезпечує надійніше фітінгове кріплення і забезпечує прискорений теплообмін.

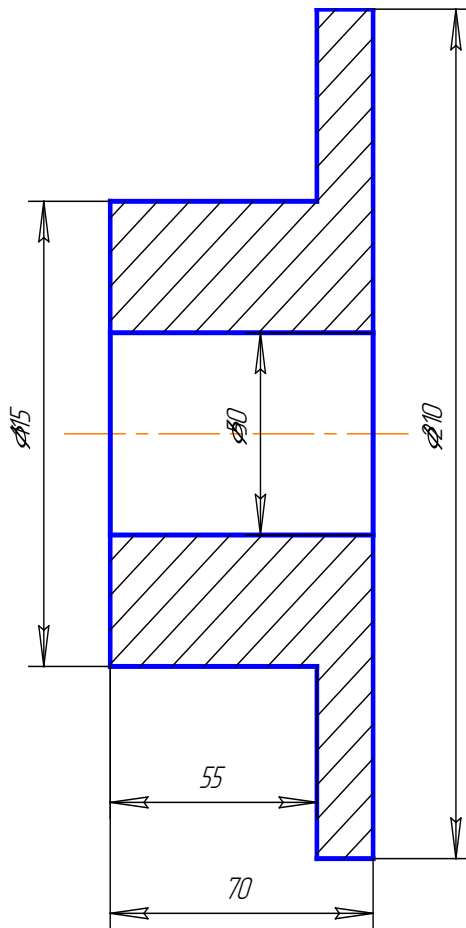
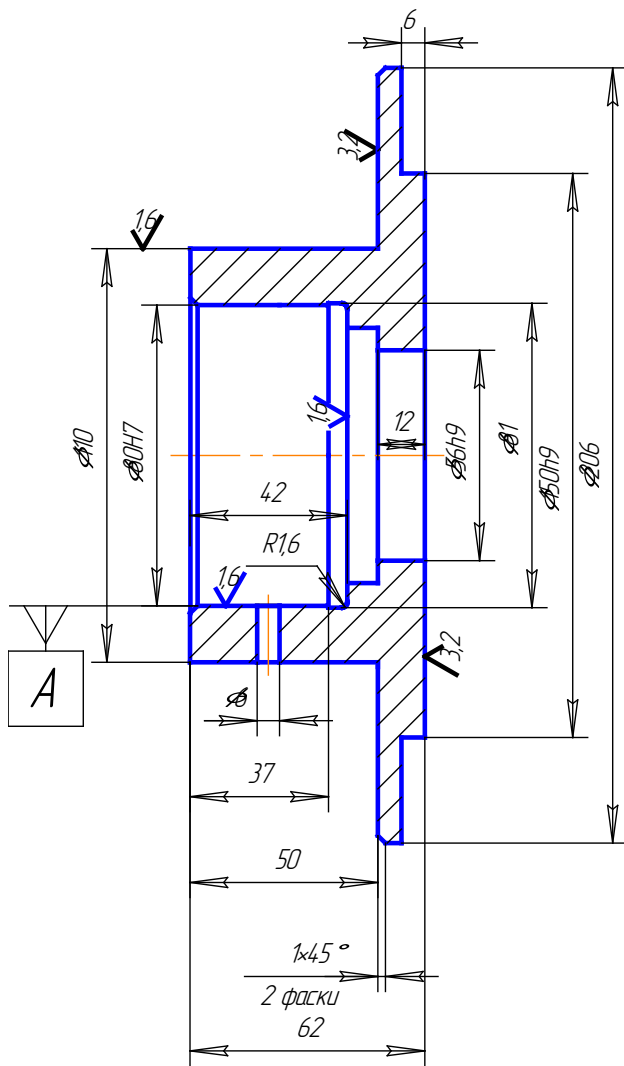
Сталь 45 відповідає державним санітарно-епідеміологічним правилам і нормативам і є однією з найперспективніших у виробництві устаткування для різних галузей харчової і переробної промисловості. Виходячи з усього, для виготовлення нових деталей використовуємо саме листову та прокатну Сталь 45 за ГОСТ 5632-72

Галузевими стандартами встановлені обмеження на марки та асортимент матеріалів, які застосовуються у харчовому машинобудуванні, що сприяє підвищенню рівня уніфікації та технологічності харчових машин та апаратів.

5. Технологічний маршрут виготовлення деталі

Ескіз деталі

Заготовка: ЛИТВО,
СЧ 15 ГОСТ 1412-79, $\sigma_B =$
300МПа



| | | | | | | | | | | |
|--|---|---|---|--|--|--|------------|--------------|-------------------|---------------|
| <p>Відповідальна організація НУХТ</p> | <p>Технічне узгодження Миколай І.М.</p> | <p>Вид документа Пояснювальна записка</p> | <p>Статус документа</p> | | | | | | | |
| <p>Власник документа НУХТ</p> | <p>Розробник документа Верланов В.В. Документ затверджено Якимчук М.В.</p> | <p>Назва, додаткова назва Технологічний маршрут виготовлення деталі</p> | <p>19-1676.КР.02.005 ПЗ</p> <table border="1" data-bbox="1031 2072 1522 2161"> <tr> <td data-bbox="1031 2072 1145 2161">Інд. змін.</td> <td data-bbox="1145 2072 1326 2161">Дата видання</td> <td data-bbox="1326 2072 1418 2161">Мова UA</td> <td data-bbox="1418 2072 1522 2161">Аркуш 1/10</td> </tr> </table> | | | | Інд. змін. | Дата видання | Мова UA | Аркуш 1/10 |
| Інд. змін. | Дата видання | Мова UA | Аркуш 1/10 | | | | | | | |

Таблиця 5.1

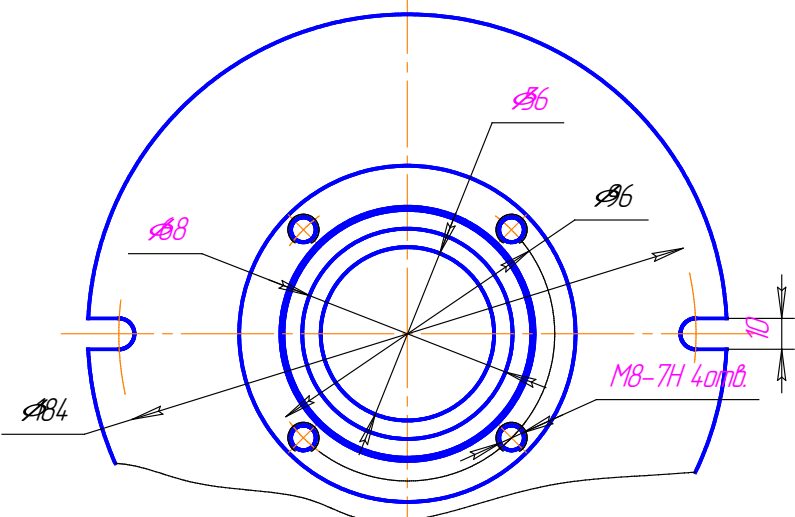
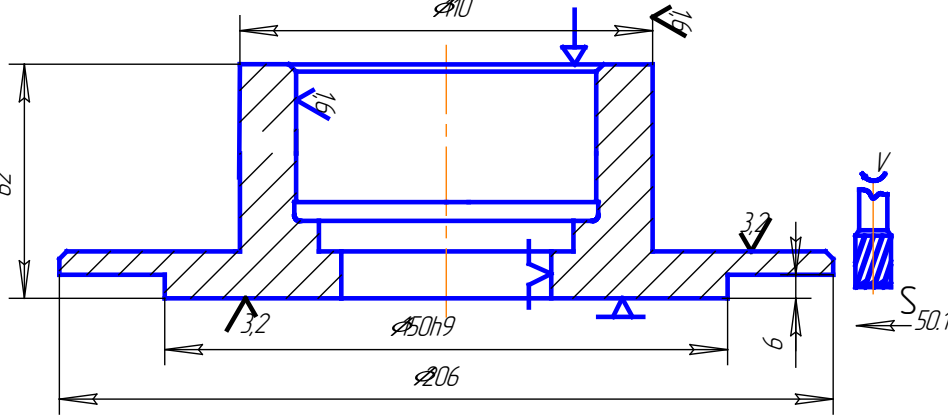
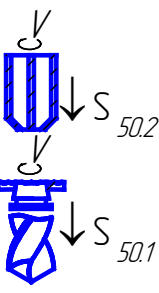
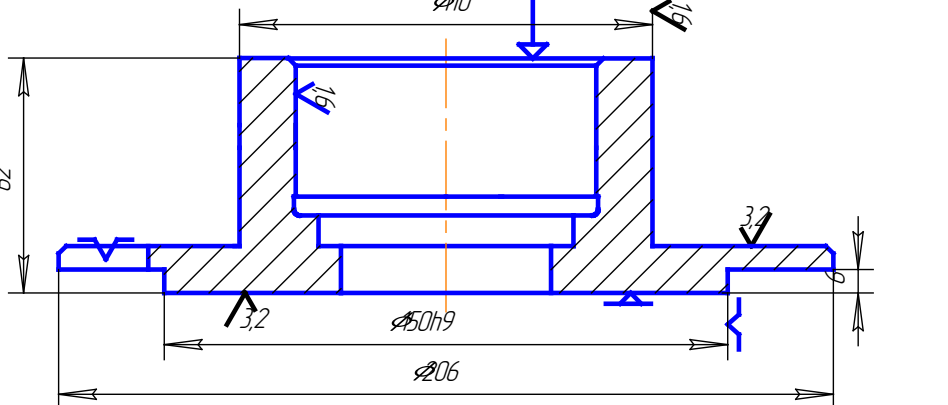
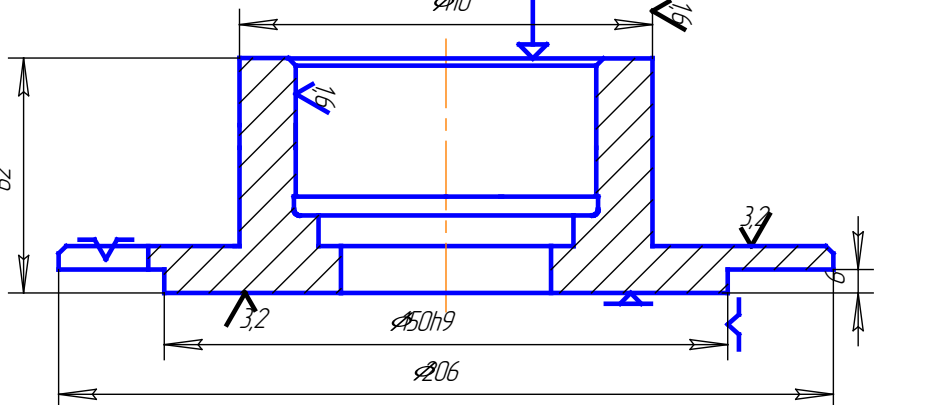
Технологічний маршрут виготовлення деталі «Стакан»

| Номер операції, переходу | Назва операції, переходу | Технологічне обладнання, оснащення, ріжучий і вимірювальний інструмент | Ескіз обробки та базування |
|--------------------------|--|--|----------------------------|
| 10 | <i>Заготівельна</i> <i>Установити</i> <i>закріпити</i> <i>зняти (УЗЗ)</i> | <i>Литва, Ø210,</i> <i>СЧ 15, ГОСТ 14.12-79.</i> | |
| 20 | <i>Токарна УЗЗ</i> | Токарно-гвинторізний верстат 16К20, 3-х кулачковий патрон | |

| | | |
|------|--|--|
| 20.1 | <i>Торцювати пов.1 t=15мм</i> | Різець прохідний відігнутий правий, T15K6 , $\varphi=45^{\circ}$, $\gamma=10^{\circ}$, $\alpha=8^{\circ}$; ВхНхL=16x25 x140, ШЦ1 |
| 20.2 | Розточувати пов.2 L=12мм наскрізно $\varnothing 56$, начорно | Різець розточний для глухих отворів |
| 20.3 | Розточувати пов.2 L=12мм наскрізно $\varnothing 56$ h9, начисто | Різець розточний для глухих отворів |
| 20.4 | Розточувати пов.3 наскрізно, начисто $\varnothing 68$ | Різець розточний для глухих отворів |
| 20.5 | Розточувати пов.3 L=37мм, $\varnothing 80$, начорно | Різець розточний для наскрізних отворів |
| 20.6 | Розточувати пов.3 L=37мм, начисто $\varnothing 80H7$ | Різець розточний для наскрізних отворів |
| 20.7 | <i>Зняти фаску 2x45° пов.4</i> | Різець розточний для наскрізних отворів |

| | | | |
|------|-----------------------------------|--|--|
| 20.8 | <i>Розточувати пов.5 Ø110</i> | Різець прохідний упорний правий | |
|------|-----------------------------------|--|--|

| | | | |
|------|--|---|--|
| 30 | <i>Токарна УЗЗ</i> | Токарно-гвинторізний верстат 16К20, 3-х кулачковий патрон | |
| 30.1 | <i>Торцювати пов.1</i> | Різець прохідний відігнутий правий, Т15К6, $\varphi=45^\circ$, $\gamma=10^\circ$, $\alpha=8^\circ$; ВхНхL=16x25x140, ШЦ1 | |
| 30.2 | <i>Точити пов.2 Ø150 начорно, l=6мм</i> | Різець прохідний відігнутий правий, Т15К6, $\varphi=45^\circ$, $\gamma=10^\circ$, $\alpha=8^\circ$; ВхНхL=16x25x140, ШЦ1 | |
| 30.3 | <i>Точити пов.2начисто, Ø150h9 l=6мм</i> | Різець прохідний відігнутий правий, Т15К6, $\varphi=45^\circ$, $\gamma=10^\circ$, $\alpha=8^\circ$; ВхНхL=16x25x140, ШЦ1 | |

| | | | |
|------|--|---|--|
| 40 | Фрезерна УЗЗ | Верти кальн о- фрезе рний верст ат |  |
| 40.1 | Фрезер увати (пов.1) начорн о | Кінце ва фреза $\varnothing 10$, P6M5 | |
| 40.2 | Фрезер увати (пов.1) начисто втрим авши розмір діаметр 184 | Кінце ва фреза $\varnothing 10$, P6M5 |  |
| 50 | Свердільна УЗЗ | Сверд лильн ий верст ат 2A12 5, конду ктор, лещат а, упор. |  |
| 50.1 | Свердл ити отвір під $\varnothing 8\text{H7}$ пов. 1 | Сверд ло $\varnothing 6,8$, P6M5 |  |
| 50.2 | Нарізан ня різьби M8 | Метч ик M8- 7H |  |

| | | | |
|------|-------------------------------------|---|--|
| | | | |
| 60 | Свердильна УЗЗ | Сверд лильн ий верст ат 2А12 5, конду ктор, лещат а, упор. | |
| 60.1 | Свердлити отвір під Ø6 пов. 1 | Сверд ло Ø6, Р6М5 | |

Призначення режиму точіння деталі «Стакан»

Перехід 20.1. На токарно-гвинторізному верстаті 16К20 підрізаємо торець пов.1 заготовки $\varnothing 210$. Припуск на обробку (на сторону) $z=1,5\text{мм}$. Матеріал заготовки сірий чавун СЧ 15 ГОСТ 1412-79.

