

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

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

Кафедра *Машин і апаратів харчових та фармацевтичних виробництв*

«До захисту в ЕК»

Директор інституту(декан факультету)

_____ Сергій БЛАЖЕНКО
(підпис) (ім'я та прізвище)

«__» _____ 20__ р.

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

_____ Олександр ГАВВА
(підпис) (ім'я та прізвище)

«__» _____ 20__ р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА**

зі спеціальності *133 «Галузеве машинобудування»*
(код та назва спеціальності)

освітньо-професійної програми *«Інжиніринг харчових та біотехнологічних
виробництв»*

на тему

**Модернізація роторної машини вертикального типу для
подрібнення таблеткової продукції продуктивністю 60 кг/год.**

Виконав: здобувач ІV курсу, групи ОХ-4-2

Паламарчук Максим В'ячеславович

(прізвище, ім'я, по батькові повністю)

Керівник **Чепелюк Олександр Миколайович** _____

(прізвище, ім'я, по батькові повністю)

(підпис)

Консультанти _____

(ім'я та прізвище)

(підпис)

(ім'я та прізвище)

(підпис)

Рецензент _____

(ім'я та прізвище)

(підпис)

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

Здобувач _____

(підпис)

Київ – 2025 р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

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

Кафедра *Машин і апаратів харчових та фармацевтичних виробництв*

Освітній ступінь *бакалавр*

Спеціальність *133 «Галузеве машинобудування»*

(шифр і назва)

Освітня програма *«Інжиніринг харчових та біотехнологічних виробництв»*

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри МАХФВ

проф. Олександр ГАВВА

(власне ім'я і ПРІЗВИЩЕ)

3 червня 2025 року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Паламарчук Максим В'ячеславович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи **Модернізація роторної машини вертикального типу для подрібнення таблеткової продукції продуктивністю 60 кг/год.**

керівник проекту (роботи) **Чепелюк Олександр Миколайович**, доц., канд. тех. наук

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від «10» квітня 2024 р. № 218-кс

2. Строк подання здобувачем роботи 2 червня 2025 р.

3. Вихідні дані до роботи

1. *Тип роторного млина – вертикальний, з вертикально розміщеним ротором.*

2. *Продукт – сухий солод, таблетковий гранулят.*

3 Оглядові і дослідницькі наукові статті за тематикою проекту

4. Презентації та рекламні матеріали виробників обладнання

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

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

Загальний вигляд обладнання – 1 лист; Розрізи, Складальні одиниці обладнання – 3 листи; Технологія машинобудування – 1 лист

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультантів	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання: «1» квітня 2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Порівняльний аналіз технічних рішень поставленої задачі	01.04.2025р.	
2	Техніко-економічне, соціальне обґрунтування.	05.04.2025р.	

3	Характеристика вихідної сировини і готового продукту	10.04.2025р.	
4	Опис запропонованого технічного рішення. Будова та принцип обладнання.	15.04.2025р.	
5	Вибір конструкційних матеріалів	20.04.2025р.	
6	Розрахункова частина	02.05.2025р.	
7	Технологічний маршрут виготовлення деталі	15.05.2025р.	
8	Вимоги щодо монтажу, експлуатації та ремонту.	17.05.2025р.	
9	Опис системи управління	18.05.2025р.	
10	Заходи щодо охорони праці	20.05.2025р.	
11	Висновки	22.05.2025р.	
12	Графічна частина: 5 аркушів формату А3	25.05.2025р.	
13	Список використаних літературних джерел	27.05.2025р.	
14	Анотація, зміст	28.05.2025р.	
15	Подача ДП на кафедрі	02.05.2025р.	

Здобувач _____ *Максим Паламарчук*

Керівник роботи _____ *Олександр Чепелюк*

Анотація

Паламарчук Максим В'ячеславович.

Модернізація роторної машини вертикального типу для подрібнення таблеткової продукції продуктивністю 60 кг/год.

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «Бакалавр» за спеціальністю 133 – Галузеве машинобудування.

Пропонується модернізувати конструкцію роторної дробарки для відносно м'яких матеріалів – сухого солоду, таблеткового грануляту тощо.

На верхній фланець корпусу на прокладках встановлюються конусна перфорована оболонка (сітка, решето) і кришка з підшипниковим вузлом.

Конусна перфорована оболонка має горизонтальне відкидне днище, а останній має отвори, діаметр яких збільшується у напрямку виходу матеріалу. Кріплення конусної перфорованої оболонки здійснюється до верхнього фланця.

Ротор пристрою являє собою вертикальний вал, підвішений в підшипниках. Робочі органи на роторі закріплені горизонтально по дотичній до зовнішньої поверхні валу зі зміщенням по колу. Робочі органи і перфорована оболонка встановлені з кільцевим зазором, що зменшується зверху вниз. У нижній частині ротора на валу встановлений ворошитель, який лівою і правою частинами відповідно нахилений до горизонтального днища і забезпечує разом з формою отворів днища повний прохід матеріалу, що подрібнюється в нижній частині пристрою.

Привід (електродвигун) встановлюється на кришці пристрою за допомогою кронштейна. Обертання від приводу передається ротору через муфту.

Ефективність процесу подрібнення може регулюватися подрібненням числа оборотів пристрою, швидкості подачі матеріалу на подрібнення та вибором розміру отворів перфорованої оболонки та днища (для певного матеріалу). При необхідності ефективність може бути підвищена підключенням пристрою з боку нижнього фланця корпусу (вихід подрібненого матеріалу) до джерела регульованого розрідження.

Матеріал, через люк кришки надходить всередину пристрою і потрапляє на робочі органи, що обертаються, які подрібнюють матеріал і відцентровою силою відкидає його на конусну перфоровану оболонку, де триває подрібнення (прохід частини матеріалу) подрібненого через отвори. Далі продовжує подрібнюватися розташованими нижче робочими органами. Подрібнений матеріал відводиться через перфоровану оболонку, а залишок недоподрібненого матеріалу остаточно подрібнюється ворошителем і видаляється через калібровані отвори горизонтального днища.

Модернізація дробарки дозволить підвищити його продуктивність.

Ключові слова: *ротор, дробарка, молоток, гранулят, солод.*

Abstract

Palamarchuk Maksym.

Modernization of a vertical-type rotary machine for crushing tablet products with a capacity of 60 kg/h.

Qualification work for the degree of Bachelor in specialty 133 – Industrial mechanical engineering.

It is proposed to modernize the design of a rotary crusher for relatively soft materials – dry malt, tablet granulate, etc.

A conical perforated shell (mesh, sieve) and a cover with a bearing assembly are installed on the upper flange of the housing on gaskets.

The conical perforated shell has a horizontal hinged bottom, and the latter has holes, the diameter of which increases in the direction of the material outlet. The conical perforated shell is attached to the upper flange.

The rotor of the device is a vertical shaft suspended in bearings. The working elements on the rotor are mounted horizontally tangentially to the outer surface of the shaft with a displacement along the circumference. The working elements and the perforated shell are installed with an annular gap that decreases from top to bottom. In the lower part of the rotor, an agitator is installed on the shaft, which is inclined to the horizontal bottom with its left and right parts, respectively, and provides, together with the shape of the bottom holes, a full passage of the material being crushed in the lower part of the device.

The drive (electric motor) is installed on the device cover using a bracket. Rotation from the drive is transmitted to the rotor through a coupling.

The efficiency of the crushing process can be adjusted by adjusting the number of revolutions of the device, the speed of material supply for crushing and choosing the size of the holes in the perforated shell and bottom (for a specific material). If necessary, the efficiency can be increased by connecting the device from the lower flange of the housing (output of crushed material) to a source of controlled vacuum.

The material enters the device through the hatch of the cover and falls on the rotating working elements, which grind the material and centrifugal force throws it onto a conical perforated shell, where grinding (passage of part of the material) of the crushed material through the holes continues. Then it continues to be ground by the working elements located below. The crushed material is discharged through the perforated shell, and the rest of the uncrushed material is finally ground by the agitator and removed through the calibrated holes of the horizontal bottom.

Modernization of the crusher will increase its productivity.

Keywords: *rotor, crusher, hammer, granulate, malt.*

Зміст

Вступ.	Стор.
Розділ 1. Порівняльний аналіз технічних рішень поставленої задачі	
1.1. Подрібнення матеріалів	
1.2. Цикли подрібнення	
1.3. Способи подрібнення	
1.4. Основи теорії подрібнення	
1.5. Машини та апарати для подрібнення	
1.6. Циклони	
Розділ 2. Техніко-економічне обґрунтування	
Розділ 3. Характеристика вихідної сировини і готового продукту	
Розділ 4. Опис запропонованого технічного рішення. Будова та принцип роботи обладнання	
4.1. Прототип	
4.2. Мета і опис модернізації	
Розділ 5. Вибір конструкційних матеріалів	
Розділ 6. Розрахункова частина	
6.1 Розрахунок основних параметрів робочих органів	
6.2 Розрахунок приводного валу на міцність	
6.3. Розрахунок підшипників	
6.3.1 Розрахунок шпонкового з'єднання муфти	
6.4 Розрахунок шпонкового з'єднання муфти	
6.4.1. Вибір і перевіркового розрахунок муфти	
Розділ 7. Технологічний маршрут виготовлення деталі	
7.1. Вибір деталі і методу одержання	
7.2. Технологічний маршрут і виготовлення напівмуфти	
7.3. Вибір обладнання та інструменту, розрахунок режимів різання і норм часу	
Розділ 8. Монтаж і технічний сервіс	
Розділ 9. Опис блоку управління	
Розділ 10. Заходи щодо охорони праці	
Висновки	
Список використаної літератури	
Додатки	

1. Порівняльний аналіз технічних рішень поставленої задачі

1.1 Подрібнення матеріалів

Сутність та призначення подрібнення. У загальному вигляді процес подрібнення можна значити як розподіляючий твердого (або умовно твердого) матеріалу на частини. Будь-який процес подрібнення супроводжується збільшенням поверхні контакту вихідного матеріалу з навколишнім середовищем, збереженням обсягу матеріалу та збільшенням кількості частин або частин матеріалу.

Процеси подрібнення, які часто називають процесами дезінтеграції, різноманітних сировин і матеріалів мають велике поширення у багатьох галузях народного господарства. У громадському харчуванні подрібнення здійснюється у таких цілях: для підготовки сировини до приготування їжі, надання продукту необхідної консистенції, кондиціонування продуктів, утилізації відходів сировини та залишків їжі.

Значна частина продуктів, що використовуються у громадському харчуванні, при подрібненні легко піддається деформації та має більшу вологість: м'ясо, хліб, овочі, риба тощо. Ці продукти можна віднести до умовно твердим.

Класи та ступінь подрібнення. Залежно від розмірів шматків вихідного матеріалу та кінцевого продукту подрібнення поділяють на два основні види: дроблення та помел, або розмелювання. Дроблення – це процес подрібнення великих шматків, помел – дрібних. Дроблення та помел у свою чергу поділяються на кілька класів.

Для характеристики процесу подрібнення сировини, продуктів, матеріалів використовують визначення лінійного та об'ємного ступеня подрібнення. Лінійний ступінь подрібнення є відношенням:

$$i = d_B/d_k$$

де i – лінійний ступінь подрібнення; d_B – розмір шматків вихідного матеріалу, м; d_k – розмір шматків (часток) подрібненого матеріалу, м.

Об'ємний ступінь подрібнення визначається за формулою:

$$a = i^3 = d_B^3 / d_k^3$$

де a – об'ємний ступінь подрібнення.

Класифікація дроблення в помолу

Клас подрібнення	Розмір шматків вихідного матеріалу	Розмір шматків (частинок) подрібненого матеріалу
Дроблення		
Велике	1000	250
Середнє	250	20
Мале	20	1-5
Помел		
Грубий	1-5	0,1-0,04
Середній	0,1-0,04	0,015-0,005
Тонкий	0,1-0,04	0,005-0,001
колоїдний	0,1	<0,001

У формулах (4.1 і 4.2) під розмірами шматків вихідного та подрібненого матеріалу розуміють їх визначальний розмір, який характеризує їх середній лінійний розмір, який визначається за формулою:

$$d_{cp} = \sqrt[3]{lbh}$$

де l – максимальна довжина шматка; b – максимальна ширина; h – максимальна висота, м.

1.2 Цикли подрібнення. Вони включають основні етапи проведення процесів подрібнення. Їх поділяють на відкриті та замкнуті. У свою чергу, відкриті цикли подрібнення бувають двох типів: простий відкритий і відкритий з попереднім сортуванням.

У простому відкритому циклі подрібнення відбувається при одноразовому проходженні продукту через подрібнювач.

У відкритому циклі з попереднім сортуванням вихідного продукту дрібнішого шматки без проходження через подрібнювач відразу ж відсортовуються на ситі і надходять до збірки подрібненого продукту. Цей цикл має перевагу, порівняно з простим відкритим циклом. Воно полягає в тому, що не витрачається енергія на повторне подрібнення дрібних шматків, якби вони надходили разом із великими подрібнювачами.

Замкнені цикли також бувають двох типів: замкнутий цикл із суміщеним попереднім та повторним сортуванням та замкнутий цикл із повторним сортуванням.

У першому випадку на подрібнювач потрапляють лише шматки, які не проходять через сито. Після подрібнення продукт знову надходить на сито, через яке не можуть пройти великі шматки. У другому, з енергетичної точки зору менш вигідному випадку, на подрібнювач надходять весь вихідний продукт і великі шматки його, що не проходять через сито. Наявність сита дозволяє одержати кінцевий продукт заданих розмірів. Подрібнення по замкнутих циклах часто використовують при помелі.

1.3 Способи подрібнення. Способи подрібнення (рис. 1.1) можна розділити на наступні: роздавлювання, розколювання, розламування, різання, розпилювання, стирання, подрібнення за допомогою удару.

При роздавлюванні під дією навантаження, що створюється силою F на натискну плиту, деформується матеріал по всьому об'єму. У цьому внутрішнє напруження у ньому поступово підвищується. При підвищенні внутрішньої напруження вище за межу міцності стиснення матеріал руйнується. При цьому утворюються частинки різного розміру та різної форми.

Процес розколювання здійснюється за рахунок створення великих концентрацій навантажень у місцях контакту матеріалу з клиноподібним робочим елементом, на який впливає сила F .

Процес розламування здійснюється за рахунок впливу згинальних сил F . Розміри і форма частин, що отримуються приблизно такі ж, як і при розколюванні.

Процес різання здійснюється лезами (ножами), під розподілом яких створюється зусилля F , спрямоване під певним кутом до матеріалу, що подрібнюється. Крім того, ніж робить рух у площині подрібнення, розрізаючи матеріал. При різанні матеріал можна подрібнити на частини заздалегідь вибраних розмірів та форм.

Розпилювання здійснюється за допомогою пили, зуби яких є ножами. Вплив пили здійснюється або обертанням, або зворотно-поступальним, а також шляхом натискання ножа та подрібнюваного матеріалу, а також переміщення пили в площині подрібнення. Процес розпилювання легко керуємо, що дозволяє отримати шматки необхідних розмірів.

Процес стирання застосовується при тонкому та колоїдному помелі. Цей процес здійснюється під впливом на матеріал сил, що виникають за рахунок переміщення опорної та натискної плит у протилежні сторони. На натискну плиту діє зовнішній вплив сили F .

