

Лекція

Технологічне обладнання для виробництва рослинної олії

Питання

**Технологічна схема виробництва рослинної олії. механізація підготовки олійного насіння до переробки.
Обладнання для отримання олії.
Обладнання для рафінації олії.**

Література

- 1.Механізація переробної галузі агропромислового комплексу: Навч. посібник/ О.В. Гвоздєв, Ф.Ю. Ялпачик, Ю.П. Рогач, М.М. Сердюк. – К.: Вища освіта. 2006. – 479 с.
- 2.Бутковский В.А., Мерко А.И., Меншиков Е.М. Технологии зерноперерабатывающих производств. – М.: Интеграф сервис, – 1999 – 472с.
- 3.Галицкий Р.Р. Оборудование зерноперерабатывающих предприятий. – М.: Агропромиздат, 1990 – 271 с.
- 4.Демский А.Б. Комплектные зерноперерабатывающие установки малой мощности. – М.: ДеЛи принт, 2004. – 264 с.
- 5.Мельник Б.Е., Лебедев В.Б., Винников Г.А. Технология приемки, хранения и переработки зерна – М.: Агропромиздат, 1990 – 367 с.
- 6.Технологическое оборудование предприятия по хранению и переработке зерна / А.Я. Соколов, В.Ф. Журавлев, В.Н. Душин и др.; Под ред. А.Я. Соколова – М.: Колос, 1984 – 445с.
7. Сиротюк С.В. Механізація переробки та зберігання продукції рослинництва: Курс лекцій - 2-е вид. - Львів: ЛДАУ, 2000 - 249с.

1. Технологічна схема виробництва рослинної олії.

Рослинна олія має різностороннє призначення. Виробляються харчові і технічні рослинні олії. Харчові рослинні олії використовуються населенням безпосередньо в їжу, а також для виробництва жирів, маргаринової продукції, майонезу і ін. Технічні рослинні олії застосовуються для виробництва мила, миючих засобів, оліф, лаків, фарб, жирних кислот, гліцерину і широко використовуються при виробництві фармацевтичної та косметичної продукції.

Відходами виробництва рослинної олії є шрот, макуха, лузга і лушпайка. Шрот і макуха є сировиною для виробництва харчового білка і застосовується в комбікормовій промисловості. Лузга і лушпайка використовуються гідролізною промисловістю й у сільському господарстві.

Сировиною для виробництва рослинної олії є насіння соняшника, льону, озимого рапсу, арахісу, гірчиці, ріпчини, сої, маку та ін. культур.

Виробництво рослинних олій складається з великого числа операцій, у ході яких в олійній сировині протікає складні фізико-хімічні процеси. Принципова технологічна схема виробництва рослинної олії представлена на рисунку 1.

1.1. Очищення і зберігання насіння

Насіння, що надходять на зберігання, містять органічні і мінеральні домішки. Ці домішки необхідно відокремити від насін'я олійних культур, оскільки вони зменшують вихід олії, можуть додавати олії специфічний присмак, прискорюють знос робочих органів і створюють багато пилу в робочих приміщеннях.

Домішки відокремлюють у два прийоми:

- перше очищення виробляється перед сушінням при прийомі насін'я на зберігання;
- друге очищення – виробниче – виробляється безпосередньо перед переробкою у виробничому корпусі.

Для відділення домішок використовують їхні відмінні риси:

- розміри насін'я і домішок;
- форми поверхні насін'я і домішок;
- аеродинамічні властивості насіння і домішок (в аспіраційних машинах).

Відділення домішок від насін'я, що відрізняються від них розмірами і формою проводять на ситових сепараторах, із плоскими і барабанными ситами.

Для відділення домішок від насін'я по аеродинамічних властивостях використовують повітряно-ситові сепаратори типу ЗСМ. Основними робочими елементами в цих машинах є ситові рами й аспіраційна система.

