

Міністерство освіти і науки України

Національний університет водного господарства та природокористування

Кафедра агроінженерії

02-07-07М

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання практичних робіт з навчальної дисципліни
«Технічні засоби первинної обробки та зберігання
сільськогосподарської продукції»
для здобувачів вищої освіти другого (магістерського)
рівня за освітньо-професійною програмою
«Агроінженерія» спеціальності 208 «Агроінженерія»
денної та заочної форм навчання

Рекомендовано
науково-методичною радою з
якості ННМІ
Протокол №1 від 27.08.2024 р.

Рівне – 2024

Методичні вказівки до виконання практичних робіт з навчальної дисципліни «Технічні засоби первинної обробки та зберігання сільськогосподарської продукції» для здобувачів вищої освіти другого (магістерського) рівня за освітньо-професійною програмою «Агроінженерія» спеціальності 208 «Агроінженерія» денної та заочної форм навчання. [Електронне видання] / Шимко А. В., Налобіна О. О. – Рівне : НУВГП, 2024. – 70 с.

Укладачі: Шимко А. В., кандидат технічних наук, доцент кафедри агроінженерії;
Налобіна О. О., доктор технічних наук, професор, завідувачка кафедри агроінженерії.

Відповідальний за випуск: Налобіна О. О., доктор технічних наук, професор, завідувачка кафедри агроінженерії.

Схвалено на засіданні кафедри агроінженерії протокол № 1 від 26 серпня 2024 року

Керівник групи
забезпечення спеціальності
208 «Агроінженерія»

Налобіна О. О.

© А. В. Шимко, О. О. Налобіна, 2024
© НУВГП, 2024

ЗМІСТ

Вступ.....	4
1. Практична робота №1-2.....	7
2. Практична робота № 3-4.....	22
3. Практична робота № 5.....	34
4. Практична робота № 6.....	39
5. Практична робота № 7.....	44
6. Практична робота № 8-10.....	51
Література	
Додатки	

ВСТУП

Основа створення продовольчого фонду країни – рослинницька та тваринницька продукція, до якої відносять зерно, плоди, овочі, ягоди, молоко, м'ясо тварин, яйця. Тому передбачається підвищувати їх виробництво і розвивати подальшу переробку на продукти харчування.

У сучасних економічних умовах агропромисловий комплекс створює інфраструктуру - обробку сільськогосподарської сировини в місцях її виробництва на основі розроблених технологій зберігання та переробки продукції рослинництва та тваринництва.

Виконання цих умов дає змогу сільгоспвиробникам:

- 1) збільшити прибуток від реалізації готової сільгосп-продукції;
- 2) підвищити зайнятість сільського населення;
- 3) поліпшити кормову базу сільгосп-підприємства за рахунок використання відходів і побічних продуктів обробки рослинної та тваринної сировини;
- 4) знизити транспортні витрати на перевезення продуктів переробки;
- 5) задовольнити попит місцевого населення на продукти харчування.

Міждисциплінарні зв'язки. Вивчення дисципліни базується на знаннях отриманих з таких навчальних дисциплін, як «Моделювання та оптимізація процесів в АПК», «Випробування та управління якістю в АПК», «Сервісне обслуговування та технології ремонту машин і обладнання», а отримані знання будуть використовуватись у подальшому при виконанні магістерської роботи.

Вимоги до знань та умінь визначаються галузевими стандартами вищої освіти України.

Мета: Полягає у формуванні знань і умінь у сфері технічних засобів для первинної обробки та зберігання

сільськогосподарської продукції рослинного та тваринного походження.

Завданнями дисципліни є вивчення:

- методик розрахунку обладнання для первинної обробки та зберігання сільськогосподарської продукції;
- процесів переробки сільськогосподарської продукції;
- будови машин, які використовуються при первинній обробці та зберіганні сільськогосподарської продукції.

Детально розглянути кожну одиницю обладнання для проведення механічних і гідромеханічних процесів, детально вивчити принцип роботи, пристрої, а також алгоритм розрахунку таких апаратів на підприємстві.

Детально розглянути кожну одиницю обладнання для проведення механічних і гідромеханічних процесів, детально вивчити принцип роботи, пристрої, а також алгоритм розрахунку таких апаратів на підприємстві.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент **повинен знати:**

- основні поняттями та визначення предмету «Технічні засоби первинної обробки та зберігання сільськогосподарської продукції»;
- основне обладнання, яке використовується для переробки сировини тваринного походження;
- основне обладнання, яке використовується для переробки сировини рослинного походження;
- методології розрахунку технологічного обладнання.

вміти:

- застосовувати положення системного підходу при розв'язанні задач по підбору та розрахунку обладнання;
- вибрати критерій оптимізації та визначити оптимальний режим роботи обладнання для первинної обробки та зберігання сільськогосподарської продукції;

- визначати та аналізувати показники, які впливають на ефективність використання обладнання для первинної обробки та зберігання сільськогосподарської продукції.

володіти:

- знаннями в галузі спеціального технологічного обладнання для переробки тваринної та рослинної сировини на харчових і переробних підприємствах.

Практична робота №1-2

Тема: Розрахунок обладнання для миття сільсько-господарської сировини рослинного походження та тари

Мета: Провести розрахунки лінійної машини для миття та машини для миття пляшок

Мийка визначає якість кінцевого продукту, причому її режими залежать від видів забруднень. Якщо харчова сировина зазвичай забруднена частинками ґрунту, піску, рештками гички, то на поверхні тари містяться складні забруднення, які складаються з рідкої та твердої фаз (жири, частки консервованого продукту). Склад забруднень зумовлює різноманітність їхніх механічних властивостей, відмінність у величині сил зчеплення з поверхнею сировини або тари.

Для придушення життєдіяльності мікроорганізмів, що входять, як правило, до складу забруднень, тара перед заповненням консервованим продуктом піддається дезінфекції. Дезінфекцію відмитих поверхонь проводять освітленим розчином із масовою часткою хлорного вапна 5 % або розчином із масовою часткою гідроксиду NaOH - 0,5 % чи хлораміном.

Нині для миття харчової рослинної сировини, тари та санітарної обробки обладнання застосовують мийні машини різних типів і конструкцій.

Вони класифікуються так:

- залежно від характеру процесу (безперервно і періодично діючі);
- від виду оброблюваних об'єктів (для миття сировини і миття тари);
- за типом пристроїв, які переміщують об'єкти, що відмиваються (лінійні та барабанні);
- за способом впливу мийного середовища (шприцеві, відмивні та відмивно-шприцеві).

Значна частина рідких харчових продуктів випускається в скляній тарі. Скляну тару мийуть у спеціальних автоматах, що забезпечують її фізичну та мікробіологічну чистоту шляхом обробки особливими мийними розчинами.

Найпоширеніший технологічний процес миття тари, як правило, складається з таких операцій:

- видалення легкозвивних забруднень;
- попереднє відмочування забруднень у воді або мийному розчині;
- відмочування в гарячому розчині;
- змив етикеток;
- внутрішнє шприцювання і ополіскування пляшок послідовно мийним розчином, гарячою, теплою і холодною водою.

Відмочка проводиться в один або кілька етапів; шприцювання найчастіше проводиться багаторазово (під час гарячого фасування шприцювання теплою і холодною водою не застосовується - у всіх позиціях використовується тільки гаряча вода).

Мийка є комплексом складних фізико-хімічних і фізико-механічних процесів, основними з яких є відмочування і шприцювання.

Відмочка поділяється на три етапи: змочування поверхні і відмивання забруднень, диспергування частинок забруднень і стабілізація їх у мийному розчині. Під час відмивання мають місце пептизація білків під впливом лугів, перетворення їх на гідрогелі та розчинення, розкладання жирів, їхнє омилення та розчинення.

Шприцювання пляшок проводиться для змиву відмочених забруднень і охолодження пляшок. Шприцювання може бути з введенням шприца в шийку пляшки або без введення. У першому випадку процес ефективніший, але це пов'язано з ускладненням конструкції шприцювальних пристроїв.

Шприцювання можна розглядати здебільшого як гідродинамічний процес (однак гідродинамічного впливу знає здебільшого донна частина пляшки).

Змив етикеток може бути здійснено після відмочування в мийному розчині або гарячій воді, а їх видалення - під час пропускання через етикетковідбірник. Треба при цьому мати на увазі, що тривале перебування етикеток у рідині призводить до розкладання їх на волокна і подальшого засмічення фільтрів, шприцювальних пристроїв, сопел.

Вирішальними факторами, що зумовлюють гарну якість миття пляшок, є:

- температура мийних розчинів і води, концентрація їх та тривалість миття;

- вплив струменів мийного розчину та води під час внутрішнього шприцювання і зовнішнього обмивання пляшок;

- механічна дія на внутрішню і зовнішню поверхню пляшок (йоржками, щітками, якщо такі застосовують) та ін.

Ефективність дії мийних розчинів під час миття пляшок пропорційна їхній температурі, концентрації та тривалості впливу на пляшку. Ці фактори взаємопов'язані. Однак застосування мийних розчинів і води високої температури допустимо тільки за умови забезпечення необхідних (з точки зору термостійкості пляшок) температурних перепадів.

1. Розрахунок лінійної машини для миття

Завдання: Виконати розрахунок лінійної мийної машини, якщо задано швидкість транспортера v_c , м/с; довжину дзеркала води у ванні A , м; діаметр трубопроводу d_t , м; довжину трубопроводу l_t , м; довжину транспортера L , м; вид сировини, що переробляється. Розрахункову частину, в якій наводиться розрахунок лінійної мийної машини за пропонуванним варіантом (таблиця 1).

Продуктивність Q , кг/с, лінійних мийних машин визначається продуктивністю робочого транспортера:

$$Q = b \cdot h_c \cdot \varphi_c \cdot \rho_c \cdot v_c \quad (1)$$

де b - ширина робочої частини транспортера, м (визначається шириною інспекційного транспортера, що становить 0,6...0,9 м);

h_c - висота шару сировини, м (табл. 1);

φ_c - коефіцієнт використання транспортера $\varphi_c = 0,6...0,7$);

ρ_c - насипна густина сировини, кг/м³ (табл. 1);

v_c - швидкість транспортера, м/с.

Таблиця 1

Насипна щільність плодів і овочів

Сировина	Висота шару сировини h_c , м	Насипна густина ρ_c , кг/м ³
Кабачки	0,14	450...500
Перець	0,08	200...300
Баклажани	0,16	330...430
Томати	0,06	580...630
Цибуля	0,05	490...520
Яблука	0,07	430...580
Груші	0,06	450...510
Сливи	0,03	530...680
Морква	0,05	560...590

Час відмочування сировини τ , с, визначається корисним об'ємом ванни W_{Π} , м³:

$$\tau = \frac{W_{\Pi} \rho_c}{Q} \quad (2)$$

Корисний об'єм ванни W_{Π} визначається площею дзеркала води у ванні F_3 , м². За звичайної призматичної форми ванни:

$$W_{\Pi} = \frac{F_3 H_m}{2} \quad (3)$$

де H_m - глибина найбільш зануреної точки несучої гілки транспортера (зазвичай $H_m = 0,5...0,7$ м).

Площа дзеркала води у ванні мийної машини F_3 , м²:

$$F_3 = A \cdot B \quad (4)$$

де A - довжина дзеркала води у ванні, м;
 B - відстань між бічними стінками ванни, м ($B = b + 0,1$).

Кількість повітря і необхідний напір, під яким воно повинно подаватися в барботер, визначаються розмірами дзеркала води у ванні та глибиною занурення отвору витікання повітря з барботерів. Практикою експлуатації мийних машин встановлено таку норму: $1,5 \text{ м}^3$ повітря на хвилину на 1 м^2 площі дзеркала води, тобто:

$$W_B = \frac{F_3 \cdot 1,5}{60} \quad (5)$$

Нагнітач повітря для мийної машини вибирається за витратою повітря W_B і необхідним напором P_B .

Оскільки довжина повітропроводу для підведення повітря до барботерів і швидкість повітря в повітропроводі малі, втратами по довжині повітропроводу можна знехтувати, тоді P_B , Па:

$$P_B = \frac{\rho_B \cdot v_B^2}{2} (l + \sqrt{\xi}) + \rho_{\text{ж}} \cdot h_{\text{ж}} \cdot g \quad (6)$$

де ρ_B - густина повітря, кг/м^3 ($\rho_B = 0,00129 \text{ кг/м}^3$);

v_B - швидкість повітря в повітропроводі, м/с (v_B рекомендується не більше ніж 10 м/с);

ξ - коефіцієнт місцевого опору (у розрахунку приймати $\Sigma \xi = 0,30 \dots 0,45$);

$\rho_{\text{ж}}$ - густина води, кг/м^3 ($\rho_{\text{ж}} = 1000 \text{ кг/м}^3$);

$h_{\text{ж}}$ - глибина занурення у воду отворів барботера, м ($h_{\text{ж}} = H_m + 0,1 \text{ м}$);

$g = 9,81 \text{ м/с}^2$ - прискорення вільного падіння.

Потужність електродвигуна для приводу нагнітача повітря N_B , кВт:

$$N_B = \frac{W_B \cdot P_B}{1000 \eta_B} \quad (7)$$

де W_B - витрата повітря, що подається, м/с;

P_B - необхідний напір, Па ($P_B = 0,15 \dots 0,20 \text{ МПа}$);

η_v - ККД нагнітача ($\eta_v = 0,6...0,8$).

Потужність, необхідна для приводу відцентрового насоса, що подає рідину до душових або шприцевих пристроїв $N_{ж}$, кВт, визначається за формулою, аналогічною формулі (7):

$$N_{ж} = \frac{Q_{ж} \cdot P_{ж}}{1000 \eta_n} \quad (8)$$

де $Q_{ж}$ - витрата рідини, м³/с;

$P_{ж}$ - напір рідини біля насоса, Па ($P_{ж} = 0,2...0,3$ МПа);

η_n - ККД насоса ($\eta_n = 0,70...0,85$).

