

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Факультет інженерії та енергетики
Кафедра агроінженерії та технічного сервісу

Кваліфікаційна робота
на правах рукопису

БОЙКО АНДРІЙ ОЛЕГОВИЧ

УДК 664.72

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ
ПАРАМЕТРІВ ПОВІТРЯНО-РЕШІТНОЇ МАШИНИ ДЛЯ
ОЧИЩЕННЯ ТА СОРТУВАННЯ ЗЕРНА**

208 “Агроінженерія”

Подається на здобуття освітнього ступеня бакалавр кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

_____ Бойко А.О.

Керівник роботи

Куликівський В.Л.

кандидат технічних наук, доцент

Житомир – 2024

АНОТАЦІЯ

Бойко Андрій Олегович. Обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів повітряно-решітної машини для очищення та сортування зерна. – Кваліфікаційна робота на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня бакалавр за спеціальністю 208 – Агроінженерія. – Поліський національний університет, Житомир, 2024.

Машини для очищення та сортування зерна відіграють критично важливу роль у сучасному сільському господарстві. Вони дозволяють підвищити якість продукції, знизити витрати та підвищити рентабельність фермерських господарств. Впровадження новітніх технологій та автоматизація процесів сприяють подальшому розвитку галузі та підвищенню її ефективності.

В даній кваліфікаційній роботі виконано конструкторську розробку повітряно-решітної машини для сортування (очищення) зерна.

В результаті обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів повітряно-решітної машини для очищення та сортування зерна проведено технологічний і кінематичний розрахунок, побудовано графік руху решета здійснено розрахунок повітряної системи та розрахунок шнека

За результатами проведених розрахунків розроблено технологічну схему машини та кінематичну схему приводу решітного стану.

Ключові слова: повітряно-решітна машина, шнек, сільське господарство, очищення, сортування.

ANNOTATION

Andrey Olegovich Boyko. Substantiation of design and technological parameters of the air-sieve machine for grain cleaning and sorting. – Qualification work on the rights of the manuscript.

Qualification work for obtaining a bachelor's degree in the specialty 208 – Agricultural Engineering. – Polissia National University, Zhytomyr, 2024.

Grain cleaning and sorting machines play a critical role in modern agriculture. They help improve product quality, reduce costs and increase the profitability of farms. The introduction of the latest technologies and automation of processes contribute to the further development of the industry and increase its efficiency.

In this qualification work, the design development of an air-sieve machine for sorting (cleaning) grain was carried out.

As a result of substantiating the design and technological parameters of the air-sieve machine for cleaning and sorting grain, technological and kinematic calculations were performed, a sieve movement schedule was built, the air system was calculated, and the screw was calculated.

Based on the results of the calculations, a technological scheme of the machine and a kinematic scheme of the sieve mill drive were developed.

Keywords: air-sieve machine, auger, agriculture, cleaning, sorting.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ МАШИН ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ ТА СОРТУВАННЯ ЗЕРНА.....	8
РОЗДІЛ 2. РОЗРАХУНОК ПОВІТРЯНО-РЕШІТНОЇ МАШИНИ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ ТА СОРТУВАННЯ ЗЕРНА.....	17
РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ТА КІНЕМАТИЧНОЇ СХЕМИ РЕШІТНОЇ МАШИНИ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ ТА СОРТУВАННЯ ЗЕРНА.....	35
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	39
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	40

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. Процес розділення сипучих продуктів заснований на використанні відмінностей фізичних і геометричних ознак: щільності частинок, лінійних розмірах, формі частинок, аеродинамічних і феромагнітних властивостях, стані поверхні тощо [1].

Технологічні процеси виробництва багатьох харчових продуктів включають одну з основних операцій - сортування (розділення, або класифікацію) різноманітних сумішей (як сировини, так і різноманітних проміжних продуктів) на компоненти, що їх складають.

Сортування або класифікація – це процес поділу сумішей різних сипких продуктів на фракції однакової якості та ступеня зрілості, що розрізняються розмірами та фізичними властивостями[1, 2, 3, 4].

Калібрування – поділ різних продуктів на фракції з однаковими розмірами за формою і масою [1, 2, 3].

Сепарування – процес поділу сипких продуктів на фракції, що розрізняються фізичними та геометричними розмірами; при цьому для поділу використовують такі ознаки: щільність часток, лінійні розміри, аеродинамічні та феромагнітні властивості, стан поверхні та ін.

Очищення – процес відокремлення сторонніх домішок із вихідного сипучого продукту [1, 2,].

Поділ плодів і овочів на партії приблизно однакового гранулометричного складу дає змогу під час подальшої обробки забезпечити якісне протікання подальших процесів обробки харчової сировини.

Основна мета поділу сумішей полягає в тому, щоб у процесі сортування виділити фракції за такими ознаками частинок, які забезпечують необхідну кількість і якість проміжних і кінцевих компонентів [4].

Суміші продуктів сортують за різноманітними геометричними і фізичними ознаками та властивостями частинок, розмірами і формою частинок, їхньою

густиною, шорсткістю, парусністю, електро- і світлопровідністю, кольором тощо. Для розділення сипучих харчових продуктів використовуються сепаратори. Розрізняють прості та складні сепаратори.

Простими (елементарними) називають сепаратори, в яких вихідна суміш розділяється за однією з ознак на дві фракції (сито, трієр тощо).

Складні являють собою з'єднання декількох простих сепараторів в одній машині. До складних сепараторів відносять:

- повітряно-ситові сепаратори;
- ситові сепаратори, що мають два і більше сит;
- розсів;
- ситові машини;
- пневмосортувальні столи, що дають три і більше фракції тощо.

Метою даного дипломного проекту є розробка і впровадження у виробництво повітряно-решітної машини для очищення та сортування зерна.

Тому, виходячи з поставленої мети, було сформульовано такі завдання досліджень:

- провести аналіз для очищення та сортування зерна;
- провести розрахунок повітряно-решітної машини для очищення та сортування зерна;
- удосконалити в конструкцію повітряно-решітної машини для очищення та сортування зерна.

Об'єкт дослідження є технологічний процес повітряно-решітної машини для очищення та сортування зерна.

Предмет дослідження є закономірності зміни техніко-економічних та експлуатаційних параметрів повітряно-решітної машини для очищення та сортування зерна від її конструктивних параметрів.

Перелік публікацій за темою роботи:

1. Куликівський В.Л., Бойко А.О. Парфенюк Б.М. Удосконалення технології очищення насіння зернових і технічних культур. Збірник тез X-ї

всеукраїнської науково-практичної конференції *«Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь»*. м. Житомир, 20 квітня 2024 року. Житомир : ЖАТФК. С. 5-7.

2. Куликівський В.Л., Бойко А.О. Плоскорешітні сепаратори з кільцевим пневмосепарувальним каналом. Міжнародна науково-практична конференція молодих науковців, аспірантів і здобувачів вищої освіти *«Проблеми та перспективи розвитку сучасної науки»*. м. Рівне, 9-10 травня 2024 року. Рівне : НУВГП. С.

Практичне значення одержаних результатів. Практичний інтерес для аграрних підприємств України представляє розроблена повітряно-решітної машини для очищення та сортування зерна.

Структура та обсяг роботи. Кваліфікаційна робота складається з вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел з 14 найменувань. Загальний обсяг роботи становить 41 сторінка комп'ютерного тексту, містить 6 рисунків та 1 таблицю.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ МАШИН ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ ТА СОРТУВАННЯ ЗЕРНА

У сучасному сільському господарстві важливу роль відіграють машини для очищення та сортування зерна. Від ефективності цих машин залежить якість кінцевого продукту, рентабельність виробництва та конкурентоспроможність фермерських господарств. Очищення та сортування зерна є критично важливими процесами, які дозволяють видалити домішки, відсортувати зерно за розміром, вагою та іншими параметрами [5].

Перші прототипи машин для очищення та сортування зерна з'явилися ще у 19 столітті. Вони були простими механічними пристроями, що використовували силу тяжіння та первинні методи відсіювання. З розвитком технологій та автоматизації, ці машини еволюціонували, стаючи більш складними та ефективними [1, 4].

Робота машин для очищення та сортування зерна базується на різних принципах:

Сита та вібраційні сепаратори використовують механічні коливання для відсіювання зерен за розміром.

Пневматичні сепаратори використовують повітряні потоки для видалення легких домішок.

Оптичні та лазерні сортувальники аналізують кожне зерно за допомогою світлових променів та відсівають дефектні.

Типи машин для очищення та сортування зерна [1-9]:

Механічні системи

Механічні системи включають ситові машини, барабанні сепаратори та трієрні машини. Вони працюють на основі відсіювання та механічного сортування зерен за розміром та формою.