1. Вибираємо різець і визначаємо його геометричні параметри. Приймаємо токарний прохідний відігнутий правий різець. Матеріал пластини – твердий

сплав Т15К6 матеріал державки – сталь 45; переріз державки 16×25мм; довжина різця 140мм; радіус при вершині різця $r = 0,8$ мм.

2. Призначаємо глибину різання. Припуск при торцюванні точимо за один прохід (в даному випадку це можливо, тому що припуск незначний). Глибина різання $t = z = 1,5$ мм.

3. За нормативними таблицями призначаємо подачу в залежності від діаметра заготовки, прийнятої глибини різання, розмірів тіла різця, характеристик оброблюваного матеріалу.

При зовнішньому обробленні сталевих деталей діаметром 100-400мм з глибиною різання від 3-5мм та перетином тіла різця 16×25мм подача повинна бути в інтервалі $S = 0,8 \dots 1,3$ мм/об. Корегуючи за паспортними даними токарно-гвинторізного верстата 16К20 приймаємо подачу $S_{\phi} = 1$ мм/об.

4. Визначаємо розрахункову швидкість різання за емпіричною формулою:

$$V = \frac{C_v}{T^m t^x S_e^y};$$

де $T = 120$ хв – середнє значення періоду стійкості різця;

C_v – постійний коефіцієнт швидкості різання для зовнішнього торцевого точіння сірого чавуну СЧ 15 ГОСТ 1412-79 при $S \Rightarrow 0,40$ мм/об різцем з пластинкою із твердого сплаву Т15К6

$$V = \frac{143}{120^{0,2} 1,5^{0,15} 1^{0,40}} = 51,65 \text{ м/хв.}$$

5. Визначаємо розрахункову частоту обертання шпинделя верстата:

$$n_p = \frac{1000V}{\pi D_{заг}} = \frac{1000 \cdot 51,65}{3,14 \cdot 210} = 78,33 \text{ об/хв.}$$

де $D_{заг}$ – діаметр заготовки, мм;

6. Розрахункова кількість обертів n_p корегується за паспортними даними верстата. Із ряду обертів шпинделя верстата вибираємо ближче менше значення $n_e = 80$ об/хв

7. За прийнятим значенням n_e визначаємо фактичну швидкість різання:

$$V_0 = \frac{\pi D_{заг} n_0}{1000} = \frac{3,14 \cdot 210 \cdot 80}{1000} = 52,78 \text{ м/хв.}$$

8. Визначаємо розрахункову довжину обробки:

$$L_p = L_0 + L_1 + L_2 + L_3;$$

$$L_0 = \frac{D_{заг}}{2} = \frac{210}{2} = 105 \text{ мм} - \text{довжина оброблюваної поверхні заготовки};$$

$L_1 = 2 \text{ мм}$ – відстань для підводу різця з робочою подачею;

$L_2 = t \operatorname{ctg} \varphi = 1,5 \operatorname{ctg} 45^\circ = 1,5 \text{ мм}$ – величина врізання різця в заготовку.

$L_3 = 2 \text{ мм}$ – величина перебігу різця для завершення процесу обробки поверхні.

$$L_p = 105 + 2 + 1,5 + 2 = 110,5 \text{ мм.}$$

9. Основний час на виконання переходу $t_{01} = \frac{L_p}{n_0 S_0} = \frac{110,5}{80 \cdot 1} = 1,381 \text{ хв.}$

Таблиця 5.2

**Експериментальні дані виконання токарної операції на верстаті
16К20**

| Варіанти завдання | Номер операції переходу | Діаметр оброблюваної поверхні d , мм | Глиби на різання t , мм | Подача S , мм/об | Кількість обертів шпинделя n_0 , об/хв | Отриманий розмір обробленої поверхні, мм | Основний час на виконання переходу T_0 , хв |
|-------------------|-------------------------|--|---------------------------|--------------------|--|--|---|
| Індивідуального | 20,1 | 210 | 1,5 | 1 | 80 | 110,5 | 1,381 |

Призначення режимів фрезерування деталі «Стакан»

Перехід 40.1. Фрезерувати поверхні з $\varnothing 10$, витримавши розміри згідно креслення.

1. Призначаємо глибину фрезерування t і ширину B , які залежать від установки оброблюваної поверхні відносно фрези та типу верстата.

2. Приймаємо кінцеву фрезу із швидкорізальної сталі Р6М5. Діаметр D_ϕ вибираємо із залежності від ширини B поверхні яку фрезеруємо, орієнтовно $D_\phi=(1,25\dots1,5)B$. Відповідно $D_\phi=1,5\cdot(10)=15\text{мм}$. Приймаємо по (табл. 13, додаток Б) стандартну фрезу діаметром $D_\phi=10\text{мм}$ і кількістю зубців $z=5$.

Визначаємо глибину фрезерування яка буде бмм, а ширина фрезерування – $b=15\text{мм}$.

2. Визначимо подачу на зуб фрези при фрезеруванні паза глибиною $t=6\text{мм}$ і шириною $b=15\text{мм}$ кінцевою фрезою із швидкоріжучої сталі. Рекомендована подача на зуб фрези - $S_z=0,03\dots0,05$ мм/зуб. Попередньо приймаємо $S_z=0,04\text{мм/зуб}$.

3. Визначимо розрахункову швидкість різання, яка розраховується за допомогою емпіричної формули. При обробці сірого чавуну кінцевими фрезами швидкорізальної сталі:

$$V_p = \frac{50 \cdot D_\phi^{0,45}}{T^{0,25} t^{0,5} S_z^{0,2} B^{0,3} z^{0,1}} = \frac{75 \cdot 10^{0,7}}{90^{0,25} 6^{0,5} 0,2^{0,2} 10^{0,3} 5^{0,3}} = 21,26 \text{ м/хв.}$$

де $T=90\text{хв}$ – стійкість фрези, яку призначаємо; $z=5$ – число зубців фрези.

4. Розрахункова частота обертання шпинделя верстата:

$$n_p = \frac{1000V_p}{\pi D_\phi} = \frac{1000 \cdot 21,26}{\pi \cdot 10} = 676,73 \text{ об/хв.}$$

5. Розрахункову кількість обертів n_p корегуємо за паспортом вертикального-фрезерного верстата 6М12П і приймаємо найближче менше значення $n_6=590\text{об/хв}$, яке використовується у подальших розрахунках.

6. За прийнятим значенням n_e визначається фактична швидкість різання:

$$V_o = \frac{\pi D_\phi n_e}{1000} = \frac{\pi \cdot 10 \cdot 590}{1000} = 18,53 \text{ м/хв.}$$

7. Визначаємо подачу на 1 оберт фрези: $S_{\text{об. фр}} = S_{z_6} \cdot z = 0,2 \cdot 5 = 1 \text{ мм/об.}$

8. Визначимо хвилинну (поперечну) подачу:

$$S_{\text{хв}} = S_{\text{об. фр}} n_e = 0,1 \cdot 10 \cdot 590 = 590 \text{ мм/хв.}$$

9. Із ряду паспортних даних вертикального-фрезерного верстата 6М12П приймаємо поздовжню подачу $S_{x_6} = 530 \text{ мм/хв.}$

10. Розрахункова довжина обробки:

$$L_p = L_o + L_1 + L_2 + L_3 = 2 \sqrt{\left(\frac{d_3}{2}\right)^2 - \left(\frac{d_3}{2} - t\right)^2} + 2 + \frac{10}{2} + \frac{10}{2} =$$

$$= 2 \sqrt{\left(\frac{10}{2}\right)^2 - \left(\frac{10}{2} - 6\right)^2} + 2 + \frac{10}{2} + \frac{10}{2} = 12 \text{ мм,}$$

$$\text{де } L_o = 2 \sqrt{\left(\frac{d_3}{2}\right)^2 - \left(\frac{d_3}{2} - t\right)^2}, \text{ мм - довжина фрезерування,}$$

де $d_3 = 10 \text{ мм}$ – діаметр заготовки; $L_1 = 2 \text{ мм}$ – відстань підводу інструменту до заготовки з робочою подачею; $L_2, L_3 = \frac{D_\phi}{2}$ – відстань врізання і перебіг у інструмента, яка залежить від типу фрези .

10. Основний час на перехід 40.1 знаходимо за формулою:

$$t_{01} = L_p / S_{x_6} = \frac{12}{590} = 0,02 \text{ хв.}$$

6 Розрахункова частина

6.1. Розрахунок параметрів сепаратора.

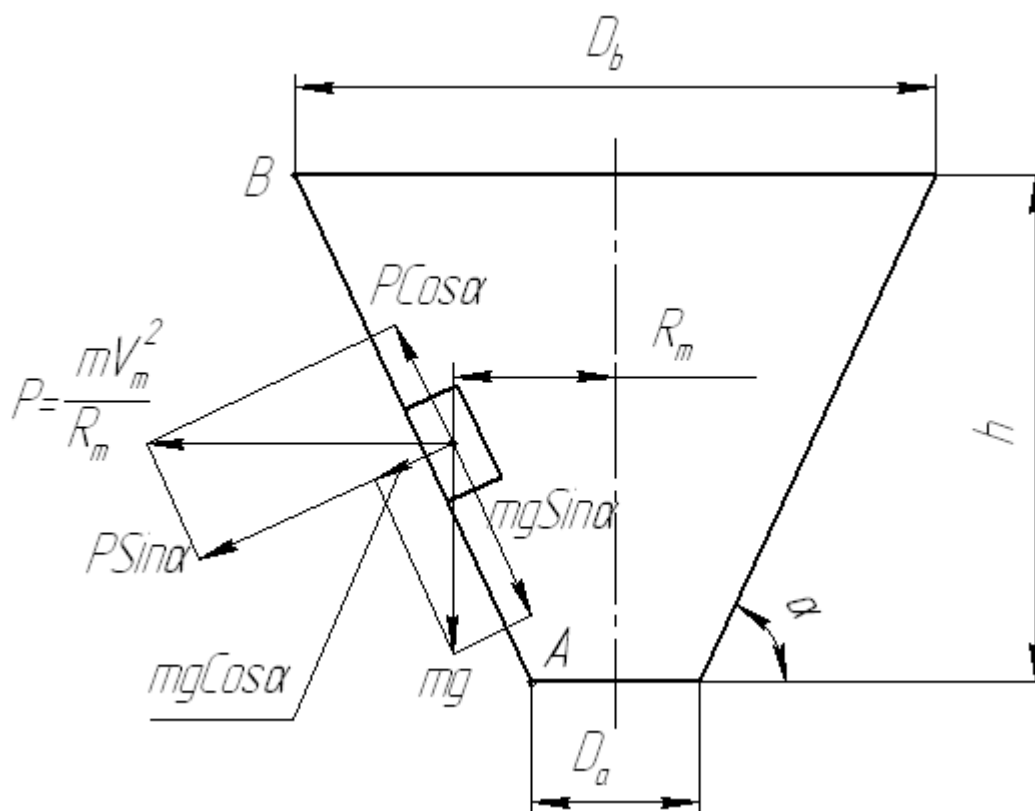


Рис. 6.1. Схема умови рівноваги частинки на ситі.

Для експериментальної установки приймаємо діаметр нижній $D_a=0,3$ м, а верхній $D_b=1,5$ м, висоту $h=1$ м, що забезпечує кут нахилу сита $\alpha=60^\circ$.