Витрата рідини $Q_{ж}$, м³/с:

$$Q_{ж} = \frac{\pi a^2}{4} n \sqrt{\frac{2P_u}{\rho_{ж}}} \quad (9)$$

де μ - коефіцієнт витрати (для циліндричного насадку $\mu = 0,82$; для конічного, що сходиться, $\mu = 0,95$; для конічного, що розходиться, $\mu = 0,48$; вид насадку обирають самостійно);

d - діаметр отвору барботера, м (обирають таким, що дорівнює 0,75; 1,25; 1,50; мм залежно від виду сировини, що переробляється, менші значення обирають для дрібних плодів і овочів);

n - кількість однакових отворів барботера (у розрахунку приймають $n = 50...60$); P_u - напір рідини біля отвору витікання, Па (у розрахунку приймається $P_u = P_{ж} = 0,2...0,3$ МПа);

$\rho_{ж}$ - густина мийної рідини, кг/м³ ($\rho_{ж} = 1000$ кг/м³).

Напір рідини біля насоса:

$$P_{ж} = P_u + P_n \quad (10)$$

де P_n - втрата напору від місцевих і шляхових опорів, Па.

Втрата напору, Па:

$$P_n = \frac{\rho_{ж} v_{ж}^2}{2} \left[1 + \sum \left(\xi + \lambda_{ж} \frac{l_m}{d_m} \right) \right] \quad (11)$$

де $v_{ж}$ - швидкість рідини в трубопроводі, м/с ($v_{ж}$ рекомендується не більше ніж 2 м/с);

ξ - коефіцієнт місцевого опору (обирають за довідником, у розрахунку прийняти $\xi = 0,85$);

$\lambda_{\text{ж}}$ - коефіцієнт опору тертя по довжині трубопроводу;

$l_{\text{м}}$ - довжина трубопроводу, м;

$d_{\text{м}}$ - діаметр трубопроводу, м.

Коефіцієнт опору тертя по довжині трубопроводу визначається за такими формулами:

$$\lambda_{\text{ж}} = \frac{0.3164}{Re^{0.25}} \quad (12)$$

при $Re \leq 100\,000$

$$\lambda_{\text{ж}} = \left(\frac{0.555}{lg \frac{Re}{7}} \right)^2 \quad (13)$$

при $Re \geq 100\,000$

тут Re - число Рейнольдса;

$\mu_{\text{ж}}$ - кінематична в'язкість мийної рідини ($\mu_{\text{ж}} = 1,01 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$).

Потужність $N_{\text{тр}}$, кВт, для приводу основного транспортера:

$$N_{\text{тр}} = \frac{A_{\text{т}} \cdot v_{\text{с}}}{1000 \cdot \eta} \quad (14)$$

де $A_{\text{т}}$ - тягове зусилля транспортера, Н;

$v_{\text{с}}$ - швидкість транспортера, м/с;

η - ККД передавальних механізмів ($\eta = 0,61 \dots 0,78$).

Тягове зусилля визначається методом обходу контуру з урахуванням максимального завантаження. Орієнтовно тягове зусилля $A_{\text{т}}$, Нм, можна визначити за формулою:

$$A_{\text{т}} = (0.215 \cdot q_0 \cdot l_{\Gamma} + 50 + 0.215 \cdot q \cdot l)g \quad (15)$$

де q_0 - маса корисного навантаження на 1 м транспортера, кг ($q_0 = 8 \dots 12$ кг);

q - маса 1 м транспортера без вантажу, кг ($q = 4,4 \dots 5,1$ кг);

L_{Γ} - довжина навантаженої частини транспортера, м ($L_{\Gamma} = 0,65 L$);

L - довжина транспортера, м;

$g = 9,81$ м/с – прискорення вільного падіння.

Таблиця 2

Варіанти індивідуальних завдань

№ п/п	Швидкість транспортера, м/с	Довжина дзеркала води А, м	Діаметр трубопроводу d_m , м	Вид сировини, що переробляється	Довжина трубопроводу l_m , М	Довжина транспортера L, м
1	0,137	1,94	0,40	Кабачки	8,0	3,6
2	0,141	1,92	0,38	Перець	8,5	3,8
3	0,145	1,90	0,36	Баклажани	9,0	3,4
4	0,170	1,79	0,48	Сливи	11,0	4,4
5	0,174	1,77	0,46	Груші	10,5	4,2
6	0,176	1,75	0,44	Яблука	10,0	3,9
7	0,163	1,76	0,36	Сливи	11,6	3,1
8	0,155	1,93	0,40	Яблука	10,8	4,0
9	0,147	1,89	0,30	Томати	9,7	3,8
10	0,139	1,85	0,34	Перець	8,8	3,5
11	0,173	1,83	0,36	Кабачки	8,3	3,5
12	0,169	1,81	0,38	Морква	12,0	3,7
13	0,165	1,80	0,40	Сливи	11,5	3,3
14	0,161	1,82	0,28	Груші	11,0	3,9
15	0,157	1,84	0,30	Яблука	10,5	3,1
16	0,153	1,86	0,32	Цибуля	10,0	3,2

2. Розрахунок обладнання для миття пляшок

Завдання: Розрахувати пляшкомийну машину за варіантами таблиці 3, якщо задано: ширину a і висоту b пляшконосія, продуктивність машини P_T , тривалість технологічного циклу (час активного миття) T_1 , кількість отворів у шприцювальних трубках лужного розчину n_1 , кількість отворів в обприскувальних трубках для лужного розчину n_2 , кількість отворів у шприцювальних трубках для подання

води n_1 , кількість отворів в обприскувальних трубках для подачі води n_2 тривалістю нагрівання τ .

Розміри пляшкомиїних машин залежать від правильного вибору кроку носіїв і радіусів поворотних блоків. При зменшенні кроку носіїв зменшується довжина конвеєра пляшконосіїв і довжина машини. Водночас зменшення кроку носіїв неминуче призводить до збільшення діаметрів поворотних блоків і, як наслідок, до збільшення розмірів машини.

Співвідношення між кроком носіїв S і радіусом поворотних блоків R можна визначити з урахуванням вільного проходження пляшконосія через поворотні блоки (рис. 1).

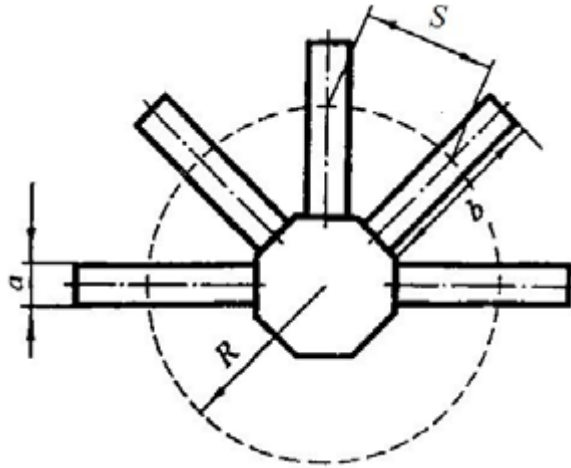


Рис.1. Схема поворотного блока

Радіус поворотного блоку, м:

$$R = \frac{b}{2} + \frac{a}{2} \operatorname{ctg} \frac{\pi}{2} \quad (16)$$

крок носіїв, м:

$$S = 2 \left(\frac{b}{2} + \frac{a}{2} \operatorname{ctg} \frac{\pi}{2} \right) \sin \frac{\pi}{2} \quad (17)$$

де a і b - відповідно ширина і висота носія, м;
 z - число носіїв.

Оптимальні значення R і s повинні відповідати мінімуму функції, що являє собою їхній добуток. Прирівнюючи першу похідну цієї функції до нуля, знаходимо після низки перетворень оптимальне число носіїв на початковому колі поворотного блоку:

$$z_{\text{опт}} = \frac{\pi}{\arctg\left(-\frac{b}{a}\right)} \quad (18)$$

Розрахунок приводу транспортера пляшконосіїв.

Робочий цикл машини, с:

$$T_c = \frac{3600u}{\Pi_T} \quad (19)$$

де u - число потоків у машині (приймають таким, що дорівнює числу пляшок у пляшконосії, $u=24$);

Π_T - теоретична продуктивність машини, пляшок на годину.

Оскільки пляшкокомийна машина з переривчастим рухом конвеєра належить до машин II класу, її робочий цикл дорівнює кінематичному T_k .

Визначення числа пляшконосіїв і довжини конвеєра машини.

Середня швидкість руху конвеєра, м/с:

$$v_c = \frac{S}{T_p} \quad (20)$$

де S - шлях конвеєра машини за час робочого циклу T_p , м.

Мінімальна теоретична кількість пляшок, що одноразово перебувають у машині:

$$B_T = \Pi_T \cdot \frac{T_T}{3600} \quad (21)$$

де T_T - тривалість технологічного циклу (час активного миття), с.

Мінімальна теоретична кількість касет:

$$K_T = \Pi_T \cdot \frac{T_T}{3600 \cdot u} \quad (22)$$

До цього мінімального числа касет необхідно додати деяку кількість касет для допоміжних операцій (для

завантаження і вивантаження пляшок, стікання крапель мийної рідини під час переходу касет з однієї зони в іншу, неминучий холостий хід касет і т. д.).

Тоді дійсне число пляшок, які перебувають у машині:

$$B_d = B_T / k_H \quad (23)$$

а дійсне число касет:

$$K_d = K_T / k_H \quad (24)$$

де k_H - коефіцієнт безперервності, що дорівнює відношенню тієї частки технологічного циклу, яка справді корисно використовується, до загального часу технологічного циклу ($k_H=0,56$).

Повна довжина конвеєра, м:

$$L = S \cdot K_d \quad (25)$$

Розрахунок режиму гідродинамічної обробки пляшок

Гранична кількість мийної рідини (m^3/c), що подається в пляшку:

$$m_1 = 0.64 \cdot D^{1.63} \quad (26)$$

де D - внутрішній діаметр горлечка пляшки, мм (для стандартної скляної пляшки під час розливу пива $D = 0,017$ м; для молочної пляшки $D = 0,0335$ м).

Граничний діаметр сопла шприца, м:

$$d_1 = 1.1 \sqrt{\frac{D^{1.63}}{\mu \sqrt{2p_1/\rho}}} \quad (27)$$

де μ - коефіцієнт витрати рідини під час витікання її з отвору ($\mu=0,65-0,70$);

p_1 - тиск мийного розчину в шприцювальних трубках, Па ($p_1=0,2-0,3$ МПа);

ρ - щільність мийного розчину, $кг/м^3$;

приймаємо густину мийного розчину, що дорівнює густині води, тобто $\rho=\rho_v=1000$ $кг/м^3$.

Діаметр отвору ополіскувальної форсунки, м:

$$d_2 = \sqrt{\frac{1.242m_2}{\mu \sqrt{2p_2/\rho}}} \quad (28)$$

де m_2 - витрата мийного розчину, необхідного для ополіскування зовнішньої поверхні пляшок, $\text{м}^3/\text{с}$ [для пляшок місткістю $0,5 \text{ дм}^3$ $m_2=(0,15 \div 0,20-10-5 \text{ м}^3/\text{с})$];

μ - коефіцієнт витрати рідини під час витікання її з отвору ($\mu=0,65 \div 0,70$);

p_2 - тиск перед форсункою, Па ($p_2=(0,5 \div 0,6)-10-5 \text{ Па}$).

Визначення подачі насосів і споживаної ними потужності

Витрата лужного розчину на шприцювання та обливання пляшок, $\text{м}^3/\text{с}$:

$$W_{\text{л.р.}} = \mu \frac{\pi d_1^2}{4} n_1 \sqrt{2p_1/\rho} + \mu \frac{\pi d_2^2}{4} n_2 \sqrt{2p_2/\rho} \quad (29)$$

де μ - коефіцієнт витрати рідини під час витікання її з отвору ($\mu=0,65$);

d_1 - діаметр отворів у шприцевальних трубках, мм;

d_2 - діаметр отвору в зрошувальних трубках, мм;

n_1 і n_2 - загальне число отворів відповідно в шприцевальних і зрошувальних трубках;

p_1 і p_2 - тиск мийного розчину відповідно в шприцевальних і зрошувальних трубках, МПа.

Потужність, споживана насосом лужного розчину, кВт:

$$N_1 = \frac{10^{-3} \cdot W_{\text{л.р.}} \cdot \rho}{\eta_n \cdot \eta_d} \quad (30)$$

де p - тиск лужного розчину, МПа ($p=0,2 \dots 0,3$ МПа);

η_n - ККД насоса ($\eta_n=0,5$);

η_d - ККД двигуна ($\eta_d=0,85$).

Витрата води на шприцювання та обливання пляшок, $\text{м}^3/\text{с}$:

$$W_B = \mu \frac{\pi}{4} \left(d_1^2 n_1 \sqrt{\frac{2p_1}{\rho}} + d_2^2 n_2 \sqrt{\frac{2p_2}{\rho}} \right) \quad (31)$$

Потужність, споживана насосом, що перекачує воду, кВт:

$$N_1 = \frac{10^{-3} \cdot W_d \cdot \rho}{\eta_n \cdot \eta_d} \quad (32)$$

Визначення витрати пари

Розрахунок проводять за методом теплового балансу.
Складають рівняння теплового балансу:

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 = Q_4 + Q_5 + Q_6 + Q_7 \quad (33)$$

де Q_1 - прихід теплоти з пляшками, кДж,

$$Q_1 = G_6 \cdot c_{ст} \cdot t_{н.б.} \quad (34)$$

Q_2 - прихід теплоти з холодною водою, кДж,

$$Q_2 = W_1 \cdot c_в \cdot t_{н.в.} \quad (35)$$

Q_3 - прихід теплоти з гріючою парою, кДж,

$$Q_3 = D_n \cdot i \quad (36)$$

Q_4 - витрата теплоти з пляшками, що йдуть, кДж,

$$Q_4 = G_6 \cdot c_{ст} \cdot t_{к.б.} \quad (37)$$

Q_5 - витрата теплоти з водою, що зливається в каналізацію, кДж,

$$Q_5 = W_2 \cdot c_в \cdot t_{к.в.} \quad (38)$$

Q_6 - витрата теплоти з конденсатом пари, кДж,

$$Q_6 = D \cdot \theta \quad (39)$$

Q_7 - втрати теплоти в навколишнє середовище, кДж
(приймають рівними 20% витрат теплоти):

$$Q_7 = 0.2 \sum_{i=1}^3 Q_i \quad (40)$$

де G_6 - маса пляшок, що надходять у машину, кг/с.

$$G_6 = m_6 \Pi_T / 3600 \quad (41)$$

m_6 - маса однієї пляшки місткістю 0,5 дм³ ($m_6 = 0,485$ кг);

$c_{ст}$ - питома теплоємність скла [$c_{ст} = 0,84$ кДж/(кг·К)];

W_1 - витрата холодної води, кг/год (у разі сталого режиму роботи дорівнює витраті відпрацьованої води, у розрахунку приймають $W_в = W_1 = W_2$;

D_n - витрата пари, кг/с;

i - ентальпія гріючої пари ($i = 2724$ кДж/кг);

θ - ентальпія конденсату ($\theta = 557,3$ кДж/кг);

$t_{н.б.}$ - початкова температура брудних пляшок ($t_{н.б.} = 50^\circ\text{C}$);

$t_{н.в.}$ - температура холодної води ($t_{н.в.} = 8^\circ\text{C}$);

$t_{к.б.}$ - температура чистих пляшок ($t_{к.б.} = 37^\circ\text{C}$);
 $t_{к.в.}$ - температура відпрацьованої води ($t_{к.в.} = 35^\circ\text{C}$);
 $t_{к.}$ - температура конденсату ($t_{к.} = 99^\circ\text{C}$);
 p - тиск гріючої пари ($p = 1,695 \text{ МПа}$);
 $t_{н.р.}$ - початкова температура мийної рідини ($t_{н.р.} = 20^\circ\text{C}$).