Пневматичні системи

Пневматичні системи використовують повітряні потоки для видалення легких домішок та пилу з зерна. Ці системи ефективні для первинного очищення зерна та видалення легких частинок.

Електронні сортувальники

Електронні сортувальники базуються на використанні оптичних та лазерних технологій для точного визначення та сортування зерен за кольором, розміром та іншими параметрами. Вони забезпечують високу точність сортування та дозволяють видаляти навіть найдрібніші дефекти [1, 7].

На рис. 1 представлено графік порівняння витрат на обслуговування механічних, пневматичних та оптичних сортувальників. Видно, що витрати на обслуговування оптичних сортувальників значно вищі порівняно з механічними та пневматичними

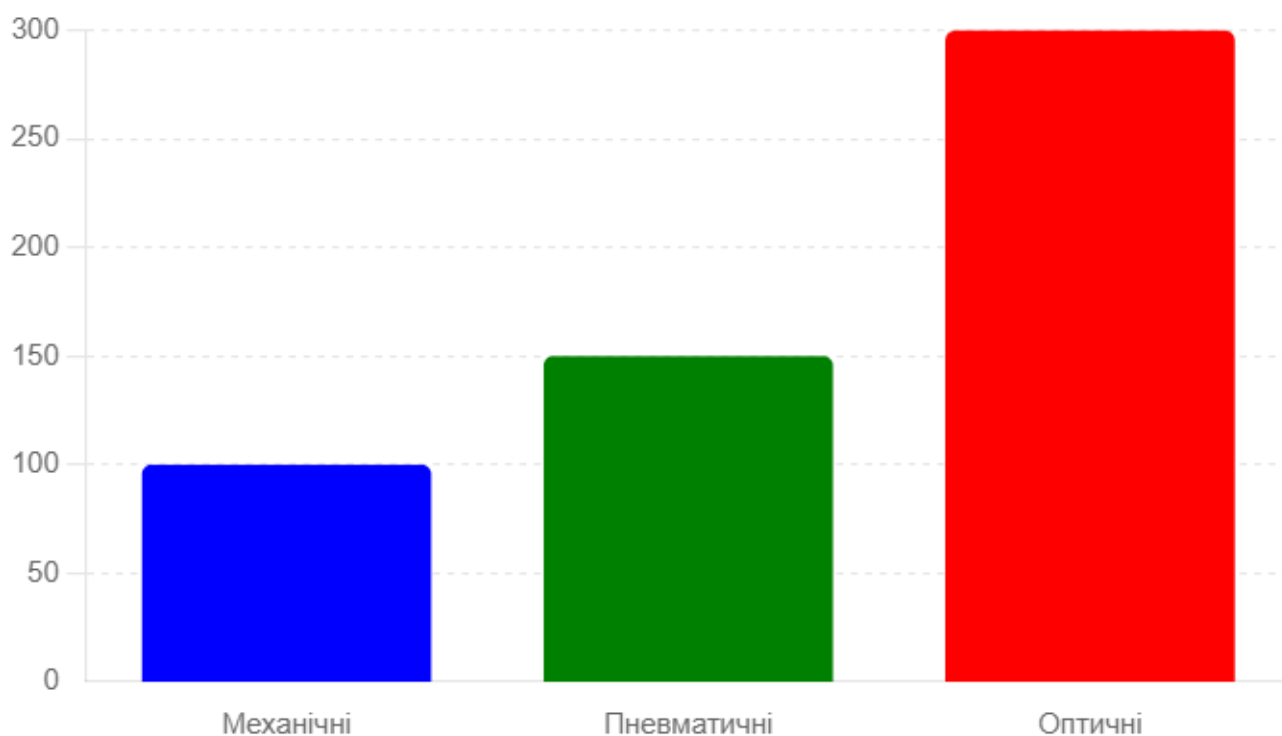


Рис. 1.1. Витрати на обслуговування машин для сортування зерна (в умовних одиницях).

Сучасні машини для очищення та сортування зерна використовують широкий спектр технологій, включаючи:

Оптичні сортувальники, які використовують камери високої роздільної здатності для аналізу кожного зерна.

Лазерні сортувальники, що використовують лазерні промені для виявлення дефектів на поверхні зерна.

Магнітні сепаратори, які видаляють металеві домішки з зернових мас.

Новітні технології у сфері очищення та сортування зерна включають використання штучного інтелекту та машинного навчання для автоматичного аналізу та сортування зерен. Це дозволяє досягати високої точності та швидкості обробки [8].

Продуктивність та ефективність різних типів машин варіюються залежно від їх конструкції та застосовуваних технологій. Наприклад, оптичні сортувальники можуть забезпечувати до 99% точності сортування, але їх вартість є значно вищою порівняно з механічними системами [1, 5].

Таблиця 1.1 – Порівняння різних типів машин

Тип машини	Продуктивність (тонн/год)	Точність сортування (%)	Витрати на обслуговування
Механічні системи	5...10	85...90	Низькі
Пневматичні системи	10...20	90...95	Середні
Оптичні сортувальники	15...30	98...99	Високі

Витрати на експлуатацію та обслуговування машин для очищення та сортування зерна можуть значно варіюватися залежно від типу машини, її складності та використовуваних технологій. Наприклад, оптичні сортувальники потребують регулярного технічного обслуговування та калібрування, що збільшує їх вартість.

Сучасний ринок машин для очищення та сортування зерна характеризується високим рівнем конкуренції. Провідні виробники постійно вдосконалюють свої продукти, впроваджуючи новітні технології для підвищення ефективності та продуктивності. Серед найбільших виробників можна відзначити такі компанії як Bühler, Cimbria та Satake (рис. 1.2).

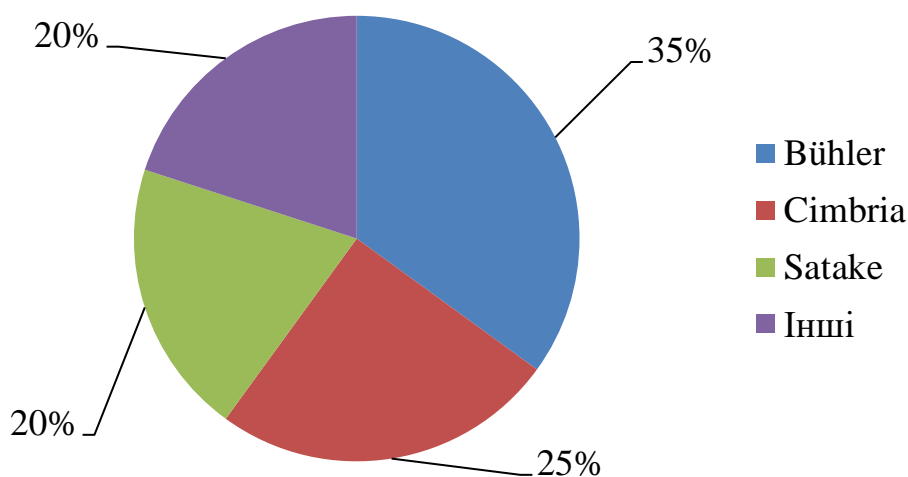


Рис. 1.2 Частка ринку провідних виробників машин для очищення та сортування зерна

Зростання попиту на якісне зерно стимулює розвиток нових технологій у сфері очищення та сортування. Очікується, що у найближчі роки ринок продовжить зростати, з акцентом на автоматизацію та підвищення точності сортування [1, 2, 3, 4, 8, 9, 11].

Рентабельність інвестицій в машини для очищення та сортування зерна залежить від багатьох факторів, включаючи початкову вартість машини, витрати на її експлуатацію та обслуговування, а також якість кінцевого продукту. Високоточні сортувальники можуть забезпечити значні переваги у вигляді підвищення якості зерна та зниження втрат.

Ефективні машини для очищення та сортування зерна дозволяють знизити кількість відходів та домішок, що позитивно впливає на якість кінцевого продукту та його ринкову вартість. Це, в свою чергу, сприяє підвищенню врожайності та рентабельності фермерських господарств.

Сучасні технології очищення та сортування зерна мають значний екологічний вплив. Використання ефективних систем дозволяє знизити кількість відходів та забруднення навколишнього середовища. Крім того, автоматизація процесів сприяє зниженню трудових витрат та підвищенню безпеки праці [1, 2].

Впровадження сучасних машин для очищення та сортування зерна забезпечує численні переваги для фермерів, включаючи підвищення врожайності, зниження витрат та покращення якості продукції. Для споживачів це означає доступ до більш якісного та безпечного продукту [8].

Висновки по розділу

Машини для очищення та сортування зерна відіграють критично важливу роль у сучасному сільському господарстві. Вони дозволяють підвищити якість продукції, знизити витрати та підвищити рентабельність фермерських господарств. Впровадження новітніх технологій та автоматизація процесів сприяють подальшому розвитку галузі та підвищенню її ефективності.