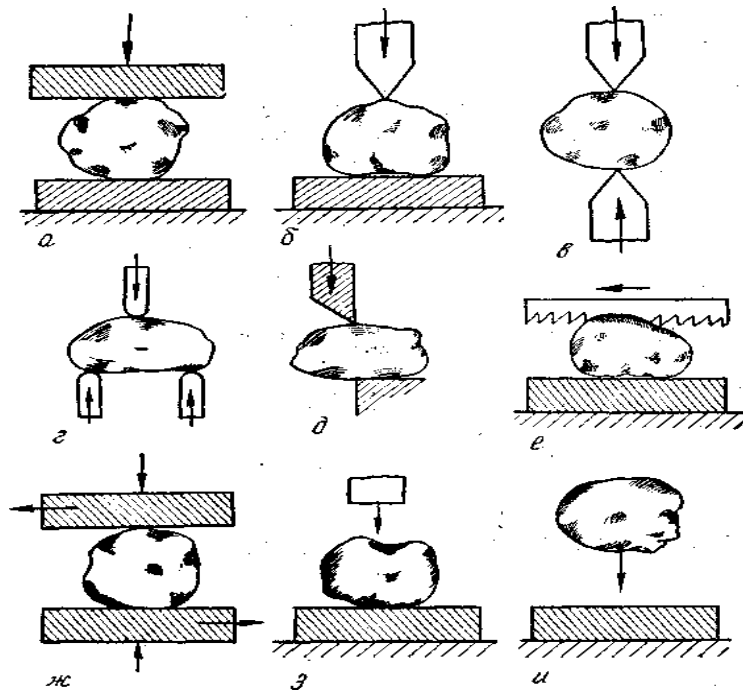


Рис. 1.1. Способи подрібнення

Процес дроблення за рахунок удару може бути здійснений у двох варіантах: стисненим ударом, здійснюваним будь-яким твердим ударним інструментом, і вільним ударом за рахунок зіткнення подрібнюваного матеріалу з твердою поверхнею опорної плити.

1.4 Основи теорії подрібнення

У всіх розглянутих способах подрібнення в матеріалі спочатку виникають об'ємні деформації, які призводять до того, що він починає руйнуватися з утворенням нових поверхонь. У зв'язку з цим можна затвердити, що корисна робота на дроблення витрачається на пластичну деформацію матеріалу, що руйнується, і на утворення нових поверхонь.

Зміну поверхні матеріалу при його подрібненні можна визначити спрощеним шляхом. Спрощення полягає в тому, що форму матеріалу, що подрібнюється, приймають за куб з ребром d_k (мал. 4.4). При цьому подрібнені шматки мають форму куба з ребром d_k .

Початкова поверхня шматка матеріалу дорівнює:

$$S_H = 6d_H^2$$

Початкова поверхня усіх шматків, отриманих у процесі подрібнення:

$$S_k = 6d_k^2 i^3 = 6d_k^2 d_H^3 / d_k^3$$

Отже, збільшення поверхні можна уявити як різницю $S_k - S_H$:

$$\Delta S = S_k - S_H = \frac{6d_k^2 d_H^2 d_H}{d_k^2 d_k} - 6d_H^2 = 6d_H^2 (i - 1)$$

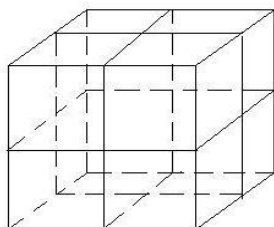


Рис. 1.2 Схема визначення зміни поверхні при подрібненні

Робота, що витрачається на утворення нової поверхні, за гіпотезою Реттінгера, може бути визначена за формулою:

$$A_s = A_{уд} 6d_H^2 (i - 1)$$

де A_s – робота, що витрачається на утворення нових поверхонь при подрібненні, Дж; $A_{уд}$ - питома робота, що витрачається на утворення одиниці поверхні, Дж.

Значення питомої роботи теоретично визначити не можна. Для кожного матеріалу, для кожного подрібнюючого апарату визначається експериментальним шляхом.

Для визначення роботи, що витрачається на об'ємну деформацію матеріалу та його руйнування, В.Л. Кирпичовим та Д. Кіком висловлено гіпотезу, що базується на теорії пружності.

Згідно з гіпотезою Кирпичова – Кіка можна записати:

$$A_v = \frac{\sigma^2 V}{2E}$$

де A_v – робота, що витрачається на об'ємну деформацію подрібнюваного матеріалу, Дж; σ - межа міцності (руйнівна напруга) матеріалу, Па; E - модуль пружності 1-го роду, Па; V – об'єм подрібнюваного матеріалу м³.

Відома третя гіпотеза, висловлена академіком П.А. Ребіндером, яка полягає в тому, що робота на подрібнення витрачається на утворення нових поверхонь та об'ємну деформацію матеріалу, що руйнується. Формалізовано ця гіпотеза виглядає так:

$$A = A_s + A_v$$

1.5 Машини та апарати для подрібнення.

Ці машини, що застосовуються у харчовій промисловості та громадському харчуванні, характеризуються великою різноманітністю

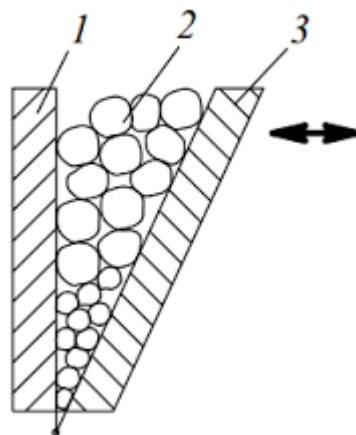


Рис. 1.3
Щокова дробарка

конструктивних форм.

Нижче розглянуті лише деякі з типів машин та апаратів для подрібнення.

Щокова дробарка працює на принципі роздавлювання. Матеріал, що піддається подрібненню, завантажують між щіками. За рахунок зусиль, що чиняться на рухливу щоку, матеріал роздавлюється. У конусних дробарках (мал. 4.6) дроблення здійснюється за рахунок роздавлювання та стирання. Вихідний матеріал завантажується в простір, утворене між зовнішнім нерухомим і внутрішнім

конусами, що обертаються. Останній розташований ексцентрично по відношенню до зовнішнього корпусу. У багатьох конусних дробарках внутрішній конус мають вісь обертання, що подрібнюється, тобто, приводний вал, обертаючись, описує конусоподібну поверхню.

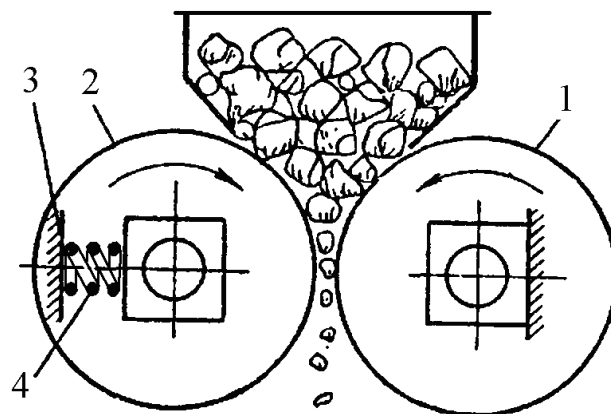


Рис. 1.4. Вальцова дробарка

Досить широке поширення мають вальцьові, або валкові, дробарки (мал.). Матеріал, що подрібнюється, захоплюється вальцями і, проходячи між ними, дробиться. Вальцьові дробарки працюють на принципі роздавлювання та стирання. Відомі вальцьові ідробарки, у яких обидва вальці мають однакову частоту обертання, а також у яких один із вальців обертається з меншою частотою, ніжінший. В цьому випадку ефект стирання посилюється.

За принципом подрібнення за рахунок стисненого удару працюють молоткові дробарки. Через завантажувальний бункер подрібнений матеріал надходить у робочу камеру, де він піддається впливу молотків, насаджених на стрижні. Обертіві навколо центральної осі. Подрібнений матеріал виходить із камери через перфороване дно.

Розглянуті машини та апарати призначені для великого, середнього та дрібного дроблення. У деяких із них можна здійснювати грубий помел.

Далі розглянемо апарати, на яких виробляють грубий та середній помели. На принципі стисненого удару та стирання працюють дискові помели.

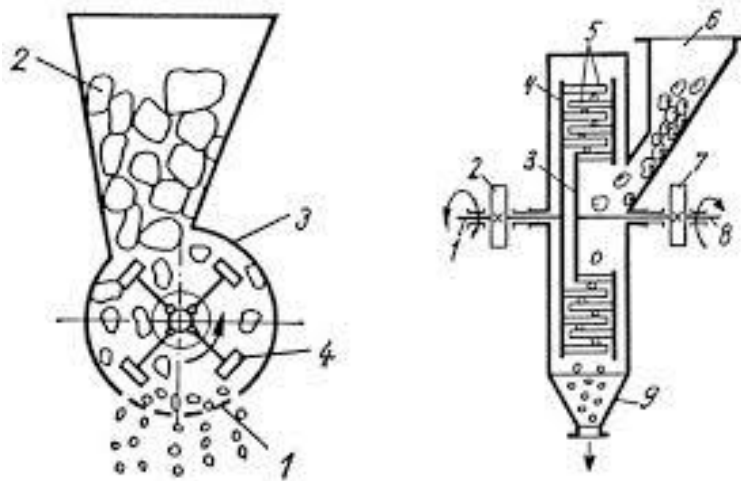


Рис. 1.5 Схеми молоткової та дискових дробарок

дробарки, часто звані дезінтеграторами (рис. 1.5). З завантажувального бункера матеріал, що подрібнюється надходить в камеру дезінтегратора і потрапляє міжпальцями нерухомого і рухомого дисків. У проміжках між пальцями відбувається дроблення. Подрібнений продукт виходить через розвантажувальний патрубок. У деяких дезінтеграторах обертаються обидва диски з пальцями, їх обертання здійснюється в різні боки.

У промисловості широко застосовуються кульові млини. Принцип їх роботи заснований на використанні удару та стирання. Кульові млини є циліндром, що обертається навколо своєї осі. (рис 1.6) Внутрішня порожнина циліндра заповнена кулями, виготовленими із твердих матеріалів, найчастіше металу. Кулі разом з матеріалом, що подрібнюється при обертанні корпусу

млини піднімаються на деяку висоту, потім під дією сили тяжіння вони падають в низ і ударяють по матеріалу, укладеному між ними.

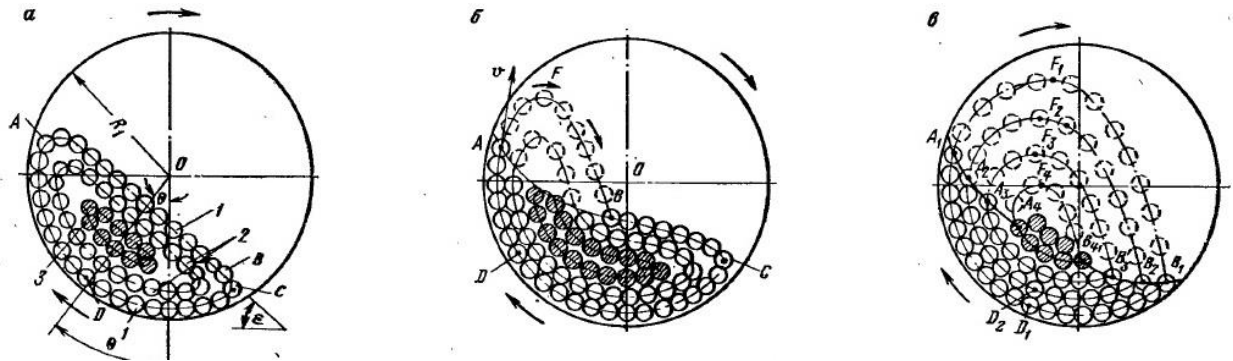


Рис.1.6.Схема роботи кульового млина всередині

Робоча частота обертання кульового млина має теоретично обґрунтовану межу. Для його визначення потрібно розглянути сили, що діють на кулю, що досягла крайнього верхнього положення. Якщо відцентрова сила перевищуватиме силу тяжіння, то кулі почнуть обертатися разом із корпусом млина. Отже, припустимо таку рівність:

$$ma = mg$$

де m – маса кулі, кг; a – доцентрове прискорення, m/c^2

Рівність можна записати:

$$\omega^2 R = 4\pi^2 n^2 R - g$$

де ω – кутова швидкість, рад/с; R – радіус кульового млина, м;

n – частота обертання кульового млина, c^{-1}

із рівнянь отримуємо

$$n = 0,5\sqrt{g/\pi^2 R}$$

Дійсна частота обертання повинна на 15-20% бути меншою за теоретичну.

За принципом стирання працюють подрібнювачі, у яких як робочі органи використовують жорна

Подрібнений матеріал через конічний отвір у верхньому жорні надходить у зазор між ним і нижнім жорном. У цьому проміжку відбувається подрібнення. Обидва жорна обертаються в різні сторони.

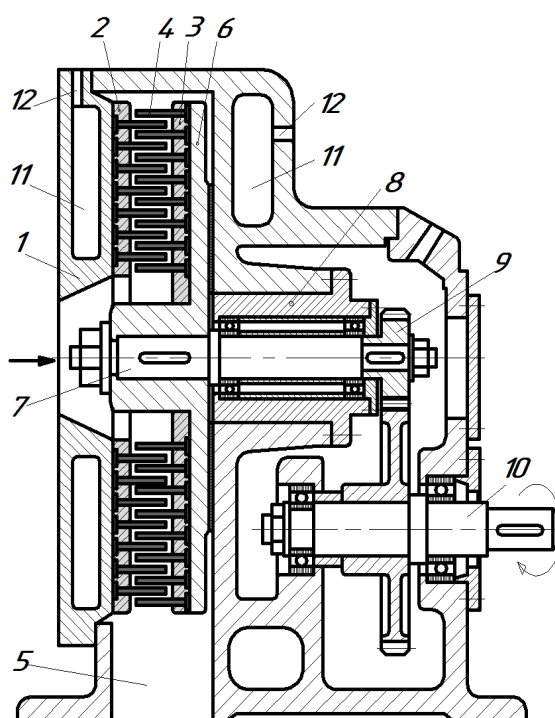
Також можна роздивитись як цікавий приклад це штифтова дробарка, яка використовує серію шпильок, прикріплених до дисків замість молотків у обертовій шліфувальній головці, щоб досягти високого впливу між млином та частинками. Завдяки різноманітності та взаємозамінності внутрішніх компонентів, це обладнання має широку пристосованість виробництва, від зернистого матеріалу до супер-тонких частинок.

Також штифтовий млин може включати у собі два типи кришійного обладнання – груба дробарка і шпильковий млин. Груба дробарка може розчавлювати матеріал що перевищує розміри 5 мм до менше 5 мм, щоб вона могла входити на шпильковий комбінат.

Принцип шпильки

Цей шпильковий комбінат використовує відносний рух між рухомими та нерухомими зубами - дисками, сировину, яка повинна бути подрібнена, здійснює комплексні дії, такі як уражені зуби, тертя, удар між сировиною, і

Рис. 1.6. Схема штифтової дробарки



нарешті сировина подрібнюється і передає сито. Його особливості прості та тверді за структурою, стабільні в експлуатації та висока ефективність подрібнення. Подрібнена сировина може бути виписана через шліфувальну

камеру. Більше того, різні розміри сировини, яку потрібно подрібнити, можна отримати через екран з різною сіткою. Більше того, набір дробарки, що збирає пил, виготовлений з нержавіючої сталі. Він виготовляє продукти лікарських засобів, харчових продуктів та хімічних речовин тощо, відповідно до вимог стандарту та відповідає вимогам GMP.



Рис. 1.7. Зображення штифтового млина

Некондиційні таблетки (тобто таблетки, що не відповідають вимогам якості й не можуть бути використані за призначенням) подрібнюють на спеціальному обладнанні, яке відповідає вимогам фармацевтичної промисловості до санітарії, безпеки та контролю пилу. Для цього зазвичай використовують такі типи дробарок: штифтові, молоткові (hammer mills), роторно-ударні (impact mills), подрібнювачі з різальним механізмом (knife mills).