Тоді витрата пари, кг/с:

$$D_n = 1.2 \frac{G_b \cdot c_{ст} \cdot (t_{к.б.} - t_{н.б.}) + W \cdot c_b (t_{к.в.} - t_{н.в.})}{i - \theta} \quad (42)$$

де c_b - питома теплоємність води [$c_b = 4,186 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$].

Однак тут не враховано витрати пари на нагрівання мийної рідини перед пуском машини.

З огляду на малу масову частку лужних розчинів, вважатимемо їхню теплоємність такою ж, як і води.

Розрахунок трубчастого підігрівача розчину в першій ванні

Витрата теплоти на нагрівання розчину в першій ванні:

$$\Delta Q_8 = W_{л.р.} \cdot c_b (t_{к.р.} - t_{н.р.}) \quad (43)$$

де $t_{к.р.}$, $t_{н.р.}$ - відповідно кінцева і початкова температури лужного розчину, $^\circ\text{C}$ ($t_{к.р.} = 65^\circ\text{C}$; $t_{н.р.} = 20^\circ\text{C}$).

Середня різниця температур, $^\circ\text{C}$:

$$\Delta t_{ср} = \frac{\Delta t_б - \Delta t_м}{\ln\left(\frac{\Delta t_б}{\Delta t_м}\right)} \quad (44)$$

$$\Delta t_б = (t_{п.} - t_{н.р.}); \Delta t_м = (t_{п.} - t_{к.р.})$$

де $\Delta t_б$ - різниця температур гріючої пари і початкової температури лужного розчину;

$\Delta t_м$ - різниця температур гріючої пари і кінцевої температури лужного розчину;

$t_{п.}$ - температура гріючої пари ($t_{п.} = 133^\circ\text{C}$).

Площа поверхні теплопередачі, м^2 :

$$F = \frac{Q_8}{k \cdot \tau \cdot \Delta t_{ср}} \quad (45)$$

де k - коефіцієнт теплопередачі між трубами підігрівача і розчином у першій ванні [$k = 10 \text{ кВт}/(\text{м}^2\text{К})$];

t - час нагрівання, год.

Знайдемо повну довжину труб:

$$L_{\text{тр}} = F / \pi d_{\text{н}} \quad (46)$$

де $d_{\text{н}}$ - зовнішній діаметр труб підігрівача, м ($d_{\text{н}} = 0,06 \text{ м}$).

Повна довжина труби, м:

$$l = L_{\text{тр}} / n \quad (47)$$

де n - число труб у підігрівачі (у розрахунку приймають $n=15$).

Таблиця 3

Варіанти індивідуального завдання

№ П/ П	a, м	b, м	П _г , бут/го д	T _п , c	n ₁	n ₂	n ₁	n ₂	τ, c
1	0,085	0,255	12000	560	144	48	216	120	1800
2	0,075	0,245	12000	520	136	40	208	112	1750
3	0,090	0,260	12000	570	134	36	204	108	1710
4	0,095	0,270	12000	590	150	50	200	104	1800
5	0,085	0,250	6000	610	152	56	220	124	1850
6	0,080	0,250	6000	570	160	48	228	132	1920
7	0,075	0,245	6000	560	160	48	228	132	1940
8	0,090	0,265	6000	550	145	43	215	119	1810
9	0,095	0,265	6000	530	140	39	210	115	1770
10	0,075	0,245	9000	610	148	56	200	104	1820
11	0,080	0,250	9000	590	134	51	202	105	1720
12	0,085	0,255	9000	570	134	35	208	112	1750
13	0,095	0,265	9000	580	154	45	220	125	1860

Практична робота №3-4

Тема: Розрахунок ситового сепаратора з обертовими ситами та зерноочисного сепаратора

Мета: Провести розрахунок ситового сепаратора з обертовими ситами

Ознайомлення з конструкцією сепараторів та порядком їх обслуговування проводиться під час виїзного заняття на підприємстві (Рівне-Борошно).

Очищення - це поділ (сепарація) зернової суміші на окремі фракції, що розрізняються за будь-якими фізико-механічними властивостями (розміром, густиною тощо). Очищення може бути попереднім, первинним і вторинним.

Завданням очищення є виділення з купи всіх домішок, а також виділення щуплого, битого і пошкодженого зерна основної культури для підвищення чистоти зернової сировини. Очищенню піддають усе зібране зерно.

Попереднє очищення використовують для свіжозібраного зерна вологістю до 35 %. При цьому в очищеному зерні знижується вміст найбільших і найдрібніших домішок (з 15...20 до 3 %), видаляється частина надлишкової вологи, збільшується його сипкість, полегшуються подальші процеси (особливо сушіння), підвищується стійкість зерна до самозгрівання під час тимчасового зберігання в насипі.

Первинному очищенню піддають свіжозібране зерно вологістю не більше ніж 22 % або попередньо оброблене і висушене зерно вологістю не більше ніж 18 %. При цьому із зерна виділяються великі, легкі та дрібні домішки, подрібнене і щупле зерно; вміст домішок у зерні знижується з 8...10 до 1...3 %. Початковий зерновий оберемок поділяється на три фракції: очищене зерно, фуражні відходи та домішки.

Вторинне очищення сприяє виділенню із зерна близьких до нього за розмірами домішок, насіння бур'янів, яке важко відокремити. У результаті вихідний зерновий

оберемок розділяється на насіннєву фракцію, зерно другого гатунку, легкі, дрібні та великі домішки.

Продовольче і фуражне зерно піддають в основному попередньому і первинному очищенню, а насіннєве - ще й вторинному.

Сортування зерна - це процес механічного поділу очищеного від домішок зерна на фракції, що різняться за хлібопекарськими (для продовольчого) або посівними (для насіннєвого) якостями, який проводять із метою одержання високоякісного продовольчого та насіннєвого матеріалів.

Зерно сортують за розмірами (товщиною, шириною і довжиною), вагою, аеродинамічними властивостями та іншими ознаками. Продовольче зерно з метою підвищення його якості також піддають сортуванню. У багатьох зерноочисних машинах очищення і сортування зерна виконуються одночасно.

Калібруванням називають поділ очищеного насіння на фракції за його розмірами. Розміри насіння кожної фракції перебувають у певних межах, зумовлених вимогами рівномірності висіву апаратами сівалок. Калібруванням насіння кукурудзи, цукрових буряків, соняшнику, бавовни та інших культур готують до висіву сівалками точного висіву або до переробки зерна на борошно та крупу. Використання каліброваного насіння дає змогу рівномірно розподіляти його по гніздах або в рядах, що забезпечує зниження витрат праці по догляду за посівами, економію посівного матеріалу та підвищення врожайності.

1. Розрахунок ситового сепаратора з обертовими ситами

Розрахувати геометричні та кінематичні параметри ситового сепаратора з ситами, що обертаються, за варіантом таблиці 1, вибрати схему приводу та визначити його потужність. Продуктивність пірамідального бурату Q , кг/год,

провести очищення макаронного борошна вищого гатунку від домішок, що відрізняються геометричними розмірами.

За додатком 1 визначаємо фізико-механічні властивості макаронного борошна: геометричні розміри $d = 0,245 \dots 0,530$ мм; насипна густина $\rho = 760$ кг/м³; коефіцієнт внутрішнього тертя $f_1 = 1,42$; кут тертя $\varphi = 33,0^\circ$; коефіцієнт зовнішнього тертя по сталевому полотну $f = 0,65$; кут нахилу грані піраміди барабана $\alpha = 5^\circ$.

За заданою продуктивністю Q (у кг/с) визначаємо приведений радіус барабана бурата за формулою:

$$R = \frac{1}{h} \sqrt[3]{\left(\frac{Q}{\rho \cdot n \cdot \operatorname{tg} \alpha}\right)^2} \quad (1)$$

де h - найбільша товщина шару борошна в барабані, м ($h = 0,05$ м);

ρ - насипна густина матеріалу, кг/м³;

n - частота обертання барабана, с⁻¹ ($n=30$ хв⁻¹=0,5 с⁻¹);

α - кут нахилу осі барабана або грані піраміди, град.

Перевіряємо частоту обертання барабана n (хв⁻¹) за формулою:

$$n \leq n_{\text{кр}} = 30 \sqrt{\frac{\sin \alpha_1 - f \cos \alpha_1}{R(f - \operatorname{tg} \beta)}} \quad (2)$$

Граничне положення грані, за якого можливе просіювання продукту, відповідатиме $\alpha_1 = 90^\circ$. При шестигранному робочому органі граничне значення $\beta = 30^\circ$, а при циліндричному робочому органі $\beta = 0$.

Визначаємо загальну площу ситової поверхні барабана бурата F_c (м²) за формулою:

$$F_c = \frac{Q}{q} \quad (3)$$

де q - питома продуктивність бурату ($q = 0,028 \dots 0,139$ кг/(м²с)), більше значення питомої продуктивності характерне для більших домішок.

Задавшись числом граней ситового барабана ($z = 5 \dots 6$), визначаємо площу ситової поверхні однієї рамки F (м^2) за формулою:

$$F = \frac{F_c}{z} \quad (4)$$

Вважаючи, що наведений радіус барабана R (м) є середньою лінією пірамідальної грані ситового барабана, визначаємо довжину ситового барабана за формулою:

$$L = \frac{F}{R} \quad (5)$$

Знаючи площу ситової рамки та її довжину, визначаємо розміри сторін рамки.

Задаємося конструктивно розмірами шнека в таких межах:

діаметр гвинта $D = 0,15 \dots 0,20 \text{ м}$; крок гвинта $S = D$;
діаметр вала шнека $d = (0,2 \dots 0,3)D$.

Частоту обертання розподільного шнека $n_{\text{шн}}$ (с^{-1}) визначаємо за формулою:

$$n_{\text{шн}} = \frac{4Q}{\pi(D^2 - d^2)S \cdot \rho \cdot \psi} \quad (6)$$

де ψ - коефіцієнт заповнення шнека ($\psi = 0,5 \dots 0,6$).

Потужність електродвигуна N (кВт) визначаємо за формулою:

$$N = \frac{N_1 + N_2 + N_3}{\eta} \quad (7)$$

де N_1 - потужність, спожита на подолання сил тертя в підшипниках вала, кВт;

N_2 - потужність, що витрачається на підйом борошна в барабані, кВт;

N_3 - потужність, необхідна для обертання розподільного шнека, кВт;

η - ККД приводу.

Потужність, спожиту на подолання сил тертя в підшипниках вала N_1 (кВт), визначаємо за формулою:

$$N_1 = (G_b + G_m) \cdot f \cdot \pi \cdot d \cdot n \cdot 10^{-3} \quad (8)$$

де G_b - вага барабана бурата, Н ($G_b = 400$ Н);

G_M - вага борошна в барабані, Н;
 f - коефіцієнт тертя ковзання в підшипниках
($f=0,15\dots0,20$);

d - діаметр шийки вала, м ($d=0,03$ м)

n - частота обертання барабана, c^{-1} .

Вагу борошна визначаємо з припущення, що борошно розташовується на 1/6 частині площі сита барабана рівномірно, товщиною $h = 0,05$ м, тоді:

$$G_M = G \cdot h \cdot \rho \cdot g \quad (9)$$

Потужність, що витрачається на підйом борошна в барабані N_2 (кВт) визначаємо за формулою:

$$N_2 = 2.4 \cdot G_M \cdot R \cdot n \cdot 10^{-3} \quad (10)$$

де R - радіус барабана бурата, м ($R=0,52$ м).

Потужність, необхідну для обертання розподільного шнека N_3 (кВт), визначаємо за формулою

$$N_3 = g \cdot Q \cdot L_{ш} \cdot \omega \cdot 10^{-3} \quad (11)$$

де Q - продуктивність бурата, кг/с; $L_{ш}$ - довжина шнека, м ($L_{ш}=1,35$ м);

ω - коефіцієнт опору руху ($\omega = 4\dots5$).

Для забезпечення обертання пірамідального барабана і розподільного шнека складемо кінематичну схему приводу бурата.

Коефіцієнт корисної дії приводу визначається з формули (6), знаючи ККД пасової передачі $\eta_{пас} = 0,95$; ККД зубчастої передачі $\eta_{цп} = 0,95$; ККД редуктора $\eta_{ред} = 0,8$:

$$\eta = \eta_{пас} + \eta_{цп} + \eta_{ред} \quad (12)$$

Підставляємо отримане значення у формулу (7). За довідником вибираємо електродвигун і виписуємо його технічні характеристики.

Визначаємо крутний момент на тихохідному валу редуктора і за довідником вибираємо редуктор:

$$M_{кр} = \frac{30 \cdot N_{дв} \cdot \eta_{пас} \cdot \eta_{ред} \cdot 1000}{\pi \cdot \eta} \quad (13)$$

Необхідно виконати умову номінальний крутний момент на тихохідному валу $M_T > M_{кр}$.

Загальне передавальне число передачі $i_{пас}$ визначаємо за формулою:

$$i_{пас} = \frac{n_{дв}}{n_{шв}} \quad (14)$$

де $n_{дв}$ - частота обертання двигуна, c^{-1} .

