

# **Машини та обладнання для тваринництва**

## **Лекція № 4**

**2 години**

### **Кормоприготування.**

#### **Машини і обладнання для переробки соковитих кормів**

- 4.1. Основи теорії різання коренебульбоплодів.
- 4.2. Способи очищення коренебульбоплодів, класифікація машин для їх обробки та основні вимоги до цих машин.
- 4.3. Схеми машин для сухого очищення, миття й подрібнення коренебульбоплодів.
- 4.4. Розрахунок параметрів шнекових мийок-коренерізок.
- 4.5. Розрахунок параметрів дискового подрібнювача коренеплодів.
- 4.6. Розрахунок параметрів решітчасто-ножового подрібнювального апарата.

### 6.1. Основи теорії різання коренебульбоплодів

Різнання коренебульбоплодів здійснюється **різцем**, який має форму клина. Він відрізняється від ножа, що використовується для різання грубих кормів, більшим кутом загострення.

Теорію різання різцем металів розробив російський учений І.Тіме. Теорію різання сільськогосподарських матеріалів, а саме, ґрунту, стеблових матеріалів, коренеплодів тощо обґрунтував академік В.П. Горячкін, який назвав її **теорією клина**.

Різнання коренебульбоплодів порівняно з різанням стеблових кормів проходить інакше. Це пов'язано з фізико-механічними властивостями й геометричними параметрами цього виду кормів. Процес створення стружки при входженні клина у коренебульбоплід зображено на рис. 6.1.

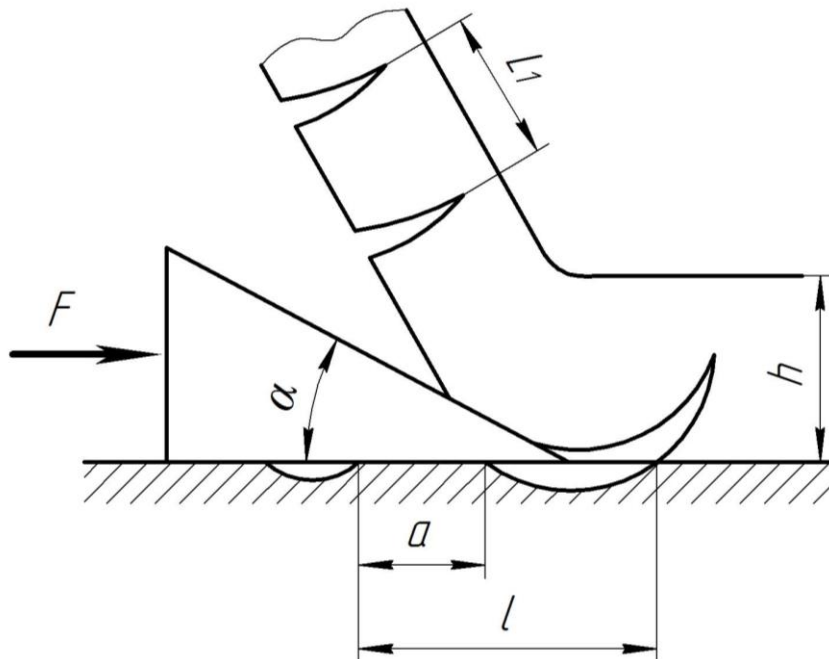


Рисунок 6.1. Схема входження клина і створення стружки

Клин з кутом  $\alpha$  входить у матеріал під дією сили  $F$  і стискає його на шляху  $a$ . У момент, коли напруження в матеріалі досягне граничного, проходить сколювання стружки на довжині  $l$ , яка буде значно перевищувати відрізок стискання  $a$ . Сколювання дещо випереджає лезо клина. Спочатку проходить заглиблення в товщу матеріалу, а потім воно йде в напрямку поверхні під деяким кутом, але до кінця не доходить. У цей час опір на входження клина практично зникає. Клин проходить далі відрізком  $l$  і знову входить у матеріал. Процес повторюється. Таким чином утворюється стружка зі сколами. Академік В.П. Горячкін запропонував шлях  $a$  визначати за формулою

$$a = \frac{h \cdot \cos \varphi \cdot \sin^2 \left( \frac{90^\circ - \varphi}{2} \right) \cdot \cos \left[ \frac{(\varphi + \varphi_1 - \alpha)}{2} \right]}{\cos^3 \left[ \frac{(\varphi + \varphi_1 - \alpha)}{2} \right]}, \quad (8.1)$$

де  $h$  – товщина стружки, м;  $\alpha$  – кут різання, град;

$\varphi$  – кут тертя матеріалу на гранях клина, град;

$\varphi_1$  – кут тертя в площині, град.

Оскільки сколювання стружки проходить практично без ковзання по площині сколювання, то можна вважати, що  $\varphi_1 = 0$ . Формула (8.1) буде мати вигляд

$$a = \frac{0,5h \cdot \cos \varphi \cdot \cos \left[ \frac{(\varphi - \alpha)}{2} \right]}{\cos^3 \left[ \frac{(\varphi - \alpha)}{2} \right]}. \quad (8.2)$$

При цьому відношення  $a$  до  $l$  визначають за формулою

$$\lambda_{CT} = \frac{a}{l} = \frac{0,5 \cos \varphi \cdot \cos \left[ \frac{(\varphi - \alpha)}{2} \right]}{(0,34 + 0,026a + 0,5h) \cos^3 \left[ \frac{(\varphi - \alpha)}{2} \right]}. \quad (8.3)$$

Отримані формули та дослідні дані показують, що довжини  $a$  і  $l$  залежать від товщини стружки  $h$  і кута різання  $\alpha$ , а також кута тертя  $\varphi$  і майже не залежать від швидкості різання й товщини ножа.

При різанні коренебульбоплодів використовується 1-й спосіб – **нормальне різання (рубання)**. Це пояснюється тим, що значну частину шляху в процесі різання  $(l - a)$  лезо взагалі не навантажене. Окрім цього, встановлення леза під деяким кутом  $\tau$  призводить до ускладнення конструкції подрібнювача без особливих енергетичних переваг.

**Загальне зусилля різання коренебульбоплодів** можна визначити, використавши **раціональну формулу** акад. В.П. Горячіна

$$F_{PI3} = F_0 + k \cdot b \cdot h + \varepsilon \cdot b \cdot h \cdot V_{PI3}^2, \quad (8.4)$$

де  $F_0$  – деякий постійний опір різанню лезом, Н;

$k$  і  $\varepsilon$  – коефіцієнти пропорційності, отримують експериментально, Н/м<sup>2</sup>;

$b$  і  $h$  – ширина і товщина стружки, м;  $V_{PIЗ}$  – швидкість різання, м/с.

Складові формули розділяють загальний опір на три частини: деякий постійний опір різанню лезом  $F_0$ , який не залежить від перетину стружки; опір деформації матеріалу  $F_g$ ; опір, який залежить від швидкості різання і відкидання стружки  $F_V$ . Формулу (8.4) можна записати у загальному вигляді

$$F_{PIЗ} = F_0 + F_g + F_V . \quad (8.5)$$

Опір різанню лезом  $F_0$ , за даними дослідника Г.І. Новикова, залежить в основному від механічної міцності матеріалу, параметрів ножа (товщини леза і кута різання  $\alpha$ ), товщини стружки  $h$  і визначається

$$F_0 = \beta \cdot \Delta L \cdot t^m \cdot \lambda , \quad (8.6)$$

де  $\beta$  – коефіцієнт, який залежить від міцності подрібнюваного матеріалу (для буряків  $\beta=10,4$ ; для моркви  $\beta=7,5$ ; для картоплі  $\beta=6,5$ );

$\Delta L$  – довжина навантаженої частини леза ножа, см;

$t$  – товщина леза ножа,  $t=0,003...0,01$  см;

$m$  – показник степеня (для буряка  $m=0,53$ ; для моркви  $m=0,5$ ; для картоплі  $m=0,55$ ).

Опір деформації матеріалу  $F_g$  визначають за формулою

$$F_g = \frac{k}{\xi} \cdot \Delta L \cdot h , \quad (8.7)$$

де

$$\xi = 0,34 + 0,026a + 0,5h ; \quad (8.8)$$

$$k = \frac{0,2k_{ck} \cdot \sin(\alpha + 2\varphi) \cdot \cos\left(\frac{\varphi - \alpha}{2}\right)}{\cos^5\left(\frac{\varphi + \alpha}{2}\right)} , \quad (8.9)$$

де  $k_{ck}$  – граничне напруження сколювання (для буряків

$k_{ck}=9,3 \cdot 10^4$  Н/м<sup>2</sup>, для моркви  $k_{ck}=5,1 \cdot 10^4$  Н/м<sup>2</sup>; для картоплі

$k_{ck}=3,8 \cdot 10^4$  Н/м<sup>2</sup>).

Опір, який залежить від швидкості різання і відкидання стружки  $F_V$  визначають за формулою

$$F_V = 0,025 \Delta L \cdot h \cdot V_{PIZ}^2 . \quad (8.10)$$

В інженерних розрахунках використовують простішу формулу для розрахунків зусилля різання:

$$F = \Delta L \cdot q , \quad (8.11)$$

де  $q$  – середнє питоме зусилля різання,  $q=0,17-0,20$ Н/м.

Значення питомого зусилля різання для різних коренебульбоплодів різне, залежить від властивостей коренеплодів, кута установки і товщини леза, стану робочої поверхні тощо.

Для подрібнення коренебульбоплодів використовують ножі різної форми: плоскі з прямим і гребінчастим лезом, плоскі з криволінійним лезом і совкоподібні. Кут заточування ножів  $25^\circ$ , матеріал для виготовлення – інструментальна сталь У9 або марганцева сталь 65Г і 70Г.

## 6.2. Способи очищення коренебульбоплодів, класифікація

### машин для їх обробки та основні вимоги до цих машин

Процес приготування коренебульбоплодів до згодовування тваринам при промисловому виробництві продукції тваринництва складається з операцій **очищення, подрібнення й термічної обробки**. Тому машини та обладнання для їх приготування, як правило, комбіновані й об'єднують очисні та подрібнювальні робочі органи.