Молотковий млин серії НМ



Рис.1.8. Молотковий млин серії НМ

Дробарка забезпечує герметичне та безпилкове подрібнення. Випускний отвір може бути герметично підключений до поліетиленових мішечків або бінів з корозійностійкої сталі. Немає потреби в циклоні та системі збирання пилу. Перевагами також є більша ефективна площа сітки, кількість отворів на 30% більша порівняно з традиційними.

Прямий привід забезпечує низький рівень шуму. Частота обертання молоткового млина НМ-500 досягає 8000 об/хв.

Практична конструкція затискного з'єднання дає можливість легко розбирати та відокремлювати порожнину обладнання, що полегшує його очищення та стерилізацію відповідно вимогам WIP та SIP (головка машини може витримувати стерилізацію паром при тиску 2,2 бар). Матеріал обладнання – 316 L.

Технічні характеристики

Модель	Потужність	Швидкість обертання	Місткість	Тонкість розряду	Габаритні розміри (мм)			
	кВт				об/хв	кг/год	мкм	А
НМ-Lab	2.2	3000~24000	50 г ~ 120 кг / год	50~300	878	454	758	-
НМ-500	4	1000~6000	50~800 кг/год	50~300	1200	660	1630 рік	730

НМ-500(Н)	3.7	1000~8000	50~800 кг/год	20~300	1200	660	1630 рік	730
НМ-700	7.5	500~6000	50~2000 кг/год	50~300	1440	790	1850 рік	820

Ударний роторний млин

Так званий роторний млин з ударним механізмом можна налаштувати відповідно до потреб та використовувати для дрібного або грубого подрібнення сухих, середньо-твердих або м'яких речовин партіями або безперервно. Добрива, графіт, смоли, фармацевтичні продукти, харчові продукти та багато іншого можна дуже добре подрібнювати завдяки спеціальній конструкції роторного млина з ударним механізмом. Дрібнодробильні подрібнювачі серії SF (рис. 1.9) призначені для подрібнення сухого, сипучого матеріалу з розміром частинок до 120 меш з дуже щільним розподілом розміру частинок. Високоєфективна конструкція забезпечує легкий доступ до всіх внутрішніх компонентів і добре підходить для термочутливих матеріалів, таких як смоли та цукор. Завантажуваний матеріал дозується в центр млина, де на нього впливає ротор. Потім завантажуваний матеріал викидається назовні, де він стикається з іншими частинками, сприяючи процесу подрібнення. Після початкового удару частинки викидаються через решето та розщеплюються між лопатями ротора та решіткою для сортування або щелепами. Ця дія триває доти, доки частинки не будуть належного розміру та не будуть виведені через нижню частину млина.



Рис. 1.9. Подрібнювач серії SF

Всі розглянуті вище апарати призначені для подрібнення твердих матеріалів та продуктів. Однак у громадському харчуванні та харчовій промисловості часто виникає необхідність подрібнення сировини та продуктів, які складаються з твердих та м'яких компонентів. До такої цінної сировини відносяться, наприклад, м'ясо-кісткова, зокрема реберна, частина м'ясних туш, хребет риби.

В даний час для подрібнення м'ясо-кісткової сировини вдаються до її попереднього заморожування при температурах 30-20 °С. Заморожування сировини дозволяє його подрібнити до частинок розміром 10-50 мкм. Таке тонке подрібнення дозволяє використовувати м'ясо-кісткову сировину, особливо при виробництві деяких видів ковбас, ковбасок, купатів, котлет, люля-кебабу і т.д.

У громадському харчуванні досить тонкого подрібнення у великих кількостях піддають варені овочі, свіжі ягоди та фрукти. З цією метою служать спеціальні подрібнювальні машини, звані протирочними. В даний час відомо багато різних типів протирочних машин та пристроїв.

1.6 Циклони

Принцип дії:

Циклон має корпус, що складається з циліндричної 1 і конічної частин. Тангенційно по відношенню до корпусу приєднаний підвідний патрубок. У корпусі є вихлопна труба і спускна труба. Неоднорідна суміш надходить

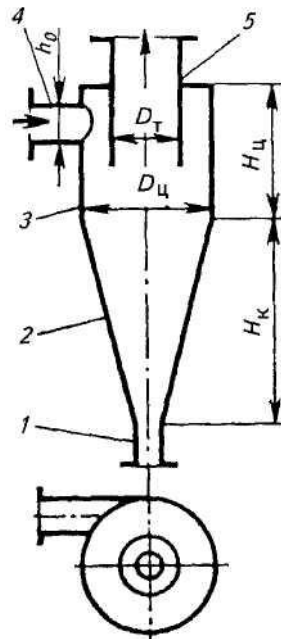


Рис. 1.10 Схема циклону

апарат по патрубку, що підводить, і далі рухається колоподібно вниз в кільцевому зазорі між внутрішніми стінками корпусу і вихлопною трубою. Продовжуючи такий складний рух, потік газу (рідини) спіралеподібно опускається донизу; потім продовжуючи обертатися, він піднімається вгору і потрапляє у вихлопну трубу, по якій відводиться з апарата.

Тверді частинки, захоплені потоком дисперсного середовища, потрапивши в циклон, також здійснюють складний рух: обертальний навколо осі циклону і поступальний вниз паралельної. При різних густинах фаз ($\rho_c - \rho_s > 0$) на тверді частинки діятиме відцентрова сила, більша ніж обсяг середовища, який ця частка займає. Внаслідок цього частка рухатиметься радіально: від осі до внутрішньої поверхні циклону. Якщо припустити, що циклон працює в ідеальних умовах (ламінальне обертальне та поступальне

перебігу потоку середовища в апараті та ламінарний рух частинки в цьому середовищі), то теоретично рух частинки в горизонтальній площині буде складатися з радіального (відносного) і обертального (переносного) рухів разом із загальним потіком. У цьому випадку траєкторія абсолютного руху частинки буде в горизонтальній площині спіраль. При цьому абсолютна швидкість руху частинки в горизонтальній площині буде геометричною сумою переносної швидкості обертання середовища $\omega_{п}$ і відносної ω_0 . Крім того, під дією сили тяжіння частка падає вниз, в наслідок чого абсолютна швидкість її в просторі визначатиметься векторами швидкостей: переносної (газового потоку) і відносної у вертикальному напрямку.

Досягши стінок корпусу, тверді частинки ударяються про них, втрачаючи при цьому кінетичну енергію, і падають вниз, потрапляючи у патрубок, що вивантажує, з'єднаний з приймачем концентрованого повітря.

Дійсна картина руху потоку та частинок значно складніша. Візуальні спостереження на прозорій моделі, а також безпосередні вимірювання швидкостей показують, що дисперсійне середовище (рідина, газ у циліндричній) частині рухається не ламінарно, а з завихреннями. У нижній канонічній частині вздовж осьової лінії потік середовища переміщується гвинтоподібно в гору в напрямку, зворотньому до основного напрямку потоку середовища. Ці потоки, стикаючись біля краю вихлопної труби з основним потоком і змішуючись з ним, створюють надзвичайно складний профіль швидкостей.

На частинку, що у циклоні, діють три сили: відцентрова, що виникає внаслідок обертального руху частки з потоком середовища; сила тяжіння та Архімедова сила. Порівняно з першими останні дві сили незначні. Для газових н.с. можна також знехтувати Архімедовою силою, оскільки щільність середовища в сотні разів менша за щільність твердих частинок, і приймати:

$$\rho_f \approx \rho_{ч}$$

Підставити у формулу замість g відцентрове прискорення

$$a = \frac{\omega_r^2}{R}$$

Отримаємо загальний вираз для швидкості осадження в циклоні (без урахування форм частинок концентрації н.с.)

$$\omega = \omega_r \sqrt{\frac{4}{3} * \frac{d}{\varepsilon} * \frac{\rho_f}{\rho_c} * \frac{1}{R}}$$

де ω_r – швидкість обертального руху середовища;

R – радіус обертання частинки;

З цієї формули видно, що швидкість осадження часток змінюється (оскільки змінюється місце розташування їх у просторі) і що вона обернено пропорційна радіусу обертання.

Умови обтікання частки безперервно змінюються, що може призвести до зміни режиму обтікання, а водночас зміни коефіцієнта опору. Загальні закономірності поділу газових та рідких в. в циклонах різних типів одні й самі, але з конструкції і принципу дії аеро- і гідроциклонів істотно різняться.

2. Техніко-економічне, соціальне обґрунтування

Заміна молоткової дробарки на роторний млин під час подрібнення м'яких матеріалів, таких як солод, смажений солод, гранулят для виробництва таблеток, браковані таблетки дозволяє отримати продукт вищої якості, а саме, із кращим гранулометричним складом (розподілом розміру частинок за діаметром). Якісний гранулометричний склад особливо важливий у наступних технологічних операціях, наприклад ,екстрагування, таблетуванні, або безпосередньому використанні подрібненого продукту.

Використання запропонованої модернізації дозволяє якісно переробити весь об'єм продукту.

Конструкція дозволяє забезпечити кращі умови праці, а саме, надмірно тверді частинки або металеві елементи не розбивають молотки, не становлять небезпеки під час вилітання із робочої камери, а вилітають через спеціальні уловлювачі.

Загалом технічний ефект впровадження модернізації полягає у наступному:

- підвищується продуктивність подрібнення;
- забезпечується якісний гранулометричний склад готового продукту;
- забезпечуються умови безпеки життєдіяльності.

3. Характеристика вихідної сировини і готового продукту

Вхідна сировина:

Солод, смажений солод (під час виробництв БАДів солодових екстрактів)

Гранулят, некондиційні гранули для виробництва таблеток

Некондиційні таблетки

Під час подрібнення некондиційних таблеток (наприклад, бракованих, прострочених або тих, що не відповідають фармакопейним вимогам), важливо враховувати такі їхні фізико-хімічні властивості, які безпосередньо впливають на ефективність процесу подрібнення: твердість, крихкість, вологість, гігроскопічність, розміри та форма, наявність покриття, склад.

Твердість вимірюється в Ньютонах і становить в середньому 40 – 100 Н. Некондиційні таблетки можуть бути дуже м'якими і легко подрібнюватися (твердість до 30 Н) і дуже твердими і погано подрібнюватися (твердість більше 120 Н).

Крихкість вимірюється у відсотках як втрати маси після обертання у фрібілаторі. За Фармакопеею норма для кондиційних таблеток $\leq 1,0\%$, крихкість некондиційних $> 1.0 \%$.

Діапазон вологості для більшості таблеток дорівнює 1 – 5 %. Вологість більше 6: є підвищеною і ускладнює подрібнення (можливе злипання).

Гігроскопічність не має стандартного числового показника, але може оцінюватись за приростом маси при зберіганні у вологому середовищі. Наприклад, якщо таблетка набирає $> 2 \%$ маси при відносній вологості 75 % за 24 год, вона вважається гігроскопічною.

Розміри таблеток впливають на те, чи можна таблетку одразу подрібнити, чи потрібне попереднє дроблення.

Наявність механічної міцної оболонки (більше 100 Н) може ускладнити подрібнення. Таблетки без оболонки або з крихкою оболонкою подрібнюються легше.

Для термочутливих речовин, наприклад, ензимів або вітамінів, важливо враховувати температуру плавлення або руйнування активної речовини. Зокрема, якщо температура плавлення менша за 70 °С, існує небезпека руйнування при терті у млині або подрібнювачі.

Вихідна продукція:

Солод подрібнений

Гранулят для виробництва таблеток

4. Опис запропонованого технічного рішення. Будова та принцип роботи обладнання.

Роторна дробарка відноситься до пристроїв для подрібнення матеріалів і може бути застосована фармацевтичній та біотехнологічній галузях промисловості, зокрема для подрібнення сипких м'яких матеріалів, наприклад грануляту, бракованих таблеток, сипких композицій, солоду тощо.

4.1 Прототип. Відома молоткова дробарка, що складається з вертикально розташованого корпусу, всередині якого розміщені вертикальний ротор з робочими органами, перфоровані кільцева вертикальна оболонка і горизонтальне днище.

Нижче ротора пристрою розташований лопатевий вентилятор для відсмоктування подрібнених частинок у циклон або збірник і привід.

Однак для такого пристрою характерна недостатня продуктивність, складність конструкції і особливо експлуатації, підвищена витрата енергії, а також нерівномірність фракційного складу подрібненого матеріалу через знос робочого органу.

Найбільш близьким до запропонованого за технічною сутністю є пристрій для подрібнення матеріалів, що включає камеру, перфоровану оболонку у вигляді усіченого конуса, спрямованого меншою основою вниз, розташований вертикально в ній з кільцевим зазором ротор з робочими елементами.

Недоліком відомого пристрою є низька продуктивність.

4.2 Мета нашої модернізації – підвищення продуктивності пристрою.

Зазначена мета досягається тим, що в пристрої для подрібнення матеріалів оболонка забезпечена перфорованим днищем, а робочі елементи закріплені по гвинтовій лінії, при цьому під робочими елементами на роторі змонтований ворошитель, причому кільцевий зазор між оболонкою і ротором виконаний зверху, що зменшується.

На рис. 4.1 зображено пристрій, загальний вигляд; на рис. 4.2 - те саме, при знятому електродвигуні, план.

Пристрій складається з корпусу 1, приводу 2. Корпус 1 і перфорована оболонка 3 мають форму зрізаного конуса.

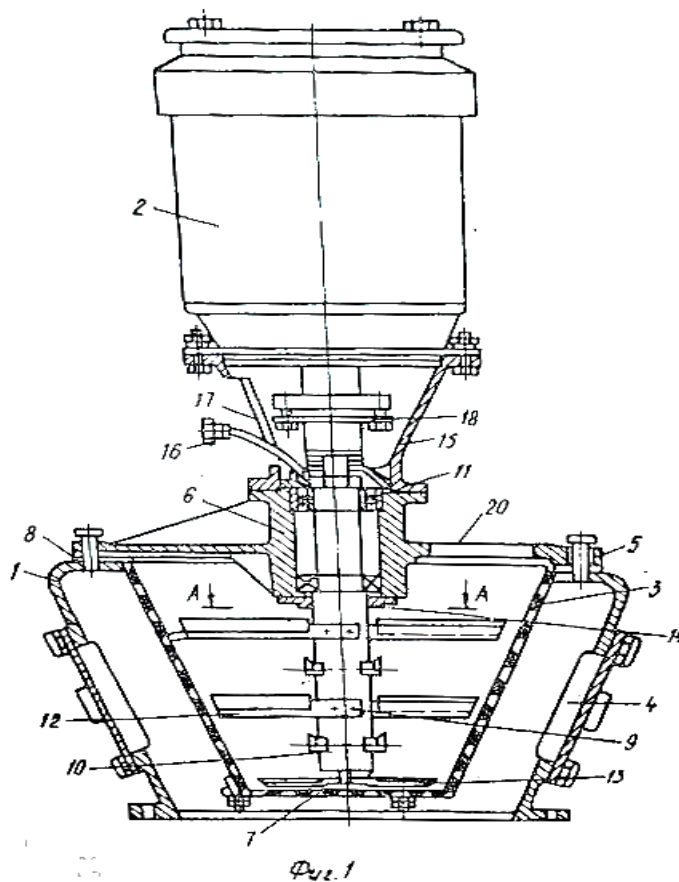


Рис. 4.1. Роторна дробарка. Загальний вигляд

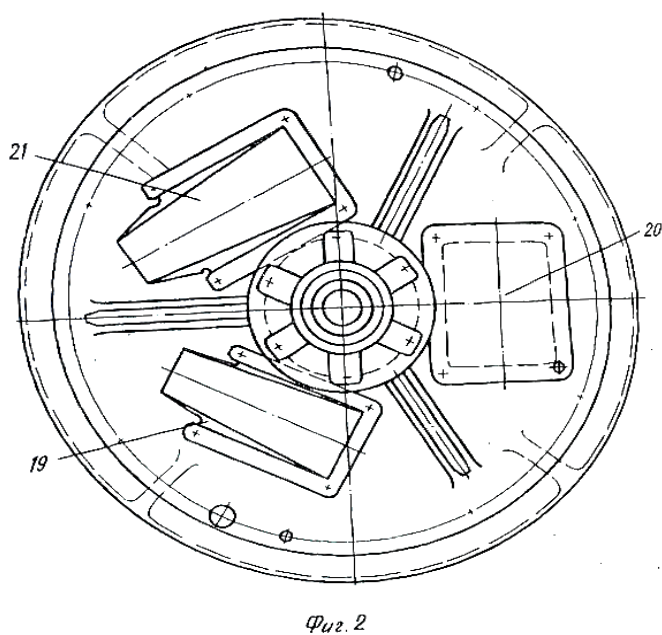


Рис. 4.2. Роторна дробарка при знятому електродвигуні

На корпусі 1 є верхній і нижній фланці і два бічні люки 4 для огляду та чищення пристрою.