Визначимо початкову і кінцеву швидкості частинок на ситі з формули (1), скоротивши її на “ m ”:

$$P = m \cdot g \cdot \frac{\text{Cos}\alpha \cdot f_m + \text{Sin}\alpha}{\text{Cos}\alpha - \text{Sin}\alpha \cdot f_m} = \frac{m \cdot V_m^2}{R_m}, \quad (6.1)$$

$$V_{0,3} = \sqrt{\frac{R_m \cdot g \cdot (\text{Cos}\alpha - f_m \cdot \text{Sin}\alpha)}{\text{Sin}\alpha + f_m \cdot \text{Cos}\alpha}} = \sqrt{\frac{0,15 \cdot 9,8 \cdot (0,5 - 0,3 \cdot 0,87)}{0,87 + 0,3 \cdot 0,5}} = 0,58 \text{ м/с} \quad (6.2)$$

| | | | | | | |
|--|--------------------------------------|---|----------------------|--------------|-------------------|---------------|
| Відповідальна організація НУХТ | Технічне узгодження Миколай І.М. | Вид документа Пояснювальна записка | Статус документа | | | |
| Власник документа НУХТ | Розробник документа Верланов В.В. | Назва, додаткова назва Розрахункова частина | 19-1676.КР.02.006 ПЗ | | | |
| | Документ затверджено Якимчук М.В. | | Інд. змін. | Дата видання | Мова UA | Аркуш 1/19 |

$$V_{1,5} = \sqrt{\frac{0,75 \cdot 9,8 \cdot (0,5 - 0,3 \cdot 0,87)}{0,87 + 0,3 \cdot 0,5}} = \sqrt{1,72} = 1,31 \text{ м/с}$$

З формул видно, що швидкості частинок прямо пропорційні діаметру горизонтального перерізу ситового конуса.

Сила, що притискує частинки до сита дорівнює:

$$Q = \frac{m \cdot V_m^2 \cdot \sin \alpha}{R_m} + m \cdot g \cdot \cos \alpha = \frac{m \cdot (V_m^2 \cdot \sin \alpha + R_m \cdot g \cdot \cos \alpha)}{R_m}, \quad (6.3)$$

Або
$$Q = 2 \cdot m \cdot \omega_m^2 \cdot D_m \cdot \sin \alpha + m \cdot g \cdot \cos \alpha = m \cdot (2 \cdot \omega_m^2 \cdot D_m \cdot \sin \alpha + g \cdot \cos \alpha),$$
 (6.4)

Розглянемо силу притискання для нижньої і верхньої площини перерізу конуса:

$$Q = \frac{m \cdot (0,58^2 \cdot 0,87 + 0,15 \cdot 9,8 \cdot 0,5)}{0,15} = m \cdot 6,85,$$

$$Q = \frac{m \cdot (1,31^2 \cdot 0,87 + 0,75 \cdot 9,8 \cdot 0,5)}{0,75} = m \cdot 6,89.$$

Обчислення показують, що маса частинок за рахунок притискання їх до сита може зрости майже у 7 разів. Це наблизить швидкість частинок до швидкості сита, збільшить коефіцієнт тертя їх з ситом, а головне, не дозволить

повітрю, що проходить через сито назустріч, захопити основне зерно, а тільки легкі домішки. Якщо опір повітрю зросте в 7 разів, то в стільки ж разів можливо збільшити швидкість повітря, не боячись виносу з повітрям основного зерна і тим самим в стільки ж інтенсифікувати процес сепарування.

З рівняння сил, діючих на частинку, коефіцієнт тертя її об сито, повинен бути не більше:

$$f_m < \operatorname{Ctg} \alpha, \text{ тобто } f_m < 0,577 \quad (6.5)$$

Швидкість переміщення зерна вверх пов'язана зі швидкістю зерна по колу слідуючим співвідношенням:

$$V_n = V_r \cdot \frac{\sin \alpha}{D_m} \quad (6.6)$$

$$\text{При } D_m = 0,3 \text{ м : } V_n = 0,58 \cdot \frac{0,87}{0,3} = 1,68 \text{ м/с},$$

$$\text{При } D_m = 1,5 \text{ м : } V_n = 1,31 \cdot \frac{0,87}{1,5} = 0,76 \text{ м/с}.$$

Таким чином, хоча вверху швидкість частинок збільшується, але їх переміщення до виходу зменшується. Це приводить до швидкого зменшення товщини шару зерна внизу конуса, що є бажаним. Зменшення вертикальної швидкості зерна в верхній частині конуса не приведе до збільшення товщини шару зерна, оскільки площа, на якій розподіляється зерно, зі збільшенням діаметра конуса, збільшується.

Порція зерна залишить конус за $1,2 \text{ м} : 0,76 \text{ м/с} = 1,58 \text{ сек}$, але визначити величину порції важко, оскільки процес безперервний. В залежності від виду зерна розмір порції може коливатися від 10 кг (соняшник) до 20 кг (кукурудза).

Тобто орієнтовна продуктивність дорівнює:

$$\text{від } \Pi = \frac{3600}{1,58} \cdot 10 = 22,7 \text{ т/год}, \text{ до } \Pi = \frac{3600}{1,58} \cdot 20 = 45,5 \text{ т/год}.$$

6.2. Розрахунок потужності привода.

Для визначення маси решета знаходимо спочатку об'єм решета:

$$V = V_1 - V_2, \quad (6.7)$$

де V_1 і V_2 – відповідно більший та менший об'єм неповних конусів.

$$V_1 = \frac{1}{3} \cdot \pi \cdot h \cdot (D_1^2 + D_2^2 + D_1 \cdot D_2) = \frac{1}{3} \cdot 3,14 \cdot 1 \cdot (1,506^2 + 0,306^2 + 1,506 \cdot 0,306) = 2,95$$

м³,

$$V_2 = \frac{1}{3} \cdot \pi \cdot h \cdot (D_1^2 + D_2^2 + D_1 \cdot D_2) = \frac{1}{3} \cdot 3,14 \cdot 1 \cdot (1,5^2 + 0,3^2 + 1,5 \cdot 0,3) = 2,922 \text{ м}^3, \quad (6.8)$$

Де D_1 і D_2 – верхній та нижній діаметри конуса,
 h – висота конуса.

Тоді, з формули (10) знаходимо об'єм решета:

$$V = 2,95 - 2,922 = 0,028 \text{ м}^3,$$

Наше сито виконуємо з матеріалу сталь 40, для якого густина $\rho = 7815 \text{ кг/м}^3$. Знаходимо масу решета:

$$m = V \cdot \rho = 0,028 \cdot 7815 = 221,6 \text{ кг}. \quad (6.9)$$

Аналогічно знаходимо масу шару зерна, яке знаходиться на ситі відцентрового повітряного сепаратора:

$$V_2 = \frac{1}{3} \cdot \pi \cdot h \cdot (D_1^2 + D_2^2 + D_1 \cdot D_2) = \frac{1}{3} \cdot 3,14 \cdot 1 \cdot (1,5^2 + 0,3^2 + 1,5 \cdot 0,3) = 2,922 \text{ м}^3,$$

$$V_2 = \frac{1}{3} \cdot \pi \cdot h \cdot (D_1^2 + D_2^2 + D_1 \cdot D_2) = \frac{1}{3} \cdot 3,14 \cdot 1 \cdot (1,49^2 + 0,24^2 + 1,49 \cdot 0,24) = 2,76 \text{ м}^3,$$

$$V = 2,922 - 2,76 = 0,162 \text{ м}^3,$$

Насипна маса зерна (пшениці) $\rho = 780 \text{ кг/м}^3$, тоді маса дорівнює:

$$m_{\text{зер.}} = V \cdot \rho = 0,162 \cdot 780 = 123,1 \text{ кг}.$$

Для визначення розмірів деталей (вала, підшипників, муфт, тощо) необхідно знати потужність на валу відцентрового повітряного сепаратора. Її максимальна величина обчислюється:

$$N = N_{\text{реш.}} + N_{\text{зер.}} + N_m + N_n, \quad (6.10)$$

Де $N_{\text{реш.}}$ і $N_{\text{зер.}}$ - потужності, необхідні для розгону решета і зерна відповідно;

N_m і N_n - потужності для подолання сил тертя в підшипниках і сил тертя решета об повітря.

У робочий період витрати енергії значно менші:

$$N_p = \frac{1}{4} \cdot N_{\text{зер.}} + \frac{2}{3} \cdot N_m + N_n, \quad (6.11)$$

Знайдемо потужність, необхідну для розгону решета:

$$N_{\text{реш.}} = \frac{A_{\text{реш.}}}{1000 \cdot \tau}, \quad (6.12)$$

де $A_{\text{реш.}}$ - робота, що витрачається на надання решету потрібної швидкості, Дж;

τ - тривалість розгону (приймаємо 2,5 с).

$$A_{\text{реш.}} = \int_{R_1}^{R_2} \frac{m \cdot R^2 \cdot \omega^2}{2} dR, \quad (6.13)$$

Де m - маса решета сепаратора, кг;

R - внутрішній радіус решета, м;

ω - кутова швидкість, рад/с.

Знаючи, що $n = 144$ об/хв., знайдемо кутову швидкість:

$$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30} = \frac{3,14 \cdot 144}{30} = 15,08 \text{ рад/с.} \quad (6.14)$$

$$A_{\text{реш.}} = \int_{0,15}^{0,75} \frac{221,6 \cdot R^2 \cdot 15,08^2}{2} dR = 3514 \text{ Дж,}$$

Тоді потужність, потрібна для розгону решета за формулою (6.12) дорівнює:

$$N_{\text{реш.}} = \frac{3514}{1000 \cdot 2,5} = 1,406 \text{ кВт,}$$

Знайдемо потужність, необхідну для надання кінетичної енергії зерну:

$$N_{\text{зер.}} = \frac{A_{\text{зер.}}}{1000 \cdot \tau \cdot \eta}, \quad (6.15)$$

де $A_{\text{зер.}}$ - робота, що затрачається на надання кінетичної енергії зерну;

η - коефіцієнт, який враховує витрати енергії на переміщення зерна в по решеті ($\eta=0,8$).

$$A_{\text{реш.}} = \int_{R_1}^{R_2} \frac{m \cdot R^2 \cdot \omega^2}{2} dR + \int_{r_1}^{r_2} \frac{m \cdot r^2 \cdot \omega^2}{2} dr, \quad (6.16)$$

де m - маса завантаженого зерна в решето, кг;

r - внутрішній радіус кільця зерна, м.

$$A_{\text{реш.}} = \int_{0,15}^{0,75} \frac{123,121 \cdot R^2 \cdot 15,08^2}{2} dR + \int_{r_1}^{r_2} \frac{123,121 \cdot r^2 \cdot 15,08^2}{2} dr = 3923$$

Дж.

Тоді, за формулою (6.15) знаходимо потужність:

$$N_{\text{зер.}} = \frac{3923}{1000 \cdot 2,5 \cdot 0,8} = 1,96 \text{ кВт.}$$

Знайдемо потужність для подолання тертя в підшипниках:

$$N_m = \frac{m \cdot \mu \cdot w}{1000}, \quad (6.17)$$

де m - маса обертових частин сепаратора та завантаженого зерна ($221,6+123,1=344,7$ кг), кг;

μ - коефіцієнт тертя (приймаємо 0,4);

w - колова швидкість на поверхні шийки вала сепаратора, м/с;

$$w = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{60}, \quad (6.18)$$

$$w = \frac{3,14 \cdot 0,8 \cdot 144}{60} = 6,032 \text{ м/с.}$$

де d - діаметр шийки вала (приймаємо з запасом 0,8 м).

Тоді, за формулою (6.17) потужність для подолання тертя в підшипниках:

$$N_m = \frac{344,7 \cdot 0,4 \cdot 6,032}{1000} = 0,832 \text{ кВт.}$$

Знайдемо потужність на подолання тертя барабана об повітря:

$$N_n = \int_{D_1}^{D_2} n^3 \cdot 1,32 \cdot 10^{-9} \cdot h \cdot D^4 dD, \quad (6.19)$$

Де D і h - діаметр і висота решета;

$$N_n = \int_{0,31}^{1,5} 144^3 \cdot 1,32 \cdot 10^{-9} \cdot 1 \cdot D^4 dD = 5,98 \cdot 10^{-3} \text{ кВт.}$$

За формулою (6.10) знаходимо максимальну потужність на валу сепаратора:

$$N = 1,406 + 1,96 + 0,832 + 0,00598 = 4,205 \text{ кВт.}$$

Потужність електродвигуна приймаємо із запасом 20%:

$$N_{\text{дв.}} = 1,2 \cdot N = 1,2 \cdot 4,205 = 5,046 \text{ кВт.}$$

За формулою (6.11) знаходимо витрати енергії у робочий період:

$$N_p = \frac{1}{4} \cdot 1,96 + \frac{2}{3} \cdot 5,98 \cdot 10^{-3} + 0,832 = 1,051 \text{ кВт.}$$

Вибираємо асинхронний циліндричний двохосьовий мотор-редуктор, який нас цілком задовільняє: МЦ2СФ-80-140-5,5-Ц-У3.

80 – міжосьова відстань, мм;

140 – частота обертання вихідного вала, об/хв.;

5,5 – потужність електродвигуна, кВт;

Ц – виконання кінця вихідного вала;

У3 – кліматичне виконання і категорія розміщення.

$M=302 \text{ Н}\cdot\text{м}$ – номінальний крутний момент на вихідному валу.