Очищення коренебульбоплодів від ґрунту здійснюється **сухим і вологим** способами.

**Сухий спосіб** – це відділення ґрунту від коренебульбоплодів відбиванням і відтиранням його при співударянні їх між собою та з робочими органами машин. Відбувається це при інтенсивному перемішуванні з наступним відсіванням ґрунту на сепараційних решітках.

**Мокрий спосіб (миття)** ґрунтується на зміні механічних властивостей ґрунту при його розмоканні (збільшенні вологості) та покращенні його відділення за рахунок цього від коренів та бульб. Миття

також характеризується відділенням ґрунту водою за рахунок її поверхневої активності. **Процес миття коренеплодів відбувається у дві фази:** спочатку проходить розмокання ґрунту, а пізніше його відділення. Тривалість фази розмокання становить близько 40с, а фази відділення – 20с. Мокрий спосіб очищення також дозволяє здійснити відділення від корму каміння і металевих включень унаслідок різниці їх густин.

Краще очищення досягається вологим способом, але при цьому зростають затрати за рахунок необхідності використання води та здійснення процесу приготування коренебульбоплодів у зимовий період в утеплених приміщеннях. З екологічної точки зору цей спосіб є гіршим через необхідність очищення відпрацьованої води.

#### **Мийки коренебульбоплодів поділяють:**

- 1) за способом організації технологічного процесу:
  - **перервної дії;**
  - **неперервної дії;**
- 2) за типом робочих органів:
  - **барабанні;**
  - **кулачкові (бильні);**
  - **гвинтові (шнекові);**
  - **дискові (відцентрові);**
  - **струменеві (гідроелеваторні).**

#### **Подрібнювачі коренебульбоплодів поділяють на:**

- **коренерізки;**
- **коренетерки;**
- **молоткові подрібнювачі;**
- **пастоприготовлювачі;**
- **м'ялки.**

**Робочі органи подрібнювачів:** різальні апарати, молоткові барабани, терчасті поверхні, решітчасто-ножові подрібнюючі апарати. Подрібнювачі коренеплодів за схемою встановлення можуть бути вертикально-дискові, горизонтально-дискові, барабанні й відцентрові.

**Основні вимоги до корму,** приготовленого із коренебульбоплодів. Для згодовування коренеплодів тваринам забрудненість продукту не повинна перевищувати 3% від маси. Розмір часток основної фракції після подрібнення для ВРХ повинен бути 10...15мм, для свиней – 7...8мм, для птиці – мезга. Забрудненість коренебульбоплодів після збирання й зберігання складає 5% і більше. Для того, щоб підготувати коренебульбоплоди до згодовування, їх необхідно очистити і подрібнити.

**Основні вимоги до машин** для приготування коренеплодів такі:

- універсальність, здатність переробити всі види коренеплодів;
- мати можливість регулювати розмір подрібнюваного продукту для всіх груп тварин;
- забезпечення якості очищення, подрібнення відповідно до зоотехнічних рекомендацій;
- наявність пристроїв для видалення сторонніх домішок (камені, ґрунт, металеві включення) без забруднення навколишнього середовища;
- зручний доступ до робочих органів для їхнього очищення, заміни і регулювання;
- можливість механізованого завантаження сировини і видалення готової продукції, а також автоматизації процесу;
- простота конструкції, надійність і зручність в експлуатації;
- низька метало- та енергоємність.

### **6.3. Схеми машин для сухого очищення, миття й подрібнення коренебульбоплодів**

Для **сухого очищення** коренебульбоплодів застосовують **щіткові, кулачкові і шнекові** машини (рис. 8.2).

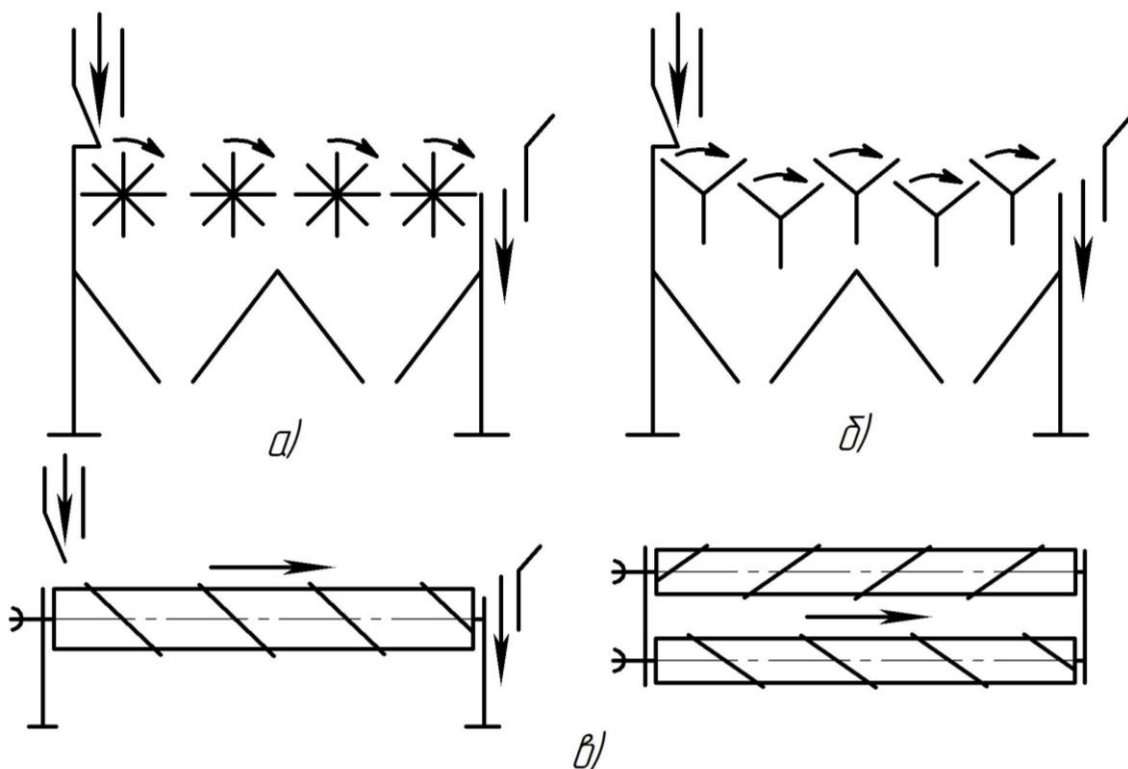


Рисунок 8.2. Схеми машин для сухого очищення коренебульбоплодів:  
а – щіткові; б – кулачкові; в – шнекові.

**Щітковий очисник** (рис. 8.2а) складається з циліндричних щіток, довжина яких залежить від заданої продуктивності машини. Очищення проходить за рахунок тертя щіток, які обертаються, по бульбах, одночасно останні переміщуються до виходу з машини. Частоту обертання і жорсткість щіток добирають такими, щоб забезпечити очищення і уникнути пошкоджень коренебульбоплодів. Недолік – для забезпечення необхідної чистоти бульбоплодів необхідно встановлювати багато щіток, враховуючи їх довжину. Це призводить до значних розмірів і великої маси машини. Тому щіткові очисники не набули поширення.

**Кулачковий очисник** (рис. 8.2б) складається з кількох валів із кулачками. Вали можуть розміщуватись в один або два яруси, форма кулачків також може бути різною. Під час обертання валів кулачки діють на коренебульбоплоди, очищаючи їх і передаючи на вихід.

**Шнековий очисник** (рис. 8.2в) складається з двох або кількох пар шнеків. Кутова швидкість шнеків різна (при рівних діаметрах), тому при їх обертанні коренеплоди переміщуються вздовж них і за рахунок тертя очищаються.

Кулачкові й шнекові очисники добре очищають коренеплоди від вільного ґрунту, а шнекові – й від рослинних залишків (на кулачкові вали рослинні залишки частково намотуються). Ці очисники не задовольняють вимог до очищення коренеплодів при приготуванні кормів, тому їх здебільшого використовують на збиральних комбайнах для попереднього очищення коренеплодів.

Кращу якість очищення забезпечують коренебульбомийки. Схеми таких машин зображено на рис. 8.3.

**Загальні вимоги** до роботи мийок такі:

- універсальність, – для миття всіх видів коренебульбоплодів;
- висока якість миття при малих затратах води (не більше 0,4л на 1кг коренебульбоплодів) при високій продуктивності;
- наявність пристроїв для видалення сторонніх домішок (камені, ґрунт тощо);
- регулювання часу перебування продукту в мийці залежно від забрудненості;
- зручний доступ до робочих органів для їх очищення, заміни й регулювання;
- можливість повторного використання води (рециркуляція).

**Кулачкова мийка** (рис. 8.3а) складається з кількох валів із кулачками, які розміщені у ванні з водою. При обертанні валів коренебульбоплоди переміщуються у ванні до виходу, одночасно очищаються кулачками й омиваються водою. Бруд осідає в нижній частині ванни і періодично видаляється.



