

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ЗАОЧНОЇ ТА
ПІСЛЯДИПЛОМНОЇ ОСВІТИ
КАФЕДРА МАШИНОБУДУВАННЯ**

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
другого (магістерського) рівня вищої освіти

на тему:

**“Дослідження конструктивних параметрів машини для
подрібнення зерна”**

Виконав: студент VII курсу, групи Маш-71з

Спеціальності 133 Галузеве машинобудування

(шифр і назва)

Назарій ДИКИЙ

(Ім'я та прізвище)

Керівник: к.т.н. доцент Руслан ГУМЕНЮК

(Ім'я та прізвище)

Дубляни 2024

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ЗАОЧНОЇ ТА
ПІСЛЯДИПЛОМНОЇ ОСВІТИ
КАФЕДРА МАШИНОБУДУВАННЯ

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Зав. кафедри

(підпис)

д.т.н., професор Власовець В.М.

“17” лютого 2023 р.

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу студенту

Дикому Назарію Івановичу

1. Тема роботи: «Дослідження конструктивних параметрів машини для подрібнення зерна»

Керівник роботи: Гуменюк Руслан Васильович, к.т.н., доцент

Затверджена наказом по університету від 17.02.2023 року № 33/к-с

2. Строк здачі студентом закінченої роботи 15.01.2024 року

3. Вихідні дані: літературні джерела за тематикою кваліфікаційної роботи відомих технологічних процесів виробництва та розрахунків технологічного обладнання; матеріали навчальної, методичної довідкової та наукової літератури; методики визначення економічної ефективності впровадження нового технологічного рішення.

4. Перелік питань, які необхідно розробити:

1. Стан питання, літературно-патентний пошук;

2. Теоретичний аналіз процесу і робочих органів машини;

3. Програма і методика дослідження;

4. Результати досліджень та їх аналіз;

5. Охорона праці та захист населення;

6. Економічна ефективність результатів;

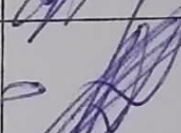
Висновки і пропозиції;

Бібліографічний список.

5. Перелік ілюстративного матеріалу:

Ілюстративний матеріал представити у вигляді презентації у застосунку Microsoft PowerPoint: огляд конструкцій патентних джерел та серійних машин; конструктивні особливості вальцьового верстата А1-БЗН; класифікація робочих елементів вальцьового верстату; методика параметричного розрахунку вальцьового верстата; результат параметричного дослідження вальцьового верстата; результат впливу діаметра вальця на процес подрібнення; дослідження довжини робочої частини валка на процес подрібнення; економічна ефективність запропонованого технічного рішення.

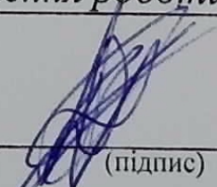
6. Консультанти розділів роботи

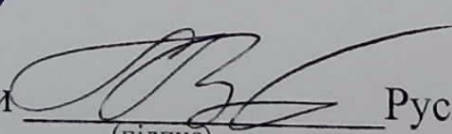
Розділ	Прізвище, ініціали та посада Консультанта	Підпис, дата		Відмітка про виконання
		завдання видав	завдання прийняв	
1,2,3, 4,6	Гуменюк Р.В., к.т.н., доц. кафедри машинобудування	17.02.23р. 		Вик.
5	Городецький І.М., к.т.н., доцент кафедри фізики, інженерної механіки та безпеки виробництва			Вик.

7. Дата видачі завдання: 17.02.2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Відмітка про виконання
1.	Виконання розділу: «Стан питання, літературно-патентний пошук»	17.02.23- 27.04.23	Вик.
2.	Виконання другого розділу: «Теоретичний аналіз процесу і робочих органів машини»	28.04.23- 15.06.23	Вик.
3.	Виконання розділу: «Програма і методика дослідження»	16.06.23- 15.08.23	Вик.
4.	Виконання розділу: «Результати досліджень та їх аналіз»	16.08.23- 08.11.23	Вик.
5.	Виконання розділу: «Охорона праці та захист населення»	09.11.23- 11.12.23	Вик.
6.	Виконання розділу: «Економічна ефективність результатів»	12.12.23- 3.01.24	Вик.
7.	Завершення оформлення розрахунково- пояснювальної записки. Завершення роботи в цілому.	4.01.24- 15.01.24	Вик.

Студент  Назарій ДИКИЙ
(підпис)

Керівник роботи  Руслан ГУМЕНЮК
(підпис)

УДК 664.7:658.512

Дослідження конструктивних параметрів машини для подрібнення зерна.

Дикий Н.І. - Кваліфікаційна робота. Кафедра машинобудування. - Дубляни, Львівський національний університет природокористування, 2024.

81 с. текст. част., 32 рис., 15 таблиць, 17 джерел інформації.

Були проведені теоретичні дослідження, які стали основою для вивчення параметрів подрібнювальних машин і розробки нових елементів конструкції.

Проаналізовано існуючі технології виробництва борошна, що застосовуються в господарствах сільськогосподарських товаровиробників. Результати показують, що основними процесами для отримання високоякісного борошна є: очищення, підготовка, подрібнення і сепарація. На основі розробленої методики підбирається набір машин для реалізації кожного процесу.

З метою попередження травмуючих ситуацій проведено структурно-функціональний аналіз процесу виробництва борошна. Було змодельовано травми та надзвичайні ситуації.

На основі проведених досліджень розраховано техніко-економічну ефективність запропонованої конструкції та встановлено, що розроблена конструкція має найкращі показники.

ЗМІСТ

Стор.

ВСТУП

1. СТАН ПИТАННЯ, ЛІТЕРАТУРНО-ПАТЕНТНИЙ ПОШУК....	8
1.1 Характеристика процесу подрібнення.....	8
1.2 Огляд конструкції серійних машин.....	11
2. ТЕОРЕТИЧНИЙ АНАЛІЗ ПРОЦЕСУ І РОБОЧИХ ОРГАНІВ МАШИНИ.....	16
2.1. Конструктивні особливості вальцьового верстата А1-БЗН.....	16
2.1.1 Механізм регулювання розміру зазору між роликками.....	20
2.1.2 Будова подрібнювального вальця.....	22
2.1.3 Нарізка рифлів на вальцях.....	29
2.1.4 Класифікація робочих органів вальцьових верстатів.....	32
2.1.5 Основні параметри розрахунку.....	33
2.2. Технологічні розрахунки.....	38
2.2.1 Визначення параметрів зазору між вальцями.....	41
3. ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ.....	43
3.1 Програма досліджень.....	43
3.2 Методика розрахунку вальцьового верстата.....	44
3.3 Вплив діаметра вальця на процес подрібнення.....	49
4. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ АНАЛІЗ.....	51
4.1 Аналіз конструкції машини на основі критеріїв корисності та коефіцієнтів технічного рівня.....	51
4.2 Аналіз параметрів вальцьового верстата.....	56
4.3 Вплив діаметра вальця на процес подрібнення.....	58
5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАСЕЛЕННЯ.....	66
5.1. Обґрунтування можливих чинників травмонебезпечних ситуацій	66
5.2 Умови і обставини виникнення небезпечних ситуацій та їх наслідків.....	67
5.3. Моделювання процесів формування і виникнення виробничих	70

небезпек під час виробництва борошна.....	
5.4. Безпека в надзвичайних ситуаціях.....	73
6. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ РЕЗУЛЬТАТІВ.....	75
ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ.....	78
БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК.....	80

ВСТУП

Зернові культури є джерелом біологічно цінних речовин, необхідних для харчування людини і тварин: крохмалю, вітамінів, білків та ін.

З давніх часів виробництво та переробка харчових продуктів займали одне з найважливіших місць у житті людини.

Водночас продукти харчування є цінною сировиною для багатьох галузей економіки. На виробництві борошна і круп базується виробництво борошна, жита, вівса, рису, ячменю, кукурудзи, проса, гречки, гороху. Основними інгредієнтами борошномельного виробництва є зернові культури. Зернові культури широко використовують для виробництва цінних харчових і технологічних продуктів.

Коли людина споживає хліб і макаронні вироби, крупи або інші харчові похідні, отримані із злаків, велика частина її потреб у білках, біоактивних сполуках, мінералах та енергії задовольняється. Серед досягнень останніх років – розробка спеціальних сортів борошна та хліба, налагодження високобіозернового виробництва.

Метою даної кваліфікаційної роботи є дослідження конструктивних параметрів подрібнювальної машини та розробка технологічного процесу виробництва борошна в умовах малого переробного підприємства.

Для досягнення поставлених цілей необхідно вирішити наступні задачі:

- вивчити технічні характеристики процесу виробництва борошна;
- провести аналіз конструкції основних типів подрібнювальних машин;
- визначити конструктивні параметри борошномельних вальців подрібнювальної машини;
- провести моделювання технологічних і конструктивних параметрів подрібнювальної машини;
- скласти фінансово-економічне обґрунтування роботи.

Проектування, організація та впровадження технологічних процесів харчових підприємств повинні базуватися на сучасному науковому прогресі та використовувати ефективне та надійне обладнання. Провідну роль у підвищенні ефективності виробництва відіграє вдосконалення технології та раціональність конструктивних параметрів. Технічні властивості зернових культур не менш важливі для виробництва борошна. Для забезпечення ефективності технічних процесів вони повинні бути на оптимальному рівні.

1. СТАН ПИТАННЯ, ЛІТЕРАТУРНО-ПАТЕНТНИЙ ПОШУК

1.1 Характеристика процесу подрібнення

У борошномельному виробництві для простого помелу зерна пшениці і жита, застосовують прості способи помелу, а для складного помелу з отриманням сортового борошна — вибірккові способи помелу. Вибірковість помелу пов'язана з необхідністю вилучення максимальної кількості ендосперму, найціннішої частини зерна.

Коли напруження в матеріалі перевищує силу зчеплення частинок під впливом зовнішніх сил, він розпадається на більш дрібні частини. Якщо розмір частинок перевищує задане значення, деструкцію проводять повторно до отримання продукту заданого розміру. Основна проблема в теорії подрібнення полягає у визначенні енергії, яка споживається в процесі, оскільки витрати енергії на процес зазвичай значні.

Ступінь подрібнення (i) розуміється як кількісне вираження різниці розмірів матеріалу до і після подрібнення. Це або різниця в середньому розмірі частинок, або різниця в розмірі поверхні частинок:

$$i = D / d = f / F \quad (1.1)$$

де, D і d – середній розмір частинок до і після подрібнення; f і F – площа поверхні на одиницю маси частинок до і після подрібнення.

Роботу, необхідну для пружної деформації частинки, можна визначити за законом Гука:

$$A = P\Delta L; \text{ так як } P = \sigma F, \Delta L = \varepsilon L \quad (1.2)$$

де, L – абсолютна деформація; P – навантаження; σ – напруга; F – площа поперечного перерізу частинок; ε – відносна деформація.

$$A = (\sigma\varepsilon/2)(FL) \quad (1.3)$$

де, $FL = V$, тобто об'єм частинок.

Перший множник представляє роботу руйнування на одиницю об'єму частинок, тобто пружні властивості матеріалу, а другий множник представляє об'єм розбитих частинок. Ця формула є виразом закону

Кірпічева-Кіка, який стверджує, що робота шліфування пропорційна величині пошкодження об'єкта.

Однак він не враховує сили молекулярного притягання, які необхідно застосувати для розділення поверхонь розділу, утворених внаслідок утворення мікротріщин.

Припустимо, куб зі стороною D руйнується до розміру частинки такої ж форми, як сторона d . Одночасно отримано однакову кількість кубиків D^3 / d^3 , тобто i .

Поверхня куба з ребром D :

$$F_H = 6 D^2 \quad (1.4)$$

Загальна площа поверхні куба зі сторонами d :

$$F_K = 6d^2(D^3 / d^3) \quad (1.5)$$

Новостворену поверхню:

$$\Delta F_K - F_H = 6D^2(i - 1) \quad (1.6)$$

Робота, витрачена на одиницю нової поверхні, може бути визначена експериментально і називається питомою роботою утворення A_u на новій поверхні. Тоді робота, витрачена на шліфування A , дорівнюватиме:

$$A = A_u \Delta F = 6A_u D^2(i - 1) \quad (1.7)$$

При оцінці енергоспоживання необхідно враховувати всі витрати, в тому числі пов'язані з експлуатацією обладнання.

Робота, витрачена на подрібнення твердого тіла, може бути виражена наступним рівнянням (за П. А. Ребіндером)

$$A = A_1 + A_2 + A_3 \quad (1.8)$$

де, A_1 , A_2 , A_3 – тому енергія витрачається на пружну і пластичну деформацію розбитих частинок, а також на деформацію і знос робочого механізму.

Таким чином В. Я. Гіршсон визначив, що структурно-механічні властивості ендосперму, судячи по його загальній склоподібності, істотно впливають на стійкість зерна пшениці та його анатомічних частин (ендосперма і мембрани) до руйнівних сил. (таблиця 1.1).

Таблиця 1.1 - Межі міцності пшениці, мН / м² (по В Я. Гіршону)

Зерно (w = 14,5%)			Ендосперм (w = 14%)				Оболонки (w = 17,5%)	
Зсув	Стиск	Зріз	Розтягнення	Стиск	Зсув	Зріз	При розтягненні	
							поперек волокон	вздовж волокон
Пшениця тверда								
8,30	10,90	7,20	2,30	5,80	1,30	0,90	21,80	31,60
Пшениця м'яка з високою скловидністю								
7,10	8,40	4,90	1,70	4,60	1,0	0,80	17,30	26,0
Пшениця м'яка борошніста								
5,50	6,20	3,80	1,30	1,40	0,60	0,40	13,50	24,20

Вміст вологи в зернах пшениці також має значний вплив на енергоспоживання процесу помелу. На підставі даних І. А. Наумова (табл. 1.2) можна зробити висновок, що збільшення руйнівної стискаючої сили зумовлене підвищенням склоподібності ендосперму при незмінній вологості зерна і зниженням вологості зерна при незмінній склоподібності ендосперму.

Таблиця 1.2 - Деструктивність зерен пшениці при стисненні залежить від їх вологості

Загальна скловидність ендосперму %	Руйнівне зусилля стиснення зерен, Н	Вологість зерна %	Лінійна деформація зерен перед руйнуванням, мкм
30	54,0	10,1	171
	21,0	17,3	275
100	85,0	10,2	91
	70,0	17,2	212

Другим напрямком можна вважати усунення можливості при помелі крупи, тобто отримати значну кількість борошна, що відповідає вимогам стандарту, але без значного надлишку дрібнозернистої фракції.

Враховуючи вибірковість процесу подрібнення при подрібненні сортів крупи пшениці та жита, тобто прагнення отримати максимальний вихід найціннішої частини злаку – ендосперму, була проведена технічна оцінка ефективності процесу помелу здійснюється одночасно як за кількісними так і за якісними показниками. До кількісних показників відносять загальний об'єм вилучення і коефіцієнт вилучення, що характеризує відносне збільшення кількості продуктів розбивання.

Коефіцієнт вилучення визначається за такою формулою:

$$K_v = (U_k - U_n / 100 - U_n) 100 \quad (1.9)$$

де, U_k – остаточне значення видалення, яке проходить певну кількість екранів;

U_n – початкове значення видалення через сито того ж розміру перед подрібненням.

1.2. Огляд конструкції серійних машин

Промисловість випускає шість типів подрібнювальних машин: БВ2, ЗМ2, ВМ2-П, А1-БЗ-2Н, А1-БЗН, Р6-БЗ-5Н, А1-БЗ-ДТ і Р6-БЗ-6Н.

Збільшення окружної швидкості ролика значно підвищує продуктивність при незначному збільшенні енергоспоживання. Відношення окружної швидкості барабана також впливає на ефективність процесу машини, при її збільшенні, з одного боку, збільшується ступінь подрібнення, а з іншого - зменшується деформація зерна і швидкість помелу.

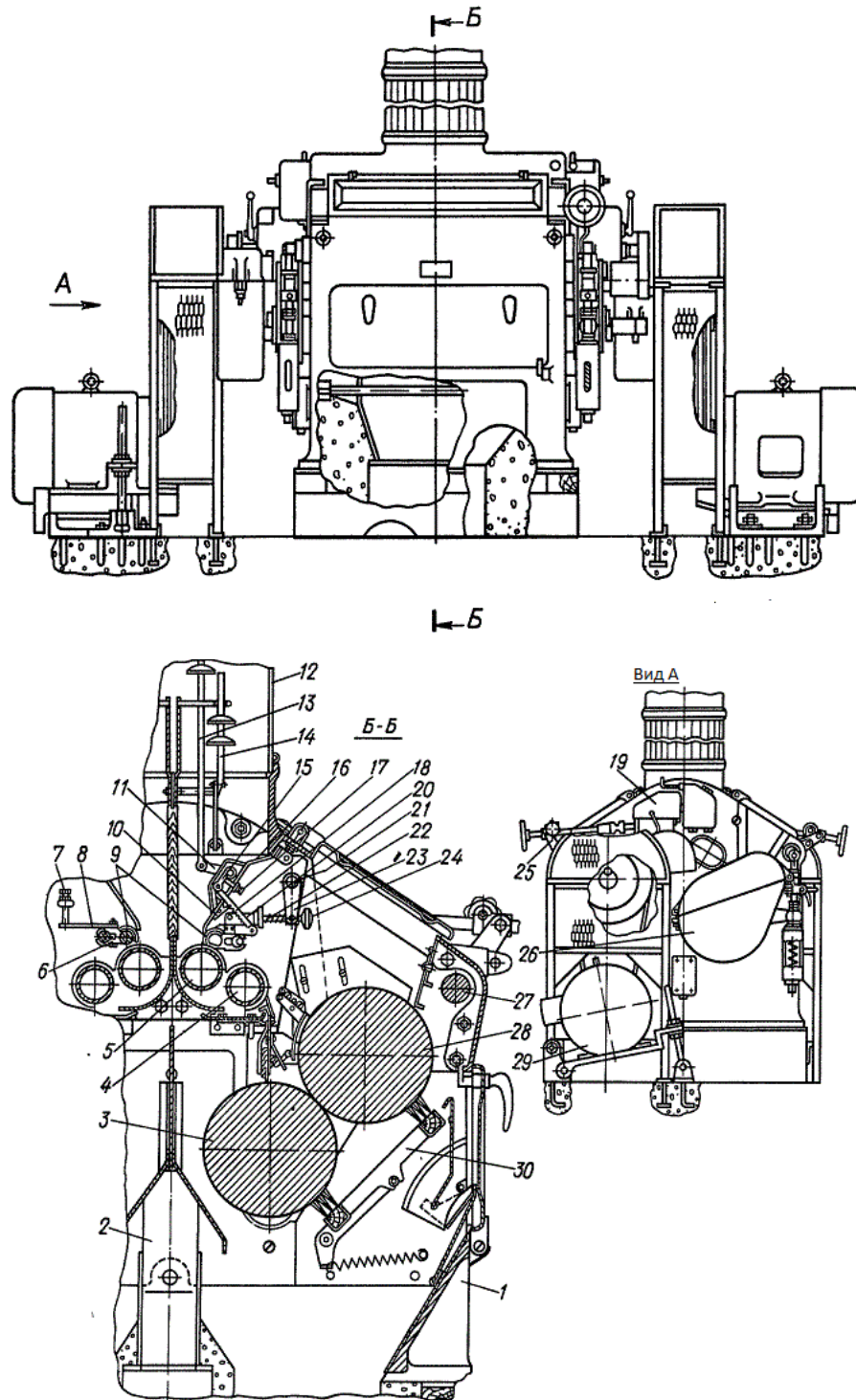


Рисунок 1.1 - Вальцовий верстат ЗМ2.

1 - станина; 2 - аспіраційний пристрій, 2,8 – швидкохідний і тихохідний вальці, 4, 5 - розподільний та дозуючий валики, 6,11,15,23 - важелі, 7, 17, 24 - гвинти; 8 - планка, 9 - секторна заслінка, 10, 22 - пружини; 12 - живильна труба, 13, 14 - датчики; 16 - клапан; 18 - тяга, 19 - грубий механізм зупинки; 20 - серезка; 21 - вал; 25 - механізм постановки і вирівнювання рухомих

роликів; 26 – передавальний пристрій між роликками, 27 - ексцентрикний вал; 29 - електродвигун, 30 – щітка.

Принципова кінематична схема вальцьового верстата ЗМ2 наведена на рисунку 1.2. Подрібнений продукт може вивільнятися з машини самопливом через збірний бункер або пневматичним транспортуванням. Для цього під збірним бункером встановлюється діжа. За його центром, на деякій відстані від днища, розміщена труба, що проходить через центральну частину машини до кришки, впритул до подаючої труби. У бункерах у кожній половині машини встановлені датчики для відключення електродвигунів у разі засмічення пневмоприймача. Чаша наполовину втягується, щоб усунути засмічення.

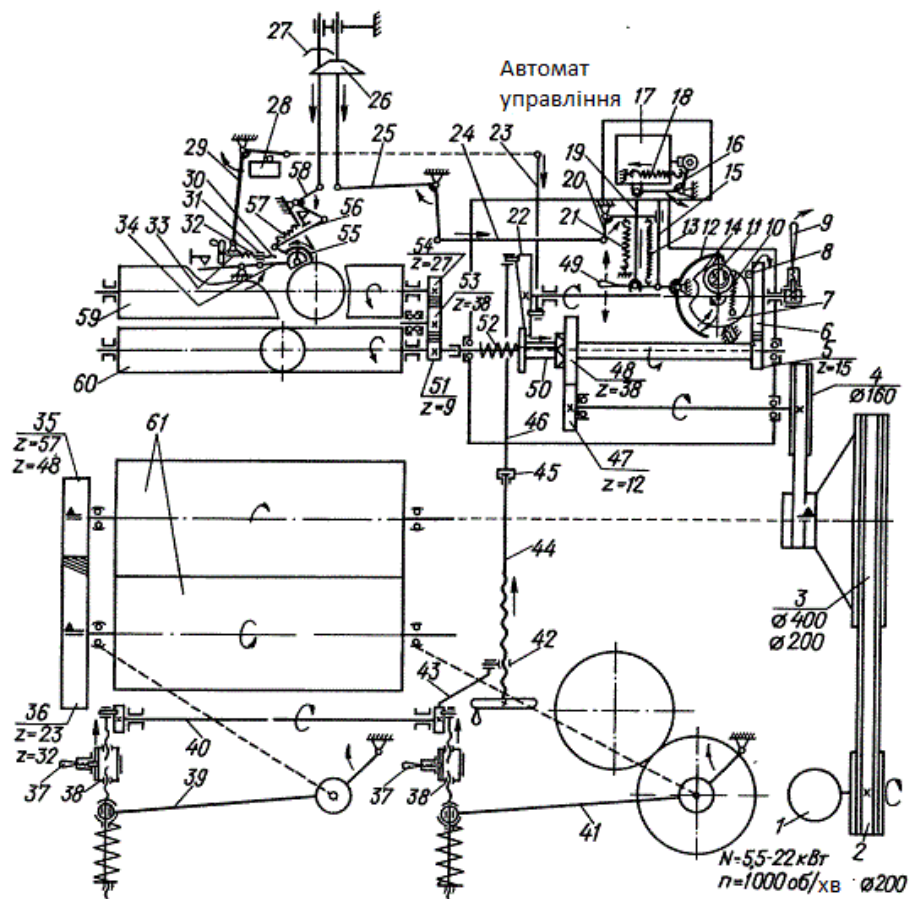


Рисунок 1.2 - Кінематична схема вальцьового верстата ЗМ2.