Таблиця 1

Варіанти індивідуального завдання

№ п/п	Вид продукту	Продуктивність, кг/год	Тип барабана	Кут нахилу барабана, град
1	Просо	1000	Усічена піраміда	5
2	Просо	2000	Усічена піраміда	7
3	Просо	3000	Усічена піраміда	10
4	Борошно х/к	500	Усічений конус	5
5	Борошно х/к	1000	Усічений конус	7
6	Борошно х/п	2000	Усічений конус	10
7	Висівки	1500	Усічений конус	5
8	Висівки	2500	Усічений конус	7
9	Висівки	800	Усічений конус	10
10	Борошно макаронне	1500	Усічена піраміда	5

2. Розрахунок зерноочисного сепаратора

Розрахувати геометричні та кінематичні параметри ситового сепаратора за варіантами таблиці 2, вибрати схему приводу і визначити потужність. Продуктивність ситового сепаратора Q кг/год, провести очищення пшениці від домішок, що відрізняються геометричними розмірами.

За додатком 1 визначаємо фізико-механічні властивості пшениці: геометричні розміри (довжина - 8,0 мм, ширина - 3,0 мм, товщина - 2,5 мм); об'ємна густина $\rho = 760$ кг/м³; коефіцієнт внутрішнього тертя $f_1 = 0,47$; кут тертя $\varphi = 20,3^\circ$; коефіцієнт зовнішнього тертя по сталевих решетах $f = 0,37$.

Відповідно до розмірів зерна вибираємо за додатком 2 розміри отворів сит. Для сепаратора зі зворотно-поступальним рухом сит використовуємо підсівні сита з довгастими отворами, що мають розміри 1,7·20 мм; сортувальне сито з отвором діаметром 8 мм; приймальне сито з отворами діаметром 20 мм.

Згідно з рекомендаціями задаємося питомим навантаженням (на одиницю ширини сита), $q = 50$ кг/(см·год). Ширину сит визначаємо за підсівним ситом із формули продуктивності:

$$Q = B \cdot q \quad (15)$$

де B - ширина підсівного сита, см;

q - питоме навантаження (на одиницю ширини сита), кг/(см·год).

Питоме навантаження q для підсівних сит приймають 45...60 кг/(см·год), для сортувальних з отворами діаметром 6...10 мм у 3...4 рази більшим, а для приймальних сит з отворами діаметром 20...40 мм у 8...10 разів більшим, ніж для підсівних сит. Для високопродуктивних сепараторів на елеваторах питоме навантаження q на підсівні сита приймають до 200 кг/(см·год).

Довжину сита L (дм) визначають за формулою:

$$L = \frac{Q}{q_F \cdot B} \quad (16)$$

де q_F - питома продуктивність (продуктивність на одиницю площі сита), кг/(дм²год);

B - ширина сита, дм.

Питома q_F продуктивність для сит із робочими розмірами отворів 6 мм і більше (сортувальні та приймальні сита) визначаємо за формулою:

$$q_F = 60 \cdot (a - 4.5) \quad (17)$$

де a - робочий розмір сита, мм.

Товщину h_1 шару зерна, що рухається по ситі із середньою швидкістю подачі V_{cp} , визначаємо за формулою:

$$h_1 = \frac{q_1}{V_{cp} \cdot \rho \cdot k} \quad (18)$$

де q_1 - кількість зерна в кг, що надходить на 1 м ширини даного сита за 1 с (кг/(м·с));

ρ - насипна густина зерна, кг/м³; k - коефіцієнт розпушення зернової суміші (для жита і пшениці $k=1,5$), оптимальна середня швидкість переміщення зерна по ситі перебуває в межах від 0,32...0,34 м/с.

Частоту й амплітуду коливань сит обирають залежно від фізико-механічних властивостей зерна та домішок. Для оцінки та вибору кінематичних параметрів користуємося умовним кінематичним параметром k , який визначають за формулою:

$$k = \frac{\omega^2 \cdot r}{g} \quad (19)$$

або

$$k = \omega^2 \cdot r$$

Для очищення пшениці та жита приймають $\omega^2 \cdot r = 12,5...16$ м/с² за умови $r = 0,005$ м;

для вихідних інгредієнтів комбікормів $\omega^2 \cdot r = 13,5...16,5$ м/с² при $r = 0,0125...0,015$ м;

для калібрування насіння кукурудзи $\omega^2 \cdot r = 11...12$ м/с² при $r = 0,007$ м.

Ці показники відносяться до зерна нормальної вологості та засміченості.

Технологічну схему встановлення сит у корпусі вибирають на підставі довідкових даних.

Рух частинки вниз поверхнею похилого сита можливий, якщо сила її інерції більша за силу тертя. Із цих умов виведено формулу для визначення частоти обертання ексцентрика:

$$n_{\text{в}} = 30 \cdot \sqrt{\frac{tg(\varphi + \alpha)}{r}} \quad (20)$$

де φ - кут тертя частинки об поверхню сита, град ($\varphi = \arctg(f)$), де f - коефіцієнт тертя);

α - кут нахилу сита, град;

r - ексцентриситет або радіус кривошипа, м.

Максимальну робочу частоту обертання ексцентрика визначаємо за формулою:

$$n_{\text{max}} = \frac{30}{\sqrt{r \cdot tg \alpha}} \quad (21)$$

Робочу частоту обертання ексцентрика визначаємо з обраного кінематичного параметра, при цьому має виконуватися умова:

$$n_{\text{в}} < n_p < n_{\text{max}} \quad (22)$$

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

Продуктивність просіювальної машини з плоским ситом залежить від багатьох факторів. Основні труднощі при теоретичному визначенні продуктивності полягають у встановленні товщини шару борошна на ситі. Для орієнтовного визначення продуктивності можна користуватися практичними даними: приймати продуктивність сита площею 1 м^2 близько 2 кг/с . Продуктивність грохота (у кг/с) з

просіювальною поверхнею прямокутної форми визначається за формулою:

$$Q = h \cdot b \cdot v \cdot \rho \quad (23)$$

де h - товщина шару матеріалу на початку просіювальної поверхні, м;

b - ширина просіювальної поверхні, м;

v - швидкість руху матеріалу по просіювальній поверхні, м/с;

ρ - насипна густина матеріалу, кг/м³.

Потужність, потрібна для обертання вала кривошипа N (кВт), може бути визначена за емпіричною формулою:

$$N = \frac{\omega^3 \cdot r^2 \cdot (m_c + m_m)}{204} \quad (24)$$

де ω - частота обертання кривошипа, с⁻¹;

r - радіус кривошипа, м;

m_c - маса хитних частин сита, кг;

m_m - маса шару борошна на ситі, кг.

Маса шару борошна на ситі m_c визначається за формулою:

$$m_m = F \cdot h \cdot \rho \quad (25)$$

де F - площа сита, м²;

h - товщина шару борошна, м;

ρ - насипна густина матеріалу, кг/м³.

Для врівноваження приводу необхідно підібрати масу балансирного вантажу m_r і радіус обертання центру тяжіння вантажу R такої величини, щоб горизонтальна складова P_A за модулем дорівнювала силі інерції корпусу P_{ik} .

Радіус центру ваги балансирів визначаємо за формулою:

$$R = \frac{m_k \cdot r}{m_r} \quad (26)$$

де m_k і m_r - відповідно маси корпусу і вантажу, кг.

Довжину шатуна кривошипно-шатунного приводу $L_{ш}$ (м) визначаємо за формулою:

$$L_{ш} = (30 \dots 50)r \quad (27)$$

Сили інерції поступально рухомих мас корпусу або балансірного вантажу визначаємо за формулою:

$$P_{ik} = m \cdot \omega^2 \cdot r \cdot \cos\alpha \quad (28)$$

де P_{ik} - сила інерції корпусу, кгс;

ω - кутова швидкість кривошипа, c^{-1} ;

r - радіус кривошипа.

Ситовий корпус установлюють на чотирьох пружинах, на кожному з них передають збурювальну силу, що дорівнює 0,25 сили інерції. Максимальна деформація пружини дорівнює амплітуді коливань сита $F_3 = A$.

Робочу довжину пластинчастої пружини L_0 (мм) визначаємо за формулою:

$$L_0 = \sqrt{\frac{3 \cdot S \cdot E \cdot F_3}{2 \cdot [\sigma_{зг}]}} \quad (29)$$

де S - товщина пружини, мм;

E - модуль пружності, кгс/мм²;

$[\sigma_{зг}]$ - допустима напруга під час згину, кгс/мм².

Ширину пружини b визначаємо за формулою:

$$b = \frac{6 \cdot P \cdot L_0}{S^2 \cdot [\sigma_{зг}]} \quad (30)$$

де P - збурювальна сила (кгс), яку можна знайти з виразу:

$$P = \frac{P_{ik}}{4} \quad (31)$$

Таблиця 2

Варіанти індивідуального завдання

№ п/п	Вид продукту	Продуктивність, кг/год	Кут нахилу підсвітного сита, град	Радіус кривошипа, м
1	Пшениця	3000	14	0,005
2	Пшениця	4000	17	0,005
3	Пшениця	6000	11	0,005
4	Жито	2000	14	0,005
5	Жито	3500	17	0,005
6	Жито	5500	11	0,005
7	Ячмінь	4000	14	0,007
8	Ячмінь	6000	17	0,007
9	Ячмінь	1500	11	0,007
10	Овес	1000	14	0,004
11	Овес	2000	17	0,004
12	Овес	3000	11	0,004
13	Жито	3000	14	0,007
14	Жито	4000	17	0,007
15	Жито	6000	11	0,007

Практична робота №5

Тема: Розрахунок протиральної машини

Мета: Провести розрахунок протиральної машини

Протиральні машини (рис. 1) мають забезпечувати якісний поділ протиральної маси на напівфабрикат і відходи, високу питому продуктивність, мінімальну кількість відходів, низьку питому витрату енергії, однорідний і досить тонкий дисперсний склад протертого напівфабрикату, максимальний ступінь подрібнення.

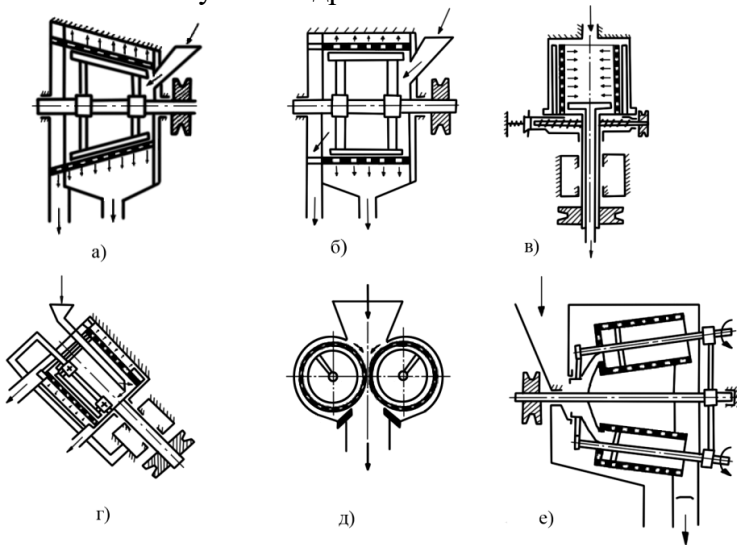


Рис.1. Основні конструктивні схеми протиральних машин

До недоліків протиральних машин слід зарахувати невисоку експлуатаційну надійність, зумовлену нерівномірним зносом і швидким виходом з ладу сіток; нерівномірні навантаження на ротор унаслідок неоднакового зазору між бичем і сіткою циліндра; низьку питому протиральну здатність. Перспективними конструкціями протиральних машин є машини з обертвовим сітчастим барабаном, що обертається, і нерухомими бичами.

Розрахунок протиральної машини

Виконати розрахунок протиральної машини, якщо задано: продуктивність машини Q , кг/с; вид сировини, що переробляється; діаметр отворів у ситі d_c мм; радіус бичів R , м; число бичів z , шт.; крок отворів каркаса $a_{отв}$, м; вміст м'якоти в продукті Θ , %.

Діаметр трубопроводу для підведення оброблюваної маси в машину d_3 , м:

$$d_3 = \sqrt{\frac{4Q}{\pi \cdot \rho \cdot v_{пр}}} \quad (1)$$

де Q - продуктивність машини, кг/с;

ρ - густина маси, що переробляється, кг/м³ (таблиця 1);

$v_{пр}$ - швидкість маси в завантажувальній трубі машини, м/с (рекомендується $v_{пр} = 0,5 \dots 1,0$ м/с).

Кутова швидкість обертання бичового вала ω , рад/с:

$$\omega = \sqrt{\frac{Fr \cdot g}{R}} \quad (2)$$

де Fr - фактор розділення ($Fr = 200 \dots 300$);

$g = 9,81$ м/с² - прискорення вільного падіння;

R - радіус бичів, м.

Таблиця 1

Параметри перероблюваної сировини

Продукт	Щільність перероблюваної маси ρ , кг/м ³	Масова частка в продукті Θ , %	Енергія, що витрачається на утворення 1 м ² поверхні W , Дж/м ²
Яблука	1070	25...40	15.0...18.5
Томати	1090	20...30	8.0...12.0
Морква	1130	27...46	19.8...22.4
Грушка	1060	27...45	19.0...21.8
Сливи	1040	18...28	12.0...15.0
Виноград	1030	17...26	9.0...12.

Живий переріз каркаса ситчастого барабана при круглих отворах у каркасі:

$$\varphi_6 = \frac{d_{\text{отв}}^2}{a_{\text{отв}}^2} \quad (3)$$

де $d_{\text{отв}}$ - діаметр отворів каркаса, м; $d_{\text{отв}} = (8...12) \cdot 10^{-3}$ м;

$a_{\text{отв}}$ - крок отворів каркаса, м.

Живий переріз сит φ_c орієнтовно визначається залежно від діаметра отворів у ситі:

діаметр отворів у ситі, мм	0,4	0,8	1,2	2,8
живий перетин сит, φ_c	0.134	0.165	0,196	0,305

Безрозмірна продуктивність q :

$$q = \frac{0.0905Q}{\varphi_6 \cdot \varphi_c \cdot \rho \cdot R^2 \cdot \sqrt{Rg}} \quad (4)$$

Довжина зони активного відділення рідкої фази при протиранні томатів l_1 , м:

$$l_1 = R \cdot 30.4 \cdot q^{0.29} \cdot Fr^{-0.53} \cdot z^{0.31} \quad (5)$$

де z - число бичів, шт.

