

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

Факультет інженерії машин, споруд та технологій
(повна назва факультету)
Кафедра обладнання харчових технологій
(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Удосконалення конструкції луцильно-шліфувальної машини
марки А1-ЗШН-З

Виконав: здобувач вищої освіти 6 курсу, групи МОм-61
спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»

(шифр і назва спеціальності)

Савулій Т.М.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник

Вітенько Т.М.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

Ворощук В.Я.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

Ворощук В.Я.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Тернопіль
2025

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

Факультет інженерії машин, споруд та технологій
(повна назва факультету)
Кафедра обладнання харчових технологій
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ
В.о. завідувача кафедри ОХ
Ворощук В.Я.
(підпис) (прізвище та ініціали)
« 12 » серпня 2025 р.

З А В Д А Н Н Я НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня магістр
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 133 «Галузеве машинобудування»
(шифр і назва спеціальності)

здобувачу вищої освіти Савулій Тарас Миколайович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Удосконалення конструкції луцильно-шліфувальної машини марки А1-ЗШН-З

Керівник роботи Вітенько Тетяна Миколаївна, д.т.н., професор
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 11 » серпня 2025 року № 4/7-747.

2. Термін подання завершеної роботи 20 грудня 2025 року

3. Вихідні дані до роботи Технічний паспорт та інструкції з експлуатації, монтажу та технічного обслуговування і ремонту луцильно-шліфувальної машини марки А1-ЗШН-З.

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

Анотація. Вступ. 1. Аналіз сучасного стану об'єкту дослідження, вибір і обґрунтування основних. 2. Підбір засобів, методів та методик досліджень. 3. Заходи з модернізації луцильно-шліфувальної машини А1-ЗШН-З. 4. Моделювання і дослідження луцильно-шліфувальної машини типу А1-ЗШН-З. 5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. 5.1. Заходи з безпечної експлуатації технологічного обладнання розмольного цеху. 5.2. Безпека у надзвичайних ситуаціях. Висновки

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

Луцильно-шліфувальна машина марки А1-ЗШН-З. Вигляд загальний (1,5л А1)

Луцильно-шліфувальна машина марки А1-ЗШН-З. Кінематична схема (1л А1)

Ротор луцильно-шліфувальної машини марки А1-ЗШН-З. Складальне креслення (1л А1)

Просіювач луцильно-шліфувальної машини марки А1-ЗШН-З. Складальне креслення (1л А1)

Основні показники ефективності обробки ячменю в луцильно-шліфувальній машині А1-ЗШН-З (2л А1)

Визначення оптимального числа обертів вала в залежності від ексцентриситету та кута нахилу сита (1л А1)

Визначення оптимального числа обертів вала в залежності від ексцентриситету та кута нахилу сита (1л А1)

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
<i>Охорона праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях</i>	<i>Кравець О.І. – к.т.н., доц. Стручок В.С. – ст.викл.</i>		
<i>Нормоконтроль</i>	<i>Ворожук В.Я. – к.т.н., доц.</i>		

7. Дата видачі завдання 12 серпня 2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Анотація		
2	Вступ		
3	1. Аналіз сучасного стану об'єкту дослідження, вибір і обґрунтування основних напрямків дослідження		
4	2. Підбір засобів, методів та методик досліджень		
5	3. Заходи з модернізації луцильно-шліфувальної машини А1-ЗШН-3		
6	4. Моделювання і дослідження луцильно-шліфувальної машини типу А1-ЗШН-3		
7	5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях		
8	5.1. Заходи з безпечної експлуатації технологічного обладнання розмольного цеху		
9	5.2. Безпека у надзвичайних ситуаціях		
10	Висновки		
11	Графічна частина		
12	Луцильно-шліфувальна машина марки А1-ЗШН-3. Вигляд загальний (1,5л А1)		
13	Луцильно-шліфувальна машина марки А1-ЗШН-3. Кінематична схема (1л А1)		
14	Ротор луцильно-шліфувальної машини марки А1-ЗШН-3. Складальне креслення (1л А1)		
15	Просіювач луцильно-шліфувальної машини марки А1-ЗШН-3. Складальне креслення (1л А1)		
16	Основні показники ефективності обробки ячменю в луцильно-шліфувальній машині А1-ЗШН-3 (2л А1)		
17	Визначення оптимального числа обертів вала в залежності від ексцентриситету та кута нахилу сита (1л А1)		
18	Визначення оптимального числа обертів вала в залежності від ексцентриситету та кута нахилу сита (1л А1)		
19	Луцильно-шліфувальна машина марки А1-ЗШН-3. Вигляд загальний (1,5л А1)		

Здобувач вищої освіти

_____ (підпис)

Савулій Т.М.

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Вітенько Т.М.

_____ (прізвище та ініціали)

Анотація

Автор кваліфікаційної роботи освітнього рівня «магістр» – Савулій Тарас Миколайович

Тема кваліфікаційної роботи: Удосконалення конструкції луцильно-шліфувальної машини марки А1-ЗШН-З.

Кваліфікаційна робота виконана у Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя в 2025 році

Структура кваліфікаційної роботи складається із розрахунково пояснювальної записки об'ємом 98 сторінок та графічної частини обсягом 8,5 листів А1.

У даній кваліфікаційній роботі запропоновано заходи щодо модернізації луцильно-шліфувальної машини марки А1-ЗШН-З. На основі аналітичного огляду шелушильного обладнання запропоновано заходи з модернізації луцильно-шліфувальної машини марки А1-ЗШН-З. У цій роботі представлено аналізу обладнання для оброблення круп; виконано конструктивні розрахунки луцильно-шліфувальної машини А1-ЗШН-З; виконано теоретичне дослідження процесу просіювання продукту на машинах зі зворотно-поступальним рухом плоских; виконано розрахунок оптимальних кінематичних параметрів просіювального блоку машини та їх аналіз; виконано конструкторські розрахунки та техніко-економічне обґрунтування запропонованих рішень.

Ключові слова: модернізація, шелушіння, машина, сито.

Abstract

Savuliy Taras. Improvement of the design of the A1-ZShN-3 peeling-grinding machine. 133 “Industrial Machinery Engineering” – Ternopil Ivan Puluj National Technical University.-Ternopil, 2025.

The structure of the qualification work consists of a 98-page explanatory text (____ figures, ____ tables) and a graphic part of 8,5 A1 sheets.

This qualification work proposes measures for modernising the A1-ZShN-3 husking and grinding machine. Based on an analytical review of husking equipment, measures are proposed for modernising the A1-ZShN-3 husking and grinding machine. This work presents an analysis of equipment for processing cereals; design calculations for the A1-ZShN-3 husking and grinding machine have been performed; a theoretical study of the product sieving process on machines with reciprocating flat motion has been carried out; the optimal kinematic parameters of the machine's sieving unit have been calculated and analysed; design calculations and technical and economic justification of the proposed solutions are performed.

Keywords: modernisation, husking, machine, sieve.

Зміст

Анотація	4
Abstract	5
Зміст	6
Вступ.....	9
1. Аналіз сучасного стану об'єкту дослідження, вибір і обґрунтування основних напрямків дослідження.....	11
1.1 Аналіз сучасних конструкцій обладнання для очистки, лущення і полірування зерна.....	11
1.2. Аналіз та короткий опис лущильно-шліфувальної машини А1-ЗШН- 3	25
1.3. Мета та задачі, які виконуються у кваліфікаційній роботі.....	27
2. Підбір засобів, методів та методик досліджень	29
2.1 Програмне забезпечення, яке використовується в роботі	29
2.2. Основні показники ефективності процесу лущіння в круп'яному виробництві.....	30
2.3. Методика проведення експериментів по визначенню ефективності роботи лущильно-шліфувальної машини А1-ЗШН-3.....	31
3. Заходи з модернізації лущильно-шліфувальної машини А1-ЗШН-3	33
3.1 Обґрунтування доцільності модернізації лущильно-шліфувальної машини А1-ЗШН-3	33
3.2. Конструктивні розрахунки лущильно-шліфувальної машини А1- ЗШН-3	35
3.2.1. Технологічний розрахунок лущильно-шліфувальної машини.....	35
3.2.2. Розрахунок просіювального блоку.....	37

3.2.3. Вибір кінематичної схеми приводу лушильно-шліфувальної машини	40
3.2.4. Вибір кінематичної схеми приводу лушильно-шліфувальної машини	43
4. Моделювання і дослідження лушильно-шліфувальної машини типу А1-ЗШН-З.....	47
4.1. Теоретичний аналіз блоку просіювання лушильно-шліфувальної машини типу А1-ЗШН-З.....	47
4.1.1. Чинники, що впливають на ефект просіювання продукту	47
4.1.2. Математичне моделювання процесу просіювання продукту на машинах зі поворотно-поступальним рухом плоских сит.....	51
4.2 Аналіз отриманих результатів дослідження ефективності роботи лушильно-шліфувальної машини А1-ЗШН-З.....	67
4.3. Аналіз отриманих результатів розрахунків основних кінематичних параметрів просіювального блоку лушильно-шліфувальної машини типу А1-ЗШН-З.....	69
4.4. Рекомендації щодо підвищення ефективності роботи лушильно-шліфувальної машини А1-ЗШН-З	74
5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.....	76
5.1. Заходи з безпечної експлуатації технологічного обладнання розмольного цеху	76
5.2. Безпека у надзвичайних ситуаціях	80
5.2.1. Вступ.....	80
5.2.2. Засоби забезпечення оповіщення персоналу на підприємстві ТОВ “НАДЗБРУЧЧЯ МЛИН”	81
5.2.3. Організація оповіщення по сигналах ЦО	82
5.2.4. Висновки	90
Висновки	91

Перелік посилань.....	93
-----------------------	----

Специфікації

Вступ

Зернопереробна промисловість України відіграє стратегічну роль у забезпеченні продовольчої безпеки держави та формуванні експортного потенціалу аграрного сектору. Луцильно-шліфувальна машина А1-ЗШН-3 є універсальним обладнанням, що застосовується для луцення пшениці та жита при виробництві борошна, шліфування та полірування ячменю при виробленні перлової крупи, а також, проса та інших круп. Враховуючи широкий спектр технологічних операцій та багаторічний досвід експлуатації цього обладнання на млинах і крупозаводах, питання його модернізації набуває особливої актуальності в контексті підвищення ефективності виробництва та якості готової продукції.

Сучасні реалії вимагають значного вдосконалення методів післязбиральної обробки, зберігання та первинної переробки продукції. В умовах зростаючої конкуренції на внутрішньому та зовнішньому ринках, підприємства зернопереробної галузі потребують модернізації виробничих потужностей для досягнення європейських стандартів якості продукції. Удосконалення конструкції машини А1-ЗШН-3 дозволить підвищити продуктивність обладнання, зменшити питомі енерговитрати, покращити технологічні показники обробки зерна та знизити собівартість готової продукції.

В роботі виконуються наступні завдання:

проведення аналізу обладнання для оброблення круп;

виконання конструктивних розрахунків луцильно-шліфувальної машини А1-ЗШН-3;

теоретичне дослідження процесу просіювання продукту на машинах зі зворотно-поступальним рухом плоских;

розрахунок оптимальних кінематичних параметрів просіювального блоку машини та їх аналіз;

конструкторські розрахунки та техніко-економічне обґрунтування запропонованих рішень.

розроблення заходів з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

Об'єктом дослідження є ефективність роботи луцильно-шліфувальної машини А1-ЗШН-3 до та після модернізації.

Предмет дослідження. Луцильно-шліфувальна машина А1-ЗШН-3.

Методи досліджень. У даній кваліфікаційній роботі задіяні емпіричні (числовий експеримент), та теоретичні (аналіз і синтез) методи та методики виконання досліджень, а також моделювання.

Наукова новизна. Запропоновано графічні залежності показників ефективності роботи луцильно-шліфувальної машини А1-ЗШН-3 після модернізації.

Отримані результати можна використати для модернізації діючого та розроблення нового луцильно-шліфувального обладнання.

Результати, представлені у магістерській роботі були представлені на XIV Міжнародній науково-практичній конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“, 11-12 грудня 2025 року [1].

Обсяг магістерської кваліфікаційної роботи складають п'ять частин пояснювальної записки, додатки та графічна частина обсягом 8,5 аркушів А1.

1. Аналіз сучасного стану об'єкту дослідження, вибір і обґрунтування основних напрямків дослідження

1.1 Аналіз сучасних конструкцій обладнання для очистки, лущення і полірування зерна

ГОРИЗОНТАЛЬНІ ОБИВОЧНІ МАШИНИ ТИПА РЗ-БГО.

Обивочна машина РЗ-БГО-8. По будові основних робочих органів аналогічна обивочної машині РЗ-БГО-6, але відрізняється компоновкою, розташовує приймальних і випускних пристроїв, розмірами і продуктивністю.

Приймальний пристрій зварної конструкції. Воно розташовано в центральній частині машини. В ньому встановлені магнітний апарат і вертикальний клапан, який розподіляє початкове зерно на обидві половини билowego ротора. По конструкції приймальний пристрій відрізняється від розглянутого вище лише наявністю вертикального клапана-розподільника.

Корпус влаштований аналогічно корпусу обивочної машини РЗ-БГО-6, відрізняється довжиною, розташуванням отворів для приймального і випускних пристроїв, а також має додатковий отвір для забору повітря.

Билый ротор відрізняється від розглянутого завдовжки і відповідно числом бил. До ротора обивочної машини РЗ-БГО-8 прикріплено 16 бил: по вісім на кожній його половині (виконання дзеркальне). Пристрій кожної половини аналогічно пристрою ротора обивочної машини РЗ-БГО-6, за винятком кута нахилу гонков. Останні на чотирьох лівих і чотирьох правих билах приварені під кутом 70° , а на інших — під кутом 60° до осі ротора.

Сітчастий циліндр складається з двох секцій: лівої і правої. Вони відповідно затиснені на патрубках живильника і на випускних пристроях. Привід конструктивно виконаний так само, як привід обивочної машини РЗ-БГО-6, за винятком електродвигуна. Він має велику потужність і відповідно габарити. Випускні воронки для частинок, відокремлених від зерна, встановлені під кожною половиною сітчастого циліндра. Випускні патрубки для очищеного зерна розташовані з обох кінців машини.

Обробка зернового матеріалу в горизонтальних обивочних агрегатах здійснюється за наступною схемою. Вихідна зернова маса надходить крізь впускний отвір і рівномірно заповнює простір між перфорованим корпусом і ударним ротором, після чого захоплюється робочими елементами ротора та зазнає активного механічного впливу від контакту з ударними пластинами, внутрішньою стінкою сітчастого корпусу, а також від взаємодії зерен між собою.

Характерною конструктивною рисою цих машин є те, що пустотілий вал ударного ротора займає приблизно чверть загального робочого простору перфорованого циліндра. Це призводить до того, що у кільцевій робочій зоні, наповненій зерною масою, завдяки впливу ударних елементів різної конфігурації та розміщення, формується багатопотокова циркуляція зерна з різними швидкостями переміщення. Ефективне очищення зернової поверхні також досягається завдяки високій швидкості обертання ударного механізму.

ВЕРТИКАЛЬНІ ОБИВОЧНІ МАШИНИ ТИПА РЗ-БМО. Обивний агрегат РЗ-БМО-6. Вхідний патрубок 1 (рис. 1.1.) виконаний у вигляді прозорого циліндра, нижня секція якого закріплена на верхній кришці, а до верхньої секції під'єднаний еластичний шланг. Цей шланг з'єднує циліндр із гравітаційним трубопроводом для подачі зернового матеріалу. Завантажувальна система включає два конусоподібні елементи 2 і 3, розміщені один над одним по центральній осі. Така компоновка завантажувальної системи перешкоджає надмірному скупченню зернової маси.

Живильний циліндр 4 з'єднаний зварюванням із нижнім конусом 3 воронки. До його нижнього торця прилягає розподільча пластина 5, підвішена до конусної частини за допомогою трьох пружинних елементів 12. Пружини налаштовані таким чином, щоб при порожній камері забезпечувався щільний контакт пластини з циліндром.

Циліндричний кожух 8 являє собою зварну нероз'ємну конструкцію діаметром 890 мм, виготовлену з листової сталі. У нижній зоні кожуха передбачено чотири монтажні отвори для фіксації до основи. Практично по всій

довжині кожуха з двох протилежних боків розташовані відкидні дверцята з замковими механізмами.

Вертикальний перфорований циліндр 11 складається з трьох сегментів. Сегменти з'єднані болтовими кріпленнями через три поздовжні дерев'яні планки. Верхня та нижня частини перфорованого циліндра зафіксовані у внутрішніх опорних кільцях корпусу. Верхня зона циліндра для захисту від інтенсивного зношування захищена з внутрішнього боку на 250 мм суцільним сталевим листом. Циліндр виготовлений з металевої ткані сітки спеціального переплетення: щільність ниток становить 30 одиниць на 1 дм по колу в основі, розмір перфорації у світлі 1,0x1,8 мм, загальна площа сітчастої робочої поверхні 2,8 м².

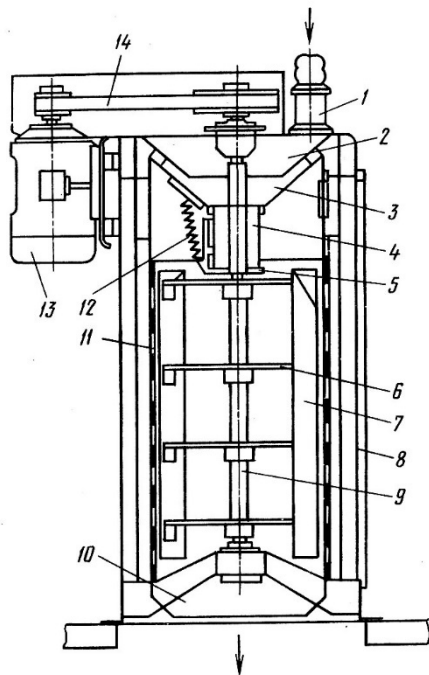


Рисунок 1.1– Вертикальна обивочна машина РЗ-БМО-6:

1 — приймальний патрубок; 2,3 — верхній і нижній конуси завантажувальної воронки; 4 — живлячий циліндр; 5 — розподільний диск; 6—хрестовина; 7—бич; 8 — корпус; 9—вал; 10—випускний пристрій; // — сітчастий циліндр; 12 — пружина; 13 — електродвигун; 14 — клинопасова передача.

Ротор з білами встановлений на вертикальному валу 9 через чотири хрестоподібні елементи 6, які фіксуються на валу за допомогою центрувальних штифтів. До хрестоподібних елементів вертикально закріплено вісім плоских сталевих ударних пластин 7. Верхні частини цих пластин загнуті у бік руху

ротора. На ударних пластинах виконано різьбові отвори для болтового кріплення до хрестовин та для коригування відстані між робочим краєм пластин і перфорованим циліндром у діапазоні 22...28 мм. Вал білового ротора обертається в двох підшипниках, що самовстановлюються. Верхній підшипник роликовий, радіальний, сферичний, дворядний. Він встановлений в чавунному корпусі з кришкою і закріплений на валу втулкою і гайкою із стопорною шайбою. Нижній підшипник кульковий, радіальний, сферичний, дворядний. Він розташований на закріпленій втулці в сталевому корпусі з кришкою.

Привід білового ротора від електродвигуна 13 через клинопасову передачу 14. Електродвигун встановлений у верхній частині машини на вертикальній сталевій плиті, шарнірно сполучений з кронштейном корпусу. Привідні паси натягаються поворотом плити, положення якої фіксується двома відкидними натяжними болтами з гайками.

Випускний пристрій виконаний у вигляді конічної зварної воронки з патрубком. Висота випускної воронки 700 мм. Вертикальну обивочну машину аспірують через нижній випускний пристрій, розташований перед шлюзовим затвором.

Обивочна машина РЗ-БМО-12. По конструкції аналогічна машині, описаній вище. Відмінністю є виконання білового ротора, що має п'ять хрестовин. Крім того, випускний пристрій обивочної машини РЗ-БМО-12 виконаний у вигляді двох конічних воронок: великої і малої, встановлених одна в іншій.

Технологічний процес сухої обробки поверхні зерна в обивочних машинах відбувається таким чином. Вихідне зерно самотоком подають через патрубок і завантажувальну воронку в живильний пристрій. Тут воно рівномірно розподіляється по всьому колу циліндра і через кільцевий зазор потрапляє в робочу зону. Там зерно підхоплюється відігнутими кінцями бил і рухається по спіралі вниз між ситовим циліндром і кромками бил.

Під дією відцентрової сили інерції, створюваної ротором, зерно багато разів відкидається до внутрішньої поверхні ситового циліндра. В результаті

інтенсивного тертя зернівок між собою і об ситовий циліндр поверхня зерна очищається від пилу, надірваних оболонок і частково від зародка і борідки.

У вертикальній обивочній машині РЗ-БМО-6 частинки зерна і оболонок, що пройшли через отвори ситового циліндра, падають вниз і разом з обчищеним зерном через розвантажувальну воронку виводяться з машини. Суміш зерна з оболонками додатково обробляють в пневмосепараторах, де легкі домішки відносить повітря. У вертикальній обивочній машині РЗ-БМО-12 обчищене зерно і прохорова фракція виводяться роздільно відповідно через малий і великий конуси розвантажувальної воронки. Аспірацію машини здійснюють відсмоктуванням повітря з верхньої частини корпусу.

Технічна характеристика обивочних машин приведена в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1.– Технічна характеристика обивочних машин.

Показники	РЗ-БМО-6	РЗ-БМО-12	РЗ-БГО-6	РЗ-БГО-8
Продуктивність, т/год	6	12	6...9	8...12
Сітчастий циліндр, мм:				
діаметр	650	650	300	300
довжина (висота)	1080	1380	635	1500
Частота обертання ротора, об/хв.	480	480	460	460
Витрата повітря, м ³ /год	350	350	350	350
Потужність електродвигуна, кВт	11	15	5,5	15
Габарити, мм				
довжина	1505	1505	1430	2530
ширина	1075	1075	878	878
висота	1850	2100	1943	2443
Маса, кг	865	950	406	680

У процесі переробки зернових культур на крупи з зернової маси усувають квіткові лусочки, а також зовнішні та внутрішні оболонки. Залежно від

механічних характеристик, фізико-хімічних параметрів та анатомічних особливостей конкретного виду зерна, операція лушення здійснюється на обладнанні різного типу.

Операція шліфування призначена для повного видалення з поверхні ядра залишкових оболонкових частин (а також частково зародка), які не були вилучені під час лушення, а також для надання крупам заданої геометричної форми (округлої чи сферичної) та потрібного товарного вигляду.

Конструкція, матеріал і форма робочих органів машини визначають принцип її дії при лушенні і шліфуванні. [2-5]

За принципом дії машини класифікують таким чином.

1. Навантаження зернівок, в результаті якого відбуваються деформації стиснення і зсуву, що викликають сколювання і руйнування квіткових оболонок проса, рису, вівса і плодових оболонок гречки шляхом дії на зернівку двох робочих поверхонь: рухомої і нерухомої. Сюди відносять вальцедекові верстати, лушильні постави і т.д.

2. Порушення зв'язку ядра з оболонкою шляхом сколювання, сприяючого руйнуванню зовнішніх покривів проса, рису, гречки в результаті дії обертаються назустріч один одному з різними швидкостями валів, які мають еластичні робочі поверхні (лушильники типа ЗРД з прогумованими валками).

3. Порушення зв'язку ядра з оболонкою шляхом тертя, що викликає стирання (зіскоблювання) оболонок в результаті багатократної інтенсивної дії абразивної і перфорованої поверхонь робочих органів машин, а також взаємного тертя частинок. До таких машин відносять шліфувальні і полірувальні постави. На цих машинах переробляють пшеницю, ячмінь, насіння гороху.

Технологічний процес на круп'яних заводах передбачає лушення проса двократним пропуском через дводекові верстати 2ДШС-3А. При виробництві крупи з гречки зерно, розсортоване на шість фракцій, лушать у верстатах 2ДШС-3Б. При виробництві крупи з вівса в поставах роздільні лушать дві фракції: схід з сита з отворами розміром 2,3Х20 мм і схід з сита з отворами 1,8Х20 мм Для цього

можна застосовувати обивочні машини. При шліфуванні крупи використовують шліфувальні пости.

Зерно рису лущать в двохвалкових лущильниках типа ЗРД з валками, що покриваються гумою, застосовують також лущильні пости, але заздалегідь ділять рис на дві фракції за розмірами. При шліфуванні рису використовують шліфувальні пости, в яких чотирикратно послідовно обробляють спільно цілий і роздроблений рис з подальшим виділенням роздробленого рису і додатковим шліфуванням. Склоподібні сорти рису піддають двократному поліруванню в поставах.

Для лущення ячменю при виробництві перлової крупи використовують неодноразову послідовну обробку в наждачних обивочних машинах або лущильно-шліфувальних машинах А1-ЗШН-3. Шліфування і полірування проводять в машинах А1-ЗШН-3. Звичайно передбачають три шліфувальні і три полірувальні системи. Для попереднього лущення пшениці при виробництві пшеничної крупи застосовують двократну обробку в обивочних машинах. Основними показниками ефективності лущення в круп'яному виробництві служать коефіцієнти лущення і цілісності ядра (окрім ячменю, кукурудзи і пшениці).