1 – електричний двигун; 2,3,4 - шківи; 5, 6, 47, 48 - механізм керування верстатом, 7 - диск, 8 – упорний пристрій; 9 - рукоятка, 10, 13, 18, 21, 32, 52, 57 - пружини, 11 - сектор; 12 - коромисло, 14 - тріскачка; 15 - шток, 16, 20,

25, 29, 34, 43, 49, 58 – важелі передач, 17 – електричний магніт, 19 - штовхач, 22 – кривошипний механізм; 23, 46 - шатуни; 24, 56 – тяги регулювальні; 26, 27 - датчики, 28 - мікроперемикач; 30, 44 - гвинти; 31, 42-гайки, 33 - сухар, 35, 36 - передача між подрібнювальними вальцями, 37 - ручка храпового механізму, 38 - гільзи стяжні; 39, 41 - сидіння підшипника рухоме, 40 - ексцентриковий вал; 45 - муфта, 50 - муфта кулачкова, 51, 53, 54 - зубчасті колеса; 55 - заслінка секторна; 59, 60 - ролики дозувальні та роздавальні.

Вальцеві верстати А1-БЗН (рис. 1.3) використовуються в складі борошномельного комплексу для збільшення виробництва борошна вищого сорту і встановлюються групами по чотири і п'ять машин із загальним приводом. Електродвигуни, які використовуються для приводу машин, розміщені на спеціальних платформах під покриттям підлоги.

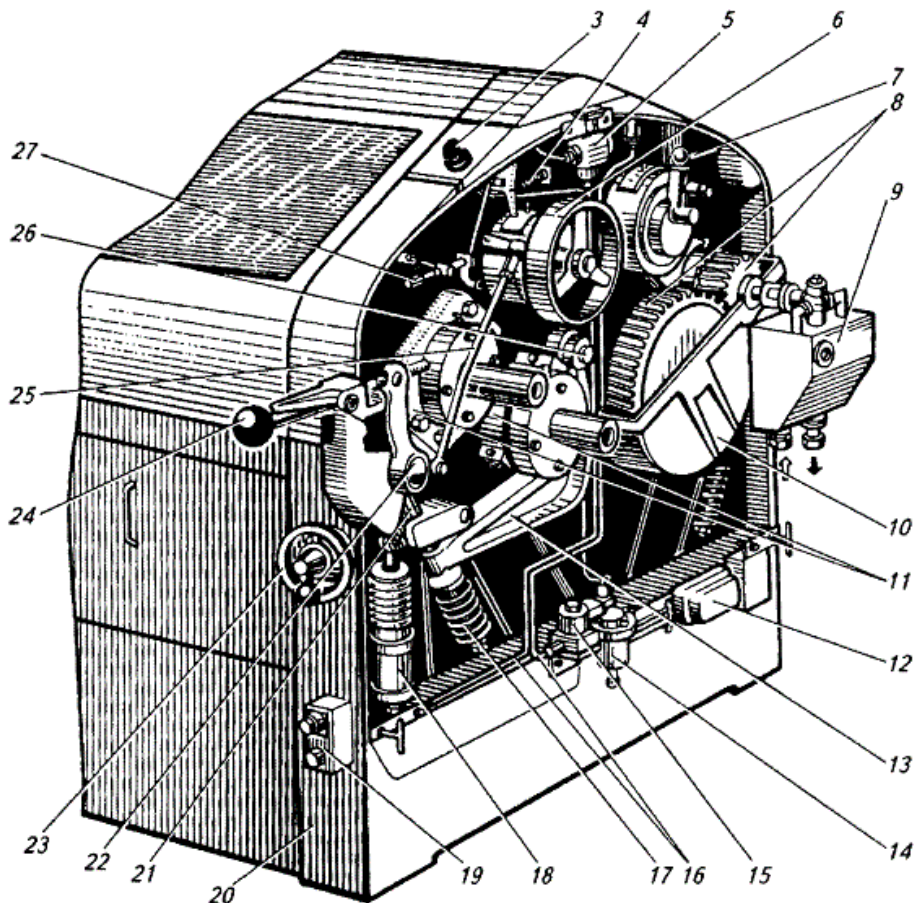


Рисунок 1.3 - Вальцьовий верстат А1-БЗН в розрізі.

1 - горловина; 2 - шків; 3 - вимикач пневматичний; 4 - пружина заслінки; 5 - перетворювач сигналу; 6 - шків механізму подачі сировини; 7 -

важіль коробки передач; 8 - передача між роликами; 9 - корпус системи охолодження вальців; 10 - передавальна коробка між роликами; 11 - корпус підшипника; 12 - блок реле; 13 – вільне коліно рухомого гнізда підшипника; 14 - повітряний фільтр; 15 - клапан електромагнітний; 16 - повітропроводи; 17 - пружина запобіжна; 18 – пневматичний циліндр; 19 - кнопки «Пуск», «Стоп»; 20 - станина; 21 - підвіска; 22 - ексцентриковий вал; 23 - механізм регулювання паралельності роликів верстата; 24 - ручка для точного регулювання зазору між роликами; 25 - тяга; 26 - обмежувальний гвинт; 27- цапфа.

Станина верстата являє собою складану чавунну станину, що складається з двох бічних стінок, двох поздовжніх стінок і однієї поперечної стінки. Деталі станини з'єднані болтами. Бічні стінки мають отвори і щілини для розміщення знімних і нерухомих складальних вузлів машини. Машина повністю закрита кришкою, що складається з чотирьох знімних нижніх штампованих сталевих огорож і чотирьох шарнірних верхніх штампованих сталевих огорож.

Робота верстата починається з моменту запуску двигуна. Обертання V-подібного ремня спочатку передається на шків верхнього ролика, а потім передається на нижній ролик через шестерню між роликами. Від маточини шківа обертового верхнього валика шків, що живить валик, приводиться в рух плоским пасом, а від нього - напрямна напівмуфта кулачковою муфтою.

Коли приймальна труба заповнюється продуктом, ємнісний показчик рівня замикає ланцюг електромагнітного клапана і підключає магістраль стисненого повітря до робочої камери циліндра. Одночасно поршень піднімає шток вгору і через систему важелів витягує з штока ексцентриковий вал, який переміщує вільний кінець (коліно) нижнього роликпідшипника вгору, створюючи упор шліфувального ролика.

2. ТЕОРЕТИЧНИЙ АНАЛІЗ ПРОЦЕСУ І РОБОЧИХ ОРГАНІВ МАШИНИ

2.1. Конструктивні особливості вальцьового верстата А1-БЗН

У борошномельно-переробній промисловості використовується кілька основних типів машин, як вітчизняних, так і імпорتنних. Принцип дії і механізм роботи машин однакові але пристрої вузлів є різні.

Подрібнювальні верстат зазвичай мають дві пари валків, які працюють незалежно. Кожна секція вальців обладнана механізмом подачі, завантажувально-розвантажувальним пристроєм, керуючою машиною, пристроєм збору та розвантаження матеріалу.

Основною моделлю цієї машини є машина А1-БЗН, яка має багато модифікацій (рис. 2.1).

При надходженні продукту в машину спрацьовує датчик рівня рідини, встановлений в приймальній трубі і його сигнал надходить на зупинку розливного механізму і подавальний ролик. Механізм подачі почне подавати продукт у робочі ролики, а механізм зупинки скидання встановить призначений зазор між роликами. Коли подача продукту припиняється, електронна схема відкриє електропневматичний клапан, через систему важелів робочий валок опуститься вниз і механізм подачі зупиниться. Відмінною особливістю цієї машини є водяне охолодження високошвидкісних роликів. Охолодження шліфувального валика позитивно впливає на показники процесу помелу. Зниження температури в зоні помелу запобігає висиханню корпусу і переподрібненню, а також перегріву подрібненого продукту. Витрата охолоджувальної води не повинна перевищувати 0,2 куб. м/год.

При нормальній роботі системи охолодження температура високошвидкісного ролика не повинна перевищувати 60°C. За даними випробувань температура поверхні вальця не перевищує 36°C, а подрібненого виробу 25°C. В умовах виробництва необхідно контролювати

температуру нагріву валика і подрібненого продукту. При підвищенні температури продукту після проходження через вальцьову машину необхідно виявити причини порушення процесу (знос робочої поверхні валків, непаралельність валків, нерівномірне заповнення зазорів, порушення в системі охолодження валків тощо).

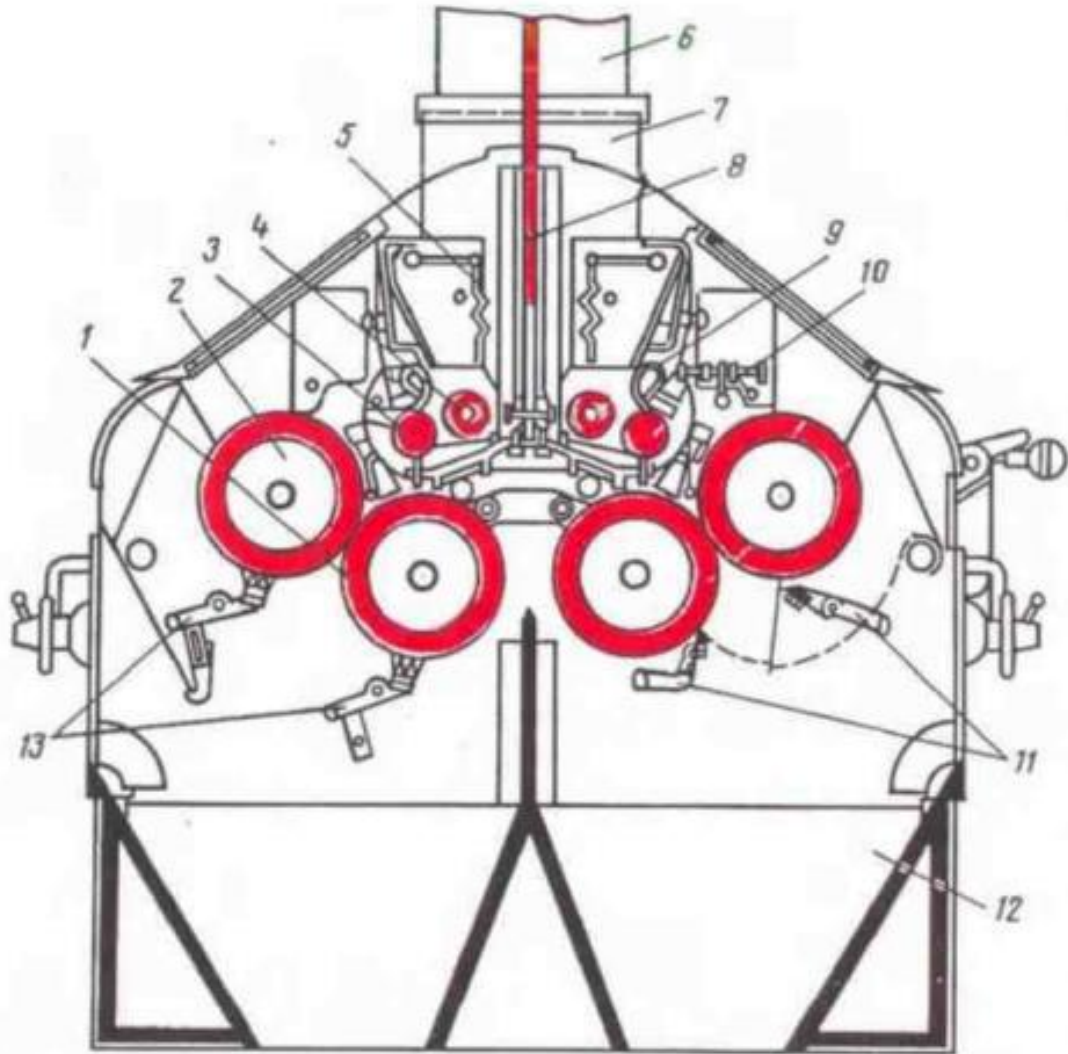


Рисунок 2.1 - Вальцьовий верстат А1-БЗН.

1,2 – робочі подрібнювальні вальці; 3 - дозуючий валик; 4 - живильний шнек; 5 – живильні датчики (шторки); 6 - приймальня трубка; 7 - горловина; 8 - сигналізатор рівня сировини; 9 – регульовальна заслінка; 10 - регулятор живлячого зазору; 11 - ножі-очисники вальців; 12 - випускний бункер; 13 - щітки-очисники.

Налагодження і регулювання режиму завантаження кожної машини в основному зводяться до регулювання системи живлення і робочого зазору між робочими роликками.

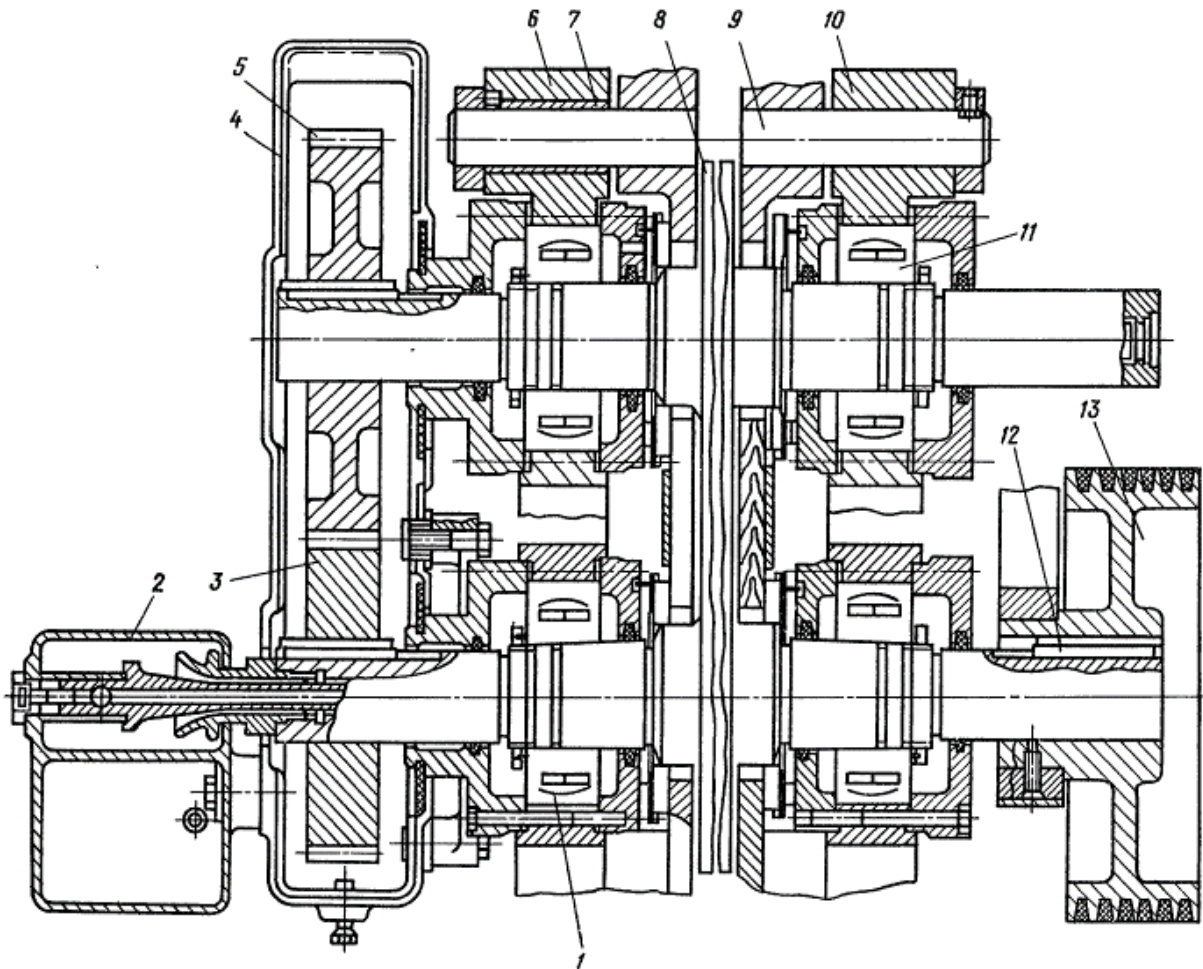


Рисунок 2.2 - Вальці з підшипниковими вузлами, приводом і міжвальцьовою передачею.

1, 11 - підшипники, 2 - корпус пристрою охолодження, 3,5 - шестерні між вальцьовою передачею, 4 – захисний кожух, 6, 10 - підшипники; 7 - втулка ексцентрикова, 8 – подрібнювальні вальці; 9 - цапфа; 12 - шпонка, 13 – шків.

Сферичний роликовий підшипник 11 встановлений в гніздо підшипника, а його внутрішня скоба встановлена на конічній частині роликової цапфи. Для зняття підшипника з конічної частини цапфи використовується спеціальний гідравлічний знімач. Він впорскує масло через отвір у цапфі ролика до місця з'єднання з внутрішнім затискним конусом. На

лівому кінці цапфи шестерні 3 і 5 закріплені між роликівими шестернями, які закриті корпусом 4.

Принцип роботи пристрою охолодження верхнього високошвидкісного ролика наступний (рисунок 2.3). Ролики 6 охолоджуються водою, що надходить через трубку 5, яка вільним кінцем вставлена у внутрішню порожнину ролика через осьовий отвір в цапфі. Трубка має два отвори для розбризкування води в циліндр. Відкритий кінець трубки жорстко з'єднаний з корпусом 7. У середині корпусу в трубі подачі води встановлений пробковий кран, який регулює подачу води у внутрішню порожнину баарбана. Тепла вода відводиться через кільцеву щілину між нерухомими трубками 5 і обертається через бронзову втулку 2 з конічним розтрубом. Стічні води надходять у дренажну камеру, проходять по трубах у блок охолодження і повертаються в систему рециркуляції. Підігріту воду можна використовувати для зволоження зерна у відділенні підготовки борошна.

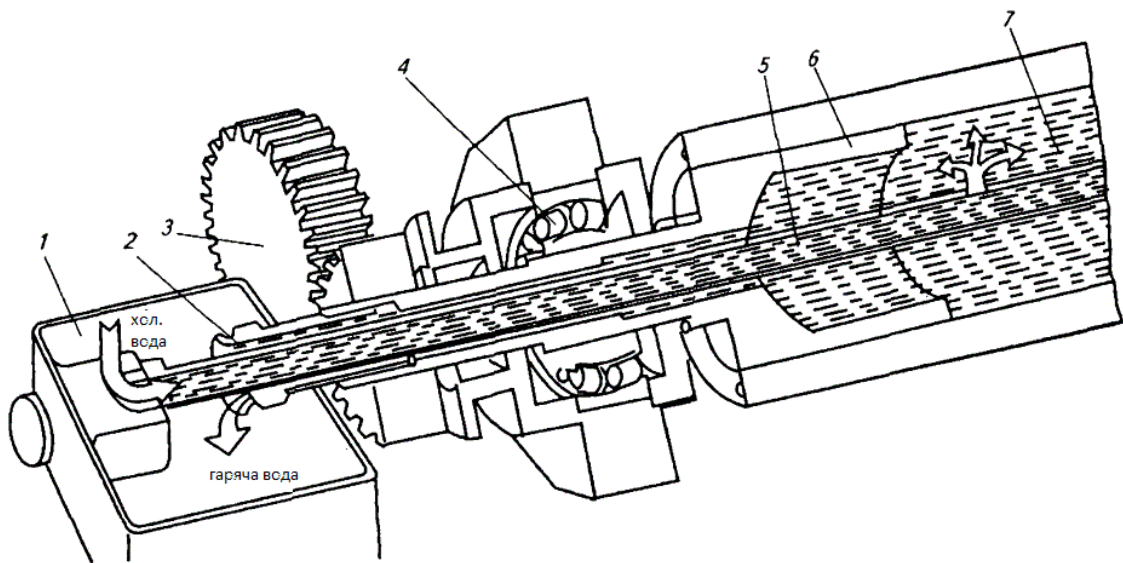


Рисунок 2.3 - Пристрій для охолодження швидкохідного вальця.

1 - корпус; 2 - втулка бронзова; 3 – шестірни для міжвальцьових передач; 4 - підшипник; 5 - трубка; 6 - цапфа; 7 – валець.

При охолодженні барабана водою температура подрібненого продукту знижується і частинки оболонки не втрачають відносної вологості порівняно з частинками ендосперму, що необхідно для отримання оптимальних умов

помелу зерна. Крім того, дуже важливо, що коли продукт охолоджується, значною мірою зникають умови для накопичення шкідників у валковому млині, а також покращуються умови просіювання продукту, подрібненого на ситі під час просіювання.

Механізм подачі продукту (рис. 2.4) має сім форм виконання, що включає різні комбінації роликів живильників, редукторів, демпферів і приводів в залежності від фізико-механічних характеристик вихідного продукту на різних технічних системах. Механізм подачі продукту (див. рисунок 2.4) приводиться в рух плоскопасовою передачею 7 від маточини шківів приводу розмелювальних валиків. Обертання передається на шків 6, на якому встановлено дві кулачкові напівмуфти 4, 5, які входять у зачеплення при зупинці тихохідного ролика. Подаючий ролик встановлений в підшипниках ковзання.

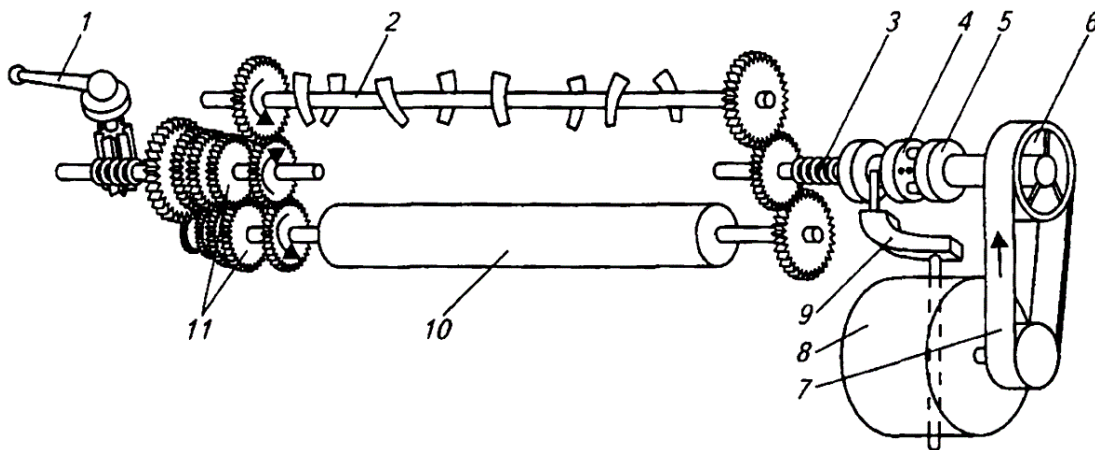


Рисунок 2.4 - Механізм подачі продукту.

1 - рукоятка; 2 - шнек; 3 - пружина; 4, 5 - напівмуфти кулачкові; 6 - шків; 7 - передача плоскопасова; 8 – валець швидкохідний; 9 - тяга з повідцем; 10 - валик; 11 – шестерні.