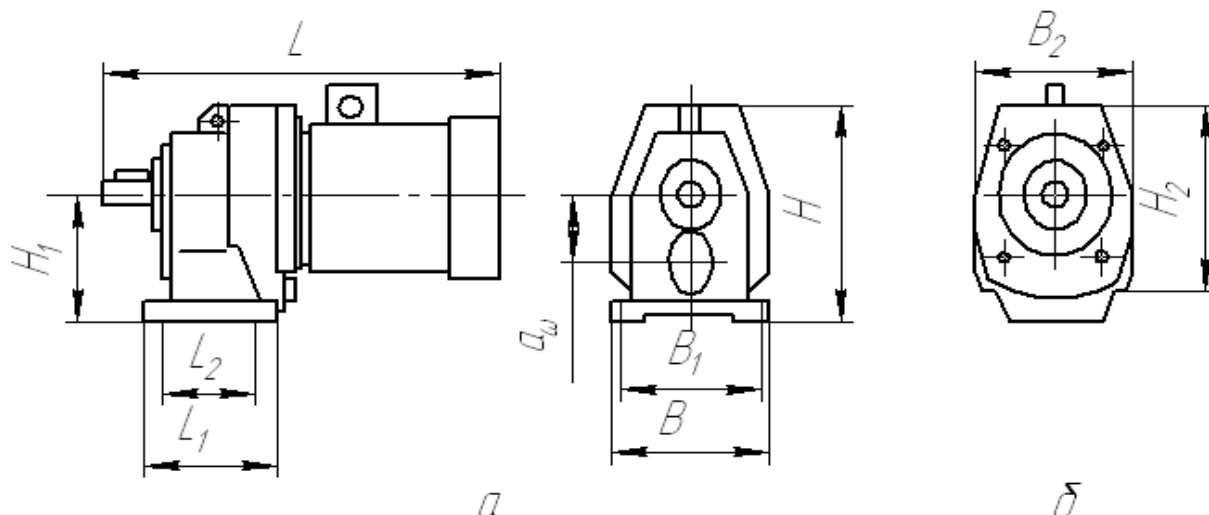


Рис. 6.2. Габаритні і приєднувальні розміри асинхронного циліндричного двохосьового мотор-редуктора:

а – виконання на лапах МЦ2С;

б – фланцеве виконання МЦ2СФ.

Для нашого випадку: $a_w=80$ мм, $L=690$ мм, $L_1=175$ мм, $L_2=115$ мм, $B_2=250$ мм, $H=370$ мм, $H_1=170$ мм.

Табл. 6.1.

Загальна технічна інформація про перетворювач частоти фірми НІТАСНІ

| Характеристика | Показник |
|------------------------------------|--|
| 1 | 2 |
| Система управління | Безсенсорне векторне с ШИМ, и/Г, оптимізація ПД електродвигуна. |
| Точність установки | 0,01 % при цифровому заданні, 0,1 % при аналоговому заданні частоти. |
| Характеристика напруження/ частота | 1. Лінійна. 2. Квадратична. 3. Бессенсорный векторный контроль. 4. Характеристика користувача. 5. Ступінчата. 6. S-образна. 7. U-образна. 8. Безвибігова. |

| | |
|---------------------------------------|---|
| 1 | 2 |
| Розгін/ сповільнення (програмувальні) | На протязі від 0,01 до 990 секунд (лінійне, криволінійне, задається незалежно), тормозіння постійним струмом, з застосуванням тормозних резисторів, регенеративних елементів. |
| Пусковий момент | Не менше 150 % від номінального. |
| Управління швидкістю | 1. З цифрового пульта оператора на передній панелі перетворювача частоти. 2. Із зовнішнього пульта змінним резистором 0,5-2,0 кОм. |
| PID регулювання; | PID регулятор з програмованими параметрами |
| Індикація | 1. Цифрова на передній панелі ПЧ. 2. Аналогова (частота, момент, струм). |
| Захист | 1. Від перевантаження по струму. 2 Від перевантаження по напрузі. 3. Від перевищення температури. 4. Від перевищення моменту. |

Загальна технічна інформація про перетворювачі частоти фірми HITECHNІ приведена в табл. 3.

Для нашого випадку підходить перетворювач частоти:

J300-055 HFE (потужність двигуна 5,5 кВт, габаритні розміри 340×220×195 мм, маса 7,5 кг, вихідний струм 13 А).

6.3. Розрахунок вала на статичну міцність.

Вал в нашому випадку навантажений зовнішнім обертовим моментом T та осьовою силою F_a .

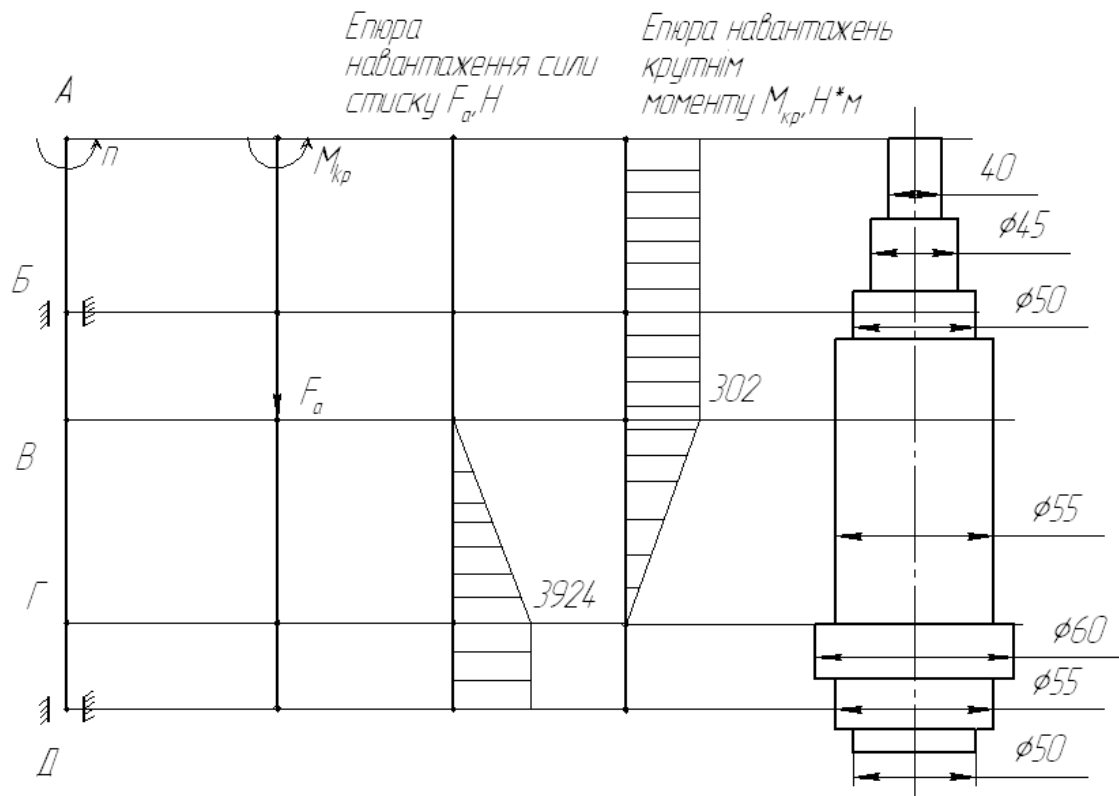


Рис. 6.3. Схема навантаження вала сепаратора.

Розраховуємо вал на стиск в небезпечних перерізах Г,Д:

$$\sigma_{cm} = \frac{4 \cdot F_a}{\pi \cdot d^2}, \quad (6.20)$$

де F_a - осьва сила стиску вала, Н;

d - діаметр вала в небезпечному перерізі.

З рівняння (20) знайдемо значення діаметра вала в небезпечному перерізі:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot F_a}{\pi \cdot [\sigma_{cm}]} = \sqrt{\frac{4 \cdot 3925}{3,14 \cdot 80}} = 8,12 \text{ мм},$$

де $[\sigma_{cm}]$ - допустиме напруження стиску для Ст 4.

Розраховуємо вал на кручення в небезпечному перерізі А,Б,В:

$$\tau_{кр} = \frac{16 \cdot M_{кр}}{\pi \cdot d^3}, \quad (6.21)$$

де $M_{кр}$ - крутній момент на валу.

З формули (6.21) знаходимо діаметр вала в небезпечному перерізі:

$$d = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot M_{кр}}{\pi \cdot [\tau_{кр}]}} = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 302000}{3,14 \cdot 80}} = 37,11 \text{ мм},$$

де $[\tau_{кр}]$ - допустиме напруження кручення для Ст 4.

З конструктивних міркувань приймаємо діаметр вала внебезпечному переріз $d=40$ мм, будуємо схему вала.

6.4. Підбір муфти

Для передачі крутного моменту від мотор-редуктора до вала сепаратора застосовуємо пружну втулково-пальцеву муфту ГОСТ 21424-75. По діаметру вала мотор-редуктора 40 мм та діаметру валу сепаратора 40 мм вибираємо муфту, яка передає номінальний, крутний момент рівний 500 Н·м.

Крутний момент на валу двигуна

$$M_{кр} = 302 \text{ Н·м.}$$

Тобто передаваний крутний момент не перевищує номінальний момент муфти.

Перевірка пальців муфти на згин

$$\sigma_H = \frac{10 \cdot M_{кр} \cdot l_n}{D_1 \cdot z \cdot d_n^3} = \frac{10 \cdot 302 \cdot 1000 \cdot 66}{130 \cdot 8 \cdot 14^3} = 69,845 \text{ МПа,}$$

(6.22)

де l_n - довжина пальця;

D_1 - діаметр кріплення пальців в муфті;

z - кількість пальців;

d_n - діаметр стержня пальця.

Умова міцності на згин виконується так як напруження згину менше допустимого $[\sigma_H]=80$ МПа.

Перевірка гумових втулок на зминання

$$\sigma_{зм} = \frac{2 \cdot M_{кр}}{D_1 \cdot z \cdot d_n \cdot l_g} = \frac{2 \cdot 302 \cdot 1000}{130 \cdot 8 \cdot 14 \cdot 28} = 1,48 \text{ МПа,}$$

(6.23)

де l_g - довжина гумової втулки.

$$\sigma_{зм} = 0,2 < [\sigma_{зм}] = 1,8 \text{ МПа.}$$

Отже, муфта задовольняє умовам роботи.

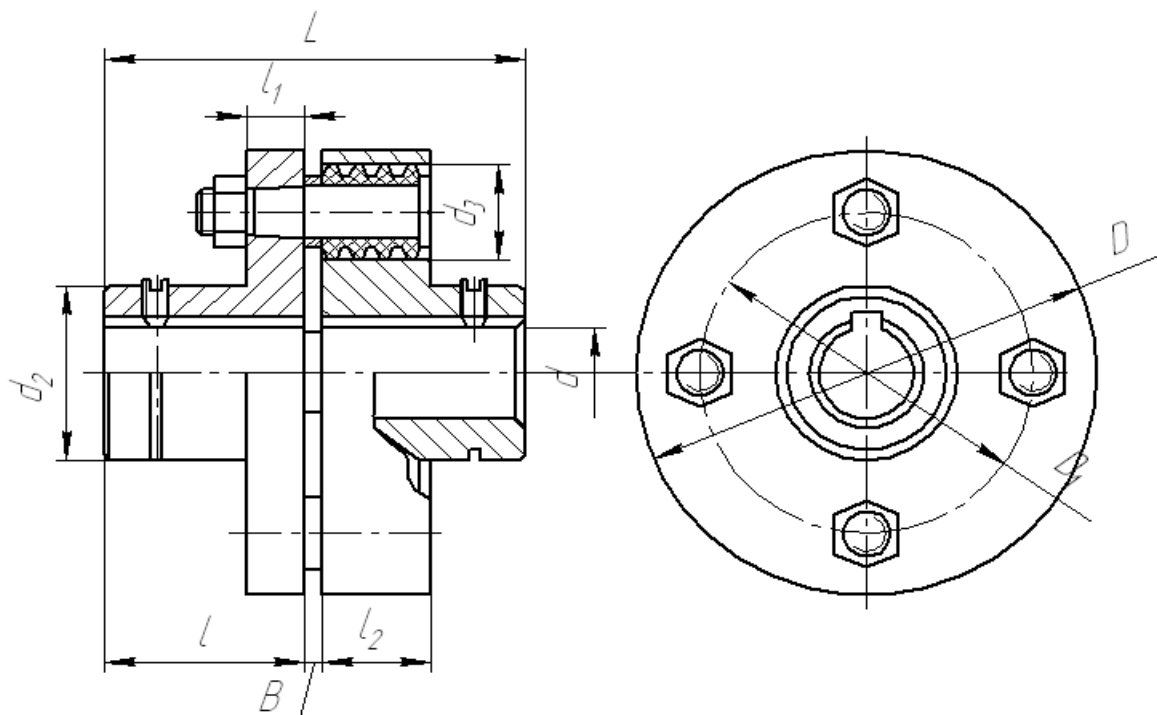


Рис. 6.4. Пружна втулково-пальцева муфта ГОСТ 21424-75.

Для нашого випадку: $d=40$, $D=170$, $L=225$, $l=110$, $D_1=130$, $l_1=18$, $l_2=32$, $d_2=71$, $d_3=28$, $B=5$, число пальців – 8.

6.5. Підбір підшипників.

Згідно діаметра та умов роботи підбираємо підшипники:

7000910 ГОСТ 8338-75, $d = 50$ мм, $D = 72$ мм, $B = 8$ мм, $C=9,500$ кН, $C_0=6,450$ кН (рис.5.5).

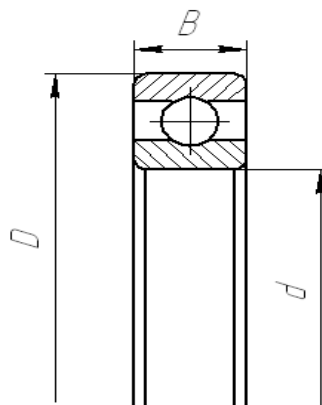


Рис. 6.5. Підшипник шариковий радіальний.