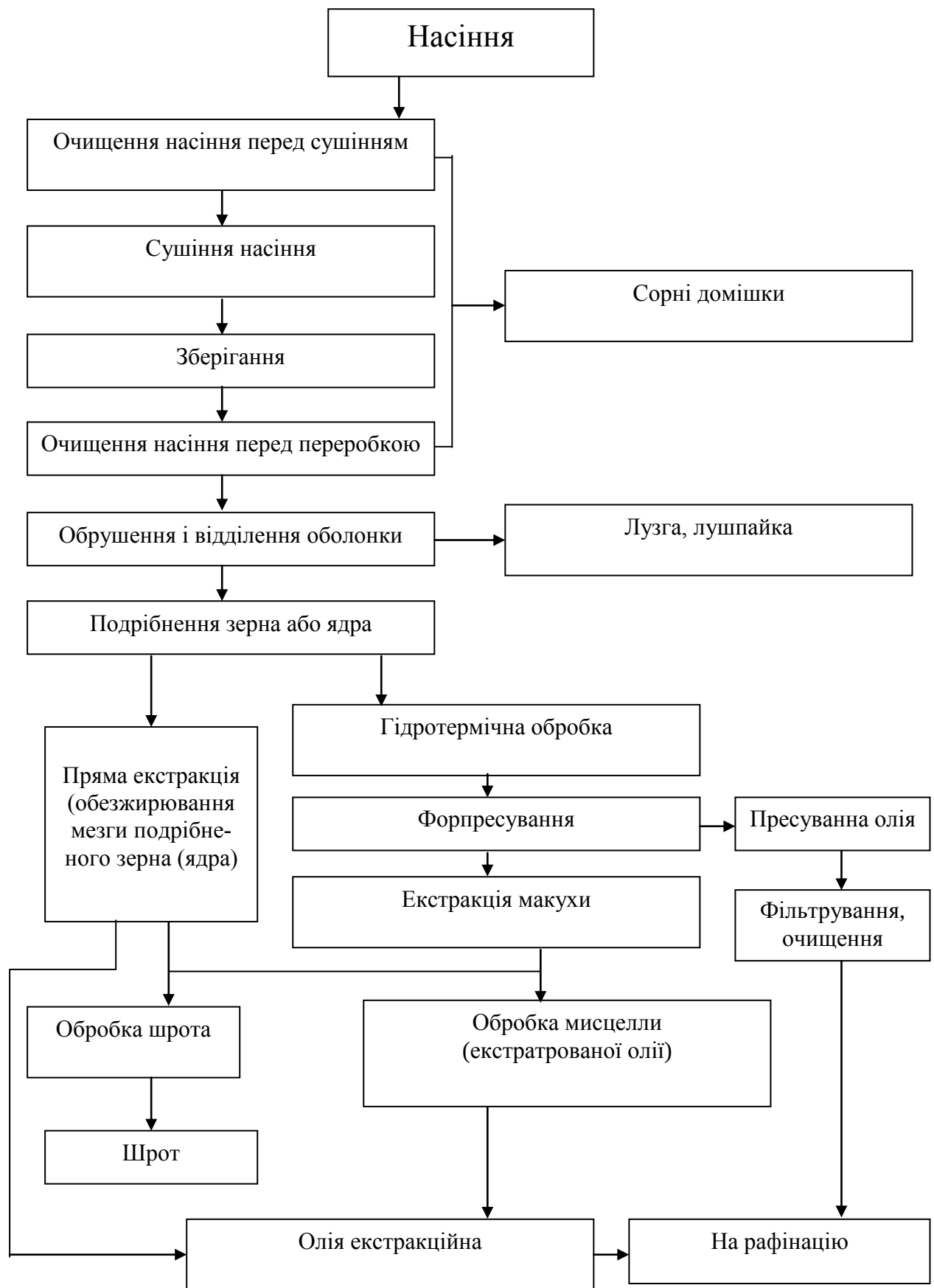


Рис.1 – Принципова технологічна схема виробництва рослинної олії.

Високий вміст жирів в олійному насінні обумовлює особливості його зберігання. При збереженні в олійному насінні відбуваються складні біохімічні процеси, що погіршують якість олії, що з нього добувається. Швидкість цих процесів знаходиться в прямій залежності від вологості насіння.

Семена олійних культур необхідно зберігати в сухих, добре провітрюваних зерносховищах. Надійне зберігання олійних насіння зі вмістом олії до **50%** можливо при їхній вологості не вище **7 – 8%**.