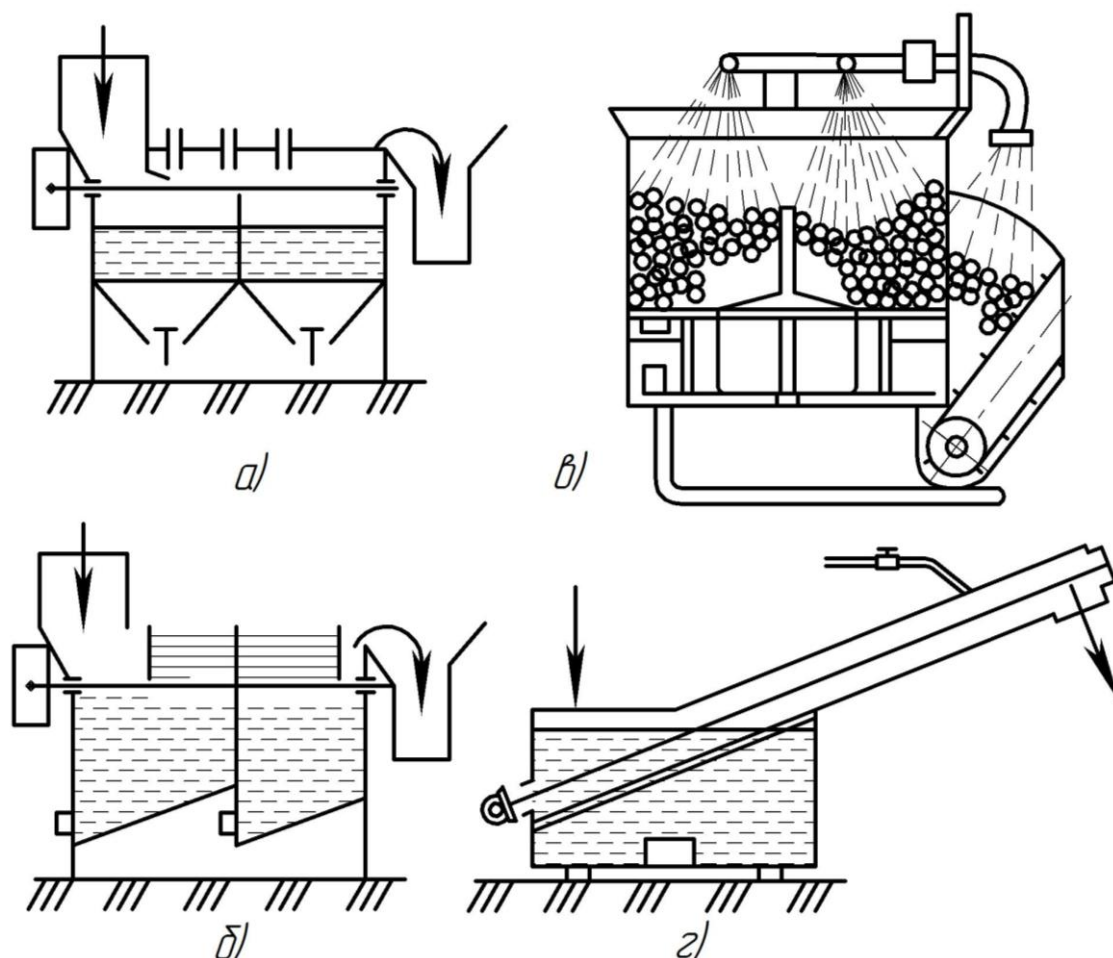


Рисунок 8.3. Схеми коренебульбомийок:  
 а – кулачкові; б – барабанні; в – дискові; г – шнекові.

**Барабанна мийка** (рис. 8.3б) має ванну і горизонтально або під малим кутом розміщено барабан, частково занурений у воду. Циліндрична частина барабана виготовлена з прутків або шин, розміщених із зазором. На внутрішній поверхні циліндра закріплено гвинтову навивку. При обертанні барабана коренебульбоплоди, які потрапляють у барабан, періодично занурюються у воду, перекочуються і обтираються між собою і об стінки барабана, омиваються водою. Шнекова навивка переміщує коренебульбоплоди на вихід із мийки. Очищення ванни від бруду аналогічне кулачковій мийці.

**Дискова мийка** (рис. 8.3в) має вертикальну циліндричну камеру, в нижній частині якої розміщено диск із лопатями. Над камерою встановлено розбризкувач води. Мийка працює так. Коренебульбоплоди завантажуються в камеру на диск, який обертається, зверху коренебульбоплоди поливаються водою. Лопаті диска їх перемішують, вони обтираються й омиваються водою, а потім викидаються з камери. Мийка обладнується циркуляційною системою подавання й відстоювання води.

**Шнекові мийки** (рис. 8.3 $\epsilon$ ) виготовляють з вертикальним і похилим шнеком. Нижня частина шнека розміщується у ванні з водою, у його верхній частині монтується колектор для подавання води. Коренебульбоплоди завантажуються у ванну, де відмокають, а потім захоплюються шнеком і транспортуються вгору й омиваються водою, яка подається через колектор. Для шнекових мийок важливим є час перебування коренебульбоплодів у ванні з водою. За цей час бруд, який є на них, повинен відмокнути, а потім у шнеку змитись водою.

Кулачкові й барабанні мийки використовують у технологічних лініях, де необхідно переробити значну кількість коренебульбоплодів (цукрові й спиртові заводи тощо). В умовах кормоцехів на фермах раціональніше використовувати дискові та шнекові мийки. Перевагу надають шнековим завдяки меншій питомій метало- та енергоємності.

**Коренебульборізки** за конструкцією робочих органів поділяють на **дискові** й **барабанні** (рис. 8.4). Подрібнення може виконуватися у молоткових і штифтових подрібнювачах, але якість подрібнення й питомі енерговитрати не задовольняють споживача.

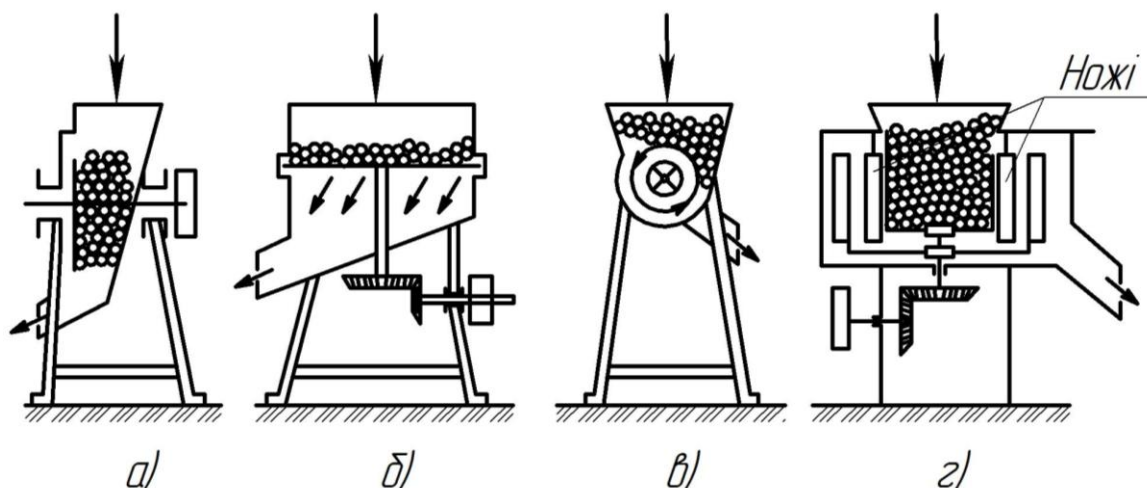


Рисунок 8.4. Схеми подрібнювачів коренебульбоплодів:

*а* – дисковий вертикальний; *б* – дисковий горизонтальний; *в* – барабанний; *г* – відцентровий.

**Дискові подрібнювачі** з горизонтальним (рис. 8.4*а*) і вертикальним (рис. 8.4*б*) валами прості за конструкцією. Робочий орган подрібнювача – диск із прорізами, над якими встановлено ножі, які при обертанні диска зрізують стружку з коренебульбоплодів, розміщених у камері подрібнення. **Недоліки.** Схема *а*: під час роботи подрібнювача проходить заклинювання коренебульбоплодів між диском і протилежною стінкою камери подрібнення, що призводить до збільшення енерговитрат на подолання тертя диска об коренебульбоплоди. Схема *б*: після зрізування стружка падає на дно подрібнювача. Для її видалення необхідно встановлювати викидач або закріплювати лопаті в нижній частині диска.

**Барабанний подрібнювач** (рис. 8.4в) може бути з горизонтальним валом, на якому закріплений барабан з ножами або з похилим валом, на якому встановлено циліндричний або конічний пустотілий барабан, по поверхні якого просічками в шаховому порядку сформовані різці.

**Недоліки барабанних подрібнювачів** порівняно з дисковими: складніша конструкція; після відрізування стружка потрапляє всередину барабана, звідки її видаляють за рахунок нахилу барабана або його конічності. Це обмежує продуктивність подрібнювача.

**Відцентровий подрібнювач** (рис. 8.4г) має циліндричну камеру подрібнення, у нижній частині якої обертається диск з лопатями. У циліндричній частині камери є вертикальні прорізи з ножами. Під час обертання диска коренебульбоплоди відкидаються до циліндричної стінки з ножами, і з них зрізується стружка. Для вивантаження стружки під диском встановлюється викидач. **Недолік** такої схеми – значні метало- та енергоємність процесу подрібнення.

Зважаючи на особливості конструкцій коренебульборізок, для **механізації кормовиробництва на фермах доцільно використовувати дискові коренерізки з вертикальним валом** (див. рис. 8.4б). В індивідуальних господарствах для подрібнення малої кількості коренебульбоплодів використовують подрібнювачі перших трьох типів із ручним і електроприводами. Відцентрові подрібнювачі, зважаючи на їх недоліки, майже не використовуються.

Наведемо приклад машини для обробки коренебульбоплодів.

**Мийка-подрібнювач ІКМ-Ф-10** (рис. 8.5) призначена для очищення від каменів, миття й подрібнення коренебульбоплодів для свиней і ВРХ. Використовується у поточкових технологічних лініях кормоцехів із механізованим подаванням коренебульбоплодів, а також як самостійна машина.

Ванна мийки – це зварна конструкція, опорою якої є рама. Верхня частина ванни закрита листом, на якому закріплено корпус шнека і дві кришки. Одна з них має завантажувальну горловину, а інша легко знімається.

Шнекова мийка складається зі шнека і кожуха, на якому встановлено водяні колектори і кронштейни для закріплення електродвигунів подрібнювача і шнека. Шнек безвальний. Він складається з гвинтової спіралі, до якої закріплені у верхній частині цапфа, а в нижній – труба, до якої прикріплені корпус підшипника з віссю. Вісь встановлена нерухомо в опорі, закріпленій на дні ванни. Вона забезпечує можливість натягування шнека. До фланця корпусу підшипників нижньої опори кріпиться активатор, виготовлений у вигляді зрізаного конуса.