На верхній фланець корпусу 1 на прокладках 5 встановлюються конусна перфорована оболонка 3 (сітка, решето) і 6 кришка з підшипниковим вузлом.

Конусна перфорована оболонка 3 має горизонтальне відкидне днище, 7 а останні має отвори, діаметр яких збільшується у напрямку виходу матеріалу. Кріплення конусної перфорованої оболонки 3 здійснюється до верхнього фланця 1 за допомогою фланця 8 оболонки 3.

Ротор пристрою 9 являє собою вертикальний вал 10, підвішений в підшипниках 11. Робочі органи 12 на роторі 9 закріплені горизонтально по дотичній до зовнішньої поверхні валу 10 зі зміщенням по колу. Робочі органи 12 і перфорована оболонка 3 встановлені з кільцевим зазором, що зменшується зверху вниз. У нижній частині ротора 9 на валу 10 встановлений ворошитель 13, який лівою і правою частинами відповідно нахилений до горизонтального днища і забезпечує разом з формою отворів днища повний прохід матеріалу, що подрібнюється в нижній частині пристрою.

Вал 10 ротора 9 кріпиться (підвішується) на кришці 6 за допомогою підшипників 11, які закриваються кришками 14 і 15 відповідно зверху та знизу, подача мастила в підшипники проводиться через маслянку 16.

Привід 2 (електродвигун) встановлюється на кришці пристрою 6 за допомогою кронштейна 17. Обертання від приводу 2 передається ротору 9 через муфту 18.

У кришці пристрою 6 є люки 19 і 20 для огляду, чищення і заміни робочих органів ротора і подачі матеріалу для подрібнення. Над одним з люків 19 кріпиться механічний уловлювач 21.

В цілому пристрій кріпиться за місцем (до збірки подрібненого матеріалу, безперервну лінію тощо) нижнім фланцем корпусу 1.

Ефективність процесу подрібнення може регулюватися подрібненням числа оборотів пристрою, швидкості подачі матеріалу на подрібнення та вибором розміру отворів перфорованої оболонки та днища (для певного

матеріалу). При необхідності ефективність може бути підвищена підключенням пристрою з боку нижнього фланця корпусу 1 (вихід подрібненого матеріалу) до джерела регульованого розрідження.

Прилад працює наступним чином:

Матеріал, наприклад макуха (ракушка) через люк 20 кришки 6 надходить всередину пристрою і потрапляє на робочі органи, що обертаються 12, які подрібнюють матеріал і відцентровою силою відкидає його на конусну перфоровану оболонку 3, де триває подрібнення (прохід частини матеріалу) подрібненого через отвори. Далі продовжує подрібнюватися розташованими нижче робочими органами 12. Подрібнений матеріал відводиться через перфоровану оболонку 3, а недоподрібнений залишок остаточно подрібнюється ворошителем 13 і видаляється через калібровані отвори горизонтального днища 7.

Застосування запропонованого пристрою дозволить підвищити його продуктивність.

5. Вибір конструкційних матеріалів

Таблиця 5.1

Вибір матеріалів:

Деталь	Матеріал	Примітки
Станина	СЧ-20	Достатня міцність, низька вартість, не контактує з вхідним і вихідним продуктом
Ротор	03X17H14M3	Висока міцність, корозостійкість, контактує з продуктом, легкість очищення
Вал	Сталь 40X	Контактує з продуктом, висока зносостійкість, висока міцність та твердість
Молоток	Сталь 40X	Витримує високі навантаження, не контактує з продуктом, корозостійка, висока міцність
Перфорований конус	Сталь 40X	Витримує високі навантаження, не контактує з продуктом, корозостійка, висока міцність
Бункер	Сталь 3	
Кріплення (болти, шайби, шайби косі, гайки)	Ст. А1	Корозостійкість, висока конструктивна міцність
Віконця запобіжні	Ст. 3	
Нижня лопать (ніж)	Сталь 40X	Витримує високі навантаження, не контактує з продуктом, корозостійка, висока міцність
Кришки та кожухи	Ст.3	Пластичність, низька собівартість
Напівмуфти	Ст.3	Пластичність, низька собівартість

6. Розрахункова частина

6.1 Розрахунок основних параметрів робочих органів

Для розрахунку основних параметрів робочих органів прийняті такі вихідні дані: маса подрібнюваної частинки $m = 5 \cdot 10^{-5}$ кг, тривалість удару лопаті (молотка) по частинці $\tau = 10^{-5}$ с, сила опору частинки руйнуванню $P = 24$ Н.

Приймаючи початкову швидкість руху частинки рівною нулю, визначаємо колову швидкість лопаті (молотка):

$$v_{min} = \frac{P \cdot \tau}{m} = \frac{24 \cdot 10^{-5}}{5 \cdot 10^{-5}} = 5,3 \text{ м/с}$$

Кутова швидкість:

$$\omega = \frac{v_{min}}{R_m} = \frac{5,3}{0,052} = 102,5 \text{ рад/с.}$$

Приймаємо із запасом $\omega = 105$ рад/с.

Маса лопаті (молотка), виготовленої зі сталі густиною $\rho = 7850$ кг/м³:

$$m_m = a \cdot b \cdot \delta \cdot \rho = 0,085 \cdot 0,012 \cdot 0,01 \cdot 7850 = 0,08 \text{ кг.}$$

Радіус кола розміщення центрів ваги лопаті:

$$R_c = 0,042 \text{ м}$$

Відцентрова сила інерції лопаті:

$$P_i = m_m \cdot \omega^2 \cdot R_c = 0,08 \cdot 105^2 \cdot 0,042 = 37 \text{ Н}$$

Діаметр поверхні кріплення молотків при допустимому напруженні на згинання $[\sigma]_з = 100$ МН/м²:

$$d = 1,36 \cdot \sqrt[3]{\frac{P_i \cdot \delta_m}{[\sigma]_з}} = 1,36 \cdot \sqrt[3]{\frac{37 \cdot 0,01}{100 \cdot 10^6}} = 0,0155 \text{ м}$$

У відповідності з рядом нормальних лінійних розмірів по стандарту приймаємо $d = 0,016$ м. Для сталі приймаємо допустиме напруження зминання $[\sigma]_{зм} = 65$ МН/м² і при зрізі $[\sigma]_{зр} = 65$ МН/м².

Товщина лопаті:

$$\delta_{\partial} = \frac{P_i}{\delta_{\text{м}} \cdot [\sigma]_{\text{з\text{м}}}} = \frac{37}{0,01 \cdot 65 \cdot 10^6} = 57 * E - 6 \text{ м}$$

Приймаємо $\delta_{\partial} = 0,01 \text{ м}$.

Діаметр вала в небезпечному перерізі:

$$d_{\text{г}} = 0,052 \cdot \sqrt[3]{\frac{N}{\omega}} = 0,052 \cdot \sqrt[3]{\frac{0,4}{105}} = 0,016 \text{ м}$$

Враховуючи наступне чотирьохразове збільшення діаметра вала, знаходимо його кінцевий розмір:

$$d = 1,1^n \cdot d_{\text{г}} = 1,1^4 \cdot 0,016 = 0,0234 \text{ м}$$

В результаті приймаємо $d = 0,025 \text{ м}$.

Подрібнення матеріалу в дробарці буде відбуватися лише при визначеній мінімальній кількості енергії на їх руйнування. Тому існує зв'язок між мінімальним розміром $d_{\text{кр}}$ частки і енергією на її подрібнення:

$$d_{\text{кр}} \geq \frac{2300 \cdot \sigma_p}{\rho \cdot v^{1,5}}$$

де σ_p – границя міцності матеріалу при розтягу, МПа;

ρ – густина матеріалу, кг/м³;

v – колова швидкість ротора, м/с;

$$v = \frac{v_{\text{min}}}{k}$$

$k=0,8$ - коефіцієнт відновлення при непружному ударі.

$$v = \frac{5,3}{k0,8} = 6,6$$

Продуктивність дробарки розраховується за формулою:

$$G = 3600 \cdot k_1 \cdot D_{\partial}^2 \cdot L_p \cdot \rho \cdot n, \text{ кг/год}$$

$$G = 3600 \cdot 1,35 * (10^{-5}) \cdot 0,108^2 \cdot 0,104 \cdot 1100 \cdot 980 = 59,9 \text{ кг/год}$$

де k_1 – коефіцієнт, що враховує фізико-механічні властивості матеріалу, тип та розміри отворів решітки. Приймається: $k_1 = (1,3 \dots 1,7)10^{-5}$ – для сит з розміром отворів від 3 до 10 мм.

$$D_{\delta}^{\square} = 2R_{\delta} = 0,054 \cdot 2 = 0,108 \text{ м} \text{ – діаметр ротора, м;}$$

$$n = \frac{V}{2 \cdot \pi \cdot R_{\delta}} \text{ – частота обертання ротора, об/с.}$$

R_{δ} – радіус диска, м.

Потужність електродвигуна приводу дробарки розраховується за формулою:

$$N = 9 \cdot D_{\delta}^2 \cdot L_p \cdot n = 9 \cdot 0,108^2 \cdot 0,104 \cdot 980/60 = 0,18 \text{ кВт.}$$

Вибираємо електричний двигун асинхронний з короткозамкненим ротором:
AIP60M1

$$N_{\text{ДВ}}^{\square \text{кат}} = 0,3 \text{ кВт}$$

$$n_{\text{ДВ}}^{\text{синхр}} = 1000 \text{ об/хв;}$$

$$n_{\text{ДВ}} = 980 \text{ об/хв;}$$

Ескіз електричного двигуна:

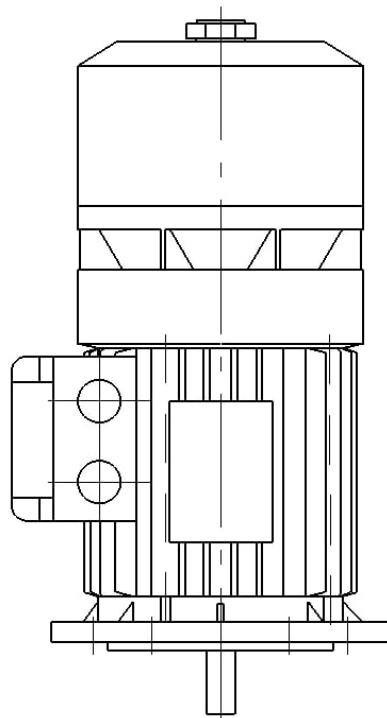


Рис. 6.1. Ескіз двигуна

6.2 Розрахунок приводного валу на міцність

Приймаємо, що вал сприймає лише напруження на кручення. Інші сили які діють на нього незначні.

Розраховуємо крутний момент на валу:

$$T = 9550 \cdot \frac{N_3}{n_3} = 9550 \cdot \frac{0.18}{980} = 1,8 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

Де N_3 – потужність валу, кВт, n_3 – частота обертання, об/хв

Тоді діаметр валу :

$$d = \sqrt[3]{\frac{\alpha T}{0,1 \cdot [\delta_{-1}]}}$$

$[\delta_{-1}]$ - допустиме напруження на кручення. Для сталі 45 $[\delta_{-1}] = 65$ МПа;

α – коефіцієнт, який враховує відмінність у циклах згину та кручення.

Так як згин відсутній то приймаємо $\alpha = 1$.

Тоді:

$$d = \sqrt[3]{\frac{1 \cdot 1,75}{0,1 \cdot [65]}} = 1,37 \text{ мм}$$

З конструктивних міркувань приймаємо (встановлення валу у підшипника, встановлення шпонкових з'єднань) приймаємо $d = 25$ мм.

6.3 Розрахунок підшипників

6.3.1. Підбір підшипників для приводного валу.

Розрахунок ведемо за динамічною вантажопідйомністю :

$$C_{розр} \leq C_{кат}$$

$$C_{розр} = P_{екв} \sqrt[3]{L},$$

де $P_{екв}$ – еквівалентне навантаження на підшипник ,

$$P_{екв} = (XV F_{rB} + YF_{aB}) \cdot K_B \cdot K_T,$$

F_{rB} — радіальна сила, яка діє на підшипник. Передбачимо радіальне навантаження 200 Н.

F_{aB} — осьова сила, яка діє на підшипник:

де $F_{aB} = 100 \text{ Н}$ (прийняли орієнтовно, враховуючи, що маса рухомої частини складає 10 кг).

Коефіцієнти радіального і осьового навантаження

$$X = 1,$$

$$Y = 1$$

V — коефіцієнт обертання кільця, якщо внутрішнє кільце обертається по відношенню до навантаження, то $V = 1$.

K_B — коефіцієнт безпеки, $K_B = 1,2$,

K_T — температурний коефіцієнт $K_T = 1,0$,

p — показник ступеня, для кулькових підшипників $p = 3$

L — довговічність підшипника,

$$L = \frac{t_{екв} \cdot 60 \cdot n_2}{10^6} = \frac{12000 \cdot 60 \cdot 80}{10^6} = 3.78 \text{ млн. циклів}$$

$$P_{екв} = (XVF_{rB} + YF_{aB}) \cdot K_B \cdot K_T = (1 \cdot 1 \cdot 200 + 1 \cdot 100) \cdot 1.2 \cdot 1 = 360 \text{ Н}$$

$$C_{розрB} = P_{екв} \sqrt[p]{L} = 360 \sqrt[3]{3.78} = 420 \text{ Н}$$

Залишаємо попередньо вибраний підшипник середньої серії 1205, для якого

$$C_{кат} = 1700 \text{ кН}$$

6.4 Розрахунок шпонкового з'єднання муфти

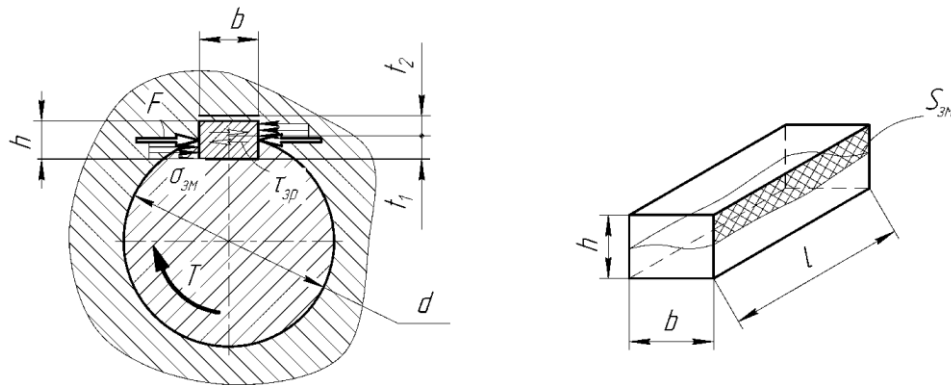


Рис.6.2

Умова міцності для шпонкового з'єднання:

Напруження зм'яття:

$$\sigma_{з.м} = \frac{F}{S_{з.м}} \leq [\sigma_{з.м}]$$

Зминая сила: $F = \frac{2T}{d}$,

де T – крутній момент.

$$S_{з.м} = l(h - t_1),$$

$$\sigma_{з.м} = \frac{2T}{l(h - t_1) \cdot d} \leq [\sigma_{з.м}]$$

Напруження зминання для шпонки 8×6×15, діаметр вала

$d = 16.0$ мм, $[\sigma_{з.м}] = 150$ МПа:

$$\sigma_{з.м} = \frac{2 \cdot 1.8}{15 \cdot (8 - 5) \cdot 16} = 2,8 \text{ МПа}$$

Умова міцності для напружень зрізу:

$$\tau_{з.р} = \frac{F}{S_{з.р}} \leq [\tau_{з.р}]$$

$$\tau_{з.р} = \frac{2T}{b \cdot l \cdot d} = \frac{2 \cdot 1.8}{12 \cdot 15 \cdot 16} = 0.4 \text{ МПа}$$

Отже, шпонка витримає навантаження.