Семена олійних культур у тому числі і соняшника з вологістю не більш **7 – 8%** зберігають у складах різного типу, елеваторних або силосних сховищах, механізованих складах з активним вентиляванням насіння.

Для створення сприятливих умов тривалого зберігання насіння олійних культур використовують метод активного вентилявання. При цьому також здійснюється підсушування насіння. Метод активного вентилявання насіння є профілактичним засобом у справі зберігання насіння. Для тривалого зберігання насіння олійних культур використовують метод теплового сушіння, при якій відбувається нагрівання насіння за допомогою сушильного агента (повітря) і видалення вологи.

1.2. Устаткування для сушіння насіння соняшнику

Сушіння насіння олійних культур можна проводити різними способами:

- в зваженому стані (пневматичні сушілки);
- у киплячому шарі (ротаційні сушілки);
- при перемішуванні (барабанні сушілки);
- у безперервному потоці (шахтні сушілки);
- у нерухомому шарі, насипом.

Сушіння в нерухомому шарі мають ряд переваг:

- насіння при русі піддаються всебічній дії теплоносія, що забезпечує рівномірність сушіння;
- при русі насіння шар стає зруйнованим і опір проходження через шар теплоносія зменшується;
- при русі насіння злежуються, що також підвищує ефективність сушіння і перешкоджає підгорянню насіння.

Пневматичні сушарки (рис 2) є відносно простими по конструкції, характеризуються малою тривалістю процесу сушіння (кілька секунд). Сушильний агент у таких сушарках має високу температуру (**600...900⁰C**).

Для підвищення інтенсифікації процесу сушіння використовують ротаційні сушарки, що здійснюють сушіння насіння у киплячому шарі. Ротаційні сушарки складаються з декількох секцій, верхні з яких є сушильними, а нижні – охолоджуваними. Кількість секцій можна змінювати. Температура сушильного агента **150 – 180⁰C**.

Кожна секція (рис.3) – круглий кошик, розділений на сектори, що обертаються навколо осі. Крізь сектори через перфороване дно продувається сушильний агент. При сполученні сектора з пропускним отвором, насіння подаються в наступний сектор.

Широко застосовуються сушарки шахтного типу (ВТІ, СЗШ, ДСП) (рис 4.). Насіння, що висушуються, проходять через сушильну шахту, де розташовані короби, що проводять і виводять із шахти газоповітряну суміш. Семена, опускаючи під дією своєї ваги між коробами, нагріваються сумішшю повітря і димових газів, що надходять зі спеціальної топки. Волога, що утримується в насіннях, при цьому випаровується, а висушені насіння потім проохолоджуються в охолоджуючій камері 4, де через насінну масу продувається атмосферне повітря. Сушіння ведеться по одноступінчатому і двоступінчастому режимі. При двоступінчастому сушінні сушильна шахта по висоті розбита на дві частини: у верхній частині (першого ступеня) здійснюється сушіння при невисоких температурах сушильного агента, у нижній частині (на другому ступені) досушку насінь ведуть при підвищених температурах. При одноступінчатому сушінні в сушильну камеру подають суміш повітря і димових газів однакової температури. Для поліпшення роботи шахтних сушарок застосовують рециркуляційні способи сушіння, комбіновані з попереднім підігрівом зерна.

Барабанні сушарки за конструкцією цілком аналогічні зерновим. Відмінність полягає тільки в окремих конструктивних елементах. Зокрема, більш раціональним вважається використання двох барабанних сушілок з воронкоподібними лопатками, поставленими з обох сторін куточками.