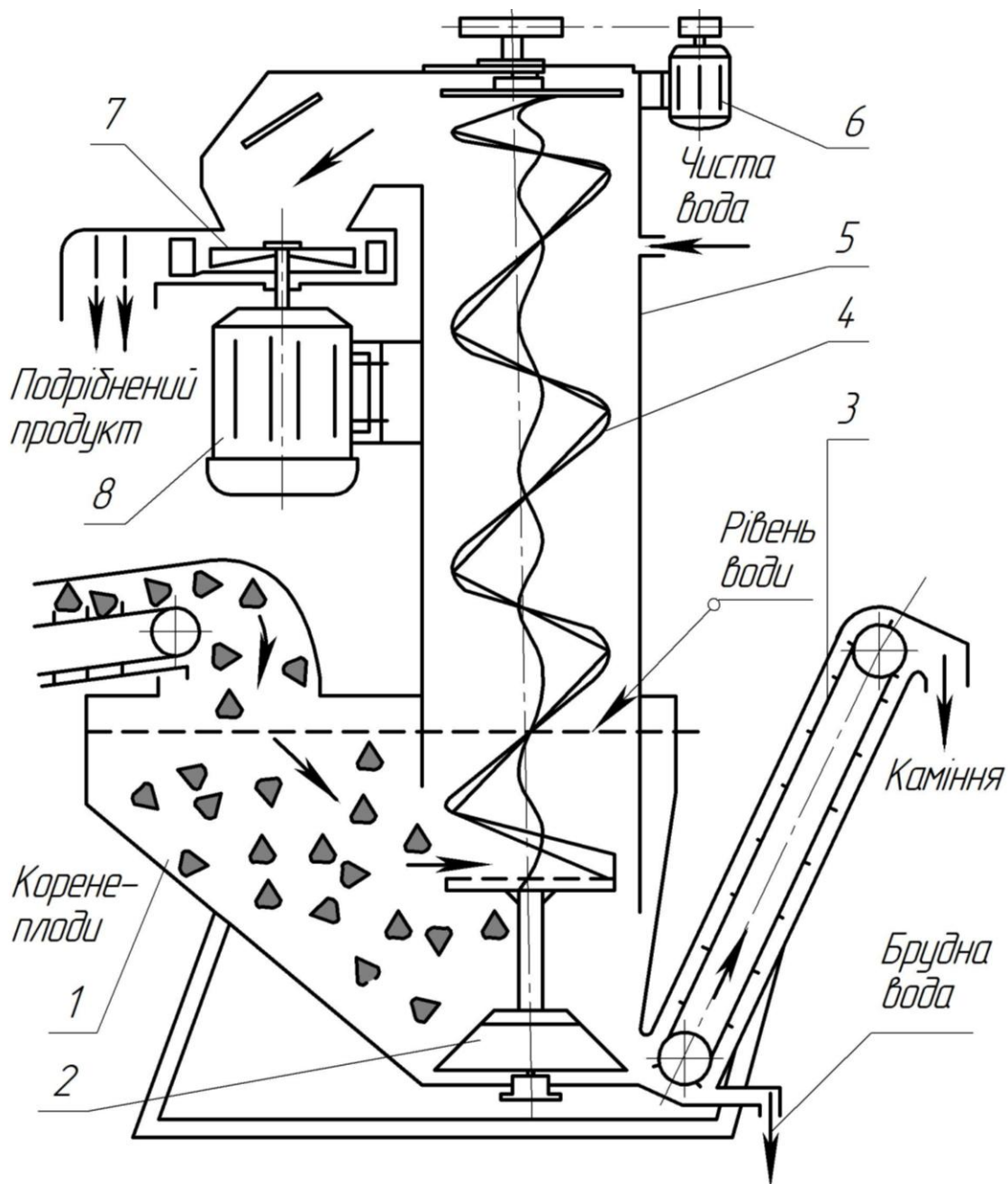


Рисунок 8.5. Технологічна схема мийки-подрібнювача ІКМ-Ф-10:  
 1 – ванна; 2 – активатор; 3 – вивантажувальний транспортер для каменів; 4 – шнек;  
 5 – корпус шнека; 6 – електродвигун; 7 – подрібнювач; 8 – електродвигун подрібнювача.

Подрібнювач (рис. 8.6) складається з корпусу і двох дисків (верхнього і нижнього). На верхньому диску встановлено два горизонтальні ножі, а на нижньому – дві вивантажувальні лопаті. Обидва диски закріплені на валу електродвигуна за допомогою болта. Перехідник, який з'єднує вивантажувальну горловину шнека з подрібнювачем, закріплений на кришці корпусу. Циліндрична частина деки має похилі прорізи, через які за допомогою лопатей, встановлених на нижньому диску, протискується стружка, яку отримали після подрібнення ножами верхнього диска. Відбувається додаткове подрібнення.

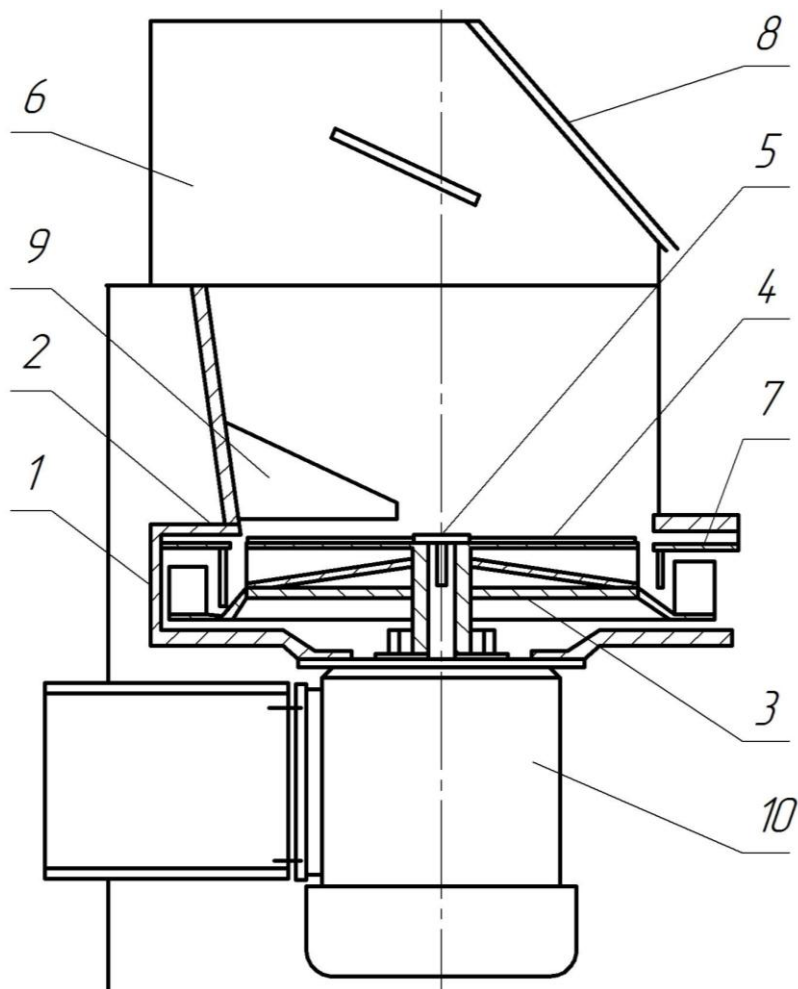


Рисунок 8.6. Дисковий подрібнювач машини ІКМ-Ф-10:

1 – корпус; 2 – верхній диск; 3 – нижній диск із лопатями; 4 – ножі; 5 – болт; 6 – перехідник; 7 – дека; 8 – кришка; 9 – протиризальна пластина; 10 – електродвигун.

Скребковий транспортер призначений для вивантаження з ванни каменів, піску і ґрунту. Він складається з транспортера, відкидного кожуха, люка для очищення і зливання води з ванни. Привод транспортера здійснюється від мотор-редуктора через ланцюгову передачу, на зірочці якої вмонтований зрізний штифт для попередження перевантаження транспортера.

Технологічний процес відбувається так. Завантажені у ванну коренебульбоплоди під дією збуреної активатором води перебувають у підвішеному стані, перемішуються, відмокають і, підхоплені шнеком, спрямовуються до подрібнювача. Під час підймання вони омиваються потоком води, яка подається насосом через колектори, розміщені на корпусі шнека. У подрібнювачі коренеплоди ріжуться двома ножами встановленими на верхньому диску. При подрібненні коренеплодів на корм для свиней, після ножів, вони проходить через деку. Водночас камені та інші важкі предмети опускаються на дно ванни і відкидаються активатором до вивантажувального транспортера.