2.1.1 Механізм регулювання розміру зазору між роликами

Відповідно до особливостей абразивного процесу необхідно змінювати відстань між шліфувальними валками, що працюють разом. Це досягається підйомом або опусканням підшипників рухомих роликів. У сучасних

конструкціях верстатів нижній валик зазвичай є рухомим, який обертається з нижчою окружною швидкістю, ніж верхній валок. Щоб захистити поверхню ролика від зносу внаслідок випадкового зіткнення з великими твердими тілами, підшипники, які переміщують ролики, розташовані на пружинних демпферах.

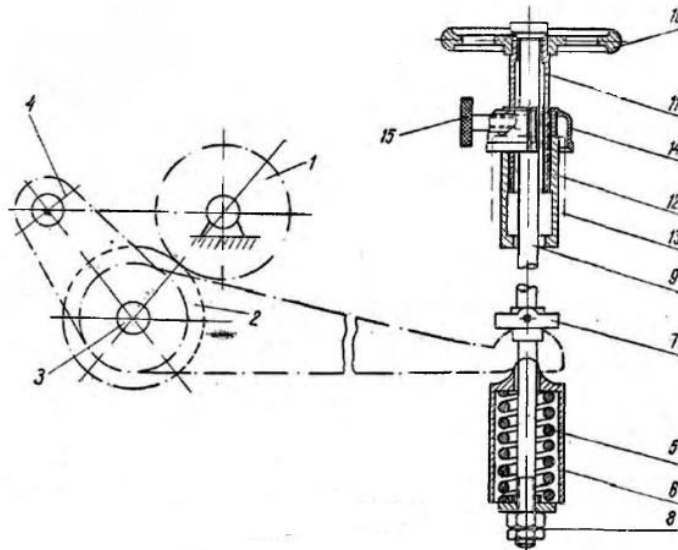


Рисунок 2.5 - Механізм регулювання паралельності роликів.

На рис. 2.5 показано пристрій механізму регулювання паралельності ролика. Швидший ролик 7 обертається в нерухомих підшипниках. Повільно рухомий ролик 2 обертається, а рухомий підшипник 3 спирається на важіль. Одним кінцем важіль підвішений на шарнірі 4, а іншим кінцем спирається на пружину 5, розташовану всередині стакана 6, верхнє положення пружини 5 обмежене нерухомою частиною 7. Натяг пружини здійснюється гайкою 8 вертикального болта 9.

Переміщенням болта 9 у вертикальному напрямку можна змінювати зазор між роликами 7 і 2. Верхня частина болта 9 вільно проходить через маточину маховика 10 і своїм буртиком упирається зверху в маточину маховика 10. Маточина маховика розміщена на втулці 11. На зовнішній стороні втулки 11 є канавка для газу, а канавка для газу входить у внутрішню канавку стакана 12. У встановленому положенні втулка 11 затискається болтом 15 і різною гайкою 14.

На рисунку 2.6 наведені точні розміри встановлення зазору між роликми та конструкція механізму швидкого змикання роликів у машині з гладкими роликми. Чашка 1 підтримується гайкою 2 ексцентрикового вала 3 (чашка 1 на рисунку 2.5 позначена № 12). Ручка 4 вільно лежить на валику 3, але з'єднана з валом 3 через деталь 6 за допомогою мікрометричного гвинта 5. Фіксатор 7 обертається на шарнірі 8 ручки 4, а його кінець обертається під роликком 3. Зусилля пружини 9 захоплює нерухомий упор 10, розташований в корпусі машини.

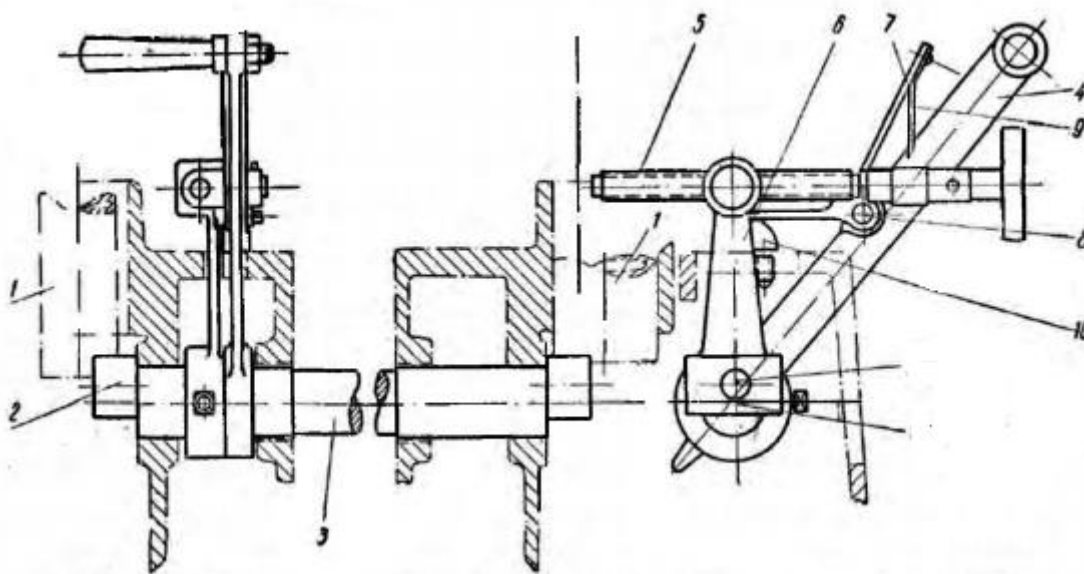


Рисунок 2.6 - Конструкція механізму точного встановлення розміру зазору ролика.

Тому за допомогою мікрометричного гвинта 5 можна змінювати положення зазору, піднімаючи або опускаючи кінець рухомого ролика. Натисканням на засув 7 і обертанням ручки 4 деталь 2 можна повертати за годинниковою стрілкою вздовж валу 3, в результаті чого чашка 1 опускається, тим самим опускається рухомий ролик, тобто вона повністю закривається.

2.1.2 Будова подрібнювального вальця.

Діаметр ролика, окружна швидкість і розташування. Валик є основним робочим механізмом станка. Вибір діаметра барабана тісно пов'язаний з

мікроструктурою його поверхні, характером процесу подрібнення зерна і особливостями культури, що переробляється. Теорію роботи вальцювого верстата вперше у світовій літературі запропонував проф. П.А.Афанасьєв.

На рис. 2.7 показано вплив валика на зернину.

Один ролик радіуса R обертається за годинниковою стрілкою навколо осі O , а другий ролик такого ж радіуса обертається проти годинникової стрілки навколо осі O_1 . При цьому обертанні ролики намагатимуться захопити частинки, що знаходяться на них, і втягнути їх у щілину, утворену між роликами.

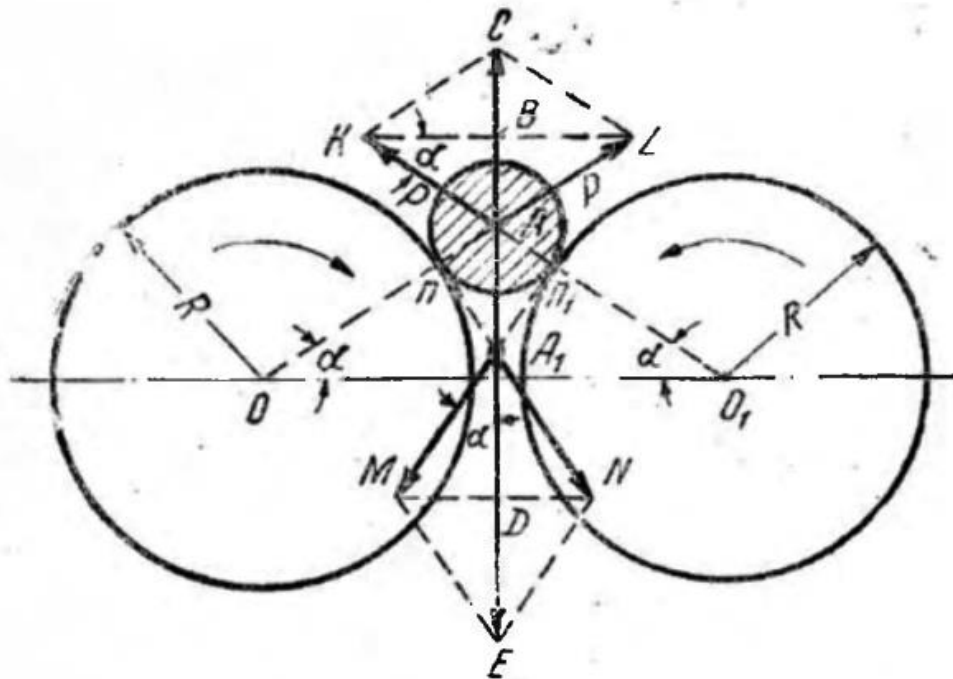


Рисунок 2.7 - Схема дії вальців.

Частинки засмоктуються в зазор між роликами за допомогою сили тертя, яка дорівнює добутку нормальної сили P на коефіцієнт тертя f між робочою поверхнею роликів і частинками.

Фігура A_1MEN — ромб, де $A_1D=DE$. Кут $MA_1D = \alpha$, оскільки його сторони перпендикулярні до сторін кута KO_1O . Починаючи з прямокутного трикутника MA_1B , маємо.

$$A_1D = A_1E/2 = A_1M \cos \alpha = fP \cos \alpha, \quad (2.1)$$

Звідки

$$A_1 E = 2 f P \cos \alpha \quad (2.2)$$

Отже, на частинку діють дві протилежні сили. Щоб затягнути частинки в зазор між роликками, повинні бути виконані такі умови:

$$2 f P \cos \alpha > 2 f P \sin \alpha \quad (2.3)$$

звідки

$$f P \cos \alpha > f P \sin \alpha \quad (2.4)$$

або

$$f > \tan \alpha \quad (2.5)$$

Так як $f = \tan \varphi$, то можна записати $\tan \varphi > \tan \alpha$

Залежність між розміром частинок продукту, радіусом ролика і кутом тертя можна визначити так (рис. 2.8). Позначимо через B початковий розмір частки продукту, кінцевий розмір ділянки B_1 буде дорівнювати відстані між роликками по осьовій лінії, що їх з'єднує.

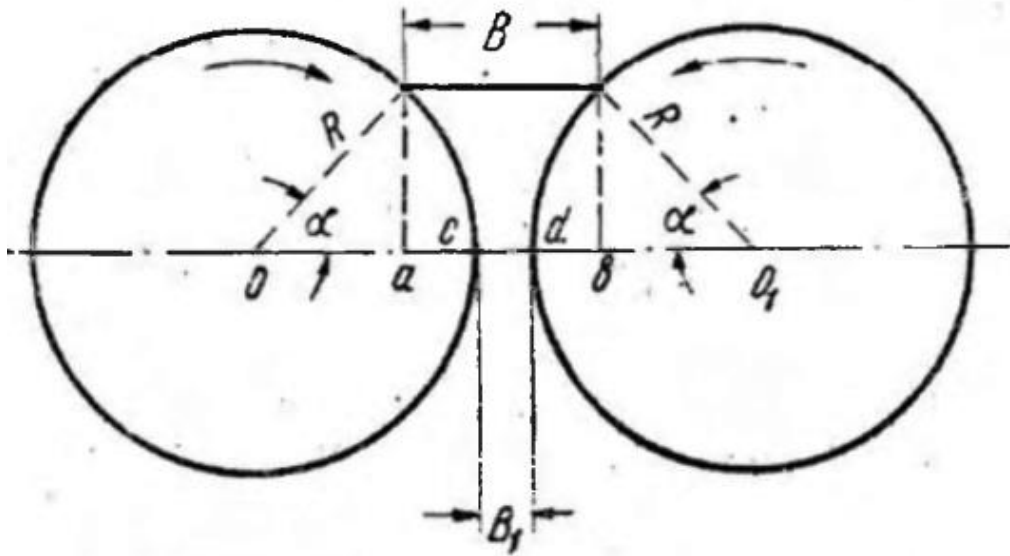


Рисунок 2.8 - Залежність основних параметрів роликів.

Тоді можна писати так:

$$OO_1 = Oa + O_1b + ab = Oc + O_1d + cd \quad (2.6)$$

Або

$$OO_1 = R \cos \alpha + R \cos \alpha + B = R + R + B_1 \quad (2.7)$$

Звідки

$$2R \cos \alpha = 2R + B_1 \quad (2.8)$$

Таким чином отримуємо:

$$R = (B - B_1) / 2(1 - \cos \alpha) = (B - B_1) / 4 \sin^2 \frac{\alpha}{2} \quad (2.9)$$

Враховуємо, що кут α не повинен перевищувати кута тертя φ , тому в рамці α дорівнюватиме φ , отримуємо:

$$R = (B - B_1) / 4 \sin^2 \frac{\alpha}{2} \quad (2.10)$$

З останнього рівняння можна зробити такі висновки:

1) Радіус барабана майже прямо пов'язаний з початковим розміром частинок продукту, тобто чим більший початковий розмір частинок, тим більшим повинен бути радіус барабана, і навпаки;

2) Радіус барабана обернено пропорційний куту тертя частинок об барабан, тобто чим більший кут тертя, тим меншим має бути радіус, і навпаки.

У таблиці 2.1 наведені значення коефіцієнтів тертя деяких зернових продуктів помелу на різних поверхнях валиків.

Таблиця 2.1 - Кути і коефіцієнти тертя

Матеріал вальців	Дунст		Крупа	
	φ	f	φ	f
Чавунні матові	16°	0,2871	15°	0,2680
Чавунні гладкі (поліровані)	12°	0,2130	11°	0,1941
Чавунні, рифлені в роботі	18°	0,3250	17°	0,30

Як видно з таблиці, коефіцієнт тертя чавунного ролика з матовою поверхнею значно вище, ніж у ролика з полірованою поверхнею. Тому при виборі діаметра ролика необхідно враховувати мікроструктурний стан його поверхні. Крім того, за конкретних обставин також необхідно враховувати особливості процесу переробки зерна.

На рисунку 2.9 показано два варіанти спільно працюючих валиків радіусів R і r . Горизонтальний діаметр валика в обох випадках однаковий. Якщо ділянку продукту O потрібно розтягнути валиком радіуса r , то він повинен пройти відстань l від свого початкового положення до виходу з робочої зони валика.

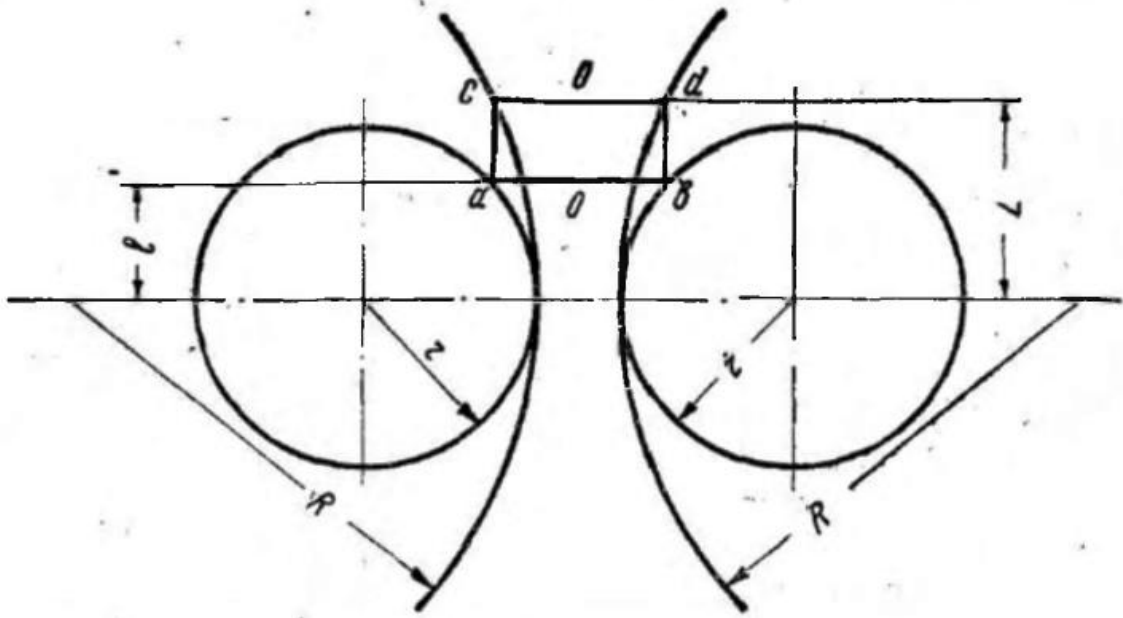


Рисунок 2.9 - Вплив валиків різного діаметру на виріб.

Для ролика радіусом R шлях частинки від її початкового положення до виходу з робочого простору буде представлено значенням L . Як бачимо, у другому випадку частинки стають довшими під впливом радіуса ролика. Тому в цьому випадку, залежно від технологічного потоку подрібненого продукту, частинки необхідно поступово відокремлювати якомога більше, використовуючи робочі валки меншого діаметру. Якщо основне завдання — швидко перемолоти продукт в борошно, вибирайте барабан більшого діаметру.

При виборі діаметра барабана також необхідно враховувати характеристики зерна, що переробляється. Наприклад, для помелу жита на оббивне борошно рекомендується використовувати барабан більшого діаметру, ніж для помелу пшениці, оскільки жито більш в'язке, ніж пшениця.

На рис. 2.10, а і б показані різні варіанти розташування валків на сучасних прокатних станах. В американських машинах використовуються горизонтально розташовані ролики. Перевагою такої компоновки є можливість використовувати стрічку без зубчастих коліс для передачі руху на обидва ролики. Її недоліками є збільшення габаритних розмірів і ширини прокатного стану, надмірний знос пасів, що працюють з обох сторін, погані умови подачі валків. Пояснення останнього полягає в тому, що продукт падає на поверхні ролика, що повільно рухається, і ролика, що швидко рухається, і кутова швидкість останнього більша за швидкість падіння продукту.

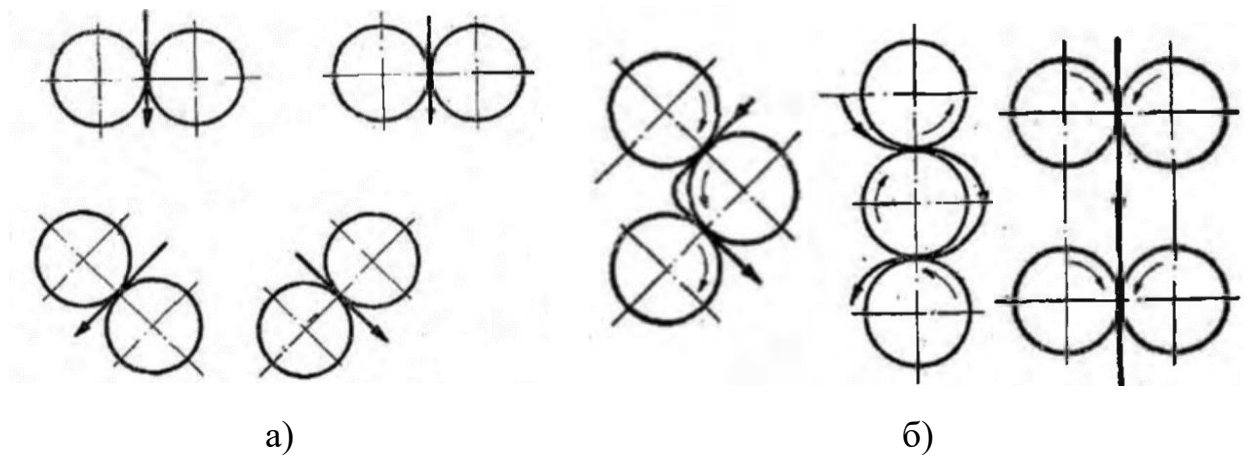


Рисунок 2.10 - Положення роликів у машині.

а - горизонтальне та діагональне розташування роликів; б - розташування роликів двозернового каналу.

Зміни положення барабана для подвійного проходу зерна в млині також не використовувалися, в основному через складність конструкції машини. Крім того, оскільки середній ролик витримує подвійне навантаження, його поверхня зношується значно швидше, ніж у зовнішнього ролика. З цих причин на сучасних прокатних станах використовуються діагонально розташовані валки.

На рис. 2.11 показано різні типи вальців, що використовуються в прокатних станках, а саме: а) порожнисте тіло з наскрізним валом; б) порожнисте тіло з коротким валом; в) суцільний литий вал і г) суцільний пресований вал.

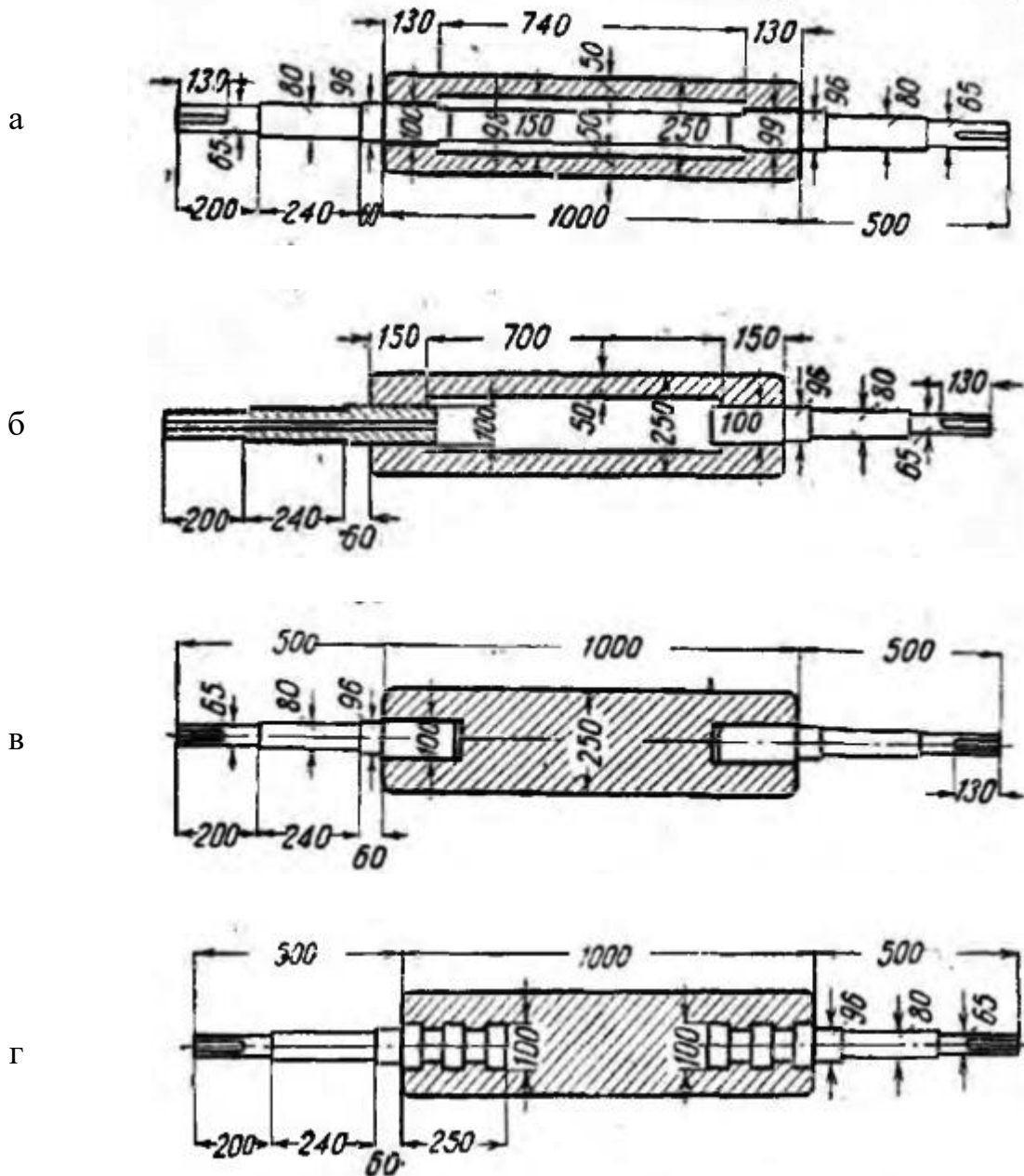


Рис 2.11 Різні типи вальців, які використовуються на прокатних станах

Перевагою порожнистих роликів є зменшення ваги. До їхніх недоліків можна віднести нерівномірну товщину стінок, часто спричинену неточним формуванням і литтям валків. Це вимагає балансування барабана, дуже трудомістка операція.