ЛУЩИЛЬНИЙ ВЕРСТАТ 2ДШС-3. Дводековий лущильний верстат 2ДШС-3 призначений для лущення зерна проса або гречки. У верстаті відбувається видалення квіткових оболонок з проса або гречки при дії на них трьох робочих поверхонь, одна з яких — вал, що обертається, а дві інші — нерухомі деки. Верстат об'єднує два процеси лущення без проміжного відбору продуктів лущення.

Завод-виготівник поставляє верстат в двох варіантах: 2ДШС-3А, налаштований на лущення проса; 2ДШС-3Б, налаштований на лущення гречки.

Для заводів, що працюють за взаємозамінною схемою переробки проса і гречки, верстат поставляють з додатковими вузлами для переналагодження, що повинно бути обумовлено в замовленні.

Вузли верстата 2ДШС-3 (рис. 1.2.) вмонтовують на зварній станині 3, яка одночасно є кожухом верстата. Зверху станини розташований живлячий механізм 10, в який входять засувка, вал, заслінка, реєстратор продуктивності. Засувка 14 служить для перекриття надходження зерна і зупинки верстата у разі завалів. Живлячий вал, призначений для рівномірного розподілу зерна по всій ширині живлячого механізму, приводиться в рух через клинопасову передачу і двохступеневий циліндричний редуктор від робочого валу. Верстат встановлюють на задану продуктивність за допомогою заслінки шляхом повороту ручки маховика 15.

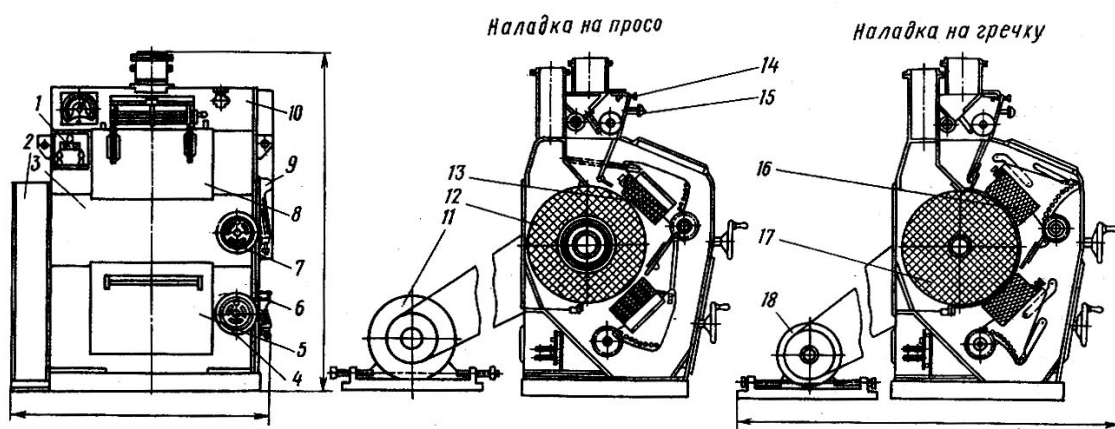


Рисунок 1.2 – Луцильний верстат 2ДШС-3:

1 — пульт управління; 2 — огорожа; 3 — станина; 4,7 — штурвали; 5,8 — дверці; 6, 9 — важелі управління; 10— живлячий механізм; 11, 18— електродвигуни; 12 — абразивний вал; 13 — гумова дека; 14 — засувка; 15 — ручка маховика для регулювання продуктивності; 16— піщаникова дека; 17— піщаниковий валок.

При луценні просо ставить абразивний вал 12, набраний з трьох абразивних кругів ПП600Х 150Х305 і одного ПП600Х200Х305. Обертання валу передається через клинопасову передачу шістьма ременями типу У від електродвигуна 11 потужністю 22 кВт, змонтованого на санчатах зовні верстата. Передача закрита огорожею 2. При луценні гречки ставлять вал 17 з монолітного пісковика. Обертання валу передається через клинопасову передачу двома ременями типу У від електродвигуна потужністю 5,5 кВт.

Машина обладнана двома робочими поверхнями: верхньою і нижньою. Регулювання проміжку між валками та робочими поверхнями здійснюється штурвалами 7 і 4 через черв'ячний редуктор.

Для переробки проса і гречки застосовують декотримачі різної конструкції, що відрізняються як за будовою, так і за методом підвішування в станині. При переробці проса використовують гумово-тканинну робочу поверхню, складену з окремих пластинчатих елементів, тоді як для гречки встановлюють абразивну поверхню з піщаникового матеріалу.

Зерновий матеріал, що підлягає лущенню, з приймального пристрою через скеровуючий лоток потрапляє в першу зону обробки між валком і першою робочою поверхнею, далі через наступний скеровуючий лоток проходить у другу зону обробки між валком і другою робочою поверхнею, звідки виводиться назовні.

Технічна характеристика лущильного верстата 2ДШС-3

Продуктивність, т/год	4,5/3,6
Вал:	
діаметр, мм	600
довжина, мм	600
частота обертання, об/хв	500
окружна швидкість, м/с	15,6
Розміри деки, мм:	
довжина	600
ширина	110/125
висота	250
Живлячий вал:	
діаметр, мм	75
довжина, мм	500
частота обертання, об/хв	90
Витрата повітря на аспірацію (не менше), м ³ /год	720
Габарити, мм:	

довжина	2125
ширина	1355
висота	1790
Маса, кг	1190

ЛУЩИЛЬНИК У1-БШВ. Валковий лушительник У1-БШВ призначений для лушення зерна рису при переробці його в крупу.

В станині лушительника розташовані швидкохідний 10 (рис. 1.3) і тихохідний 11 валки, електродвигуни швидкохідного 14 і тихохідного 18 валів, механізм відвала 12, блоки 16, троси 17, привальні вантажі 13 і демпфер 15. Живильник є бункером з приймальним 9 і аспіраційним 8 патрубками; в бункері розташовані заслінки датчика наявності продукту і датчика регулятора продуктивності.

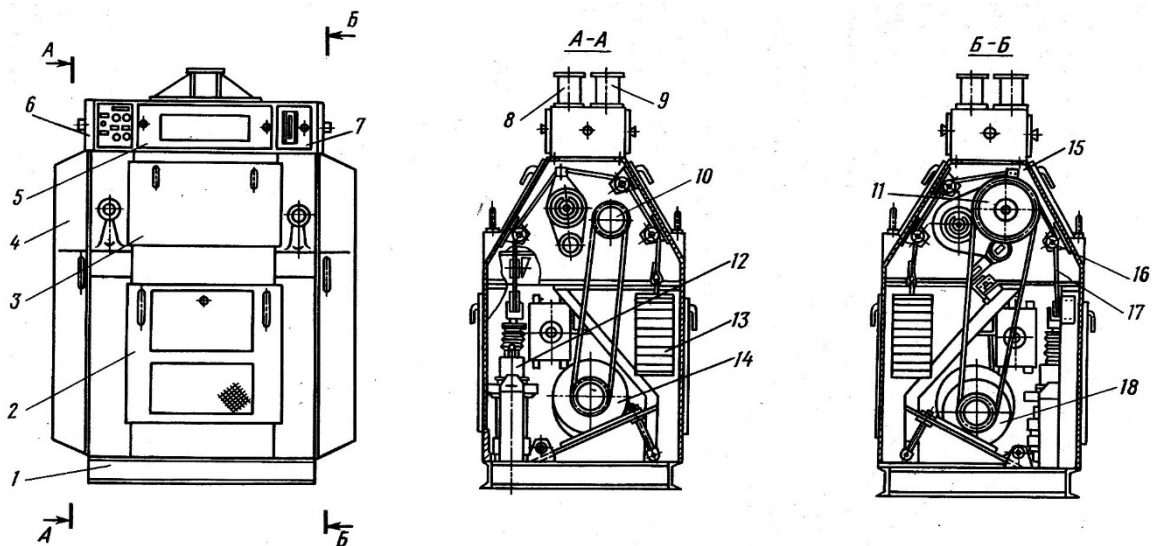


Рисунок 1.3 – Лушительник У1-БШВ:

1 — станина; 2, 3 — люки; 4 — огорожа; 5 — живильник; 6 — система автоматики; 7 — регулятор продуктивності; 8, 9 — аспіраційний і приймальний патрубки; 10, 11 — швидкохідний і тихохідний валки; 12 — механізм відвала; 13 — привальні вантажі; 14, 18 — електродвигуни швидкохідного і тихохідного валів; 15 — демпфер; 16 — блок; 17 — трос.

Принцип дії лушительника полягає в дії на зерно рису, що проходить між двома прогумованими валками, що обертаються назустріч один одному з різними окружними швидкостями, короточасних зусиль стиснення і зсуву, що викликає відділення оболонки від ядра. Рис з бункера подається в приймальний патрубок, заповнює живлячий бункер і натискає на заслінку датчика наявності продукту.

Зерно, проходячи через щілину, утворену заслінкою і похилою стінкою, розподіляється по всій довжині щілини і рівномірним шаром потрапляє в зазор між валками 1, 2, де відбувається лушення. Лущений рис потрапляє на скат станини і далі у випускний отвір лушильника; деяка кількість продукту лушення утримується в кишені на скаті, утворюючи захисний шар, що оберігає рис від дроблення при ударі об метал. Повітря, засмоктане в аспіраційну мережу через ґрати нижнього люка, рухається назустріч продукту і відносить з собою пил, частково лушпиння.

Технічна характеристика лушильника У1-БШВ

Продуктивність при переробці рису базисних кондицій, т/год	3,0
Ефективність лушення %	93
Коефіцієнт цілісності ядра	0,97
Гумові валки:	
діаметр зовнішній, мм	200
частота обертання, об/хв:	
швидкохідного	920...980
тихохідного	600...640
Споживана електроенергія, кВт	5,0
Витрата повітря на аспірацію, м ³ /год	540
Габарити, мм:	
довжина	1210
ширина	940
висота	1650
Маса, кг	1100

При переробці некондиційного зерна рису продуктивність складає 2,5 т/год, ефективність лушення 92 %, коефіцієнт цілісності ядра 0,92.

ЛУЩИЛЬНА МАШИНА А1-ЗРД-3. Машина А1-ЗРД-3 з прогумованими валками призначена для лушення зерна рису при переробці його в крупу.

Корпус машини 16 (рис. 1.4) складається з двох чавунних боковин, сполучених перемичками. Усередині корпусу розташовані швидкообертовий 2 і повільнообертовий 19 валки і аспіраційна колонка. З правої торцевої сторони машини до корпусу прикріплений кронштейн, на якому встановлений редуктор. Один його вал сполучений з швидкообертовим 2, а інший — з повільнообертовим 19 валом. Швидкохідний вал редуктора одержує обертання від електродвигуна 1 через клинопасову передачу.

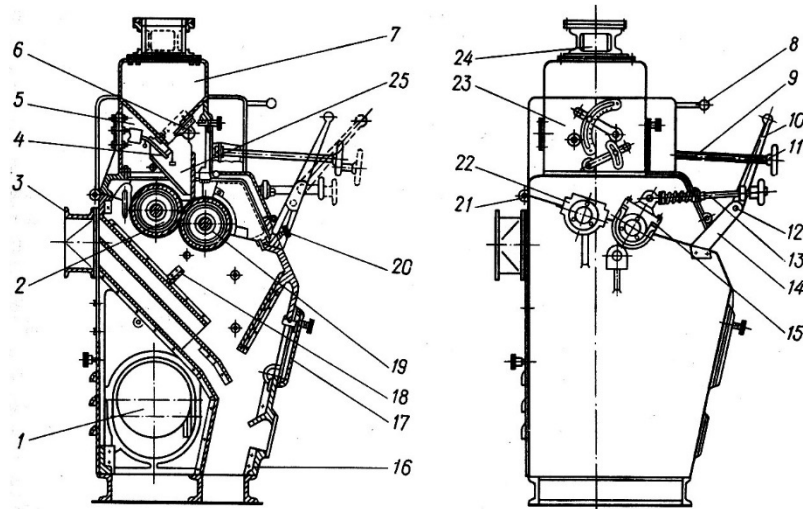


Рисунок 1.4 – Луцильна машина А1-ЗРД-3:

1 — електродвигун; 2, 19 — швидкообертовий і повільнообертовий валки; 3, 24 — аспіраційний і приймальний патрубки; 4, 6 — заслінки; 5 — корпус живильника; 7 — бункер; 8, 10 — рукоятки; 9, 13 — тяга; 11 — маховик; 12 — вісь; 14 — кронштейн; 15 — роз'ємний важіль; 16 — корпус луцильника; 17 — дверці; 18 — поріг; 20 — замочна ручка; 21 — петлишки; 22 — хомут; 23 — живильник; 25 — лоток.

Перпендикулярно площини верхнього ската аспіраційної колонки на відстані 200 мм від нижньої кромки знаходиться поріг 18 заввишки 100 мм. Він забезпечує накопичення на скаті продуктів луцення, створюючих шар, який оберігає площину верхнього ската від зносу. На задній стінці корпусу встановлений патрубок 3 для під'єднання машини до аспіраційної системи підприємства. Відкидні дверці 17 на передній стінці корпусу служать для відбору зразків продукту після луцення.

У верхній частині машини розташований живильник 23, що складається з корпусу 5, бункери 7 і приймального патрубка 24. Усередині корпусу встановлені лоток 25 і вантажна заслінка 4 з брезентовим фартухом. Живильник має

сигналізатор рівня і електромагніт, забезпечений дверцями для нагляду за рівномірним надходженням продукту. В бункері змонтована рейкова заслінка 6. Рукоятки управління поворотом лотка і заслінки 6 винесені на ліву зовнішню стінку корпусу живильника. Живильник прикріплений до корпусу машини на двох петлях 21.

Швидкообертовий вал 2 разом з підшипниками і плаваючою напівмуфтою прикріплений до корпусу машини двома хомутами 22, повільнообертовий вал 19 з підшипниками — двома шарнірними роз'ємними важелями 15. Важелі тягою 13 з пружинними амортизаціями пов'язані з механізмом привалу-відвала і регулювання зазора. Цей механізм складається з кронштейна 14, осі 12, тяга 9, рукоятки 10 і маховика 11. Тяга шарнірно сполучена з штоком пружинного механізму заслінки живильника, утримуваної у відкритому положенні рукояткою 8 з клямкою. Магнітний пускач змонтований усередині машини на лівій боковині.

Заздалегідь очищене зерно через приймальний патрубок поступає в бункер 7. З нього через щілину, утворену заслінкою 6 і стінками бункера, зерно прямує в лоток і звідти в зазор між валками, що обертаються назустріч один одному з різною окружною швидкістю. Розмір міжвалкового зазора встановлюють маховиком 11.

Піддававшись дії сил стиснення і зсуву, зерно при проходженні між валками, що обертаються, лушиться. Після валів продукти лущення поступають на скат, потім для відділення лушпиння — в аспіраційну колонку і далі виводяться з машини. У міру зносу гумового покриття валки зсовують до отримання робочого зазора, що забезпечує необхідну ефективність лущення. При повному зносі гумової поверхні валки замінюють.

Технологічний режим лущення потрібно встановлювати так, щоб ефективність лущення за однократний пропуск не була нижче 85...90%. При такому режимі роботи менш інтенсивно зносився гумова робоча поверхня валів, вона протягом всього періоду роботи залишається гладкою.

Для перевірки міжвалкового робочого зазора відкривають дверці 17 в передній стінці живильника. Зазор контролюють щупом по всій довжині валів.

Якщо він неоднаковий, його регулюють обертанням маховиків на тязі з лівої або правої сторони машини. У міру зменшення діаметра валів (знос гуми) слід змінювати положення лотка 25 поворотом рукоятки на лівій стінці корпусу живильника. Вихідний отвір лотка повинен знаходитися над лінією стику валів.

В процесі роботи машини треба спостерігати за надходженням зерна, якістю лущення, відбором лушпиння, температурою підшипників, а також регулювати зазор між валками. Якщо необхідно припинити подачу зерна в міжвалкову зону без зупинки машини, слід натискувати вниз рукоятку 8 на правій стороні корпусу живильника. Пружина, що при цьому звільнилася, натискаючи на тягу 9, проводить відвал повільнообертового валу 19, а вантаж повертає заслінку 4 вгору. Вона переміщає брезентовий фартух, який перекриває вихідну щілину бункера, припиняючи подачу зерна в машину. Рукоятка 10 при цьому відхиляється до валень. Для відновлення подачі зерна рукоятку 10 повертають від себе повністю (до спрацьовування клямки рукоятки 8). Перед зупинкою машини припиняють подачу зерна, закриваючишибер в живлячій самотечній трубі. Після переробки зерна, що знаходилося в бункері живильника, зупиняють машину і очищають її від пилу і залишків продукту.

При експлуатації машини можливі наступні основні недоліки: недостатня ефективність лущення зерна, підвищений шум і стукіт в опорах валів унаслідок того, що гумове покриття валів не має необхідної твердості; валки недостатньо міцно закріплені в опорних місцях, або вийшов з ладу підшипник. Гумові покриття нерівномірно зносяться по довжині валу — живляча щілина в бункері має неоднакову ширину, і в направляючий лоток потрапив сторонній предмет. В автоматичному режимі роботи електромагніт не забезпечує виштовхування клямки і не відбувається розведення валів унаслідок того, що не відрегулював розміру виступу клямки, що утримує упор, — відрегулювати величину виступу, який повинен складати 6...8 мм

Технічна характеристика машини А1-ЗРД-3

Продуктивність т/год

3,0

Ефективність:

лущення %	85...90
цілісності ядра	0,85...0,95
Валки:	
довжина, мм	400
діаметр, мм	200
відношення окружних швидкостей валів	1,46
Частота обертання швидкохідного валу, об/хв	880...910
Витрата повітря для аспірації, м3/ч	638
Потужність електродвигуна, кВт	5,5
Габарити, мм:	
довжина	1355
ширина	ц65
висота	1730
Маса, кг	800

1.2. Аналіз та короткий опис лушильно-шліфувальної машини А1-ЗШН-3

Обробка продукту на лушильно-шліфувальній машині А1-ЗШН-3 відбувається внаслідок багаторазового тертя зернин (насіння) одна до одної та до поверхонь робочої зони. Фізичною основою цих процесів є робота сил зовнішнього та внутрішнього тертя.

В результаті відбувається мікрозношування всіх поверхонь тертя, які контактують. Результати процесу лущення (шліфування), що відбуваються в машинах, робочі органи яких діють на зерно тертям, залежать від сили, ступеня контакту (величини площі) поверхонь тертя, тривалості процесу, властивостей (стану) самого матеріалу.

На рис. 1.5. наведена схема вертикальної лушильно-шліфувальної машини А1-ЗШН-3 з рухомими абразивними дисками і нерухомим перфорованим циліндром, яка може бути використана для обробки насіння бобових, зерна пшениці, ячменю та інших культур. Продукт поступає через приймальний

патрубок в робочу зону машини і рухається зверху вниз при постійній висоті шару в машині. На своєму шляху продукт обробляється в результаті дії на нього абразивної поверхні корундованих дисків, що обертаються, нерухомого циліндра та тертя зернин між собою. Інтенсивній обробці продукту в робочій зоні сприяє також струмина повітряного потоку, яку створює вентилятор. Повітря проходить через шар продукту під час проходження ним робочої зони машини і здійснює охолодження продукту та робочих органів машини, які нагріваються за рахунок сил тертя. Одночасно завдяки аспірації з робочої зони частково видаляються мучка, частинки плівки тощо.

Оброблений продукт виходить з машини через випускний патрубок, в якому знаходиться регулятор з шкалою, що дозволяє встановлювати тривалість обробки продукту в машині.

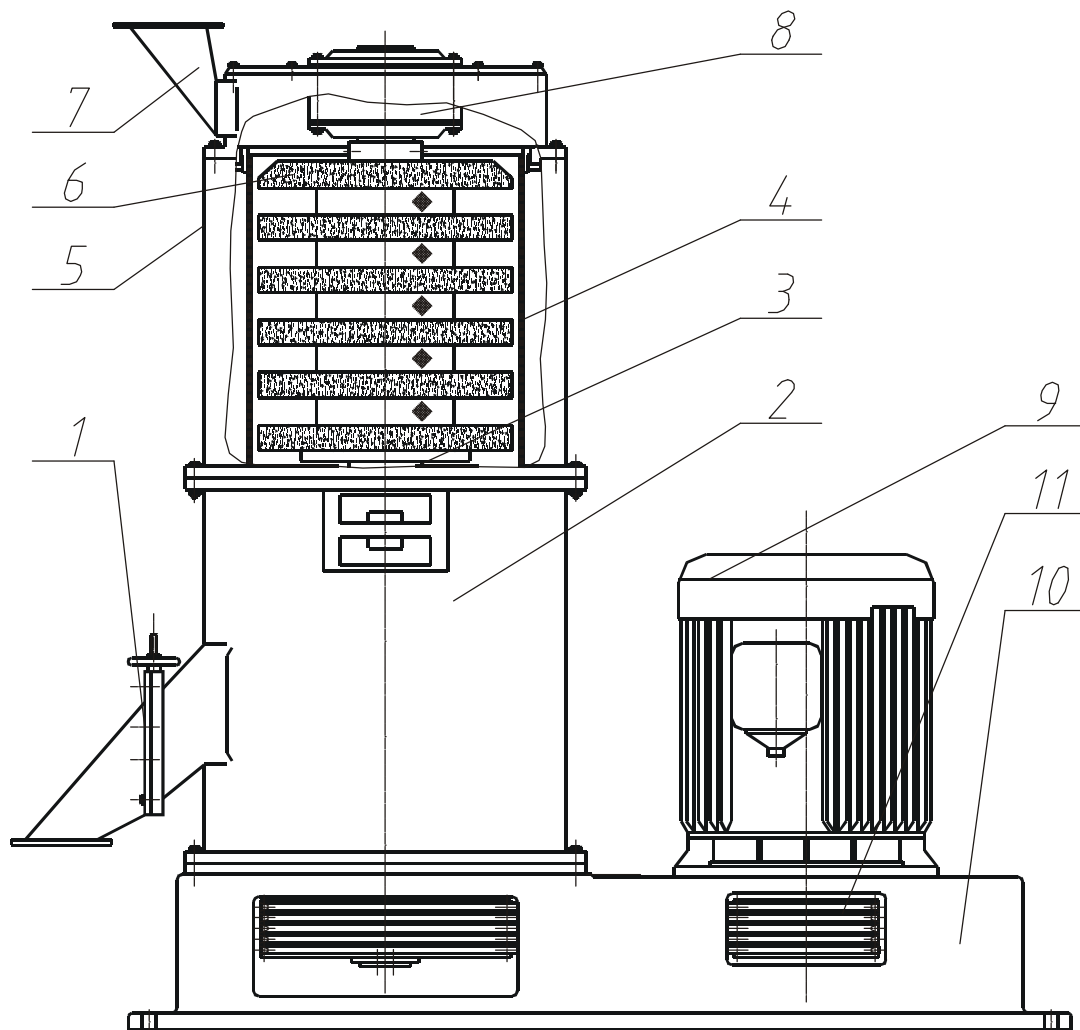


Рисунок 1.5 – Луцильно-шліфувальна машина А1 ЗШН-3:

1, 7 – випускний і прийомний патрубки; 2 – корпус; 3 – вал; 4 – ситовий циліндр; 5 – корпус робочої камери; 6 – абразивний круг; 8 – підшипникова опора; 9 – електродвигун; 10 – станина; 11 – клинопасова передача.

Технічна характеристика луцильно-шліфувальної машини А1 ЗШН-3:

Продуктивність, т/год.

при луценні жита і пшениці на борошномельних заводах 3,0 - 4,0

при шліфуванні і поліруванні ячменю на круп'яних заводах 3,0

Частота обертання вала, об/хв.. 850

Абразивні диски:

колова швидкість, м/с. 20

число дисків, шт.. 6

діаметр, мм. 450

Площа ситового циліндра, м . 0,9

Витрати повітря, м3/год. 936

Аеродинамічний опір, Па. 450

Потужність електродвигуна кВт. 22,0

Габарити:

довжина, мм. 2000

ширина, мм. 1000

висота, мм. 2000

Маса, кг. 1700

1.3. Мета та задачі, які виконуються у кваліфікаційній роботі

Мета роботи – модернізувати конструкцію луцильно-шліфувальній машині А1-ЗШН-3 для розширення її можливостей і покращання її роботи.

Виконуються задачі:

проведення аналізу обладнання для оброблення круп;

виконання конструктивних розрахунків лушчільно-шліфувальної машини А1-ЗШН-3;

теоретичне дослідження процесу просіювання продукту на машинах зі зворотно-поступальним рухом плоских;

розрахунок оптимальних кінематичних параметрів просіювального блоку машини та їх аналіз;

конструкторські розрахунки та техніко-економічне обґрунтування запропонованих рішень.

розроблення заходів з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

2. Підбір засобів, методів та методик досліджень

2.1 Програмне забезпечення, яке використовується в роботі

Для виконання кваліфікаційної роботи магістра використовувався комплекс сучасного програмного забезпечення, що забезпечило ефективне розв'язання поставлених завдань на всіх етапах дослідження.