## 606. Розрахунок параметрів шнекових мийок-коренерізок

Миття і подачу коренеплодів найчастіше здійснюють шнеком (гвинтом). На рис. : .1 зображені технологічно-конструктивні схеми шнекових (гвинтових) мийок-коренерізок

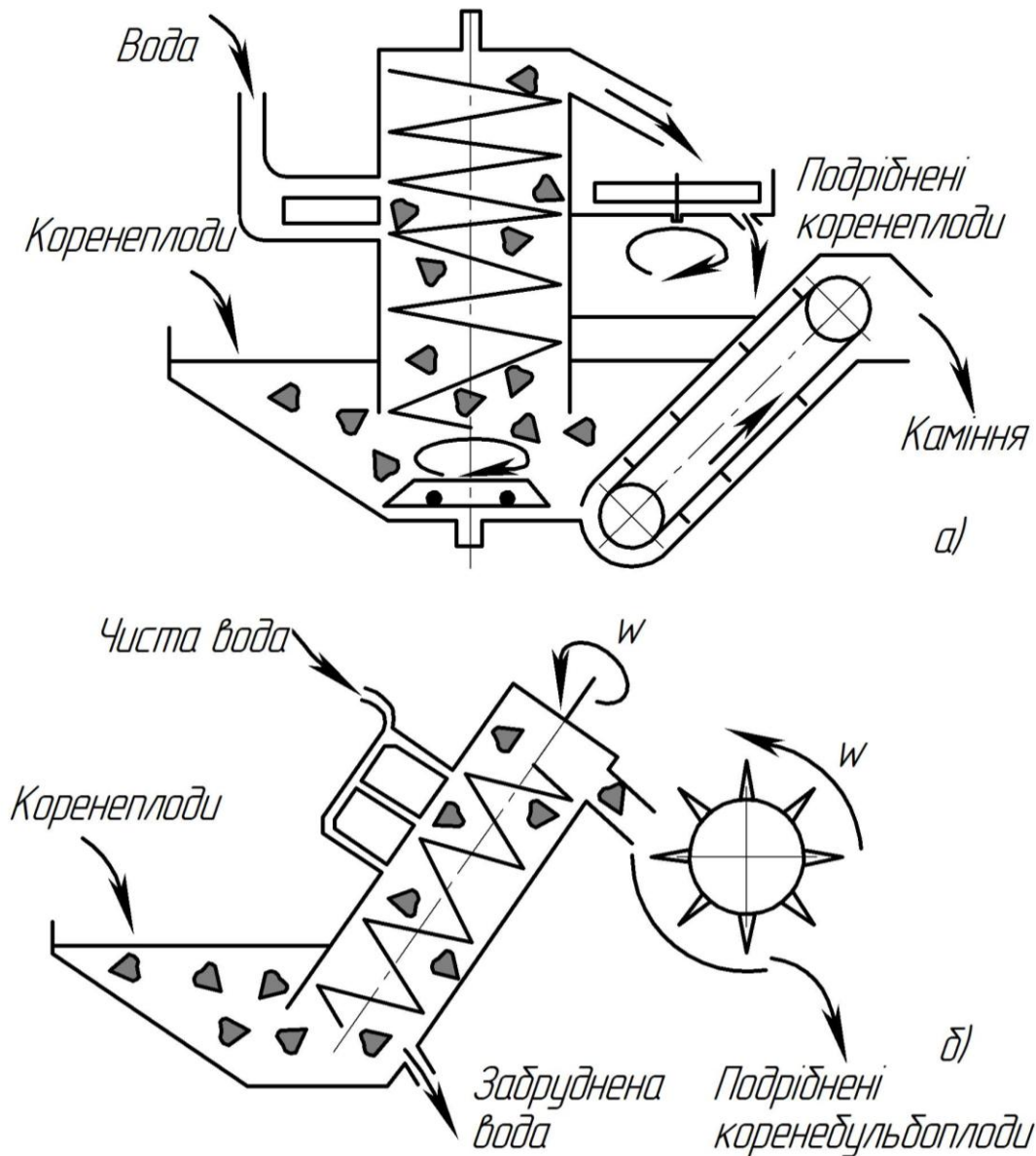


Рисунок : .1. Технологічно-конструктивні схеми шнекових (гвинтових) мийок-коренерізок: а – з вертикальним шнеком; б – з похилим шнеком.

**Головні робочі органи** гвинтової мийки-коренерізки – це шнек і подрібнюючий апарат. Діаметр шнека визначається з умови вільного переміщення найбільшого за розміром коренеплоду між кожухом та валом шнека. **Умова транспортування коренебульбоплодів** вгору в шнековій мийці з вертикальним шнеком – це ковзання їх витком шнека у напрямку, протилежному його коловій швидкості.

Кутову швидкість вертикального шнека визначають, розглядаючи схему сил, які діють на коренеплід у мийці (рис. : .2).

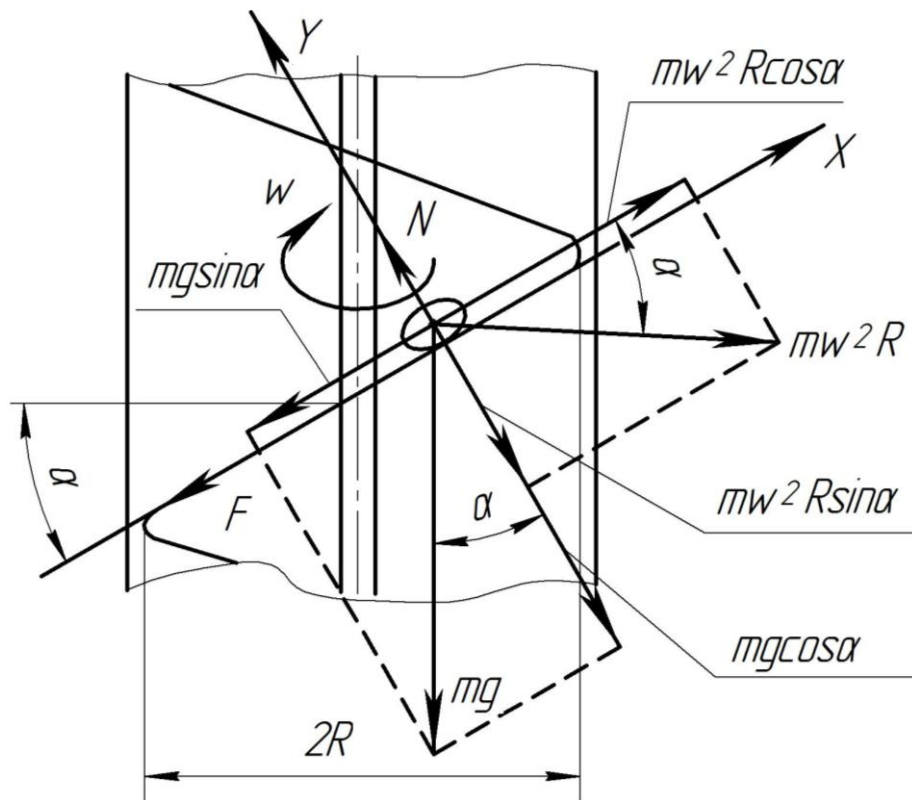


Рисунок 6.2. Схема сил, які діють на коренеплід у шнековій мийці з вертикальним шнеком

На коренеплід діють: сила тяжіння  $mg$ , відцентрова сила інерції  $mw^2 R$ , сила тертя  $F$ , нормальна реакція  $N$  поверхні шнека.

Розглядаючи сили, які діють на коренебульбоплід по осях системи координат  $XOY$ , отримаємо таку систему рівнянь:

$$\left. \begin{aligned} \sum_{i=1}^n F_X &= m \cdot w^2 \cdot R \cdot \cos \alpha - F - m \cdot g \cdot \sin \alpha \geq 0; \\ \sum_{i=1}^n F_Y &= N - m \cdot w^2 \cdot R \cdot \sin \alpha - m \cdot g \cdot \cos \alpha \geq 0. \end{aligned} \right\} \quad (:.1)$$

З другого рівняння визначаємо нормальну реакцію  $N$ . Силу тертя визначаємо як  $F = N \cdot f$ , де  $f$  – коефіцієнт тертя ковзання. Розв'язавши системи рівнянь (9.1) відносно **мінімальної кутової швидкості  $w$  вертикального шнека**, отримаємо

$$w_{BII} \geq \sqrt{\frac{g \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi)}{R}}, \quad (:.2)$$

де  $\alpha$  – кут підйому (нахилу) гвинтової лінії шнека,  $\alpha = 10 \dots 20^\circ$ ;  
 $\varphi$  – кут тертя ковзання коренеплоду до поверхні шнека, град;  
 $R$  – радіус шнека, м.

**Основні параметри шнекової мийки** визначаються з урахуванням її **продуктивності** (подачі), кг/с. Тобто

$$Q_{III} = \frac{\pi (D^2 - d^2)}{4} \cdot S \cdot n \cdot \rho \cdot k_H \cdot k_3, \quad (9.3)$$

де  $D$  – діаметр шнека,  $D=0,3 \dots 0,6$ м;  
 $n$  – частота обертання шнека,  $c^{-1}$ ;  
 $d$  – діаметр вала шнека,  $d = (0,15 \dots 0,25) D$ , м;  
 $\rho$  – об’ємна маса коренеплодів,  $\rho=600 \dots 670$ кг/м<sup>3</sup>;  
 $k_3$  – коефіцієнт заповнення шнека,  $k_3=0,3 \dots 0,4$ ;  
 $k_H$  – коефіцієнт, який враховує кут нахилу шнека;  
 $S$  – крок гвинтової лінії шнека, м, визначається за формулою

$$S = \pi D \cdot \operatorname{tg} \alpha. \quad (9.4)$$

Залежно від продуктивності та геометричних параметрів коренеплодів вибирають діаметр шнека  $D$ , кут нахилу гвинтової лінії шнека  $\alpha$ , кут нахилу шнека  $\tau = 10^\circ; 15^\circ; 20^\circ; 25^\circ; 30^\circ; 35^\circ; 40^\circ; 45^\circ; 90^\circ$  і визначають крок  $S$  та коефіцієнт  $k_H = 0,8; 0,7; 0,65; 0,6; 0,58; 0,55; 0,52; 0,5; 0,3$ . Потім визначають частоту обертання шнека, об/хв,

$$n_{BIII} = \frac{4Q_{III}}{\pi (D^2 - d^2) \cdot S \cdot n \cdot \rho \cdot k_H \cdot k_3}. \quad (9.5)$$

Для **похилих шнеків** визначають **максимально допустиму частоту обертання**, або кутову швидкість, за якої коренеплоди не будуть перекидатися витками шнека. Тобто має виконуватися умова сповзання коренеплодів витком шнека (рис. 9.3)

$$m \cdot g \cdot \cos \psi \geq f \cdot m \cdot g \cdot \sin \psi + f \cdot m \cdot w_{\max}^2 \cdot R \cdot \sin \alpha, \quad (9.6)$$

звідки

$$w_{III \max} = \sqrt{\frac{g (\cos \psi - f \cdot \sin \psi)}{f \cdot R \cdot \sin \alpha}}; \quad (9.7)$$

$$n_{III \max} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g (\cos \psi - f \cdot \sin \psi)}{f \cdot R \cdot \sin \alpha}}, \quad (9.8)$$

де  $\psi$  – кут між дотичною до витка шнека і вертикаллю,



$$\psi = \pi - (\tau + \alpha); \quad (9.9)$$

$f$  – коефіцієнт тертя коренебульбоплодів до матеріалу шнека,  $f = 1,5-2$ .