1000911 ГОСТ 8338-75, $d = 55$ мм, $D = 80$ мм, $B = 13$ мм, $C = 16,000$ кН,
 $C_0 = 10,000$ кН (рис.6.5).

8210 ГОСТ 7872-89, $d = 50$ мм, $D = 78$ мм, $B = 22$ мм, $C = 43,000$ кН,
 $C_0 = 103,000$ кН (рис.6.6).

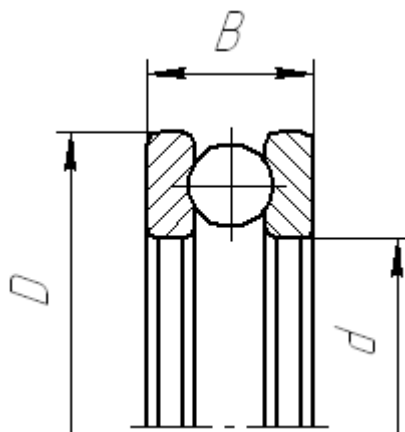


Рис. 6.6. Підшипник шариковий упорний однорядний.

6.6. Розрахунок циклона.

Розраховуємо циклон для вловлювання твердих частинок пилю розміром 10 мк і густиною 3000 кг/м³. Витрати повітря $Q = 1400$ м³/год з температурою $t = 20$ °С. Густина повітря при заданій температурі $\rho_1 = 1,205$ кг/м³, в'язкістю $\mu = 1,85 \cdot 10^{-6}$ кг·с/м² і кінематичною в'язкістю $\nu = 15,06 \cdot 10^{-6}$ м²/с.

Товщина стінки витяжної труби $\delta = 5$ мм.

Площа перерізу вхідного патрубку визначається за формулою:

$$f = b \cdot h = \frac{Q}{g}, \quad (6.24)$$

де g - швидкість повітряної суміші у вхідному патрубку ($g = 16$ м/с);

b - ширина вхідного патрубку;

h - висота вхідного патрубку.

Для циклонів БЦР $h = 4 \cdot b$, тоді

$$f = 4 \cdot b^2 = \frac{Q}{g},$$

(6.25)

З виразу (6.28) знаходимо значення b :

$$b = 0,5 \cdot \sqrt{\frac{Q}{g}} = 0,5 \cdot \sqrt{\frac{1400}{3600 \cdot 16}} = 0,078 \text{ м.} \quad (6.26)$$

Тоді $h = 4 \cdot 0,078 = 0,312$ м.

Знаходимо орієнтовочне значення діаметра циклона:

$$D = 5,9 \cdot b = 5,9 \cdot 0,078 = 0,460 \text{ м.}$$

Визначимо величину фактора розділення:

$$\Phi_p = \frac{2 \cdot g_1^2}{g \cdot D}, \quad (6.27)$$

Де g_1 - колова швидкість руху частинки в циклоні ($g_1 = 12$), м/с;

g - гравітаційне прискорення, м/с².

$$\Phi_p = \frac{2 \cdot 12^2}{9,81 \cdot 0,460} = 63,834.$$

Знаючи, що осадження частинок пилу заданих розмірів підлягає закону Стокса, розраховуємо швидкість осадження їх за формулою (6.28):

$$g_0 = \frac{d^2 \cdot \Phi_p \cdot (\rho_1 - \rho_2)}{18 \cdot \mu} = \frac{(10 \cdot 10^{-6})^2 \cdot 63,834 \cdot (3000 - 1,205)}{18 \cdot 1,85 \cdot 10^{-6}} = 0,575 \text{ м/с.} \quad (6.28)$$

Перевіряємо правильність застосування цієї формули за рівнянням (6.29):

$$\text{Re} = \frac{g_0 \cdot d}{\nu} = \frac{0,575 \cdot 10 \cdot 10^{-6}}{15,06 \cdot 10^{-6}} = 0,382 < 2, \quad (6.29)$$

тобто, формулу можна застосовувати.

Знаходимо зовнішній діаметр витяжної труби:

$$D_1 = 3,9 \cdot b = 3,9 \cdot 0,078 = 0,304 \text{ м.} \quad (6.30)$$

Тоді, розрахуємо внутрішній діаметр витяжної труби:

$$d_m = D_1 - 2 \cdot \delta = 0,304 - 2 \cdot 0,005 = 0,294 \text{ м} \quad (6.31)$$

Знайдемо швидкість повітря у витяжній трубі :

$$g_m = 1,13^2 \cdot \frac{V}{d_m^2} = 1,13^2 \cdot \frac{1400}{3600 \cdot 0,294^2} = 1,495 \text{ м/с.} \quad (6.32)$$

Визначимо діаметр циклона:

$$D = \frac{D_1}{1 - \frac{g_0}{g_1}} = \frac{0,304}{1 - \frac{0,575}{12}} = 0,319 \text{ м.} \quad (6.33)$$

Визначаємо висоту циліндричної частини циклону:

$$H_1 = 7,6 \cdot b = 7,6 \cdot 0,078 = 0,592 \text{ м.} \quad (6.34)$$

Визначаємо висоту конусної частини циклону:

$$H_2 = 9,5 \cdot b = 9,5 \cdot 0,078 = 0,741 \text{ м.} \quad (6.35)$$

Гідравлічний опір циклона вираховується за формулою:

$$\Delta p = \xi \cdot \rho_2 \cdot \frac{g^2}{2 \cdot g} = 6 \cdot 1,205 \cdot \frac{16^2}{2 \cdot 9,81} = 94,336 \text{ кг/м}^2 \quad (6.36)$$

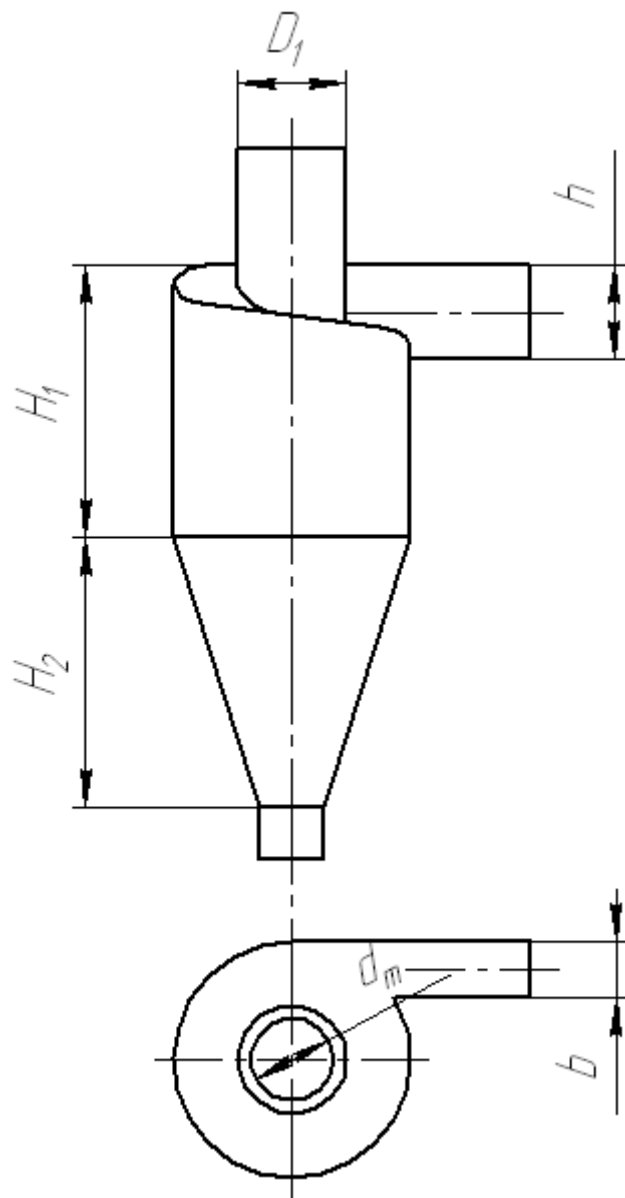


Рис. 6.7. Конструктивна схема циклона.

6.7.Визначення кута нахилу сита.

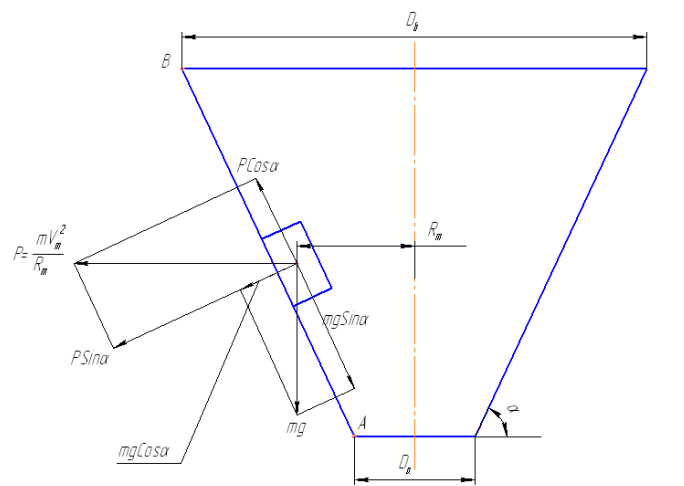


Рис. 6.8. Схема умови рівноваги частинки на ситі.

Умова рівноваги частинки на ситі:

$$P \cdot \cos \alpha = f_m \cdot (P \cdot \sin \alpha + m \cdot g \cdot \cos \alpha) + m \cdot g \cdot \sin \alpha,$$

де f_m - коефіцієнт тертя частинки "m" по ситі.

$$P \cdot \cos \alpha - P \cdot \sin \alpha \cdot f_m - m \cdot g \cdot \cos \alpha \cdot f_m - m \cdot g \cdot \sin \alpha = 0$$

$$P \cdot (\cos \alpha - \sin \alpha \cdot f_m) - m \cdot g \cdot (\cos \alpha \cdot f_m + \sin \alpha) = 0$$

$$P = m \cdot g \cdot \frac{\cos \alpha \cdot f_m + \sin \alpha}{\cos \alpha - \sin \alpha \cdot f_m} = \frac{m \cdot V_m^2}{R_m}$$

Вирішуючи рівняння (2) відносно n_m (кількості обертів за хвилину

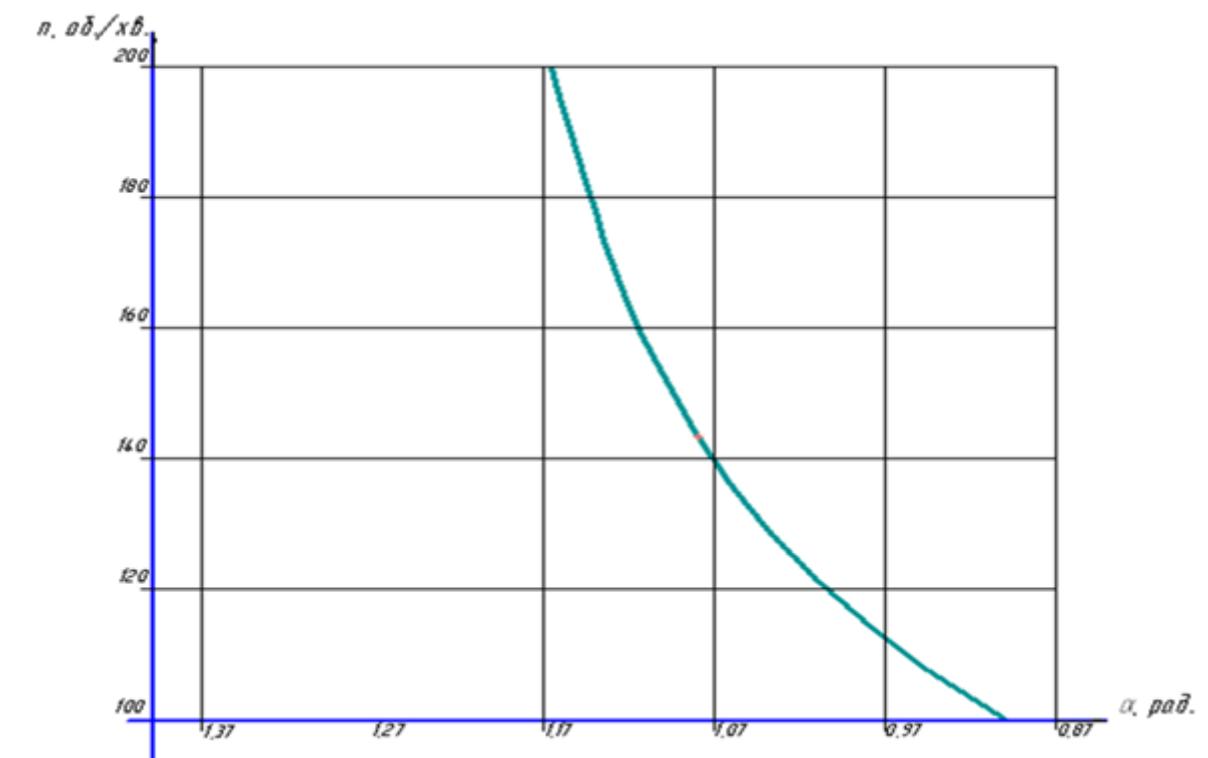
одержимо:

$$P = \frac{42.3}{\sqrt{D_m}} \cdot \sqrt{\frac{f_m + \operatorname{tg} \alpha}{1 - f_m \cdot \operatorname{tg} \alpha}}$$

де $D_m = 2 \cdot R_m$.