Основним інструментом для проведення інженерних розрахунків та математичного моделювання слугувало програмне середовище MathCAD Express. Ця система комп'ютерної алгебри надала можливість виконувати складні математичні обчислення, аналізувати отримані результати та візуалізувати їх у формі графіків та діаграм. MathCAD Express забезпечив зручне документування розрахунків з можливістю поєднання формул, числових значень та текстових коментарів в єдиному робочому документі, що значно спростило процес верифікації результатів.

Для виконання креслярсько-графічних робіт та розробки технічної документації використовувався програмний пакет AutoCAD – провідна система автоматизованого проектування. У середовищі AutoCAD було створено робочі креслення, схеми та технічні ілюстрації, що відповідають сучасним стандартам оформлення технічної документації. Програма забезпечила високу точність графічних побудов та можливість подальшого редагування створених креслень.

Для підготовки текстової частини кваліфікаційної роботи, обробки даних та створення презентаційних матеріалів застосовувався пакет Microsoft Office 365. Текстовий редактор Word використовувався для оформлення пояснювальної записки відповідно до вимог стандартів, табличний процесор Excel – для систематизації вихідних даних та проміжних результатів розрахунків, а програма PowerPoint – для підготовки презентації до захисту роботи. Хмарні можливості Office 365 забезпечили зручність роботи з документами та їх збереження.

Комплексне використання зазначеного програмного забезпечення дозволило забезпечити високу якість виконання кваліфікаційної роботи на всіх етапах – від проведення розрахунків до оформлення остаточної документації.

2.2. Основні показники ефективності процесу лушіння в круп'яному виробництві

При переробці зернових культур на крупи здійснюється видалення квіткових лусочок, а також зовнішніх та внутрішніх покривних шарів. Враховуючи механічні характеристики, фізико-хімічні параметри та анатомічну будову різних видів зерна, операція лушіння виконується на обладнанні різноманітних типів.

Шліфувальна операція спрямована на повне усунення з поверхні ядра залишкових покривних частин після лушіння (включаючи часткове вилучення зародка), а також на формування крупи певної геометричної конфігурації (округлої, сферичної) і потрібних товарних характеристик.

Технологічний процес на круп'яних заводах передбачає лушіння проса двохкратним пропуском через двохдекові верстати 2ДШС-3А. При виробництві крупи із гречихи зерно, поділене на шість фракцій лущать у верстатах 2ДШС-3Б. При виробництві крупи з вівса в поставах окремо лущать дві фракції: схід з сита з отворами розмірами 2,3х20 мм та схід з сита з отворами 1,8х20 мм. Для цього можна використовувати обивочні машини. При шліфуванні крупи використовують шліфувальні постави.

Зерно риса лущать в двохвалкових лушителях типу ЗДР з обгумованими валками, використовують також шліфувальні постави, в яких чотирьохкратно послідовно обробляють разом цілий та дроблений рис з подальшим відділенням дробленого риса і додатковим шліфуванням. Склоподібні сорти риса двохкратно полірують.

Для лушіння ячменю при виробництві перлової крупи використовують неодноразову обробку в наждачних обивочних машинах або лушильно-шліфувальних машинах А1-ЗШН-3. Шліфування і полірування здійснюють в машинах А1-ЗШН-3. Зазвичай передбачають три шліфувальні і три полірувальні системи.

Для попереднього лушіння пшениці при виробництві пшеничної крупи використовують двохкратну обробку в обивочних машинах.

Основними показниками ефективності лушіння в круп'яному виробництві є коефіцієнти лушіння і цілісності ядра (крім ячменю, кукурудзи і пшениці). Коефіцієнти лушіння визначають за формулою:

$$K_{\text{л}} = \frac{K_1 - K_2}{K_1} \cdot 100 = \left(1 - \frac{K_2}{K_1}\right) \cdot 100 \quad (2.1)$$

де K_1 , K_2 – кількість нелущеного зерна в суміші до та після процесу лушіння, %.

Коефіцієнт цілісності ядра знаходять за формулою:

$$K_{\text{ц}} = \frac{B}{B + Д + М}, \quad (2.2)$$

де B – вихід цілого ядра на даній системі лушіння за винятком кількості цілого ядра у вихідній суміші, %;

$Д$ – вихід дробленого ядра на даній системі лушіння за винятком кількості дробленого ядра у вихідній суміші, %;

$М$ – вихід мучки на даній системі лушіння за винятком кількості мучки у вихідній суміші, %.

2.3. Методика проведення експериментів по визначенню ефективності роботи лушильно-шліфувальної машині А1-ЗШН-3

До виробленої крупи пред'являють ряд досить високих вимог (п. 1.2.). Це і вирівненість кожного номера, і вміст доброякісного і цілого ядра, і відсутність в кінцевому продукті сторонніх домішок. Тому в процесі лушіння використовують неодноразову обробку в лушильно-полірувальних машинах.

Для визначення ефективності роботи машини проводимо дослідження її роботи. Оскільки дослідження проводиться у виробничих умовах експеримент проводимо на першій стадії обробки продукту. Це дозволить на наступних стадіях дообробити у разі необхідності продукт до встановлених вимог.

На випускному патрубку лушильно-шліфувальної машини А1-ЗШН-3 регулятором зі шкалою встановлюємо необхідний час обробки: 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22с. Проводимо обробку в машині протягом 10 хв. За цей час в машині обробиться близько 500 кг продукту. Відбираємо проби продукту у кількості 50-100 г перед та після обробки.

У відібраних пробах визначаємо:

- кількості нелущіного зерна в суміші до та після процесу лушіння K_1 та K_2 , %.
- вихід цілого ядра на даній системі лушіння B за винятком кількості цілого ядра у вихідній суміші, %;
- вихід дробленого ядра D на даній системі лушіння за винятком кількості дробленого ядра у вихідній суміші, %;
- вихід мучки M на даній системі лушіння за винятком кількості мучки у вихідній суміші, %.

Експеримент проводимо не менше трьох разів. Дані записуємо у таблицю. За формулами (2.1) та (2.2) визначаємо є коефіцієнти лушіння і цілісності ядра, значення яких також записуємо у таблицю.

3. Заходи з модернізації лушильно-шліфувальної машини А1-ЗШН-3

3.1 Обґрунтування доцільності модернізації лушильно-шліфувальної машини А1-ЗШН-3

До виробленої крупи пред'являють ряд досить високих вимог (п. 1.2.). Це і вирівненість кожного номера, і вміст доброякісного і цілого ядра, і відсутність в кінцевому продукті сторонніх домішок. Тому в процесі лушіння використовують неодноразову обробку в лушильно-полірувальних машинах. [6-9]

Суміш продуктів, яку отримують після кожного проходу через лушильно-шліфувальні машини, неоднакова за крупністю, містить частинки різної геометричної форми, що значно відрізняються за густиною, питомою масою, геометричними розмірами. Крім того в цю суміш попадають пил і бруд, які були видалені в результаті обробки з бороздок і нерівностей на поверхні зерна. В суміші може міститися близько 10 % лушпиння та до 40 % кормової мучки, що становить при обробці ячменю на лушильно-шліфувальних машинах А1-ЗШН-3, відповідно, 300 кг/год лушпиння та до 1200 кг/год кормової мучки.

Частина даних домішок забирається з робочої зони машини її системою аспірації. Витрата повітря для лушильно-шліфувальної машини А1-ЗШН-3 становить $Q = 936 \text{ м}^3/\text{год}$. На вході повітря в робочу зону її площа становить:

$$F_a = \pi \cdot D_a \cdot H = 3.14 \cdot 0.45 \cdot 0.56 = 0.79 \text{ м}^2$$

де $D_a = 0.45 \text{ м}$ – діаметр абразивних дисків;

$H = 0.56 \text{ м}$ – висота робочої зони машини.

На виході повітря з робочої зони її площа становить:

$$F_y = \pi \cdot D_y \cdot H = 3.14 \cdot 0.49 \cdot 0.56 = 0.86 \text{ м}^2$$

де $D_y = 0.49 \text{ м}$ – ситового циліндра.

З рівняння нерозривності потоку:

$$Q = F_a \cdot v_1 = F_y \cdot v_2 \quad (2.3)$$

визначаємо швидкості повітря в робочій зоні машини:

на вході в робочу зону:

$$v_1 = \frac{Q}{F_a} = \frac{936}{0.79} = 1184 \text{ м/год} = 0.33 \text{ м/с};$$

на виході з робочої зони:

$$v_2 = \frac{Q}{F_y} = \frac{936}{0.86} = 1088 \text{ м/год} = 0.3 \text{ м/с}.$$

При проходженні між частинками продукту швидкість повітря може збільшуватися приблизно до 1м/с, за рахунок зменшення вільного перерізу потоку, але її все рівно недостатньо щоб забрати з робочої зони домішки.

Подача продукту на наступну стадію обробки без вилучення домішок викликає додаткові затрати (оскільки в робочу зону попадає речовина, яку переробляти непотрібно) і погіршує його обробку (частинки домішок значно відрізняються за розміром та властивостями від основного продукту і негативно впливають на його обробку). Встановлювати після кожної стадії окрему одиницю просіювального обладнання економічно недоцільно оскільки значно зростають енергетичні затрати на процес обробки, і відповідно, собівартість одиниці продукції.

Тому для зменшення енергетичних витрат на обробку перед кожним наступним проходом доцільно з суміші видалити частинки лушпиння і кормової мучки, шляхом дообладнання лущильно-шліфувальної машини А1-ЗШН-3 просіювальним блоком, що приводиться в рух від двигуна машини. Згідно проведених розрахунків потужність на процес просіювання в такому блоці порівняно з потужність електродвигуна машини є незначною і не вимагає його заміни. Крім того особливістю роботи лущильно-шліфувальної машини А1-ЗШН-3 є те, що вона забезпечує максимальну цілісність зерен після обробки, і видалення подрібнених зерен після кожної стадії обробки (система аерації їх практично не виносить) також покращує якість кінцевої продукції.

3.2. Конструктивні розрахунки луцильно-шліфувальної машини А1-ЗШН-3

Для сита просіювального пристрою виберемо сталь 20 К:

Межа міцності при розтязі	520...650	МПа
Твердість по Брінелю	1950	МПа
Ударна в'язкість	0,8	Дж/мм ²
Модуль пружності Е	1,96*10 ⁵	МПа
Коефіцієнт Пуассона	0,3	
Питома вага (густина)	7815	кг/м ³

3.2.1. Технологічний розрахунок луцильно-шліфувальної машини

Розрахуємо продуктивність і необхідну потужність на переробку крупни ячменю.

Продуктивність (кг/год) луцильника безперервної дії типа ЗШН визначають за формулою:

$$Q = 3600 \cdot \gamma_0 \cdot v_{\text{ср}} \cdot F \cdot \phi$$

де $\gamma_0 := 690$ кг/м³ - об'ємна маса продукту[6];

$v_{\text{ср}} = \frac{H}{t}$ середня швидкість продукту в робочій зоні, м/с;

$H := 0.560$ м - висота робочої зони машини;

$t := 12$ с - час обробки продукту в робочій зоні, С[6];

$$v_{\text{ср}} := \frac{H}{t} \quad v_{\text{ср}} = 0.047 \quad (\text{м/с})$$

$F = \frac{\pi}{4} \cdot (D^2 - d^2)$ - площа робочого кільця, м²;

$D := 0.488$ м - діаметр перфорованого циліндра;

$d := 0.450$ м - діаметр абразивних кругів;

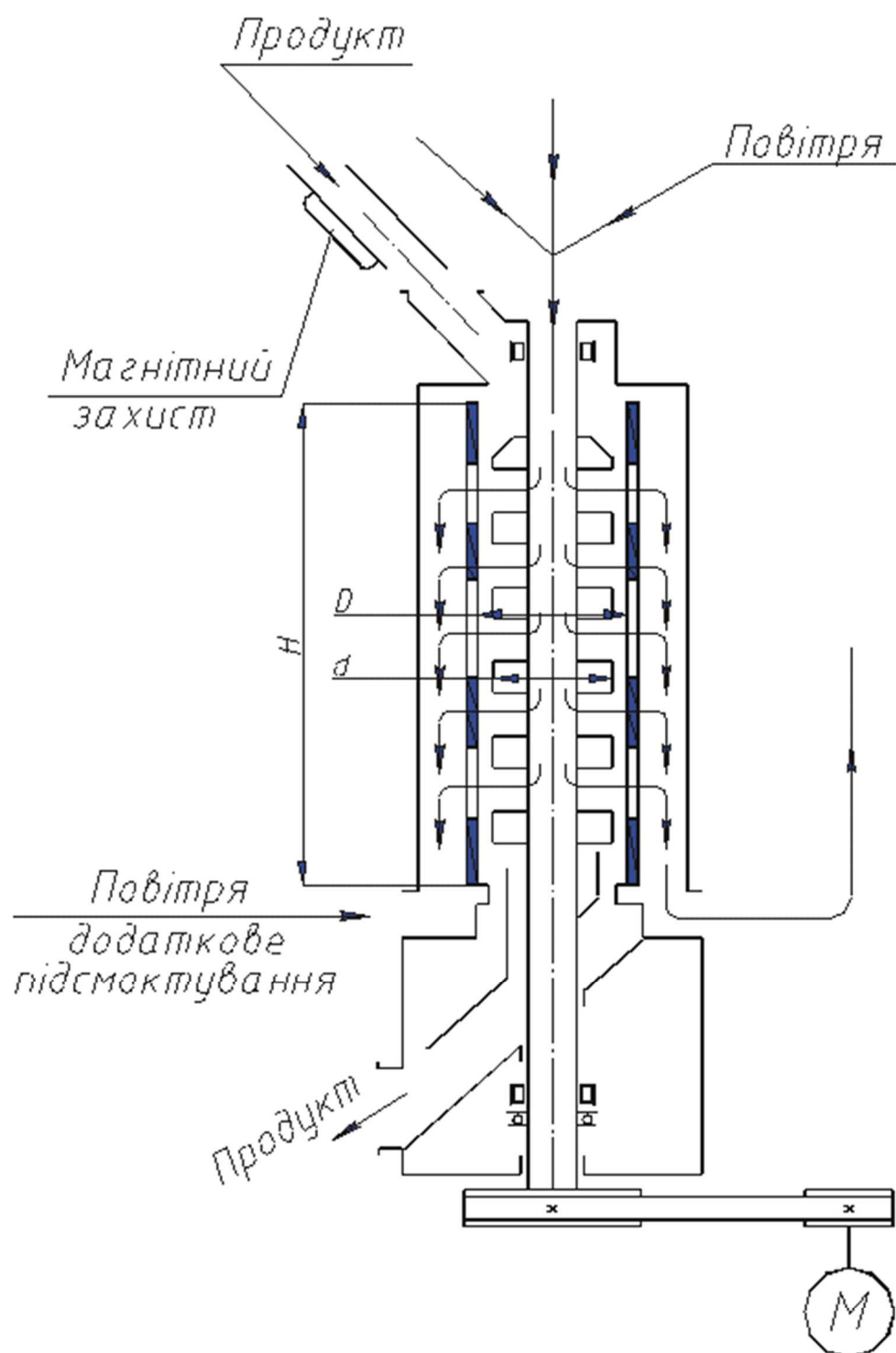


Рисунок 3.1 - Розрахункова схема луцильника

$$F_{\text{м}} := \frac{\pi}{4} \cdot (D^2 - d^2) \quad F = 0.02799473 \quad (\text{м}^2)$$

$\phi := 0.95$ - коефіцієнт заповнення робочої зони [6].

Після підстановки даних отримаємо:

$$Q := 3600 \cdot \gamma_0 \cdot v_{\text{ср}} \cdot F \cdot \phi \quad Q = 3083 \quad (\text{кг/год})$$

Необхідну потужність розраховують з відомої питомої затрати потужності. Для ячмінної крупи питома потужність складає:

$$p := 5.2 \quad (\text{Вт/кг})$$

Тоді необхідна встановлена потужність на переробку ячмінної крупи:

$$N := Q \cdot p \quad N = 16031 \quad (\text{Вт})$$

З врахуванням наявності двох підшипників із к.к.д. $\eta_{\text{підш}} := 0.99$

$$P_{\text{лщ}} := \frac{N}{1000 \cdot \eta_{\text{підш}}^2} \quad P_{\text{лщ}} = 16.357 \quad (\text{кВт})$$

3.2.2. Розрахунок просіювального блоку

Розрахунок включає визначення основних параметрів вібрації короба, а також продуктивності грохота.

Застосовуються два методи розрахунку інерційних грохотів, які доповнюють один іншого. Метод В.А.Баумана є більш простим, проте в нашому випадку він не підходить, оскільки розрахований для сит з отворами діаметром не менше 5 мм.

Тому за базовий вибираємо метод В.А.Олевського.

Продуктивність, ефективність розділення і здатність сепаратора до самоочистки отворів сит залежить від трьох факторів: частоти і амплітуди коливань, траєкторії руху сита.

З метою проведення більш якісного процесу сепарування зерна вибираємо конструкцію сепаратора із колоподібним рухом короба, оскільки при цьому створюється менше шуму і динамічні навантаження на раму є меншими.

В.А.Олевський запропонував наступні слідуючі параметри роботи грохота з круговим рухом:

$$r = K \cdot b + 1$$

де r - радіус колових коливань грохота, мм;

b - еквівалентний діаметр комірок на світло, мм;

K - емпіричний коефіцієнт.

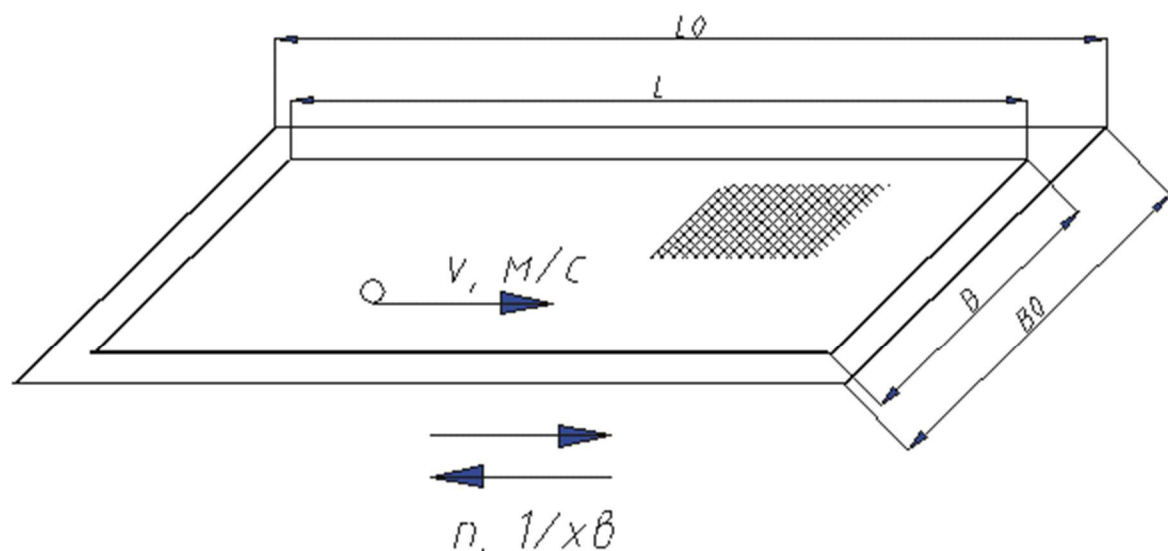


Рисунок 3.2 - Розрахункова схема просіювального блоку

Використаємо пробивні сита із листової сталі з розмірами комірки 2x2 мм. Тоді площа комірки сита буде рівною:

$$S_{\text{сита}} := 0.002 \cdot 0.002$$

$$S_{\text{сита}} = 4 \times 10^{-6} \quad (\text{м}^2)$$

Еквівалентний діаметр:

$$b := 1000 \cdot \sqrt{\frac{S_{\text{сита}} \cdot 4}{\pi}}$$

$$b = 2.257 \quad (\text{мм})$$

Радіус колових коливань грохота для зернових культур:

$$r := 4.25 \cdot b + 1$$

$$r = 10.591$$

Частота коливань грохота:

$$n := \left(\frac{18000}{r} \right)^{0.715}$$

$$n = 204.025$$

Продуктивність грохоту по вихідному живленню розрахуємо за формулою:

$$Q = \mu \cdot q_0 \cdot B_0 \cdot L \cdot \rho_n$$

де μ - поправочний коефіцієнт на точність відсіву;

q_0 - допустима розрахункова (при ефективності відсівання $E=92,5\%$) об'ємна продуктивність, $\text{м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$;

B_0 - розрахункова ширина сита, м;

L_0 - робоча довжина сита, м;

ρ_n - насипна маса зерна, $\text{т}/\text{м}^3$.

$$\mu := \frac{(100 - 92.5)}{7.5} \qquad \mu = 1$$

Допустиму розрахункову об'ємну продуктивність вибираємо за значенням еквівалентного діаметра отворів сит.

для $b = 2.257 \text{ мм}$ $q_0 := 6.95 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$.

Розрахукову ширину сита приймають на рівні 95% від загальної:

$$B := 0.676 \text{ (і)} \quad B_0 := 0.95 \cdot B \quad B_0 = 0.642 \text{ (м)}$$

Робочу довжину сита вибираєм з розрахунку $L := B \cdot 1.5$

$$L = 1.014 \text{ (м)}$$

Насипна маса ячменю вологістю 14% буде рівна: $\rho_n := 0.69 \text{ т}/\text{м}^3$

Продуктивність грохоту по вихідному живленню:

$$Q_3 := \mu \cdot q_0 \cdot B_0 \cdot L \cdot \rho_n \qquad Q_3 = 3.123 \text{ т/год}$$

Розрахована продуктивність грохота забезпечується при оптимальних параметрах роботи грохота: амплітуді коливань, швидкості і куті нахилу. Кут нахилу (α_{opt}) вибирають за емпіричною залежністю:

$$\alpha_{\text{opt}} = \frac{2.35 \cdot Q_1}{1 + 0.0375 \cdot Q_1}$$

де Q_1 - пропускна здатність сита.

$$Q_1 := \frac{Q_3}{B \cdot \rho_n} \qquad Q_1 = 6.695$$

$$\alpha_{\text{опт}} := \frac{2.25 \cdot Q_1}{1 + 0.235 \cdot Q_1} \quad \alpha_{\text{опт}} = 5.854$$

Розрахункову оптимальну швидкість руху матеріалу по поверхні сита визначимо за формулою:

$$v_{\text{опт}} = 6 \cdot Q + 160 = 15 \cdot q_{\phi} + 160$$

де q_{ϕ} - фактична об'ємна продуктивність, $\text{м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$.

$$q_{\phi} := \frac{Q_3}{B_0 \cdot L \cdot \rho_H} \quad q_{\phi} = 6.95 \quad \text{м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$$

$$v_{\text{опт}} := 15 \cdot q_{\phi} + 160 \quad v_{\text{опт}} = 264.25 \quad (\text{мм/с})$$

3.2.3. Вибір кінематичної схеми приводу луцильно-шліфувальної машини

Для приводу машини попередньо вибираємо електродвигун з частотою обертання вала

$$n_{\text{дв}} := 1475 \quad (\text{об/хв})$$

Тоді необхідне передаточне число вала електричного двигуна:

$$u_H := \frac{n_{\text{дв}}}{n} \quad u_H = 7.23$$

Передаточне число першої ступені приймаємо $u_{01} := 1.76$

Частота обертання проміжного вала: $n_{01} := \frac{n_{\text{дв}}}{u_{01}} \quad n_{01} = 838.068 \quad (\text{об/хв})$

Кутова частота обертання проміжного вала

$$\omega_{01} := \frac{\pi \cdot n_{01}}{30} \quad \omega_{01} = 87.76 \quad (\text{рад/с})$$

Привід будемо здійснювати за допомогою двох пасових передач: першою будемо передавати крутний момент на вал луцильника, а другою будемо передавати крутний момент на просіювач.

Для виконання подальших розрахунків виконаємо динамічний розрахунок просіювача. Просіювачі з круговим, а також і з прямолінійним рухом працюють далеко за резонансним режимом.

В першому наближенні амплітуду коливань просіювача з прямолінійним рухом короба можна визначити із умови нерухомості приведенного центра мас.

$$M \cdot A = M_d \cdot r_d$$

де M - маса рухомих частин, включаючи масу коробів, вібробуджувача і матеріалу, що міститься на поверхні сита.

M_d - маса неврівноважених частин дебалансів;

r_d - відстань від осі вала до центра мас неврівноваженого дебалансу.