6.4.1 Вибір і перевірковий розрахунок муфти

Для передачі крутного моменту приймаємо муфту пружно втулково-пальцеву.
По діаметру валів (16 мм) вибираємо напівмуфту.

Розраховуємо втулки муфти на зім'яття:

$$\sigma_{зм} = \frac{2 \cdot T_{кр}}{z \cdot D_0 \cdot d_{п} \cdot l_{вг}} \leq [\sigma_{зм}]; \quad \sigma_{зм} = \frac{2 \cdot 1.8}{4 \cdot 0.040 \cdot 0.055 \cdot 0.009} = 0.3 \leq 2 \text{ МПа},$$

де D_0 – діаметр на якому розміщені упругі елементи, z – кількість пальців, $T_{кр}$ – крутний момент на валу, $d_{п}$ – діаметр пальця, $l_{вг}$ – довжина упругого елемента.

Розраховує мопальці муфти на згин

$$\sigma_{зг} = \frac{2 \cdot T_{кр} \cdot (0,5 \cdot l_{ем} + c)}{z \cdot D_0 \cdot 0,1 \cdot d_{п}^3} \leq [\sigma_{зг}]$$

$$\sigma_{зг} = \frac{2 \cdot 1.8 \cdot (0,009 \cdot 18 + 0.004)}{4 \cdot 0.040 \cdot 0,1 \cdot 0.05^3} = 6.34 \leq 15 \text{ МПа},$$

де c – зазор між півмуфтами.

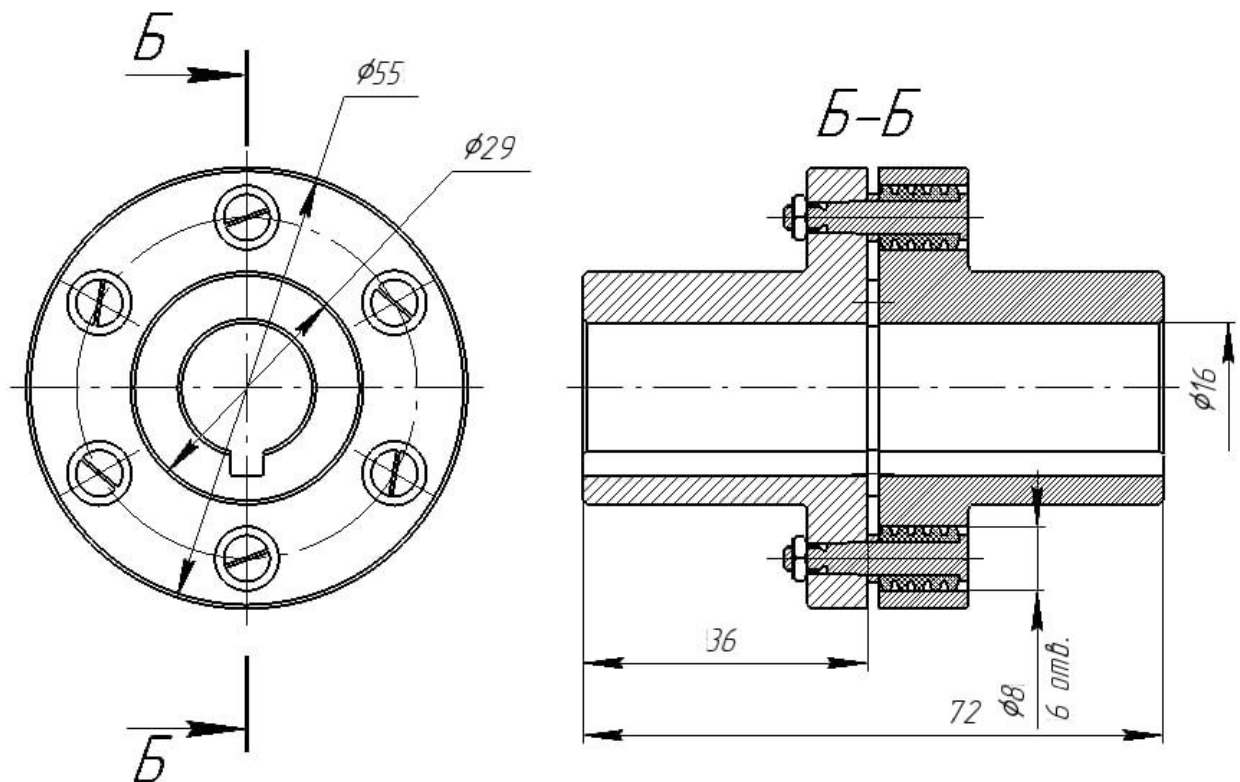


Рис. 6.3. Ескіз муфти

7. Технологічний маршрут виготовлення деталі

7.1 Вибір матеріалу і методу одержання заготовки

Приймаємо матеріал заготовки – сталь 45Л, яка знайшла широке застосування для виготовлення наступних видів деталей: станини, зубчасті колеса, вінці, гальмівні диски, муфти, кожухи, опорні катки, зірочки й інші деталі, до яких висуваються вимоги підвищеної міцності і високого опору зносу, а також деталі, що працюють під дією статичних і динамічних навантажень.

Хімічний склад у %

C	Si	Mn	S	P
0,42 – 0,5	0,2 – 0,52	0,45 – 0,9	до 0,06	до 0,06

Температура критичних точок матеріалу 45Л.

$A_{c1} = 725$, $A_{c3}(A_{cm}) = 770$, $A_{r3}(A_{rcm}) = 720$, $A_{r1} = 690$
--

Режими термічної обробки матеріалу 45Л

Нормалізація 860 - 880 °С, Відпуск 600 - 630 °С

Гартування 860 - 880 °С, Відпуск 600 - 630 °С

Лінійна усадка: 2,2 – 2,3 %

Метод одержання заготовки – лиття.

Види лиття:

- лиття в кокіль(металеві форми);
- лиття під тиском;
- лиття по виплавлюючим моделям;
- лиття в оболонкові форми.

Так як виготовлення даної деталі не має крупно серійний характер, то вибираємо лиття у дерев'яні форми.

7.2 Технологічний маршрут виготовлення деталі

Технологічний маршрут виготовлення деталі «Напівмуфта» наведений у таблиці 8.1.

Таблиця 1. Технологічний маршрут виготовлення деталі «Напівмуфта»

Номер операції, переходу	Назва операції, переходу	Технологічне обладнання, пристрої, інструмент оброблювальний, контрольний
1	2	3
10	Заготівельна (УЗЗ)	Сталь 45Л ГОСТ 977-75
10.1	Відлити заготовку	Виливок
20	Токарна (УЗЗ)	Токарно-гвинторізний верстат 16К20, 3-х кулачковий патрон
20.1	Торцювати пов.1 z=2мм	Різець прохідний відігнутий правий Т15К6, $\varphi = 45^\circ$; $\gamma = 10^\circ$; $\alpha = 8^\circ$; В x Н x L = 16 x 25 x 140 мм, ШЦ-1
20.2	Точити пов.2 $\varnothing 100$ мм, на довжину l=20мм начорно	Різець прохідний відігнутий правий Т15К6, $\varphi = 45^\circ$; $\gamma = 10^\circ$; $\alpha = 8^\circ$; В x Н x L = 16 x 25 x 140 мм, ШЦ-1
30	Токарна (УЗЗ)	Токарно-гвинторізний верстат 16К20, 3-х кулачковий патрон
30.1	Торцювати пов.1 z=2мм	Різець прохідний відігнутий правий Т15К6, $\varphi = 45^\circ$; $\gamma = 10^\circ$; $\alpha = 8^\circ$; В x Н x L = 16 x 25 x 140 мм, ШЦ-1
30.2	Точити пов.2 $\varnothing 36$ мм, на довжину l=30мм начорно	Різець прохідний упорний правий Т15К6, $\varphi = 90^\circ$; $\gamma = 12^\circ$; $\alpha = 8^\circ$; В x Н x L = 16 x 25 x 140 мм, ШЦ-1
30.3	Торцювати пов.3 z=2мм	Різець прохідний упорний правий Т15К6, $\varphi = 90^\circ$; $\gamma = 12^\circ$; $\alpha = 8^\circ$; В x Н x L = 16 x 25 x 140 мм, ШЦ-1
30.4	Точити пов.4 $\varnothing 95$ мм, на довжину l=2мм начорно	Різець розточувальний для глухих отворів Р6М5
30.5	Зняти фаску 1,6×45 ⁰ пов.5	Різець прохідний відігнутий правий Т15К6, $\varphi = 45^\circ$; $\gamma = 10^\circ$; $\alpha = 8^\circ$; В x Н x L = 16 x 25 x 140 мм, ШЦ-1
30.6	Свердлити отвір $\varnothing 10$ пов.6	Свердло $\varnothing 10$ Р6М5
30.7	Розсвердлити отвір до $\varnothing 20$ Н8 пов.6	Свердло $\varnothing 18$ Р6М5
30.8	Зняти фаску 1,6×45 ⁰ пов.7	Різець прохідний відігнутий правий Т15К6, $\varphi = 45^\circ$; $\gamma = 10^\circ$; $\alpha = 8^\circ$; В x Н x L = 16 x 25 x 140 мм, ШЦ-1

30.9	Зенкерувати отвір Ø20 Н8 пов.6	Зенкер Ø19,8 Р6М5
30.10	Розвернути отвір під Ø20Н8 пов.6	Розвертка Ø20Н8 Калібр-пробка Ø20Н8
40	Довбальна (УЗЗ)	Довбальний верстат, 3-х кулачковий патрон
40.1	Довбати шпонковий паз завширшки 6Js9	Довбач 6Js9 Р6V5, ШЦ-1
50	Свердлильна (УЗЗ)	Свердлильний верстат 2А125 Кондуктор
50.1	Свердлити отвір Ø10 пов.1	Свердло Ø10Р6М5
50.2	Розсвердлити отвір до Ø20 пов.1	Свердло Ø20Р6М5
60	Свердлильна (УЗЗ)	Свердлильний верстат 2А125 Кондуктор.Лещата
60.1 60.2 60.3	Свердлити отвір під М6 пов.1 Зняти фаску 1×45° пов.2 Нарізати різьбу М6, пов.2	Свердло Ø4,8Р6М5 Зенківка Мітчик маш.

7.3 Вибір обладнання та інструменту, розрахунок режимів різання і норм часу

Перехід 30.1 (підрізати торець поверхні 1)

1. Вибираємо різець і визначаємо його геометричні параметри.

На токарно-гвинторізному верстаті 16К20 підрізаємо торець пов.1 заготовки Ø36мм. Припуск на обробку (на сторону) $z=2$ мм. Матеріал заготовки сталь 45Л.

Приймаємо токарний прохідний відігнутий правий різець. Матеріал пластини – твердий сплав Т15К6; з геометричними параметрами ріжучої частини: $\varphi = 45^\circ$;

$\gamma = 10^\circ$; $\alpha = 8^\circ$; $r = 1$ мм; розміри – В х Н х L = 16 х 25 х 140 мм.

2. Призначаємо глибину різання. Припуск при торцюванні точимо за один прохід. Глибина різання:

$$t = z = 2 \text{ мм.}$$

При діаметрі деталі 36мм з глибиною різання до 3мм подача повинна бути в інтервалі

$$S=0,4\dots0,5 \text{ мм/об.}$$

Корегуючи за паспортними даними токарно-гвинторізного верстата 16К20, приймаємо подачу $S=0,5\text{мм/об.}$

3. Визначаємо розрахункову швидкість різання за емпіричною формулою:

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

де $T = 120\text{хв}$ – середнє значення періоду стійкості різця;

$C_v=175$ – постійний коефіцієнт швидкості різання для зовнішнього торцевого точіння сталі 45Л при $S=0,3\dots0,7\text{мм/об}$ різцем з пластинкою із твердого сплаву Т15К6

$$V = \frac{175}{120^{0,2} 2^{0,15} 0,7^{0,35}} = 70 \text{ м/хв.}$$

4. Визначаємо розрахункову частоту обертання шпинделя верстата:

$$n_p = \frac{1000 \cdot V}{\pi D_{заг}} = \frac{1000 \cdot 70}{\pi \cdot 36} = 619 \text{ об/хв.}$$

де $D_{заг}$ – діаметр заготовки, мм;

Розрахункова кількість обертів n_p корегується за паспортними даними верстата. Із ряду обертів шпинделя верстата вибираємо ближче менше значення $n_g=500 \text{ об/хв}$

5. За прийнятим значенням n_g визначаємо фактичну швидкість різання:

$$V_o = \frac{\pi D_{заг} n_g}{1000} = \frac{\pi \cdot 36 \cdot 500}{1000} = 56,52 \text{ м/хв.}$$

6. Визначаємо розрахункову довжину обробки:

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

$$L_o = \frac{D_{заг}}{2} = \frac{36}{2} = 18 \text{ мм} \text{ – довжина оброблюваної поверхні заготовки;}$$

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

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

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

$$L_p = 18 + 2 + 1 + 2 = 23 \text{ мм.}$$

7. Основний час на виконання переходу

$$t_{03} = \frac{L_p}{n_s S_s} = \frac{23}{500 \cdot 0,5} = 0,1 \text{ хв.}$$

Перехід 30.2 (точити поверхню 2 начорно $\varnothing 36$ мм, $l=30$ мм)

1. Вибираємо різець і визначаємо його геометричні параметри.

Для обробки всіх ступеней заготовки приймаємо токарний упорний прохідний різець із пластиною з твердого сплаву Т15К6, з геометричними параметрами ріжучої частини: $\varphi = 90^\circ$; $\gamma = 12^\circ$; $\alpha = 8^\circ$; $r = 0,8$ мм; розміри – В х Н х L = 16 х 25 х 140 мм.

2. Загальна глибина різання при обробці заданої поверхні

$$t = \frac{D_{заг} - d}{2} = \frac{40 - 36}{2} = 2 \text{ мм}$$

де t – глибина різання, мм; $D_{заг}$ – діаметр заготовки, мм; d – діаметр обробленої поверхні, мм.

3. Вибираємо подачу. Приймаємо $S_s = 0,5$ мм/об.