Приймаємо $\alpha = 75^\circ$, $f_m = 0,3$, одержуємо значення:

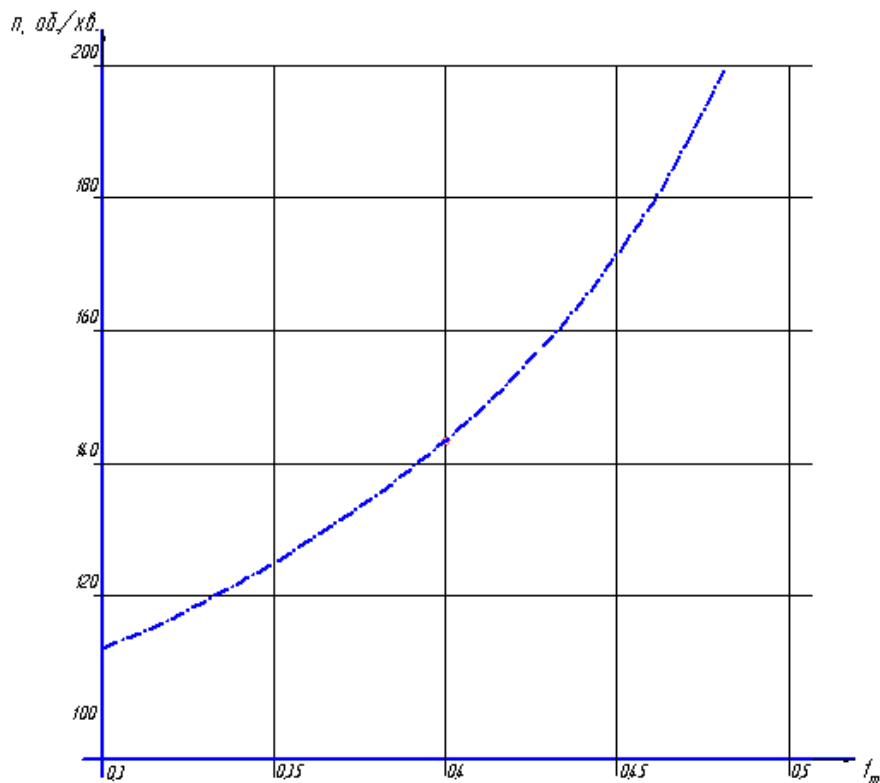
$$1 + f_m \cdot \operatorname{tg} \alpha = 1 + 0,3 \cdot 3,73 = 2,11.$$



Графік 6.9. Залежність частоти обертання вала сепаратора від кута нахилу сита α .

Тобто від'ємне значення. Отже, при куті 75° продукт вверх не піде. При куті 70° вказане підкореневе значення $1 - 0.3 - 2.75 = 1 - 0.83 = 0,17$, тобто мінімальне додатне значення, але якщо збільшиться коефіцієнт тертя, то воно знову стає від'ємним.

Коефіцієнт тертя збільшується при збільшенні відцентрової сили P , яка залежить від швидкості частинок, тобто обертів сита, і від кута α , що видно з графіку 11.1 та графіку 11.2. Отже, при інтенсифікації процесу за рахунок збільшення обертів n_m сила P , а отже коефіцієнт f_m , може настільки збільшиться, що продукт не піде вверх по ситу. Тому кут нахилу сита до горизонту α беремо з запасом, тобто $\alpha=60^\circ$.



Графік 6.10. Залежність коефіцієнта тертя частинки об сито від частоти обертання вала сепаратора.

Якщо $\alpha=60^\circ$, то $\operatorname{tg}\alpha = 1,73$, і тоді n_m при $D_m = 0,6$ м буде

дорівнювати 112 об/хв.

При $f=0,4$, $\alpha=60^\circ$, $D_m=0,6$ частота обертання вала дорівнює: $n = 144$ об/хв.

Для експериментальної установки можливо прийняти діаметр нижній $D_a=0,3$ м, а верхній $D_b=1,5$ м, висоту $h=1$ м, що забезпечує кут нахилу сита $\alpha=60^\circ$.

7. Опис системи управління

При високому рівні розвитку науки і техніки, сучасним і конкурентно спроможним являється обладнання з автоматичним керуванням. Різноманіття і великий спектр вимірювальних приладів дозволяє створити більш гнучку систему управління, яка має дуже широкий діапазон регулювання технологічних параметрів. Це дозволяє підприємствам харчової промисловості випускати продукцію високої якості, використовуючи високопродуктивні автоматизовані лінії.

Що стосується комбікормової галузі, то дані підприємства без сучасних методів керування не зможуть функціонувати через не конкурентно спроможність. Це пояснюється тим, що в комбікормовому виробництві велика кількість продуктопроводів, які складають численні технологічні маршрути, які потрібно узгоджувати і не допускати відкриття двох несумісних клапанів. Цю проблему вирішує комплексна механізація підприємства.

В зв'язку з тим, що метою даного проекту є модернізація відцентрового сепаратора, будемо приділяти основну увагу цьому обладнанню.

Опишемо процес відцентрового сепарування. Вологе зерно кукурудзи, або соняшника для сепарування подається в засипну лійку і в проміжку між лійкою та трубою продувається поперечним потоком повітря з жалюзійної решітки.

Суміш, що досягла тарілки, залучається до обертового руху і під дією відцентрової та коріолісової сил інерції піднімається вгору по решету.

| | | | | | | |
|---|---|---|-----------------------------|-------------------------|--------------------------|----------------------------|
| <i>Відповідальна організація</i> НУХТ | <i>Технічне узгодження</i> Миколай І.М. | <i>Вид документа</i> Пояснювальна записка | | <i>Статус документа</i> | | |
| <i>Власник документа</i> НУХТ | <i>Розробник документа</i> Верланов В.В. | <i>Назва, додаткова назва</i> Опис система управління | 19-1676.КР.02.007 ПЗ | | | |
| | <i>Документ затверджено</i> Якимчук М.В. | | <i>Інд. змін.</i> | <i>Дата видання</i> | <i>Мова</i> UA | <i>Аркуш</i> 1/6 |

Табл.7.1.Завдання на розроблення системи автоматизації:

| № п/п | Машина, агрегат, апарат | Параметр, місце відбору сигналу | Допустимі значення параметра | Вид автоматизації | Характер контролю. керування | Додаткові вимоги | Примітки |
|-------|---------------------------|---------------------------------|------------------------------|-----------------------|--|---|----------|
| 1. | Бункер | Рівень | (1,9±0,06)м | Контроль. Регулювання | Сигналізація. Підтримання у заданому діапазоні | Світлова . Вплив на завантажувальний механізм | |
| 2. | Бункер | Рівень | (1,92±0,06)м | Контроль. Регулювання | Сигналізація. | Світлова . Вплив на сепаратор та циклон | |
| 3. | Сепаратор | Частота обертання | (100-200) об/хв | Контроль. Регулювання | Підтримання у заданому діапазоні | Пуск, зупинка | |
| 4. | Електропривід вентилятора | Стан | | Керування | Ручне, дистанційне | Пуск, зупинка | |

Далі розглянемо схему автоматизації.

Після надходження сигналу з датчика нижнього рівня (2-1), загоряється лампа НІЛ, а сигнал передається далі і автоматично вмикає двигун живильника подачі зерна. Цей двигун можна запускати або зупиняти в ручному режимі за допомогою кнопчних станцій 8В1 та 8В2.

При надходженні сигналу від датчика верхнього(аварійного) рівня (1-1), також спрацьовує світлова сигналізація НБ2 і вимикаються двигуни сепаратора і вентилятора. Це також можна зробити і в ручному режимі за допомогою кнопчних станцій БВ3 та 8В4.

Під час роботи сепаратора, від тахометра (3-1) надходить сигнал, який передається за допомогою електронного сигналізатора (3-2) на вторинний вимірювальний прилад, що показує частоту обертання, яка регулюється частотним перетворювачем (3-4).

Табл.8.2.Замовна специфікація на прилади та засоби автоматизації.

| Номер позиції | Параметр, середо, місце підбору сигналу | Граничне значення параметра | Місце встановлення | Найменування та характеристика | Тип | Кількість | Завод-виробник | Примітки |
|---------------|---|-----------------------------|--------------------|---|--------|-----------|----------------|----------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 1-1, 2-1 | Рівень | 1.9 м 1,92 м | За місцем | Ультразвуковий рівнемір, межі вимірювання | SC-200 | 2 | Exportronics | |

| | | | | | | | | |
|-------------|----------------------|------------------------|--------------|--|------------|---|-----------------------------|--|
| | | | | я 0,5... 10м | | | | |
| 1-2, 2-2 | Рівень | 1,9 м 1,92 м | На щиті | Електронний сигналізатор рівня. Похибка спрацьовува ння ±10мм | ЄСУ- 1М | 2 | Теплопри лад м.Рязань | |
| 1-3, 2-3 | Рівень | 1.9 м 1.92 м | На щиті | Вторинний вимірювальний прилад. Клас точності 1,0 | ЄСУ- 2М | 2 | Теплопри лад м.Рязань | |
| 3-1 | Частота обертання | 200 об/хв | За місцем | Тахометр, межі вимірювання 50... 1500 об/хв | [w] GS2 | 1 | Микропр ибор | |
| 3-2 | Частота обертання | 200 об/хв | На щиті | Електронний сигналізатор Похибка спрацьовува | ЄСУ- 1М | 1 | Теплопри лад м.Рязань | |

| | | | | | | | | |
|-----|----------------------|--------------|---------|--|---------------------|---|-----------------------------|--|
| | | | | ння ±10мм | | | | |
| 3-3 | Частота обертання | 200 об/хв | На щиті | Вторинний вимірювальн ий прилад. Клас точності 1,0 | ЄСУ- 2М | 1 | Теплопри лад м.Рязань | |
| 3-4 | Частота обертання | 200об/х в | На щиті | Частотний перетворюва ч | J300- 055 HFE | 1 | HITACHI | |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|--|--|--|-----------------------------|--|---|
| SB 1, SB 2, SB 3, SB 4 SA 1, SA | | | На щиті На щиті | Кнопочна станція для ручного включення Електронни й автоматичн ий вмикач Контактор | PFL 7 SPE KT RA 11B | 4 3 2 | Moeller, Чехія GE Power Control, Німеччин а LOVATO electric | |

| | | | | | | | | |
|---------------|--|--|------------|--|----------|--|--|--|
| 2, SA 3 | | | На щиті | | F91 0 | | | |
| КМ 1 | | | | | | | | |
| КМ 2 | | | | | | | | |

8. Вимоги щодо монтажу і технічного сервісу

8.1.Порядок встановлення машини

Перевірити відсутність пошкодження упаковки. В випадку порушення упаковки складається акт і запрошується представник підприємства – виробника. Без представника підприємства-виробника відкриття упаковки машини з порушенням цілісності забороняється.

Машину доставити на ділянку, яка відповідає вимогам санітарних норм і правил, які передбачені для підприємств харчової промисловості.

Устаткування під'єднати до місцевої магістралі заземлення.

Підключити обладнання до електричної мережі напругою 220 В частоти 50 Гц із заземлюючим контуром.

8.2.Експлуатація машини

Перед пуском машини необхідно:

— ознайомитись з інструкцією по обслуговуванню та експлуатації машини;

— встановити бажану продуктивність (швидкість і частоту обертання вала сепаратора);

—впевнитись в роботі машини без продукту;

—перевірити і при необхідності відрегулювати кількість необхідного повітря;

—при необхідності відрегулювати об'єм дозованого продукту.

Очистку обладнання потрібно проводити таким чином (не менше ніж за п'ять змін при безперервній роботі машини, після закінчення роботи):

—розібрати сепаратор

—видалити залишки продуктів;

—продути повітрям;

—очистити за допомогою щітки;

| | | | | | | |
|--|--------------------------------------|---|----------------------------|--------------|-------------------|--------------|
| Відповідальна організація НУХТ | Технічне узгодження Михайлів ІМ | Вид документа Пояснювальна записка | Статус документа | | | |
| Власник документа НУХТ | Розробник документа Верляйко В.В. | Назва, додаткова назва Вимоги щодо монтажу і технічного сервісу | 19-1676KP.02.008 ПЗ | | | |
| скласти сепаратор; | | Документ затверджено Якимчук М.В. | Інд. змін. | Дата видання | Мова UA | Аркуш 1/4 |

—промити машину з зовнішньої сторони водою і витерти насухо;

8.3. Технічне обслуговування машини

У процесі експлуатації у коробках спрацьовуються підшипники, обшивка, верхні та нижні скати, порушується регулювання клапанів, спрацьовуються кінцеві підшипники клапанів. Спрацьовані пера клапанів замінюють новими, а у разі потреби замінюють кінцеві валики шнека або трубу, до якої вони кріпляться. За великого спрацювання клапани замінюють і забезпечують цільне прилягання до опорних кромek вихідного отвору. Контактні поверхні кришок і люків вирівнюють, а коробку обшивають залізом завтовшки 1 мм. Після ремонту і збирання приймально-постачальних коробок перевіряють правильність обертання шнека, нагрівання підшипників, легкість регулювання клапанів, герметизацію. У процесі роботи камери спрацьовуються: руйнуються пера шнеків, спрацьовуються і забруднюються підшипники, змінюються клапани. Порушується герметизація в місцях з'єднання шнекових коробів з осадковими камерами першого і другого продування, кришкою оглядових люків, випускних каналів, місцях з'єднання повітропроводів з аспіраційними каналами.

Для ремонту шнеків демонтують короби. Аспіраційні клапани розбирають, очищають валики та підшипники, правлять важелі клапанів, очищують стопорні гвинти й фіксують гайки. Спрацьовані клапани замінюють новими. У процесі експлуатації найбільше спрацювання мають сита, ситові та ситоочисні рами. У разі ослаблення шинових з'єднань ситових і ситоочисних рам їх кути скріплюють металевими косинцями на гвинтах. Якщо литі кромки рам надто пошкоджені, рами зрізають і прибивають на їх місце дерев'яні планки. Пошкоджені та спрацьовані сита замінюють.