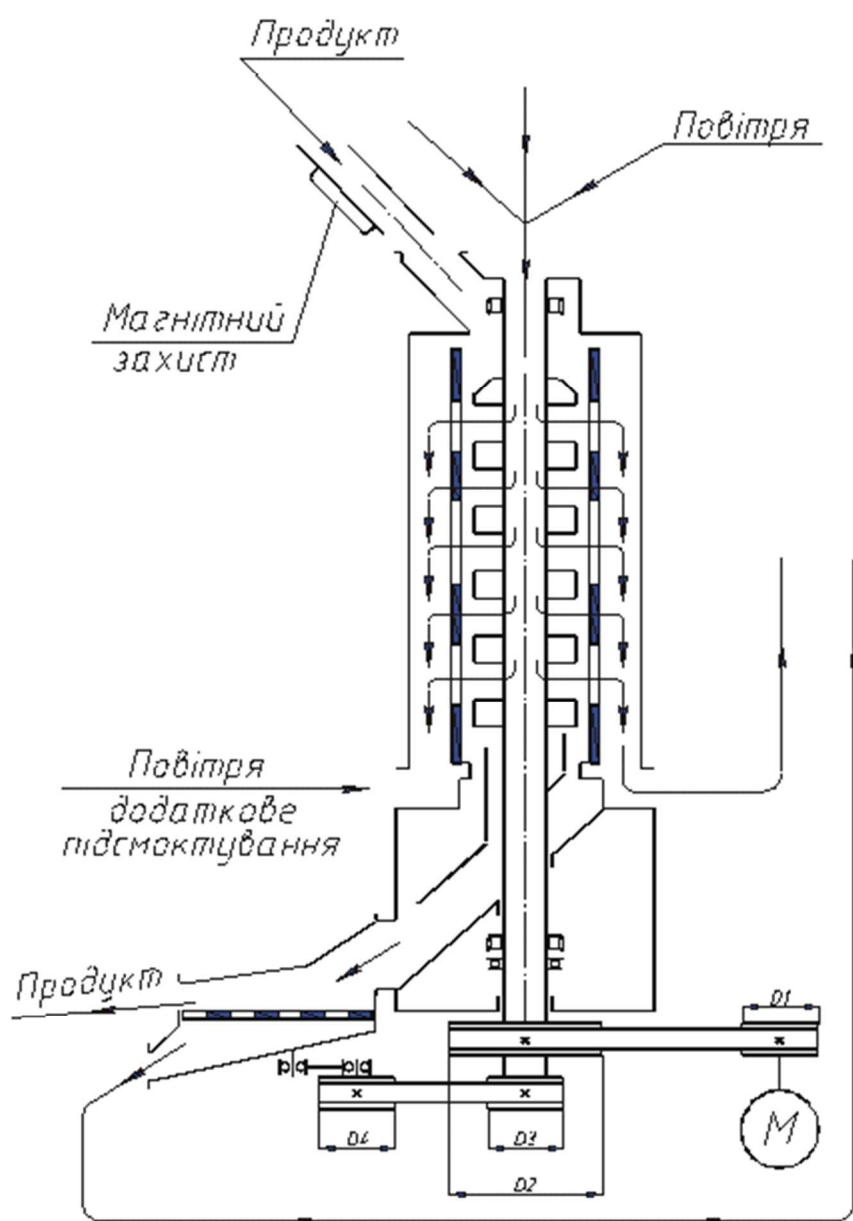


Рисунок 3.3 - Кінематична схема лушильно-шліфувальної машини

$$\text{З вищерозрахованого} \quad A := \frac{r}{1000} \quad A = 0.011 \quad (\text{м})$$

Згідно [7] при геометричних розмірах сит 0.7x1 м маса ситового короба складає 2.65 кг. При рекомендованій висоті шару зерна на ситі 4 мм його маса із врахуванням наявності одної поверхні буде:

$$m_3 := 1 \cdot \rho_H \cdot 1000 \cdot B \cdot L \cdot 0.004 \quad m_3 = 1.892 \quad (\text{кг})$$

Сумарну масу допоміжних елементів (вал, шків, підшипники, кришка) вибираємо рівною

$$m_d := 12 \quad (\text{кг})$$

$$M := m_3 + 2.65 + m_d \quad M = 16.542 \quad (\text{кг})$$

$$M \cdot A = 0.175 \quad (\text{кг} \cdot \text{м})$$

Приймаємо відстань від осі вала до приведенного центра мас неврівноваженого дебалансу рівною

$$r_d := 0.03 \quad (\text{м})$$

Тоді приведена маса дебалансу буде рівною:

$$M_d := \frac{M \cdot A}{r_d} \quad M_d = 5.84 \quad (\text{кг})$$

Сила інерції, яка розвивається при коливанні короба, буде рівною:

$$P_{in} = M_d \cdot \omega^2 \cdot r_d$$

де ω - кутова швидкість коливань короба

$$\omega := \frac{\pi \cdot n}{30} \quad \omega = 21.37 \quad (\text{рад/с})$$

$$P_{in} := M_d \cdot \omega^2 \cdot r_d \quad P_{in} = 79.98 \quad (\text{Н})$$

Відповідно, момент, який створюється на радіусі приведенного центра мас дебаланса:

$$T_d := \frac{(P_{in} \cdot r_d)}{\eta_{підш} \cdot 21} \quad T_d = 2.96 \quad (H^*_{м})$$

$$P_1 := \frac{T_d \cdot \omega}{1000} \quad P_1 = 0.063 \quad (кВт)$$

Необхідна потужність двигуна при к.к.д. пасових передач $\eta_{п.п} := 0.85$

$$P := \frac{P_1}{\eta_{п.п}^2} + \frac{P_{лщ}}{\eta_{п.п}} \quad P = 19.331 \quad (кВт)$$

3.2.4. Вибір кінематичної схеми приводу луцильно-шліфувальної машини

Мета розрахунку. Розрахувати горизонтальну клинопасову передачу від проміжного вала до вала приводу просіювача за такими

даними: попереднє значення переданого моменту $T_1 := T_d \quad T_1 = 2.963$

при кутовій швидкості ведучого шківa $\omega_1 := \frac{\pi \cdot n_{01}}{30} \quad \omega_1 = 87.762$

(рад/с); кутова швидкість вала грохота $\omega_2 := \frac{\pi \cdot n}{30} \quad \omega_2 = 21.365$

(рад/с); передача працює в одну зміну при постійному навантаженні.

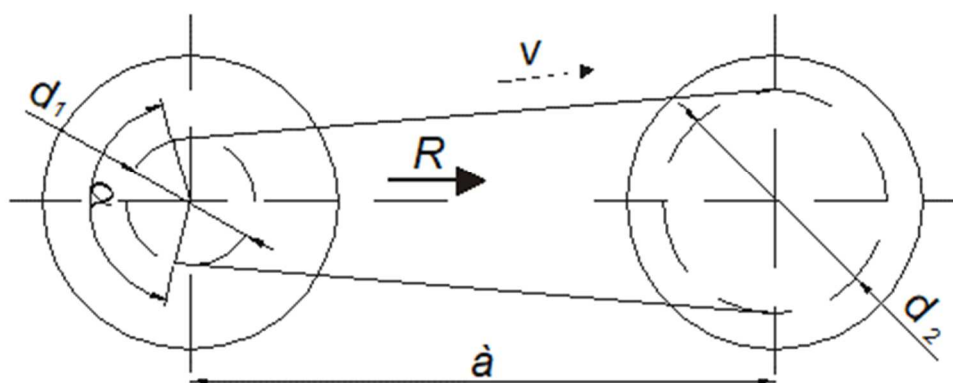


Рисунок 3.4. - Розрахункова схема клинопасової передачі

Передаточне число передачі

$$u := \frac{\omega_1}{\omega_2} \quad u = 4.108$$

На ведучому шківі потужність:

$$P_1 := \frac{T_1 \cdot \omega_1}{1000} \quad P_1 = 0.26 \quad (\text{кВт})$$

Відповідно до рекомендацій [3] будемо орієнтуватись на клинові паси нормального перерізу А. Для тихих пасів за [3] маємо площу поперечного

перерізу $A := 81 \quad (\text{мм}^2)$, базову довжину $l_0 := 1700 \quad (\text{мм})$ і
назначимо розрахунковий діаметр меншого шківа $d_1 := 60 \quad (\text{мм})$

Діаметр веденого шківа

$$d_2 := u \cdot d_1 \quad d_2 = 246.46 \quad (\text{мм})$$

За стандартом беремо розрахунковий діаметр веденого шківа рівним

$$d_2 := 244 \quad (\text{мм})$$

Фактичне передаточне число передачі:

$$u := \frac{d_2}{d_1} \quad u = 4.067$$

Швидкість паса $v := \omega_1 \cdot \frac{d_1 \cdot 0.001}{2} \quad v = 2.633 \quad (\text{м/с})$

Орієнтовно беремо міжосьову віддаль:

$$a' := 1.5 \cdot (d_1 + d_2) \quad a' = 456 \quad (\text{мм})$$

Потрібна довжина паса:

$$l' := 2 \cdot a' + \pi \frac{(d_1 + d_2)}{2} + \frac{(d_2 - d_1)^2}{4 \cdot a'} \quad l' = 1.408 \times 10^3 \quad (\text{мм})$$

За стандартом вибираємо розрахункову довжину паса $l := 1400 \quad (\text{мм})$

Дійсна міжосьова відстань, яка відповідає довжині паса:

$$a := \frac{\left[2 \cdot l - \pi \cdot (d_1 + d_2) + \sqrt{\left[2 \cdot l - \pi \cdot (d_1 + d_2) \right]^2 - 8 \cdot (d_2 - d_1)^2} \right]}{8}$$

$$a = 451.874 \quad (\text{мм})$$

Оцінка довговічності паса за числом його пробігів

$$i := \frac{v}{l} \quad i = 1.881 \times 10^{-3} \quad (\text{с}^{-1})$$

що менше від $[i] = 12 \text{ (с}^{-1}\text{)}$

Кут обхвату меншого шківa

$$\alpha_1 := 180 - 57 \cdot \frac{(d_2 - d_1)}{a} \quad \alpha_1 = 156.79^\circ$$

Допустиму потужність $[P]$ для даного перерізу паса Б визначаємо за [3].

Для з [3] вибираємо $P_0 := 1.39 \text{ (кВт)}$

Коефіцієнт

$$C_\alpha := 1 - 0.003 \cdot (180 - \alpha_1) \quad C_\alpha = 0.93$$

$$C_1 := \sqrt[6]{\frac{l}{l_0}} \quad C_1 = 0.968$$

Коефіцієнт $C_p := 1$, а коефіцієнт $C_z := 0.95$ при орієнтовному $z := 2$

$$IPI := P_0 \cdot C_\alpha \cdot C_1 \cdot C_p \cdot C_z \quad IPI = 1.189 \text{ (кВт)}$$

Необхідне число пасів, що працюють паралельно на шківaх передачі:

$$z := \frac{P_1}{IPI} \quad z = 0.219$$

Приймаємо з врахуванням динамічних навантажень $z := 2$

Силу попереднього натягу віток комплексу клинових пасів визначаємо за формулою:

$$F_0 := \frac{0.85 \cdot P_1 \cdot 1000 \cdot C_1}{v \cdot C_\alpha \cdot C_p} \quad F_0 = 87.363 \text{ (Н)}$$

Тоді навантаження на вали пасової передачі:

$$\underline{R} := 2 \cdot F_0 \cdot \sin\left(\frac{\alpha_1 \cdot \pi}{2 \cdot 180}\right) \quad R = 171.153 \quad (H)$$

4. Моделювання і дослідження лушильно-шліфувальної машини типу А1-ЗШН-3

4.1. Теоретичний аналіз блоку просіювання лушильно-шліфувальної машини типу А1-ЗШН-3

4.1.1. Чинники, що впливають на ефект просіювання продукту

Суміш продуктів, яку отримують після обробки в лушильно-шліфувальних машинах, неоднакова за крупністю, містить частинки різної геометричної форми, що значно відрізняються за густиною, питомою масою, геометричними розмірами. Крім того в цю суміш попадають пил і бруд, які були видалені в результаті обробки з бороздок і нерівностей на поверхні зерна.

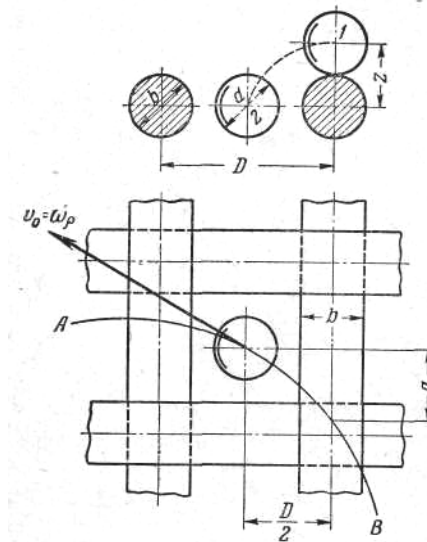


Рисунок 4.1 – Схема руху часток отвоами сита

Щоб часточки матеріалу могли проникнути крізь отвори решета, швидкість переміщення продукту відносно поверхні решета має становити:

$$v_0 = \frac{D+b}{2} \sqrt{\frac{g_s}{d+b}}, \text{ м/с} \quad (4.1)$$

де d – діаметр частки сферичної форми;

D – значення ширини ситового отвору;

g_s – вертикальне прискорення.

b – значення товщини нитки;

Частка, переміщуючись по траєкторії А - В і долаючи в горизонтальній площині відстань, що відповідає довжині дуги 1—2 (рис. 4.1), зможе проникнути крізь отвір решета тільки за умови, що в момент знаходження над його центральною частиною вона опуститься у вертикальному напрямку на величину:

$$Z = \frac{d + b}{2} \quad (4.2)$$

Оптимальна швидкість переміщення будь-яких підрешітних часток, здатних проникати крізь отвори решета, встановлюється виходячи з умови:

$$d = D \text{ і } g_s = g.$$

Тобто:
$$v_0 = \frac{1}{2} \sqrt{g(D + b)} \quad (4.3)$$

Якщо швидкість переміщення решета перевищує швидкість руху матеріалу, то часточки не просіюються і перестрибують через край отвору решета. Коли швидкість переміщення продукту знаходиться в діапазоні $0—50 \sqrt{d}$, часточки просіюватимуться крізь отвори решета аналогічного розміру, як і діаметр часточки. При збільшенні розмірів отворів решета порівняно з розмірами часточок швидкість переміщення матеріалу можна підвищити лише до $75 \sqrt{d}$, бо просіювання не відбуватиметься.

На ефективність процесу розсіювання продуктів, крім стану поверхні та відкритої площі решета, впливають такі ключові фактори: відносна швидкість переміщення матеріалу по решету; самосортування матеріалу; швидкість подавання матеріалу; пропускна здатність решета (завантаження); очищення решіт; функціонування аспіраційної системи.

Відносна швидкість переміщення матеріалу по решету забезпечується належним підбором частоти обертання та величини радіусу ексцентриситету. Відносна швидкість руху часточок визначається відстанню між отворами решета, розмірами часточок, висотою шару матеріалу, швидкістю подавання, габаритами каналів розсіювання. Чим вища товщина шару матеріалу на решеті, більша відстань між отворами решета та вищий вміст підрешітних часточок у суміші, тим вищою може бути відносна швидкість матеріалу, що забезпечує просіювання

підрешітних часточок, а також чим ширший канал розсіювання, тим більшою повинна бути відносна швидкість матеріалу. Часточка проникне крізь отвір решета за умови, що її відносна швидкість у момент перебування над отвором буде мінімальною. При надмірному зростанні швидкості руху та недостатній тривалості перебування матеріалу на решеті не відбувається повного просіювання і частина підрешітних часточок виходить надрешітним продуктом.

Самосортування продукту. Основним чинником, сприяючим інтенсифікації просіювання, служить швидкість розшарування продукту на ситі. Самосортування залежить від геометричної форми, розміру, густини частинок суміші, навантаження і властивостей поверхні сита.

При розшаруванні продукту по висоті шару важкі і дрібні частинки розташовуються ближче до сита, а легкі і крупні — над ними. В той же час тертя у верхніх шарах менше ніж в нижніх. Чим частинка довше, поверхня її більш шорстка і шар продукту товщий, тим важче частинці наблизитися до поверхні сита. Чим більше розшарування продукту, тим більше вірогідність наближення проходових частинок до поверхні сита і, отже, збільшується його просіюваність.

Просіюваність також поліпшується в тих випадках, коли при просіюванні сумішей з переважанням проходових частинок дещо збільшується висота шару продукту. Проте при незначній кількості проходових частинок збільшення висоти шару продукту на ситі викликає погіршення просіюваності.

Зменшення висоти шару призводить до того, що частинки, що переміщуються, як би «підстрибують», унаслідок чого зменшується кількість проходових частинок. Тому оптимальною слід рахувати таку величину товщини шару продукту, що переміщається по ситі, яка обумовлює розшарування суміші в мінімально допустимий час і надходження частинок проходової фракції до поверхні сита.

Висоту шару продукту доцільно збільшувати при просіюванні на дротяних ситах, допустимо на синтетичних волоконних ситах, але недоцільно — на шовкових; в результаті надмірного тиску частинок на сита особливо помітно

провисає тканина, спотворюється форма отворів, погіршується просіюваність і сита швидше зношуються.

Швидкість подачі продукту пов'язана з величиною числа оборотів валу розсіювання. Якщо прийняти середню величину подачі продукту за один оборот розсіювання $S = 2r$, то по спрощеній формулі середня швидкість подачі продукту v_n по довжині сита буде дорівнювати:

$$v_n = \frac{S \cdot n}{60}, \text{ м/с} \quad (4.4)$$

де n – число оборотів валу розсіювання в хв.

Чим більше ступінь розшарування продукту і краще самосортування його, тим вище може бути швидкість подачі.

Продуктивність розсіювання характеризується кількістю переміщуваного продукту (в кг) по площі сит (в м^2) і вилученням кількості проходових частинок у відсотках від їх вмісту в поступаючому на сита продукті.

Величина подачі обмежується необхідністю якнайповнішого розділення продукту на схід і прохід. Продуктивність сита в цьому випадку, окрім швидкості подачі продукту, залежить від крупності, концентрації проходових частинок, вірогідності попадання частинок в нижні шари, а також від матеріалу і живого перетину сита. Із зменшенням живого перетину погіршуються умови просіювання і знижується кількість проходу.

На продуктивність сита також впливають його довжина і час перебування продукту на ньому. Чим товще шар поступаючого продукту, тим більше часу він повинен знаходитися на ситі і тим більше повинна бути довжина сита для досягнення бажаного ефекту просіювання. Проте при збільшенні тривалості перебування продукту на ситі і його довжини продуктивність падає, оскільки зменшується кількість проходових частинок за одиницю часу просіювання.

Коефіцієнти вилучення і недосіву

Ефект просіювання характеризується коефіцієнтами вилучення і недосіву.

Коефіцієнтом вилучення η називають відношення кількості проходових частинок, одержаних через дане сито q_n , до кількості проходових частинок, що знаходяться в початковій суміші q_u :

$$\eta = \frac{q_n}{q_u} \quad (4.5)$$

Коефіцієнт недосіву H визначають як відношення кількості проходових частинок, що містяться в сході q_n , до кількості проходового продукту, що міститься в початковій суміші q_u , тобто:

$$H = \frac{q_n}{q_u} \quad (4.6)$$

Оскільки $q_H = q_u - q_n$ то

$$H = \frac{q_u - q_n}{q_u} = 1 - \eta \quad (4.7)$$

Недосів підраховують у відсотках до навіски продукту, одержуваного з контрольованого розсіву при просіюванні в лабораторному розсіві з набором сит, які повинні бути на один номер більше відповідних сит, встановлених у виробничому розсіві.

Правилами організації і ведення технологічного процесу на млині допускаються величини недосіву:

у верхньому сході обдирних систем не більше 5 – 10% і розмельних – не більше 10—15%;

в нижньому сході обдирних і розмельних систем не більше 10 – 15%;

в дунстах, що поступають з різних систем, не більше 10—20%.

При надмірному підвищенні навантаження, швидкості подачі, числа оборотів, поганій роботі щіток і недостатньому розшаруванні продукту збільшуються недосів і коефіцієнт витягу проходового продукту падає.

4.1.2. Математичне моделювання процесу просіювання продукту на машинах зі поворотно-поступальним рухом плоских сит

Визначення критичного прискорення сита.

Основна умова можливості просіювання продукту через плоске сито — ковзання його по ситі. Розглянемо умови абсолютного переміщення матеріальної частинки по нерухомому плоскому ситі, а також умови відносного переміщення її по рухомому плоскому ситі [1].

Розглянемо умову граничної рівноваги частинки на ситі, яке нахилене під кутом α до горизонталі. Схема сил, які діють на частинку показана на рис. 2.3. На частинку діють три сили (рис. 2.3, а): сила тяжіння (вага) частинки G , нормальна реакція поверхні сита R , максимальне значення сили тертя F . Трикутник вказаних сил, згідно умові рівноваги, замкнутий; отже:

$$F = R \cdot \operatorname{tg} \alpha = R \cdot \operatorname{tg} \varphi$$

або $\alpha = \varphi,$

де α – кут тертя.

Для руху частинки, очевидно, необхідно, щоб дотримувалася нерівність

$$\alpha > \varphi.$$

Щоб визначити швидкість переміщення матеріальної частинки, складемо диференціальне рівняння прямолінійного руху її уздовж сита:

$$\frac{G}{g} \cdot \frac{dv}{dt} = T - F = G \cdot \sin \alpha - f \cdot G \cdot \cos \alpha$$

звідки

$$\frac{dv}{dt} = g \cdot (\sin \alpha - f \cdot \cos \alpha) \quad (4.8)$$

і

$$dv = g \cdot (\sin \alpha - f \cdot \cos \alpha) \cdot dt$$

або

$$v = g \cdot t \cdot (\sin \alpha - f \cdot \cos \alpha) + C \quad (4.9)$$

Для початкових умов:

$$t = 0, \quad v_0 = 0,$$

де v_0 – початкова швидкість частинки;

постійна інтегрування дорівнює нулю.

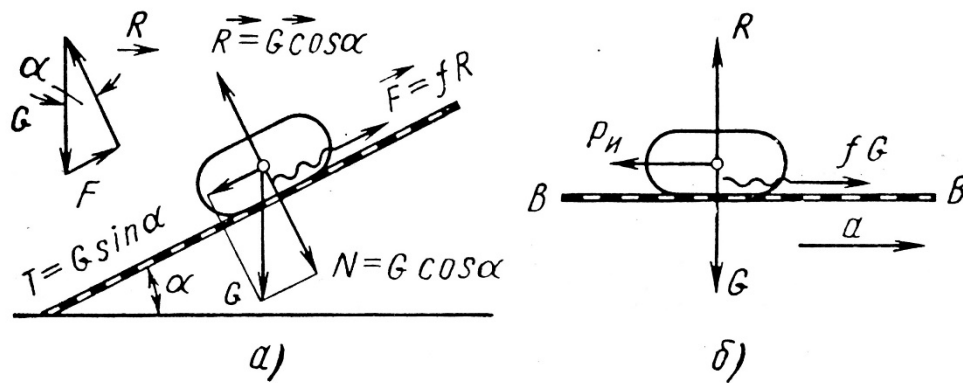


Рисунок 4,2. Розрахункова схема умови руху частинки по сити:

а– рівновага частинки на ситі, нахиленому під кутом α до горизонталі; б — нерівномірний рух частинки по сити

При рівноприскореному русі частинки із збільшенням t зростає v , яка може досягти великих значень.

Отже, при $v_0 = 0$:

$$v = g \cdot t \cdot (\sin \alpha - f \cdot \cos \alpha). \quad (4.10)$$

Нерухомі похилі сита малопродуктивні. Тому в даний час їх майже не застосовують, а використовують рухомі плоскі сита, встановлювані під кутом α , який значно менше кута φ .

На таких ситах частинки переміщуються під дією сил, обумовлених нерівномірним рухом самого сита. При нерівномірному русі сита (рис. 4,2, б) з прискоренням a , направленим вправо, сила інерції $P_i = t \cdot a$ направлена вліво.

Очевидно, при $P_i > f \cdot G$ зчеплення частинки з ситом буде порушено, а при $P_i < f \cdot G$ частинка не переміщатиметься по сити

Замінивши в останній нерівності P_i на рівну їй по абсолютному значенню $t \cdot a$, одержимо:

$$t \cdot a < f \cdot G \quad \text{або} \quad a < f \cdot g.$$

Граничне прискорення, при якому сила інерції стає рівній силі тертя, і є критичним прискоренням:

$$a_{кр} = f \cdot g$$

Наведена формула застосовується для випадку ковзання плоских частинок по сити.

Для кулястих частинок:

$$a_{кр} = \frac{k}{r} \cdot g$$

де k – коефіцієнт тертя ковзання, см;

r – радіус частинки, см.

Визначення швидкості, прискорення та сили інерції решета при його русі за гармонічним законом

На рис. 4.3 представлена схема кривошипно-шатунного механізму, що застосовується для приведення в рух решета.

Визначимо аналітично переміщення, швидкість та прискорення решета, приймаючи кут повороту кривошипа:

$$\alpha = \omega \cdot t,$$

Після повороту кривошипу радіуса r на кут $\alpha = \omega \cdot t$ сито перейде із позиції a – a до позиції a_1 – a_1 .

Переміщення s решета, яке ми вважаємо прямолінійним, становитиме:

$$s = aa_1 = A_1 C = A_1 D - CD = r \cdot (1 - \cos \alpha) - L \cdot (1 - \cos \beta) \quad (4.11)$$

де β – кут до горизонталі шатуна, який має довжину L .