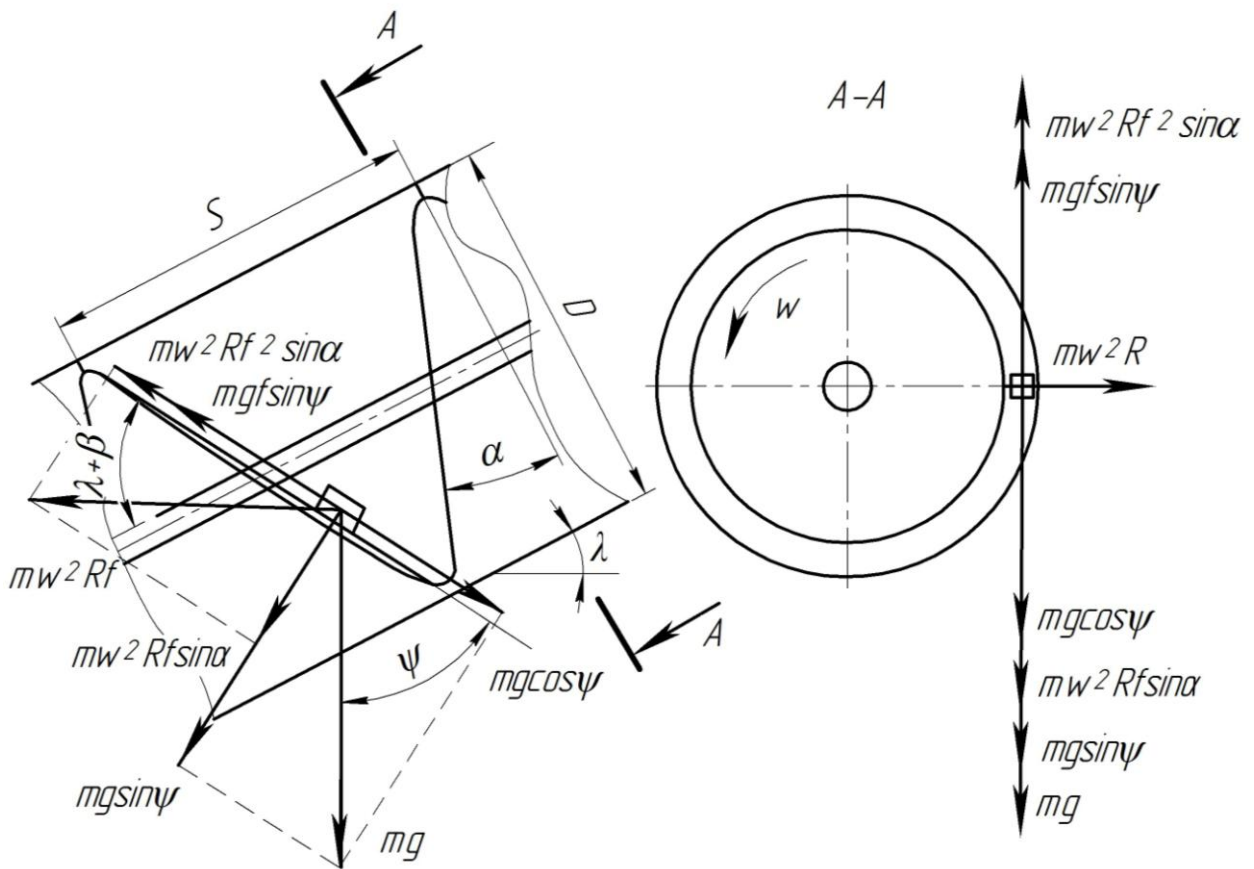


Рисунок : .3. Схема сил, які діють на коренеплід у шнековій мийці з похилим шнеком

Після визначення  $n_{\max}$  порівнюють її з робочою. Робоча частота обертання має бути в межах

$$n_P = (0,5 \dots 0,7) n_{\max} . \quad (9.10)$$

Прийнявши  $n_P$ , перераховують крок шнека  $S$  і діаметр шнека  $D$ .

Для вертикальних шнеків необхідно визначити мінімальну частоту обертання шнека за формулою

$$n_{BIII \min} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g (tg \alpha + f)}{R (1 - f \cdot tg \alpha)}} . \quad (9.11)$$

Ця величина має бути меншою за розраховану. Якщо ні, то необхідно переглянути геометричні параметри шнека.

Довжину шнека  $L_{III}$  визначають з необхідної тривалості процесу миття (мінімального часу перебування коренеплодів у мийці,  $t_{III} = 10...15$ с)

$$L_{III} = S \cdot n \cdot t_{III} . \quad (9.12)$$

Визначають об'єм бункера-ванни

$$v_B = \frac{Q_{III} \cdot t_B}{\rho \cdot k_3} , \quad (9.13)$$

де  $t_B$  – час перебування коренеплодів у ванні,  $t_B = 90...100$ с.

Продуктивність насоса для подавання води визначається за формулою

$$Q_H = k \cdot Q_{III} , \quad (9.14)$$

де  $k$  – співвідношення води і коренебульбоплодів,  $k = 0,25...0,3$ л/кг.

**Енергетичні показники шнекової мийки.** Потужність на привод шнека, Вт, визначають за формулою

$$N_{III} = (N_1 + N_2) \cdot K + N_3 + N_4 , \quad (9.15)$$

де  $N_1$  – потужність, яка витрачається на тертя матеріалу по жолобу і підймання його на висоту транспортування, Вт;

$N_2$  – потужність, яка витрачається на тертя матеріалу об шнек, Вт;

$N_3$  – потужність, яка витрачається на подолання тертя в підшипниках;

$K$  – коефіцієнт, який враховує перемішування й подрібнення матеріалу,  $K = 1,05...1,4$ ; для коренебульбоплодів  $K = 1,05$ .

Узагальнена формула для визначення потужності на привод шнека має вигляд

$$N_{III} = K \cdot c \cdot Q_{III} \cdot g (L_{\Gamma} + H) f , \quad (9.16)$$

де  $L_{\Gamma}$  – горизонтальна проекція шнека,  $L_{\Gamma} = L_{III} \cdot \cos \tau$  , м;

$H$  – висота підймання матеріалу (вертикальна проекція шнека),

$H = L_{III} \cdot \sin \tau$  , м;

$c$  – коефіцієнт, який враховує кут нахилу шнека,  $\tau$  . Значення наведено у таблиці 9.1.

Таблиця 9.1

Кут нахилу шнека, $\tau$	До 20	20–25	25–30	30–35	35–40	40–45	45–90
Коефіцієнт, $c$	10	10,5	11,3	12	13,2	14	30–30

## 6.7. Розрахунок параметрів дискового подрібнювача коренеплодів

Технологічно-конструктивна схема відцентрової мийки-коренерізки зображена на рис. 9.4а.

Схема сил, що діють на коренеплід у процесі роботи дискової мийки, зображена на рис. 9.4б.

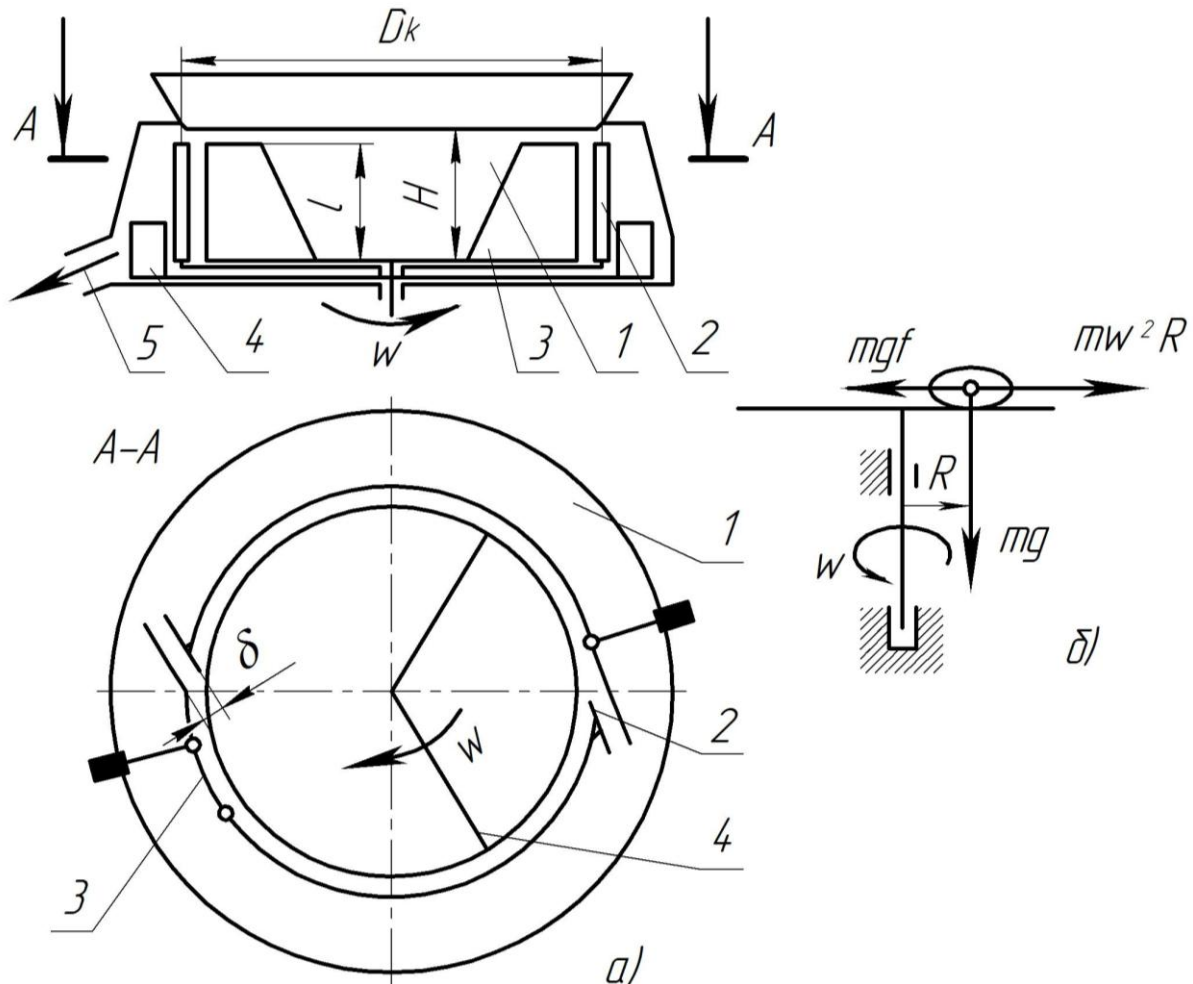


Рисунок : 4. Схеми:

- а) технологічно-конструктивна схема відцентрової мийки-коренерізки; 1 – малий циліндр; 2 – ніж; 3 – крилач внутрішній; 4 – крилач зовнішній; 5 – відвідний канал; 6 – заслінка;  
 б) схема сил, що діють на коренеплід у процесі роботи дискової мийки.