Суцільні ролони виготовляють з коротких пресованих або литих з торцевих сторін валів. Такі вали не вимагають балансування, що є їх основною перевагою. В даний час в основному використовують суцільні валки з коротким пресовим валом.

2.1.3 Нарізка рифлів на вальцях

Усі вальцьові машини, які використовуються для переробки пшениці чи жита на борошно, можуть нарізати рифлі. Ступінь впливу рифлів на виріб залежить від діаметра і кутової швидкості підшипника валка, а також від профілю і кута нахилу рифлів до формувального валка по його довжині і кількості рифлів на 1 см. Довжина зовнішнього кола валика.

На рис. 2.12 показано чотири можливі рішення для положення рифлів швидкого валка відносно канавки повільного валка, а саме: а) кінчик канавки швидкого валка уздовж кінчика канавки повільного валка; б) точкова - по спині; в) дорсильна — по спині; г) дорсильна — по краю.

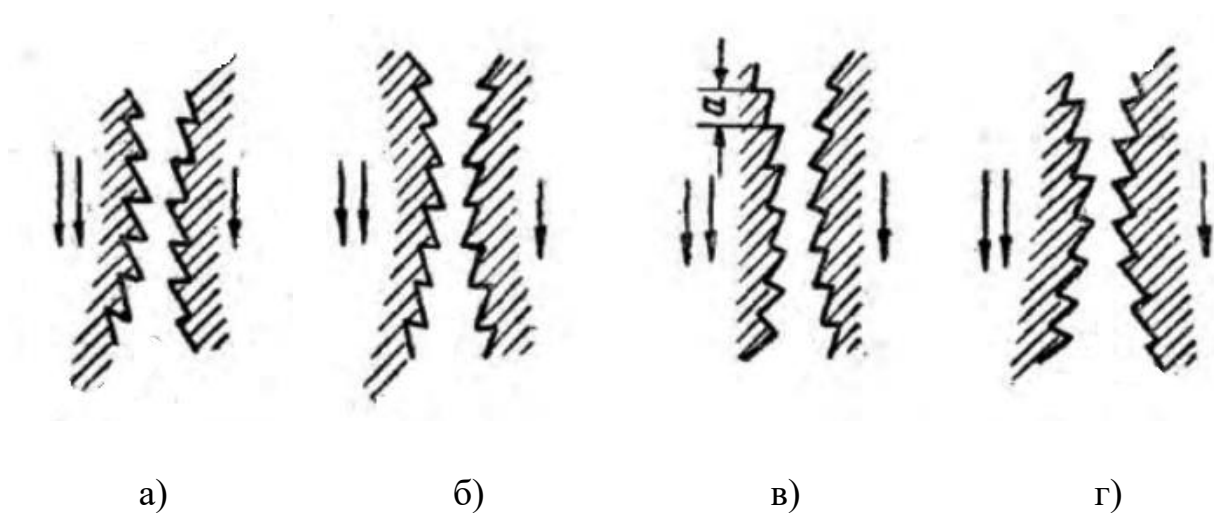


Рисунок 2.12 - Схеми розташування рифлів на вальцях.

Залежно від стадії процесу помелу зерна в машині валки розміщуються відповідно. Наприклад, у системах, де відбирається велика кількість зерен, а розрізання оболонок на дрібні частинки не є важливим для розміщення їх у борошні, може бути рекомендована операція канавки «точка-точка».

У цьому випадку, якщо розмір оболонок занадто малий, подальше подрібнення може викликати труднощі в процесі їх відділення від борошна і крупи, і замість різання необхідно використовувати зішкрібання. Для цього кінчиком швидкого валика потрібно провести по спинці повільного.

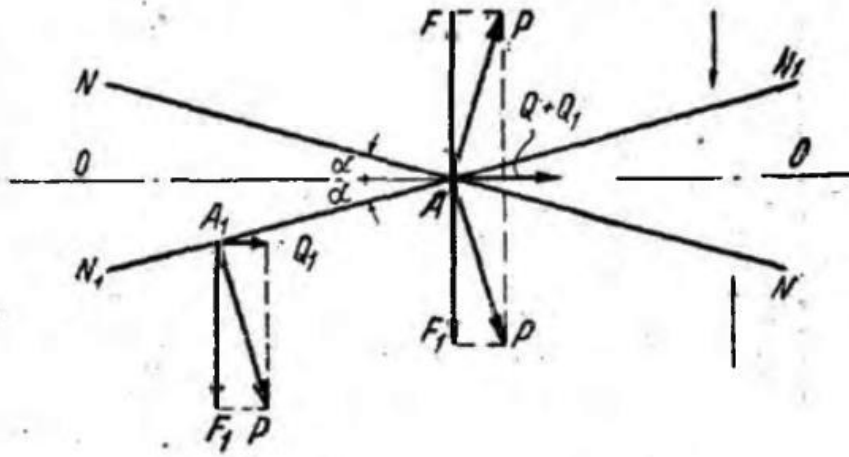


Рисунок 2.13- Схема нахилу рифлів

На рис. 2.13 подано графік, який дозволяє визначити залежність кута нахилу рифлів від кута тертя виробу. Нехай канавки NN на одному валку утворюють кут α з утворюючим OO, а канавки N_1N_1 на другому валку також утворюють кут α . У точці перетину гофру A на деталь виробу діятимуть дві сили P, одна сила, перпендикулярна гофру NN, а інша сила, перпендикулярна гофру N_1N_1 . Розподіливши ці сили в двох напрямках - по вертикалі і по горизонталі, отримаємо по вертикалі протилежні сили F і F_1 , а по горизонталі однакові сили Q і Q_1 . Очевидно, що внаслідок дії сил F і F_1 частинки продукту будуть розрізані, а під дією сил Q і Q_1 частинки будуть прагнути рухатися вздовж деталі, що формує, уникаючи дії сил різання F і F_1 .

Щоб уникнути можливості руху частинок вздовж шини, сума проекцій усіх сил, що діють на частинку на шину, повинна дорівнювати нулю, як показано нижче:

$$2Q - 2fP\cos \alpha = 0 \quad (2.11)$$

або

$$2P\sin \alpha = 2fP\cos \alpha \quad (2.12)$$

де, $2fP\cos \alpha$ - сила тертя, створена в положенні частинки на канавці, скорочує обидві частини рівняння на $2 \cos \alpha$, тоді ми отримуємо:

$$\operatorname{tg} \alpha = f \quad (2.13)$$

або

$$\operatorname{tg} \alpha = \operatorname{tg} \varphi \quad (2.14)$$

де, φ – кут тертя частинки по чавуну.

Таким чином отримуємо, що $\alpha = \varphi$

На рис. 2.14 показано контур канавки, яка раніше використовувалася в борошномельній практиці. Кут α , утворений гострою кромкою канавки, і радіусом окружності поперечного перерізу ролика приймається рівним 35-40°. Кут β на задній стороні канавки такого ж радіуса становить 65° (для пшениці) або 70° (для жита). Кут заточування інструменту ($\alpha + \beta$) коливається від 100 до 110°.

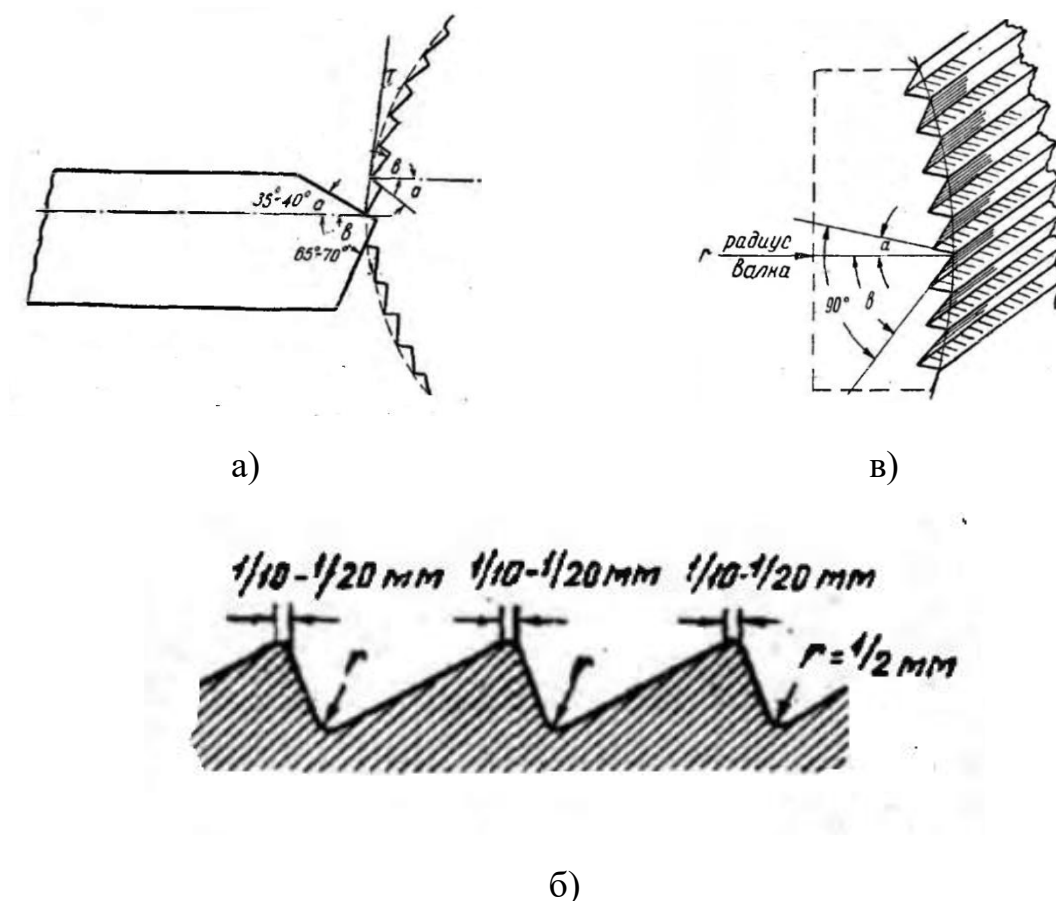


Рисунок 2.14 - Профіль канавки: а - профіль раніше використовуваної канавки; б - вершина канавки; в - профіль канавки на сучасному валку.

На даний час прийнятий профіль канавки $\alpha + \beta = 90^\circ$ і $\alpha = 20^\circ$

Наявні у нас високоякісні ріжучі інструменти стали досить стабільними.

Верх рифлення приймається вузькою смугою полірованої поверхні валика шириною $\frac{1}{10}$ до $\frac{1}{20}$ мм (рис. 214, б).

На малюнку. На малюнку 2.14 показаний контур канавки, яка зараз використовується у млинах.

В даний час ролики виготовляють із загартованого чавуну та штампованих сталевих осей. Дія шліфувальних виробів на гофрованих вальцях значною мірою залежить від стійкості профілю гофрування. При помелі зерна на гладких вальцях для одержання борошна вищого гатунку намагайтеся уникати сильного здавлювання вальців, тому що якість борошна вищого гатунку буде знижена. Тому робоча поверхня гладкого барабана повинна мати високий коефіцієнт тертя для захоплення розбитих частинок.

Цим пояснюється той факт, що, як було зазначено вище, оптимальні умови подрібнення продуктів на гладких вальцях сильно залежать від мікроструктури поверхні. Мікроструктура гладкої поверхні валика повинна забезпечувати постійну мікронерівність для створення оптимального коефіцієнта тертя між виробом і поверхнею валика. Можна побачити, що процес подрібнення частинок вимагає, щоб робоча поверхня мала такі властивості:

а) У рифленому валику. Стійкість до сколів при нарізанні канавок і зносостійкість канавок при розриві зерна. Тому зміцнений шар вала повинен характеризуватися високою твердістю, але достатньою в'язкістю. Структура зміцненого шару повинна бути однорідною і дрібнозернистою.

б) У гладкому валику. У порівнянні з гофрованими валиками поверхня гладких валиків не повинна бути однорідною, щоб забезпечити шорсткість.

В обох випадках, щоб збільшити термін служби валика, зміцнений шар повинен мати оптимальну твердість на потенційно більшій глибині від зовнішньої поверхні валика.

2.1.4 Класифікація робочих органів вальцьових верстатів.

Нині на млинах для подрібнення зерна використовують барабанні машини з двома парами вальців:

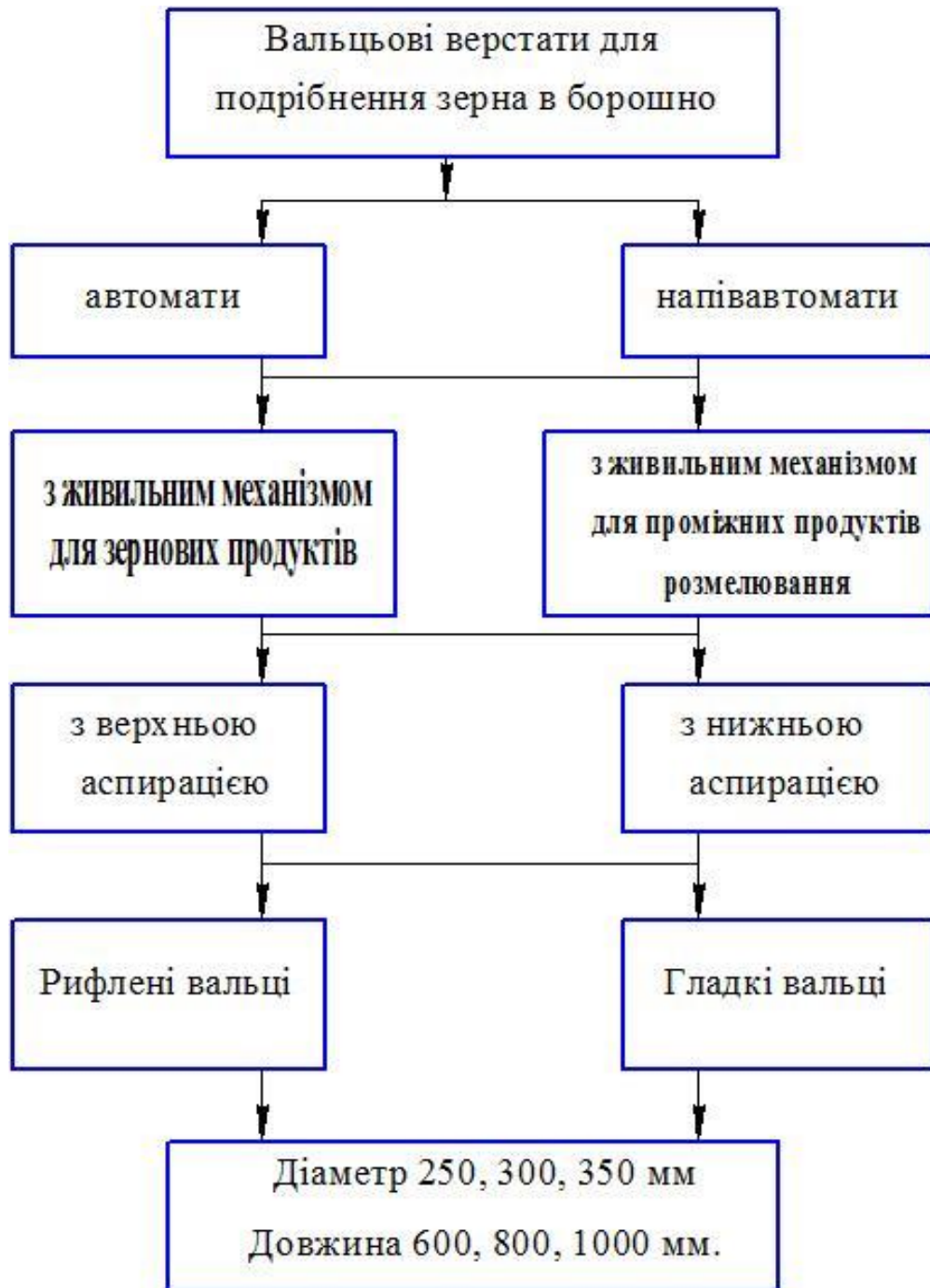


Рисунок 2.15 - Класифікація робочих частин вальцових верстатів

2.1.5 Основні параметри розрахунку

Продуктивність вальцових верстатів можна приблизно визначити за такою формулою:

$$Q = 1,8L(b + h) \times (v_{ш} + v_r) \times \gamma \times k \quad (2.15)$$

де, Q - продуктивність пари валків у вальцових верстатів, т/год.

h - глибина нарізаної рифлі в мм;

L - довжина вальців, що працюють попарно, в метрах;

$v_{ш}$ - кутова швидкість швидкохідного вальця в м / с;

$v_{т}$ – кутова швидкість тихохідного вальця в м / с;

b - зазор між валками в мм;

γ – густина сировини т/м³;

k – коефіцієнт заповнення зазору між вальцями.

Для плавного прокручування h вважається нульовим.

Коефіцієнт зазору між наповнювальними валками змінюється в широких межах і в основному залежить від фізичних властивостей зерна або проміжного продукту, що переробляється, а також від взаємного розташування живильного і робочого вальців в машині. Тому в даний час на практиці продуктивність прокатного стану визначається довжиною здвоєних робочих валків і питомим навантаженням на одиницю довжини. Залежно від режиму помелу зерна і технологічного процесу питомі навантаження на вальці наступні.

Необхідний тиск між роликками можна визначити наступним чином. Це видно з рис. 2.16. Трикутник OBV і $O_1 V_1 B_1$ рівні. Проведемо пряму NB з точки B паралельно $V_1 B_1$. Отримаємо два подібних рівнобедрених трикутника VBG і $O_1 V_1 B_1$.

Отже, оскільки кути при основі рівні:

$$\frac{B_1 V_1}{B_1 O_1} = \frac{BG}{BB} \quad (2.16)$$

Або

$$\frac{x}{r} = \frac{B-3}{x} \quad (2.17)$$

Звідки

$$x = \sqrt{r(B-3)} \quad (2.18)$$

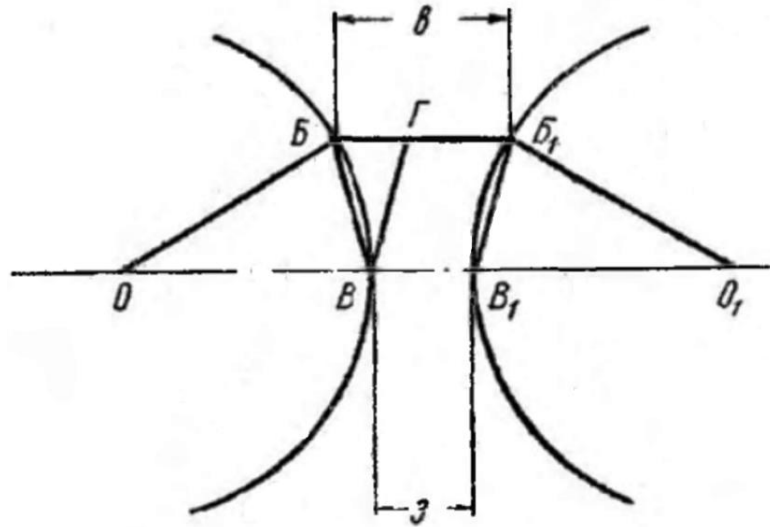


Рисунок 2.16 - Схема визначення необхідного тиску між роликами

де, x - ширина ділянки шліфування по радіусу ролика;

v - розмір зерна по товщині ≈ 4 мм;

z - зазор між вальцями ≈ 1 мм.

Прямі BB і $B_1 B_1$ - можна умовно вважати, що їх довжини відповідають довжинам дуг. При діаметрі барабана 250 мм отримуємо:

$$x = \sqrt{r(v - z)} \approx 20 \text{ мм}$$

Кількість частинок, на які одночасно впливають два ролики довжиною 1000 мм, становить прибл.:

$$z = \frac{x \times 1000 \times k}{F} = \frac{20 \times 1000 \times 0,5}{24} \approx 400$$

де, F - площа, яку займає одна частинка, приблизно дорівнює 24 мм^2 ;

k - коефіцієнт заповнення зазору між роликами.

Зусилля, необхідні для роздроблення зерна, варіюються в широких межах залежно від культури зерна, вологості, твердості та структурних властивостей. Для розрахунку можна прийняти, що зерно розчавлюється при стисненні силою 5,0 кг. Отже, необхідний тиск між роликами буде $400 \times 5,0 = 2000$ кг.

У таблиці 2.1 наведені дані щодо питомого навантаження пар роликів на 1 см довжини та потужність, необхідна окремим системам, залежно від культури, сортує та режиму подрібнення.

Таблиця 2.1 - Питомі навантаження на вальці і потрібна потужність

№ системи за схемою розмелювання зерна	Навантаження в % до навантаження 1 драної системи	Навантаження на 1 см вальців в кг / добу	Витяг борошна у % до навантаження 1 драної системи	Режим роботи вальців					Потрібна потужність в кВт. для однієї пари вальців	
				Кутова швидкість швидкохідного вальця м / с	Диференціал	К-сть рифлів на 1 см довжини	Кут рифлів в %	Положення рифлів	800	1000
									250	250
Системи	При переробці пшениці в сортове борошно									
I драна	100	676	1,6-2	5-6	2,5	13	4	вістрі по вістрі	9,1	11,3
II драна	80	434	2,5-3	5-6	2,5	14	6		9,2	11,4
III драна	50	342	3,6-4	5-6	2,5	15	6		11,2	14,4
IV драна	30	202	4-3,3	5-6	2,5	18	6	спинка по вістрі	9,5	12,3
V драна	20	180	1,5-2	5-6	2,5	20	8		11,3	14,3
VI драна	6	206	1,5-1	5-6	2,4	24	8		9,5	12,3
Шліфувальна	25	282	1	5-6	2				5,5	7,15
1 розмельна	35		8	5-6	1,6				8,5	10,8
2 розмельна	30		12	5-6	1,6				8,5	10,8
3 розмельна	25		6,4	5-6	1,6				7,4	9,6

2-а якість	6		1,6	5-6	2				5,6	7,1
1-а вимольна	15		3	5-6	2				7,5	9,6
4-а розмельна	17		5	5-6	1,6				7,6	9,5
5-а розмельна	16		4	5-6	1,6				7,5	9,6
6-а розмельна	12		3	5-6	1,6				7,6	9,5
7-а розмельна	10		2	5-6	1,6				7,5	9,6
2-а вимольна	14		3,7	5-6	2				7,6	9,5
8-а розмельна	9		1,6	5-6	1,6				7	8,7
9-а розмельна	8		1	5-6	1,6				7	8,7
3-а вимольна	8		1,7	5-6	2				7	8,8
10-а розмельна	6		1	5-6	1,5				7	8,7
11-а розмельна	5		2	5-6	1,6				7,7	8,7

У борошномельній промисловості знаходяться в користуванні вальцові верстати з наступними розмірами вальців в міліметрах(табл. 2.2)

Таблиця 2.2 - Розміри вальців

Довжина, мм	600	600	600	800	800	800	1000	1000	1000	1250
Діаметр, мм	250	350	300	300	350	250	300	350	250	250
Маса пари вальців, кг	230	420	310	410	480	310	480	600	385	480

2.2. Технологічні розрахунки

Основною характеристикою секції помелу є сумарна довжина всіх робочих валків верстата.