При протиранні яблучної або іншої перероблюваної маси довжину зони активного відділення рідкої фази збільшують на 30 %.

Довжина зони відцентрового віджимання l_2 , м:

$$l_2 = 0.11 \cdot R \quad (6)$$

Довжина ситчастого барабана l , м:

$$l = l_1 + l_2 \quad (7)$$

Тривалість перебування продукту в протиральній машині τ , с:

$$\tau = L/v_1 \quad (8)$$

де L - довжина бича, м (у розрахунку приймається $L = l$);

v_1 - швидкість переміщення продукту вздовж бича, м/с.

$$v_1 = 2 \cdot R \cdot \omega \cdot \text{tg} \alpha \quad (9)$$

де R - радіус бичів, м;

ω - кутова швидкість бичового вала, рад/с;
 α - кут випередження бича, град, ($\alpha = 1,5...6,0^\circ$).

Потужність приводу протиральної машини, Вт, складається з таких величин:

- потужності, що витрачається на повідомлення продукту швидкості:

$$N_1 = 0.5 \cdot Q \cdot \omega^2 \cdot R^2 \quad (10)$$

- потужності, що витрачається на тертя маси об сито:

$$N_2 = z \cdot m \cdot \omega^3 \cdot R^2 \cdot f \quad (11)$$

де f - коефіцієнт тертя маси об сито ($f = 0,2...0,9$);

m - маса сировини, що обертається спільно з бичем,

кг.

$$m = \gamma \cdot \rho \cdot l \cdot R^2 \quad (12)$$

тут γ - емпіричний коефіцієнт ($\gamma = 0,05$);

l - довжина барабана, м;

- потужності, що витрачається на подрібнення сировини:

$$N_3 = Q \cdot W \cdot F_1 \quad (13)$$

де W - енергія, що витрачається на утворення 1 м^2 нової поверхні, Дж/м² (табл. 1);

F_1 - площа новоутвореної поверхні при переробці 1 кг сировини, м²/кг.

$$F_1 = \left(\frac{2}{\rho d_2} - \frac{2}{\rho d_1} \right) \cdot \Theta \cdot 10^{-2} \quad (14)$$

тут d_1 - середній розмір частинок до обробки; $d_1 = (1,0...1,5) \cdot 10^{-3}$ м;

d_2 - середній розмір частинок після обробки (під час обробки маси на ситі з отворами діаметром d_c приймають $d_2 = 0,3 - d_c$ м);

Θ - масова частка м'якоті в продукті, % (див. Табл. 1).

Загальна потужність приводу, Вт:

$$N = \frac{k(N_1 + N_2 + N_3)}{\eta_m}$$

де $k = 1,5$ - коефіцієнт запасу потужності;

η_m - механічний ККД приводу ($\eta_m = 0,85...0,90$).

Таблиця 2

Варіанти індивідуального завдання

№ п/п	Продуктивність G, кг/с	Вид сировини, що переробляється	Радіус бичів R, м	Діаметр отворів у ситі d_c , мм	Кількість бичів, z, шт.	Крок отворів каркаса $a_{отв}$, мм
1	0,30	яблука	0,10	0,4	2	11
2	0,31	томати	0,11	0,4	2	11
3	0,32	морква	0,12	0,4	2	11
4	0,33	груші	0,17	0,4	2	11
5	0,34	сливи	0,15	0,4	2	11
6	0,35	виноград	0,20	0,4	2	11
7	0,40	яблука	0,12	0,6	4	12
8	0,41	томати	0,13	0,6	4	12
9	0,42	морква	0,13	0,6	4	12
10	0,43	груші	0,16	0,6	4	12

Практична робота №6

Тема: Розрахунок молоткової дробарки

Мета: Провести розрахунок молоткової дробарки

Дробарки - подрібнювальні машини, призначені для подрібнення сировини, напівфабрикатів і відходів до розміру частинок не більше 12...20 мкм.

Подрібнювальні машини поділяють на такі основні групи за конструктивною ознакою: дискові, багатовалкові, молоткові, штифтові, стрижневі, кулькові та комбіновані.

Молоткові дробарки (млини) - служать для подрібнення різних харчових продуктів у порошок. Вони є універсальними машинами, придатними для дроблення найрізноманітніших продуктів.

Залежно від конструкції розрізняють щоківі, конусні, валкові та молоткові дробарки, дезінтегратори та дисмембратори, барабанні, кільцеві (роліко-маятникові), кульові вібраційні та струменеві млини.

На харчових підприємствах великого поширення набули молоткові дробарки - машини ударної дії, що використовуються для отримання високодисперсної суміші подрібнених частинок. Вони ефективні при руйнуванні крихких матеріалів (цукру-піску, солі, зерна тощо) і менш ефективні при подрібненні вологих продуктів із високим вмістом жиру. У таких машинах руйнування продукту відбувається в результаті ударів по ньому сталевих молотків, ударів частинок продукту об кожух дробарки і стирання їх об штамповане сито, що є основною частиною корпусу дробарки.

Розрахунок молоткової дробарки

Виконати розрахунок молоткової дробарки за варіантами в таблиці 1, якщо задано: D - діаметр ротора дробарки, м; v - мінімальну окружну швидкість молотків, м/с; конструктивні розміри молотка прямо вугільної форми з одним отвором (рис.1): a - довжина, м; b - ширина, м; δ - висота, м; c - відстань від центру ваги молотка до осі підвісу, м; l -

відстань від осі підвісу до кінця молотка, м; I - I, II - II, III - III - перерізи молотка.

Щоб на вал і підшипники не передавалися імпульси від молотків, квадрат радіуса інерції молотка r_c відносно точки його підвісу до диска має дорівнювати відстані c від центру тяжіння молотка до осі підвісу, помноженому на відстань l від тієї самої осі підвісу до кінця молотка, тобто:

$$r_c^2 = c \cdot l \quad (1)$$

де c - відстань від центру ваги молотка до осі підвісу, м;

l - відстань від осі підвісу до кінця молотка, м.

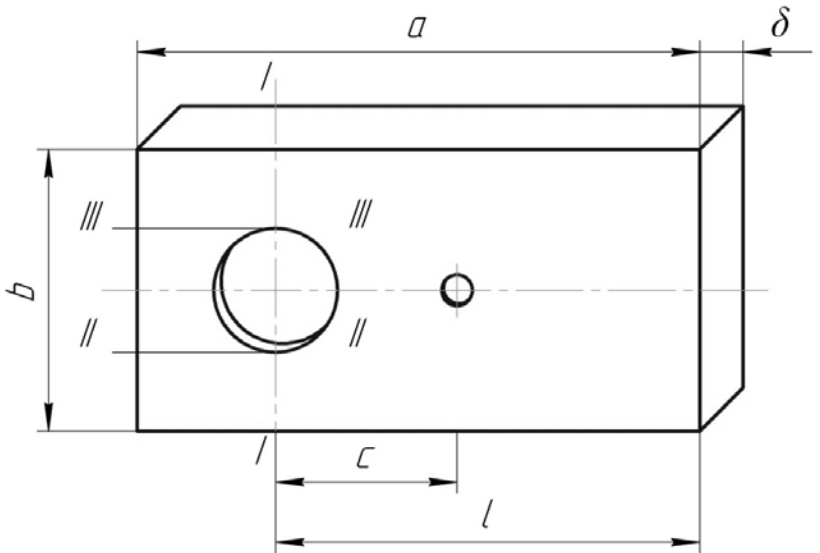


Рис.1. Молоток прямокутної форми з одним отвором
Квадрат радіуса інерції молотка відносно його центру ваги, m^2 :

$$r_{ц.в.}^2 = \frac{(a^2 + b^2)}{12} \quad (2)$$

Квадрат радіуса інерції молотка щодо його осі підвісу, m^2 :

$$r_0^2 = r_{ц.в.}^2 + c^2 \quad (3)$$

Відстань від кінця молотка до його осі підвісу, м:

$$l_1 = c + 0.5a \quad (4)$$

Перевірка забезпечення безударної роботи молотка:

$$r_c^2 = c \cdot l_1 \quad (5)$$

Конструктивне призначення відстані від осі підвісу молотка до осі ротора (щоб уникнути порушення стійкої роботи молоткової дробарки, ця відстань має бути більшою за відстань від кінця молотка до його осі підвісу):

$$l_0 \geq l_1 \text{ або } l_0 = l_1 + (3 \dots 6) \cdot 10^{-3} \quad (6)$$

Радіус найбільш віддаленої від осі ротора точки молотка R_1 , м:

$$R_1 = l_0 + l_1 \quad (7)$$

Частота обертання ротора ω , c^{-1} :

$$\omega \geq v/R_1 \quad (8)$$

Відцентрова сила інерції молотків F , Н:

$$F = G_M \cdot \omega^2 \cdot R_c \quad (9)$$

де $G_M = V_M \cdot \rho_M$ - маса молотка, кг;

V_M - об'єм молотка, m^3 ;

$\rho_M = 7800 \text{ кг/м}^3$ - густина сталі;

$R_c = 10+c$ - радіус кола розташування центрів ваги молотків, м.

Діаметр осі підвісу молотка d , м:

$$d = 1.36 \cdot \sqrt{F \cdot \delta / [\sigma]_u} \quad (10)$$

де $[\sigma]_u = 108 \text{ Па}$ - допустима напруга під час вигину.

Товщина ротора H , м:

$$H \geq \frac{F}{d[\sigma]_{зм}} \quad (11)$$

де $[\sigma]_{зм} = 8-107 \text{ Па}$ - допустима напруга під час зми-
нання.

Мінімальний розмір перемички між отворами під осі підвісу і зовнішньою кромкою диска h_{min} , м:

$$h_{min} \geq \frac{0.5F}{\delta[\sigma]_{зс}} \quad (12)$$

де $[\sigma]_{зс} = 175\ 106$ Па - допустима напруга на зсув.

Зовнішній радіус диска R_d

$$R_d = l_0 + 0.5d + h_{min} \quad (13)$$

Діаметр вала в небезпечному перерізі біля шківів d_0 , м:

$$d_0 = 0.052 \cdot \sqrt[3]{\frac{N}{\omega}} \quad (14)$$

Продуктивність молоткової дробарки Q , кг/с:

$$Q = K_1 \cdot \rho_n \cdot D^2 \cdot L \cdot \omega \quad (15)$$

де K_1 - емпіричний коефіцієнт, що залежить від типу і розмірів осередків ситової поверхні, фізико-механічних властивостей сировини (вид, міцність, крупність тощо); $K_1 = (1,3...1,7) \cdot 10^{-4}$ для сит із розміром отворів до 3 мм; $K_1 = (2,2...5,2) \cdot 10^{-4}$ для лускатих сит із розміром отворів від 3 до 10 мм (менші розміри K_1 приймають для сит із меншими розмірами отворів);

ρ_n - густина продукту, що подрібнюється, кг/м³;

L - довжина ротора дробарки, м; $L = (0,32...0,64)D$.

Потужність електродвигуна молоткової дробарки N , кВт:

$$N = K_1 \cdot K_2 \cdot \rho_n \cdot D^2 \cdot L \cdot \omega \quad (16)$$

де $K_2 = (6,4...10,5)$ - емпіричний коефіцієнт, що враховує ступінь подрібнення продукту (менше значення K_2 приймають за грубого подрібнення, а більше - за тонкого).

Визначимо напруження, що виникають у молотку від відцентрової сили. Напруга при одновісному розтягуванні, що виникає в перерізі I-I (див. рис. 1), Па:

$$\sigma_{I-I} = \frac{F}{(b-a) \cdot \delta} \quad (17)$$

Допустиму напругу при цьому визначають за формулою:

$$[\sigma] = \frac{\sigma_T}{n} \quad (18)$$

де n - запас міцності ($n = 5$ - для молотка), $\sigma_T = 950-106$ Па.

Напруга зсуву τ , Па, у перерізах II - II і III - III (див. рис. 1):

$$\tau = \frac{F}{\delta \cdot (a - c - d)} \quad (18)$$

Напруга зминання $\sigma_{зм}$, Па, що виникає в молотку:

$$\sigma_{зм} = \frac{F}{\delta \cdot d} \quad (19)$$

Розрахункові значення напружень на розтягнення, зсув і зминання порівнюють із гранично допустимими значеннями напружень для сталі ЗОГХС.

Таблиця 1

Варіанти індивідуального завдання

№ п/п	D, м	b, м	a, м	v, м/с	δ , м	Марка дробарки
1	0.031	0,035	0,080	78	0,008	А1-КДО
2	0,032	0,035	0,080	78	0,008	
3	0,003	0,035	0,080	79	0,008	
4	0.034	0,035	0,080	79	0,008	
5	0,035	0,035	0,081	80	0,008	
6	0,035	0,036	0,081	80	0,008	
7	0.034	0,036	0,081	81	0,008	ДДК
8	0.034	0,036	0,081	81	0,009	
9	0,033	0,036	0,081	82	0,009	
10	0,033	0,036	0,082	82	0,009	

Практична робота №7

Тема: Розрахунок обладнання для розділювання туш

Мета: Провести розрахунок стрічкової пили

Тип обладнання, що застосовується під час приймання, розбирання та інспекції нутрощів у процесі нутрування тварин, залежить від способу їхнього забою.

При забої на безконвеєрних лініях внутрішні органи укладають на виробничі столи або візки. Якщо забій тварин проводиться на підвісному конвеєрі, то їх нутрують на конвеєрних столах.

Перед витяганням внутрішніх органів проводять розтяжку туші - це збільшення відстані між задніми кінцівками. Існує кілька варіантів пристроїв для цієї мети.

1) Розтяжка за допомогою ланцюга «з пальцем знизу».

Принцип дії: передній тролей переміщується пальцем прямої дії, задній тролей упирається у фіксатор, рух ланцюга триває доти, доки палець зворотної дії не пройде задній тролей.

Так забезпечується розтяжка кінцівок.

2) Розтяжки з гідро- або пневмоциліндром.

Принцип дії: задній тролей зупиняється фіксатором, а на передній тролей впливає шток пневмоциліндра і переміщує його до фіксатора, забезпечуючи необхідну відстань між кінцівками.

3) Розтяжка - «горбатий» шлях.

Після розтяжки задніх кінцівок розділяють грудну кістку і лонне зрощення, розрізають м'язи живота за білою лінією і проводять вилучення нутрощів.