4. Визначаємо розрахункову швидкість різання за емпіричною формулою:

$$V = \frac{105}{120^{0,2} 2^{0,15} 0,5^{0,35}} = 41,3 \text{ м/хв.}$$

5. Визначаємо розрахункову частоту обертання шпинделя верстата:

$$n_p = \frac{1000V}{\pi D_{заг}} = \frac{1000 \cdot 41,3}{\pi \cdot 40} = 329 \text{ об/хв.}$$

де $D_{заг}$ – діаметр заготовки, м;

Із ряду обертів шпинделя верстата вибираємо ближче менше значення $n_s = 315$ об/хв.

6. За прийнятим значенням n_s визначаємо фактичну швидкість різання:

$$V_\phi = \frac{\pi D_{заг} n_s}{1000} = \frac{\pi \cdot 40 \cdot 315}{1000} = 39,5 \text{ м/хв.}$$

7. Визначаємо розрахункову довжину обробки:

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

Де $L_0 = 32\text{мм}$ – довжина оброблюваної поверхні; $L_1 = 2\text{ мм}$ – відстань для підводу різця до заготовки з робочою подачею; $L_2 = t \operatorname{ctg}\varphi = 2 \operatorname{ctg}45^\circ = 2\text{мм}$ – величина врізання прохідного відігнутого правого різця у заготовку; $L_3 = 0$ – величина перебігу різця для завершення обробки поверхні;

$$L_p = 30 + 2 + 2 = 34\text{мм.}$$

8. Основний час на виконання переходу

$$t_{04} = \frac{L_p}{n_s S_s} = \frac{34}{315 \cdot 0,7} = 0,15 \text{ хв.}$$

Допоміжний час, для переходу 2 складається зі складових:

час зв'язаний з переходом – 0,15 хв;

час на поворот різцетримача – 0,05 хв;

час на включення / вимикання подачі – 0,08 хв;

час на контрольні виміри – 0,12 хв.

Усього $t_{\text{доп.}} = 0,4 \text{ хв.}$

Перехід 30.3 (підрізати торець поверхні 3)

1. Вибираємо різець і визначаємо його геометричні параметри.

Для обробки всіх ступеней заготовки приймаємо токарний упорний прохідний різець із пластиною з твердого сплаву Т15К6, з геометричними параметрами ріжучої частини: $\varphi = 90^\circ$; $\gamma = 12^\circ$; $\alpha = 8^\circ$; $r = 0,8\text{ мм}$; розміри – $B \times H \times L = 16 \times 25 \times 140\text{ мм}$.

2. Визначаємо глибину різання. Припуск при торцюванні точимо за один прохід.

Глибина різання $t = z = 2\text{мм}$.

При діаметрі деталі 100мм з глибиною різання до 3мм подача повинна бути в інтервалі $S = 0,6 \dots 1,2\text{ мм/об}$.

Корегуючи за паспортними даними токарно-гвинторізного верстата 16К20, приймаємо подачу $S = 1\text{мм/об}$.

3. Визначаємо розрахункову швидкість різання за емпіричною формулою:

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

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

$C_v = 124$ – постійний коефіцієнт швидкості різання для зовнішнього торцевого точіння сталі 45Л при $S \geq 0,7$ мм/об різцем з пластинкою із твердого сплаву Т15К6;

$$V = \frac{124}{120^{0,2} 2^{0,15} 1^{0,35}} = 47,7 \text{ м/хв.}$$

4. Визначаємо розрахункову частоту обертання шпинделя верстата:

$$n_p = \frac{1000V}{\pi D_{заг}} = \frac{1000 \cdot 47,7}{\pi \cdot 100} = 152 \text{ об/хв}$$

де $D_{заг}$ – діаметр заготовки, мм.

Розрахункова кількість обертів n_p корегується за паспортними даними верстата. Із ряду обертів шпинделя верстата вибираєм обличче менше значення $n_g = 125$ об/хв.

5. За прийнятим значенням n_g визначаємо фактичну швидкість різання:

$$V_d = \frac{\pi D_{заг} n_g}{1000} = \frac{\pi \cdot 100 \cdot 125}{1000} = 39,25 \text{ м/хв.}$$

6. Визначаємо розрахункову довжину обробки:

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

$$L_d = \frac{D_{заг}}{2} = \frac{100 - 40}{2} = 30 \text{ мм} - \text{довжина оброблюваної поверхні заготовки};$$

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

$$L_2 = t \operatorname{ctg} \varphi = 1 \operatorname{ctg} 45^\circ = 1 \text{ мм} - \text{величина врізанн ярізця в заготовку};$$

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

$$L_p = 30 + 2 + 1 + 2 = 35 \text{ мм.}$$

7. Основний час на виконання переходу

$$t_{05} = \frac{L_p}{n_g S_g} = \frac{48}{125 \cdot 1} = 0,48 \text{ хв.}$$

Перехід 30.4 (точити поверхню 4 начорно $\varnothing 95\text{мм}$, $l=2\text{мм}$)

1. Вибираємо різець і визначаємо його геометричні параметри.

Для обробки ступеней заготовки приймаємо токарний розточувальний різець для глухих отворів із пластиною з твердого сплаву Р6М5, з геометричними параметрами ріжучої частини: $\varphi = 60^\circ$; $\gamma = 15^\circ$; $\alpha = 15^\circ$; $r = 0,8$ мм; розміри –

$B \times H \times L = 20 \times 16 \times 150$ мм.

2. Загальна глибина різання при обробці заданої поверхні

$$t = 2\text{мм}.$$

де t – глибина різання, мм; $D_{\text{заг}}$ – діаметр заготовки, мм; d – діаметр обробленої поверхні, мм.

3. Вибираємо подачу. Приймаємо $S_g = 0,8$ мм/об.

4. Визначаємо розрахункову швидкість різання за емпіричною формулою:

$$V = \frac{120}{120^{0,2} 2^{0,15} 0,8^{0,35}} = 42,2 \text{ м/хв.}$$

5. Визначаємо розрахункову частоту обертання шпинделя верстата:

$$n_p = \frac{1000 \cdot V}{\pi D_{\text{заг}}} = \frac{1000 \cdot 42,2}{\pi \cdot 95} = 141,5 \text{ об/хв}$$

де $D_{\text{заг}}$ – діаметр заготовки, м.

Із ряду обертів шпинделя верстата вибираємо ближче менше значення $n_g = 125$ об/хв.

6. За прийнятим значенням n_g визначаємо фактичну швидкість різання:

$$V_d = \frac{\pi D_{\text{заг}} n_g}{1000} = \frac{\pi \cdot 95 \cdot 125}{1000} = 37,3 \text{ м/хв.}$$

7. Визначаємо розрахункову довжину обробки:

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

де $L_d = \frac{95 - 40}{2} = 27,5$ мм – довжина оброблюваної поверхні;

$L_1 = 2$ мм – відстань для підводу різця до заготовки з робочою подачею;

$L_2 = t \operatorname{ctg} \varphi = 2 \operatorname{ctg} 45^\circ = 2 \text{ мм}$ – величина врізання прохідного відігнутого правого різця у заготовку;

$L_3 = 0$ – величина перебігу різця для завершення обробки поверхні;

$$L_p = 27,5 + 2 + 2 = 31,5 \text{ мм.}$$

8. Основний час на виконання переходу:

$$t_{06} = \frac{L_p}{n_s S_s} = \frac{31,5}{125 \cdot 0,8} = 0,32 \text{ хв.}$$

Допоміжний час, для переходу 2 складається зі складових:

час зв'язаний з переходом – 0,32 хв;

час на поворот різця тримача – 0,05 хв;

час на включення / вимикання подачі – 0,08 хв;

час на контрольні виміри – 0,12 хв.

Усього $t_{\text{доп.}} = 0,57 \text{ хв.}$

Перехід 30.5 (зняти фаску $1,6 \times 45^\circ$ поверхні 5)

Оберти шпинделя залишаються такі ж, як і під час зовнішнього точіння з тим, щоб не витратити час на перемикання швидкості. Затрачений час на точіння галтелей, зняття фасок визначається за табл. і приймається як основний час

$$t_{07} = 0,18 \text{ хв.}$$

Перехід 30.6 (Розсвердлити отвір до діаметру 20 мм пов.6)

Приймаємо свердло діаметром $d_{cs} = 18 \text{ мм}$ з нормальною заточкою, матеріал ріжучої кромки – швидко різальна сталь Р6М5.

1. Глибина різання при свердлінні ідорівнює половині діаметра оброблюваного отвору:

$$t = \frac{d_{cs} - D_{заз}}{2} = \frac{18 - 10}{2} = 4 \text{ мм.}$$

2. Приймаємо подачу $S = 0,2 \text{ мм/об.}$

3. Визначаємо розрахункову швидкість різання, яка залежить від діаметра свердла та його матеріалу, інтервалу подач та характеристик оброблюваного матеріалу, за емпіричною формулою:

$$V = \frac{8,4d_{ce}^{0,4}}{T^{0,2}t^{0,2}S^{0,5}} = \frac{8,4 \cdot 18^{0,4}}{55^{0,2} \cdot 4^{0,2} \cdot 0,2^{0,7}} = 28 \text{ м/хв};$$

де $T = 55$ хв – середнє значення періоду стійкості свердла $d_{ce} = 18$ мм.

4. Визначаємо розрахункову частоту обертання шпинделя верстата:

$$n_p = \frac{1000 \cdot V_c}{\pi \cdot d_{ce}} = \frac{1000 \cdot 28}{\pi \cdot 18} = 495 \text{ об/хв.}$$

5. Розрахункову кількість обертів n_p корегуємо з паспортними даними прийнятого верстата і приймаємо ближче менше значення – $n_g = 400$ об/хв.

6. За прийнятим значенням n_g визначається фактична швидкість різання:

$$V_d = \frac{\pi \cdot d_{ce} \cdot n_g}{1000} = \frac{\pi \cdot 18 \cdot 400}{1000} = 22,61 \text{ м/хв.}$$

7. Розрахункова довжина обробки:

$$L_p = L_d + L_1 + L_2 + L_3 = 50 + 2 + 2 = 54 \text{ мм};$$

де $L_d = 54$ мм – глибина свердління;

$L_1 = 2 \dots 3$ мм – відстань підводу інструменту до деталі з робочою подачею;

L_2, L_3 – величина врізання і перебігу свердла: $L_2 + L_3 = 2$ мм

8. Основний час на свердлення отвору:

$$t_{08} = \frac{L_p}{S_g \cdot n_g} = \frac{54}{0,2 \cdot 400} = 0,68 \text{ хв.}$$

Допоміжний час:

час на установку (і зняття) свердла – 0,2 хв;

час, зв'язаний з переходом – 0,13 хв;

час на вихід свердла і знищення стружки – 0,06 хв.

Допоміжний час $t_{доп.} = 0,39$ хв.

Перехід 30.7 (зняти фаску $1,6 \times 45^\circ$ поверхні 7)

Оберти шпинделя залишаються такі ж, як і під час зовнішнього точіння з тим, щоб не витратити час на перемикання швидкості. Затрачений час на точіння галтелей, зняття фасок визначається за табл. і приймається як основний час $t_{09} = 0,18$ хв.

Перехід 30.8 (Зенкерувати отвір діаметром 20 мм пов.б)

Приймаємо зенкер діаметром $d_{ce} = 19,8$ мм з нормальною заточкою, матеріал ріжучої кромки – швидко-різальна сталь Р6М5.

1. Глибинарізання при свердлінні дорівнює половині діаметра оброблюваного отвору:

$$t = \frac{d_{ce} - D_{заг}}{2} = \frac{19,5 - 18}{2} = 0,75 \text{ мм.}$$

2. Приймаємо подачу $S = 0,5$ мм/об.

3. Визначаємо розрахункову швидкість різання, яка залежить від діаметра зенкера та його матеріалу, інтервалу подач та характеристик оброблюваного матеріалу, за емпіричною формулою:

$$V = \frac{12,6 d_{ce}^{0,3}}{T^{0,3} t^{0,2} S^{0,5}} = \frac{12,6 \cdot 19,5^{0,3}}{40^{0,3} \cdot 0,75^{0,2} \cdot 0,5^{0,5}} = 15,22 \text{ м/хв;}$$

де $T = 40$ хв – середнє значення періоду стійкості зенкера $d_{ce} = 18$ мм

4. Визначаємо розрахункову частоту обертання шпинделя верстата:

$$n_p = \frac{1000 \cdot V_c}{\pi \cdot d_{ce}} = \frac{1000 \cdot 15,22}{\pi \cdot 19,5} = 249 \text{ об/хв.}$$

5. Розрахункову кількість обертів n_p корегуємо з паспортними даними прийнятого верстата і приймаємо ближче менше значення – $n_8 = 180$ об/хв.

6. За прийнятим значенням n_8 визначається фактична швидкість різання:

$$V_0 = \frac{\pi \cdot d_{ce} \cdot n_8}{1000} = \frac{\pi \cdot 19,5 \cdot 180}{1000} = 11,02 \text{ м/хв.}$$

7. Розрахункова довжина обробки:

$$L_p = L_0 + L_1 + L_2 + L_3 = 50 + 2 + 2 = 54 \text{ мм;}$$

де $L_0 = 66$ мм – глибина свердління;

$L_1 = 2 \dots 3$ мм – відстань підводу інструменту до деталі з робочою подачею;

L_2, L_3 – величина врізання і перебігу свердла: $L_2 + L_3 = 2$ мм

8. Основний час на свердлення отвору:

$$t_{10} = \frac{L_p}{S_g \cdot n_g} = \frac{54}{0,5 \cdot 180} = 0,6 \text{ хв.}$$

Допоміжний час:

час на установку (і зняття) свердла – 0,2 хв;

час, зв'язаний з переходом – 0,13 хв;

час на вихід свердла і знищення стружки – 0,06 хв.

Допоміжний час $t_{\text{доп.}} = 0,39$ хв.

Перехід 30.9 (Розвернути отвір діаметром 30Н7 мм пов.6)

Приймаємо розвертку діаметром $d_{ce} = 20\text{H}7\text{мм}$ з нормальною заточкою, матеріал ріжучої кромки – швидкорізальна сталь Р6М5.

1. Глибина різання при свердлінні дорівнює половині діаметра оброблюваного отвору:

$$t = \frac{d_{ce} - D_{заг}}{2} = \frac{20 - 19,5}{2} = 0,25 \text{ мм.}$$

2. Приймаємо подачу $S = 0,8$ мм/об.

3. Визначаємо розрахункову швидкість різання, яка залежить від діаметра свердла та його матеріалу, інтервалу подач та характеристик оброблюваног о матеріалу за емпіричною формулою:

$$V = \frac{8,1 d_{ce}^{0,3}}{T^{0,4} t^{0,2} S^{0,65}} = \frac{8,1 \cdot 20^{0,3}}{60^{0,4} \cdot 0,25^{0,2} \cdot 0,8^{0,65}} = 6,3 \text{ м/хв};$$

де $T = 60$ хв – середнє значення періоду стійкості розвертки $d_{ce} = 30$ мм.

4. Визначаємо розрахункову частоту обертання шпинделя верстата:

$$n_p = \frac{1000 \cdot V_c}{\pi \cdot d_{ce}} = \frac{1000 \cdot 6,3}{\pi \cdot 20} = 100,3 \text{ об/хв.}$$

5. Розрахункову кількість обертів n_p корегуємо з паспортними даними прийнятого верстата і приймаємо ближче менше значення – $n_g = 90$ об/хв.