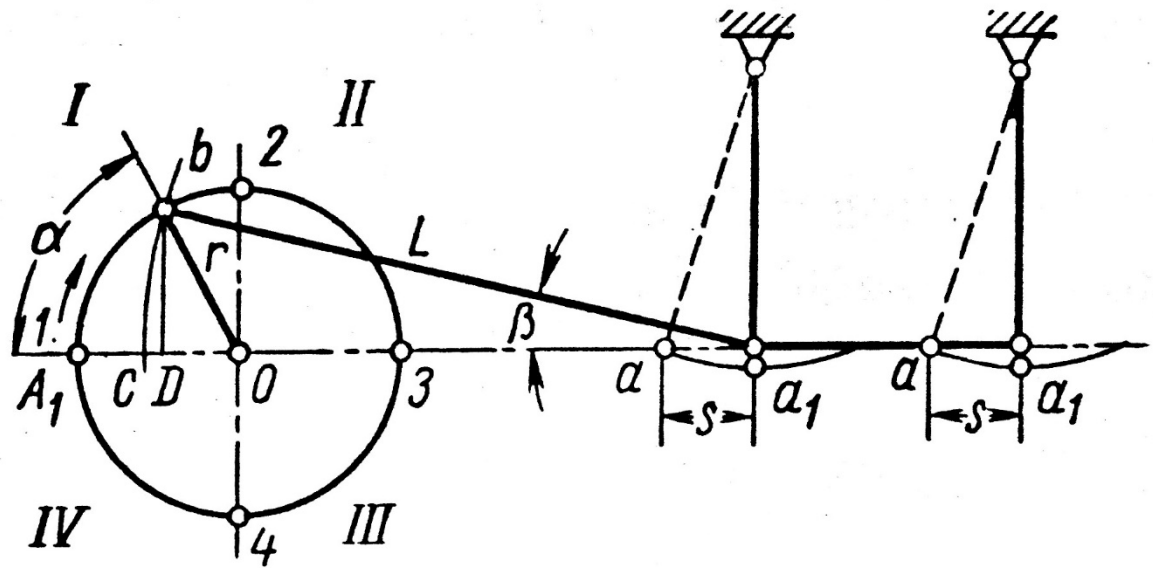


Рисунок 4.3 – Схема кривошипно-шатунного механізму для передачі руху сити

Із співвідношення:

$$b \cdot D = r \cdot \sin \alpha = L \cdot \sin \beta$$

знаходимо:

$$\sin \beta = \frac{r}{L} \sin \alpha .$$

Найбільший кут відхилення шатуна від горизонталі:

$$\beta_{\max} = \arcsin\left(\frac{r}{L}\right)$$

буде при $\alpha = \frac{\pi}{2},$

тобто коли кривошип займає вертикальне положення (точки 2, 4), перпендикулярне лінії Оа.

Враховуючи, що:

$$\cos \beta = \sqrt{1 - \sin^2 \beta} = \sqrt{1 - \left(\frac{r}{L} \sin \alpha\right)^2}$$

знаходимо

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

Оскільки переміщення сита відлічується від крайнього лівого і правого положень, можна умовно прийняти:

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

Розклавши вираз $\left[\sqrt{1 - \left(\frac{r}{L} \sin \alpha \right)^2} \right]$ в ряд Тейлора, можна виразити його у

такому вигляді:

$$\left[1 - \left(\frac{r}{L} \sin \alpha \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} = 1 - \frac{1}{2} \left(\frac{r}{L} \sin \alpha \right)^2 - \frac{1}{8} \left(\frac{r}{L} \sin \alpha \right)^4 - \dots$$

В ситових сепараторах, в яких для створення кінематичного жорсткого зв'язку між двигуном і корпусом сита застосовують кривошипно-шатунний механізм, переважно значення $\frac{r}{L} \leq \frac{1}{50}$. При максимальних значеннях:

$$\frac{r}{L} = \frac{1}{50} \text{ та } \alpha = \frac{\pi}{2}$$

значення вказаного біноміального ряду становитиме:

$$\sqrt{1 - \left(\frac{r}{L} \sin \alpha \right)^2} = 1 - 0,0002 - 0,00000002 - \dots \approx 1$$

Отже з достатньою для практичних цілей точністю можна вважати, що:

$$s = r \cdot (1 - \cos \alpha) = r \cdot (1 - \cos(\omega \cdot t)) \quad (4.12)$$

і сито рухається за гармонійним законом.

Шлях, прохідний ситом при переміщенні з лівого крайнього в праве крайнє положення (під час переходу цапфи кривошипа з положення 1 в положення 3), дорівнює:

$$s = 2r.$$

Диференціюючи вираз (V-6), знаходимо швидкість руху сита, яка є циклометричною функцією часу:

$$v_a = \frac{ds}{dt} = \omega \cdot r \cdot \sin(\omega \cdot t) = v_g \sin \omega \cdot t. \quad (4.13)$$

При числі оборотів кривошипа в хвилину n шлях, пройдений ситом в хвилину, буде рівний $2sn$. Враховуючи, що :

$$v_g = \frac{\pi \cdot r \cdot n}{30}$$

середня швидкість руху сита буде:

$$v_a = \frac{2 \cdot s \cdot n}{60} = \frac{2}{\pi} \cdot v_g \approx 0.64 v_g.$$

Прискорення сита можна знайти, диференціюючи вираз (4.13):

$$a_a = \frac{dv_a}{dt} = \omega^2 \cdot r \cdot \cos(\omega \cdot t) = a_g \cdot \cos(\omega \cdot t) \quad (4.14)$$

Для надання системі вказаного коливального руху згідно рівнянню (4.10) потрібну потужність можна, нехтуючи масою шатуна, виразити приблизно наступною формулою (кВт):

$$N = \frac{P_i \cdot v_a}{1020}, \quad (4.15)$$

де $P_u = m \cdot \omega^2 \cdot r \cdot \cos \alpha$, (Н)

і $v_a = \omega \cdot r \cdot \sin \alpha$

Отже:

$$N = \frac{m \cdot \omega^2 \cdot r^2 \cdot \sin 2\alpha}{2 \cdot 1020} \quad (4.16)$$

де $\alpha = \omega \cdot t$.

Максимальна потрібна потужність отримується при $\sin(2\alpha) \approx 1$, тобто при кутах α , що дорівнюють 45; 135; 225; 315°:

$$N_{\max} = \pm \frac{m \cdot \omega^2 \cdot r^2}{2040}.$$

Оскільки потужність змінюється за законом синусоїди, середнє значення її дорівнює:

$$N = \frac{2}{\pi} N_{\max} . \quad (4.17)$$

На рис. 4.4 представлені графіки зміни переміщення s_a , швидкості v_a , прискорення a , сил інерції сита P_i та потужності N залежно від значення кута повороту кривошипа $\omega \cdot t$.

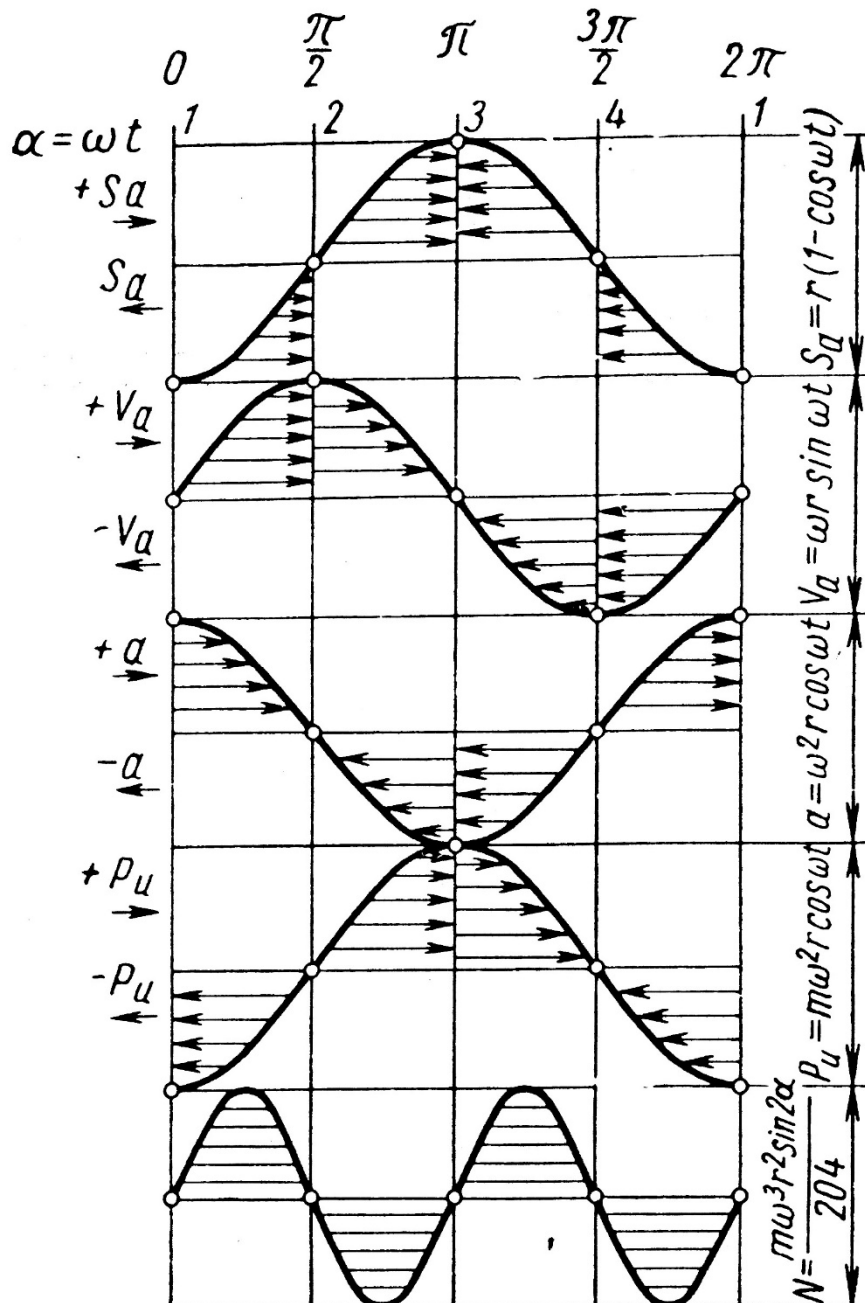


Рисунок 4.4 – Графік зміни переміщення, швидкості, прискорення, сил інерції сита та потужності в залежності від кута повороту кривошипа

На рис. 4.5 показані напрямки швидкостей та прискорень при положеннях кривошипа в різних квадрантах.

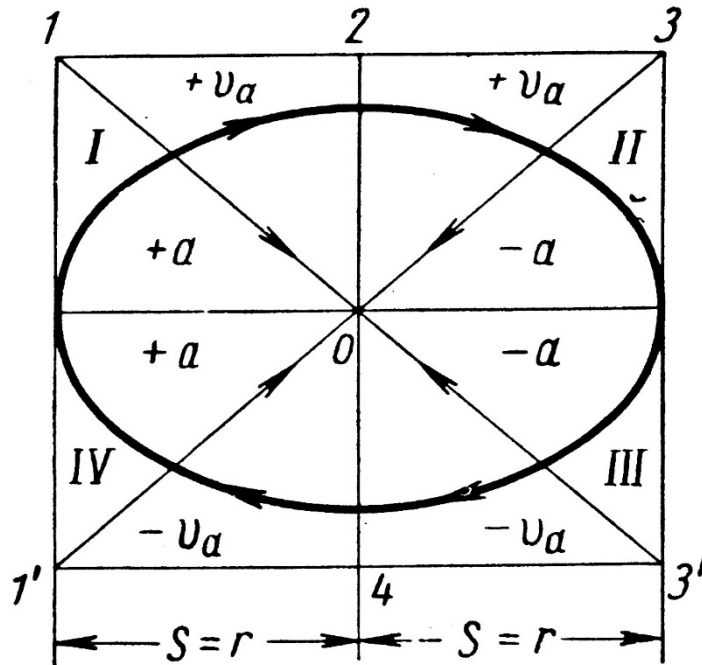


Рисунок 4.5 – Напрямки швидкостей та прискорень при положеннях кривошипа в різних квадрантах

Якщо кривошип знаходиться в квадрантах II і III, то сила інерції направлена вправо, якщо кривошип знаходиться в квадрантах I і IV, вона направлена вліво (рис. 4.5).

Рух частинок по рухомому похилому, сити

На рис. 4.6 представлені кінематичні схеми, що застосовуються для приводу решітних корпусів від кривошипно-шатунних механізмів: а - нахилене решето з коливаннями вздовж горизонтальної прямої; б - горизонтальне решето з коливаннями вздовж похилої прямої; в - нахилене решето з коливаннями вздовж похилої прямої.

Найчастіше використовують машини з нахиленими решетами, що здійснюють коливання вздовж горизонтальної прямої.

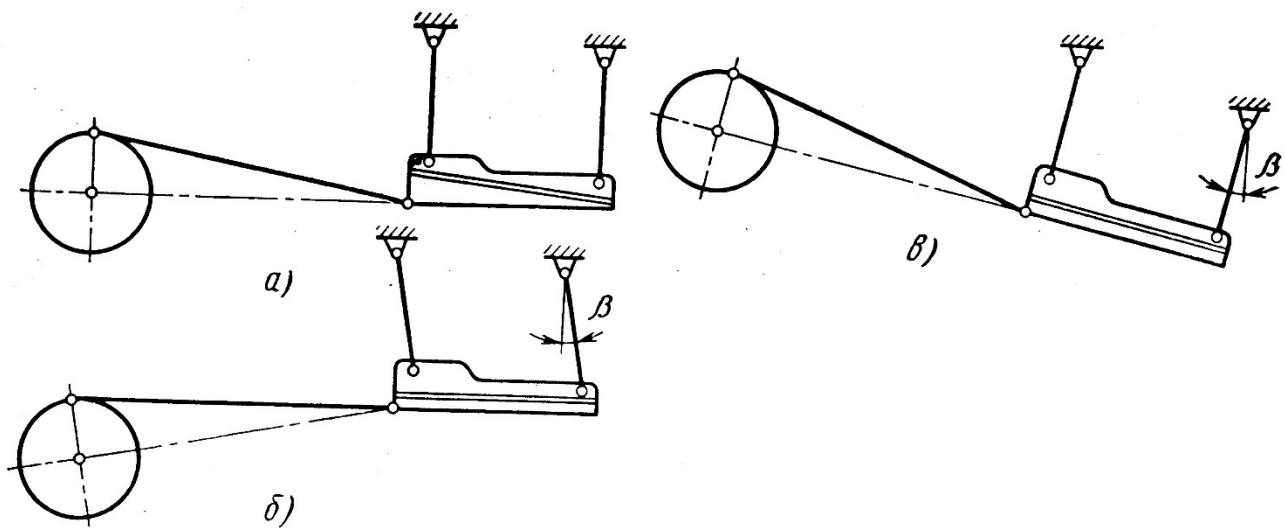


Рисунок 4.6 – Кінематичні схеми приводу решітних корпусів розсійних машин: а – нахилене решето з коливаннями вздовж горизонтальної прямої; б – горизонтальне решето з коливаннями вздовж похилої прямої; в – нахилене решето з коливаннями вздовж похилої прямої

На рис 4.7 зображено два положення а і б нахилоного решета на підвісках АВ і А1В1 з коливаннями вздовж горизонтальної прямої при розташуванні кривошипа в квадрантах І і ІІ.

Визначимо умови для переміщення часточок, коли кривошип перебуває в квадранті І та обертається за годинниковою стрілкою (рис. V-6, а). При нерівномірному русі решета ВВ1 з прискоренням a , спрямованим вправо, виникає сила інерції, спрямована протилежно до прискорення, тобто вліво. Крім того, часточка перебуватиме під впливом сили тяжіння G і сили тертя F до решета. Силу G можна розкласти на два компоненти, з яких $G \times \sin \alpha$ діє вниз по нахилу решета, і $G \times \cos \alpha$, яка притискає часточку до решета.

Далі приймаємо, що напрямок сили інерції P_i збігається з середнім положенням шатуна. Це припустимо при $\frac{r}{L} \leq \frac{1}{50}$.

Сила P_i розкладається на:

Перпендикулярну до сита силу P_{iH} :

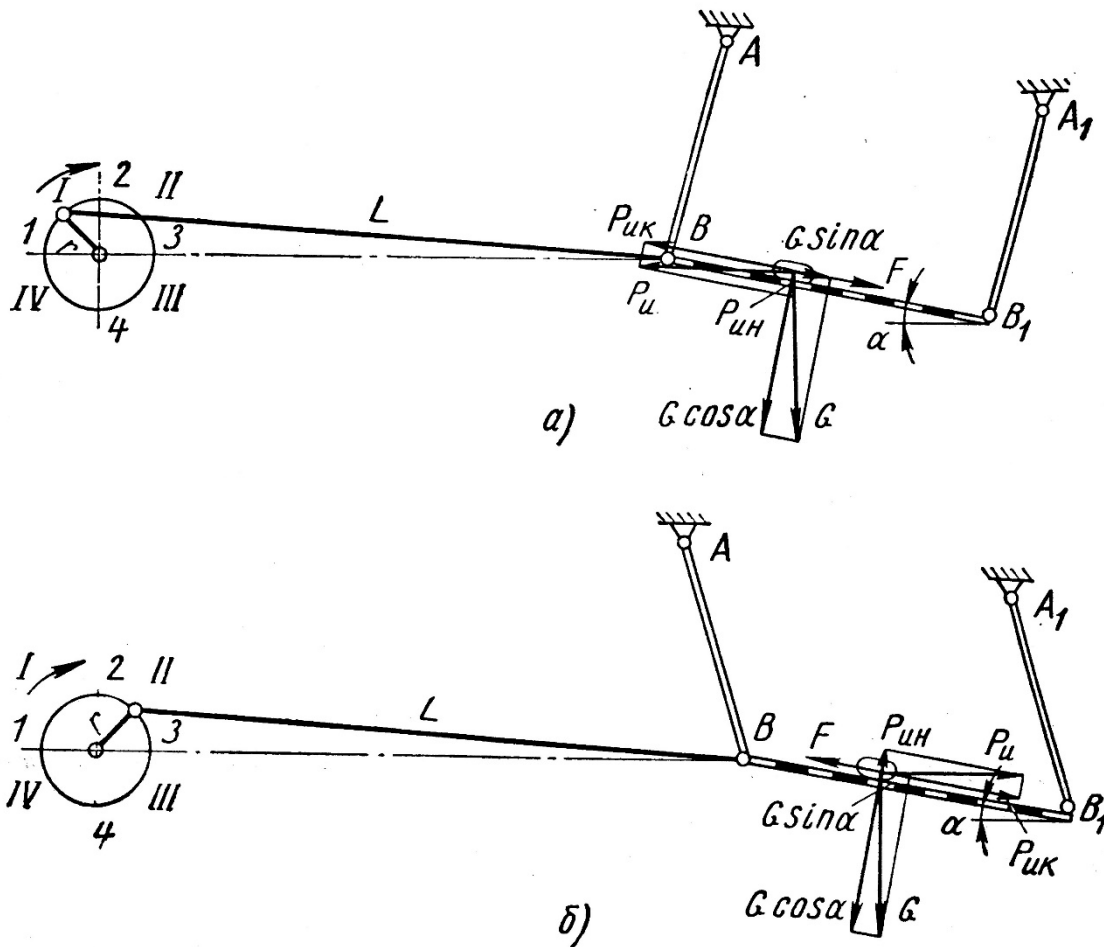


Рисунок 4.7 – Рух часточки продукту на нахиленому решеті з горизонтальними коливаннями: а – при розташуванні кривошипа в квадранті I; б – при розташуванні кривошипа в квадранті II

$$P_{iH} = P_i \cdot \sin \alpha$$

та паралельну сити P_{iK} :

$$P_{iK} = P_i \cdot \cos \alpha.$$

Часточка ітиме вгору, якщо рушійна сила $P_i \cdot \cos \alpha - G \cdot \sin \alpha$ буде більшою за силу тертя $F = f \cdot (G \cdot \cos \alpha + P_i \cdot \sin \alpha)$.

Для визначення швидкості переміщення частинки вгору складемо диференціальне рівняння, що характеризує відносний рух частинки по площині сита:

$$m \frac{dv}{dt} = (P_i \cdot \cos \alpha - G \cdot \sin \alpha) - f \cdot (G \cdot \cos \alpha + P_i \cdot \sin \alpha)$$

або

$$m \frac{dv}{dt} = P_i \cdot (\cos \alpha - f \cdot \sin \alpha) - G \cdot (f \cdot \cos \alpha + \sin \alpha) \quad (4.18)$$

Розділивши обидві частини на t , одержимо:

$$\frac{dv}{dt} = a \cdot (\cos \alpha - f \cdot \sin \alpha) - g \cdot (f \cdot \cos \alpha + \sin \alpha), \quad (4.19)$$

де $\frac{dv}{dt}$ – прискорення частинки при відносному русі її по ситу вгору.

Перетворюючи цю формулу, одержимо:

$$\left(\frac{1}{\cos \alpha - f \cdot \sin \alpha} \right) \cdot \frac{dv}{dt} = a - g \cdot \frac{f \cdot \cos \alpha + \sin \alpha}{\cos \alpha - f \cdot \sin \alpha} = a - g \cdot \operatorname{tg}(\varphi + \alpha), \quad (4.20)$$

$$\text{оскільки: } f = \operatorname{tg} \varphi \quad \text{і} \quad \frac{\operatorname{tg} \varphi \cdot \cos \alpha + \sin \alpha}{\cos \alpha - \operatorname{tg} \varphi \cdot \sin \alpha} = (\varphi + \alpha),$$

де φ – кут тертя частинки.

Позначивши величину $\frac{1}{\cos \alpha - f \cdot \sin \alpha}$ через A і підставивши замість

прискорення a його значення: $\omega^2 \cdot r \cdot \cos(\omega \cdot t)$ отримаємо:

$$A \cdot \frac{dv}{dt} = \omega^2 \cdot r \cdot \cos(\omega \cdot t) - g \cdot \operatorname{tg}(\varphi + \alpha). \quad (4.26)$$

Для руху частинки вгору по ситу необхідно, щоб:

$$\frac{dv}{dt} > 0$$

$$\text{або} \quad \omega^2 \cdot r \cdot \cos(\omega \cdot t) > g \cdot \operatorname{tg}(\varphi + \alpha).$$

Величина $\cos(\omega \cdot t)$ буде максимальною, тобто дорівнювати одиниці, коли кінець кривошипа знаходиться в точках 1 або 3. Переміщення частинки по ситу стане можливим, коли

$$\omega^2 \cdot r > g \cdot \operatorname{tg}(\varphi + \alpha),$$

звідки
$$\omega > \sqrt{\frac{g}{r} \cdot \operatorname{tg}(\varphi + \alpha)}, \text{ рад/с.}$$

Замінивши ω значенням $\frac{\pi \cdot n}{30}$ де n – число оборотів в хвилину, одержимо:

$$\frac{\pi^2 \cdot n^2}{30^2} \cdot r = g \cdot \operatorname{tg}(\varphi + \alpha). \quad (4.27)$$

Приймаючи $\pi^2 \approx g$ і розділивши обидві частини нерівності на цю величину, отримуємо значення n :

$$n > 30 \cdot \sqrt{\frac{\operatorname{tg}(\varphi + \alpha)}{r}} \text{ об/хв}, \quad (4.28)$$

де r – радіус кривошипа, м.

Число оборотів кривошипа, при якому частинка почне переміщатися вгору, можна умовно прийняти рівним:

$$n_B = 30 \cdot \sqrt{\frac{\operatorname{tg}(\varphi + \alpha)}{r}}, \text{ об/хв}. \quad (4.29)$$

Визначимо тепер умови для переміщення частинки, якщо кривошип знаходиться в квадранті II (рис. 4.7, б).

Силу G можна розкласти, як і у попередньому випадку, на дві складові:

$$G \cdot \sin \alpha \quad \text{і} \quad G \cdot \cos \alpha.$$

Силу інерції P_i можна розкласти на складові сили:

силу P_{iH} , яка перпендикулярна сити і направлена вгору і намагається відділити частинки від сита:

$$P_{iH} = P_i \cdot \sin \alpha$$

та силу P_{iK} , яка паралельна дотичній до поверхні сита і діє вниз по нахилу:

$$P_{iK} = P_i \cdot \cos \alpha.$$

Для визначення величини прискорення, при якому частинка зможе рухатися вниз, складемо рівняння відносного руху частинки по площині сита:

$$m \frac{dv}{dt} = (P_i \cdot \cos \alpha + G \cdot \sin \alpha) - f \cdot (G \cdot \cos \alpha - P_i \cdot \sin \alpha) \quad (4.30)$$

звідки

$$\frac{dv}{dt} = a \cdot (\cos \alpha + f \cdot \sin \alpha) - g \cdot (f \cdot \cos \alpha - \sin \alpha), \quad (4.31)$$

де $\frac{dv}{dt}$ – прискорення частинки при русі її по сити вниз.

Провівши подібно (V-15) спрощення останнього рівняння, одержимо:

$$\left(\frac{1}{\cos \alpha + f \cdot \sin \alpha} \right) \cdot \frac{dv}{dt} = a - g \cdot \frac{f \cdot \cos \alpha - \sin \alpha}{\cos \alpha + f \cdot \sin \alpha} = a - g \cdot \operatorname{tg}(\varphi - \alpha). \quad (4.32)$$

Позначивши в даному випадку $\frac{1}{\cos \alpha + f \cdot \sin \alpha}$ через отримаємо:

$$B \cdot \frac{dv}{dt} = \omega^2 \cdot r \cdot \cos(\omega \cdot t) - g \cdot \operatorname{tg}(\varphi - \alpha). \quad (4.33)$$

Для руху частинки вгору по сити необхідно, щоб:

$$\omega^2 \cdot r \cdot \cos(\omega \cdot t) > g \cdot \operatorname{tg}(\varphi - \alpha). \quad (4.34)$$

Отже, $\omega > \sqrt{\frac{g}{r} \cdot \operatorname{tg}(\varphi - \alpha)}$, рад/с.