Якщо на підприємстві кілька сепараторів, то для прискорення ремонтних робіт виготовляють запасний комплект рам або кузовів. Спрацьований комплект рам ремонтують у майстерні.

Першою ознакою незадовільної роботи ексцентрикового колівала є його великий хід, який спричинює перекис кронштейнів, вихід із ладу одного з підшипників. Для усунення цього дефекту потрібно кронштейни встановлювати суворо за шаблоном і кріпити їх до кузова, підшипники замінювати, періодично змащувати, суворо встановлювати об'їму відносно ексцентрикового вала і вісі. Під час ремонту потрібно закріплювати опорні болти й шпонкові з'єднання в шківках, вантажі, затягувати конусні втулки на валах.

У разі виходу з ладу ексцентрикового колівала його замінюють новим, а спрацьований ремонтують у майстерні.

Після ремонту радіальне биття шківів під час прокручування має бути не більше 0,2 мм, а зазор між валом колівала і кришками підшипників — не більше 1 мм по всьому колу. Експериментально встановлено, що за правильної експлуатації і ремонту, вчасного і кваліфікованого обслуговування інерційні механізми забезпечують задовільне очищення сит. У процесі експлуатації встановлені випадки зупинки механізмів через зачеплення перемикача планками за кінцевий упор. Це відбувається тому, що шток перемикача має осьовий поворот, за якого відсічна планка зачіплюється за ролики та проскакує за упор. Для усунення його дефекту потрібно один із шплінтів на перемикачі поставити через хомутик, через що перемикач не матиме осьового повороту. Однією з основних причин втрати роботоздатності інерційних механізмів є спрацювання гальмівного башмака: сумарний зазор між башмаком і напрямним косинцем має становити 8 мм. Початковий мінімальний рекомендують у межах 3+0,5; 3-0,5 мм. Для зменшення зазору і відновлення

роботоздатності механізму рекомендують між гальмівним башмаком і накладкою встановити прокладки (пороніт, картон). Із визначенням потрібної товщини прокладок гальмівний башмак встановлюють у середнє положення, зсувають його до однієї із смуг напрямного косинця і заміряють зазор. Від отриманої величини фактичного зазору віднімають його першу початкову величину (3 мм), а отриманий результат перемножують на 0,7. Величину зазору перевіряють набором плоских щупів. Головна умова роботоздатності інерційних механізмів — це легкість перемикання гальмівного башмака. Якщо перемикання здійснюється не вільно, то потрібно зняти й протерти шліфованою шкуркою вісь підвіски, вісь башмака, скобу і зачистити круглим напилком отвори в накладці. Не допускається робота механізму із непідтягнутими очисниками, оскільки це спричиняє вібрації механізму під дією коливань ситового кузова і пошкодження деталей (пружин, перемикачів). Із спрацюванням на величину 25–30 мм очисники замінюють новими.

Під час експлуатації кожний інерційний очисний механізм піддають профілактичному огляду один раз на три місяці. Всі вузли й деталі інерційного механізму розраховані на роботу без мастила. Його використання на гумових роликах, гальмівному башмаку, гумових очисниках та напрямному косинці не припустиме. Після ремонту сепаратори обкатують на холостому ході, встановлюючи всі механізми послідовно.

9. Заходи щодо охорони праці

Повітряно-ситовий сепаратор з вертикальним кінематичним вібробуджувачем – машина або пристрій, що призначена для розділення (сортування) сипких матеріалів, у якому збудження коливань здійснюється дебалансним вібробудником.

Для зменшення або усунення негативного впливу шкідливих факторів, які виникають процесі експлуатації сепаратора, необхідно ознайомитися з причинами їх виникнення. Під час проектування необхідно передбачити захисні пристрої, за допомогою яких можна було б безпечно експлуатувати даний сепаратор.

9.1 Аналіз шкідливих і небезпечних факторів, які виникають в процесі експлуатації відцентрового сепаратора.

Шкідливі виробничі фактори і методи боротьби з ними.

В сепараційному відділенні немає шкідливих викидів.

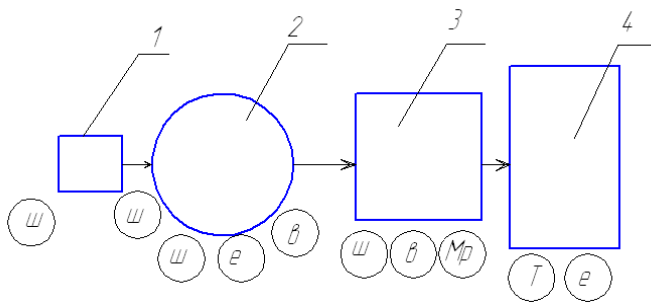


Рис.9.1. Схема виробництва

1-бункер; 2-сепаратор; 3-дробарка; 4-гранулятор. Позначення шкідливих і небезпечних чинників: Ш - шум; В – вібрація; Е – електробезпека; Мт – механічні травми; Т – тепловиділення;

| | | | | | | |
|--|--------------------------------------|--|----------------------|------------------|-------------------|--------------|
| Відповідальна організація НУХТ | Технічне узгодження Миколай І.В. | Вид документа Пояснювальна записка | | Статус документа | | |
| Власник документа НУХТ | Розробник документа Верланов В.В. | Назва, додаткова назва Заходи щодо охорони праці | 19-1676.КР.02.009 ПЗ | | | |
| | Документ затверджено Якимчук М.В. | | Інд. змін. | Дата видання | Мова UA | Аркуш 1/6 |

Під час роботи вібраційного сепаратора можуть виникати різні шкідливі та небезпечні фактори. Все це через недотримання техніки безпеки та експлуатації сепаратора, що в подальшому впливає на здоров'я працівників та їх працездатність. До таких факторів можна віднести:

можливість ураження працівника електричним струмом;

вплив шуму та вібрації, що виникає під час роботи вібраційного сепаратора;

можливість травмування працівника у разі контакту з рухомими частинами сепаратора;

потрапляння надмірної кількості пилу до органів зору та дихання.

Під час роботи вібраційного сепаратора найбільш імовірними можуть бути механічні пошкодження з рухомими частинами.

Причини ураження електричним струмом та їх аналіз:

безпосередній дотик до струмопровідних ділянок електроустановок, які діють під напругою.

дія дуги при операціях із відмикальними пристроями.

дотик до стін, підлог, які опинилися під кроковою напругою.

Ступінь небезпеки електричного струму залежить від:

сили електричного струму, що проходить через людину;

напрямку проходження електричного струму через тіло людини;

тривалості впливу електричного струму на людину;

роду і частоти електричного струму;

індивідуальних особливостей людини;

умов зовнішнього середовища, в якому працює людина.

Наслідки ураження електричним струмом можуть бути наступними: електричний опік, електричний удар, параліч серцевої діяльності, металізація шкіри, параліч дихання.

Робота сепаратора супроводжується значним шумом та вібрацією. Підвищення їх рівня на робочих місцях надає шкідливий вплив на організм

людини. У результаті тривалого впливу шуму порушується нормальна діяльність серцево-судинної і нервової системи, травних і кровотворних органів, розвивається професійна глухуватість, прогресування якої може привести до повної втрати слуху.

Для гігієнічної оцінки шум підрозділяють:

за характером діапазону – на широкосмуговий з безперервним діапазоном шириною найбільш однієї октави і тональний, у діапазоні якого є дискретні тони;

за спектральним складом - на низькочастотний (максимум звукової енергії припадає на частоти нижче 400 Гц), середньо частотний (максимум звукової енергії на частотах від 400 до 1000 Гц) і частотний (максимум звукової енергії на частотах вище 1000 Гц);

за тимчасовими рисами – на незмінний (рівень звуку змінюється в часі, але більш ніж на 5 Дб - за шкалою А) і непостійний.

Заходи боротьби із шумом та вібрацією:

заміна гучних процесів безшумними або менш гучними;

поліпшення якості виготовлення і монтажу обладнання;

застосування індивідуальних захисних засобів;

укриття джерел шуму.

Розрізняють загальну і локальну вібрацію.

Методи захисту від вібрацій:

за можливості зниження віброактивності машин;

побудова від резонансних частот;

віброізоляція;

підвищення жорсткості системи.

Нормативні показники деяких факторів не повинні перевищувати:

запиленість – для кварцового пилу до 2 мг/м³ при вмісті кварцу більше 10%; до 6 мг/м³ при вмісті кварцу 10% і менше;

вібрація до 92 дБ;

шум – 80 – 85 дБА (робоча зона).

–

9.2.Інженерні рішення і пропозиції із забезпечення безпеки експлуатації сепаратора.

Для безпечної експлуатації вібраційного сепаратора, передбачені такі запобіжні заходи:

для того, щоб уникнути випадкового контакту з клинопасовою передачею, повинен бути передбачений захисний кожух;

для забезпечення електробезпеки – автоматичні вимикачі та заземлення;

для негативного впливу вібрації на працівників в процесі сепарування – гумові підстилки, а також обов'язкове встановлення сепаратора на пружини;

повинні бути наявні таблички: «Не вмикати працюють люди», яка вивіщується під час ремонту, технічного огляду, регулювання чи налагодження обладнання та «Не вмикати», яка вивіщується по закінченню роботи;

Пуск вібраційного сепаратора після аварійної зупинки проводити тільки з дозволу та в присутності майстра або механіка.

$0,05 > 0,048$.

Умова дотримується, таким чином обрана нами пружина відповідає всім вимогам.

9.3.Техніка безпеки при експлуатації відцентрового сепаратора.

До вимог техніки безпеки під час експлуатації сепаратора належить:

експлуатація повітряно-ситового сепаратора повинна здійснюватися відповідно до технічної документації заводу-виготовлювача;

при прийомі зміни машиніст, обслуговуючий сепаратор, повинен перевірити стан деталей вузлів і механізмів;

очищення сит, просіюючих поверхонь від сторонніх предметів повинне проводитися тільки після зупинки повітряно-ситового сепаратора, з використанням щіток і дерев'яних молотків;

не допускається здійснювати пуск і планову зупинку повітряно-ситового сепаратора при наявності на просіюючих поверхнях маси матеріалу;

подача матеріалу да сепаратора повинна проводитися тільки після досягнення необхідної частоти вібрації короба і поверхні;

оператор повинен працювати в спецвзутті, спецодязі та засобах індивідуального захисту встановлених стандартами (комбінезон робочий, куртка і штани на утепленій підкладці, рукавички гумові діелектричні і рукавиці спеціальні, чоботи валяні з гумовим низом, респіратор, пилозахисні окуляри, навушники протишумні, запобіжний пояс).

9.4.Оцінка пожежної небезпеки обладнання та розробка протипожежних заходів

Об'єкти сучасного виробництва у своїй більшості є пожежонебезпечними. На багатьох із них застосовуються технології з наявністю високих температур, тиску, парів легкозаймистих рідин, горючих газів, пилу тощо. Для сучасних підприємств характерні концентрація на невеликій площі значної кількості обладнання, великий об'єм сучасних виробничих будівель, недостатній рівень протипожежного захисту.

Пожежі на промислових об'єктах можуть призводити до загибелі людей, величезних матеріальних втрат, екологічних катастроф. Тому пожежна безпека на підприємствах, де використовуються сепаратори, і в технологічних процесах виробництва має стати одним із пріоритетних завдань менеджменту та персоналу таких об'єктів. Забезпечення пожежної безпеки – це досить складне соціально–економічне завдання, спрямоване на запобігання пожежам та ліквідацію пожеж, у випадку їхнього виникнення, з мінімальними наслідками.

Пожежну безпеку забезпечують системи запобігання пожежі та протипожежного захисту, а також організаційно–технічні заходи. Управління пожежною безпекою передбачає підвищення безпечності стану приміщень, обладнання та виробничих процесів.

Пожежну безпеку забезпечують такі основні компоненти виробництва:
технічна система, яка передбачає надійність обладнання, використання безпечних технологій, визначає обсяг вибухопожежних речовин, проектні рішення, впровадження систем виявлення та гасіння пожеж, розміщення обладнання тощо;

система управління;

персонал, його підготовка, забезпечення регламентами та правилами роботи.

Протипожежні заходи базуються на вимогах ГОСТ 12.1.004–91 щодо виключення джерела згоряння. Якщо це джерело не може бути ізольованим за умовами технологічного процесу, то об'єкт (приміщення, устаткування) необхідно забезпечити надійною системою протипожежного захисту.

До заходів зниження наслідків пожежі належать:

водяне зрошення технологічних апаратів;

винесення пожежонебезпечного обладнання до ізольованих приміщень;

встановлення в технологічному обладнанні швидкодіючих відмикаючих пристроїв;

обмеження розповсюдження пожежі за допомогою протипожежних відстаней і перешкод;

захист обладнання та окремих приміщень установками пожежогасіння;

застосування пожежної сигналізації;

навчання персоналу способам ліквідації аварій та діям у разі пожежі;

створення умов для найшвидшого введення в дію підрозділів пожежної охорони шляхом влаштування під'їзних шляхів, пожежних водоймищ та зовнішнього протипожежного водогону.