Столи конвеєрні призначені для транспортування, розбирання та інспекції нутрощів тварин, являють собою стрічковий (для великої рогатої худоби) або ланцюговий (для дрібної рогатої худоби і свиней) конвеєр із чашоподібними

люльками малого та великого розміру, які чергуються для укладання внутрішніх органів.

Однією з операцій з оброблення туш є їх розпилювання. Туші розпилюють по хребту з боку спини на дві поздовжні половини.

Поздовжнє розпилювання туш може здійснюватися за допомогою переносних або стаціонарних пил, а також автоматичних установок для розділення туш ВРХ. Пили бувають переносні та стаціонарні. Переносні пили (механізований інструмент) застосовують для поділу на частини кісток або м'ясо-кісткової сировини, зокрема, для відрізання ніг, рогів, розтину грудини і поділу туш на напівтуші. Залежно від виду операції застосовують пили з пластинчастим, стрічковим або дисковим ріжучими полотнами. Пластинчасті полотна здійснюють зворотно-поступальний рух, а стрічкові та дискові рухаються в один бік.

Переносні пили за типом ріжучого органу поділяються на:

- Стрічкові;
- Дискові;
- Ланцюгові (лезо може бути як гладким, так і зубчастим).

Залежно від приводу пили ділять на електричні, пневматичні та гідравлічні.

Переносні стрічкові пили використовують для поздовжнього розпилювання туш ВРХ і свиней на напівтуші, розтину грудної клітки, розпилювання крижової кістки тощо.

Стрічкові пили можуть бути з лучком (з двохопорним пиляльним полотном - типу ФЕП) і без нього (з консольно-розташованим пиляльним полотном - типу ФЕГ).

Жорстке сталеве полотно здійснює зворотно-поступальний рух за рахунок кривошипно-шатунного механізму. Привід - електричний.

Лезо на пильному полотні зубчасте, зуби можуть бути з розведенням і без неї.

Стаціонарні дискові пили використовують для відокремлення рогів, кулаків, обробної кістки, у лініях із оброблення свинячих напівтуш на відруби тощо. Найбільшого поширення в промисловості набули стаціонарні однодискові пили. Багатодискові пили не знаходять застосування через труднощі розпилювання м'ясної сировини внаслідок її неоднорідності.

Стаціонарна однодискова пила звичайного виконання складається зі столу, електродвигуна, приводного вала і дискового полотна, встановленого на консольній частині вала. Виступаюча частина дискового полотна має запобіжний кожух. Продукція на розпилювання подається вручну і механічно.

Сучасні конструкції переносних дискових пил вирізняються високою продуктивністю, гарантують рівну поверхню зрізу, незначну кількість подрібнених кісток і безпеку в роботі. Пили оснащені пристроями миттєвої зупинки диска і регульованим механізмом, що дає змогу здійснювати розпилювання туш із мінімальними зусиллями під різними кутами до вертикалі та горизонталі. Пили розрізняють за цільовим призначенням, розмірами пиляльного полотна, формою і кроком зубів.

Розрахунок стрічкової пили

Визначити продуктивність Q і потужність електродвигуна N стрічкової пилки за варіантами таблиці 1.

Визначаємо товщину полотна стрічкової пилки b , м:

$$b = 0.001D \quad (1)$$

де D - діаметр шківів, м.

Визначаємо час нарізування порції продукту t_0 , с:

$$t_0 = \frac{60 \cdot l}{n_d \cdot \delta} \quad (2)$$

де l - довжина порції продукту, що нарізується, м;

pd - число подвійних ходів каретки, xv^{-1} ;

δ - товщина відрізаної скибочки, м.

Вважаючи порцію продукту суцільною, визначимо її масу за густини $\rho = 1100 \text{ кг/м}^3$:

$$m = l \cdot a \cdot h \cdot \rho \quad (3)$$

де a - ширина порції продукту, що нарізується, м;

Визначаємо продуктивність пилки Q , кг/год :

$$Q = \frac{3600 \cdot m}{T_{\text{ц}}} = \frac{3600 \cdot m}{t_3 + t_0} \quad (4)$$

де m - маса порції продукту, що нарізується, кг ;

$T_{\text{ц}}$ - тривалість циклу нарізування порції продукту, с ;

t_3 - час закріплення продукту, с , $t_3 = 1 \dots 2,5 \text{ с}$;

t_0 - час нарізування порції продукту, с .

Визначаємо силу натягу стрічки з урахуванням її реальної довжини $P_{\text{н}}$

$$P_{\text{н}} = P_{\text{н}}' \cdot L \quad (5)$$

де $P_{\text{н}}'$ - питома сила натягу, Н ($P_{\text{н}}' = 25 \dots 35 \text{ Н/м}$).

Визначаємо величину зменшення натягу від нагрівання стрічки

$$P_t = 2.5 \cdot 10^5 \cdot t \cdot B \cdot b \quad (6)$$

де t - температура нагріву полотна, $^{\circ}\text{C}$ ($t = 10 \dots 15^{\circ}\text{C}$);

B - ширина полотна, м.

Визначаємо загальну силу натягу $P_{\text{п}}$, Н :

$$P_{\text{п}} = P_{\text{н}} + P_t \quad (7)$$

Натяг стрічки в точці 1 (див. рис. 1) з найменшим натягом дорівнює попередньому натягу стрічки ($P_1 = P_{\text{п}}$), а натяг у точці 2

$$P_1 = P_2 = P_{\text{н}} \quad (8)$$

Визначаємо коефіцієнт жорсткості полотна ξ :

$$\xi = \frac{b}{D} \quad (9)$$

де b - товщина полотна, м;

D - діаметр шківів, м

Визначаємо натяг стрічки в точці 3:

$$P_3 = \frac{P_2 [1 + (C_n \cdot \sin \frac{\alpha}{2} + \zeta)]}{1 - (C_n \cdot \sin \frac{\alpha}{2} + \zeta)} \quad (10)$$

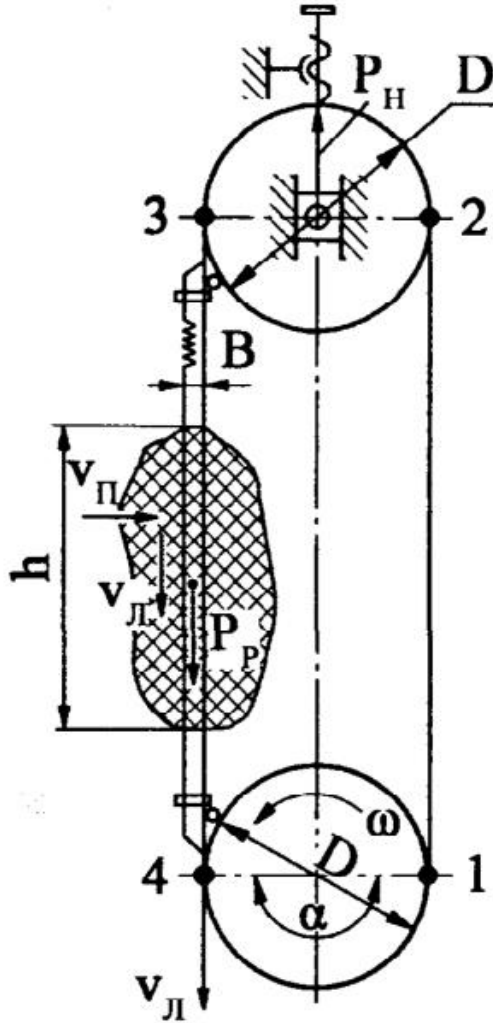


Рис. 1. Розрахункова схема стрічкової пили

де $C_{\text{п}}$ - приведений коефіцієнт опору в підшипниках шківів; для підшипників ковзання $C_{\text{п}} = 0,015 \dots 0,025$, для підшипників кочення $C_{\text{п}} = 0,002 \dots 0,008$;

α - кут охоплення стрічкою ведучого шківів, град;

ξ - коефіцієнт жорсткості полотна.

Визначаємо силу різання P_p , Н:

$$P_p = q \cdot b \cdot h \quad (11)$$

де q - питома сила різання Н/м²; для охолодженого і розмороженого м'яса $q = 50 \dots 80$ МН/м²; для замороженого м'яса $100 \dots 200$ МН/м²;

Визначаємо найбільший натяг стрічки P_4 , Н:

$$P_4 = P_3 + P_p \quad (12)$$

Визначаємо окружне зусилля P_0 , Н:

$$P_0 = P_4 - P_1 \quad (12)$$

Проводимо перевірку тягнучої здатності за формулою Л. Ейлера:

$$P_0 = P_n \cdot (e^{\mu \cdot \alpha} - 1) \quad (13)$$

де μ - коефіцієнт тертя стрічки на шківі ($\mu = 0,2 \dots 0,3$);

α - кут обхвату стрічкою ведучого шківів, рад.

Визначаємо окружну швидкість шківів v_0 , м/с:

$$v_0 = \frac{\pi \cdot n \cdot D}{60} \quad (14)$$

де n - частота обертання шківів, хв⁻¹;

D - діаметр шківів, м;

Визначаємо потужність стрічкової пилки N , кВт:

$$N = \frac{P_0 \cdot v_0 \cdot \eta_a}{1000 \cdot \eta} \quad (15)$$

де P_0 - окружне зусилля на ведучому шківі, Н;

v_0 - окружна швидкість на ведучому шківі, м/с;

η_a - коефіцієнт запасу, $\eta_a = 1,2 \dots 1,5$;

η - ККД приводу ($\eta = 0,9$).

Таблиця 1

Варіанти індивідуального завдання

№п/п	Розмір нарізаної порції $l*a*b$, мм	Число подвійних ходів каретки, n_d , $хв^{-1}$	Довжина стрічки Z, мм	Ширина пиляльного полотна, B, мм	Діаметр шківів, D, м	Товщина відрізаної скибочки, δ , мм	Частота обертання шківів, n , $хв^{-1}$
0	230x220x85	10	1.570	16	0.25	15	980
1	245x195x100	11	2.345	20	0.21	10	970
2	330x300x110	9	5.486	25	0.40	14	920
3	310x230x90	10,5	1.480	20	0.25	12	340
4	320x270x95	12	4.260	20	0.30	16	1020
5	240x190x115	11.5	1.840	16	0.32	18	920
6	250x220x110	12.5	1.820	16	0.34	20	940
7	260x240x150	9.5	2.490	16	0.36	13	650
8	270x250x130	13	1.600	16	0.38	17	1000
9	290x270x120	13.5	1.750	15	0.26	19	960
10	330x300x110	10,5	1.820	15	0.26	19	980

Практична робота №8-10

Тема: Обладнання для подрібнення та перемішування тваринної сировини

Мета: Провести розрахунок м'ясорубки, шпигоріза та кутера.

Подрібнення - технологічна операція, якій піддають майже всі види м'ясної сировини, що використовується в ковбасному і м'ясоконсервному виробництвах. Залежно від розміру одержуваних частинок подрібнення умовно можна розділити на велике, середнє і тонке.

Велике подрібнення застосовують при виробництві, наприклад, натуральних консервів, а також сирокочених ковбас. У першому випадку м'ясо нарізають на шматки масою 30...100 г, а для приготування сирокочених ковбас сировину перед посолом нарізають на шматки масою 300...500 г.

Середнє подрібнення м'ясної сировини необхідне під час вироблення копчених і сиров'ялених ковбас, а також деяких видів консервів.

Тонкому подрібненню піддають сировину під час виробництва сосисок, сардельок, варених і ліверних ковбас, а також консервів для дитячого дієтичного харчування.

Для великого подрібнення промисловість випускає м'ясорізальні машини, подрібнювачі м'ясних блоків і спеціально налаштовані на виконання такої операції шпигорізки.

Середнє подрібнення здійснюється за допомогою вовчків і шпигорізок із відповідним налаштуванням робочих органів.

Кутери, колоїдні млини, емульситатори, дезінтегратори та гомогенізатори призначені для одержання фаршу з частинками, що відповідають вимогам тонкого подрібнення.

Принципово всі м'ясорізальні машини схожі в одному: різання м'яса здійснюється у двох площинах відносно

його руху - в поздовжній і поперечній. Однак реалізація цього принципу в різних машинах неоднакова.

Машина для різання заморожених блоків м'яса - блокорізки.

До м'ясорізальних машин для грубого подрібнення відносять пили (пластинчасті, стрічкові, дискові) для поділу туш на напівтуші та чвертини; різакі з гідравлічним і пневматичним приводом, вібростікачі.

До цього класу належать машини для різання заморожених м'ясних блоків, зняття шкурки з пластів шпику і свинячих висівок; пластування шпику; порціонування м'яса і м'ясопродуктів; для різання шпику і м'яса на шматки певної форми і розміру.

Блокоризки призначені для подрібнення м'яса, сформованого і замороженого у вигляді прямокутних блоків. Розміри блоків різноманітні: в межах від $0,38 \times 0,19 \times 0,1$ м до $0,75 \times 0,48 \times 0,2$ м.

1. Розрахунок м'ясорубки

Визначити параметри шнека; продуктивність м'ясорубки Q ; потужність електродвигуна N . Дані для розрахунку наведено в таблиці 1.

Визначаємо параметри шнека: Параметрами шнека є його геометричні розміри (рис. 1). Визначаємо зовнішній діаметр шнека d_3 , м:

$$d_3 = (0.8 \dots 0.9) \cdot D \quad (1)$$

де D - діаметр ножової решітки, м.

Внутрішній діаметр шнека d_b , м:

$$d_b = (0.4 \dots 0.4) \cdot d_3 \quad (2)$$

Діаметр хвостовика шнека d , м:

$$d = (0.2 \dots 0.5) \cdot d_3 \quad (3)$$

Довжина шнека L , м:

$$L = (2.5 \dots 3.8) \cdot d_3 \quad (4)$$

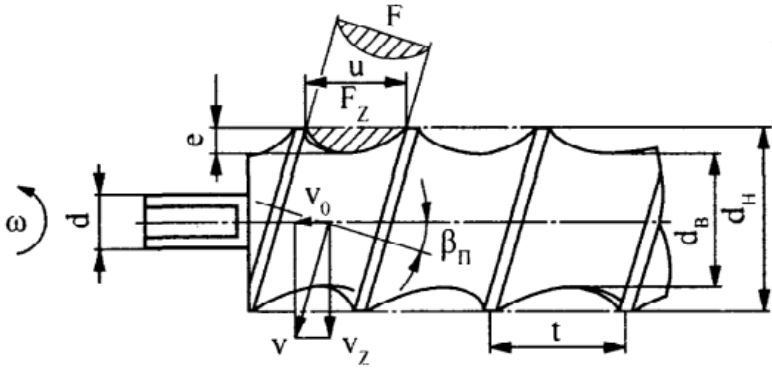


Рис.1. Параметри шнека м'ясорубки

З умови не проходження м'яса (намотування на вал шнека) мінімальний крок шнека t_{min} приймається рівним, м:

$$t_{min} = (0.7 \dots 0.8) \cdot d_3 \quad (5)$$

Визначаємо кут підйому гвинтової лінії β за формулою:

$$\beta = \arctg \left[\frac{t}{\pi \cdot d_3} \right] \quad (6)$$

де t - крок шнека, м.