Провівши перетворення аналогічні з (V-16) і (V-17), одержимо:

$$\begin{aligned} n &> 30 \cdot \sqrt{\frac{\operatorname{tg}(\varphi - \alpha)}{r}} \text{ об/хв,} \\ n_H &= 30 \cdot \sqrt{\frac{\operatorname{tg}(\varphi - \alpha)}{r}}, \text{ об/хв;} \end{aligned} \quad (4.35)$$

де n_H – число оборотів кривошипа, при якому частинка почне переміщатися вниз.

Визначимо умову відділення частинки вгору, яке відбудеться при

$$P_{iH} > G \cdot \cos \alpha.$$

При цьому частинки відділяться від сита і не просіюються через нього. Щоб уникнути такого явища необхідно, щоб

$$G \cdot \cos \alpha \geq P_{iH}$$

або
$$G \cdot \cos \alpha \geq P_i \cdot \sin \alpha.$$

Замінивши в останній нерівності

$$\begin{aligned}
G &= m \cdot g, & P_i &= m \cdot a, \\
a &= \omega^2 \cdot r, & \omega &= \frac{\pi \cdot n}{30}, \text{ одержимо} \\
\alpha &\leq \frac{g}{tg \alpha}
\end{aligned} \tag{4.36}$$

$$\text{або} \quad \omega \leq \sqrt{\frac{g}{r \cdot tg \alpha}}, \text{ рад/с}; \quad n_n \leq \frac{30}{\sqrt{r \cdot tg \alpha}}, \text{ об/хв.}$$

Таким чином,

$$n_n = \frac{30}{\sqrt{r \cdot tg \alpha}}, \text{ об/хв}, \tag{4.37}$$

де n_n – граничне число оборотів кривошипа в хвилину, при якому частинка не відділиться від сита.

Аналогічно можна визначити значення всіх параметрів, коли кривошип знаходиться в точках 2 і 4 і в квадрантах III і IV.

Для просівання необхідно, щоб зернова маса ковзала по ситі вгору і вниз, не відриваючись від нього. Дійсне число оборотів кривошипного валу повинне бути обмежене наступними межами:

$$n_H > n > n_B, \tag{4.38}$$

оскільки n_B завжди більше n_H .

Таким чином, число оборотів кривошипа залежить від радіусу кривошипа, вираженого в метрах, кута нахилу сита в градусах і коефіцієнта тертя продукту до матеріалу сита і може бути визначене за формулою (4.38), з врахуванням формул (4.29), (4.35), (4.37).

Аналогічно можна визначити основні параметри і для інших плоских сит.

Для горизонтальних сит з коливаннями уздовж похилої прямої:

$$\begin{aligned}
\omega_H &= \sqrt{\frac{g \cdot f}{r \cdot (\cos \beta + f \cdot \sin \beta)}} \text{ рад/с}; \\
n_H &= 30 \sqrt{\frac{f}{r \cdot (\cos \beta + f \cdot \sin \beta)}} \text{ об/хв};
\end{aligned} \tag{4.39}$$

$$\omega_B = \sqrt{\frac{g \cdot f}{r \cdot (\cos \beta - f \cdot \sin \beta)}}, \text{ рад/с};$$

$$n_B = 30 \sqrt{\frac{f}{r \cdot (\cos \beta - f \cdot \sin \beta)}}, \text{ об/хв}; \quad (4.40)$$

$$\omega_B = \sqrt{\frac{g}{r \cdot \sin \beta}}, \text{ рад/с};$$

$$n_n = 30 \sqrt{\frac{1}{r \cdot \sin \beta}} \text{ об/хв}; \quad (4.41)$$

β – кут нахилу підвіски до вертикалі (рис. 4.6, б і в).

Для похилих сит з коливаннями уздовж похилої прямої при $\beta = \alpha$

$$\omega_H = \sqrt{\frac{g \cdot \sin(\varphi - \alpha)}{r \cdot \cos \varphi}} \text{ рад/с};$$

$$n_H = 30 \sqrt{\frac{\sin(\varphi - \alpha)}{r \cdot \cos \varphi}} \text{ об/хв}; \quad (4.42)$$

$$\omega_B = \sqrt{\frac{g \cdot \sin(\varphi + \alpha)}{r \cdot \cos \varphi}}, \text{ рад/с};$$

$$n_B = 30 \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \alpha)}{r \cdot \cos \varphi}}, \text{ об/хв}. \quad (4.43)$$

Відділення частинок від сита в даному випадку не буде, оскільки нормальна складова сили інерції рівна нулю.

Наведені міркування відносяться до руху однієї частинки по похилій або горизонтальній площині з коливаннями уздовж горизонтальної або похилої прямої. Дослідження процесів просіювання показали, що при виборі кінематичних параметрів сит для зернових сумішей можна орієнтуватися на умови руху однієї частинки.

Формули (4.29), (4.35), (4.37) (4.38), (4.39) – (4.43) дозволяють визначати та узгоджувати основні кінематичні параметри просіювальних механізмів з похилими ситами: число оборотів кривошипа, радіус кривошипа, кут нахилу сита і коефіцієнта тертя продукту до матеріалу сита.

4.2 Аналіз отриманих результатів дослідження ефективності роботи лушильно-шліфувальної машини А1-ЗШН-3

Як було зазначено в розділі 2, основними показниками ефективності лушіння в круп'яному виробництві є коефіцієнти лушіння і цілісності ядра. Для оцінки ефективності роботи лушильно-шліфувальної машини А1-ЗШН-3 за цими показниками в залежності від тривалості обробки були проведені дослідження згідно методики описаної в п. 2. Дослідження проводилося на першій стадії обробки ячменю в технологічному процесі виробництва крупи. Результати розрахунків наведено в таблиці 4.1. та на рис. 4.9.

Таблиця 4.1 – Результати експериментальних досліджень ефективності роботи лушильно-шліфувальної машини А1-ЗШН-3 до модернізації

Час обробки, с	Кількість нелущеного зерна в суміші до обробки, %	Кількість лушеного зерна в суміші після процесу лушіння, %	Коефіцієнт лушіння	Вихід цілого ядра, %	Вихід дробленого ядра, %	Вихід мучки, %	Коефіцієнт цілісності ядра
6	99,8	75,01	24,84	87	1	5	0,94
8	99,8	64,89	34,98	83,5	1,5	8,1	0,90
10	99,8	52,5	47,39	79	2	11,9	0,85
12	99,8	50,12	49,78	71,6	2,4	19,2	0,77
14	99,8	48,23	51,67	70,4	2,6	20,1	0,76
16	99,8	47,3	52,61	69,3	2,7	20,8	0,75
18	99,8	45,6	54,31	68,2	2,8	21,8	0,73
20	99,8	41,16	58,76	67,1	2,9	23,2	0,72
22	99,8	40,03	59,89	66,4	3	23,9	0,71

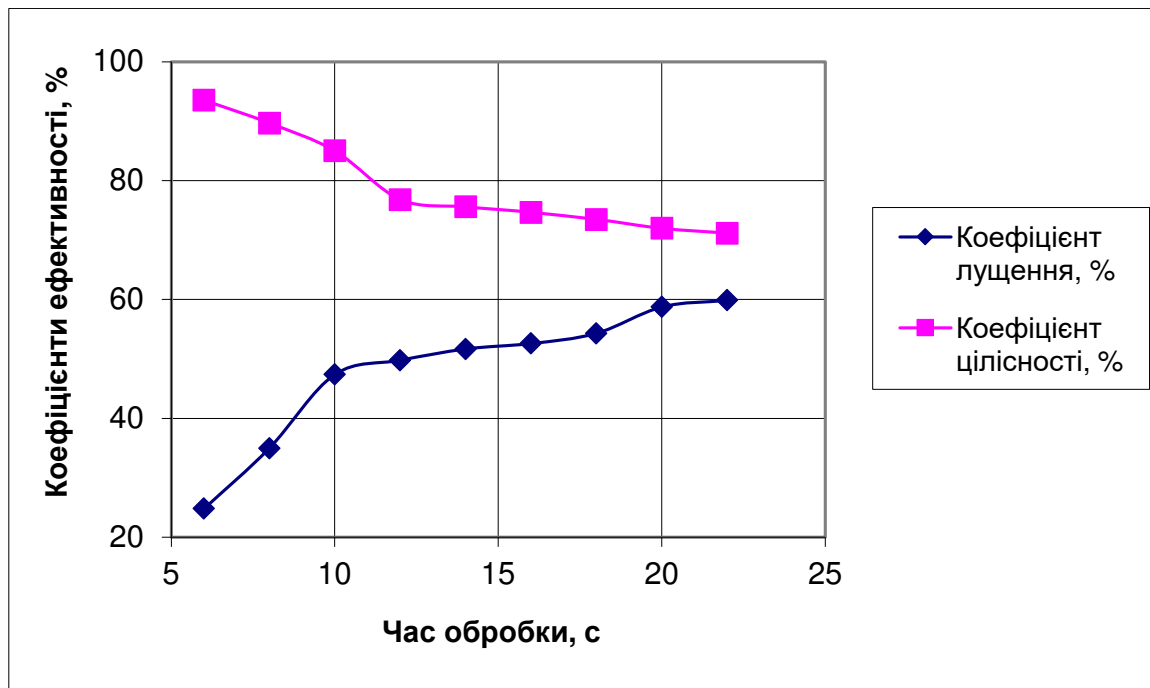


Рисунок 4.9 – Графічне представлення експериментальних досліджень ефективності роботи луцильно-шліфувальної машини А1-ЗШН-3 до модернізації

Таблиця 4.2. – Очікувані показники ефективності роботи луцильно-шліфувальної машини А1-ЗШН-3 після встановлення просіювального блоку

Час обробки, с	Кількість нелущеного зерна в суміші до обробки, %	Кількість лушеного зерна в суміші після процесу луцення, %	Коефіцієнт луцення	Вихід цілого ядра, %	Вихід дробленого ядра, %	Вихід мучки, %	Коефіцієнт цілісності ядра
6	99,8	75,01	24,84	87	1	5	0,94
8	99,8	64,89	34,98	83,5	1,5	8,1	0,90
10	99,8	52,5	47,39	79	2	11,9	0,85
12	99,8	50,12	49,78	71,6	2,4	19,2	0,77
14	99,8	48,23	51,67	70,4	2,6	20,1	0,76
16	99,8	47,3	52,61	69,3	2,7	20,8	0,75
18	99,8	45,6	54,31	68,2	2,8	21,8	0,73
20	99,8	41,16	58,76	67,1	2,9	23,2	0,72
22	99,8	40,03	59,89	66,4	3	23,9	0,71

В результаті оснащення лушильно-шліфувальної машини А1-ЗШН-3 просіювальним блоком відбувається зміна показників ефективності її роботи. На коефіцієнт лушення встановлення просіювального блоку не впливає, оскільки процес просіювання відбувається після процесу обробки продукту. А ось на коефіцієнт цілісності зерна отриманого після обробки продукту процес просіювання впливає суттєво, оскільки залишає в ньому лише 15-20% дробленого зерна і до 10% кормової мучки.

Розраховані з врахуванням вище наведеного показники ефективності роботи лушильно-шліфувальної машини А1-ЗШН-3 наведено в таблиці 4.2. та на рис. 4.10.

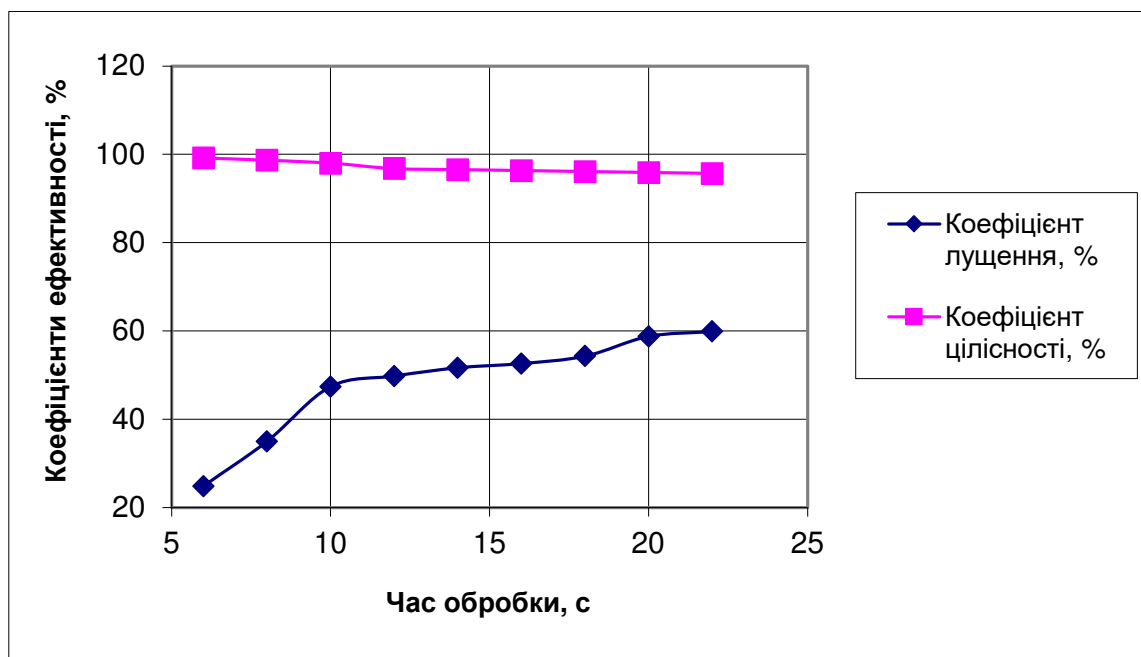


Рисунок 4.10. – Графічне представлення очікуваних показників ефективності роботи лушильно-шліфувальної машини А1-ЗШН-3 після модернізації

4.3. Аналіз отриманих результатів розрахунків основних кінематичних параметрів просіювального блоку лушильно-шліфувальної машини типу А1-ЗШН-3

Перед розробкою конструкції блоку просіювання лушильно-шліфувальної машини типу А1-ЗШН-3 для забезпечення оптимальних параметрів процесу необхідно провести розрахунок його основних кінематичних параметрів. В п. 2.5. було проведено теоретичне дослідження впливу різних чинників на ефективність процесу просіювання та проведено математичне моделювання процесу просіювання продукту на машинах зі поворотно-поступальним рухом. Для визначення оптимальних кінетичних параметрів блоку просіювання лушильно-шліфувальної машини проводимо розрахунок граничних значень числа оборотів кривошипа в залежності від радіусу кривошипа, вираженого в метрах, кута нахилу сита в градусах і коефіцієнта тертя продукту до матеріалу сита. Розрахунки проводимо з використанням програмного продукту Microsoft Excel.

Граничні значення чисел оборотів вала n_B в залежності від кута нахилу сита та ексцентриситету при яких частинка продукту почне переміщатися вгору і процес просіювання буде не ефективним визначаємо за формулою 4.29. Результати розрахунків подаємо на рис. 4.11 та в додатках.

Граничне значення чисел оборотів вала n_H в залежності від кута нахилу сита та ексцентриситету при яких частинка продукту почне переміщатися вниз і процес просіювання буде не ефективним визначаємо за формулою 4.35. Результати розрахунків подаємо на рис. 4.12 та в додатках.

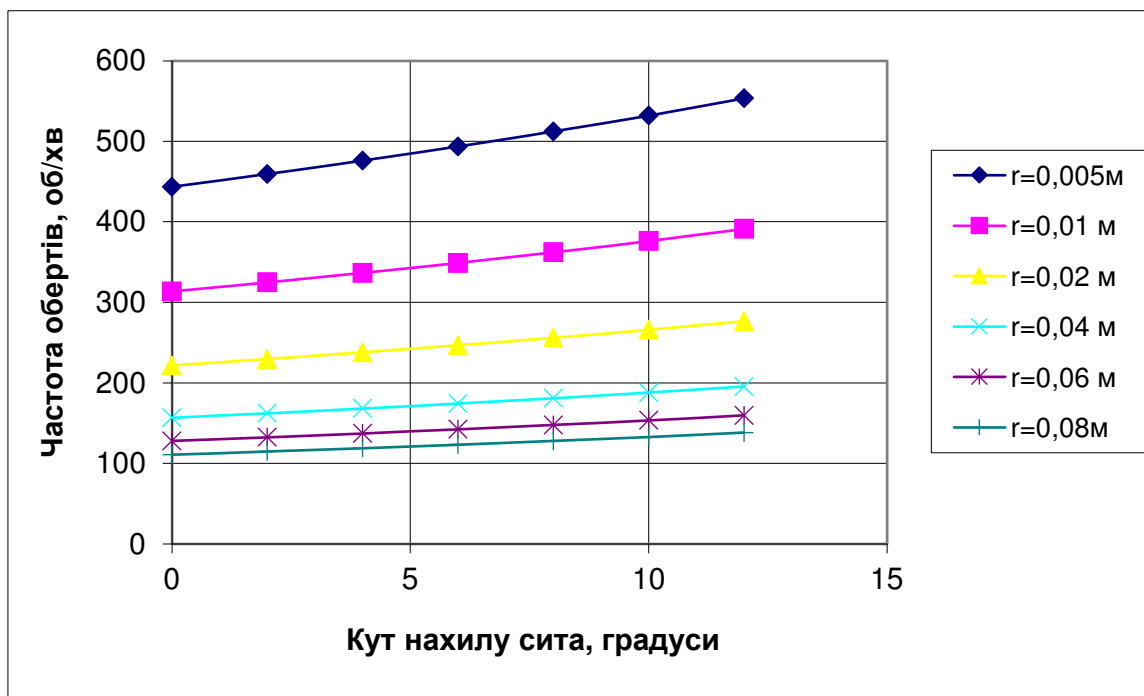


Рисунок 4.11 – Граничні значення оборотів вала при яких частинка почне переміщатися вгору і процес просіювання буде не ефективним в залежності від кута нахилу сита та значення ексцентриситету

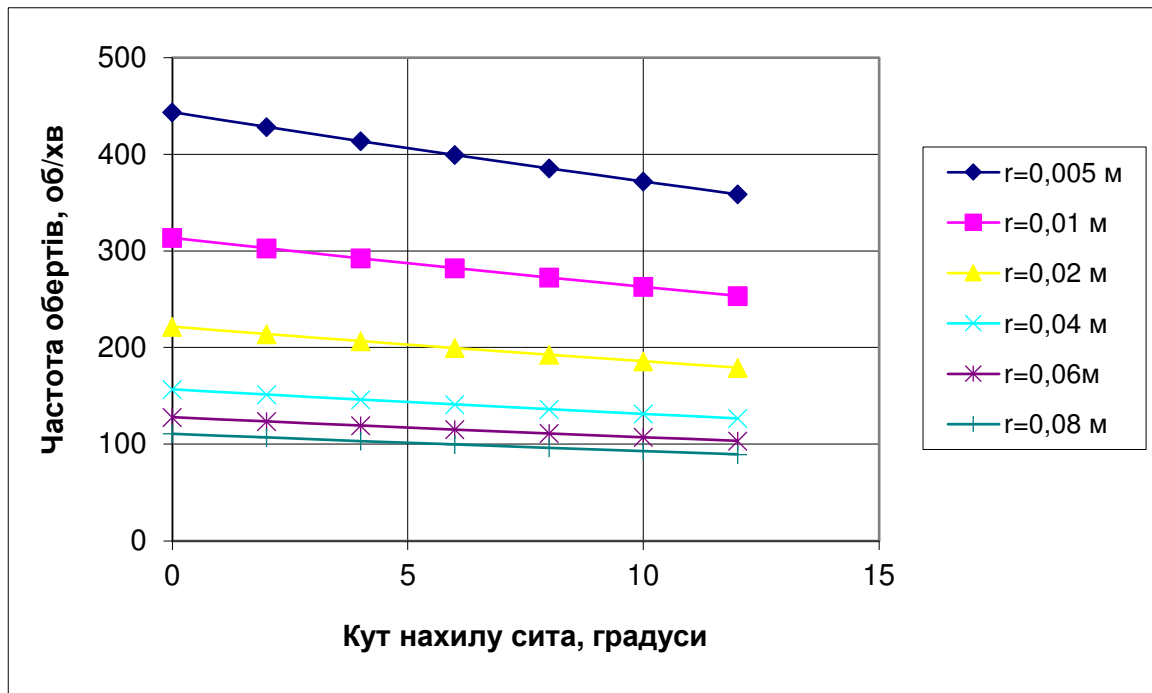


Рисунок 4.12. – Граничні значення оборотів вала при яких частинка почне переміщатися вниз і процес просіювання буде не ефективним в залежності від кута нахилу сита та значення ексцентриситету

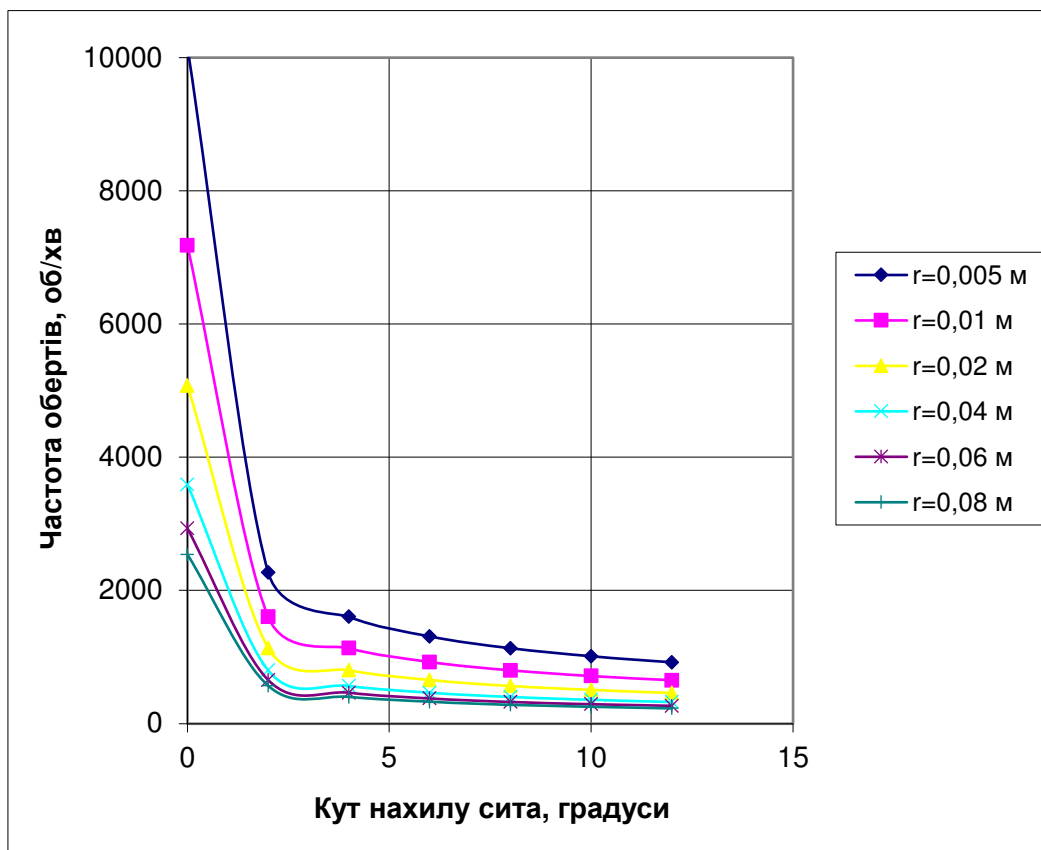


Рисунок 4.13 – Граничні значення оборотів вала при яких частинка почне переміщатися вниз і процес просіювання буде не ефективним в залежності від кута нахилу сита та значення ексцентриситету

Також існує гранична частота обертів вала, при якій процес просіювання відбуватися не буде взагалі. При цьому частинки будуть відділятися від сита і не просіюватимуться через нього. Найбільше число оборотів n_n вала в хвилину, при якому частинка ще не відділиться від сита визначається за формулою (4.37). Результати розрахунків подаємо на рис. 4.13 та в додатках.