РОЗДІЛ 2

РОЗРАХУНОК ПОВІТРЯНО-РЕШІТНОЇ МАШИНИ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ ТА СОРТУВАННЯ ЗЕРНА

2.1. Вихідні данні для розрахунку конструктивно-технологічних параметрів повітряно-решітної машини для очищення та сортування зерна

Продуктивність теоретична, т/год: $Q_T = 200$;

Питоме навантаження на 1 м ширини сита, т/(годм): $q_b = 7000$;

Питома продуктивність сит, т/(год×м): $q_F = 1050$;

Ширина підсівного сита, м: $B = 0,750$;

Довжина сит, м: $L = 0,996$;

Розрахунок проводиться на базі зерноочисного сепаратора Р1-БИС-200:

Число ситових рам у ярусі: 2;

Число секцій: $w = 2$;

Загальна кількість ситових рам: $n = 16$;

Розмір ситової рами: $1,0 \times 1,0$ м;

Площа сит: 6 м^2 ;

Розмір отворів сит сортувальних: $D = 11 \text{ мм}$;

Розмір отворів сит підсівних: $1,8 \times 2 \text{ мм}$.

2.2 Технологічний розрахунок

Основні параметри ситових сепараторів.

Продуктивність ($Q \text{ т} \times (\text{кг}) / \text{год}$) ситового сепаратора, яка визначається кількістю оброблюваного продукту за одиницю часу відповідно до регламентів якості процесу, є його основним показником.

Фактична продуктивність:

$$Q = (q_b \cdot n) \cdot (B \cdot L) \cdot Z \quad (2.1)$$

$$Q = 7 \cdot 2 \cdot 0,996 \cdot 0,750 \cdot 16 = 167,3 \text{ т/год.}$$

Якість процесу визначається ефективністю виділення домішок за допустимого правилами ведення технологічного процесу вмісту придатного (повноцінного) зерна у відходах. Ефективність очищення E (%) зерна оцінюють відношенням маси домішок, виділених із зернової суміші, до маси домішок, які були у вихідній суміші та відокремлювалися ситами (або робочим органом інших зерноочисних машин). При цьому використовують формулу:

$$E = \frac{A(1 - a/100)}{B} \cdot 100\%, \quad (2.2)$$

де A – маса відходів, кг;

a – вміст повноцінного зерна у відходах, % від їхньої маси;

B – маса домішок у зернової суміші, які можна виділити даним способом сепарування, кг.

Очищення вважають ефективним, якщо під час першого проходу зерна через ситовий сепаратор воно становить щонайменше 65 % по домішках, які підлягають виділенню на ситах (земля, пісок, дрібне каміння, великі частки бур'янистих домішок, крупне й дрібне насіння культурних і бур'янистих рослин). При цьому вміст повноцінних зерен у відходах не повинен перевищувати 2% від їхньої маси.

Загальна маса відходів – 5% від фактичної продуктивності.

$$\frac{167,3}{100} = \frac{x}{5}$$

$$X = \frac{167,3 \cdot 5}{100} = 8,36 \text{ т.}$$

Маса домішок $A = 65\%$ від загальної маси відходів:

$$M_{\text{пр}} = (4,18 \cdot 65) / 100 = 2,717 \text{ т.} = 2717 \text{ кг.}$$

Вміст повноцінних зерен у відходах: 2% ,

$$a = (2,717 \cdot 2) / 100 = 0,054 \text{ т} = 54 \text{ кг.}$$

Вміст сміттєвої домішки: 4% ,

$$B = (83,66 \times 4) / 100 = 3,346 = 3346 \text{ кг.}$$

Знаходимо значення ефективності очищення:

$$E = (2717(1 - 54/100)) / 3346 \cdot 100 = 37,35\%$$

Основними розрахунковими параметрами плоских сит сепараторів є: ширина і довжина підсівних (для виділення дрібних домішок) сит, кут нахилу їхнього нахилу до горизонталі, кут напрямку коливань, кінематичні параметри тощо.

Ширину B (см) підсівного сита визначають за формулою:

$$B = Q_{\text{т}} / qb \cdot 0,01 \quad (3)$$

де Q – про дуктивність, кг/год; q - питоме навантаження (на одиницю ширини сита), кг/(год.см).

Перераховуємо значення ширини сита на фактичне:

$$B = 100000 / 1050 \cdot 0,01 = 0,992 \text{ м}$$

Питоме навантаження q для борошномельних сепараторів приймають для підсівних сит 45...60, для сортувальних з отворами діаметром 6...10 мм, у 3...4 рази більшим, а для приймальних з отворами діаметром 20...40 мм, у 8...10 разів більшим, ніж для підсівних сит. Це стосується похилих сит, які отримують горизонтальні або похилі коливання.

Довжину сита L (м) визначають за формулою:

Реальна довжина сит:

$$L = B \times n \quad (2.4)$$

$$L = 1.5 \times 16 = 24 \text{ м.}$$

Питома продуктивність сит для відділення великих домішок залежить від робочих розмірів отворів. Для сита з отворами діаметром 11 мм і більше, що здійснює горизонтальні коливання, питома продуктивність q_F [кг/(год \times м²)] при очищенні вівса вологістю 20% може бути визначена за формулою:

$$q_F = 60 - (11 - 8,225) = 166,5 \text{ кг/(год}\times\text{м}^2) \quad (2.5)$$

де a – робочий розмір отвору сита, мм.

Визначаємо за графіком питома навантаження і використовувані сита:

Сита: 4 – прохід – 11мм, схід – 11 (сортувальне), питома навантаження $q_y = 23$ кг/(год \times м²); 5 – прохід – 1,8 \times 20 мм, схід – 1,8 \times 20 мм (підсівне), $q_y = 15$ кг/(год \times м²).

Частоту й амплітуду коливань сит обирають залежно від фізико-механічних властивостей зерна та домішок. Для оцінки та вибору кінематичних параметрів часто користуються умовним кінематичним параметром, що являє собою добуток кутової частоти у квадраті на амплітуду коливань, тобто $k = \omega^2 r$.

$$k = w^2 r \quad (2.6)$$

Такий узагальнений коефіцієнт певною мірою виправданий для усталеного класу машин з однотипними геометричними і конструктивними параметрами. Для очищення ячменю застосовують

$w^2 r = 10 \text{ м/с}^2$ при $r = 0,004\text{м}$. Ці значення відносяться до зерна нормальної вологості та засміченості. Для розрахунку приймаємо $w^2 r = 8 \text{ м/с}^2$, отже $k = 8 \text{ м/с}^2$.

Знаходимо значення кутової частоти:

$$W = \sqrt{\frac{k}{r}} \quad (2.7)$$

$$W = \sqrt{\frac{10}{0,004}} = 50 \text{ с}^{-1}$$

Встановлено, що оптимальною товщиною шару продукту, що забезпечує більш повне вилучення підсіву і досить високі навантажувальні умови сита, є $H_d = 20\text{мм}$.

За часом самосортування за $H_d = 20 \text{ мм}$ і середньої швидкості визначаємо необхідну довжину сита:

$$L = 0,966 \text{ м} = 966 \text{ мм} = B_0,$$

$$t_{cp} = 5 - 6 \text{ сек}$$

$$L = V_{cp} \cdot t_{cp} \quad (2.8)$$

Тоді середня швидкість:

$$V_{cp} = 966/5 = 0,193 \text{ м/с}.$$

За даними досліджень оптимальні параметри для сортувального сита - кут нахилу $= 10...11^\circ$, довжина $L = 375$ мм; для приймального – $\alpha = 5...7^\circ$, $L = 375$ мм; для підсівного – $\alpha = 11...12^\circ$, $L = 375$ мм. Виходячи з даних розрахунку довжина розраховуваного сита $L = 375$ мм, тоді кут нахилу α буде в межах 11° .

1.2 Кінематичний розрахунок

Розрахунок сепаратора зі зворотно-поступальним рухом плоских сит

Розрахувати геометричні та кінематичні параметри ситового сепаратора, вибрати схему приводу та визначити потужність.

Продуктивність ситового сепаратора $Q = 100000$ кг/год, провести очищення вівса від домішок, що відрізняються геометричними розмірами.

За додатком визначаємо фізико-механічні властивості пшениці: геометричні розміри (довжина – 14 мм, ширина – 3,0 мм, товщина – 2,5 мм); об'ємна густина $\rho = 460$ кг/м³; коефіцієнт внутрішнього тертя $f_1 = 0,47$; кут тертя $\phi = 20,3^\circ$; коефіцієнт зовнішнього тертя по сталевому решету $f = 0,37$. Відповідно до технологічного процесу та рекомендацій, обираємо технологічну схему №1 встановлення сит у корпусі сепаратора.