Продуктивність валкового верстата Q кг/год, розмір частинок розраховується за формулою:

$$Q = 3,6 \times 10^3 \delta l v_{cp} \rho k \quad (2.19)$$

де, $\delta = 0,0006 \dots 0,00150$ - зазор між валками машини, м; l - робоча довжина вальців, м; v_{cp} - середня швидкість руху сировини в зоні подрібнення машини, м/с.:

$$v_{cp} = (v_{шв} + v_{тх})/2 \quad (2.20)$$

де, $v_{шв}, v_{тх}$ - окружні швидкості швидкохідного вальця м/с відповідно, тихохідного вальця $\rho = 725 \dots 815$ - щільність зерна пшениці, кг/м³ $k = 0,85$ - коефіцієнт заповнення площі.

Довжина l і m робочого валка розраховується за такою формулою

$$l = Q / (3,6 \delta v_{cp} \rho k) \quad (2.21)$$

Діаметр робочого валка D_m визначається за умови втягування частинок у зону подрібнення валком.

$$D > (d \cos \alpha - \delta) / (1 - \cos \varphi) \quad (2.22)$$

де, $\delta = 0,61 \dots 0,66$ - зазор між вальцями верстата, мм;

$d = 3$ - діаметр (товщина) зернівки, мм;

$\varphi = 36^\circ$ - кут тертя зерна по металу, град.

Параметри рифлів (рис. 2.16 б, в) вибирають згідно рекомендацій [1]:

$\beta = 70^\circ$ - кут спинки, град;

$\alpha = 20^\circ$ - кут передньої грані, град;

$\gamma = 90^\circ$ - кут загострення, град;

$c = 0,11 \dots 0,20$ - фаска, мм.

Кут нахилу рифлі : для вальцьових подрібнювачів $\alpha_p = 3 \dots 12^\circ$, крупорушок $\alpha_{pl} = 0, \alpha_{pl} = 90^\circ$ (рис. 2.16, г),

Крок t і висота h рифлів, мм :

$$t = 10/z; \quad h = [(t - 0,11)/\pi] - 0,29 \text{ r} \quad (2.23)$$

де, $z = 4... 12$ - кількість рифлів на 10 мм довжини кола, шт.

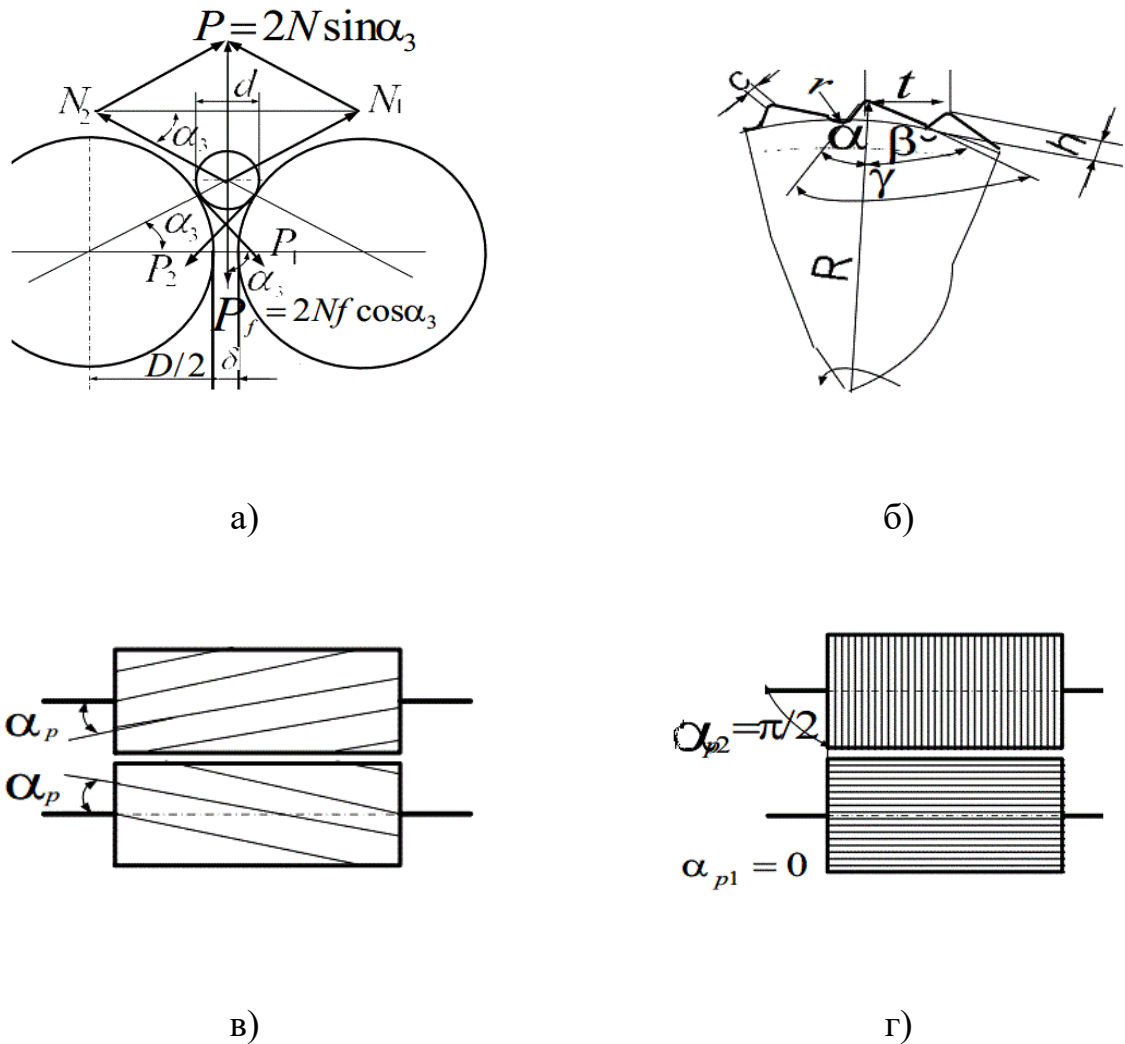


Рисунок 2.17 - Діаграми сил, що діють на частинки (а), а також форми і розташування канавок (б, в, г).

Потужність, необхідна для запуску робочого валка, визначається за наступною формулою:

$$N_{\epsilon} = N_0 L \quad (2.24)$$

де, $N_0 = 18...20$ – питома потужність на 1 м довжини вальця, кВт/м.

Потужність, необхідна для приводу подаючого вальця, кВт:

$$N_{жс} = 0,15 N_{\epsilon} \quad (2.25)$$

Загальна потужність, кВт:

$$N = N_{\epsilon} + N_{жс} = 1,16 N_{\epsilon} \quad (2.26)$$

Висока кутова швидкість ролика, рад/с:

$$\omega_{шв} = 2 v_{шв} / D \quad (2.27)$$

де, $v_{шв} = 5,6 \dots 6,5$ - високошвидкісна окружна швидкість ролика, м/с.

Кутова швидкість повільного ролика, рад/с:

$$\omega_{mx} = 2 v_{шв} / k_n \quad (2.28)$$

де, k_n – коефіцієнт зниження (для шліфувальних систем і зернодробарок $k_n = 2,6$; для розмельних систем $k_n = 1,11 \dots 1,7$; для плющильних верстатів $k_n = 1,1$).

Кінематична схема, за допомогою якої здійснюється рух машини, подібна до схеми (рис. 2.18) або розроблена на основі неї. Визначте передавальне число, вкажіть значення N , виберіть двигун відповідно до типових методів.

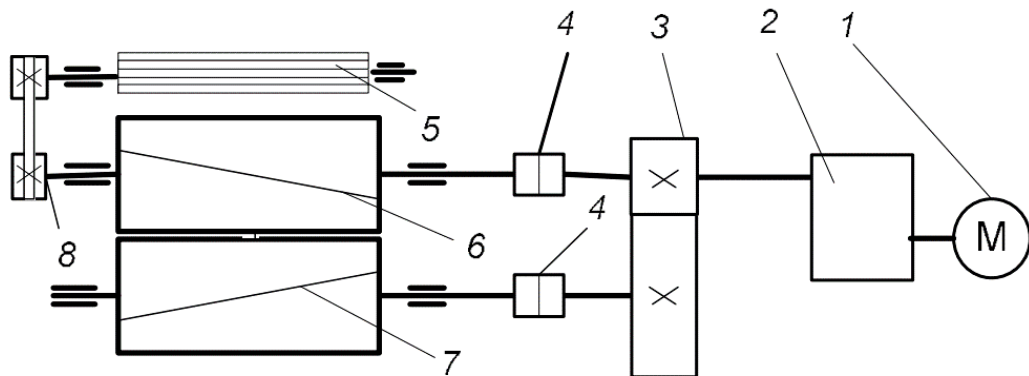


Рисунок 2.18 - Схема руху механізму приводу вальцювого верстата:

1- електродвигун; 2, 3 - редуктор; 4 - муфта; 5 - живильний валець; 6, 7 - робочі валки ; 8 - клинопасова передача.

Послідовність розрахунку G міжвалкового зазору $[(2h)] \text{ min}$ для товщини δ знятої з валка безперервної стрічки, швидкості поверхні валків W_{sh} і W_T і продуктивності валків залежить від вихідних даних розрахунку. При цьому співвідношення між зазначеними значеннями наступне.

Окружна швидкість $W_{(w(t))}$ поверхні валків, з якої знімається безперервна стрічка, базується на

$$W_{ш(т)} = \frac{G}{\rho b \delta} \quad (2.29)$$

де, G — потужність виробництва барабана.

Тоді швидкість поверхні ролика без обробки матеріалу матиме такий вигляд:

$$W_T = \varphi W_{ш}; \text{ або } W_{ш} = \frac{W_T}{\varphi} \quad (2.30)$$

Товщина формованого виробу після виходу з зазору становить:

- При знятті матеріалу з високошвидкісних роликів

$$\delta = h_{min}(1 + \varphi)(1 + \xi_k^2) \quad (2.31)$$

- При знятті матеріалу з тихохідних роликів

$$\delta = h_{min} \frac{(1 + \varphi)}{\varphi} (1 + \xi_k^2) \quad (2.32)$$

Межею зони деформації є перетин поверхні ролика і зазору ролика, де тиск на матеріал, що обробляється, дорівнює нулю. У введених безрозмірних системах координат ξ і ε поверхня кочення відповідає координатам $\varepsilon = \pm 1$, а вказані точки перетину, що відповідають початковій і кінцевій точкам зони деформації, відповідають координатам ξ_n і ξ_k .

Координати ξ_k визначають експериментально. Його значення зазвичай знаходиться в діапазоні $|\xi_k| = 0,2 - 0,4$ [6].

2.2.1 Визначення параметрів зазору між вальцями

Координата ξ_n відповідає значенню координати ξ , яке задовольняє рівняння.

$$\int_{\xi_k}^{\xi_n} \left[\frac{|A|^n - |B|^n}{1 + \xi^2} \right] d\xi = 0 \quad (2.33)$$

де,

$$A = \frac{(1 + 2n)}{n} \frac{(1 + \varphi)(\xi^2 - \xi_k^2)}{(1 + \xi^2)^2} + \frac{1 - \varphi}{1 + \xi^2} \quad (2.34)$$

$$B = \frac{(1 + 2n)}{n} \frac{(1 + \varphi)(\xi^2 - \xi_n^2)}{(1 + \xi^2)^2} + \frac{1 - \varphi}{1 + \xi^2} \quad (2.35)$$

Однією з характеристик зазору між роликами є координата $\xi_{вх}$ матеріалу, що надходить у зазор, що визначає положення вільної поверхні заготовки, що обертається, ширина якої становить:

$$2h_{вх} = 2h_{min}(1 + \xi_{вх}^2) \quad (2.36)$$

Тоді координата $\xi_{\text{ВХ}}$ обчислюється за такою формулою:

$$\xi_{\text{ВХ}} = \sqrt{\frac{2h_{\text{ВХ}}}{2h_{\text{min}}} - 1} \quad (2.37)$$

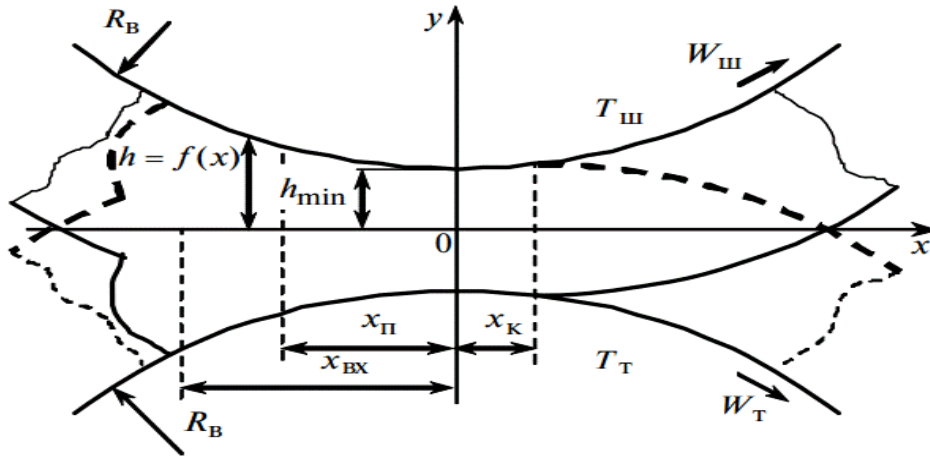


Рисунок 2.19 - Схема течії матеріалу в міжвальцьовому проміжку.

x, y — координати вздовж і через зазор між валками; $x_{\text{ВХ}}, x_{\text{П}}, x_{\text{К}}$ — координати матеріалу, що надходить у зазор між валками, початкова і кінцева точки зони деформації; $W_{\text{Ш}}, W_{\text{Т}}$ — окружна швидкість швидкохідних і повільних вальців; h, h_{min} — половина поточного мінімального зазору між роликками $T_{\text{Ш}}, T_{\text{Т}}$ — температури швидкохідних і тихохідних роликків.

Позначивши кут, що відповідає координатам матеріалу, що надходить у зазор між валками $\gamma_{\xi_{\text{ВХ}}}$, і кут, що відповідає координатам матеріалу, що виходить із зазору між валками $\gamma_{\xi_{\text{К}}}$, запишемо

$$\gamma_{\xi_{\text{ВХ}}} = \arcsin \frac{\gamma_{\xi_{\text{ВХ}}} \sqrt{2R_B h_{\text{min}}}}{R_B} \quad (2.38)$$

$$\gamma_{\xi_{\text{К}}} = \arcsin \frac{\gamma_{\xi_{\text{К}}} \sqrt{2R_B h_{\text{min}}}}{R_B} \quad (2.39)$$

Наведені нижче центральні кути відповідають вільній поверхні і-го ролика $i = (1, 2)$ і поверхні ролика, покритої матеріалом. ($\gamma_{\text{віль } i}, \gamma_{\text{М } i}$):

$$\gamma_{\text{віль } 1} = 360 - \gamma_{\xi_{\text{ВХ}}} - \gamma_{\xi_{\text{К}}} \quad (2.40)$$

$$\gamma_{\text{віль } 2} = 0 \quad (2.41)$$

$$\gamma_{\text{М } 1} = 0 \quad (2.42)$$

$$\gamma_{\text{М } 2} = 360 - \gamma_{\xi_{\text{ВХ}}} - \gamma_{\xi_{\text{К}}} \quad (2.43)$$

3. ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ

3.1 Програма досліджень

Основою розробки та проектування нових технологій і обладнання, що здійснюють оптимізацію їх експлуатаційних характеристик, є науковий метод виявлення взаємозалежності основних параметрів та їх впливу на кінцевий результат взаємодії продуктів переробки. Для вирішення цієї проблеми необхідне комплексне вивчення об'єкта дослідження. Необхідно розуміти природу технологічного процесу, що відбувається в конкретній машині чи обладнанні, фактори, що впливають на характер цього процесу та багато інших відповідних нормативних актів, без яких реальні вдосконалення існуючих машин і технологій, і особливо розвиток нові технічні засоби, неможливі.

У даній кваліфікаційній роботі було проаналізовано структурну будову вальцьових верстатів з компонентами в різних конфігураціях з метою визначення оптимальних параметрів для заданих умов проектування. Для цього необхідно виконати наступні дії:

1. Дослідження сучасних тенденцій розробки та проектування вальцьових верстатів.

2. Визначення області, де можуть знадобитися вдосконалення виробництва борошна.

3. Провести теоретичний аналіз процесу помелу зерна.

4. Визначити конструктивні параметри борошномельних вальців подрібнювальної машини.

5. Провести моделювання параметрів конструкції вальцьового верстату на основі технологічного, структурного та енергетичного розрахунку.

6. Зробити висновки з виконаної роботи.

3.2 Методика розрахунку вальцювого верстата

Аналізуючи конструкцію та роботу вальцювого верстату, ми помітили, що система подачі на валки потребує вдосконалення.

Продуктивність вальцювого верстату визначається за наступною формулою [2, 3, 4]:

$$Q = a \times L \times v_{cp} \times \rho \times \varphi, \text{ кг/с} \quad (3.1)$$

де, a - середній розмір зазору в зоні шліфування, м;

ρ - щільність зерна, кг/м^3 ;

v_{cp} - середня швидкість зерна в зоні подрібнення, м/с;

L - довжина вальців, м;

φ - коефіцієнт, який враховує ступінь заповнення зерном зони подрібнення ($\varphi=0,11\dots0,21$).

Аналізуючи цю формулу, зазначимо, що таке мале значення коефіцієнта заповнення φ обумовлено товщиною шару частинок і формою частинок, що втягує частинки в зазор між валками. Це дозволяє вальцю шліфувати 10..20% своєї довжини.

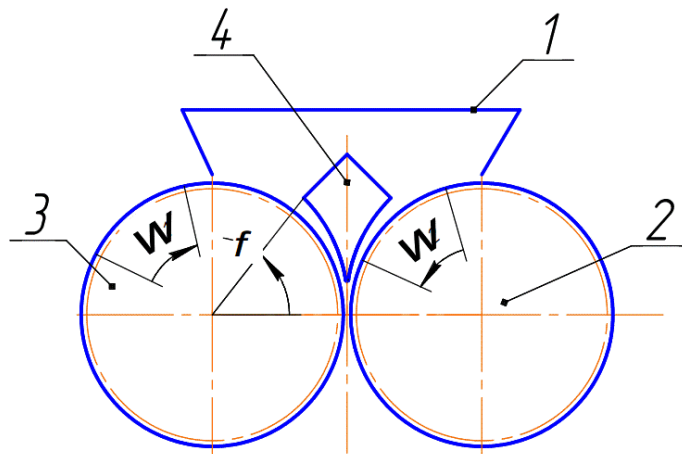


Рисунок 3.1 - Схема вальцювого верстата.

1 –бункер; 2,3 –вальці; 4 –дека.

Така конструкція забезпечить двопотокову організацію подачі меленого зерна і при цьому створить на вході лотка достатньо великий зазор для проходження зерна і менший на виході, менше половини товщини зерен.

Особливістю процесу подрібнення зерна такої конструкції є те, що при проходженні зерна під лотком на нього діють зубці (канавки) барабана, що призводить до дроблення зерна, при цьому споживання енергії значно менше, ніж при подрібненні зерна, стиснутий між зубами двох барабанів. Між ними, як у цьому випадку, зуби діють як клини в зерно. Остаточне подрібнення зерна між валками також відбувається з меншими витратами енергії, оскільки цілісність зерна вже зруйнована.

Розглянемо, в яких умовах зерно транспортується роликами на піддоні. Форма зубів ролика стандартизована. Вони мають широку та вузьку грані (рис. 3.2а). Радіус R , проведений до вершини зуба, ділить стандартний кут захоплення $\gamma = \pi/2$ на кут вершини $\alpha = 20^\circ$ і кут зазору $\beta = 70^\circ$ [2]. Найбільш несприятливі умови живлення зерна при його взаємодії з бортами (рис. 3.2 б). При відсутності відносного переміщення матеріалу вздовж робочої поверхні забезпечується подача матеріалу, а завдяки обертанню валика матеріал витягується нижче деки.

Ми побудували математичну модель цього процесу. На частинки діють такі сили (рис. 3.2б): тиск матеріалу на кромки зубів F_t , опір зсуву матеріалу F_O , сила тертя F_{TP} вздовж поверхні матеріалу і нормальний тиск N навпроти матеріалу. У природній системі координат запишемо диференціальне рівняння цього процесу:

$$\begin{cases} m\tau = F_{TP} - F_O \times \cos \alpha \\ mn = N - F_T - F_O \times \sin \alpha \end{cases} \quad (3.2)$$

$$F_{TP} = N \times f_1 \quad (3.3)$$

$$F_T = P \times S_1 = P \times B \times l \quad (3.4)$$

$$F_O = P \times S_2 \times f_2 = P \times B \times l_1 \times f_2, \quad (3.5)$$

де S_1 - площа грані, $S_1 = Bl$, м.;

B - довжина вальця, м.;

P - тиск матеріалу, Н/м.;

l і l_1 - ширина грані та її проекція на напрям зсуву, м.;

S_2 - площа зсуву матеріалу гранню, $S_2 = Bl_1$, м.;

f і f_2 - коефіцієнти тертя матеріалу по грані і внутрішнього тертя в матеріалі.