При розробці конструкції просіювача зі поворотно-поступальним рухом плоских сит необхідно вибирати кінематичні параметри керуючись залежністю:

$$n_H < n < n_B.$$

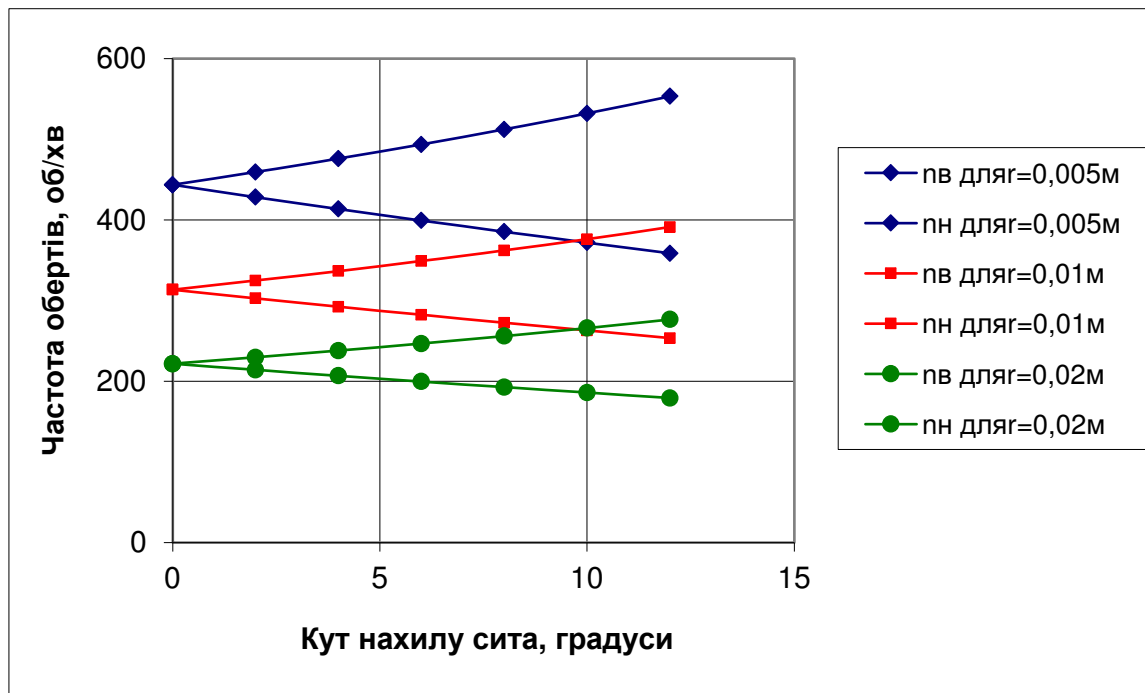


Рисунок 4.14 – Зведені залежності для визначення оптимального числа обертів вала в залежності від кута нахилу сита та розмірів ексцентриситету 5 – 20 мм.

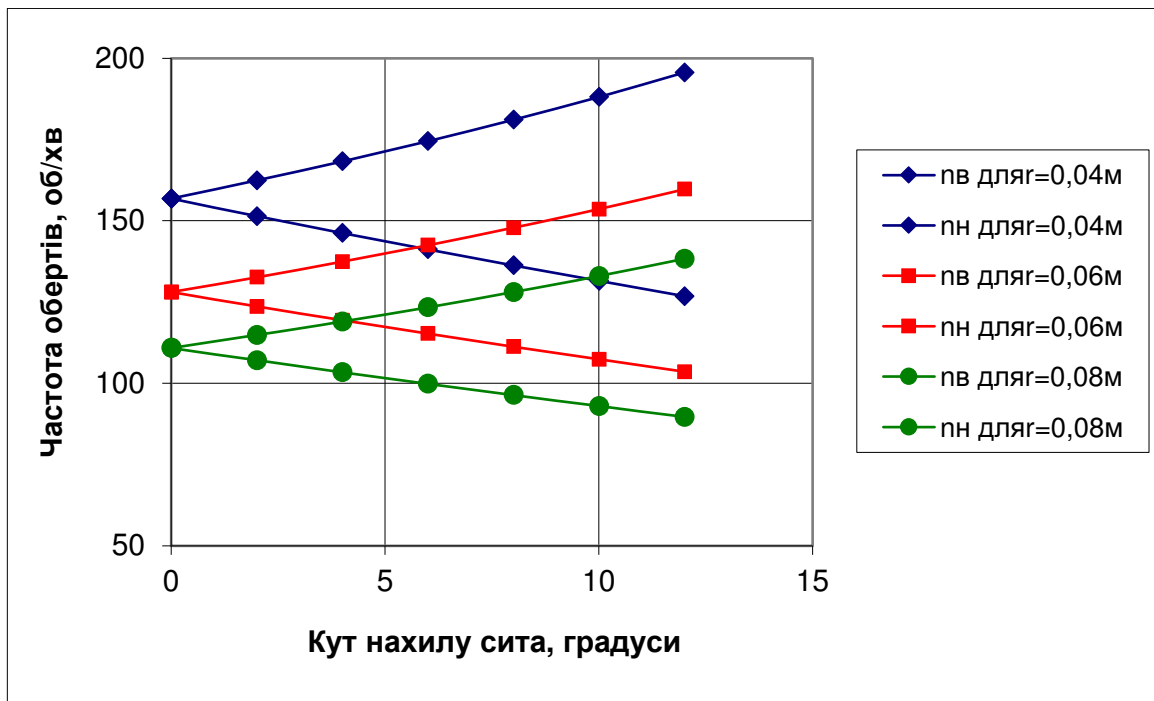


Рисунок 4.15 – Зведені залежності для визначення оптимального числа обертів вала в залежності від кута нахилу сита та розмірів ексцентриситету 40 – 80 мм

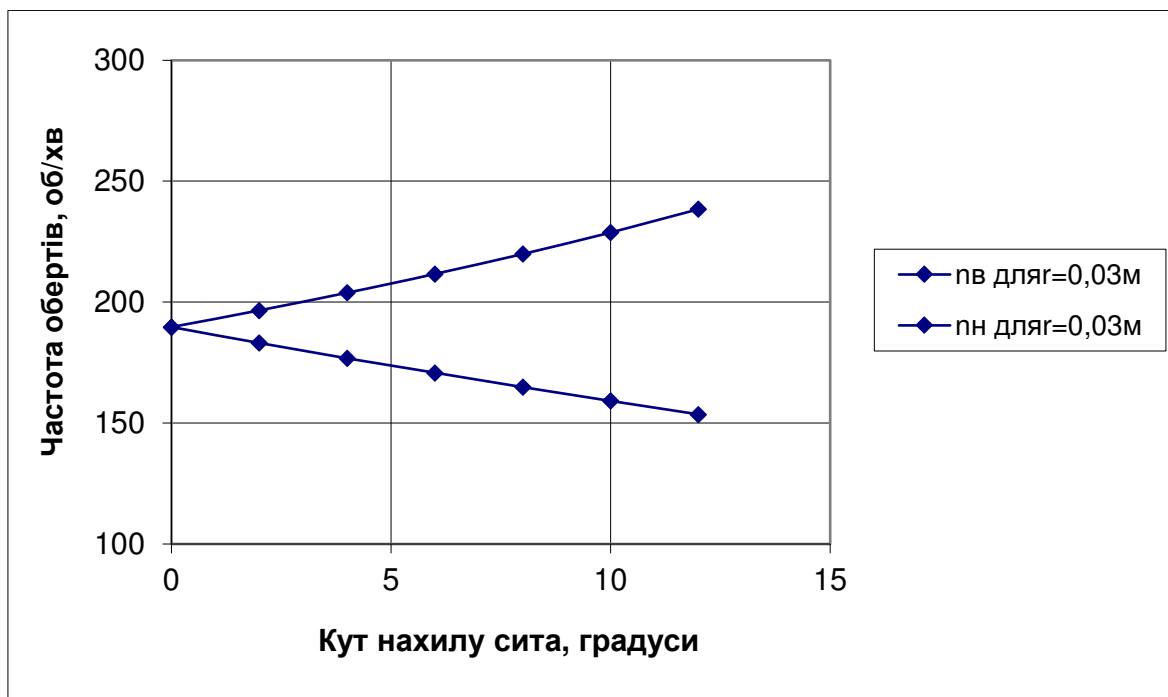


Рисунок 4.16 – Зведені залежності для визначення оптимального числа обертів вала в залежності від кута нахилу сита для розміру ексцентриситету 30 мм та коефіцієнту тертя продукту до сита $f=1.2$

Зведені залежності для визначення оптимального числа обертів вала в залежності від кута нахилу сита та розміру ексцентриситету подані на рисунках 4.14, 4.15.

Виходячи з проведеного аналізу кінематичної схеми просіювального блоку та проведених розрахунків, а також мінімалізації розмірів конструкції було прийнято ексцентриситет 30мм. Проведений розрахунок оптимального числа обертів, результати якого подані на рисунку 4.16. та в додатках.

З рисунку 4.16 приймаємо для кута нахилу сита 6° кількість обертів вала $n=200$ об/хв.

4.4. Рекомендації щодо підвищення ефективності роботи луцильно-шліфувальної машини А1-ЗШН-3

В результаті проведеного аналізу обладнання для луцення та шліфування зерна, основних технологічних процесів, що відбуваються при переробці зерноматеріалів та вимог до якості кінцевого продукту з метою підвищення ефективності роботи млина доцільно дообладнати луцильно-шліфувальну машину А1-ЗШН-3 просіювальним блоком зі зворотно-поступальним рухом сита.

До виробленої крупи пред'являють ряд досить високих вимог (п. 1.2.). Це і вирівненість кожного номера, і вміст доброякісного і цілого ядра, і відсутність в кінцевому продукті сторонніх домішок. Тому в процесі луциння використовують неодноразову обробку в луцильно-шліфувальних машинах.

Суміш продуктів, яку отримують після кожного проходу через луцильно-шліфувальні машини, неоднакова за крупністю, містить частинки різної геометричної форми, що значно відрізняються за густиною, питомою масою, геометричними розмірами. Крім того в цю суміш попадають пил і бруд, які були видалені в результаті обробки з бороздок і нерівностей на поверхні зерна.

Подача продукту на наступну стадію обробки без вилучення домішок викликає додаткові затрати (оскільки в робочу зону попадає речовина, яку

переробляти непотрібно) і погіршує його обробку (частинки домішок значно відрізняються за розміром та властивостями від основного продукту і негативно впливають на його обробку). Встановлювати після кожної стадії окрему одиницю просіювального обладнання економічно недоцільно оскільки значно зростають енергетичні затрати на процес обробки, і відповідно, собівартість одиниці продукції.

Для забезпечення оптимальної роботи просіювального блоку проведені теоретичні дослідження процесу просіювання з розробкою методики визначення його оптимальних кінематичних параметрів.

Наукова новизна розробки полягає в теоретичному дослідженні конструкції та роботи луцильно-шліфувальної машини А1-ЗШН-3 з обґрунтування модернізації її шляхом встановлення просіювального блоку.

Практична цінність даної розробки полягає в тому, що її можна використати для оптимізації роботи іншого просіювального обладнання млина. Крім того техніко-економічне обґрунтування та очікувані основні показники ефективності роботи луцильно-шліфувальної машини А1-ЗШН-3 показують доцільність даної розробки для підприємства в цілому.

5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

5.1. Заходи з безпечної експлуатації технологічного обладнання розмольного цеху

Перебіг технологічного процесу виробництва круп забезпечують: бункер-накопичувач, шнековий живильник, дозатор зерна, норія, просіювач, луцильно-шліфувальна машина.

Головною небезпекою, яка виникає при експлуатації бункера є досить висока концентрація дрібнодисперсної фази, що становить небезпеку з точки зору виникнення пожежі. Для усунення її слід заземлити бункер і забезпечити хорошу вентиляцію.

Основним фактором небезпеки при використанні просіювачів є велика імовірність виникнення нештатних ситуацій внаслідок накопичення значного заряду статичної електрики, а також загоряння і вибуху дрібного пилу борошна в повітрі. Тому просіювач слід в обов'язковому порядку заземлити і забезпечити достатню вентиляцію для відведення повітря і завислих частинок. Елементи приводу просіювача закрито кожухами.

При роботі з просіювачем має місце обробка легко електризованих матеріалів, а отже обслуговуючий персонал може перебувати під впливом електростатичного поля (ЕП).

Гранично припустима напруженість ЕП на робочому місці визначається нормами СН 1757- 77.

Гранично припустима напруженість ЕП на робочому місці обслуговуючого персоналу не повинна перевищувати: при впливі до 1 год - 60 В/м, при впливі від 1 год до 9 год – з умови не більше 60 В/м.

При експлуатації [10-12] транспортерів та норій слід забезпечити відсутність фізичного контакту робітників з їх рухомими елементами, що досягається за рахунок встановлення захисних бортиків біля полотна та захисних кожухів на елементах приводу.

При роботі лушильно-шліфувальної машини необхідно виконати наступні правила по техніці безпеки:

1. До роботи допускаються тільки особи, знайомі з принципом дії печі і відповідно проінструктовані;
2. Перед початком роботи необхідно переконатися в справності машини;
3. Чищення і змащування механізму при роботі машини категорично забороняється;
4. Забороняється працювати без огорожі пасових передач;
5. Категорично забороняється працювати без заземлення, машина повинна бути заземлена відповідно до діючих правил і норм;
6. При зупинці лушильно-шліфувальної машини на довгий час або на час ремонту, а також на час перевірки електроустаткування машини необхідно відключити від мережі.

Технологічне обладнання й апаратура цеху виробництва круп [13-14] повинні бути зовні пофарбовані фарбою світлих тонів (крім обладнання, виготовленого чи облицьованого нержавіючим матеріалом), не утримуючих шкідливих домішок. Фарбування посуду й інвентарю фарбами, що містять свинець, кадмій, хром не допускається.

Розміщення технологічного обладнання повинні здійснюється відповідно до технологічної схеми, забезпечувати потоковість технологічного процесу, короткі і прямі гідравлічні комунікації, виключати зустрічні потоки сировини і готової продукції.

При розміщенні обладнання повинні бути дотримані умови, що забезпечують вільний доступ працюючих до нього, проведення санітарного контролю за виробничими процесами, якістю сировини, напівфабрикатів і готової

продукції, а також можливості мийки, збирання і дезінфекції приміщень і обладнання.

Усі частини, що стикаються з сировиною, повинні бути доступні для чищення, миття і дезінфекції.

При проектуванні і монтажі нового обладнання треба забезпечити: основні проходи в місцях постійного перебування працюючих шириною не менше 1,5 м; проходи біля віконних прорізів, доступних з рівня підлоги, або площадки - не менше 1 м; проходи для огляду і регулювання апаратів і приладів - не менше 0,8 м; проходи для огляду трубопроводів і апаратів, які не треба регулювати - не менше 0,7 м; ширина проходів між автоматичними і механізованими лініями (по їх осях) і головних проїздів - не менше 2,4 м. Розриви між окремими машинами, верстатами, ємкостями, розміщеними в одному ряду - не менше 0,35 м.

Освітлення виробничих приміщень повинне відповідати вимогам Сніп "Природне і штучне освітлення. Норми проектування" і "Санітарним вимогам до проектування підприємств переробної промисловості".

У виробничих приміщеннях найбільше прийнятно природне освітлення: світловий коефіцієнт (СК) повинний бути в межах 1:6 - 1:8. У побутових приміщеннях СК повинний бути не менше 1:10. Коефіцієнт природного освітлення (КЕО) повинний бути передбачений з урахуванням характеру праці і зорової напруги.

При недостатнім природному освітленні варто застосовувати штучне освітлення - переважно люмінесцентні лампи. У приміщеннях з важкими умовами чи праці не мають постійних робітників місць варто використовувати лампи накаливання.

Штучне освітлення повинне бути представлене загальним у всіх цехах і приміщеннях, а у виробничих при необхідності - місцевим чи комбінованим.

При розміщені стрічкових, роликів та інших транспортерів треба передбачати проходи між стіною і однією поздовжньою стороною транспортера не менше 0,7 м, а між двома паралельно розміщеними транспортерами - не менше 0,9 м. При цьому з протилежної сторони транспортери при стрічці завширшки до

60 см можна встановлювати впритул до стіни, а при стрічці завширшки понад 60 см роблять розрив від стіни завширшки не менше 0,4 м; при наявності на транспортерах перекидних візків проходи збільшують з врахуванням виступаючої частини візка.

Одними з найбільш поширених на переробних підприємствах небезпечних ситуацій є ситуації, пов'язані з використанням обладнання, яке має рухомі елементи (так звані механічні небезпеки). До механічних відносять небезпечності, які можуть виникнути біля любого об'єкту, здатного спричинити травму в результаті неспровокованого контакту об'єкту або його частини з людиною. До таких небезпечних елементів на заводі в першу чергу відносяться ланцюгові та пасові передачі приводу технологічного обладнання, відкриті зубчаті передачі тощо. Ситуації, пов'язані з механічними небезпечностями нормуються ГОСТами 12.0.003–74, 12.0.002–80, 12.4.125–83 та ін.

Секції агрегатів повинні мати двері, які легко відчиняються, запобіжні прилади, що запобігають травматизму працівників і забезпечують свободу рухів і дій операторів. Для цього монтуються механізми фотоелектричного блокування, що у випадку виникнення перепон на шляху променя світла не дозволяє ввімкнути привід машини.

Найбільш дієвими в такому випадку запобіжними заходами є створення умов, коли небезпечна частина не є легкодоступною (наприклад, закривається кожухом чи кришкою), а також застосування кінцевих електричних контактних датчиків, які припиняють подачу струму у випадку відкриття або демонтажу запобіжної кришки чи кожуха.

Технологічне обладнання, апаратура, посуд, тара, інвентар, плівка і вироби з полімерних і інших синтетичних матеріалів, повинні бути виготовлені з матеріалів, дозволених органами санепідемнагляду для контакту з харчовими продуктами.

Ванни, металевий посуд, спуски, лотки, жолоби і т.д. повинні мати гладкі, внутрішні поверхні, що очищаються легко, без щілин, зазорів, що виступають чи

болтів заклепок, що утрудняють очищення. Варто уникати використання дерева й інших матеріалів, що погано миються і дезінфікуються.

Визначимо необхідний повітрообмін і його кратність для вентиляційної системи дільниці виробництва круп, що має довжину 42 м, ширину 6 м, висоту 4,5 м. У повітряне середовище дільниці виділяється включення у кількості $P = 120$ г/год (для даного виду пилу $\Gamma_{ДК} = 4$ мг/м³), концентрація пилу в робочій зоні $C_{p.з} = 2,8$ мг/м³, у приточному повітрі $C_{п} = 0,3$ мг/м³, концентрація пилу в повітрі, що видаляється з дільниці, дорівнює концентрації в робочій зоні ($C_{yx} = C_{p.з}$), тобто пил рівномірно розподілений у повітрі. Кількість повітря, що забирається з робочої зони місцевим відсмоктуванням, рівна $G_M = 1500$ м³/год.

Об'єм цеху $V = 42 \cdot 6 \cdot 4,5 = 1134$ м³.

2. Необхідний повітрообмін

$$G_{np} = G_M + \frac{W - G_M (C_{p.з} - C_{п})}{C_{p.з} - C_{п}},$$

тобто

$$G_{np} = 1500 + \frac{120000 - 1500(2,8 - 0,3)}{2,8 - 0,3} = 48000 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}$$

Кратність повітрообміну в дільниці

$$K = \frac{G_{np}}{V} = \frac{48000}{1134} = 42,33 \text{ 1/год},$$

тобто за 1 год повітря в дільниці повинно обмінюватися 42,33 рази.

5.2. Безпека у надзвичайних ситуаціях

5.2.1. Вступ

Безпека життєдіяльності (БЖД) наука [15], що вивчає проблеми безпечного перебування людини в довкіллі в процесі різних видів її діяльності (в т.ч. трудової). Вона більш універсальна дисципліна, ніж охорона праці чи цивільна оборона, адже дві останні розглядають лише окремі випадки безпеки в конкретних ситуаціях. Охорона праці цікавиться людиною, яка знаходиться в

умовах виробництва, цивільна оборона – в надзвичайних ситуаціях, а безпека життєдіяльності у всіх життєвих обставинах.

Згідно закону України про Цивільну оборону України (№№ 555-XIV (555-14) від 24.03.99), цивільна оборона України є державною системою органів управління, сил і засобів, що створюється для організації і забезпечення захисту населення від наслідків надзвичайних ситуацій техногенного, екологічного, природного та воєнного характеру.

Систему цивільної оборони складають: органи виконавчої влади всіх рівнів, до компетенції яких віднесено функції, пов'язані з безпекою і захистом населення, попередженням, реагуванням і діями у надзвичайних ситуаціях;

органи повсякденного управління процесами захисту населення у складі міністерств, інших центральних органів виконавчої влади, місцевих державних адміністрацій, керівництва підприємств, установ і організацій незалежно від форм власності і підпорядкування;

фонди фінансових, медичних та матеріально-технічних ресурсів, передбачені на випадок надзвичайних ситуацій;

системи зв'язку, оповіщення та інформаційного забезпечення;

центральний орган виконавчої влади з питань надзвичайних ситуацій та у справах захисту населення від наслідків Чорнобильської катастрофи;

5.2.2. Засоби забезпечення оповіщення персоналу на підприємстві ТОВ “НАДЗБРУЧЧЯ МЛИН”

У надзвичайних ситуаціях у мирний час і в умовах війни обстановка може мінятися досить швидко. У зв'язку з цим від керівництва заводу, робітників, службовців вимагаються злагоджені дії після оповіщення ЦО, а також строге виконання передбачених заходів.

Один з елементів, що забезпечують захист робітників, службовців і заводу в цілому, - надійна система зв'язку й оповіщення. На ОГ зв'язок і оповіщення здійснюються на основі використання загальнодержавної і заводської систем

зв'язку (телефон, телеграф, телетайп, гучномовний і селекторний зв'язок і ін.). Для інформаційного (однобічного) зв'язку застосовуються апаратура радіотрансляційного вузла і сирени, підключені до примусової системи оповіщення району (міста).

У створюваній системі оповіщення повинні враховуватися розміри займаної ОГ території: усі сигнали і розпорядження ЦО повинні бути почуті на будь-якій його ділянці. У місцях підвищеного шуму доцільно встановлювати додаткові сигнальні пристрої (світлосигнальні табло, дзвоники голосного бою, сирени й ін.).

Надійність функціонування різних засобів зв'язку забезпечується їхнім дублюванням, а також завчасним укриттям вузлів зв'язку (комутаторів) у захищених спорудженнях.

Для дублювання подаваних сигналів доцільно законсервувати і при необхідності використовувати в системі оповіщення заводські гудки. Крім того, як дублюючий зв'язок використовується виїзд (вихід) до місця оповіщення посильних (до основних посадових осіб і відповідальних фахівців), вищестоящим керівництвом - виїзд і канали зв'язку системи радіозв'язку ЦО республіки (краю, області).

5.2.3. Організація оповіщення по сигналах ЦО

При оповіщенні використовують наступні сигнали ЦО:

В військовий час:

Повітряна тривога

Відбій повітряної тривоги

Радіаційна небезпека

Хімічна тривога

В мирний час:

Аварія на АЕС

Аварія на хімічному об'єкті

Землетрус

Затоплення

На кожен з даних сигналів розроблена система заходів:

"Повітряна тривога" є сигналом небезпеки ядерного, хімічного і бактеріологічного нападу. Він передається штабом ЦО міста (району) по радіо, телебаченню, а на ОГ - ретрансляційними вузлами і заводськими сигналами. У виробничих і службових приміщеннях сигнал дублюється голосом.

З урахуванням сформованої обстановки по цьому сигналу:

припиняють будь-які роботи і виробничу діяльність у всіх цехах, відділах, службах, на ділянках за винятком компресорної, котельні, служб електро- і водопостачання, ООХР;

укривають персонал працюючої зміни підприємства в притулках і укриттях. В міру заповнення захисні спорудження закривають;

приводять до готовності ПУ(вузол зв'язку), організують на ньому цілодобове чергування облич з числа керівного складу і відповідальних виконавців;

здійснюють безаварійну зупинку чи об'єкта його окремих цехів (виробництв) відповідно до сіткового графіка і з обліком можливого швидкого поновлення роботи;

тимчасово припиняють подачу (підвіз) сировини, по можливості чи припиняють обмежують вивіз готової продукції;

організують захист підприємства, сировини, готової продукції, джерел водопостачання, технологічного й іншого устаткування від радіоактивних і отруйних речовин, а також від бактеріологічних засобів;

керівник заводу вивчає сформовану обстановку, уживає відповідних заходів захисту і рішення про наступну діяльність заводу.

Сигнал "Відбій повітряної тривоги" передається, коли минула безпосередня небезпека нападу чи супротивника напад з повітря закінчився.

По сигналу "Відбій повітряної тривоги":

проводять радіаційну, хімічну, бактеріологічну розвідку території підприємства, будинків і споруджень для установлення виду зараження, ступеня поразки об'єкта, рівня радіації;

підприємство продовжує свою роботу в звичайному порядку, якщо його територія не була заражена і не піддається небезпеки бути зараженою РО, ОВ и БО із сусідніх заражених територій;

усі спорудження і пристрої, призначені для забезпечення ЦО підприємства, приводять до готовності, маючи на увазі можливість нанесення супротивником повторного удару;

при виявленні зараження території і споруджень підприємства РО, ОВ и БО вирішують питання про час виходу людей із притулків (укриттів), встановлюють обсяг і послідовність проведення робіт з ліквідації наслідків впливу ОМП на ОГ і організують їхнє виконання.