Технологічну схему представлено на рис. 2.1. Вихідний продукт паралельними потоками надходить у живильний механізм, який направляє його на приймальне сито 1, призначене для видалення грубих домішок, що видаляються з машини через поперечні лотки. Зерно проходить через приймальне сито надходить на сортувальне 2, яке служить для виділення великих домішок. Зерно проходить через першу частину сортувального сита надходить на ділянку 5 щілинного типу, який ділить зерно на два потоки: один потік надходить на верхнє укорочене підсівне сито 3, а інший – на нижнє підсівне сито 4. Проходом через іншу частину сортувального сита 2 зерно безпосередньо надходить на підсівне сито 4. Схід з обох підсівних сит - очищене зерно - виводиться з машини через загальний канал. Прохід підсівних сит - дрібні домішки (пісок,

насіння диких рослин, бите зерно) – по піддонах 6 і 7 спрямовуються з машини через інший загальний канал у відходи.

Для очищення сит використовуються інерційні очисники. Відповідно до розмірів зерна вибираємо за додатком 4 розміри отворів сит.

Для сепаратора зі зворотно-поступальним рухом сит використовуємо підсівні сита з довгастими отворами, що мають розміри 1,8x20 мм; сортувальне сито з отвором діаметром 11 мм; приймальне сито з отворами діаметром 20 мм.

Згідно з рекомендаціями задаємося питомим навантаженням (на одиницю ширини сита), $q = 1005 \text{ кг}/(\text{см}\cdot\text{год})$. Ширину сит визначаємо за підсівним ситом:

$$B = Q_T / qb \cdot 0,01 \quad (2.9)$$

$$B = 100000 / 1050 \cdot 0,01 = 0,992 \text{ м}$$

Відповідно до технологічної схеми зерновий потік після сортувального сита спрямовується за допомогою дільника на два підсівні сита, отже, ширину одного підсівного сита приймаємо $B_1 = 1000 \text{ мм}$; кут нахилу сита вибираємо за схемою $\alpha_1 = 14^\circ$. Довжину сит визначаємо за сортувальним ситом, попередньо визначивши питому продуктивність сита з робочим розміром 11 мм:

$$q_F = 60 \cdot (11 - 8,225) = 1050 \text{ кг}/(\text{год}\times\text{м}^2) \quad (2.10)$$

Нині під час проектування ситових сепараторів довжину підсівних і сортувальних сит приймають рівною подвійній ширині сита, тобто:

$$L = 2 \cdot B = 2 \cdot 1 = 2.0 \text{ м.}$$

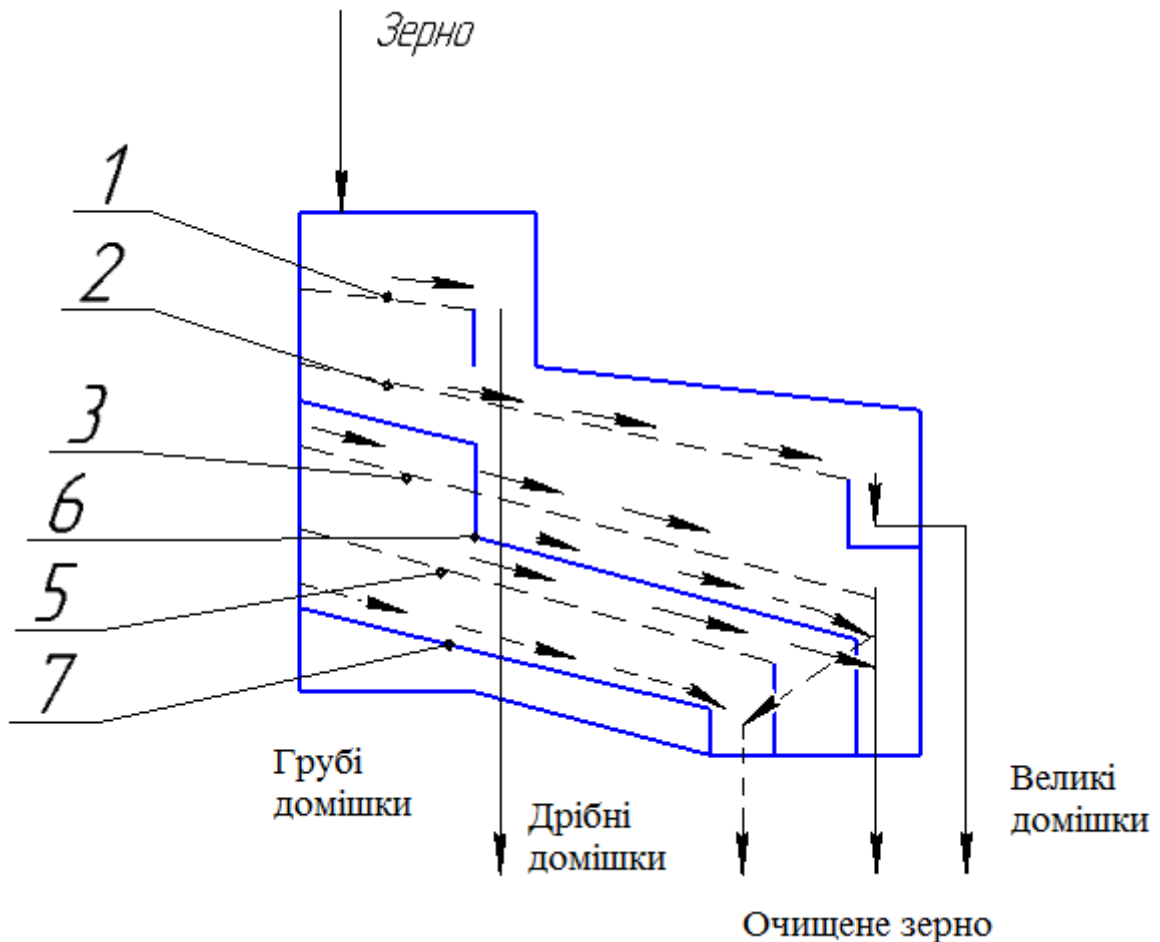


Рис. 2.1 Технологічна схема встановлення сит у корпусі сепаратора: 1 – приймальне сито; 2 – сортувальне сито; 3 – підсівне укорочене; 4 – підсівне сито; 5 – дільник; 6,7 – піддони.

Товщина h_1 шару зерна, що рухається по ситі із середньою швидкістю подачі $V_{cp} = 0,193$ м/с. Знаючи кількість зерна в кг, що надходить на 1 м ширини даного сита за одну секунду, $q_1 = 1,4$ кг/(м·с), коефіцієнт розпушення зернової суміші для ячменю $k = 1,5$, насипна густина зерна, $\rho = 460$ кг/м³:

$$h_1 = \frac{1,4}{0,193 \cdot 460 \cdot 1,5} = 0,010 \text{ м} = 10 \text{ мм} \quad (2.11)$$

Для визначення частоти й амплітуди коливань сит вибираємо кінематичний параметр, для очищення ячменю приймаємо:

$$k = \omega^2 \cdot r = 54,95^2 \cdot 0,005 = 15,1 \text{ м/с}^2 \quad (2.12)$$

при радіусі кривошипа $r = 0,004 \text{ м}$. визначаємо кутову швидкість і частоту обертання кривошипа приводу сепаратора:

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{r}} = \sqrt{\frac{15,1}{0,005}} = 54,94 \text{ с}^{-1} \quad (13)$$

Звідси:

$$n = \frac{30 \cdot \omega}{\pi} = \frac{30 \cdot 54,94}{3,14} = 524,9 \text{ хв}^{-1} \quad (2.14)$$

Амплітуда коливань:

$$A = 2 \cdot r = 2 \cdot 0,005 = 0,01 \text{ м}. \quad (2.15)$$

Перевіряємо правильність обраних кінематичних параметрів сепаратора. Для цього попередньо визначимо частоти обертання кривошипного вала, за яких зерно рухається вгору по сити та за яких зерно відривається від поверхні сита відповідно, знаючи, що кут тертя частки об поверхню сита $\phi = 20,3^\circ$, поверхню сита $\phi = 20,3^\circ$, кут нахилу сита $\alpha = 14^\circ$, радіус кривошипа $r = 0,004 \text{ м}$:

$$n_B = 30 \cdot \sqrt{\frac{\text{tg}(20,3+14)}{0,005}} = 350,4 \text{ хв}^{-1}. \quad (2.16)$$

$$n_{\max} = \frac{30}{\sqrt{0,005 \cdot \text{tg}14}} = 857 \text{ хв}^{-1}. \quad (2.17)$$

$$n_B = 350,4 < n_p = 448,2 < n_{\max} = 857.$$

Умови виконуються, отже, кінематичні параметри обрано правильно.