**Відцентровий апарат для миття та різання коренів** – це диск із вертикальною віссю обертання. До цього диска прикріплені лопаті або крилачі. Крилачі потрібні для відкидання коренебульбоплодів до периферії, де проходить процес різання. Відкидання здійснюється під дією відцентрової сили інерції.

Для відцентрової коренерізки висоту робочої камери приймають близькою до максимальної крупності коренеплодів, тобто 0,2...0,3м.

Діаметр робочої камери визначають за формулою

$$D_P = \sqrt{\frac{4Q_B \cdot t_p}{\pi \cdot \beta \cdot \rho}}, \quad (9.17)$$

де  $t_p$  – час перебування коренеплодів у робочій камері,  $t_p=20\ldots30$ хв;

де  $\beta$  – коефіцієнт заповнення робочої камери, для відцентрових коренерізок приймають  $\beta=0,3\ldots0,45$ .

**Пропускну здатність (подачу) відцентрового подрібнювача, кг/с,** визначають за формулою

$$Q_B = \pi \cdot D_P \cdot l_H \cdot b \cdot z \cdot w \cdot K_B, \quad (9.18)$$

де  $l_H$  – довжина ножа, м;

$b$  – товщина стружки, яка зрізується одним ножом, м;

$z$  – кількість ножів;

$K_B$  – коефіцієнт використання довжини ножів.

Частоту обертання диска, визначають з умови, за якої можливе різання коренебульбоплоду. Тобто відцентрова сила повинна бути більшою від сили тертя (див. рис. 9.4б)

$$m \cdot w^2 \cdot R \geq f \cdot m \cdot g + 2f \cdot m \cdot w \cdot V_{II}, \quad (9.19)$$

де  $m$  – маса коренеплоду, кг;

$f$  – коефіцієнт тертя;

$R$  – радіус від центра обертання диска до центра маси коренеплоду, м;

$w$  – кутова швидкість диска,  $\text{с}^{-1}$ ;

$V_{II}$  – швидкість подавання сировини до ножів, м/с, визначають залежністю

$$V_{II} \geq \frac{b \cdot z \cdot w}{2\pi}. \quad (9.20)$$

Розв'язуючи спільно (9.19) і (9.20), отримують залежність для визначення мінімально допустимої **кутової швидкості відцентрової коренерізки**

$$w_{\min BK} = \sqrt{\frac{g \cdot f}{R - \frac{f \cdot b \cdot z}{\pi}}}. \quad (9.21)$$

Для ефективної роботи **дискової мийки** необхідно, щоб відцентрова сила перевищувала силу опору перекочуванню у внутрішній зоні мийного диска (див. рис. 9.4б). Тобто

$$m \cdot g \cdot f \geq m \cdot w_D^2 \cdot R, \quad (9.22)$$

звідки швидкість обертання мийного диска

$$w_D \geq \sqrt{g \cdot f / R}. \quad (9.23)$$

Якщо мийний диск має радіальні ребра, то за рахунок переміщення коренеплодів уздовж ребра від центра диска на периферію буде виникати сила Коріоліса  $F_K$ , спрямована нормально до бокової поверхні ребра. Тобто

$$F_K = 2V_P \cdot w_D \cdot m, \quad (9.24)$$

де  $V_P$  – радіальна швидкість, м/с.

За рахунок сили Коріоліса виникне сила тертя  $F_T$  коренеплода по ребру, спрямована до центра диска. Тобто

$$F_T = 2V_P \cdot w_D \cdot m \cdot f. \quad (9.25)$$

Тоді критичну кутову швидкість диска можна визначити за формулою

$$w_{DKP} > \frac{V_P \pm \sqrt{V_P^2 - 4g \cdot f}}{2R}. \quad (9.26)$$

Кількість коренебульбоплодів  $G_{ЗAB}$ , що містяться у завантажувальній ванні, визначають за формулою

$$G_{ЗAB} = Q_D \cdot t_B, \quad (9.27)$$

де  $t_B$  – час завантаження ванни коренеплодами, с.

Необхідний об'єм ванни визначають за формулою

$$v_B = Q_D \cdot t_B / \rho. \quad (9.28)$$

**Продуктивність дискового подрібнювача коренеплодів** (подача), кг/с, визначають за формулою

$$Q_D = \frac{\pi (D^2 - d^2)}{4} \cdot b \cdot z \cdot \rho \cdot n \cdot k_3 \cdot k_H, \quad (9.29)$$

де  $D$  і  $d$  – діаметр диска відповідно по зовнішніх і внутрішніх кінцях ножів, м;

$b$  – товщина стружки, яка зрізується одним ножом, м;

$z$  – кількість ножів;

$\rho$  – густина коренебульбоплодів, кг/м<sup>3</sup>;

$n$  – частота обертання диска, с<sup>-1</sup>;

$k_3$  – коефіцієнт наповнення камери,  $k_3=0,35....0,45$ ;

$k_H$  – коефіцієнт використання довжини леза ножа,

$k_H=0,7....0,8 L_P/L$ . Тут  $L_P$  – загальна робоча довжина ножа.

Діаметр робочої частини диска  $D$  вибирають залежно від геометричних параметрів коренебульбоплодів і заданої продуктивності. Діаметр неробочої частини диска  $d$  визначається конструктивними особливостями кріплення диска і ножів,  $d=0,08....0,12$ м.

Схема дискового подрібнювача зображена на рис. 9.5.

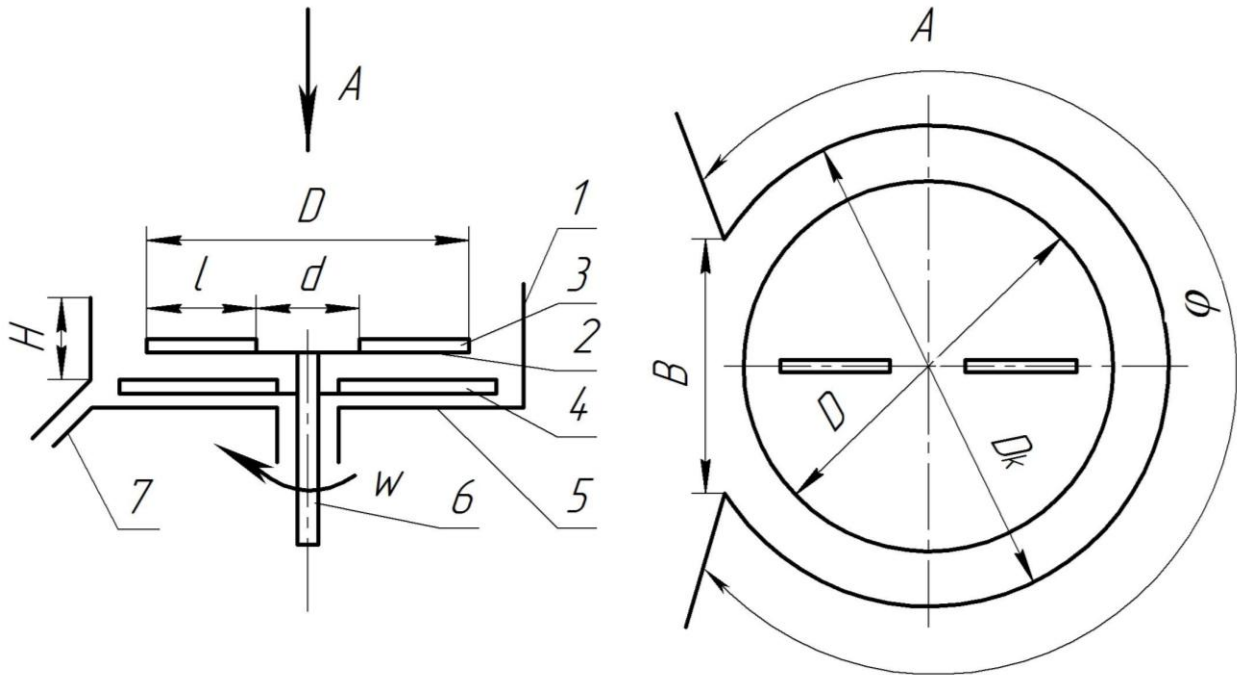


Рисунок : .5. Схема дискового подрібнювача:

1 – камера подрібнювання; 2 – диск з ножами; 3 – ножі; 4 – диск-кидалка;  
5 – дно подрібнювача; 6 – вал; 7 – вікно.

**Частоту обертання диска різального апарата** визначають з умови забезпечення необхідного подавання матеріалу вільним падінням. Якщо частота обертання буде більшою від необхідної, то товщина стружки буде меншою від заданої зоотехнічними умовами, а також підвищуватиметься енергоємність процесу подрібнення. Якщо частота обертання буде меншою, то зростатимуть затрати енергії на тертя коренеплодів об диск, а також буде переповнюватися приймальна камера.