Кут підйому останнього витка приймається $\beta_n = 7 \dots 10^\circ$.

Визначаємо крок останнього витка шнека t_o ;

$$t_o = tg \beta_n \cdot \pi \cdot d_3 \quad (7)$$

Визначаємо кількість витків шнека m , шт:

$$m = \frac{L}{t_{min}} \quad (8)$$

З огляду на змінність кроку, округлюємо до числа, яке буде кратне 0,5.

Визначаємо сумарну площу отворів у решітках

$$F_{01} = [\pi \cdot (r_{max}^2 - r_{min}^2) - 3 \cdot b \cdot l] \quad (9)$$

де r_{max} , r_{min} - зовнішній і внутрішній радіуси отворів підрізної решітки, м:

$$r_{max} = \frac{D}{2} - 0.005 \quad (10)$$

$$r_{min} = \frac{d_B}{2} \quad (11)$$

де b - ширина перемички підрізної решітки, м:

$$b = (0.14 \dots 0.15) \cdot D \quad (12)$$

де l - довжина леза підрізної решітки, м:

$$l = (r_{max} - r_{min}) - 0.001 \quad (13)$$

Сумарна площа отворів у першій ножовій решітці:

$$F_0^1 = \frac{\pi \cdot d_1^2}{4} \cdot z_1 \quad (14)$$

де d_1 - діаметр отвору в решітці, м;

z_1 - кількість отворів у ножовій решітці, шт.

Сумарна площа отворів у першій ножовій решітці:

$$F_0^2 = \frac{\pi \cdot d_2^2}{4} \cdot z_2 \quad (15)$$

де d_2 - діаметр отвору в решітці, м;

z_2 - кількість отворів у ножовій решітці, шт.

Визначаємо швидкість просування продукту v_0 , м/с:

$$v_0 = \frac{\pi \cdot n}{60} (r_3 + r_B) \cdot tg \beta_n \cdot k_B \quad (16)$$

де n - частота обертання шнека, xv^{-1} ;

r_3, r_B - зовнішній і внутрішній радіуси останнього витка шнека, м;

β_n - кут підйому гвинтової лінії останнього витка шнека, град;

k_B - коефіцієнт об'ємної подачі продукту, $k_B = 0,35 \dots 0,40$.

Визначаємо продуктивність м'ясорубки Q , кг/год:

$$Q = 3600 \cdot F_{01} \cdot v_0 \cdot \rho \cdot \varphi \quad (17)$$

де F_{01} - сумарна площа отворів у підрізній решітці, m_2 ;

v_0 - швидкість просування продукту через отвори першої ножової решітки, м/с;

ρ - густина продукту, kg/m^3 , $\rho = 1000 kg/m^3$;

φ - коефіцієнт використання площі отворів першої ножової решітки, практично $\varphi = 0,7 \dots 0,8$.

Визначаємо площу ножової решітки F_p , m^2 :

$$F_p = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \quad (18)$$

Визначаємо коефіцієнт використання площі решітки:

підрізної ножової решітки:

$$K_{п.р.} = \frac{F_{01}}{F_p} \quad (19)$$

першої ножової решітки:

$$K_{p1} = \frac{F_0^1}{F_p} \quad (20)$$

другої ножової решітки:

$$K_{p2} = \frac{F_2^1}{F_p} \quad (21)$$

Перевіряємо продуктивність шнекового пристрою $Q_{ш}$, $\text{м}^3/\text{с}$ м'ясорубки за формулою:

$$Q_{ш} = F \cdot \varphi_k \cdot v \quad (22)$$

де F - площа нормального перерізу гвинтової канавки шнека, м^2 ;

φ_k - коефіцієнт заповнення продуктом перерізу канавки, $\varphi = 0,6 \dots 0,8$;

v - середня швидкість переміщення продукту по гвинтовій спіралі, $\text{м}/\text{с}$.

Нормальний перетин F гвинтової канавки шнека має зазвичай форму, близьку до параболічного сегмента, і може бути прийнятий рівним:

$$F = \frac{2}{3} u \cdot e \quad (23)$$

де u - ширина гвинтової канавки шнека за його зовнішнім діаметром d_n , м :

$$u = (t_{min} + t_n) \cdot 0.5 - s \quad (24)$$

тут s - товщина витка, м ($s = 3 \dots 5$ мм);

e - глибина гвинтової канавки на діаметрі d_e , м :

$$e = 0.5 \cdot (d_3 - d_b) \quad (25)$$

Середня швидкість переміщення продукту по гвинтовій спіралі v , $\text{м}/\text{с}$:

$$v = \frac{v_z}{\cos \beta_n} \quad (26)$$

де v_z - окружна швидкість в осьовому перерізі гвинтової канавки в останньому витку, $\text{м}/\text{с}$:

Середня окружна швидкість продукту v_z залежить від окружної швидкості шнека, але менша за неї через зворотне прослизання продукту по поверхні шнека:

$$v_z = \pi \cdot d_{cp} \cdot n \cdot k_k \quad (27)$$

де d_{cp} - середній діаметр шнека, м:

$$d_{cp} = 0.5 \cdot (d_3 + d_b) \quad (28)$$

k_k - коефіцієнт ковзання продукту щодо поверхні витків шнека, $k_k = 0,3...0,4$.

Має виконуватися умова.

$$Q_{ш} \geq Q \quad (29)$$

Технологічна потужність м'ясорубки N , (Вт) розраховується за формулою:

$$N = \frac{N_1 + N_2 + N_3 + N_4}{\eta} \quad (30)$$

де N_1 - потужність, необхідна для розрізання продукту в ріжучому механізмі, Вт;

N_2 - потужність, необхідна для подолання тертя в ріжучому механізмі, Вт;

N_3 - потужність, необхідна для подолання тертя продукту об поверхню шнека, Вт;

N_4 - потужність, що витрачається на просування продукту через ріжучий механізм, Вт.

η - ККД механічного приводу, $\eta = 0,9$.

Потужність, необхідна для розрізання продукту в ріжучому механізмі, визначається за формулою:

$$N_1 = F_p \cdot (K_{п.р.} + 2K_{p1} + 2K_{p2}) \cdot \frac{60}{n} \cdot a \cdot z \quad (31)$$

де F_p - площа ножової решітки, м²;

$K_{п.р.}$, K_{p1} , K_{p2} , - коефіцієнти використання площі решіток, відповідно, підрізної, проміжної та вихідної;

a - питома витрата енергії на розрізання продукту, Дж/м², $a = (2,5...3,5) \cdot 10^3$ Дж/м².

n - частота обертання шнека, хв⁻¹;

z - кількість пір'я двостороннього ножа, шт. ($z=4$).

Потужність, необхідна на подолання тертя в ріжучому механізмі:

$$N_2 = \frac{\pi n}{60} \cdot P_3 \cdot (r_{max1} + r_{min1}) \cdot f_1 \cdot z \quad (32)$$

де P_3 - зусилля затягування різального механізму, Н;

r_{max1} , r_{min1} - зовнішній і внутрішній радіуси ножа, м (рис.2.):

$$r_{max1} = r_{max} + 0.001 \quad (33)$$

$$r_{min1} = r_{min} - 0.0015 \quad (34)$$

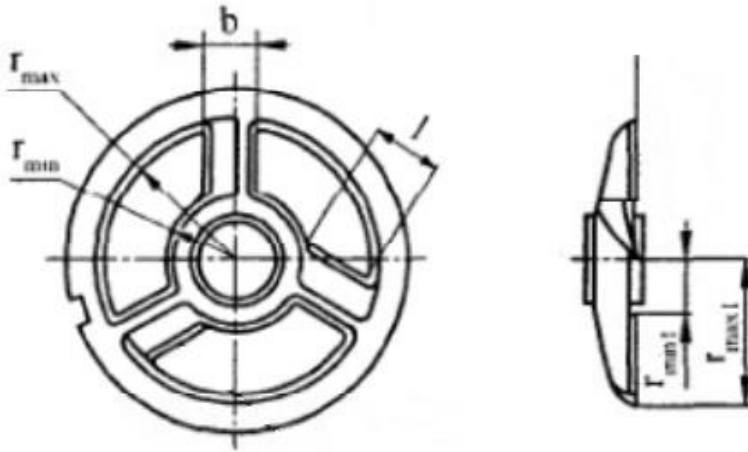


Рис.2. Зовнішній і внутрішній радіуси ножа

f_1 - коефіцієнт тертя ковзання ножа по решітці в умовах змащування соком продукту, $f_1 = 0,1$.

Зусилля затягування різального механізму визначається за формулою:

$$P_3 = P_y \cdot b_k \cdot z \cdot (r_{max1} - r_{min1}) \quad (35)$$

де P_y - усереднений питомий тиск на поверхні контакту ножів і решіток, Па, $P_y = (2...3) \cdot 10^6$ Па;

b_k - ширина майданчика контакту леза ножа і решітки, м, $b_k \approx 0,002$ м.

Потужність, необхідна для подолання тертя продукту об поверхню шнека:

$$N_3 = \frac{\pi^2 \cdot n}{45} \cdot P_y \cdot f \cdot m \cdot P_y \cdot k_B \cdot (r_3^3 - r_B^3) \quad (36)$$

тут f - коефіцієнт тертя продукту об шнек, $f = 0,3 \dots 0,5$;
 m - кількість витків шнека, шт.

Потужність, що витрачається на просування продукту через ріжучий механізм:

$$N_4 = \pi \cdot (r_3^2 - r_B^2) \cdot P_1 \cdot v_0 \quad (37)$$

де P_1 - тиск за останнім витком шнека, Па,

$$P_1 = P_1^n + P_1^{1n} + P_1^{2n} \quad (38)$$

Тиск за останнім витком, що являє собою суму тисків продавлювання продукту (P_n) через кожну решітку, розраховується за такою формулою:

для підрізної решітки ($d_o \approx l$):

$$P_1^n = \frac{4 \cdot \tau}{l} \quad (39)$$

для першої ножової решітки:

$$P_1^{1n} = \frac{4 \cdot \tau}{d_1} \quad (40)$$

для другої ножової решітки:

$$P_1^{2n} = \frac{4 \cdot \tau}{d_2} \quad (41)$$

де τ - напруга зрізу м'яса, Н/м, $\tau \approx 300$ Н/м.

Визначаємо технологічну потужність м'ясорубки за формулою (30).

Таблиця 1

Варіанти індивідуального завдання

№ п/п	Діаметр решітки D, мм	Діаметр отворів		Кількість отворів		Частота обертання шнека n, хв ⁻¹
		першої ножової решітки d ₁ , мм	другої ножової решітки d ₂ , мм	першої ножової решітки z ₁ , шт.	друга ножова решітка z ₂ , шт.	
0	82	9	5	30	90	190
1	60	9	5	42	84	170
2	54	4.5	3	48	100	160
3	105	9	5	54	132	200
4	82	5	3	90	225	180
5	105	5	3	132	276	140
6	54	7	4.5	18	48	120
7	120	9	5	65	202	135
8	98	9	3	52	378	175
9	60	5	3	42	84	130

2. Розрахунок шпигоріза

Визначити час подрібнення ти; розміри прохідного перерізу b і c; потужність електродвигуна N. Дані для розрахунку наведено в таблиці 2.

Визначаємо час подрібнення порції шпигу t_u , с:

$$t_u = \frac{60L}{x \cdot z \cdot n} \quad (42)$$

де L - довжина завантажувального короба, м;

x - подача продукту за час одного обороту відсікаючого ножа, м;

z - число ножів, що обертаються, шт;

n - частота обертання відсікаючого ножа, хв⁻¹.

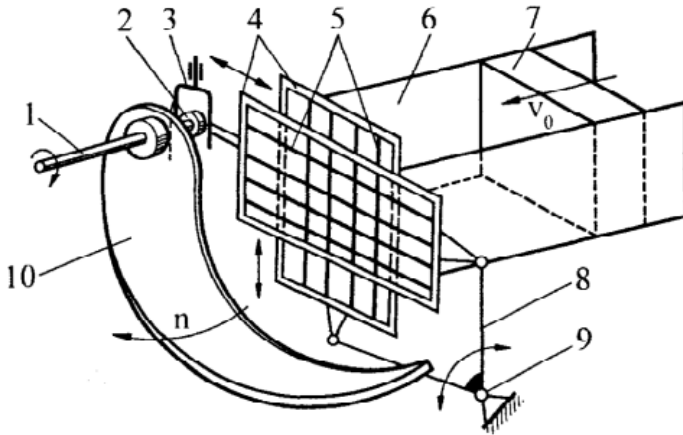


Рис.3 Принципова схема ріжучого вузла шпигоріза: 1 - приводний вал; 2 - ексцентрик; 3 - вилка; 4 - ножові рамки; 5 - пластинчасті ножі; 6 - короб живильника; 7 - штовхач; 8 - кутовий важіль; 9 - шарнір; 10 - серповидний ніж.

За час одного обороту ножа, що відсікає, штовхач живильника повинен просунути шпик через блок ножових рамок на відстань, що дорівнює довжині сторони кубика $x = a$ (див. рис. 3).

Визначимо швидкість подачі v_0 , м/с:

$$v_0 = x \cdot n \quad (43)$$

де x - подача продукту за час одного обороту відсікаючого ножа, м;

n - частота обертання відсікаючого ножа, s^{-1} .

Вважаючи прохідний перетин квадратним, $b = c$, за постійної частоти обертання відсікаючого ножа визначаємо розміри прохідного перетину:

$$b = \sqrt{\frac{Q}{3600 \cdot v_0 \cdot \rho \cdot \gamma}} \quad (44)$$

де Q - продуктивність, кг/год.

b - сторона прохідного перерізу горловини живильника, м;

v_0 - швидкість подачі продукту, м/с.