Як привід для коливання сит використовують кривошипно-шатунні, ексцентрикові та інерційні механізми. У нашому випадку використовується кривошипно-шатунний механізм.

Для визначення потужності приводу попередньо визначимо масу шару зерна на ситі m_c (кг) і вагу коливаючих частин сита m_M .

Маса шару зерна, за обраної технологічної схеми встановлення сит: чотири сита і два піддони, за довжини сита $L = 2,0$ м і ширини сита $B = 0,375$ м, насипної густини зерна $\rho = 460$ кг/м³ і висоти шару зерна $h_1 = 0,006$ м дорівнює:

$$m_M = L \cdot B \cdot \rho \cdot h_1 \quad (2.18)$$

$$m_M = 1,0 \cdot 0,966 \cdot 0,005 \cdot 460 \cdot 8 = 17,77 \text{ кг.}$$

Маса хитних частин сита, що складається з дерев'яного корпусу, металевих сит і піддонів, очищувальних механізмів, приймальних і розвантажувальних патрубків, визначається розрахунком або приймається орієнтовно на підставі довідкових даних. У нашому випадку маса хитних частин становить приблизно $m_c = 53$ кг.

Потужність, потрібну для обертання вала кривошипа N визначаємо знаючи параметри сепаратора:

$$N = \frac{\omega^3 \cdot r^2 \cdot (m_c + m_M)}{204} \quad (2.19)$$

$$N = \frac{54,94^3 \cdot 0,005^2 \cdot (53 + 17,77)}{204} = 1,438 \text{ кВт.}$$

Для забезпечення обертання кривошипного вала складемо кінематичну схему, яка представлена на рис.2.2

Крутний момент від електродвигуна 7 через ремінну передачу 6 передається на кривошипний вал 4 зі встановленим на ньому балансиrom 5. Далі кривошип вала 4 через шатун 3 передає зворотно-поступальні рухи на ситовий корпус 1, який встановлено на чотирьох плоских пружинах 2.

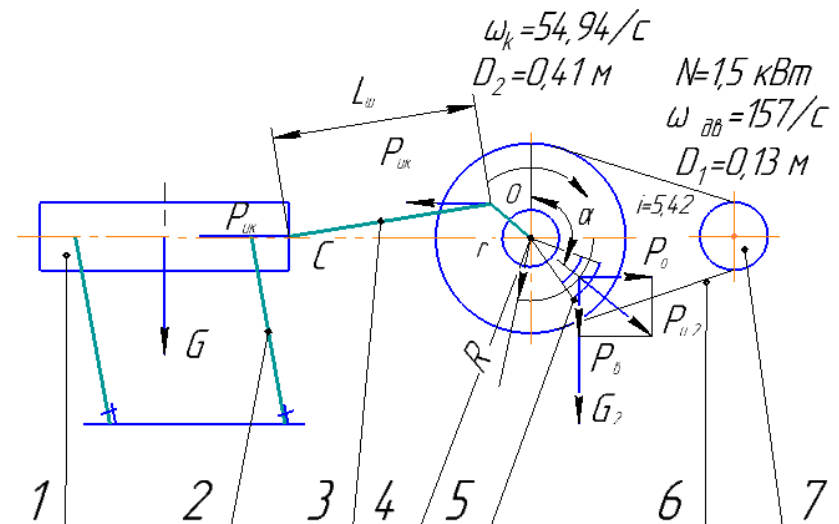


Рис. 2.2. Кінематична схема ситового сепаратора з кривошипно-шатунним механізмом, врівноваженим за допомогою обертового балансира:

P_{ir} і P_{ik} – сили інерції корпусу і вантажів, кгс

ω – кутова швидкість кривошипа, с-1

r і R – радіуси кривошипа і центру ваги балансирних вантажів.

P_A і P_B – горизонтальна і вертикальна складові сили інерції вантажу.

Вибираємо за довідником [8] електродвигун, попередньо визначивши його потужність, взявши коефіцієнт корисної дії пасової передачі $\eta = 0,95$, тоді:

$$N_{дв} = \frac{N}{\eta} = \frac{1,438}{0,95} = 1,499 \text{ кВт}. \quad (2.20)$$

Обираємо електродвигун 4А80А2У3, потужність двигуна $N_{дв} = 1,5$ кВт, із частотою обертання пдв = 2850 хв⁻¹.

Передавальне відношення пасової передачі:

$$i_{рп} = \frac{n_{дв}}{n_p} = \frac{2850}{524,9} = 5,42. \quad (2.21)$$

Розрахунок пасової передачі проводимо за стандартною методикою, викладеною в курсі «Деталі машин».

Довжину шатуна кривошипно-шатунного приводу вибираємо виходячи з умов:

$$L_m = 30 \cdot 0,005 \cdot 50 \cdot 0,005 = 0,15 \dots 0,25 \text{ м.} \quad (2.22)$$

Приймаємо довжину шатуна $L_{ш} = 0,25 \text{ м}$.

Кривошипно-шатунний механізм необхідно врівноважити за допомогою обертових балансирів.

Для врівноваження приводу необхідно підібрати вагу балансирного вантажу G_T і радіус обертання R центру ваги вантажу такої величини, щоб горизонтальна складова P_A за модулем дорівнювала силі інерції корпусу P_{iK} . Маса m_K (кг) ситового корпусу з продуктом становить:

$$m_K = m_C + m_M = 51 + 8,28 = 59,28 \text{ кг.} \quad (2.23)$$

Примітка. Для точного балансування необхідно правильно визначити масу корпусу з продуктом (можливе зважування корпусу на вагах). Для зменшення вертикальної складової P_B потрібно врівноважувати маси, що поступально рухаються, не повністю, а частково, на 50...60%.

За радіуса кривошипа $r = 0,004 \text{ м}$ вибираємо конструктивно масу балансирів $m_r = 4,5 \text{ кг}$ і визначаємо радіус центру ваги балансирів:

$$R = \frac{m_K \cdot r}{m_r} \quad (24)$$

$$R = \frac{59,28 \cdot 0,005}{4,5} = 0,065 \text{ м.}$$

Ситовий корпус установлюють на чотирьох пружинах, на кожну з них передають збурювальну силу, що дорівнює 0,25 сили інерції. Розрахункову схему пружини представлено на рис. 2.3. Максимальна деформація пружини дорівнює амплітуді коливань сита $F_3 = A$. Оскільки сили інерції корпусу і

вантажів урівноважені, то визначаємо будь-яку силу інерції, наприклад силу інерції корпусу, яку визначимо, знаючи всі необхідні параметри:

$$P_{IK} = m \cdot \omega^2 \cdot r \cdot \cos\alpha \quad (2.25)$$

$$P_{IK} = 59,28 \cdot 54,94^2 \cdot 0,005 \cdot \cos 0 = 894,65 \text{ кгс.}$$

На кожному з чотирьох пружин передається збурювальна сила, визначена з виразу:

$$P = \frac{P_{IK}}{4} = \frac{894,65}{4} = 223,66 \text{ кгс.}$$

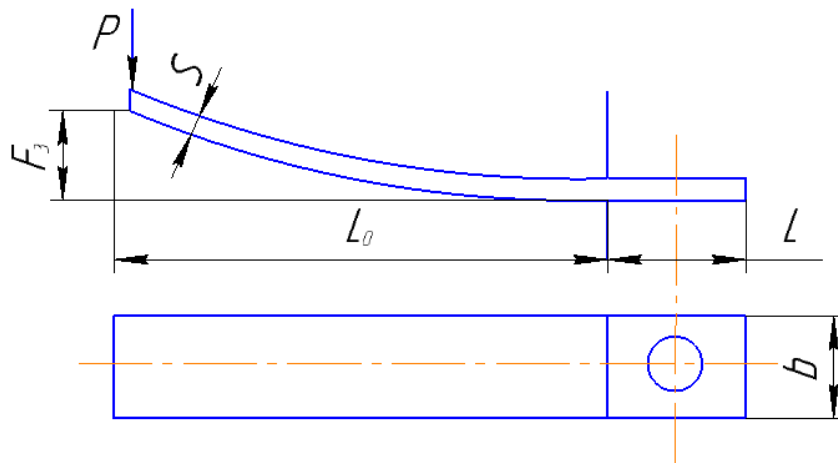


Рис. 2.3. Розрахункова схема пластинчастої пружини: L_0 – робоча довжина пружини; L_1 – довжина закладення пружини; S – товщина пружини; F_3 – максимальна деформація пружини; P – сила, що виникає; b – ширина пружини;

Як матеріал пружини беремо ресорну смугову сталь ДСТУ 7809:2025, сталь 65Г, з допустимою напругою під час вигину $[\sigma_{із}] = 80 \text{ кгс/мм}^2$, модуль пружності $E = 21000 \text{ кгс/мм}^2$.