Оскільки матеріал не рухається відносно робочої поверхні за певних умов, то $\tau = 0$ і $n = 0$. Тоді формули (3.1) будуть мати вид:

$$\begin{cases} F_{TP} - F_O \times \cos \alpha = 0 \\ N - F_T - F_O \times \sin \alpha = 0 \end{cases} \quad (3.6)$$

Розв'яжіть рівняння для мінімального кута установки деки, підставивши значення сили. φ .

$$N = F_T - F_O \times \sin \alpha, \quad (3.7)$$

З урахуванням формул (3.4) і (3.5):

$$N = P \times B \times l - P \times B \times f_2 \times \sin \alpha = P \times B \times (l - l_1) \quad (3.8)$$

Давайте разом розв'яжемо рівняння (3.6):

$$P \times B \times f \times (l - l_1 \times f_2 \times \sin \alpha) - P \times B \times l_1 \times f_2 \times \cos \alpha = 0 \quad (3.9)$$

Так як $P \times B \neq 0$, то скорочуємо рівняння і отримуємо:

$$f \times (l - l_1 \times f_2 \times \sin \alpha) - l_1 \times f_2 \times \cos \alpha = 0 \quad (3.10)$$

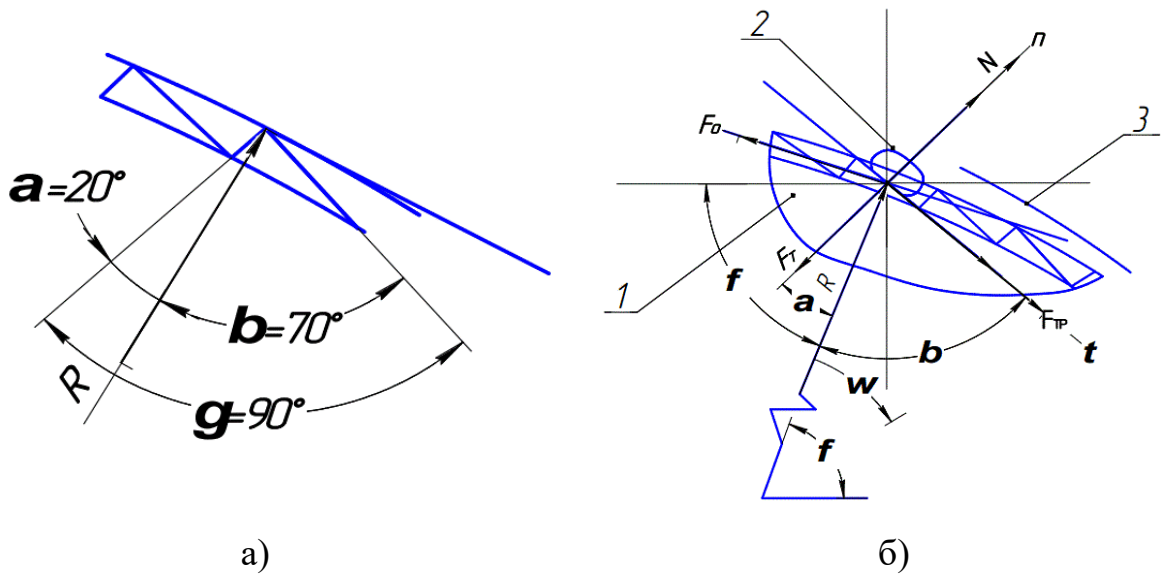


Рисунок 3.2 - Принципова схема взаємодії зубів і зерен.

а) - схема зуба; б) - схема дії сил на зерно: 1 – валець; 2 – зерно; 3 – дека.

Значення ширини грані:

$$l_1 = l \frac{\sin \varphi - \alpha}{\sin \varphi} \quad (3.11)$$

Підставляємо значення (3.10) в (3.9) і скорочуємо на l :

де, A - робота, яка витрачається на подрібнення, Дж.; t - час перебування зерна в зоні дії вальців, с.

Виразом довжини шляху обробки в традиційних машинах є

$$l = \sqrt{\frac{D(a-\Delta)}{2}}, \text{ м}; \quad (3.19)$$

де, a - розмір зерна, м.;

D - діаметр вальця, м.;

Δ - робочий зазор між вальцями, м.

В існуючих конструкціях валків довжина l коливається від 3 до 20 мм, а величина зазору Δ при стінковому помелі зерна коливається від 0,5 до 1,5 мм.

Знаючи довжину шляху обробки та середню швидкість, з якою проходять частинки матеріалу, можна знайти час t , який вони проводять у зоні подрібнення. [2,3]:

$$t = \frac{l}{V_3} = \frac{2\sqrt{\frac{D(a-\Delta)}{2}}}{V_6 - V_M}, \text{ с} \quad (3.20)$$

В нашому випадку

$$l = l_\partial, \text{ м} \quad (3.21)$$

де, l_∂ - довжина шляху обробки зерна під декою, м.

$$l_\partial = \pi \times D \frac{\varphi}{360}, \text{ м} \quad (3.22)$$

Тоді час перебування зерна у зоні подрібнення:

$$t_p = \frac{2l_\partial}{V_6 - V_M} \quad (3.23)$$

Ми виходимо з того, що робота, витрачена на подрібнення в звичайних вальцях і подрібнення на пропонованих нами вальцях, може вважатися однаковою і мати однакову продуктивність. Тоді потужність веденого барабана буде залежати від того, як довго зерно перебуває в зоні помелу:

$$N = \frac{A}{t}, \text{ Вт} \quad (3.24)$$

$$N_p = \frac{A}{t_p}, \text{ Вт} \quad (3.25)$$

Визначаємо рушійну потужність пропонованого вальцевого верстата:

$$N_p = \frac{N \times t}{t_p}, \text{ Вт} \quad (3.26)$$

Підставляємо значення t і t_p , отримуємо:

$$N_p = \frac{N \times (V_B + V_M) \times \sqrt{\frac{D(a-\Delta)}{2}}}{(V_B - V_M) \times \pi \times D \times \frac{\varphi}{360}}, \text{ Вт.} \quad (3.27)$$

Ми отримали формулу, яка апроксимує потужність на привід запропонованого прокатного стану, і його продуктивність ідентична продуктивності імітованого вальцьового верстата. Якби продуктивність була іншою, формула мала б такий вигляд:

$$N_p = \frac{Q_p N \times (V_B + V_M) \times \sqrt{\frac{D(a-\Delta)}{2}}}{Q (V_B - V_M) \times \pi \times D \times \frac{\varphi}{360}}, \text{ Вт.} \quad (3.28)$$

де, Q і Q_p - Запропоновані нами значення продуктивності для верстата і роликового преса відповідно.

3.3 Вплив діаметра вальця на процес подрібнення

Як і інші геометричні параметри, діаметр барабана і його довжина також важливі. Залежно від продуктивності вальцьового верстата, обсягу продукту, що надходить в систему, і завдань процесу необхідно встановити певний розмір валків. На практиці цьому питанню не завжди приділяється належна увага. Наприклад, при проектуванні прокатного стану визначте довжину лінії прокатки, враховуючи загальне навантаження на всі системи, а не враховуючи навантаження на кожну систему окремо.

Афанасьєв запропонував наступний вираз для визначення мінімального діаметра вальця:

$$2R = (a_0 - a_k) \left(\frac{2}{f_t^2} + 1 \right) \quad (3.29)$$

де, R - радіус валка;

a_k - розмір часток при виході із зони подрібнення;

a_0 - розмір частинок при надходженні в зону помелу;

f_t - коефіцієнт тертя.

При виборі оптимального діаметра вальця допускаються помилки.

Насправді довжину шляху обробки продукту можна виразити так:

$$L \approx \sqrt{R(a_0 - a_k)} \quad (3.30)$$

$$L = R\alpha_0 \quad (3.31)$$

де, R - радіус валка;

a_k - робочий зазор між валками;

a_0 - Розмір частинок, що надходять у зону подрібнення;

α_0 - кут захоплення продукту валками.

Враховуючи наведену формулу, отримуємо:

$$\alpha_0 = \sqrt{\frac{a_0 - a_k}{R}} \quad (3.32)$$

Отже, коли a_0 і a_k постійні, а значення R велике, α_0 зменшується, а L збільшується.

Даний рецепт вимагає експериментальної демонстрації. По-перше, необхідно визначити вплив діаметра на продуктивність і якість помелу. Враховуючи, що довжина шляху обробки також залежить від робочого зазору, а точніше від $a_0 - a_k$, за допомогою цих параметрів можна створити умови, при яких довжина шляху обробки буде однаковою незалежно від розміру діаметра D .

Це видно з вищесказаного $L = \varphi [D (a_0 - a_k)]$.

Для визначення впливу діаметра валків на процес подрібнення було проведено дві серії експериментів:

1. Добре відомо, що зібрати партію частинок із частинок однакового розміру a_0 виникають значні труднощі. Тому було вирішено підібрати величину робочого зазору a_k для отримання приблизно однакового ступеня подрібнення частинок.

2. Дослідити вплив $D=150, 225, 250$ і 300 мм при постійному робочому зазорі a_k .

4. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ АНАЛІЗ

4.1 Аналіз конструкції машини на основі критеріїв корисності та коефіцієнтів технічного рівня.

При розробці нових технологічних засобів необхідно аналізувати якість технічних, конструктивних, енергетичних, ергономічних та інших рішень, які певною мірою впливатимуть на досконалість конструкції машини чи обладнання. Основою цього аналізу може бути експертиза конструкції технічного засобу на основі патентної експертизи, експертиза схемних рішень існуючих або дослідних зразків машин і обладнання.

Проведений аналіз дозволяє виявити загальні тенденції проектування та вдосконалення подрібнювальних машин та їх вузлів. Однак такий аналіз не повністю розкриває напрямок вдосконалення подрібнювальних машин, оскільки існує достатньо технічних рішень, які по-різному впливають на ефективність роботи всього обладнання.

Одним із методів, який дозволяє комплексно проаналізувати позитивні та негативні сторони конструкції машин і обладнання, що порівнюються або розробляються, є розгляд конструкції з точки зору корисності окремих елементів машини та технології, кінематику, ергономіку та інші показники можна використовувати для характеристики цих машин.

На основі практичної таблиці розберемо функціональні характеристики кожного компонента подрібнювальної машини. З цією метою виділимо кілька існуючих конструкцій і варіантів досліджуваних подрібнювальних машин. Для комплексного аналізу ми знайшли спільні показники, за якими можна охарактеризувати позитивні та негативні сторони кожної розглянутої конструкції та на основі їх порівняння зробити висновок про доцільність чи недоцільність вивчення.

У таблиці 4.1 наведено перелік практичних критеріїв, на основі яких можна порівняти конструкції різних типів машин. Якщо критерій має позитивну характеристику, він позначається знаком «+», якщо критерій має

нейтральну оцінку, він позначається знаком «0», якщо критерій має негативну оцінку, він позначається знаком “-”.

Таблиця 4.1 - Таблиця корисності конструкцій вальцьових верстатів

Критерій корисності	Марка вальцьового верстату				
	Р6-БЗ-Н	БВ-2	ВМ2-П	ЗМ-2	А1-БЗН
1. Простота конструкції	+	-	-	+	+
2. Можливість дозування компонентів	-	-	+	-	+
3. Компактність агрегату	+	-	-	-	+
4. Потоковість виконання операцій	0	+	+	+	+
5. Мінімізація перевантажувальних операцій	0	+	+	+	+
6. Пристосованість до механізованого вивантаження борошна	-	+	+	+	+
7. Пристосованість до механізованого завантаження сировини	0	+	+	+	+
8. Пристосованість до роботи в потокових лініях	-	+	+	+	+
9. Наявність засобів автоматизації режимів роботи	-	-	+	-	+
10. Багатофункціональність	+	+	+	+	+
11. Оптимальність процесу виготовлення продукту	+	-	+	+	+
12. Безпечність роботи	+	+	+	-	+

Аналіз таблиці корисності наведено в таблиці. 4.1 показав, що в загальному вигляді умовам застосування відповідають прокатні верстати марок П6-БЗ-Н, ВМ2-П, БВ-2, ЗМ-2. Незаперечним є те, що використання вальцьового верстата А1-БЗН за певних умов має певні передумови. Його

досконалість полягає в його конструкції, яка поєднує позитивні структурні елементи всіх типів аналітичних машин.

Слід зазначити, що цей метод працює лише з відносно абстрактними параметрами, які не потребують формального представлення.

Для більш детального аналізу конструктивних, технічних і експлуатаційних рішень більш доцільним є метод розрахунку, заснований на визначенні коефіцієнтів технологічного рівня. Хоча цей метод не може аналізувати структуру, що розробляється, він може знайти найкраще рішення для прототипу та побудувати на цій основі нові машини.

Особливістю цього методу аналізу є проведення загального порівняння коефіцієнтів технічного рівня одного типу технологічного обладнання або кількох механізованих виробничих ліній на основі зважених коефіцієнтів.

Машина бренду з найвищим коефіцієнтом технічного рівня може бути реалізована як найкраща рекомендація.

В основу розрахунку покладено вибір основних параметрів техніко-економічних характеристик машини, таких як: продуктивність, енерго- та ресурсомісткість, вартість, площа тощо. Для об'єктивного аналізу кількість і тип параметрів аналізу повинні бути однаковими.

Коефіцієнт технічного рівня i -го рівня K_m розраховується за такою формулою:

$$K_m = \sum_{j=1}^n K_g^j \cdot K_i^j \quad (4.1)$$

де, K_g^j - коефіцієнт вагомості j -го техніко-економічного параметра;

n – число марок машин одного типу;

K_i^j - за j -м параметром відносний показник технічного рівня i -ї марки машини одного типу;

m – кількість параметрів, які взяті до розгляду.

Вагові коефіцієнти кожного параметра визначаються шляхом експертного аналізу:

$$K_{\epsilon}^j = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k q_k^j \quad (4.2)$$

де, k – кількість експертів;

q_i^j - коефіцієнт вагомості j -го параметра, який надав йому i -й експерт ($0 < q_i^j < 1$).

Значення коефіцієнтів вагомості повинні бути такими, щоб виконувалась умова:

$$\sum_{j=1}^m K_{\epsilon}^j = 1 \quad (4.3)$$

Відносні показники розраховуються за формулами, що характеризують контрольовані параметри відносно максимальних або мінімальних параметрів.

Ця формула застосовується, якщо максимальне значення певного параметра (наприклад, продуктивність) є найкращим.

$$K_i^j = \frac{\Pi_i^j}{\Pi_{max}^j} \quad (4.4)$$

де, Π_i^j - фактичне значення j -го техніко-економічного показника i -го подрібнювача;

Π_{max}^j - максимальне значення j -го техніко-економічного параметра будь-якої марки машини.

Ця формула використовується, якщо мінімальне значення параметра (наприклад, вартість, якість, енергоспоживання тощо) є найкращим.

$$K_i^j = \frac{\Pi_{min}^j}{\Pi_i^j} \quad (4.5)$$

де, Π_{min}^j - мінімальне значення j -го техніко-економічного параметра будь-якої марки машини.

Таблиця 4.2 - Результати визначення коефіцієнта вагомості експертним методом

Техніко-економічний параметр агрегату	Експертна оцінка						K_e^j
	1	2	3	4	5	6	
1. Продуктивність	0,71	0,60	0,49	0,55	0,63	0,50	0,58
2. Довжина вальця	0,05	0,03	0,10	0,07	0,05	0,04	0,06
3. Потужність приводу	0,16	0,23	0,24	0,25	0,21	0,22	0,22
4. Маса машини	0,04	0,075	0,06	0,05	0,03	0,09	0,05
5. Площа машини	0,06	0,075	0,09	0,07	0,11	0,12	0,09

Як видно з табл. 4.2 експертна оцінка важливості основних техніко-економічних показників показує, що найважливішим параметром є продуктивність машини, яка найбільшою мірою визначатиме здатність конкретної машини відповідати заданим умовам використання.

У таблиці 4.3 наведені технічні характеристики вальцевого верстата, які будуть враховані при аналізі ступеня досконалості конструкції за коефіцієнтом технічного рівня.

Таблиця 4.3 - Технічні характеристики тістомісильної установки

Параметр	Марка машини				
	Р6-БЗ-Н	БВ-2	ВМ2-П	ЗМ-2	А1-БЗН
1. Продуктивність, т/зм.	80,0	80,0	45,0	100,0	120,0
2. Довжина вальця, м	0,80	0,80	0,60	1,0	1,0
3. Потужність приводу, кВт	18,5	18,5	11	22	18,5
4. Маса машини, т	2,42	3,25	1,0	3,35	2,65
5. Площа машини, м ²	2,5	3,3	1,1	3,2	3,4

Тепер можемо створити таблицю, в якій буде зібрано інформацію для розрахунку коефіцієнта технологічного рівня (табл. 4.4) на основі формул (4.1)-(4.5).

Як показано в даних табл. 4.4 найкращим показником технічного рівня характеризується вальцьовий верстат А1-БЗН. Тому рекомендується використовувати цю машину за даних умов.

Таблиця 4.4 - Показники технічного рівня

Техніко-економічні параметри агрегату	Коефіцієнт вагомості, K_6	Марка агрегату									
		Р6-БЗ-Н		БВ-2		ВМ2-П		ЗМ-2		А1-БЗН	
		P_i^j	K_i^j	P_i^j	P_i^j	K_i^j	K_i^j	P_i^j	K_i^j	P_i^j	K_i^j
1. Продуктивність, кг/год.	0,58	80	0,67	80	0,66	45	0,38	100	0,83	120	1,00
2. Довжина вальця, м	0,06	0,80	0,80	0,80	0,80	0,60	0,60	1,00	1,00	1,00	1,00
3. Потужність приводу, кВт	0,22	18,50	0,84	18,50	0,84	11	0,50	22	1,00	18,50	0,84
4. Маса машини, кг	0,05	2420	0,72	3250	0,97	1000	0,03	3350	1,00	2650	0,79
5. Площа машини, м ²	0,09	2,50	0,73	3,30	0,97	1,10	0,32	3,20	0,94	3,40	1,00
Коефіцієнт технічного рівня, K_m	1		0,71		0,73		0,40		0,89		0,95

Видно, що оскільки ваговий коефіцієнт становить 0,58, продуктивність машини має вирішальний вплив на зростання коефіцієнта технологічного рівня. З іншого боку, гірший показник довжини вальця не суттєво знижує коефіцієнт через малу вагу (0,06). Що стосується площі та маси, тут також видно, що розроблена машина матиме кращі показники порівняно з іншими аналізованими машинами.

4.2 Аналіз параметрів вальцьового верстата

Отримано формулу для розрахунку максимального кута установки деки, який залежить від геометричних параметрів зубців (кут $\alpha = \pi/2 - \beta$) і коефіцієнта тертя f_1 по поверхні матеріалу і коефіцієнта внутрішнього тертя f_2 матеріалу. Ми побудували графік цієї залежності (рис. 4.1).

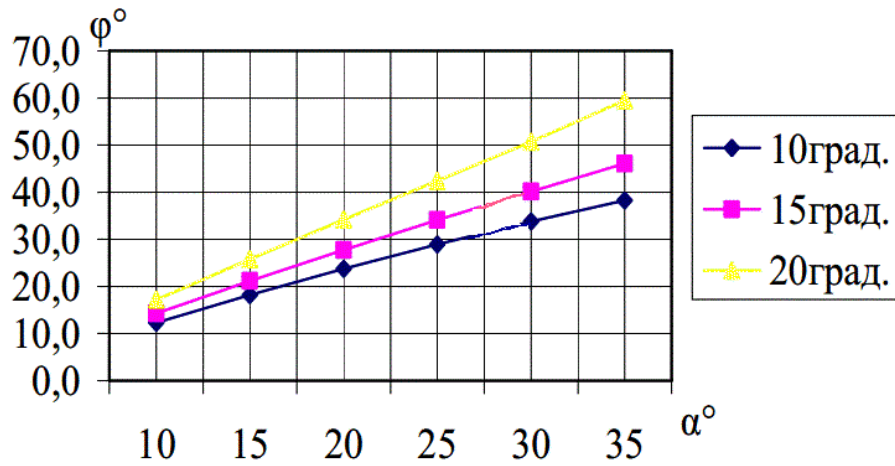


Рисунок 4.1 – Залежність кута установки деки φ від кута зуба α ($\varphi_1=10^\circ; 15^\circ; 20^\circ, i f_2=1$).

При стандартному куті $\alpha=20^\circ$ і куті тертя $\varphi_1=10^\circ$ кут установки деки $\varphi=23,8^\circ$. Зі збільшенням кута α збільшується і кут φ . Давайте визначимо, як це впливає на потужність, необхідну приводу машини.

Розрахунки показують, що потужність, розрахована за формулою, менша за змодельовану. Збільшення діаметра ролика призводить до зменшення необхідної потужності (35% при $D = 0,25$ м і 40% при $D = 0,30$ м) і збільшення кута установки деки до 50° – збільшення на 55% і 59% відповідно. Однак у реальній ситуації ці результати, звичайно, не будуть такими значущими, оскільки тертя матеріалу об деку не враховано.

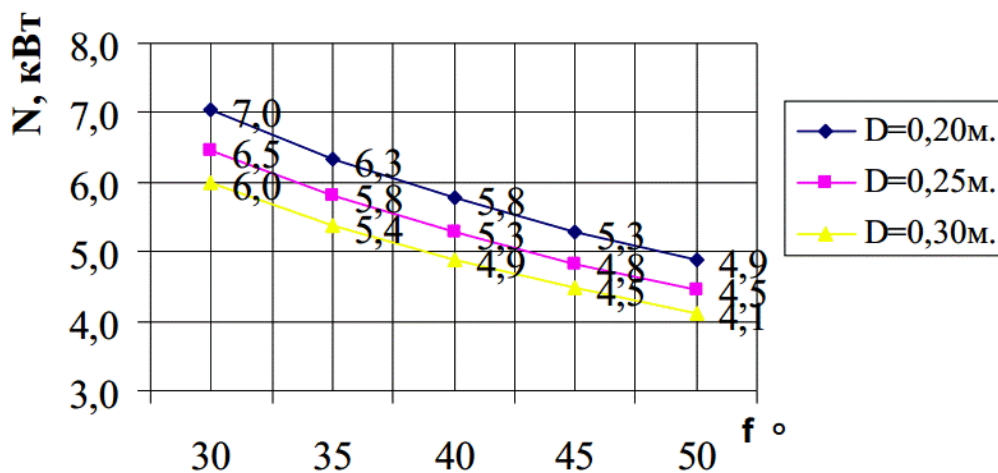


Рисунок 4.2 - Взаємозв'язок між потужністю приводу вальцювого верстата, діаметром вальця та кутом установки настилу φ (моделювання: потужність $N=10$ кВт, продуктивність $Q=1$ т/год, $a=5$ мм, $\Delta=1,5$ мм).

Запропоновані нами вдосконалення конструкції вальцьового верстата дозволять відмовитися від складної системи подачі зерна на вальці. За тієї самої продуктивності довжина нового барабана буде зменшена вдвічі, а отже, загальна вага буде меншою. Потужність приводу зменшиться в 1,5...2 рази.

4.3 Вплив діаметра вальця на процес подрібнення

У таблиці 4.5 наведені дані, отримані при дробленні системи подрібнення. Кутова швидкість високошвидкісного вальця дорівнює 5,1-5,3 м/с, коефіцієнт окружної швидкості валика 2,5. Число рифлень на 1 см довжини ріжучого кола - 4,8, рифлена кромка валика розташована в "гострому місці на лезі". Навантаження на ролик 850-900 кг/см×добу.

Таблиця 4.5 - Вплив діаметра подрібнювального вальця на процес подрібнення зерна (змінний розмір робочого зазору)

Показники процесу подрібнення	Діаметр вальця в мм			
	150	225	250	300
Вихід борошна, %	2,10	2,21	1,96	2,11
Загальний вихід продукту, %	18,09	18,21	17,8	19,4
Потрібна потужність, кВт	0,267	0,27	0,28	0,27

Наведені дані показують, що, змінюючи величину робочого зазору, можна отримати один і той самий показник виходу продукту при різних D. Варто зазначити, що виробництво борошна з грубого зерна не зазнало особливих змін. Таким чином, продемонстровано можливість отримання однакового виходу продукту на валках різного діаметру.