Сигнал "Радіаційна небезпека" подається при безпосередній чи погрозі виявленні радіоактивного зараження з метою попередження про небезпеку радіоактивного зараження. За результатами прогнозування чи обстановки вказівкам штабу ЦО району (міста) установлюють характер переміщення радіоактивної хмари і визначають можливість і рівні зараження, що очікуються на території заводу. При цьому проводять наступні заходи:

вкривають у захисних спорудженнях персонал заводу; з урахуванням передбачуваного рівня зараження встановлюють режим його захисту, порядок використання засобів індивідуального захисту і характер наступної виробничої діяльності;

підсилюють радіаційну розвідку для оцінки, обстановки, установлення можливих рівнів зараження об'єктів, у першу чергу сировини, готової продукції і води;

проводять підготовчі заходи для забезпечення безаварійної зупинки підприємства (при необхідності проводять безаварійну зупинку підприємства в цілому чи окремих його ділянках, деяких цехів);

сповіщають постачальників про тимчасове припинення прийому готової продукції;

готують матеріали, що вкриваються, і пристрої для швидкого укриття сировини, продукції й устаткування;

проводять заходу щодо частковій герметизації виробничих приміщень і джерел водопостачання;

переводять максимально можлива кількість сировини і продукції в герметизованні приміщення, а їхню частину, що залишилася, а також виключене устаткування вкривають;

приводять до готовності радіологічне відділення об'єктної лабораторії до проведення аналізів на забруднення радіоактивними речовинами сировини і продукції;

установлюють порядок проведення знезаражування об'єктів, здійснення санітарної обробки персоналу, дій по попередженню замету радіоактивних речовин у захисні спорудження;

компресорну і котельню переводять на знижений режим роботи за рахунок скорочення числа діючих компресорів і казанів.

Сигнал "Хімічна тривога" подається при погрозі хімічного чи нападу при виявленні хімічного чи бактеріологічного зараження, По цьому сигналі на ОГ:

використовують наявні в розпорядженні засобу індивідуального захисту, при необхідності - засобу з аптечки АИ-2 і індивідуального протихімічні пакети; при бактеріологічному нападі здійснюють екстрену чи специфічну профілактику;

працюючих поза приміщеннями вкривають у притулках і укриттях;

здійснюють безаварійну зупинку устаткування в короткий термін у виробничих цехах;

герметизують виробничі приміщення і джерела водопостачання;

компресорну і котельню переводять на знижений режим роботи;

забезпечують швидке перевезення сировини і продукції в герметизовані приміщення (камери);

укривають сировину, що залишилася, і продукцію, а також виключене устаткування накривними матеріалами;

по можливості доустатковують укриття, виробничі і службові приміщення для забезпечення додаткового захисту від проникнення хімічних речовин і бактеріологічних засобів;

організують роботу групи хімічної розвідки і хімічного відділення об'єктової лабораторії по індикації ОВ та встановленню ступеня зараження об'єкта, а при бактеріологічному нападі - бактеріологічного відділення об'єктової лабораторії по доборі проб на бактеріальні засоби і пересиланню їх для дослідження в лабораторії України;

після одержання даних за результатами індикації ОВ та ступеня зараження приступають до проведення відповідних заходів щодо ліквідації наслідків хімічного нападу, а не зайнятих виконанням цих заходів евакуюють у безпечні зони;

створюють необхідні санітарно-гігієнічні умови, спрямовані на попередження (зниження) поширення інфекцій (ізоляція захворілих, санітарна обробка уражених, уведення чи карантину обсервації).

Здійснюють також інші міри захисту з урахуванням виду застосування ОВ та бактеріальних засобів,

У системі ЦО застосовуються й інші сигнали, команди і розпорядження, зв'язані з погрозою виробничих аварій, стихійних лих і катастроф. Порядок їхнього виконання розробляють завчасно з урахуванням можливих аварій на АЕС, хімічно небезпечних об'єктах затоплень (підтоплень), землетрусів, зсувів, пожеж, сніжних заметів і т.д.

Приклади варіантів текстів штабу ЦО при виникненні н/с в мирний час.

1. При аварії на АЕС:

“Увага, говорить штаб цивільної оборони.

Громадяни, на атомній електростанції виникла аварія.

В районі електростанції та населених пунктах Підгороднє, Довжанка очікується випадення радіаційних осадів.

В зв'язку з цим населення, що проживає в вказаних населених пунктах, повинно знаходитись в приміщеннях. Потрібно провести додаткову герметизацію жилих приміщень та місць де знаходиться домашня худоба. На далі діяти за вказівками штабу ЦО.”

2.При аварії на хімічно небезпечному об'єкті:

“Увага, говорить штаб цивільної оборони.

Громадяни, на м'ясо комбінаті виникла аварія з розливом сильнодіючої отруйної речовини - аміаку.

Хмара отруєного повітря рухається в напрямку підприємства ТОВ “Надзбруччя млин”.

В зону хімічного зараження попадає ТОВ “Надзбруччя млин” та прилеглі території.

В зв'язку з цим населення, що проживає на вул. Бічній, Пастуській та Шевченко потрібно знаходитись в приміщеннях. Провести герметизацію своїх квартир.

Населенню, що проживає на вул. Гоголя, Шиндлера та Сахарова покинути свої дома, організації та виробництво, вийти і переміщатись в район Острова. Отриману інформацію передати сусідам.

На далі діяти за вказівками штабу ЦО.”

3.При можливості землетрусу:

“Увага, говорить штаб цивільної оборони.

Громадяни, у зв'язку з можливістю виникнення землетрусу приміть всі необхідні міри перестороги. Відключіть газ, воду, електроенергію, оповістіть сусідів про отриману інформацію.

Візьміть необхідну одягу, документи, продукти харчування, воду та вийдіть на вулицю. Допоможіть пристарілим та хворим. Займіть місця далеко від будівель та ліній передачі електроенергії.

Знаходячись в будівлі під час першого поштовху станьте в дверний проїм. Зберігайте спокій.

Будьте уважні до повідомлень штабу ЦО.”

4. При повені:

"Увага! Говорить штаб цивільної оборони.

Громадяни! У зв'язку з підвищенням рівня води в ріці очікується підтоплення будинків у районі вулиць Шевченка, Дачної, Зарічна і. Населенню, що проживає на цих вулицях і в селищі, зібрати необхідні речі, продукти харчування, воду, відключити газ, електроенергію і вийти в район гори "Висока" для реєстрації на збірному евакопункті і відправлення в безпечні райони. Про отриману інформацію повідомите сусідам, допоможіть старим і хворим.

При раптовому підйомі рівня води зайняти місце на висоті (верхні поверхи будинків, даху, дерева) і очікувати допомоги.

У будь-якій обстановці не втрачайте самовладання, не піддавайтеся паніці.

Будьте уважні до повідомлень штабу ЦО".

Зразки текстів повідомлень штабу ЦО населенню при виникненні повітряної, хімічної чи радіаційної небезпеки у воєнний час.

1. При повітряній небезпеці:

"Увага! Говорить штаб цивільної оборони.

Громадяни! Повітряна тривога!

Відключить світло, газ, воду, погасіть вогонь у печах. Візьміть засоби індивідуального захисту, документи, запас продуктів і води. Попередите сусідів і при необхідності допоможіть хворим та старим вийти на вулицю. Якнайшвидше дійдіть до захисного спорудження чи сховайтесь на місцевості. Дотримуйте спокою і порядок.

Будьте уважні до повідомлень штабу ЦО".

2. При відбої повітряної тривоги:

"Увага! Говорить штаб цивільної оборони. Громадяни! Відбій повітряної тривоги. Усім повернутися до місць роботи чи проживання. Допоможіть хворим і, старим. Будьте готові до можливого повторного нападу супротивника. Завжди майте при собі засобу індивідуального захисту.

Будьте уважні до повідомлень штабу ЦО".

3. При погрозі хімічного зараження:

"Увага! Говорить штаб цивільної оборони.

Громадяни! Виникла безпосередня погроза хімічного зараження. Надягніть протигази, укрийте дітей у дитячих захисних камерах. Для захисту поверхні тіла використовуйте спортивний одяг, комбінезони і чоботи.

При собі майте плівкові (полімерні) накидки, чи куртки плащі. Перевірте герметизацію житлових приміщень, стану вікон і дверей. Загерметизуйте продукти харчування і створіть в ємкостях запас води. Укрийте сільськогосподарських тварин і корм. Сповістіть сусідів про отриману інформацію. При необхідності допоможіть хворим і старим.

Відключите електронагрівальні прилади.

Надалі дійте відповідно до вказівок штабу ЦО".

4. При погрозі радіоактивного зараження:

"Увага! Говорить штаб цивільної оборони.

Громадяни! Виникла безпосередня погроза радіоактивного зараження.

Приведіть у готовність засобу індивідуального захисту і тримаєте їх постійно при собі. По команді штабу ЦО надягніть їх.

Для захисту поверхні тіла від забруднення радіоактивними речовинами використовуйте спортивний одяг, комбінезони і чоботи.

При собі майте плівкові (полімерні) накидки, чи куртки плащі. Перевірте герметизацію житлових приміщень, стан вікон і дверей. Загерметизуйте продукти харчування і створіть в ємкостях запас води.

Укрийте сільськогосподарських тварин і корм.

Сповістіть сусідів про підучену інформацію.

Допоможіть хворим і старим.

Надалі дійте відповідно до вказівок штабу ЦО".

Примітка. Тексти звертань передаються протягом 5 хв, передача іншої інформації припиняється. При необхідності зміст тексту звертань дозволяється змінювати.

5.2.4. Висновки

Проведення всіх вище зазначених заходів, введення посади черговий диспетчер по ЦО та дотримання всіх інструкцій мінімізує втрати персоналу при виникненні надзвичайних ситуацій, як в мирний так і воєнний час.

Висновки

У кваліфікаційній роботі досліджено роботу луцильно-шліфувальної машини А1-ЗШН-3 в технологічній лінії виробництва круп.

В результаті експериментального дослідження були встановлені її показники ефективності по процесу луциння. Проведений аналіз сучасних конструкцій обладнання для луциння та шліфування зерна показав доцільність її використання в технологічних схемах виробництва круп, особливо перлової і рисової, де пред'являються високі вимоги до цілісності зерна.

З метою підвищення ефективності роботи луцильно-шліфувальної машини А1-ЗШН-3 було проведено аналіз її конструкції, принципу роботи та характеру обробки зерна. Встановлено, що для підвищення ефективності роботи луцильно-шліфувальних машин А1-ЗШН-3, необхідно перед подачею продукту на наступну стадію обробки вилучати дрібні продукти та розколоте зерно, оскільки вони погіршують процес обробки на наступній стадії. Власної системи аспірації машини для цього недостатньо. Встановлювати типові просіювальні обладнання не ефективно, оскільки воно вимагає значних додаткових площ та витрат енергії, що в свою чергу приводить до збільшення собівартості продукції та зниження рентабельності виробництва. Тому було запропоновано обладнати луцильно-шліфувальну машину А1-ЗШН-3 індивідуальним просіювальним блоком з приводом від електродвигуна машини. Згідно проведених розрахунків потужність на процес просіювання в такому блоці порівняно з потужність електродвигуна машини є незначною і не вимагає його заміни. Крім того особливістю роботи луцильно-шліфувальної машини А1-ЗШН-3 є те, що вона забезпечує максимальну цілісність зерен після обробки, і видалення подрібнених зерен після кожної стадії обробки (система аерації їх практично не виносить) також покращує якість кінцевої продукції.

Для розробки конструкції просіювального блоку було проведено аналіз чинників, що впливають на ефективність просіювання продукту та теоретичне

дослідження процесу просіювання продукту на машинах зі поворотно-поступальним рухом плоских сит. В результаті проведеного дослідження були встановлені основні кінематичні параметри просіювального блоку від яких залежить процес просіювання та проведено їх розрахунок з визначенням оптимальних параметрів.

Були також проведені конструкторські розрахунки луцильно-шліфувальної машини А1-ЗШН-3. Проведене техніко-економічне обґрунтування запропонованих розробок показало їх доцільність.

Перелік посилань

1. Савулій Т. М., Вітенько Т. М. Застосування абразивних матеріалів для лушіння круп лущильно-шліфувальною машиною А1-ЗШН-3. Актуальні задачі сучасних технологій : матеріали XIV Міжнар. наук.-практ. конф. молодих учених та студентів (Тернопіль, 11–12 груд. 2025 р.). Тернопіль : ТНТУ, 2025. С. 118. (Сучасні технології в будівництві, машино- та приладобудуванні).
2. Ворошук В. Я., Вітенько Т. М. Інжиніринг та 3D моделювання в середовищі SolidWorks : навч. посіб. Тернопіль : ФОП Паляниця В. А., 2023. 164 с.
3. Баб'як В., Кравець О. Моделювання руху зерна пшениці у процесі очищення в барабані трієра марки БТХМ-2. Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті : матеріали 91-ї Міжнар. наук. конф. молодих учених, аспірантів і студентів (Київ, 7–11 квіт. 2025 р.). Київ : НУХТ, 2025. Ч. 2. С. 19.
4. Development of digital twin interface for Industry 4.0 production line / Y. Skorenkyy et al. CEUR Workshop Proceedings. 2024. Vol. 3742. P. 358–369.
5. Кузняк А. П., Кравець О. І. Моделювання траєкторії руху зерен кукурудзи у процесі їх сортування в барабанному трієрі. Актуальні задачі сучасних технологій : матеріали XI Міжнар. наук.-практ. конф. молодих учених та студентів (Тернопіль, 7–8 груд. 2022 р.). Тернопіль : ТНТУ, 2022. С. 53. (Сучасні технології в будівництві, машино- та приладобудуванні).
6. Павлище В. Т. Основи конструювання і розрахунок деталей машин : підручник. 2-ге вид. Львів : Афіша, 2002. 560 с.
7. Черевко О. І., Маяк В. І. та ін. Розрахунок технологічного обладнання харчових виробництв. Харків : ХДУХТ, 2018. 305 с.
8. Закалов О. В., Бортник А. І. Розрахунок типових робочих органів технологічного обладнання харчових виробництв. Тернопіль : Вид-во ТДТУ, 2005. 105 с.

9. Вітенько Т. М., Ворощук В. Я. Сучасні підходи до конструювання і моделювання робочих органів технологічного обладнання харчових виробництв. Інноваційні аспекти розвитку обладнання харчової і готельної індустрії в умовах сучасності : матеріали III міжнар. наук.-практ. конф. (Харків, 4–6 верес. 2019 р.) / за ред. Г. В. Дейниченка. Харків : ХДУХТ, 2019. С. 108–109.
10. Супрунчук В. К. та ін. Ремонт обладнання підприємств по переробці сільськогосподарської продукції. Київ : Урожай, 1992. 176 с.
11. Корольов О. О. Ремонт та відновлення обладнання галузі : метод. рекомендації до виконання лаб. робіт для студ. спец. 181 «Харчові технології». Ч. II. Чернігів : ЧНТУ, 2017. 60 с.
12. Шабаєв О. Є., Семенченко Д. А., Степаненко О. Ю. Лабораторний практикум з дисципліни «Експлуатація та ремонт гірничого обладнання». Донецьк : Вид. ДонНТУ, 2013. 33 с.
13. Основи охорони праці : підручник / К. Н. Ткачук та ін. 2-ге вид. Київ : Основа, 2006. 448 с.
14. Основи професійної безпеки та здоров'я людини : підручник / В. В. Березуцький та ін. ; за ред. В. В. Березуцького. Харків : НТУ «ХПІ», 2018. 553 с.
15. Стручок В. С. Безпека в надзвичайних ситуаціях : метод. посіб. Тернопіль : ФОП Паляниця В. А., 2022. 156 с.

Дотаток

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя
Маріборський університет (Словенія)
Технічний університет у Кошице (Словаччина)
Вільнюський технічний університет ім. Гедимінаса (Литва)
Краківський економічний університет (Польща)
Вроцлавський економічний університет (Польща)
Університет «Опольська Політехніка» (Польща)
Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»
Вінницький національний аграрний університет
Львівський національний університет ім. І. Франка
Головне управління Пенсійного фонду в Тернопільській області
Наукове товариство ім. Шевченка
Тернопільський обласний комунальний інститут післядипломної педагогічної освіти
Сумський державний педагогічний університет
Запорізький національний університет

АКТУАЛЬНІ ЗАДАЧІ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Збірник

тез доповідей

**XIV Міжнародної науково-технічної
конференції молодих учених та студентів**

11-12 грудня 2025 року



**УКРАЇНА
ТЕРНОПІЛЬ – 2025**

29.	Р.Ю. Кружілька, В.А. Лясота ВИМОГИ ДО КОНСТРУЮВАННЯ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЇ ШПИНДЕЛЬНИХ ВУЗЛІВ ФРЕЗЕРНИХ ВЕРСТАТІ	95
30.	В.-Н.В. Кубах, О.В. Прокопів, А.О. Блащисин ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ПРОЦЕСУ ЗАВАЛЬЦЮВАННЯ КУЛЬОК У ТОНКОСТІННІ ЦИЛІНДРИЧНІ ВТУЛКИ	96
31.	К.М. Лукіянчук, А. Грагі, А.П. Сорочак ВПЛИВ НЕОДНОРІДНОСТІ ГРУНТОВИХ УМОВ НА ОСІДАННЯ ФУНДАМЕНТІВ БУДІВЛІ ЛОГІСТИЧНОГО ЦЕНТРУ	97
32.	О.І. Ляшук, О.І. Павлусь, Ю.В.Омелянський СИНТЕЗ КОНВЕСРІВ З РОЗШИРЕНИМИ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ МОЖЛИВОСТЯМИ	98
33.	В. І. Макаров ШНЕКОВИЙ ТРАНСПОРТЕР ДЛЯ ПОДРІБНЕННЯ ТА ЗМІШУВАННЯ КОРМІВ	101
34.	М.П. Марковський РОЗРОБКА ПРИВОДУ ЗАТИСКУ ПАТРОНА ТОКАРНОГО ВЕРСТАТА	103
35.	О. П. Маруніч, О.В. Лах, А.О. Старих ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ГВИНТОВОГО КОНВЕСРА КОНІЧНОЇ ФОРМИ	104
36.	М.В. Мецан ШЛЯХИ УДОСКОНАЛЕННЯ ВУЗЛА ЗАМІШУВАННЯ ТІСТА У МАКАРОННИХ ПРЕСАХ	106
37.	Д. В. Мірута ВКЛАД РИМО-КАТОЛИЦЬКОЇ ЦЕРКВИ У НАУКУ В ЕПОХУ СЕРЕДНЬОВІЧЧЯ	108
38.	О.О. Окунський, О.П. Цюнь ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ АКТИВНОГО ПЛОСКОГО НОЖА ДООБРІЗУВАЧА ГИЧКИ НА ОСНОВІ БАГАТОФАКТОРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ	109
39.	А.В. Олексюк, Т.А. Довбуш, В.П. Олексюк ПОШУК ОПТИМАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ СЕПАРУЮЧИХ ПРИСТРОЇВ КАРТОПЛЕЗБИРАЛЬНИХ МАШИН	110
40.	О.Ю. Островський, В.Ю. Грасовник, Т.Ю. Гинда ДОСЛІДЖЕННЯ НАПРУЖЕНЬ ТА ДЕФОРМАЦІЙ, ЩО ВИНИКАЮТЬ У ГВИНТОВІЙ ЗАГОТОВЦІ ПІД ЧАС ТОКАРНОЇ ОБРОБКИ	112
41.	К.С. Польшин, М.Р. Фецович ОПТИМІЗАЦІЯ КОМПАНУВАЛЬНОЇ СХЕМИ ПРОЕКТОВАНОГО ВЕРСТАТУ	113
42.	В.Б. Савків, І.П. Федорів, В.В. Довжанин, Я.М. Довжанин УДОСКОНАЛЕННЯ АЛГОРИТМІВ КЕРУВАННЯ ТИРИСТОРНИМИ ЕЛЕКТРОПРИВОДАМИ НАСОСНИХ СТАНЦІЙ	114
43.	В.Б. Савків, І.П. Федорів, В.М. Скицько, М.О. Федчук АВТОМАТИЗОВАНИЙ КОМПЛЕКС КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ ТІСТОВИХ ЗАГОТОВОК У ТІСТОРІЗДІЛЮВАЧАХ	116
44.	Т.М. Савулій, Т.М. Вігенько ЗАСТОСУВАННЯ АБРАЗИВНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ЛУЩІННЯ КРУП ЛУЩИЛЬНО-ШЛІФУВАЛЬНОЮ МАШИНОЮ А1-ЗШН-З	118

Контроль якості перенесено у віртуальну площину шляхом встановлення високошвидкісних промислових камер високої роздільної здатності (Machine Vision Cameras) на виході тісторозділювача. Застосовується контрольоване світлодіодне освітлення (наприклад, кільцеве або коаксіальне) для мінімізації тіней та підкреслення текстури, що є важливим для виявлення дефектів. Усі дані з давачів та зображення обробляються високопродуктивним програмованим логічним контролером (ПЛК) або індустріальним ПК із підтримкою паралельних обчислень.

Ключовим елементом системи є програмний модуль, що використовує згорткові нейронні мережі (CNN) для прийняття рішення про відповідність заготовки. Мережа, навчена на тисячах еталонних та дефектних заготовках, здатна визначати не лише геометричні відхилення, але й якісні ознаки: неоднорідність структури, дефекти формування. Інтелектуальний контроль поєднує виміряні фізичні параметри (Т, Р) із візуальним аналізом. Якщо CNN-модель фіксує аномальну структуру, ініціюється відбракування та видається попередження.

Впровадження інтелектуальної системи мультимодального контролю, що базується на прецизійних цифрових RTD/MEMS-давачах та машинному зорі з глибоким навчанням, дозволяє підняти автоматизацію тісторозділювачів на новий якісний рівень. Це забезпечує:

- максимальну точність (ліквідацію похибок, притаманних аналоговим ланцюгам та компенсаційним схемам);
- гнучке відбракування (прийняття рішень на основі комплексних критеріїв, включаючи якісні візуальні характеристики);
- повну простежуваність (збір усіх параметрів у цифровій формі для детального аналізу та відповідності вимогам харчової безпеки, що є критичним елементом сучасного виробництва).

УДК 637.523

Т.М. Савулій, Т.М. Вітенько, д.т.н.

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ЗАСТОСУВАННЯ АБРАЗИВНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ЛУЩІННЯ КРУП ЛУЩИЛЬНО-ШЛІФУВАЛЬНОЮ МАШИНОЮ А1-ЗШН-З

T.M. Savuliy, T.M. Vitenko, Prof.

APPLICATION OF ABRASIVE MATERIALS FOR GRAIN PULLING WITH A PULLING AND GRINDING MACHINE A1-ZShN-Z

Лушіння та шелушіння круп — це важливий технологічний процес у переробці зернових культур, який полягає у видаленні оболонки з зерна для отримання ядра. Для цієї мети в харчовій промисловості широко застосовуються різні абразивні матеріали, кожен з яких має свої особливості та переваги. Карборундові матеріали є одними з найпоширеніших абразивів у луцильно-шліфувальних машинах. Карборунд (карбід кремнію) відзначається високою твердістю та зносостійкістю, що дозволяє ефективно видаляти лушпиння з різних видів круп. Його використовують у вигляді циліндрів, дисків або накладок у луцильно-шліфувальних машинах [1], зокрема у машині марки А1-ЗШН-З. Особливо ефективний карборунд при обробці твердих зернових культур, таких як ячмінь та овес. Наждачні матеріали на основі корунду також знайшли широке застосування в технології лушіння. Вони забезпечують рівномірне зняття оболонки завдяки своїй зернистій структурі. Наждачні валики та диски різної зернистості підбираються залежно від виду зерна та бажаної ступеня обробки. Дрібнозерниста наждачна обробка застосовується на завершальних етапах для отримання гладкої поверхні круп. Абразивні камені природного походження, такі як пісковик та граніт, традиційно використовувалися

в старих конструкціях лушильних машин [1]. Хоча сьогодні вони менш популярні через нижчу продуктивність, деякі виробництва все ще застосовують їх для делікатної обробки особливо цінних круп. Сучасні технології також передбачають використання композитних абразивних матеріалів, які поєднують різні компоненти для досягнення оптимального балансу між ефективністю шелушіння та збереженням цілісності зернівки. Ці матеріали часто містять полімерні зв'язувальні речовини та абразивні зерна різної твердості. Вибір абразивного матеріалу залежить від багатьох факторів: виду зернової культури, початкової вологості зерна, необхідної продуктивності обладнання та вимог до якості кінцевого продукту. Правильний підбір абразиву дозволяє мінімізувати втрати ядра, знизити дроблення зерна та забезпечити високу якість готової крупи та дозволяє оптимізувати енергетичні витрати лушильно-шліфувальних машини марки А1-ЗШН-З.

Література

1. Вітенько Т.М., Ворошук В.Я. Сучасні підходи до конструювання і моделювання робочих органів технологічного обладнання харчових виробництв // Інноваційні аспекти розвитку обладнання харчової і готельної індустрії в умовах сучасності: третя міжнародна науково-практична конференція, 4–6 вересня 2019 р. / за ред. Дейниченко Г.В. ХДУХТ, 2019. С. 108–109.

УДК 621.91

П.А. Свистун, Р.В. Кузь, Я.В. Мензак

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ФОРМУВАННЯ КАНАВОК СПЕЦІАЛЬНИМ ІНСТРУМЕНТОМ

P.A. Svystun, R.V. Kuz, Ya.V. Menzak

THE STUDY OF THE GROOVE FORMING PROCESS USING SPECIALIZED TOOLING

Серед методів покращення властивостей поверхневого шару радіусної канавки є використання методів поверхневого пластичного деформування, які дозволяють сформувати на обробленій поверхні залишкові напруження стиску, що запобігають створенню тріщин при втомних навантаженнях [1]. З метою виконання вказаного процесу розроблено спеціальний інструмент для розкочування внутрішніх канавок роликми, для якого на основі розрахункової схеми рис. 1 встановлено взаємозв'язок конструктивних параметрів процесу із його силовими параметрами.