Товщину ресори S обираємо з конструктивних міркувань і відповідно до сортаменту, приймаємо $S = 6 \text{ мм}$.

Тоді робочу довжину пластинчастої пружини L_0 (мм) визначимо:

$$L_0 = \sqrt{\frac{3 \cdot S \cdot E \cdot F_3}{2 \cdot [\sigma_{из}]}} \quad (2.26)$$

$$L_0 = \sqrt{\frac{3 \cdot 6 \cdot 2100 \cdot 10}{2 \cdot 80}} = 153,7 \text{ мм.}$$

Приймаємо робочу довжину пластинчастої пружини $L_0 = 154,0$ мм.

Тоді ширину пружини b , знаючи необхідні параметри пружини, визначимо:

$$b = \frac{6 \cdot P \cdot L_0}{52 \cdot [\sigma_{из}]} \quad (2.27)$$

$$b = \frac{6 \cdot 193 \cdot 154,0}{6,0 \cdot 6,0 \cdot 80} = 61,92 \text{ мм.}$$

Приймаємо ширину пружини $b = 62$ мм.

1.4. Побудова графіка руху решіт

Визначимо аналітичним шляхом, швидкість і прискорення сита, приймаючи кут повороту кривошипа:

$$\alpha = 0^\circ; 90^\circ; 180^\circ; 270^\circ; 360^\circ;$$

Під час повороту кривошипа радіусом r на кут $\alpha = \omega t$ сито переміщується з положення a -а в положення a_1 -а₁. Схema кривошипно-шатунного механізму для передачі руху сита

Оскільки переміщення сита відлічується від крайнього лівого і правого положень, можна умовно записати.

$$s = r(1 - \cos \alpha) \pm L \left[1 - \sqrt{\left(\frac{r}{L} \sin \alpha\right)^2} \right] \quad (28)$$

$$s = 0,003(1 - \cos 0^\circ) \pm 0,45 \left[1 - \sqrt{\left(\frac{0,004}{0,50} \sin 0^\circ\right)^2} \right] = 0$$

$$s = 0,003(1 - \cos 90^\circ) \pm 0,45 \left[1 - \sqrt{\left(\frac{0,004}{0,50} \sin 90^\circ\right)^2} \right] = 0,0042$$

$$s = 0,003(1 - \cos 180^\circ) \pm 0,45 \left[1 - \sqrt{\left(\frac{0,004}{0,50} \sin 180^\circ\right)^2} \right] = 0,0083$$

$$s = 0,003(1 - \cos 270^\circ) \pm 0,45 \left[1 - \sqrt{\left(\frac{0,004}{0,50} \sin 270^\circ\right)^2} \right] = -0,0042$$

$$s = 0,003(1 - \cos 360^\circ) \pm 0,45 \left[1 - \sqrt{\left(\frac{0,004}{0,50} \sin 360^\circ\right)^2} \right] = 0$$

Для побудови графіків приймаємо масштаб $s = 0,058$ мм.

За формулою визначаємо швидкість сита:

$$v_a = \omega r \cdot \sin \alpha \quad (2.29)$$

$$\text{так як } \alpha = \omega t$$

$$v_a = 63,24 \cdot 0,003 \cdot \sin 0^\circ = 0$$

$$v_a = 63,24 \cdot 0,003 \cdot \sin 90^\circ = 0,2181$$

$$v_a = 63,24 \cdot 0,003 \cdot \sin 180^\circ = 0$$

$$v_a = 63,24 \cdot 0,003 \cdot \sin 270^\circ = -0,2181$$

$$v_a = 63,24 \cdot 0,003 \cdot \sin 360^\circ = 0$$

Для побудови графіків приймаємо масштаб $\vartheta_a = 0,038$ мм

За формулою визначаємо прискорення сита:

$$a_a = \omega^2 r \cdot \sin \alpha; \quad (30)$$

де ω – кутова швидкість; м/с

r – радіус кривошипа; м.

$$a_a = 63,24^2 \cdot 0,003 \cdot \sin 0^\circ = 0;$$

$$a_a = 63,24^2 \cdot 0,003 \cdot \sin 90^\circ = 12,0747;$$

$$a_a = 63,24^2 \cdot 0,003 \cdot \sin 180^\circ = 0;$$

$$a_a = 63,24^2 \cdot 0,003 \cdot \sin 270^\circ = -12,0747;$$

$$a_a = 63,24^2 \cdot 0,003 \cdot \sin 360^\circ = 0;$$

Для побудови графіків приймаємо масштабу; $a_a = 0,046$ мм.

Для додання ситовому корпусу машини зазначеного коливального руху потрібну потужність N , кВт, можна, нехтуючи масою шатуна, виразити наближеною руху, потрібну потужність N , кВт, можна, нехтуючи масою шатуна, виразити наближеною такою формулою:

$$N = \frac{m \omega^3 r^2 \cdot \sin(2\alpha)}{2 \cdot 10^2} \quad (31)$$

де m – маса ситового корпусу, кг; $m = 600 \text{ кг} = 0,60 \text{ т}$

ω – кутова швидкість; м/с

r – радіус кривошипа; м

$$N_1 = \frac{0.60 \cdot 63,24^3 \cdot 0,003^2 \cdot \sin(2 \cdot 0^\circ)}{2 \cdot 102} = 0; N_2 = \frac{0.60 \cdot 63,24^3 \cdot 0,003^2 \cdot \sin(2 \cdot 90^\circ)}{2 \cdot 102} = 0,0071$$

$$N_3 = \frac{0.60 \cdot 63,24^3 \cdot 0,003^2 \cdot \sin(2 \cdot 180^\circ)}{2 \cdot 102} = 0;$$

$$N_4 = \frac{0.60 \cdot 63,24^3 \cdot 0,003^2 \cdot \sin(2 \cdot 270^\circ)}{2 \cdot 102} = -0,0071$$

$$N_5 = \frac{0.60 \cdot 63,24^3 \cdot 0,004^2 \cdot \sin(2 \cdot 360^\circ)}{2 \cdot 102} = 0;$$

Для побудови графіків приймаємо масштаб; $N= 0,053$ мм.

1.5 Розрахунок повітряної системи

Для розрахунку повітроочисної системи машини вихідними даними є продуктивність, ширина сепаруючого каналу, яку для машини візьмемо рівну ширині решітного стану $B=10$ дм, та ефективність очищення, яку приймемо в межах рівної $0,5 \dots 0,6$.

За номограмою знаходимо такі параметри сепарувальних каналів: проєктуємо два сепарувальні канали, розташувавши їх поруч, глибиною – по 130 мм кожен.

Витрату повітря визначаємо за формулою:

$$V=36 \cdot v \cdot B \cdot S, \tag{2.32}$$

Де: V і S у дм.

Швидкість повітря в каналах приймемо $v=10\text{м/с}$; тоді витрата повітря буде $V=8500\text{м}^3/\text{год}$. Втрати тиску в повітроочисній системі складаються з втрат у сепарувальних каналах, у відстійних камерах, трубопроводах і циклонах.

Втрати тиску в сепарувальних каналах визначаємо за формулою:

$$p=(0,1+0,00013 \cdot g_f) \cdot v. \quad (33)$$

Він становить 20 кгс/м^3 .

Вентилятор до машин відбираємо із серії ВРН. За номограмою за $V=8500 \text{ м}^3/\text{год}$ і $p=76 \text{ кгс/м}^2$, $D=600\text{мм}$, частоту обертання колеса $n=1000 \text{ об/хв}$, потужність на валу $N_B=3,3 \text{ кВт}$, окружна швидкість колеса $u=38\text{м/с}$.

Прийнявши $k=1,3$ і $\eta=0,9$ отримаємо $N=4,4 \text{ кВт}$. За таблицями підбираємо електродвигун зі швидкістю обертання $n=1500\text{об/хв}$ типу АО2-41-4, потужність $N_d=5,5 \text{ кВт}$.

Потужність, споживану для роботи решітного стану, визначаємо за формулою:

$$N=\frac{i^2}{460 \cdot \eta} = 2 \text{ кВт}.$$

1.6. Розрахунок шнека

Розрахувати і сконструювати шнек, якщо відомі: продуктивність шнекового пристрою $Q = 0,15 \text{ кг/с}$; максимальний тиск $P_{\max} = 0,5 \text{ МН/м}^2$; коефіцієнт внутрішнього тертя продукту $f = 0,35$; густина продукту $\rho = 900 \text{ кг/м}^3$.

Зовнішній діаметр шнека D приймаємо рівним $0,15 \text{ м}$, а крок:

$$H = 0,8D = 0,12 \text{ м} \quad (2.34)$$

Граничний діаметр вала шнека:

$$d_{\text{пр}} = \frac{0,12}{3,14 \cdot 0,15} \cdot 0,3 = 0,0115 \text{ м} \quad (2.35)$$

Обираємо відношення діаметрів шнека до діаметра вала шнека згідно з рекомендацією ($a=3$), тоді діаметр вала шнека приймаємо рівним 0,05 м.