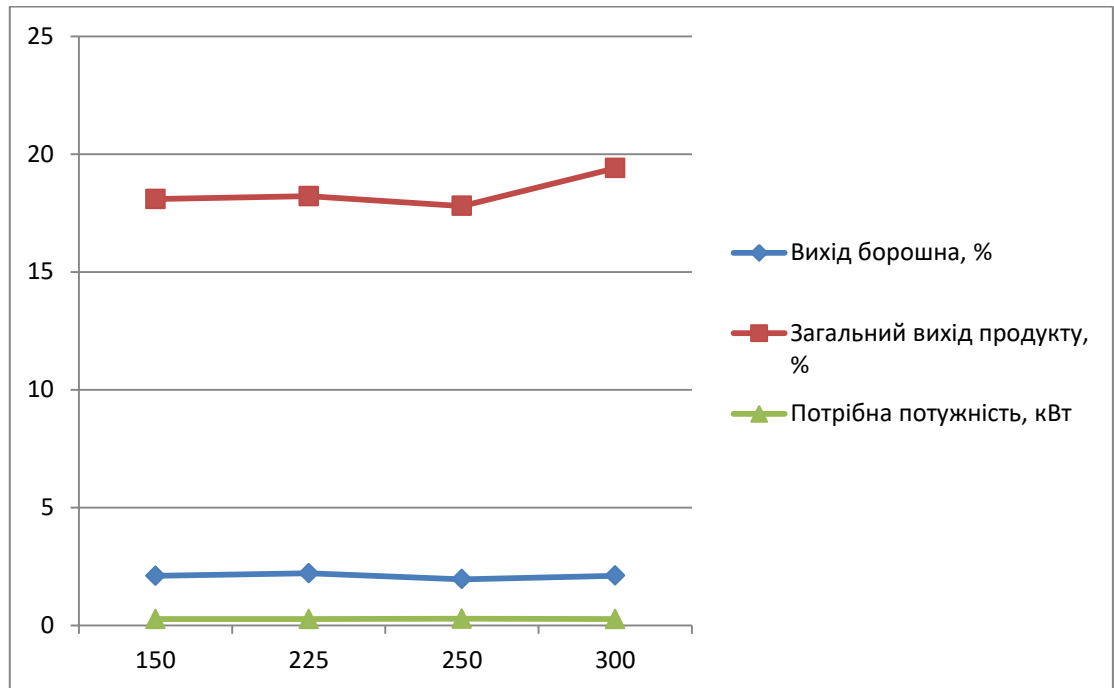


Рисунок 4.3 - Залежність діаметра вальця на процес подрібнення зерна

Розглянемо, як змінюється вихід борошна при різних діаметрах і постійному робочому зазорі (табл. 4.6). Діаметр, кількість канавок і навантаження були такими ж, як і в попередніх дослідях. Робочий зазор між вальцями дорівнює 0,8 мм.

Таблиця 4.6 - Вплив діаметра подрібнювального вальця на процес подрібнення зерна (розмір робочого зазору фіксований) $a_k = 0,8$ мм)

Показники процесу подрібнення	Діаметр вальця в мм			
	150	225	250	300
Вихід борошна, %	3,81	5,41	5,51	5,71
Загальний вихід продукту, %	31,50	44,61	47,90	50,72
Потрібна потужність, кВт	0,24	0,23	0,22	0,26

Наведені дані показують, що при незмінному значенні робочого зазору і більшому діаметрі ролика загальний вихід виробу зростає. Це ж правило ми встановили з зазором рівним 1 мм, як видно з таблиці 4.7.

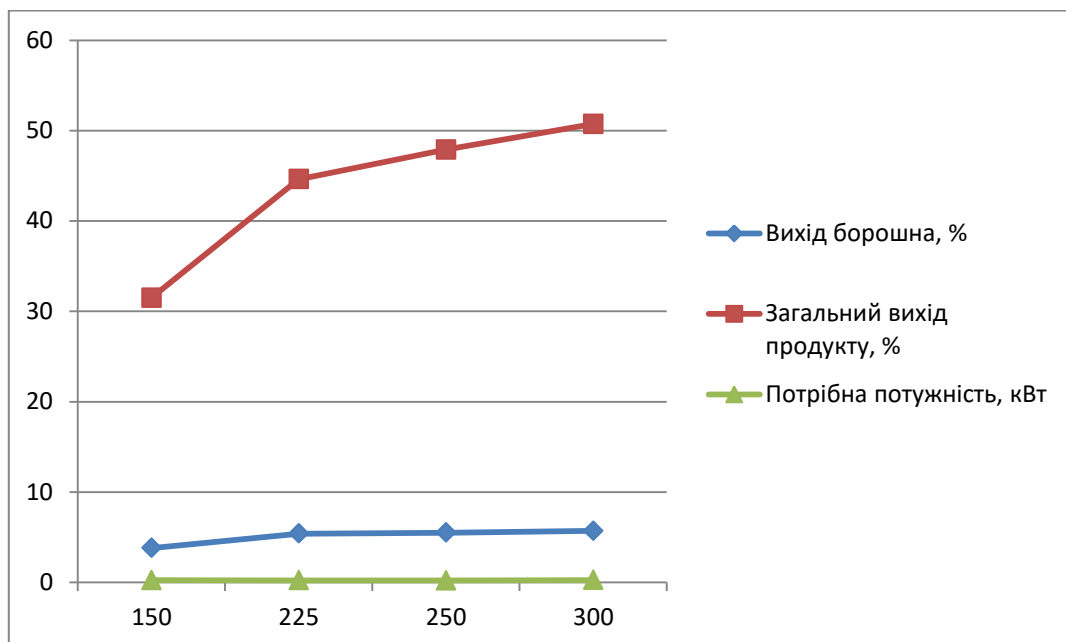


Рисунок 4.4 - Залежність діаметра вальця на процес подрібнення зерна (постійний розмір робочого зазору $a_c = 0,8$ мм)

В таблиці 4.7 наведено результати помелу пшеничної суміші IV типу з тими ж вихідними параметрами, що й у попередній серії дослідів. З використанням вальців більшого діаметру зольність великих, середніх і дрібних частинок дещо зменшилася, а енерговитрати на одиницю нової поверхні істотно не змінилися.

Таблиця 4.7 - Вплив діаметра подрібнювального вальця на процес подрібнення зерна (розмір робочого зазору фіксований) $a_k = 1,0$ мм)

Показники процесу подрібнення	Діаметр вальця в мм			
	150	225	250	300
Вихід борошна, %	2,40	2,71	2,90	3,91
Загальний вихід продукту, %	18,90	20,50	26,30	33,70
Потрібна потужність, кВт	0,22	0,21	0,19	0,21

При обробці продуктів на новітніх дробильно-подрібнювальних системах велике значення має діаметр валків у процесі подрібнення. Практика переробки зерна підтверджує, що, як показано, найкращі

результати досягаються при помелі з $D = 300 - 350$ мм. Однак, наскільки нам відомо, в літературі немає даних, що демонструють ефективність використання валків великого діаметру в процесах подрібнення.

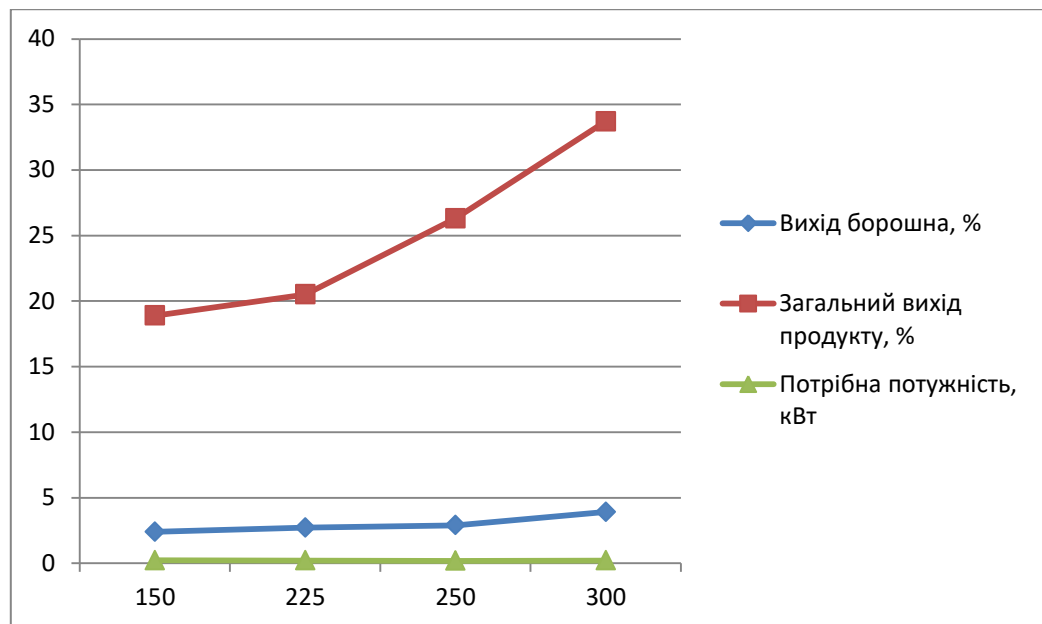


Рисунок 4.5 - Залежність розміру діаметра вальця на процес подрібнення зерна (розмір робочого зазору постійний $a_c = 1,0$ мм).

Були проведені експерименти на найсучасніших системах подрібнення, щоб визначити вплив діаметра валків на вихід і якість продуктів, отриманих на даній системі. Досліджено процес переміщення трапів систем подрібнення IV, V та VI на вальцях з $D = 150, 225$ і 300 мм. Кути рифлів кожного вальця рівні: $\beta = 20^\circ$, $\gamma = 70^\circ$. Краї канавок розташовані «спина до спини». Роликове кільце довжиною 1 см вимагає 8,5 рифлів з ухилом 8%: кутова швидкість високошвидкісного вальця становить 5,6-5,9 м/с, а співвідношення кутових швидкостей кожного вальця – 2,5.

Дослідження впливу діаметра вальця на результати процесу подрібнення показують:

1. На вальцях великого діаметру (300-350 мм) можна отримати такий же вихід і якість зерна, як і на вальцях діаметром 150-250 мм. Для цього необхідно встановити відповідний робочий зазор між вальцями і кількість канавок високошвидкісних вальців.

2. При незмінному зазорі та кількості рифлів на 1 см довжини роликового кільця зі збільшенням діаметра вальців ступінь подрібнення продукту збільшується пропорційно довжині шляху обробки текстури або кількості ударів рифлів високошвидкісного вальця.

3. При використанні вальців великого діаметру споживання енергії майже не змінюється.

4.4. Вплив довжини робочої частини вальця на процес подрібнення

Довжина робочої частини вальця також є одним з основних параметрів процесу подрібнення. Продуктивність вальцьового верстата визначається довжиною прокатної лінії і технічними нормами, встановленими галуззю. Припустимо, що млин має 10 вальців, а довжина робочої частини вальців, що працюють попарно, дорівнює 100 см. Млин виробляє борошно сортове і мелене. Технічна характеристика пари робочих вальців довжиною 1 см становить 90 кг/ день. Тоді добова продуктивність млина $Q=10 \times 2 \times 100 \times 90=180$ тонн.

Вся лінія розподіляється окремою системою. Для цього використовуються відповідні коефіцієнти, які при розробці враховують тип подрібнення, якість абразивних зерен, складність концепції процесу тощо.

Для правильного розподілу лінії потрібні вальці відповідного розміру та наукові дані про їх продуктивність при подрібненні різних продуктів. Так, наприклад, на верстаті продуктивністю 50 т на добу 1250 кг/см на добу необхідно встановити машину з довжиною робочої частини вальця 40 см; млин ємністю 100 т - 80 см відповідно машина; 150 т - 120см і т. д. Якщо вальцьовий верстат із добовою продуктивністю 50 т оснастити валком з робочою довжиною 80 см, то завантаження системи становитиме лише 50 %. Якби на верстаті потужністю 150 т встановити валки довжиною 80 см, система була б перевантажена на 50%. Подібна ситуація стосується і інших систем.

На жаль, машинобудівні організації не завжди враховують вимоги до верстатів. Відсутність необхідних типів машин для уникнення

перевантаження змушує їх встановлювати з розмірами робочих частин валків, що перевищують зазначені в розрахунках, що призводить до неповного використання обладнання та призводить до збільшення енерговитрат.

Для того, щоб вирішити питання про оптимальні розміри робочої поверхні вальця, необхідно розуміти величину навантаження на окремі полотна і шліфувальні системи. Однак, як уже зазначалося, таких науково підтверджених даних немає. Розглянемо, який тип машини необхідний для млина продуктивністю 200 т/добу при різних режимах помелу (табл. 4.9).

Таблиця 4.9 - Довжина вальцьовий лінії на окремих драних системах при різних режимах подрібнення

Назва системи	Режим № 1			Режим № 2		
	Поступає на систему, т	Відхід, %	Довжина вальцьовий лінії, см	Поступає на систему, т	Відхід, %	Довжина вальцьовий лінії, см
I – драна	200	16,40	140	200	15,0	140
II – драна	145	30,00	240	170	50,0	300
III – драна	88	14,70	180	70	20,0	160
IV – драна	63	15,20	200	30	8,0	100
V – драна	50	11,80	200	18	6,0	80
VI – драна	35	8,350	200	6		60
Вимолена	20	10,00	100			
Всього	630		1340	494		840

Довжина лінії за окремою системою розраховується з добового навантаження на 1 см робочої довжини валків: I драна - 1500-1600; II-600-800; III-400-500; IV-300. -400; V-200- 250; VI і VII - 100-125 кг/см на добу.

Як підтверджують наведені в таблиці показники, довжина лінії для кожної системи окремо і для всіх систем в процесі подрібнення залежить від способу подрібнення і кількості продукту, що надходить в систему.



Рисунок 4.5 – Залежність довжини вальцьової лінії на окремих драних системах при подрібненні для режиму №1.

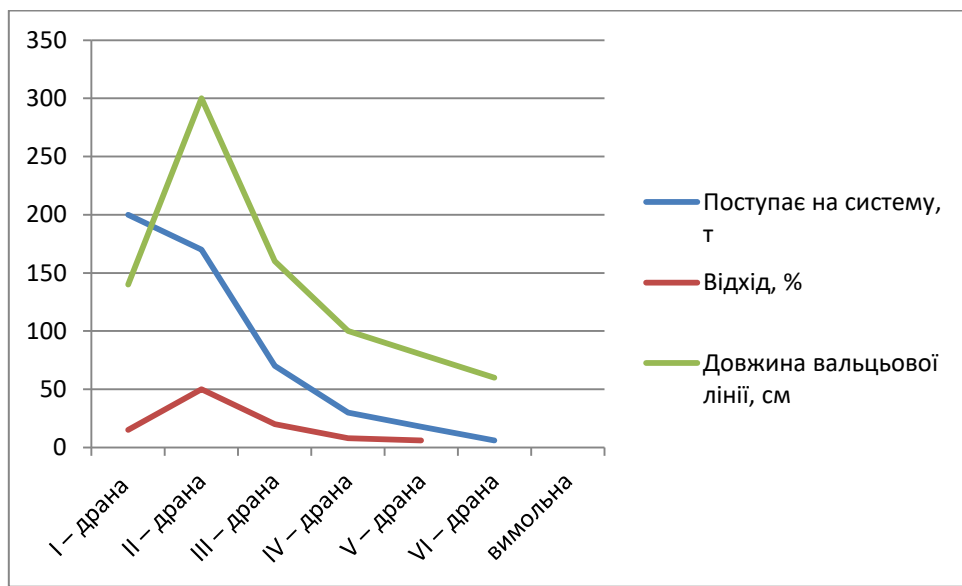


Рисунок 4.6 – Залежність довжини вальцьової лінії на окремих драних системах при подрібненні для режиму №2.

Ступінь подрібнення I системи невелика, а оборот продукту підвищений, тому кількість продуктів, що надходять на наступну систему, відносно більша. Таким чином, довжина лінії на наступних системах розриву збільшується.

Зі збільшенням ступеня помелу першої системи кількість продукту, що надходить в останню систему, зменшується, тому довжина лінії прокатки

скорочується. При однаковій довжині лінії в міру зменшення оборотності продукту можна збільшити навантаження на валки, тим самим збільшуючи продуктивність подрібнення.

Аналіз даних, наведених у таблиці, показує, що за наявності чотирьох типів машин (довжина вальців 40, 60, 80 і 100 см) вальцьові лінії системи подрібнення будуть зазнавати навантаження. У цьому розподілі вальцьових ліній найнижчим коефіцієнтом використання обладнання є прокатний стан ємністю 50 тонн (режим помелу 4). На таких млинах режим 4 дозволяє використовувати п'ять систем подрібнення замість шести. Тоді коефіцієнт використання лінії зростає до 0,86, що цілком прийнятно для малопродуктивного прокатного стану. Вивчення впливу довжини робочої частини валка на параметри процесу подрібнення показує, що прийнятий на сьогоднішній день метод розподілу лінії прокатки базується на єдиній системі, яка розподіляється у відсотках від системи дроблення або у відсотках від усієї система.

Основою для розповсюдження рухомої лінії повинні бути наступні науково обґрунтовані дані:

- Навантаження на 1 см довжини рулону залежить від фізичних властивостей матеріалу, що подрібнюється;
- Режим подрібнення продукту на автономній системі;
- Кількість продукту, що надходить в систему.

Щоб повністю задовольнити потреби борошномельного виробництва, потрібна мінімальна кількість типів машин з довжиною вальців 40, 60, 80 і 100 см.

Висновки. На підставі проведених теоретичних досліджень та отриманих кореляційних зв'язків можна зробити висновок про те, що потужність двигуна приводу вальців залежить від конструктивних параметрів – довжини вальця та умов експлуатації – при суттєвій зміні продуктивності. З отриманих графіків видно, що потужність двигуна лінійно зростає зі збільшенням цих параметрів при різних показниках продуктивності.

5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАСЕЛЕННЯ

5.1. Обґрунтування можливих чинників травмонебезпечних ситуацій.

У процесі праці люди за допомогою певних знарядь впливають на предмет праці в умовах існуючого середовища. Залежно від характеру роботи людина може зазнавати різних впливів зовнішнього середовища: механічних, хімічних, термічних, електричних, біологічних. Організм може переносити таку поведінку без наслідків, лише якщо вона не перевищує певного рівня та тривалості. Перевищення цих рівнів і тривалості призведе до пошкодження організму, а коли воно досягне певного рівня, це означає нещасний випадок або травму. Будь-який компонент роботи може бути прямим джерелом такої шкоди.

Відповідно до ГОСТу небезпечні та шкідливі виробничі фактори поділяються на: фізичні, хімічні, біологічні та психофізіологічні. При розробці заходів щодо профілактики виробничого травматизму та захворювань працівників найбільше фахівців цікавлять шкідливі та небезпечні фактори виробництва.

Аналіз небезпечних умов, які існують чи виникають безпосередньо на виробництві показав, що їх можна поділити на групи, які:

- характеризують стан або рівень безпеки виробничого обладнання або певного робочого місця, конструктивні недоліки конкретного вузла чи машини, та інші;
- спонукають працюючого допускати помилок у процесі роботи, низька кваліфікація працюючого та рівень знань з охорони праці;
- відсутність відповідного контролю за дотриманням правил з охорони праці;
- створюють можливість проникнення працюючого у небезпечну зону.

Продуктивність і результати праці багато в чому залежать від санітарно-гігієнічних умов. На верстаті створені санітарно-гігієнічні умови праці для працівників підприємства.

Метеорологічні умови у виробничих приміщеннях (температура, вологість, тиск, швидкість руху повітряного потоку і чистота повітря) роблять великий вплив на здоров'я і працездатність людини. Відповідно під час роботи на верстаті створені оптимальні мікрокліматичні умови.

На підприємствах по переробці зерна багато виробничих процесів (очищення, подрібнення, лущення зерна), пов'язані із застосуванням машин з швидкохідними і коливальними робочими органами, робота супроводжується шумом і вібрацією, рівень яких перевищує норми, що негативно позначається на здоров'ї працівників і продуктивності праці.

5.2 Умови і обставини виникнення небезпечних ситуацій та їх наслідків

Кожний небезпечний чинник незалежно від його виду, рівня та інших властивостей має певну зону своєї дії. Якщо розміри цієї зони мають чітко фіксовані значення то її можна вважати постійною. Якщо в процесі роботи така зона може змінюватись в наслідок зміни рівня небезпечного чинника, його переміщень у просторі, то вона - змінна [3].

Загалом, працюючий, допускаючи небезпечну дію (НД), потрапляє у небезпечні обставини (НО), за яких на нього може діяти небезпечний чинник (НФ) за небезпечних умов (НУ). Так створюється інша подія, що має назву небезпечної ситуації (НС).

Усі явища, що формують небезпечну ситуацію, мають певну достовірність виникнення, тобто небезпечні умови (НУ), небезпечні дії (НД), небезпечні ситуації (НС), а також наслідки таких ситуацій: аварія (А), травма (Т) та сприятлива подія належать до випадкових явищ.

Аналіз процесів формування та виникнення травмонебезпечних та аварійних ситуацій під час виконання робіт борошномельній промисловості, зокрема на вальцьових верстатах, здійснюється на основі таблиці, яка містить відомості про виробничі небезпеки (небезпечні умови, дії, ситуації), можливі наслідки та заходи запобігання небезпечним ситуаціям за видами робіт, виробничих підрозділів, робочих місць, складу агрегату тощо (табл. 5.1).

Таблиця 5.1

Вид робіт	Небезпечна умова (НУ)	Небезпечна дія (НД)	Небезпечна ситуація (НС)	Можливі наслідки	Заходи щодо запобігання травматизму
1	2	3	4	5	6
Розмелювання зерна в борошно на вальцювому верстаті	<p>1. Електричний кабель, пошкоджений з порушенням ПУЕ-НУ1.</p> <p>2. Можливе механічне пошкодження ізоляції-НУ2.</p> <p>3. Сила струму з електромережі небезпечна-НУ3</p>	<p>1. При виконанні ремонтних робіт у цеху, пошкоджено зовнішню обмотку кабелю-НД1.</p> <p>2. Можливе дотикання людини до відкритої електромережі-НД2</p>	Проходження електричного струму через тіло людини – НС	1.Електричний удар (ЕУ)	Не допускати пошкодження норм ПУЕ при монтажі електромережі
	<p>Блок – схема</p> <pre> graph TD ND1((НД-1)) --> NU2((НУ-2)) ND2((НД-2)) --> NS((НС)) ND3((НД-3)) --> EU((ЕУ)) NU1((НУ-1)) <--> NU2 NU2 <--> NS NS <--> EU </pre>				

1	2	3	4	5	6
	<p>Розмелювальний орган тріснув (НУ₁)</p> <p>Потрапляння уламків робочого органу в сировину (НУ₂)</p>	<p>Можливість затягування кінцівок (НД)</p>	<p>Працівник вирішив не вимикаючи установки заглянути в середину (НС)</p>	<p>Травма (Т), Аварія (А)</p>	<p>Додержання правил поводження при роботі з розмелювальними механізмами, застосування спеціальних пристосувань при роботі на даній машині</p>
Блок – схема					
<pre> graph TD NU1((НУ-1)) --> ND((НД)) NU2((НУ-2)) --> ND ND --> NS((НС)) NS --> A((А)) A --> T((Т)) </pre>					
<p>Установка працює без заземлення (НУ)</p>	<p>Працівник доторкнувся до установки (НД)</p>	<p>Ураження струмом (НС)</p>	<p>Травма (Т)</p>	<p>Застосування заходів електроізоляції, заземлення</p>	
Блок – схема					
<pre> graph LR NU((НУ)) --> ND((НД)) ND --> NS((НС)) NS --> T((Т)) </pre>					

Основною метою такої схеми окреслення процесів формування і виникнення травмонебезпечних ситуацій, аварій є встановлення найбільш

небезпечних ділень, а також розробка заходів щодо запобігання надзвичайних ситуацій які можуть бути спричинені в наслідок виробництва, а саме ураження струмом, недотримання санітарних норм, правил техніки безпеки, відповідальності працівника.