6. За прийнятим значенням n_g визначається фактична швидкість різання:

$$V_{\partial} = \frac{\pi \cdot d_{\text{св}} \cdot n_{\text{в}}}{1000} = \frac{\pi \cdot 20 \cdot 90}{1000} = 5,65 \text{ м/хв.}$$

7. Розрахункова довжина обробки:

$$L_p = L_{\partial} + L_1 + L_2 + L_3 = 50 + 2 + 2 = 54 \text{ мм;}$$

де $L_{\partial} = 50$ мм – глибина свердління;

$L_1 = 2 \dots 3$ мм – відстань підводу інструменту до деталі з робочою подачею;

L_2, L_3 – величина врізання і перебігу свердла: $L_2 + L_3 = 2$ мм

8. Основний час на свердлення отвору:

$$t_{11} = \frac{L_p}{S_s \cdot n_s} = \frac{54}{0,8 \cdot 90} = 0,75 \text{ хв.}$$

Допоміжний час:

час на установку (і зняття) свердла – 0,2 хв;

час, зв'язаний з переходом – 0,13 хв;

час на вихід свердла і знищення стружки – 0,06 хв.

Допоміжний час $t_{\text{доп.}} = 0,39$ хв.

7.4 Сумарний основний час на виконання операції

$$T_o = \sum_1^i t_{ox} = 3,25 \text{ хв.}$$

Допоміжний час:

$$T_d = t_y + t_d$$

$$t_y = t_{y1} + t_{y2},$$

$t_{y1} = 0,41$ хв час на установлення деталі масою до 3 кг з кріпленням гайкою за допомогою ключа;

$t_{y2} = 0,10$ хв час на очищення місця установки деталі від стружки;

$$t_y = 0,41 + 0,10 = 0,51 \text{ хв.}$$

Допоміжний час, пов'язаний з переходом, для верстатів з довжиною стола 1250 мм, автоматичним переміщенням, установленою на розмір, $t_d = 0,09$ хв. Тоді

$$T_d = 0,51 + 0,09 = 0,6 \text{ хв.}$$

Оперативний час:

$$T_{\text{оп}} = T_o + T_d$$

$$T_{\text{оп}} = 3,25 + 0,6 = 3,65 \text{ хв.}$$

Штучний час:

$$T_{\text{шт}} = T_{\text{оп}} + T_{\text{об}} + T_{\text{пер}},$$

$T_{\text{об}} = 0,045T_{\text{оп}}$ і $T_{\text{пер}} = 0,06T_{\text{оп}}$ – відповідно, допоміжний час на обслуговування робочого місця і на відпочинок та природні потреби, що беруться у відсотках оперативного часу;

$$T_{\text{шт}} = 3,65 + 0,045 \cdot 3,65 + 0,06 \cdot 3,65 = 4 \text{ хв.}$$

Калькуляційний час:

$$T_k = T_{\text{шт}} + \frac{T_{\text{п.з.}}}{n}$$

$T_{\text{пз}}$ – підготовчо-завершувальний час визначається як сума часу налагодження верстата (при кріпленні в лещатах з двома болтами кріплення – 14,7хв) та на одержання наряду, інструментів, пристроїв – 7хв;

$$T_{\text{пз}} = 14,7 + 7 = 21,7 \text{ хв.}$$

Тоді

$$T_k = 4 + 21,7/100 = 4,2 \text{ хв.}$$

Норма виробітку (кількість деталей за год.):

$$N = \frac{60}{T_k}$$

За формулою визначаємо

$$N = 60/4,2 = 14 \text{ деталей.}$$

8. Монтаж і технічний сервіс

1.Монтаж

Перед установкою або експлуатацією молотків оператор і обслуговуючий персонал повинні прочитати та зрозуміти повідомлення про безпеку, керівництво з експлуатації та інструкції з обслуговування.

Роторна дробарка не потребує встановлення на фундамент.

Під час монтажу можливе встановлення дробарки на підставку із гуми або іншого матеріалу, який гасить вібрації.

Під час монтажу необхідно звернути увагу на герметичність приєднання патрубків та продуктопроводів.

Правильна установка та експлуатація молоткової дробарки вимагає ретельної уваги до деталей і дотримання протоколів безпеки. Ось основний посібник:

У разі використання фундаменту за умови тривалої роботи:

- Підготувати міцну основу для підтримки молоткової дробарки.
- Переконайтеся, що фундамент може поглинати вібрацію, що виникає під час роботи.
- Використовувати болти, щоб надійно прикріпити дробарку до фундаменту.

2.Вирівнювання. Переконайтеся, що млин та приводний двигун правильно вирівняні.

Перевірити та вирівняти стрічки млина, щоб переконайтеся, що вони натягнуті та правильно вирівняні.

3.Електричні підключення. Підключіть роторний млин до відповідного джерела живлення.

Перевірити, що всі електричні компоненти встановлено належним чином і вжито заходів безпеки.

4.Змащення. Нанесіть мастило на всі необхідні частини дробарки згідно з інструкціями виробника.

Регулярно перевіряйте та доливайте мастильні матеріали.

5.Передопераційні перевірки. Огляньте дробарку на наявність сторонніх предметів або сміття.

Перевірте всі болти та гайки, щоб переконатися, що вони затягнуті.

Переконайтеся, що рівень змащення правильний.

6.Запуск дробарки. Запустіть дробарку без навантаження, щоб забезпечити безперебійну роботу.

Поступово подавайте матеріал у дробарку, коли вона працює безперебійно.

7.Подрібнювальне середовище. Подайте матеріал рівномірно в дробарку, щоб запобігти засміченню.

Уникайте одночасного згодовування надмірної кількості, щоб запобігти перевантаженню.

8.Моніторинг під час роботи. Постійно стежте за дробаркою на наявність незвичних шумів або вібрацій.

Перевірте стабільність вихідного розміру та якості.

Слідкуйте за температурою та переконайтеся, що вона не перевищує безпечних робочих рівнів.

9.Протоколи безпеки. Завжди використовуйте відповідні засоби індивідуального захисту (ЗІЗ).

Дотримуйтеся процедур блокування/маркування під час технічного обслуговування.

Ніколи не намагайтеся усунути засмічення або виконувати технічне обслуговування, коли дробарка працює.

10.Вимкнення. Поступово зменшуйте подачу матеріалу перед вимкненням.

Вимкніть дробарку та дайте їй повністю зупинитися перед виконанням будь-яких перевірок або технічного обслуговування.

11.Технічне обслуговування

12.Регулярні перевірки. Виконуйте регулярні перевірки, щоб виявити та замінити зношені частини.

Слідкуйте за закономірностями зносу молотків і замініть їх, якщо необхідно.

13.Прибирання. Регулярно очищайте дробарку, щоб видалити накопичений матеріал.

14.Змащення. Підтримуйте належне змащення згідно з графіком виробника.

15.Заміна деталей. Тримайте запас основних запасних частин для швидкої заміни, щоб мінімізувати час простою.

Виконання цих кроків допоможе переконатися, що ваша молоткова дробарка встановлена та експлуатується безпечно та ефективно. Завжди звертайтеся до посібника виробника для отримання конкретних інструкцій і вказівок.

16.Перший пуск

У випадку високошвидкісної машини не є незвичайним випадки, коли відбувається деяке нагрівання під час першого використання нових підшипників кочення. Це нагрівання може перевищувати 90-95°C, якщо вимірювати магнітним термометром на верхній частині кришки/корпуса підшипника залежно від за умов навколишнього середовища. Якщо нагрів все-таки стався, зупиніть дробарку та дайте підшипнику охолонути до 50°C. Потім перезапустіть дробарку та уважно стежте за робочими температурами. Повторіть процес, якщо підшипники знову нагріються. Підшипники витримують температуру до 200°C. Після роботи протягом кількох днів температура зазвичай падає приблизно до 80°C.

У роторному млині для технічного обслуговування слід проводити такі заходи:

1 - навчання користувачів на місці експлуатації та обслуговування машини, вичерпне пояснення принципу роботи молоткової дробарки та знань про технічне обслуговування, а також правил безпеки молоткової дробарки та правил технічного обслуговування.

2 - капітальний ремонт. Необхідно визначити: деталі, що зношуються, прямолінійність шпинделя, ізоляція двигуна, основний підшипник, рама решітки, корпус заліза, підшипники двигуна, електрика та лінія.

3 - середній ремонт: основний підшипник, деталі, що зношуються, змащення підшипників тощо.

4 - огляд: болти, кріплення, позиціонування, обмеження, клиновий ремінь, деталі, що зношуються.

5 - Підшипник слід заповнити мастилом на основі літію приблизно 30 грамів, рівень масла повинен відповідати загальному простору підшипника та сальника на 1/3, кожні шість місяців перевіряти час очищення.

6 - Набір молотків перевіряється протягом 10 днів після запуску дробарки. Перевіряється знос і розрив; боковий знос до половини молотка.

Порядок збирання

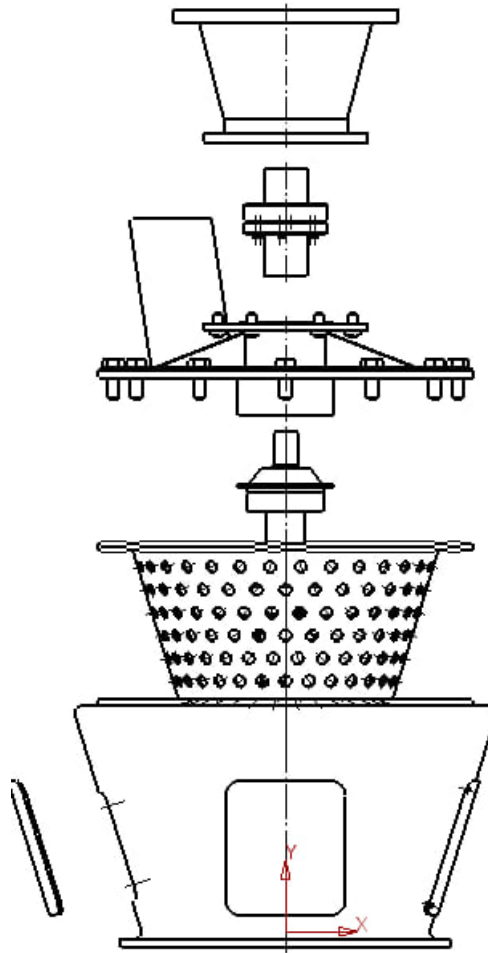


Рис. 8 Наглядна схема збирання млина

Рис. Схема збирання і розбирання

1. Встановлюємо корпус, прикручуємо кришки бічних оглядових люків.
2. На верхній фланець конусоподібного корпусу встановлюється конусна перфорована оболонка.
3. Кріпимо вал на кришку за допомогою підшипників. До валу прикручуємо болтами робочі органи і ворошитель.
4. Прикручуємо верхній фланець болтами разом з кришками оглядових люків, валом та вузлом
5. З'єднуємо ротор з муфтою.
6. Встановлюємо привід (електродвигун) за допомогою кронштейна та з'єднуємо його з муфтою.
7. Закриваємо муфту перфорованим металевим кожухом.

9. Опис блоку управління

Оператор почергово керує із пульта управління такими операціями:

1. Увімкнення вентилятора вентиляційної системи
2. Увімкнення двигуна роторної дробарки
3. Вимкнення двигуна роторної дробарки
4. Вимкнення двигуна вентилятора вентиляційної системи.

Оператор веде контроль за запиленістю виробничого приміщення за показниками приладів. У разі перевищення допустимих показників спочатку вимикається двигун дробарки, а потім – вентиляційної системи.

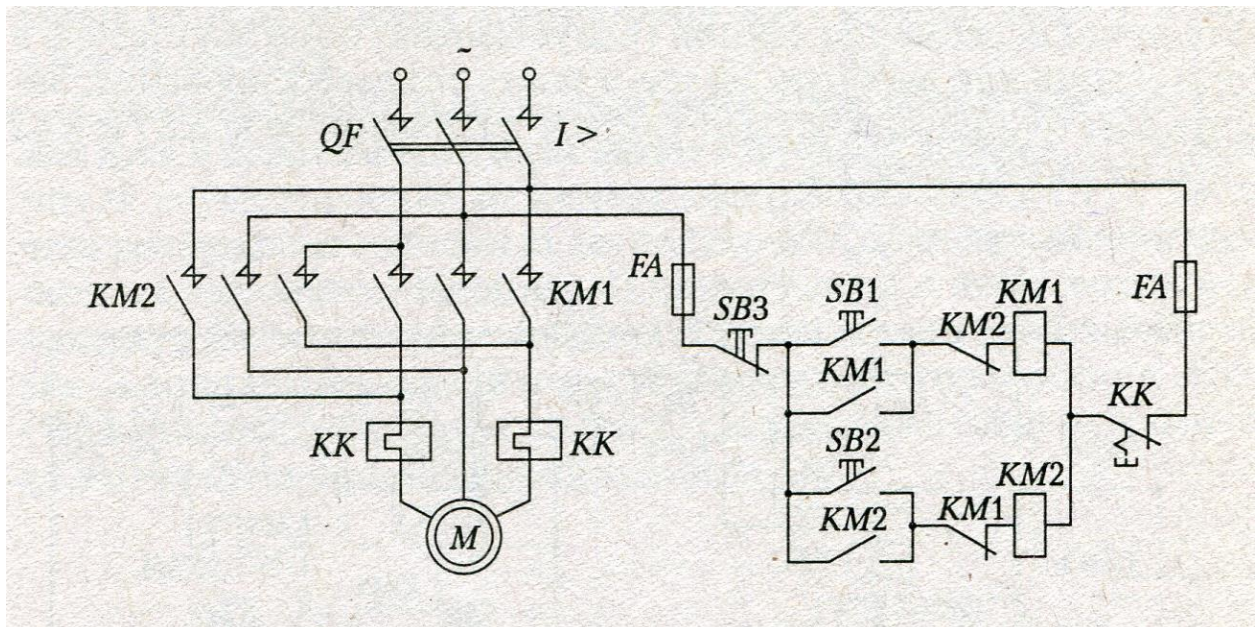


Рис. 9 Схема підключення електродвигуна до мережі

10. Заходи щодо охорони праці

Небезпека роторних млинів

Роторні млини становлять загрозу безпеці при неправильному поводженні. Небезпеки їх використання включають:

Утворення пилу. Роторні млини виробляють пил, який стає легкозаймистим у повітрі. Кожного разу, коли пилоподібний продукт переміщуються, його дрібні частинки ризикують спалахнути та вибухнути.

Сміття, що летить. Високошвидкісні обертові молотки в роторному млині можуть утворювати велику кількість сміття. Вони можуть вилітати з машини, створюючи ризик для операторів і сторонніх осіб.

Шум. Роторні млини створюють гучний і постійний рівень шуму під час роботи. Тривала дія цього шуму може призвести до пошкодження слуху без належного захисту. **Небезпека електричного струму:** Роторні млини можуть становити небезпеку ураження електричним струмом без належної експлуатації та обслуговування. Ці машини, як правило, працюють від електрики, тому вкрай важливо правильно доглядати за обладнанням, щоб запобігти травмам і пожежі.

Травми від заземлення або розчавлення. Рухомі частини роторного млина, включно з ротором і молотками, можуть спричинити заземлення або розчавлення при неправильному поводженні. Щоб запобігти цим небезпекам, вкрай важливо, щоб оператори дотримувалися протоколів безпеки, проходили навчання, використовували засоби індивідуального захисту та знали, як перевіряти та обслуговувати обладнання відповідно до вказівок виробника.

Важливість безпеки роторного млина

Безпека роторного млина важлива з наступних причин:

Захист персоналу. Роторні млини містять потужні рухомі частини, які можуть призвести до нещасних випадків. Застосування заходів безпеки може допомогти вам захистити персонал і перехожих і зменшити ризик травм під час роботи з цим важким обладнанням.

Зменшення зобов'язання. Нещасні випадки та травми, спричинені неналежними заходами безпеки, можуть призвести до правових наслідків, судових позовів і фінансових зобов'язань. Захист вашого персоналу може зменшити ризик юридичних зобов'язань і пов'язаних з цим витрат.