Кут підйому гвинтових ліній на зовнішній стороні шнека і біля вала визначаємо за залежностями:

$$\alpha_D = \text{arctg} \frac{0,120}{3,14 \cdot 0,15} = \text{arctg} 0,254 \approx 14^\circ 15' \quad (2.36)$$

$$\alpha_d = \text{arctg} \frac{0,120}{3,14 \cdot 0,05} = \text{arctg} 0,763 \approx 37^\circ 21'$$

Середнє значення кута підйому гвинтових ліній витка шнека визначаємо:

$$\alpha_{\text{ср}} = 0,5 \cdot (14^\circ 15' + 37^\circ 21') = 25^\circ 48' \quad (2.37)$$

Коефіцієнт відставання частинок матеріалу в осьовому напрямку, попередньо визначивши допоміжні величини:

$$\cos 25^\circ 48' = 0,9003^2 = 0,8105; \quad \text{tg} 25^\circ 48' = 0,4834;$$

$$\sin 2 \cdot 25^\circ 48' = 0,7837$$

$$k_o = 1 - (0,8105 - 0,5 \cdot 0,3 \cdot 0,7837) = 0,307. \quad (2.38)$$

Визначаємо товщину витка шнека.

Згинальний момент у витку шнека за внутрішнім контуром, тобто біля вала, розраховуємо:

$$M_u = \frac{0,15 \cdot 10^6 \cdot 0,15^2}{32} \cdot \frac{1,9 - 0,7 \cdot 3^{-4} - 1,2 \cdot 3^{-2} - 5,2 \cdot \ln 3}{1,3 + 0,7 \cdot 3^{-2}} = -450 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (2.39)$$

Витки шнека виготовлятимуться зі сталі 10, для якої допустиму напругу під час вигину можна прийняти такою, що дорівнює допустимій напрузі при розтягуванні, тобто 1300-105 Н/м².

Тоді визначаючи товщину витка шнека:

$$\delta = \sqrt{\frac{6 \cdot 450}{1300 \cdot 10^5}} = 0,0045 \text{ м} \quad (2.40)$$

Приймаємо $\delta = 5$ мм

Перевіряємо умови зниження провертання матеріалу, що пресується.

Площу внутрішньої, циліндричної поверхні корпусу пристрою на довжині одного кроку визначаємо:

$$F_k = 3,14 \cdot 0,15 \cdot (0,12 - 0,005) = 0,0542 \text{ м}^2. \quad (2.41)$$

Крутний момент на валу шнека визначаємо:

$$M_{кр} = 0,131 \cdot 2 \cdot 0,15 \cdot 10^6 \cdot (0,15^2 - 0,05^2) \cdot 0,4834 = 61,8 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (2.42)$$

Осьове зусилля:

$$S = 0,393 \cdot 2 \cdot (0,15^2 - 0,05^2) \cdot 0,15 \cdot 10^6 = 2360 \text{ Н}. \quad (2.43)$$

Нормальне та дотичне напруження вала розраховуємо:

$$\sigma_{сж} = \frac{2360}{0,785 \cdot 0,05^2} = -12 \cdot 10^5 \text{ Н/м}^2 \quad (2.44)$$

$$\sigma_{\tau} = \frac{61,8 \cdot 16}{3,14 \cdot 0,05^2} = 25,2 \cdot 10^5 \text{ Н/м}^2$$

Нормальне та дотичне напруження вала розраховуємо:

$$\sigma_{\sigma} = \sqrt{(12^2 + 4 \cdot 25,2)} \cdot 10^{10} = 51,6 \cdot 10^5 \text{ Н/м}^2 < [\sigma], \quad (2.45)$$

що перебуває в межах допустимої напруги для матеріалу вала шнека (сталь Ст. 5). Визначаємо частоту обертання вала шнека:

$$n = \frac{30 \cdot 0,916}{3,14} = 8,75 \text{ хв}^{-1} \quad (2.46)$$

Таким чином, визначено основні геометричні та кінематичні параметри шнекового пристрою. Для забезпечення обертання шнека з частотою $n = 8,75 \text{ хв}^{-1}$ розробимо кінематичну схему приводу. Кінематичну схему представлено на рис. 1.5.

Як електродвигун застосовуємо електродвигун із частотою обертання:

$$n_{\text{дв}} = 1000 \text{ хв}^{-1} \quad (\omega_{\text{дв}} = 104,7 \text{ с}^{-1}).$$

Тоді загальне передавальне число приводу і визначаємо:

$$i = \frac{1000}{8,75} = 114,28 \quad (2.47)$$

Для розрахованого передавального відношення необхідно встановити редуктор і ремінну передачу, яка дасть змогу підтримувати точну частоту обертання шнека.

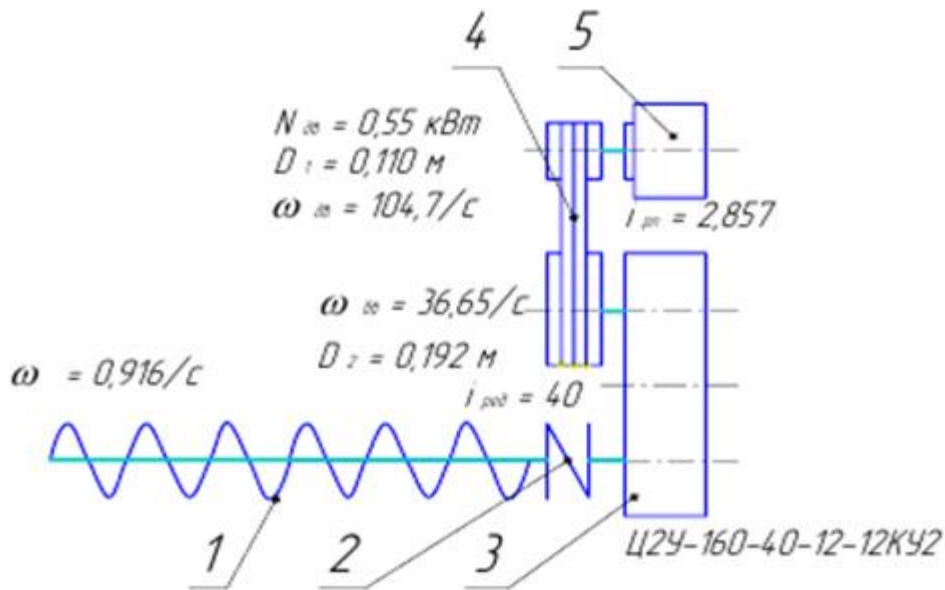


Рис. 2.4. Кінематична схема шнекового пристосування: 1 – шнек; 2 – муфта; 3 – редуктор; 4 – пасова передача; 5 – електродвигун.

Як редуктор застосовуємо циліндричний двоступеневий редуктор типу Ц2У з передавальним відношенням $i_{ред.}=40$, тоді передавальне число пасової передачі $i_{р.п.}$ визначаємо:

$$i = \frac{i}{i_{ред}} = \frac{114,28}{40} = 2,857 \quad (2.48)$$

Пасова передача розраховується за стандартною методикою, представленою в курсі «Деталі машин».

Встановлену потужність приводу $N_{пр}$ (кВт) визначаємо:

$$N_{пр} = \frac{0,44}{0,874} = 0,503 \text{ кВт} \quad (249)$$

Вибираємо для приводу шнека за довідником [7] електродвигун 4А71В6У3 ДСТУ з $N_{е.д.}=0,55$ кВт, $n_{е.д.}=1000$ хв⁻¹.

РОЗДІЛ 3

РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ТА КІНЕМАТИЧНОЇ СХЕМИ РЕШІТНОЇ МАШИНИ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ ТА СОРТУВАННЯ ЗЕРНА

3.1. Розробка технологічної схеми машини

Розроблена технологічна схема машини для очищення та сортування зерна представлена на аркуші 1 графічної частини.

Технологічний процес очищення зерна здійснюється таким чином. Зерно, що очищається, із самопливів двома паралельними потоками надходить у дві секції решітного кузова. Обидва потоки зерна за допомогою двох розподільників, що входять до комплекту поставки сепаратора, які встановлюють на приймальні патрубки, поділяються на два потоки. Таким чином у сепаратор направляються чотири потоки зерна (по два в кожену секцію кузова). Подальший опис технологічної схеми сепаратора наводиться для однієї секції кузова й одного пневматично сепаруючого каналів сепараторі очищення зерна БІС-200 із приймального патрубка зернова суміш надходить на сортувальне решето, на якому за допомогою клапана розподіляється рівномірним шаром по всій його ширині. Фартух зменшує можливість потрапляння зерна у відходи. Великі домішки (схід із сортувальних решіт) виводяться із сепаратора лотком, а суміш зерна з дрібними домішками проходить через сортувальне решето надходить на підсіваючи решето.