Усі явища, що формують небезпечну ситуацію, мають повну достовірність виникнення, а це означає. Що небезпечні умови (НУ), небезпечні дії (НД), небезпечні ситуації (НС) і наслідки таких ситуацій: аварія(А), травми (Т) і сприятлива подія належить до випадкових явищ.

5.3. Моделювання процесів формування і виникнення виробничих небезпек під час виробництва борошна

Метод логічного моделювання процесів формування, виникнення небезпечних ситуацій та їх наслідків доцільно застосовувати для аналізу існуючих або потенційних небезпек, що виявленні при обстеженні робочих місць, окремих марок машин, агрегатів, а також різних споруд, будівель, виробничих процесів і технологій. Але, як показали дослідження, будь-яка аварія може бути наслідком однієї з багатьох потенційних небезпечних ситуацій або їх поєднання. Тому метод логічного моделювання не може бути застосований для моделювання складних аварій і катастроф.

Основні принципи побудови моделі такі. Виявляється виробництво, на якому вже були раніше або можуть статися аварії, виробничі травми чи катастрофи. За своєю формою так модель нагадує крону дерева, тому вона і одержала назву “дерево відказів і помилок”. Кінцеві події називають базовими.

Одним із методів моделювання процесів виникнення небезпечних ситуацій є метод графічно окресленого логічного моделювання потенційних аварій, травм і катастроф [6], що базується на оперативному пошуку виробничих небезпек, їх глибокому логічному (при необхідності і математичному) аналізі й завчасному прийнятті заходів для уникання

потенційних небезпек ще до виникнення травмонебезпечних та катастрофічних ситуацій.

Математичну обробку побудованої моделі починають з крайньої лівої гілки, події якої пронумеровані знизу-вверх – починаючи з базових подій і закінчуючи головною. Значення ймовірностей базових подій вказуємо безпосередньо на символі зображення події. Ймовірності базових подій визначаємо за дами виробництва. Наприклад, базова подія “стан контролю з охорони праці”. Для визначення ймовірності ми повинні встановити наскільки (%) від ідеального рівня здійснюється відповідний контроль на об’єкті. Якщо буде встановлено, що такий рівень контролю становить 20 або 30%, то ймовірність відповідно становить 0,2 і 0,3. При відсутності контролю ймовірність “не здійснення контролю” становитиме 1, якщо контроль ідеальний, то відповідна ймовірність дорівнює 0. Для виконання математичних обчислень ймовірностей випадкових подій логіко-імітаційної моделі застосовують складені формули відповідно до положень булевої алгебри.

Нехай дві базові події з ймовірностями P_{11} і P_{12} за допомогою оператора “Г” (рис. 2) входять і наступну третю подію. Тоді ймовірність виникнення цієї події P_{13} можна визначити за формулою:

$$P_{13} = P_{11} \cdot P_{12} \quad (5.1)$$

За допомогою оператора “Г” три події з ймовірностями P_7 , P_8 і P_3 формують четверту випадкову подію P_9 , ймовірність якої визначають за формулою:

$$P_9 = P_7 \cdot P_8 \cdot P_3 \quad (5.2)$$

Дві базові події з ймовірностями P_1 і P_2 за допомогою оператора “або” входять до третьої події. Тоді ймовірність P_3 буде:

$$P_3 = P_1 + P_2 - P_1 \cdot P_2 \quad (5.3)$$

Оператор “або” об’єднує три базові події з ймовірностями P_4 , P_5 і P_6 , які за допомогою цього оператора входять у наступну подію з ймовірністю P_7 , яку можна визначити за формулою:

$$P_7 = P_4 + P_5 + P_6 - P_4 \cdot P_5 - P_4 \cdot P_6 - P_5 \cdot P_6 + P_4 \cdot P_5 \cdot P_6 \quad (5.4)$$

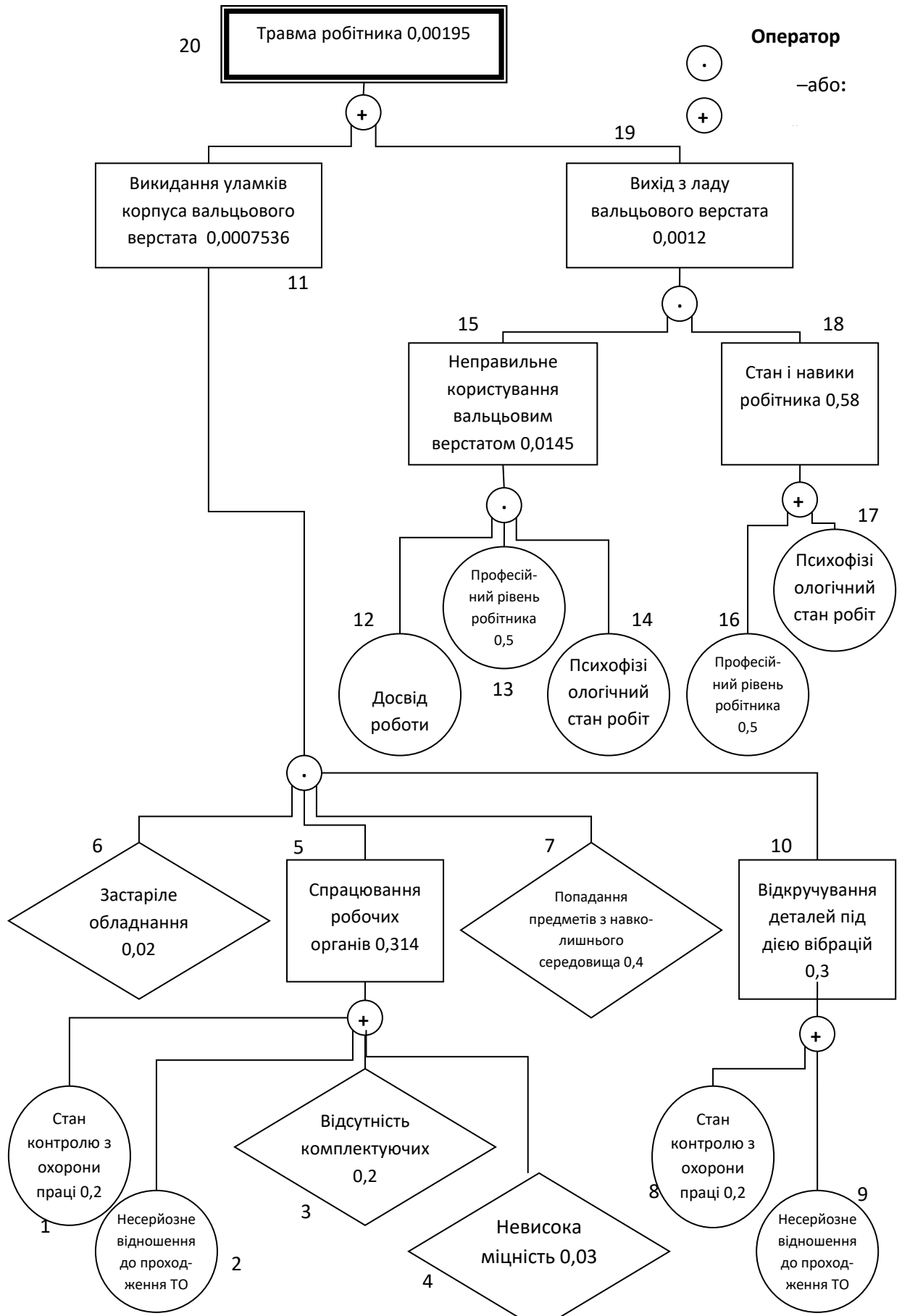


Рисунок 5.1 - Логіко-імітаційна модель процесу формування та виникнення аварій і травм.

Якщо в оператор “або” входять чотири і більше випадкових базових подій з відомими значеннями ймовірностей, то для спрощення обчислень їх згруповують по дві або по три події і застосовують наведені формули.

Базові події за даними визначення даного виробничого травматизму становлять - $P_1 = 0,2$; $P_2 = 0,3$; $P_4 = 0,2$; $P_5 = 0,3$; $P_6 = 0,05$; розраховані за формулами становлять $P_3 = 0,44$; $P_7 = 0,534$; $P_8 = 0,3$; $P_{11} = 0,028$; $P_{13} = 0,014$. Отже, за даними розрахунку моделі, головна подія (травма) на робочому місці під час ґрунтообробних робіт при наявності тих недоліків з охорони праці, які відображено у базових подіях на 100 таких місць, можна очікувати 1,4 травми.

Розглянемо типовий випадок виробничого травматизму під час виробництві борошна, на основі даного списку будуюмо матрицю логічних взаємозв'язків між окремими пунктами, графічне представлення якої зображено на рис.

Після аналізу результатів моделювання ймовірність виникнення травми можна звести до дуже малої величини – достатньо зменшити вплив ймовірностей вихідних факторів, які до неї призводять.

5.4. Безпека в надзвичайних ситуаціях

Надзвичайна ситуація (НС) — порушення нормальних умов життя і діяльності людей на об'єкті або території, спричинене аварією, катастрофою, стихійним лихом, епідемією, епізоотією, епіфітотією, великою пожежею, застосуванням засобів ураження, що призвели або можуть призвести до людських і матеріальних втрат.

Підприємства по зберіганню і переробці зерна увійшли до числа найбільш небезпечних галузей промисловості країни.

Всі це викликало тривогу і примусило серйозно звернути увагу на безпеку технологій зерна. Довелося міняти ідеологію проектування цих вибухонебезпечних виробництв, враховувати потенційну небезпеку

технологічного устаткування, шукати технічні засоби попередження вибухів, захисту обладнання, будівель і споруд.

Формування створеного виду нагляду здійснювалося досвідченими керівниками і фахівцями галузі. Прихід на роботу кваліфікованих фахівців дозволив оперативно вирішити організаційні та правові питання діяльності інспекторського складу нагляду і в короткі строки організувати дієвий державний нагляд за вибухонебезпечними об'єктами зберігання і переробки рослинної сировини.

Статистика свідчить, що найбільша кількість вибухів мало місце на комбікормових виробництвах, в складах зберігання рослинної сировини та продуктів його переробки (45%). Не менш небезпечними виявилися і елеватори, на яких відбулося 33% вибухів. Велика небезпека борошномельного виробництва (22 %).

Узагальнюючи статистичні дані, можна сказати, що основними причинами вибухів є:

- порушення правил експлуатації або несправність обладнання (34 %);
- самозаймання сировини та продуктів його переробки (22 %);
- порушення правил експлуатації зерносушильних установок (12 %);

З обладнання найбільш небезпечними є норії, зерносушарки, вальцьові верстати, дробарки, конвеєри і вентилятори.

Багато аварії супроводжувалися значними руйнуваннями устаткування, будівель і споруд. Причому руйнівні наслідки мали місце на елеваторах (45%) і борошномельних заводах (35%), а на комбікормових заводах лише 20%.

6 ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ РЕЗУЛЬТАТІВ

Ефективність новоствореного технічного засобу найбільш повно характеризує його енергоємність, як найбільш важливий показник сучасного виробництва. Крім того, важливо оцінити такі показники як металоємність, трудомісткість, вартість, технічний і технологічний рівні, термін окупності тощо.

Ефективність процесу подрібнення зерна E_ϕ відображається як

$$E_\phi = \frac{Q}{N_m}, \quad (6.1)$$

де Q – продуктивність машини, кг/год;

N_m – потужність машини, кВт.

Енергоємність процесу оцінюється співвідношенням

$$E = \frac{N_m}{Q} \quad (6.2)$$

де E – енергоємність процесу подрібнення зерна, (кВт·год)/кг;

N_m – потужність машини, кВт.

Металоємність процесу просіювання на машинах різного типу може бути оцінена наступним виразом

$$M = \frac{m_m}{Q}, \quad (6.3)$$

де m_m – маса машини, кг.

Трудомісткість процесу

$$T_p = \frac{z_n}{Q}, \quad (6.4)$$

де z_n – затрати праці на виконання технологічної операції, люд·год.

Питома вартість технічного засобу

$$B_n = \frac{B_\sigma}{Q} \quad (6.5)$$

де B_σ – балансова вартість, грн., яка визначається як

$$B_\sigma = C_m + B_{mn} + B_m + B_M + B_{npr} + B_{co} + B_{mz} \quad (6.6)$$

де C_M – ціна машини, грн.;

B_{mm} – вартість передпродажної підготовки машини, грн.;

B_m – вартість транспортування, грн.;

B_M – вартість монтажу машини, грн.;

B_{nnp} – вартість пусконаладжувальних робіт, грн.;

B_{co} – вартість сервісного обслуговування, грн.;

B_{mz} – вартість тимчасового зберігання, грн.

Річні затрати енергії на експлуатацію машини визначаються як

$$Z_{ee} = E \cdot Q \cdot T_p \quad (6.7)$$

де T_p – річний бюджет часу роботи обладнання, год.

Річна вартість енергії, витраченої на виконання технологічної операції протягом виробничого періоду визначається як

$$B_{ee} = Z_{ee} \cdot C_{ee} \cdot B_{ndv} \quad (6.8)$$

де C_{ee} – ціна 1 кВт·год електроенергії, $C_{ee} = 0,49$ грн./кВт·год;

B_{ndv} – податок на додану вартість, $B_{ndv} = 1,2$.

Як видно з таблиці 6.1, вальцовий верстат А1-БЗН загалом має найкращі показники серед всіх типів конструкцій, які брались до уваги. Особливо відчутне підвищення ефективності виконання технологічного процесу подрібнення при порівнянні з іншими вальцовими верстатами.

На рис. 6.1 подано залежності річної вартості затраченої електроенергії для виконання технологічної операції подрібнення за умов однакової виробничої програми для однозмінної і двозмінної роботи.

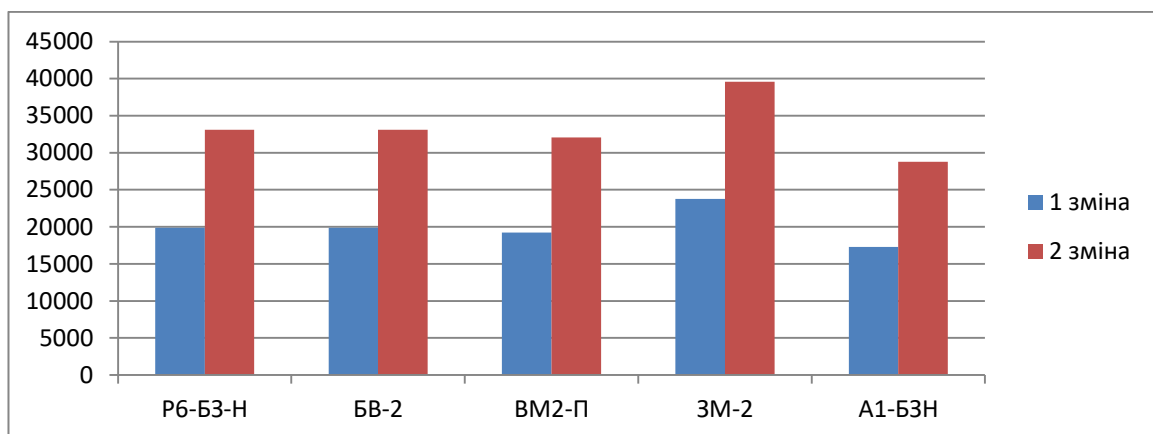


Рисунок 6.1 - Залежності річної вартості затраченої електроенергії для виконання технологічної операції подрібнення зернової сировини.

Таблиця 6.1

Зведені результати розрахунку енергетичних і техніко-економічних показників вальцьових верстатів

Параметр	Позначення	Одиниці виміру	Марка машини				
			Р6-БЗ-Н	БВ-2	ВМ2-П	ЗМ-2	А1-БЗН
Ефективність процесу	E_{ϕ}	кг/(кВт·год)	4324,3	4324,3	4090,9	4545,5	6486,5
Енергоємність процесу	E	(кВт·год)/кг	0,00023	0,00023	0,00024	0,00022	0,00016
Металоємність процесу	M	кг/(кг/год)	0,03	0,04	0,023	0,0335	0,023
Трудомісткість процесу	T_p	люд·год/(кг/год)	0,082	0,071	0,091	0,081	0,08
Питома вартість машини	B_n	грн/(кг/год)	1.34	1.41	0.44	1.16	0.97
Річні затрати електроенергії (1 зм)	Z_{eel}	кВт·год	33120	33120	32080	39600	28800
Річні затрати електроенергії (2 зміна)	Z_{ee2}	кВт·год	66240	66240	64160	79200	57600
Річна вартість електроенергії (1 зм)	B_{eel}	грн.	19872	19872	19248	23760	17280
Річна вартість електроенергії (2 зм)	B_{ee2}	грн.	39744	19872	38496	47520	34560
Затрати праці	Z_n	люд·год	6,56	5,68	4,12	8,11	9,67
Балансова вартість машини	B_{ϕ}	грн.	111052	112356	19876	115908	116885

ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ

Проаналізовано існуючу технологію виробництва борошна малих переробних підприємств. Розглянуто проблему підготовки зерна до помелу, суть якої полягає у виборі способу її очищення та можливої наявності домішок. Проаналізовано види помелу зерна та розділено на простий помел і складний помел.

Проаналізовано основні типи вальцьових верстатів, які можна використовувати для виробництва борошна. Наведено різні типи вальцьових верстатів, в яких для подрібнення зерна використовуються принципи стиснення та зсуву, наведено їх техніко-економічні характеристики. Введено методику розрахунку подрібнювальної техніки як основу для визначення її продуктивності.

Вибрано технічне обладнання в технічному маршруті. Конструкції машин були проаналізовані відповідно до встановлених параметрів вагомості та показників технічного рівня. Введено розрахункові точки гладких циліндричних і конічних з'єднань вальців.

Після проведення необхідних досліджень та демонстрацій розроблено технологічний маршрут виробництва борошна, який можна впровадити на малих переробних підприємствах, які безпосередньо адаптуються до економіки. Розроблено спрощену систему підготовки зерна до помелу, згідно з якою зерно набувало властивостей, придатних для кращого відділення ендосперму від лушпиння і зародка за допомогою меншої кількості машин, що покращує якість помелу. У цьому процесі для подрібнення зерна використовуються вальцьовий верстат А1-БЗН, що знижує навантаження на борошномельні вальці і тим самим підвищує ефективність процесу – всієї технічної лінії.

З метою попередження виробничого травматизму проведено структурно-функціональний аналіз процесу виробництва борошна. Травматичні та екстремні моделі. Затверджено організаційно-технічні

рекомендації з безпеки виробничих процесів, у тому числі правила безпечної експлуатації подрібнювальних машин і обладнання, а також заходи пожежної безпеки.

Проведено фінансово-економічну оцінку, включаючи облік капітальних і поточних витрат, облік основних фінансово-економічних показників підприємства. Оцінка ризиків роботи та стратегії фінансування переробних компаній.

Ключем до якості цих складних функцій є глибоке розуміння інженером конструктивних параметрів подрібнювача, характеристик зерна та способів їх зміни.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Баб'як О. С. Екологічне право України : навчальний посібник / О. С. Баб'як, П. Д. Біленчук, Ю. О. Чирва. – Київ : АТІКА, 2000. – 216 с.
2. Білявський Г.О., Падун М.М., Фурдуй Р.С. Основи загальної екології.-К.: Либідь, 1995.-144с.
3. Бутко Д.А., Луценков В.Л., Лахман С.Д. Практикум з охорони праці. - К.: Урожай, 1995. - 144с.
4. Гулий І.С., Пушанко М.М., Орлов Л.О. та ін. Обладнання підприємств переробної і харчової промисловості За ред. Гулого І.С. – Вінниця: Нова книга, 2001. –576с.
5. Гуменюк Р.В. Аналіз теплових діагностичних параметрів. Студентська молодь і науковий прогрес в АПК. ЛДАУ – 2004р.
6. Гуменюк Р.В. Дослідження і покращення конструктивних параметрів подрібнювальних машин, які працюють за методами стиску та зсуву. Вісник Львівського НАУ: Агроінженерні дослідження. 2008. № 12. С. 362-364.
7. Гуменюк Р.В. Подрібнювач сипких матеріалів. Інженерія агропромислового виробництва. Колективна монографія. Випуск II. 2008р. С. 69-71.
8. Добрянський С.С., Малафєєв Ю.М., Пуховський Є.С.. Проектування та виробництво заготовок. Підручник для студентів машинобудівних спеціальностей ВНЗ. / Під редакцією Коренькова В.М. – Київ: НТУУ «КПІ», 2014 – 353 с
9. Загальна технологія харчових виробництв у прикладах і задачах: Підручник. / Л.Л.Товажнянський, С.І.Бухкало, П.О.Капустенко, Є.І.Орлова – К.: Центр навчальної літератури, 2005. – 496 с.
10. Назарук М.М. Основи екології та соціоекології. – Львів.: “Афіша”, 1999.-256с.

11. Обладнання підприємств переробної і харчової промисловості / І.С. Гулий, М.М. Пушанко, Л.О. Орлов та ін.; За ред. І.С. Гулого. – Вінниця: Нова книга, 2001. – 576 с.

12. Плахотін В.Я., Тюрікова І.С., Хомич Г.П. Теоретичні основи технологій харчових виробництв: Навч. посібник. – К.: Центр навчальної літератури, 2006. – 640 с.

13. Розрахунки обладнання підприємств переробної і харчової промисловості: Навч. посібн. / В.Г. Мирончук, Л.О. Орлов, А.І. Українець та ін. – Вінниця: Нова книга, 2004. – 288 с.

14. Сиротюк С.В. Механізація переробки та зберігання продукції рослинництва: Курс лекцій – Львів: ЛДАУ, 1999. – 251 с.

15. Технологічні основи машинобудування. Навчальний посібник до виконання лабораторних робіт і самостійної роботи студентів інженернохімічного факультету та механіко-машинобудівного інституту / Укл. Добрянський С.С., Малафєєв Ю.М., Субін А.А., Гриценко В.М. Під редакцією Петракова Ю.В. – Київ: НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2018. – 112 с.

16. Товажнянський Л. Л., Бухкало С. І., Капустенко П. О. та ін. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах. Підручник. – К.: Центр учбової літератури, 2011. – 832 с.

17. Флис І.М., Сиротюк С.В. Вибір обладнання малого переробного підприємства на підставі коефіцієнта /Агроінженерні дослідження/ №4 – Збірник наук. ЛДАУ – 2000.