Підтримка відповідності. Багато організацій безпеки встановлюють інструкції щодо безпечного використання машин. Дотримання цих стандартів забезпечує відповідність законодавству та допомагає уникнути штрафних санкцій.

Захист обладнання та майна. Роторні млини є цінними машинами. Аварії та пошкодження можуть спричинити простої, втрату продуктивності та фінансові втрати. Застосування запобіжних заходів щодо фрезерування допомагає зменшити ці ризики та гарантує функціональність обладнання.

Заходи безпеки роторного млина

Застосуйте наступні заходи для забезпечення безпеки роторного млина:

1. Правильне навчання. Перед використанням Роторної млини всі оператори та обслуговуючий персонал повинні пройти навчання з експлуатації Роторної млини. Навчання навчає всіх операторів, як правильно використовувати обладнання, надаючи інструкції щодо потенційної небезпеки, надзвичайних процедур та використання засобів індивідуального захисту (ЗІЗ). Усі оператори повинні розуміти, як працює обладнання та як його обслуговувати. Вкрай важливо пройти навчання трикутнику вогню та п'ятикутнику вибуху, щоб зменшити ризик нещасних випадків або травм. Трикутник вогню представляє процес горіння, тоді як п'ятикутник вибуху містить додаткові фактори, які можуть спричинити потенційний вибух пилу.

2. Засоби індивідуального захисту. Оператори повинні завжди носити ЗІЗ, включаючи засоби захисту для очей, рук, ніг, тіла та інше захисне спорядження за потреби. Це включає носіння ЗІЗ під час ремонту або обслуговування машини. Приклади ЗІЗ включають:

- Захисні окуляри
- Щити для обличчя
- Рукавички
- Захист органів слуху
- Чоботи зі сталевими носками
- Каски
- Одяг підвищеної видимості

На додаток до носіння ЗІЗ, вищевказані предмети необхідно регулярно перевіряти, щоб переконатися, що вони знаходяться в хорошому стані та належним чином працюють для захисту персоналу.

3. Збір пилу. Роторні млини можуть утворювати велику кількість пилу, як і інші компоненти систем транспортування матеріалів, наприклад ковшові елеватори. Стандарти Національної асоціації протипожежного захисту (NFPA) та Управління з охорони праці (OSHA) вимагають контролю над цим пилом, гарантуючи, що він не може накопичуватися на поверхнях або потрапляти в повітря. Завдяки належній системі збору пилу ви можете запобігти ризикам, пов'язаним із пилом, зокрема вибухам і травмам.

У багатьох сільськогосподарських процесах використовується центральний рукавний фільтр із кришками для уловлювання пилу в зонах утворення пилу. Цей метод може бути ефективним, якщо одна центральна система може обробляти всі точки захоплення. Ви також можете використовувати точкові фільтри у великих приміщеннях, розташованих у багатьох точках захоплення. Більшість установ використовують комбінацію двох типів пиловловлювачів для більш ефективного запобігання ризикам.

4. Запобіжні огороження та блокування. На всіх об'єктах повинні бути встановлені відповідні захисні огороження та блокування, щоб запобігти доступу персоналу до рухомих частин під час роботи машини. Таким чином ви запобігаєте випадковому контакту з обертовими частинами та зменшуєте ризик отримання травм.

Крім того, перед обслуговуванням або чищенням обладнання розробіть і запровадьте ефективну процедуру блокування, щоб переконатися, що Роторний млин більше не працює та відключений від джерела живлення. Це запобігає випадковому запуску, захищаючи персонал від ураження електричним струмом.

5. Запобігання пожежі та вибуху. Вживайте заходів для запобігання пожежам і вибухам. Це може включати впровадження систем вентиляції, контроль іскріння та забезпечення належного заземлення всього електричного обладнання. Адекватна вентиляція забезпечує належне розсіювання частинок пилю, а системи виявлення іскри можуть швидко ідентифікувати будь-які іскри, наприклад розбризкування води, для придушення пожежі.

Крім того, забороніть відкритий вогонь у зоні Роторного млина, включаючи зварювання, куріння або інші пристрої з відкритим вогнем. Уникайте накопичення пилю в шліфувальній камері, яка не дозволить теплу створити джерело займання.

6. План реагування на надзвичайні ситуації. Розробити план ліквідації пожеж, вибухів, аварій та інших надзвичайних ситуацій. План може включати протоколи зв'язку, процедури евакуації та способи розрізнення пожеж. Ви також можете окреслити процедури поведінки з нещасними випадками та травмами. Регулярно переглядайте свій план реагування на надзвичайні ситуації з усім персоналом.

7. Регулярний огляд і технічне обслуговування. Одним із найважливіших кроків для забезпечення безпеки під час Роторного фрезерування є регулярний огляд і технічне обслуговування. Професіонали можуть виконувати ці завдання, маючи знання та досвід, захищаючи персонал і майно від шкоди. Фахівці перевірять ваше транспортно-розвантажувальне обладнання, щоб переконатися, що підшипники не нагріваються, немає незвичних звуків і ніщо не блокує впускний отвір.

Під час планового технічного обслуговування професіонали можуть замінити деталі Роторної млини, які з часом зношуються, зокрема решітки та молотки. Це може запобігти простоям і знизити енергоефективність, заощаджуючи ваш час і гроші в довгостроковій перспективі. Вони також можуть виконати суттєвий ремонт, переконавшись, що машина знаходиться в хорошому робочому стані, щоб уникнути несправностей, нещасних випадків і травм.

Висновки

Модернізували конструкцію роторної дробарки для відносно м'яких матеріалів – сухого солоду, таблеткового грануляту тощо.

-На верхній фланець корпусу на прокладках встановлюються конусна перфорована оболонка (сітка, решето) і кришка з підшипниковим вузлом.

-Конусна перфорована оболонка має горизонтальне відкидне днище, а останній має отвори, діаметр яких збільшується у напрямку виходу матеріалу. Кріплення конусної перфорованої оболонки здійснюється до верхнього фланця.

-Ротор пристрою являє собою вертикальний вал, підвішений в підшипниках. Робочі органи на роторі закріплені горизонтально по дотичній до зовнішньої поверхні валу зі зміщенням по колу. Робочі органи і перфорована оболонка встановлені з кільцевим зазором, що зменшується зверху вниз. У нижній частині ротора на валу встановлений ворошитель, який лівою і правою частинами відповідно нахилений до горизонтального днища і забезпечує разом з формою отворів днища повний прохід матеріалу, що подрібнюється в нижній частині пристрою.

-Привід (електродвигун) встановлюється на кришці пристрою за допомогою кронштейна. Обертання від приводу передається ротору через муфту.

-Ефективність процесу подрібнення може регулюватися подрібненням числа оборотів пристрою, швидкості подачі матеріалу на подрібнення та вибором розміру отворів перфорованої оболонки та днища (для певного матеріалу). При необхідності ефективність може бути підвищена підключенням пристрою з боку нижнього фланця корпусу (вихід подрібненого матеріалу) до джерела регульованого розрідження.

-Матеріал, через люк кришки надходить всередину пристрою і потрапляє на робочі органи, що обертаються, які подрібнюють матеріал і відцентровою силою відкидає його на конусну перфоровану оболонку, де триває подрібнення (прохід частини матеріалу) подрібненого через отвори. Далі продовжує подрібнюватися розташованими нижче робочими органами. Подрібнений

матеріал відводиться через перфоровану оболонку, а залишок недоподрібненого матеріалу остаточно подрібнюється ворошителем і видаляється через калібровані отвори горизонтального днища.

Список використаної літератури

1. Batt C.A. Encyclopedia of Food Microbiology (Second Edition) / C.A. Batt. – Elsevier, 2017. – 110 p.
2. Brennan J. G.. Food Processing Handbook, 2nd Edition / James G.B., Alistair S.G. – Wiley-VCH Verlag GmbH&Co, 2011. – 826 p.
3. Dilip M. Parikh. Handbook of Pharmaceutical Granulation Technology. 4th Edition. Boca Raton: CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9780429320057>
4. Encyclopedia of pharmaceutical technology. Volume 20. Supplement 3. Ed. James Swarbrick, James C. Boylan. New York: Marcel Dekker, Inc. 2001.
5. Fellows P. Food processing technology. Principles and Practice. Second Edition / P. Fellows. – CRC Press, 2000. – 591 p.
6. Gassmann O., Reepmeyer G., Zedtwitz M. Leading Pharmaceutical Innovation. Trends and Drivers for Growth in the Pharmaceutical Industry. Springer. 2008.
7. Godbey W.T. An Introduction to Biotechnology. The Science, Technology and Medical Applications. 1st Edition. Academic Press. 2014
8. Gupta V., Sengupta M., Prakash J., Tripathy B.C. An Introduction to Biotechnology. Basic and Applied Aspect of Biotechnology. 2016. 23:1–21. doi: 10.1007/978-981-10-0875-7_1
9. Lelieveld H. Handbook of Hygiene Control in the Food Industry (Second Edition) / H. Lelieveld, J. Holah, D. Gabrić. – Elsevier, 2016. – 736 p.
10. Marriott J. F. Pharmaceutical Compounding and Dispensing. London: Pharmaceutical Press, 2010
11. Niazi S.K.. Handbook of Pharmaceutical Manufacturing Formulations, Third Edition: Volume One, Compressed Solid Products (3rd ed.). Boca Raton: CRC Press. 2019. <https://doi.org/10.1201/9781315103389>
12. Vecsernyés M., Bácskay I., Fenyvesi F., Váradi J., Fehér P. Practicals in Pharmaceutical Technology- Prescription Pharmacy. Debrecen: Debrecen. 2011.
13. Yiu H. Hui. Handbook of Food Science, Technology, and Engineering. / H. Hui Yiu. – CRC Press, 2006. – 928 p.
14. Буценко, Л. М. Технології мікробного синтезу лікарських засобів [Текст] : навч. посіб. / Л. М. Буценко, Ю. М. Пенчук, Т. П. Пирог ; Нац. ун-т харч. технол. — К. : НУХТ, 2010. — 323 с.
15. Гончаренко Б.М. Автоматизація виробничих процесів харчових технологій: підручник / Б.М. Гончаренко, А.П. Ладанюк. – Київ: НУХТ, 2014. – 530 с.
16. Заплетніков, І. М. Експлуатація і обслуговування технологічного обладнання харчових виробництв [Текст] : навч. посібник / І. М. Заплетніков, В. Г. Мирончук, В. М. Кудрявцев ; Нац. ун-т харч. технол., Донец. нац. ун-т екон. і торг. — Київ : Кафедра, 2018. — 344 с.
17. Інноваційне обладнання фармацевтичної та біотехнологічної галузей. Змістовий модуль 1. Виробництво препаратів мікробіологічного

- синтезу/ О. О. Губеня, В. І. Теличкун, Ю. С. Теличкун; Київ: НУХТ, 2022. — 278 с.
18. Інноваційне обладнання харчових виробництв [Електронний ресурс] [Текст]: навч. посібник / О. М. Чепелюк, О. М. Гавва, В. Г. Мирончук та ін. ; за ред. О. М. Гавви ; Нац. ун-т харч. технол. — Київ : НУХТ, 2024. — 584 с.
 19. Історичні фрагменти розвитку кафедри машин і апаратів харчових та фармацевтичних виробництв НУХТ [Текст] / В. Таран, О. Гавва, В. Теличкун, О. Губеня, Решетняк В. // Ukrainian food journal. — 2013. — vol. 2, issue 4. — С. 618-624.
 20. Кулінченко, В. Р. Випарювання і випарні апарати у разрахунках і конструюванні [Текст]: Навч. посіб. / В. Р. Кулінченко, В. Г. Мирончук. — Київ : Кондор, 2006. — 392 с.
 21. Малезик І. Ф., Зав'ялов В. Л., Шевченко О.Ю. та ін. (2021). Процеси і апарати харчових виробництв / за ред. І. Ф. Малезика; Київ : НУХТ, 2021. — 419 с.
 22. Монтаж і технічний сервіс обладнання [Текст]: підручник / В. Г. Мирончук, М. В. Якимчук, Д. М. Люлька, С. О. Володін ; Національний університет харчових технологій. — Київ : НУХТ, 2024. — 267 с.
 23. Нормативно-правове регулювання діяльності біотехнологічних і фармацевтичних підприємств [Текст]: підручник / М. В. Стасевич, А. М. Кричківська, Б. П. Громовик та ін.; Нац. ун-т "Львів. політехніка". — Львів : Новий світ-2000, 2018. — 288 с.
 24. Обладнання підприємств переробної і харчової промисловості [Текст]: підручник / В. Г. Мирончук, І. С. Гулий, М. М. Пушанко та ін. ; за ред. В. Г. Мирончука. — 2-ге вид., перероб. і доп. — Вінниця : Нова книга, 2007. — 648 с.
 25. Основи охорони праці [Електронний ресурс] : навчальний посібник для студентів освітнього ступеня «бакалавр» денної та заочної форм навчання / В. С. Гуць, С. Д. Коваленко, О. В. Євтушенко та ін. — К. : НУХТ, 2016. — 97 с.
 26. Охорона праці у фармацевтичній галузі [Текст]: навч. посіб. / О. В. Жуковіна, О. І. Зайцев, О. І. Жуковін, Г. А. Грецька. — К. : Медицина, 2009. — 432 с.
 27. Павлице, В.Т. Основи конструювання та розрахунок деталей машин [Текст]: Підруч. / В. Т. Павлице. — 2-ге вид., перероб. — Львів : Афіша, 2003. — 560 с.
 28. Процеси і апарати харчових виробництв [Текст]: приклади і задачі : навч. посіб. / І. Ф. Малезик, П. М. Немирович, В. Л. Зав'ялов та ін. ; за ред. І. Ф. Малезика ; Нац. ун-т харч. технол. — К. : НУХТ, 2015. — 386 с.
 29. Процеси і апарати харчових виробництв. Курсове проектування [Текст]: навч. посіб. / І. Ф. Малезик, О. С. Марценюк, Л. М. Мельник та ін. ; за ред. І. Ф. Малезика ; Нац. ун-т харч. технол. — Київ : НУХТ, 2012. — 543 с.

30. Розрахунки обладнання підприємств переробної і харчової промисловості [Текст]: Навч. посіб. / В. Г. Мирончук, Л. О. Орлов, А. І. Українець та ін.; Нац. ун-т харч. технол. — Вінниця: Нова книга, 2004. — 288 с.
31. Сидоров, Ю. І. Процеси і апарати хіміко-фармацевтичної промисловості [Текст]: навч. посіб. / Ю. І. Сидоров, В. І. Чуєшов, В. П. Новіков. — Вінниця: Нова книга, 2009. — 816 с.
32. Сухенко Ю. Г. Надійність і довговічність устаткування харчових і переробних виробництв: підручник / Ю. Г. Сухенко, О. А. Литвиненко, В. Ю. Сухенко. — Київ: НУХТ, 2010. — 547 с.
33. Технологічне обладнання фармацевтичної та біотехнологічної промисловості [Текст]: підручник / С. Т. Стасевич, А. О. Милянч, Л. С. Стрельников та ін.; Нац. ун-т "Львів. політехніка", Нац. фармац. ун-т. — Львів: Новий світ-2000, 2017. — 500 с.
34. Технологічне обладнання харчових виробництв [Текст]: навч. посібник / В. Теличкун, Ю. Теличкун, О. Губеня та ін. — Київ: Сталь, 2023. — 634 с.
35. Технологічні комплекси харчових виробництв [Текст]: навч. посіб. / В. І. Теличкун, О. М. Гавва, Ю. С. Теличкун та ін.; Нац. ун-т харч. технол. — Київ: Сталь, 2017. — 456 с.