10. Охорона довкілля

Харчову промисловість відносять до галузей, яка здійснює суттєвий негативний вплив на оточуюче середовище. Широка номенклатура різних видів сировини та готової продукції, що випускається, разом з різноманіттям та різним рівнем екологічної безпеки промислових технологій визначає значні відмінності у кількості та забрудненості виробничих відходів. До основних екологічних загроз у харчовому виробництві відносять: викиди у атмосферу, руйнування озонового шару при використанні холодоагентів, забруднення водного басейну стічними водами та ін.

Виробництво харчових продуктів супроводжується утворенням рідких, газоподібних та твердих відходів, що забруднюють гідросферу, атмосферу та ґрунти.. Питання екологічної безпеки харчових продуктів, вплив стану довкілля на їх якість та проблеми наслідків їх забруднення на даний час є актуальними практично в усіх країнах світу.

Для харчової промисловості велике значення має екологізація технологій. Це передбачає систему заходів щодо запобігання негативному впливу виробничих процесів на природне середовище. Екологізації технологій досягають завдяки впровадженню маловідходних технологій чи технологічних зв'язків, що забезпечують мінімум шкідливих викидів [2].

У харчовій промисловості екологізація виробництва охоплює систему заходів, спрямованих на організацію екологічно стійких ландшафтів, забезпечення розширеного відтворення у сфері виробництва і в природному середовищі, а також стабільне зростання виробництва високоякісної чистої продукції землеробства і тваринництва. Проблема екологізації виробництва стосується всього комплексу економічних, соціальних проблем функціонування господарського механізму і характеру використання

| | | | | | | | |
|---|---|--|-----------------------------|-------------------------|--------------------------|----------------------------|--|
| <i>Відповідальна організація</i> НУХТ | <i>Технічне узгодження</i> Миколів І.В. | <i>Вид документа</i> Пояснювальна записка | | <i>Статус документа</i> | | | |
| <i>Власник документа</i> НУХТ | <i>Розробник документа</i> Верланов В.В. | <i>Назва, додаткова назва</i> Охорона довкілля | 19-1676.KP.02.010 ПЗ | | | | |
| | <i>Документ затверджено</i> Якимчук М.В. | | <i>Інд. змін.</i> | <i>Дата видання</i> | <i>Мова</i> UA | <i>Аркуш</i> 1/7 | |

виробничого потенціалу галузі, територіальної раціональності та екологічної безпеки розміщення продуктивних сил, створення умов для забезпечення соціально-екологічної стабільності території [3].

Процесу екологізації виробництва у харчовій промисловості має передувати низка заходів. Передусім це вироблення програми екологізації виробництва і формування механізму природоохоронної діяльності в галузі. Серед основних положень програми з екологізації виробництва можна виділити такі:

- вироблення теоретичної, методологічної та методичної основи екологізації виробництва в галузях харчової промисловості в умовах різних форм власності;
- створення можливостей для екологізації виробничого потенціалу галузей, вивчення передумов переведення центру господарських навантажень з природних компонентів на техногенні та економічні;

- формування і функціонування економічного механізму фінансування охорони навколишнього середовища;

- раціоналізація розміщення продуктивних сил харчової промисловості з урахуванням можливостей для самовідновлення природного стану навколишнього середовища;

- створення передумов для функціонування соціально-екологічної стабільності території та соціально-екологічного захисту населення від інтенсивного впливу діяльності харчової промисловості;

- організація ефективної системи екологічного виховання для працівників харчової промисловості відповідно до нових форм господарювання [3]. Визначаючи хід процесу екологізації виробництва у харчовій промисловості, слід враховувати умови і чинники формування ресурсозберігаючого господарського механізму галузі, а саме:

- економне і комплексне використання природних ресурсів, створення безвідходних і маловідходних технологій;
- зміну техніко-технологічних принципів організації виробництва на такі, що забезпечують екологічну рівновагу;
- діалектичну єдність системи споживання і можливості реалізації потреб;
- загальне господарське навантаження регіону, в тому числі частку харчової промисловості, на навколишнє середовище, визначення екологічно оптимальних меж концентрації виробництва;
- еколого-економічну оцінку всіх проектів перетворення природи і природокористування [4].

Екологізація виробництва у харчовій промисловості здійснюється за такими принципами:

- діалектична єдність законів природи і всіх її елементів, взаємозв'язку та взаємозумовленості всіх її процесів;
- планомірність і комплексність екологізаційних процесів, запобігання вузьковідомчим інтересам;
- раціональність розміщення виробництва і концентрація продуктивних сил з урахуванням екологічних проблем;
- науковість екологізації, проведення широкої екологічної експертизи проектів екологізації виробництва, організація науково обґрунтованих форм екологізації виробництва;
- територіальний підхід, максимальне врахування економічних, соціальних умов регіонів, рівня використання природно-ресурсного потенціалу;

- глибоке вивчення можливих змін, що можуть вплинути на здоров'я й умови життя людей, зміну естетичних цінностей природних і антропогенних ландшафтів.

Екологізація виробництва в галузях харчової промисловості передбачає формування чіткої системи екологічних заходів, що є основою цього процесу. Головна роль у зростанні економічної ефективності та цілеспрямованості екологічних процесів належить інвестиційній системі природокористування. Зміна пріоритетів у розподілі інвестицій екологічного призначення знаходить вияв у збільшенні частки інвестицій, спрямованих на фінансування, проектування і будівництво природоохоронних і природовідновлювальних комплексів, а також науково-технічних розробок у сфері поліпшення якості природного середовища та інтенсифікації природокористування[6].

До пріоритетних напрямів можна віднести такі:

1. Вирішення проблем регенерації (відновлення додатковою обробкою відходів харчових виробництв на цінну вихідну сировину), розробка і впровадження на основі мало- і безвідходних технологій забезпечать також поліпшення якості природного середовища і вирішення проблем екологізації виробництва. Раціоналізація природокористування у харчовій промисловості передбачає принципово новий підхід до перспективного планування відтворення і використання природних ресурсів (концепція одноразового використання природних ресурсів призводить до втрат і екологічних катастроф). Відходи виробництва і споживання слід розглядати як основні джерела палива, сировини, матеріалів і забезпечувати цей напрям відповідним інвестуванням.

2. Розробка нових і вдосконалення існуючих конструкцій матеріалів, що відкривають перспективи вирішення сировинних проблем.

3. Розширення комплексності використання кожного виду ресурсів, у тому числі природних.

4. Інтенсифікація розвитку природоексплуатаційних галузей на основі ресурсозбереження. Нові підходи до природокористування, які мають бути реалізовані через інвестиційну політику, полягають у тому, що виробництво повинно не просто створювати блага, а виробляти їх за умови забезпечення відносної стійкості та продуктивності природних систем.

Важливим чинником екологізації виробництва і вдосконалення інвестиційної політики у сфері природокористування є вивчення і використання зарубіжного досвіду, в тому числі щодо створення екологічних фондів і дотацій на екологічні потреби.

Підвищення рівня еколого-економічної ефективності розвитку харчової промисловості є одним із важливих напрямів забезпечення виробництва в достатній кількості високоякісних екологічно безпечних продуктів харчування для задоволення обґрунтованих потреб населення. При цьому слід забезпечити мінімальні витрати природних ресурсів – сировини рослинного і тваринного походження та енергоносіїв, а також значно поліпшити екологічний стан довкілля..

У зв'язку з цим основними пріоритетами «зеленої» (екологічної) модернізації харчових виробництв є такі:

- широке впровадження у виробництво досягнень науково-технічного прогресу з метою раціонального використання природно-сировинних ресурсів;

- зменшення рівня використання природно-ресурсного потенціалу впровадженням безвідходних і маловідходних технологій;
- впровадження технологій комплексної переробки сировини з підвищенням рівня і ефективності використання відходів виробництва харчової промисловості, перехід до безвідходних циклів виробництва, що забезпечують повну переробку сировини;
- впровадження у виробничий процес енергозберігаючих технологій з широким застосуванням нетрадиційних джерел енергії (сонячної, гідротермальної, вітрової енергії, біоенергетики та ін.);
- повсюдне впровадження в організаційну структуру підприємства харчової промисловості екологічного менеджменту відповідно до міжнародних стандартів;
- обов'язкове проведення еколого-економічної експертизи проектів «зеленої» модернізації наявних підприємств і будівництва нових та продукції з метою запобігання негативному впливу на навколишнє природне середовище і здоров'я людей;
- підвищення рівня економічних засобів регулювання системи природокористування через пільгове оподаткування екологічно безпечних виробництв, надання пільгових кредитів для здійснення природоохоронних заходів;
- обов'язкове врахування регіональних чинників під час розміщення підприємств харчової промисловості;
- підвищення ролі міжнародного співробітництва і широкий обмін досвідом природоохоронної діяльності.

Реалізація цих заходів має ґрунтуватися на потребі створення екологічно безпечної для споживання продукції та сприятливого для життя людини простору.

Висновки

1. Аналіз процесу очищення зерна у виробничих умовах вказав на проблему сепарування від домішок вологого зерна (ячменю, кукурудзи, соняшнику).
2. Для вирішення цієї проблеми запропоновано відцентровий повітряний сепаратор, який значно інтенсифікує ситове та повітряне сепарування.
3. Виконано відповідні розрахунки технологічних та силових параметрів, які підтверджують працездатність конструкції.
4. Запропонована конструкція сепаратора має значні переваги перед аналогами (сепаратори БЦС, Sigma, та ін.)
5. Все вищевказане підтверджує доцільність використання відцентрового повітряного сепаратора в виробництво.

| | | | | | | |
|---|---|---|-----------------------------|-------------------------|--------------------------|----------------------------|
| <i>Відповідальна організація</i> НУХТ | <i>Технічне узгодження</i> Миколай І.М. | <i>Вид документа</i> Пояснювальна записка | | <i>Статус документа</i> | | |
| <i>Власник документа</i> НУХТ | <i>Розробник документа</i> Верланов В.В. | <i>Назва, додаткова назва</i> Висновок | 19-1676.КР.02.000 ПЗ | | | |
| | <i>Документ затверджено</i> Якимчук М.В. | | <i>Інд. змін.</i> | <i>Дата видання</i> | <i>Мова</i> UA | <i>Аркуш</i> 1/1 |

Список використаних літературних джерел

1. Обладнання підприємств переробної та харчової промисловості: підруч. для студентів ВНЗ / Мирончук В.Г., Гулий І.С., Пушанко М.М. та ін. — Вінниця: Нова книга, 2007. — 648с.
2. Розрахунки обладнання підприємств переробної і харчової промисловості: навч. посіб. / Мирончук В.Г., Орлов Л.О., Пушанко М.М. та ін. — Вінниця: Нова книга, 2004. — 288с.
3. Монтаж та технічний сервіс обладнання. Практикум: навч. посіб. / за ред. В.Г. Мирончука. – К.: НУХТ, 2017. – 162с.
4. Заплетніков, І.М. Експлуатація і обслуговування технологічного обладнання харчових виробництв: навч. посіб. / І.М.Заплетніков, В.Г.Мирончук, В.М.Кудрявцев – К.: «Кафедра», «Центр учбової літератури», 2012. – 344с.
- 5.Чепелюк, О.О. Гігієнічні вимоги до проектування обладнання харчових виробництв: підруч. / О.О.Чепелюк, О.А.Єщенко, Ю.Ю.Доломакін. – К.: НУХТ, 2017. – 311с.
- 6.Загальні технології харчових виробництв: підручник / В.А.Домарецький, П.Л.Шиян, М.М.Калакура, Л.Ф. Романенко. – К. : Університет "Україна", НУХТ, 2010. – 814 с.
- 7.Механічні процеси і обладнання переробного та харчового виробництва: навч. посібник / П.С.Берник, З.А.Стоцько, І.П.Паламарчук, В.В.Яськов. – Львів: Видавництво Національного університету "Львівська політехніка", 2004. – 336 с.
- 8.Соколенко, А.І. Інтенсифікація масообмінних процесів в харчових і мікробіологічних технологіях / А.І.Соколенко, О.Ю.Шевченко, В.А.Піддубний – Київ,"Люксар", 2008. – 443 с.

| | | | | | | | |
|---|---|--|-----------------------------|-------------------------|--------------------------|---------------------|--|
| <i>Відповідальна організація</i> НУХТ | <i>Технічне узгодження</i> Миколай І.М. | <i>Вид документа</i> Пояснювальна записка | | <i>Статус документа</i> | | | |
| <i>Власник документа</i> НУХТ | <i>Розробник документа</i> Верланов В.В. | <i>Назва, додаткова назва</i> Список використаних літературних джерел | 19-1676.КР.02.000 ПЗ | | | | |
| | <i>Документ затверджено</i> Якимчук М.В. | | <i>Інд. змін.</i> | <i>Дата видання</i> | <i>Мова</i> UA | <i>Аркуш</i> 1/2 | |

9.Рвачов, В.В. Технологічне обладнання харчових виробництв. Механічне обладнання: навчальний посібник для студентів механічних фахів / В.В.Рвачов. – Одеса: Астропринт, 2001. – 320 с.

10.Ванін, В.В. Комп'ютерна інженерна графіка в середовищі AutoCAD / В.В. Ванін, В.В. Перевертун, Т.М. Надкернична. – К.: Каравелла, 2006.–334 с.

11.Механічні процеси і обладнання переробного та харчового виробництва / П.С.Берник, З.А.Стоцько, І.П. Паламарчук, В.В.Яськов – Львів: Вид-во. Нац. ун-т Львівська політехніка, 2004. – 336 с.

12. Купчик М.П.,. Основи охорони праці./ М.П Купчик., М.П Гандзюк., І.Ф Степанець– К.:Основа, 2000.- 416 с.

13. Підшипники кочення/.Довідник.Павлице В.Т. -Львів:Афіша,2003.- 160с.