Частоту обертання диска подрібнювача визначають за формулою

$$n_D = \frac{4Q_D}{\pi (D^2 - d^2) \cdot b \cdot z \cdot \rho \cdot k_3 \cdot k_H} . \quad (9.30)$$

Оптимальну кутову швидкість диска,  $\text{с}^{-1}$ , визначають за формулою

$$w_{D \text{ ОП}} = \frac{2\pi \sqrt{\frac{g}{2b}}}{z} . \quad (9.31)$$

Діаметр, м, приймальної камери

$$D_K = \sqrt{\frac{0,94Q_D}{\rho \cdot K_H \cdot \sqrt{g \cdot b}}} . \quad (9.32)$$

Необхідний об'єм робочої камери визначають за формулою

$$v_K = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot H_P}{4} , \quad (9.33)$$

де  $H_P$  – висота робочої камери, м.

Висоту камери подрібнення, м, визначають з урахуванням конструктивних особливостей і того, що запасу коренеплодів у робочій камері повинно вистачити на  $t_3=10...20\text{хв}$ . Тобто

$$H_P = \frac{4Q_D \cdot t_3}{\pi \cdot D^2 \cdot \beta \cdot \rho} . \quad (9.34)$$

**Енергетичні параметри дискового подрібнювача.** Потужність, Вт, на привод подрібнювача витрачається на різання  $N_1$ , тертя матеріалу об диск, крилач і стінки камери подрібнення  $N_2$  та надання подрібнювальному матеріалу кінетичної енергії  $N_3$ . Тобто

$$N = N_1 + N_2 + N_3 . \quad (9.35)$$

Потужність, що витрачається на різання, визначають за формулою

$$N_1 = F_P \cdot R_C \cdot L_{ЛН} \cdot z \cdot w \cdot k_3 \cdot k_H , \quad (9.36)$$

де  $F_P$  – середня питома сила різання,  $F_P=(1,5...2) \cdot 10^3 \text{Н/м}$ ;

$R_C$  – усереднений радіус різання,  $R_C = (d + 1)/2 \text{м}$ ;

$L_{ЛН}$  – довжина леза ножа,  $L_{ЛН} = (D - d)/2$ .

Потужність, що витрачається на тертя матеріалу об диск, крилач і бокові стінки камери подрібнення, визначають за формулою

$$N_2 = N_D + N_K + N_B . \quad (9.37)$$

Потужність, що витрачається на подолання тертя об верхній диск подрібнювача  $N_D$  , визначають за формулою

$$N_D = \frac{\pi \cdot D_K^2}{4} \cdot H_K \cdot \rho \cdot k_3 \cdot F_P \cdot f \cdot R_C \cdot w , \quad (9.38)$$

де  $D_K$  – діаметр камери подрібнення, м;

$H_K$  – висота камери подрібнення, м.

Потужність  $N_K$  , що витрачається на тертя матеріалу об крилач, незначна порівняно з іншими, тому її можна не враховувати.

Потужність, яка витрачається на подолання тертя об бокову поверхню камери подрібнення при вивантаженні стружки  $N_B$  , розраховують за формулою

$$N_B = \frac{m \cdot D_K^2}{4} \cdot w^3 \cdot f \quad (9.39)$$

або

$$N_B = \frac{1}{4} Q_D \cdot t_C \cdot D_K^2 \cdot w^3 \cdot f , \quad (9.40)$$

де  $t_C$  – час проходження стружки по стінці камери подрібнення, визначають залежністю

$$t_C = \varphi / w , \quad (9.41)$$

де  $\varphi$  – сектор, який проходить стружка до вивантаження у вікно,  $\varphi = \frac{5}{6} \pi$  ,

(див. рис. 9.5).

Потужність, яка витрачається на надання матеріалу кінетичної енергії  $N_3$  , визначають за формулою

$$N_3 = \frac{1}{4} Q_D \cdot D_K^2 \cdot w^2 . \quad (9.42)$$



Загальну потужність на привод подрібнювача визначають залежністю

$$N_{ДВ} = \frac{N \cdot K_{П}}{\eta}, \quad (9.43)$$

де  $\eta$  – коефіцієнт корисної дії механізму привода подрібнювача;

$K_{П}$  – коефіцієнт, який враховує перетирання продукту,  $K_{П}=1,2...1,3$ .

#### 4.8. Розрахунок параметрів решітчасто-ножового подрібнювального апарата

Для приготування пасти із коренебульбоплодів використовують решітчасто-ножові подрібнювальні апарати (рис. 9.6).

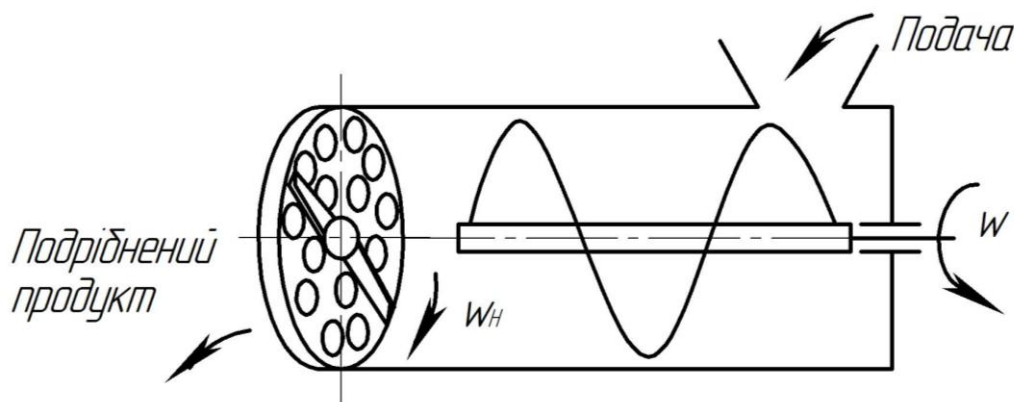


Рисунок : .6. Решітчасто-ножовий подрібнювальний апарат

Схема сил і швидкостей у решітчасто-ножовому різальному апараті залежно від кута загострення ножа зображена на рис. 9.7.

**Подачу решітчасто-ножового подрібнювального апарата, кг/с,** визначають за формулою

$$Q_{PH} = \frac{K_{BPЗ} \cdot S_H}{S_P}, \quad (9.44)$$

де  $K_{BPЗ}$  – коефіцієнт використання різальної здатності ножа;

$S_H$  – різальна здатність ножа, м<sup>2</sup>/с;

$S_P$  – площа поверхні розділу, яка утворюється при подрібненні кілограма корму, м<sup>2</sup>.

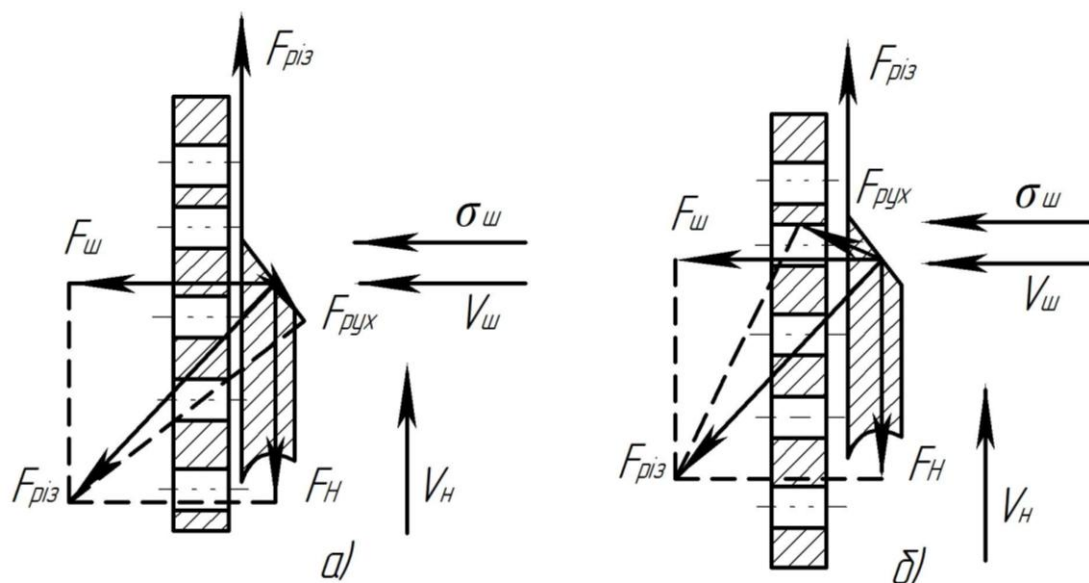


Рисунок : 7. Схема сил і швидкостей в решітчасто-ножовому різальному апараті: а – при куті загострення  $\gamma < 90^\circ - \varphi$  ; б – при  $\gamma > 90^\circ - \varphi$  .

Для одного ножа різальну здатність можна визначити за формулою

$$S_H = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot w_H \cdot z_H \cdot f_P}{8}, \quad (:.46)$$

$D$

де  $z_H$  – діаметр решітки, м;

$w_H$  – кількість пер на ножі;

$f_P$  – кутова швидкість ножа,  $\text{с}^{-1}$ ;

– коефіцієнт використання живого перетину решітки, визначають за формулою

$$f_P = S_{\text{отв}} / S_{\text{реш}}, \quad (:.47)$$

$S_{\text{отв}}$

де  $S_{\text{реш}}$  – площа отворів,  $\text{м}^2$ ;

– площа решітки,  $\text{м}^2$ .

**Пропускнну здатність ножа** також можна визначити за формулою

$$Q_{PH} = d_0^2 \cdot z_0 \cdot h \cdot \rho \cdot w_H / 8, \quad (:.48)$$

$d_0$

де  $z_0$  – діаметр отворів у решітці;

$h$  – кількість отворів у решітці;

– глибина занурення корму в отвір решітки, м.