Дрібні домішки (прохід підсівного решета) днищем кузова прямують у лоток і виводяться із сепаратора. Очищене на решетах від великих і дрібних домішок зерно надходить у живильну коробку пневмосепарувального каналу і на вібралоток. Висота рівня зерна в живильній коробці може регулюватися за допомогою пружин. Наявність підпору зерна в живильній коробці сприяє більш рівномірному розподілу зерна по ширині пневмосепарувального каналу і запобігає підсмоктуванню повітря в цій зоні. Під дією маси зерна утворюється

щілина між вібрлотком і стінкою живильної коробки, через яку зерно надходить у зону впливу повітряного потоку.

Надходження повітря в зону пневмосепарування здійснюється в основному під вібрлотком.

Пристрій сепаратора очищення зерна дає змогу регулювати витрати повітря за допомогою повороту дросельного клапана ручкою. Очищене зерно з пневмосепарувального каналу через отвір у підлозі приміщення самопливом надходить на подальшу обробку. З метою зменшення виділення пилу в приміщення на решітному кузові в зоні виходу зерна встановлено патрубки, які за допомогою матерчатих рукавів і патрубків станини приєднуються до системи аспірації млинового підприємства.

3.2. Розробка кінематичної схеми приводу решітного стану

Розроблена кінематична схема машини для очищення та сортування зерна представлена на аркуші 2 графічної частини.

Вихідна суміш через патрубок 2 потрапляє на сортувальне сито 3, на якому відокремлюються великі домішки. Останні виводяться із сепаратора через лоток 14. Прохід із сортувального сита потрапляє на підсівне сито 16, на якому проходом відокремлюється дрібна домішка. Вона внаслідок вібрацій ситового кузова спрямовується по піддону 18 у випускний патрубок 15.

Очищене зерно з підсівного сита потрапляє на вібрлоток 12, де воно попередньо розшаровується за густиною (легкі частки «спливають» догори) та прямують у повітряний канал. Процес відділення легких домішок здійснюється як у пневмосепараторі, оскільки конструкція пневмосепарувальних елементів сепаратора являє собою повітряний сепаратор.

Привід ситового кузова сепаратора здійснюється від інерційного коливача 17, що містить: електродвигун, пасову передачу і шків із валом, закріплені в

підшипниковому вузлі ситового кузова. При цьому вантаж – дебаланс безпосередньо закріплений на шківі пасової передачі.

Сита очищаються за допомогою інерційного кулькового очищувача 4. Ситовий кузов з'єднаний із корпусом 1 підвісками 19. Аспірація сепаратора здійснюється через аспіраційний патрубок 6. Для зменшення ймовірності потрапляння зерна у велику фракцію (в лоток 14) служить фартух 5.

3.3 Технологічні регулювання

Висота рівня зерна в живильній коробці може регулюватися за допомогою пружин. Наявність підпору зерна в живильній коробці сприяє більш рівномірному розподілу зерна по ширині пневмосепарувального каналу і запобігає підсмоктуванню повітря в цій зоні. Під дією маси зерна утворюється щілина між вібрлотком і стінкою живильної коробки, через яку зерно надходить у зону впливу повітряного потоку.

Надходження повітря в зону пневмосепарування здійснюється здебільшого під вібрлотком, а під час проходження повітря через потік зерна легкі домішки виділяються із зернової маси та виносяться повітрям через канал в осадовий пристрій (горизонтальний циклон, фільтр і т. д.). Чіткість сепарування в пневмосепарувальному каналі регулюється встановленням положення рухомої стінки за допомогою ручок. Пристрій сепаратора очищення зерна дає змогу регулювати витрати повітря за допомогою повороту дросельного клапана ручкою. Очищене зерно з пневмосепараторного каналу через отвір у підлозі приміщення самопливом надходить на подальшу обробку. З метою зменшення виділення пилу в приміщення на решітному кузові в зоні виходу зерна встановлені патрубки, які за допомогою матерчатих рукавів і патрубків станини приєднуються до системи аспірації млинового підприємства. Налаштування пневмосепарувального каналу проводиться таким чином. За допомогою

штурвалів 8 і 9 встановлюють рухоми стінку вертикально або з невеликим звуженням каналу донизу.

За достатнього розрідження в аспіраційній системі встановлюють якомога більшу ширину каналу у верхній його частині, а в нижній частині канал звужують настільки, щоб шар продукту, що надходить, мав горизонтальний напрямок. Потім проводять регулювання повітряного режиму, змінюючи ширину каналу в його верхній частині і домагаючись ефективного виділення із зерна легких домішок. Дросельна заслінка 6 має бути прикрита. При цьому забезпечується краща рівномірність розподілу швидкостей повітряного потоку по ширині каналу. У разі недостатнього розрідження в аспіраційній мережі ширину каналу у верхній частині зменшують. Швидкість повітря в пневмосепарувальному каналі має бути 4...6 м/с. Положення вібротоків 12 встановлюють за допомогою пружин 13 так, щоб надходження зерна було рівномірним по всій довжині пневмосепарувальних каналів, а шар зерна заввишки в кілька сантиметрів у приймальних камерах 14 перешкоджає підсмоктуванню повітря. Амплітуду коливань вібротоків регулюють зміщенням вантажів, попарно встановлених у нижній і верхній частинах вібратора. Амплітуда коливань вібротоків має бути приблизно 3 мм, при цьому взаємний зсув вантажів – дебалансів встановлюється приблизно 100...110 мм. При зближенні вантажів амплітуда коливань збільшується. Для підвищення продуктивності пневмосепарувального каналу амплітуду коливань вібротоків можна збільшити до 4...5 мм.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Машини для очищення та сортування зерна відіграють критично важливу роль у сучасному сільському господарстві. Вони дозволяють підвищити якість продукції, знизити витрати та підвищити рентабельність фермерських господарств. Впровадження новітніх технологій та автоматизація процесів сприяють подальшому розвитку галузі та підвищенню її ефективності.

В даній кваліфікаційній роботі виконано конструкторську розробку повітряно-решітної машини для сортування (очищення) зерна.

В результаті обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів повітряно-решітної машини для очищення та сортування зерна проведено технологічний і кінематичний розрахунок, побудовано графік руху решета здійснено розрахунок повітряної системи та розрахунок шнека

За результатами проведених розрахунків розроблено технологічну схему машини та кінематичну схему приводу решітного стану.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Дацишин О.В., Ткачук А.І., Гвоздєв О.В. Технологічне обладнання зернопереробних та олійних виробництв. Навчальний посібник. Вінниця: Нова Книга, 2008. 488 с.
2. Abadov M.K., Bayramov E.Ə. Un istehsalının texnologiyası.Laboratoriya praktikumu. Bakı: Elm, 2011. 124 s.
3. Delcour J.A., Hosney R.C. Principles of cereal science and technology. 3rd edition. AACCC Internatioanal, Inc. 2010. 232 p.
4. Owens G. Cereals Processing Technology. Woodhead Publishing Limited and CRC Press LLC, 2001. 235 p.
5. Perdon A., Schonauer S., Poutanen K. Breakfast Cereals and How They Are Made: Raw Materials, Processing, and Production. 3rd Edition. Woodhead Publishing, 2020. 450 p.
6. Sharma R., Dar B.N., Sharma S. Cereal Processing Technologies: Impact on Nutritional, Functional, and Biological Properties. CRC Press, 2024. 509 p.
7. Шаповаленко О.І., Євтушенко О.О. Технологія зберігання та переробки зерна. Київ : НУХТ, 2017. 96 с.
8. Гапонюк О.І., Остапчук М.В., Станкевич Г.М., Гапонюк І.І. Активне вентилування та сушіння зерна. Одеса, ВМВ, 2014. 326 с.
9. Станкевич Г.М., Страхова Т.В., Атанзевич В.І. Сушіння зерна. Підручник. Київ : Либідь, 1997. 352 с.
10. Бондаренко М.П. та ін. Зерноочищення і сортування насіння. Сад, 2011. 280 с.
11. Мерко І.Т., Моргун В.О. Наукові основи і технологія переробки зерна. Одеса: Друк, 2001. 348 с.
12. Літовченко П.І. Деталі машин. Харків : НАНГУ, 2015. 302 с.
13. Гайдамака А.В. Деталі машин. Харків : НТУ "ХПІ", 2002. 125 с.

14. Harvey James A. CNC Trade Secrets. A Guide to CNC Machine Shop Practices. Industrial Press, 2014. 150 p.