ρ - густина сировини, кг/м³, (для шпику $\rho = 920 \dots 960$ кг/м³);

γ - коефіцієнт заповнення завантажувального короба, $\gamma = 0,7 \dots 0,8$.

Округляємо до тих, що серійно випускаються $b = c = 0,10; 0,11; 0,12; 0,14; 0,15$ м.

Визначаємо продуктивність машини за заданих параметрів:

$$Q = \frac{3600 \cdot V \cdot \rho \cdot \gamma}{t_3 + t_u} \quad (45)$$

де V - об'єм завантажувального короба, м³;

$$V = b^2 \cdot L \quad (46)$$

де t_3 - час, що витрачається на укладання шматків шпику в завантажувальний короб і поворот короба в робоче положення, с, ($t_3 = 15 \dots 20$ с)

t_u - час подрібнення порції шпику, с.

Визначаємо кількість пластинчастих ножів у ножовій рамці:

$$Z_H = \frac{b}{a} - 1 \quad (47)$$

Визначаємо площу прохідного перерізу горловини живильника:

$$F_c = b \cdot c \quad (48)$$

Визначаємо сумарну площу плоских ножів, що перекривають прохідний переріз горловини живильника, за товщини ножа $\delta = 0,5 \cdot 10^{-3}$ м і кількості рамок $z_p = 2$ визначаємо за формулою:

$$F_c = b \cdot \delta \cdot z_H \cdot z_p \quad (49)$$

Визначаємо коефіцієнт ефективного використання:

$$\varphi = \frac{F_{ж}}{F_0} = \frac{F_0 - F_c}{F_0} \quad (50)$$

де $F_{ж}$ - «живий перетин» блоку ножових рамок, м²;

F_0 - площа прохідного перерізу горловини живильника, м²;

F_c - сумарна площа елементів ножових рамок, що перекривають прохідний перетин горловини живильника, m^2 .

Визначаємо ріжучу здатність механізму F , $m^2/хв$:

$$F = 2 \cdot v_0 \cdot z_H \cdot b + b^2 \cdot z \cdot n \quad (51)$$

де v_0 - швидкість подачі шпика по коробу в $m/хв$;

z_H - число пластинчастих ножів у рамці;

b - розмір квадратного перетину короба, m ;

z - число серповидних ножів;

n - число обертів вала серповидних ножів, $хв^{-1}$.

Визначаємо потужність, що витрачається на перерізування шпика серповидним ножом, N_1 , $Вт$:

$$N_1 = \frac{a \cdot \varphi \cdot F \cdot \eta_a}{60\eta} \quad (52)$$

де a - питома витрата енергії на перерізування шпика, $Дж/м^2$, ($a = (90...100) \cdot 10^3 Дж/м^2$);

φ - коефіцієнт ефективного використання прохідного перерізу блоку ножових рамок;

F - ріжуча здатність механізму, $m^2/хв$.

η_a - коефіцієнт запасу потужності, ($\eta_a = 1,3...1,5$);

η - ККД передач від двигуна до ножового вала ($\eta = 0,8...0,9$).

Визначаємо сумарну довжину лез ножів ножових рамок:

$$l_c = b \cdot z_H \cdot z_p \quad (53)$$

Визначаємо зусилля різання:

$$P_p = F_p \cdot \sigma_p + l_c \cdot a_{max} \cdot \tau_p \quad (54)$$

де F_p - площа поверхні різання, m^2 , ($F_p = F_c$);

σ_p - нормальна напруга, що виникає в продукті під дією тиску, створюваного живильником, $Н/м^2$, $\sigma_p = (4...6) \cdot 10^5 Н/м^2$;

τ_p - дотична напруга, що діє на поверхні розрізу продукту, $Н/м^2$, $\tau_p = (8...10) \cdot 10^5 Н/м^2$;

l_c - сумарна довжина лез плоских ножів ножових рамок, m ;

a_{\max} - найбільша величина подачі шпику за один оберт ножа, м.

Визначаємо потужність, необхідну для просування шпику:

$$N_2 = P_p \cdot v_0 \quad (55)$$

де P_p - зусилля різання плоскими ножами, Н.

Технологічна потужність шпигоріза:

$$N = N_1 + N_2 \quad (56)$$

де N_1 - потужність, що витрачається на перерізання шпику серповидним ножом, Вт;

N_2 - потужність, що витрачається на просування шпику живильником через блок ножових рамок, Вт.

Таблиця 2

Варіанти індивідуального завдання

№ п/п	Продуктивність Q, кг/год	Розміри кубика, що нарізується, а*а*а, мм	Довжина завантажувального бункера L, м	Частота обертання робочого органу n, хв ⁻¹
0	500	8x8x8	0.4	200
1	600	6x6x6	0.45	180
2	700	12x12x12	0,5	210
3	800	24x24x24	0.55	190
4	400	16x16x16	0.6	220
5	500	4x4x4	0.65	230
6	750	12x12x12	0,7	240
7	650	16x16x16	0.57	250
8	550	6x6x6	0.47	170
9	480	8x8x8	0.67	260

3. Розрахунок кутера

Визначити час подрібнення м'ясної сировини t ; продуктивність кутера Q ; потужність приводу N . Дані для розрахунку наведено в таблиці 3.

Визначаємо геометричний об'єм робочої ємності чаші V , м³:

$$V = \frac{G}{\rho \cdot \varphi} \quad (57)$$

де G - маса одноразового завантаження сировини, кг;
 ρ - густина сировини, кг/м³ (для фаршу $\rho = 900 \dots 1100$ г/м³);
 φ - коефіцієнт заповнення об'єму чаші;

- для кутерів із гладкою відкидною кришкою, на якій не встановлені підшипники ножового вала, $\varphi = 0,6$,

- для кутерів, у яких підшипники ножового вала встановлені на кришці чаші з виступом всередину чаші, $\varphi = 0,55$.

Обчислене значення об'єму округляємо до тих, що серійно випускаються (л): 40, 45, 60, 65, 80, 90, 100, 125, 150, 200, 250, 325, 500.

Визначаємо розрахунковий радіус чаші R , м. Аналіз серійно випущених кутерів показав, що радіус пов'язаний з об'ємом чаші V такою залежністю:

$$R = \sqrt[3]{\frac{V}{0,85 \cdot \pi^2}} \quad (58)$$

де V - геометричний об'єм робочої ємності чаші, м³.

Визначаємо площу сегмента S_0 , яким утворена внутрішня частина чаші кутера, при цьому з конструктивних міркувань радіус обертання центру тяжіння площі S_0 навколо вертикальної осі обертання приймається $R_1 = (1,15 \dots 1,20) \cdot R$, м:

$$S_0 = \frac{V}{2 \cdot \pi \cdot R_1} \quad (59)$$

де R_1 - радіус обертання центру ваги площі S_0 навколо вертикальної осі обертання, м.

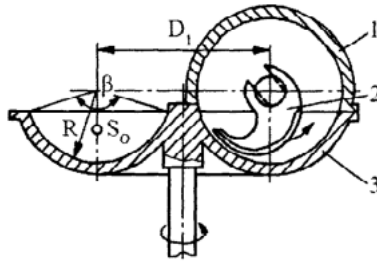


Рис.4. Ріжучий механізм кутера: 1 - кришка; 2 - серповидний ніж; 3 - чаша

Обчислюємо площу перерізу шару фаршу S_1, m_2 , що подається під ножі:

$$S_1 = \frac{V_3}{2 \cdot \pi \cdot R_1} = \varphi \cdot S_0 \approx \frac{G}{2 \cdot \pi \cdot R_1 \cdot \rho} \quad (60)$$

де V_3 - обсяг завантаження, m_3 .

Розраховуємо мінімально необхідний час подрібнення порції продукту:

$$t_u = \frac{60 \cdot G \cdot F_1}{\varphi_0 \cdot F_0} = \frac{60 \cdot G \cdot F_1}{\varphi_0 \cdot S_1 \cdot z \cdot n} \quad (61)$$

де F_1 - площа розділу під час подрібнення 1 кг продукту, m_2/kg , ($F_1 = 1,05 \dots 1,1 m_2/kg$);

φ_0 - коефіцієнт використання ріжучої здатності механізму подрібнювача, $\varphi_0 = (0,7 \dots 0,8)$;

F_0 - ріжуча здатність механізму, m^2/xv ;

S_1 - площа розрізу шару фаршу одним ножом за один оборот, m^2 ;

z - кількість ножів у ріжучому механізмі, шт;

n - частота обертання ножового вала, xv^{-1} .

Отримане значення порівнюємо з рекомендованим $t_u = 180 \dots 240$ с.

Знаходимо тривалість циклу обробки порції продукту:

$$T_{ц} = t_u \cdot (1 + \alpha_0) \quad (62)$$

де α_0 - частка продуктивності підсобних операцій від тривалості операції подрібнення ($0,5 \dots 0,6$).

Визначаємо продуктивність кутера періодичної дії:

$$Q = \frac{3600 \cdot G}{T_{ц}} \quad (63)$$

Визначаємо потужність, необхідну для подрібнення сировини:

$$N_1 = \frac{a \cdot S_1 \cdot z \cdot n \cdot \eta_a}{60 \cdot \eta \cdot \eta_{ч}}$$

де a - питома витрата енергії на перерізання шару фаршу одним ножом за один оберт, Дж/м² (під час подрібнення м'ясної сировини за окружної швидкості ножів до 30 м/с без додавання до фаршу води $a = 2700 \dots 3100$ Дж/м², з додаванням до фаршу води - $a = 2000 \dots 2400$ Дж/м²);

η_a - коефіцієнт запасу потужності, ($\eta_a = 1,3 \dots 1,5$);

η - ККД передач від двигуна до ножового вала ($\eta = 0,8 \dots 0,9$);

$\eta_{ч}$ - коефіцієнт, що враховує втрати енергії на обертання чаші в кутерах ($\eta_{ч} = 0,9$).

Таблиця 3

Варіанти індивідуального завдання

№ п/п	Маса одноразового завантаження сировини G, кг	Число ножів у механізмі z, шт	Частота обертання робочого органу n, хв ⁻¹
0	22	2	1400
1	24	4	1450
2	33	2	1500
3	35	4	1550
4	44	6	1600
5	49	8	1650
6	55	4	1630
7	68	6	1530
8	82	8	1480
9	110	10	1570

Література

1. Серьогін О. О., Пономаренко В. В., Люлька Д. М. Технологічне обладнання харчових виробництв : конспект лекцій для студ. напряму підготовки 6.050502 «Інженерна механіка» (спеціальності «Обладнання переробних і харчових виробництв») денної та заочної форм навчання. К. : НУХТ, 2011. 160 с.
2. Основи розрахунку та конструювання обладнання переробних і харчових виробництв: підручник / ТДАТУ; за ред. Самойчука К. О. К : ПрофКнига, 2020. 428 с.
3. Шинкарик М. М., Ворощук В. Я. Технологічне обладнання консервної промисловості : навч. посібник. Тернопіль : ФОП Паляниця В. А., 2023. 284 с.
4. Дацишин О. В., Гвоздев О. В., Ялпачик Ф. Ю., Рогач Ю. П. Механізація переробки і зберігання плодоовочевої продукції. Київ : "Мета", 2003. 287 с.
5. Дацишин О. В., Ткачук А. І., Гвоздев О. В. Технологічне обладнання зернопереробних та олійних виробництв. Вінниця: "Нова книга", 2008. 468 с.
6. Машини та обладнання для тваринництва. Том 1. / О. А. Науменко, І. Г. Бойко, О. В. Нанка; за ред. І. Г. Бойко. Х. : 2006. 225 с.
7. Практикум по машинах та обладнанню для тваринництва / Бойко І., Грідасов В., Дзіба А. та ін. ; За ред. О. П. Скорика, О. І. Фісяченка. Харків : ХДТУСГ, 2004. 272 с.
8. Скляр О. Г. Механізація технологічних процесів у тваринництві : навч. посібник / О. Г. Скляр, Н. І. Болтянська. Мелітополь : Колор Принт, 2012. 720 с.
9. Обладнання підприємств переробної і харчової промисловості / І. С. Гулий, М. М. Пушанко, Л. О. Орлов та ін. За ред. Гулого І. С. Вінниця : Нова книга. 2001. 576 с.

Додатки

Додаток 1

Фізико-механічні характеристики зернових культур і бур'янистих домішок

Назва культур	Лінійні розміри, мм			Вага 1000 зерен, г	Об'ємна маса, кг/м ³	Щільність, кг/м ³	Коефіцієнт внутрішнього тертя	Коефіцієнт зовнішнього тертя			Швидкість витання, м/с
	довжина	ширина	товщина					по дереву	по сталі	по бетону	
Пшениця	4,8-8,6	1,6-4,0	1,5-3,8	20-40	650-815	1270-1490	0,47	0,40	0,37	0,40	9-12
Гречка	4,2-6,2	2,8-3,7	2,4-3,4	21	510-700	1180-1280	0,52	0,44	0,37	0,42	8,3-9,7
Мука хлібопекарська	0,05-0,01				550-600	1360	1,42	0,7-0,85	0,4-0,65		1,3
Мука макаронна	0,150-0,530				770-900	1460	1,42	0,7-0,85	0,4-0,65		1,3
Кукурудза	5,5-13,5	5,0-11,5	2,5-8,0	286	600-770	1240-1350	0,53	0,35	0,37	0,42	8,5-11
Ячмінь	7,0-14,6	2,0-5,0	1,2-4,5	31-51	600-715	1230-1300	0,51	0,40	0,37	0,43	8,5-11

Розміри отворів сепарувальних сит

Очищувана культура	Розміри сит, мм		
	Сортувальне сито	Розвантажувальне сито	Підсівне сито
Пшениця	8-7-6,5	5-6	1,7x20
Жито	8-6,5-6	5-6	1,5x20
Ячмінь	10-9-8	6-7	2x20
Овес	11-10-9	6-7	1,8x20
Кукурудза	12-10-8	7-8	3,0
Насіння соняшнику-нічника	12-8-6	6-7	3,0
Просо	6,5-5,4	4-5	1,4x20
Гречка	8-7-6	5-4	3,0
Горох	10-12	6-7	4.5