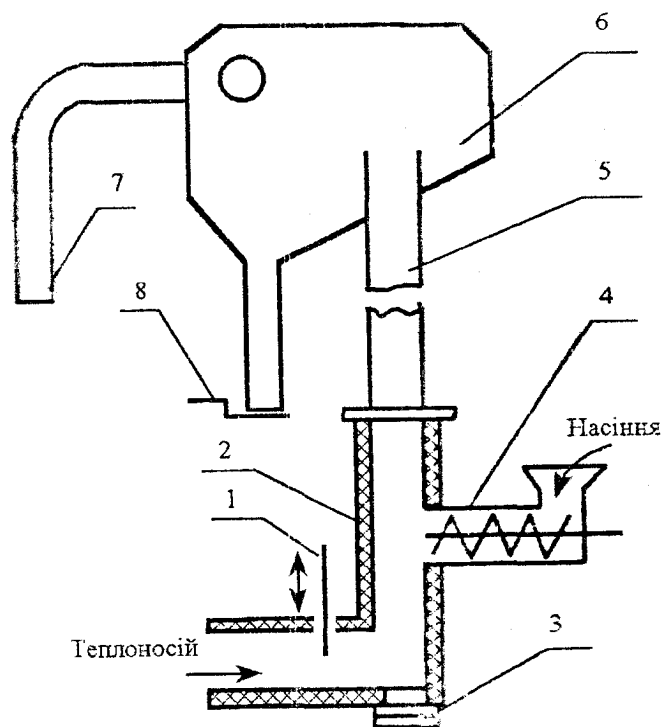


Рис. 2 – Схема пневматичної сушарки: 1 – регулювальна заслінка; 2 – змішувальна камера; 3 – клапан для холодного повітря; 4 – живильний шнек; 5 – труба; 6 – бункер-сепаратор; 7 – труба відпрацьованого теплоносія; 8 – засувка.

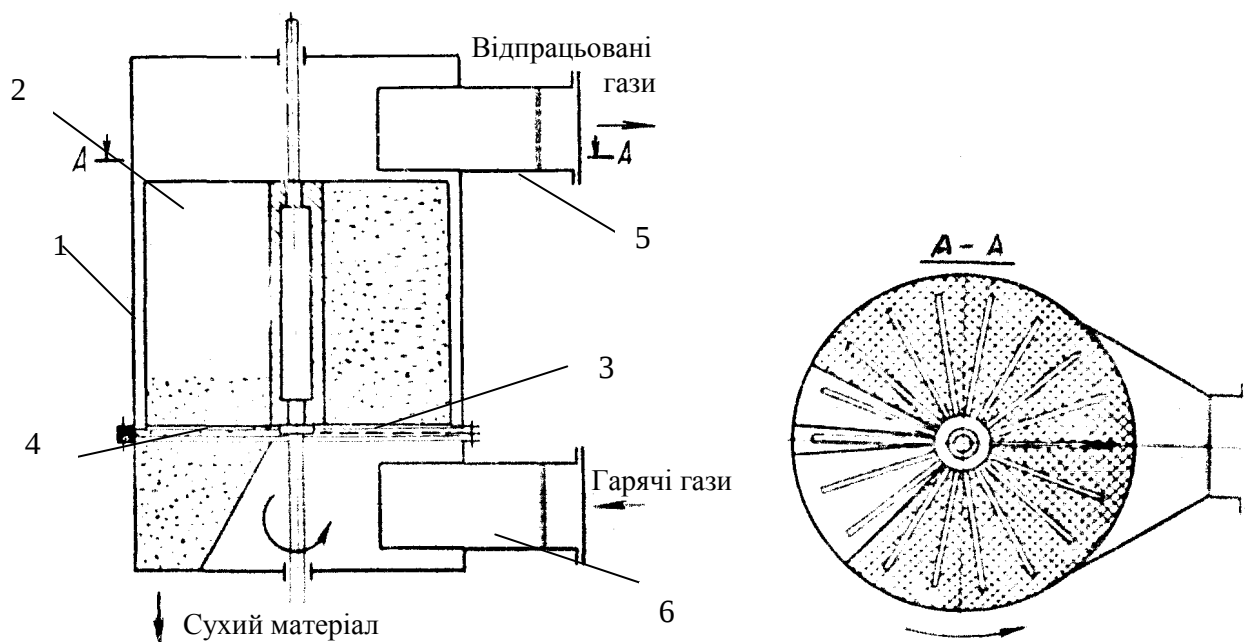


Рис. 3 – Схема секції ротаційної сушарки: 1 – корпус; 2 – лопасть кошика; 3 – перфороване дно; 4 – пропускний отвір; 5 – патрубок відпрацьованого сушильного агента; 6 – патрубок сушильного агента.

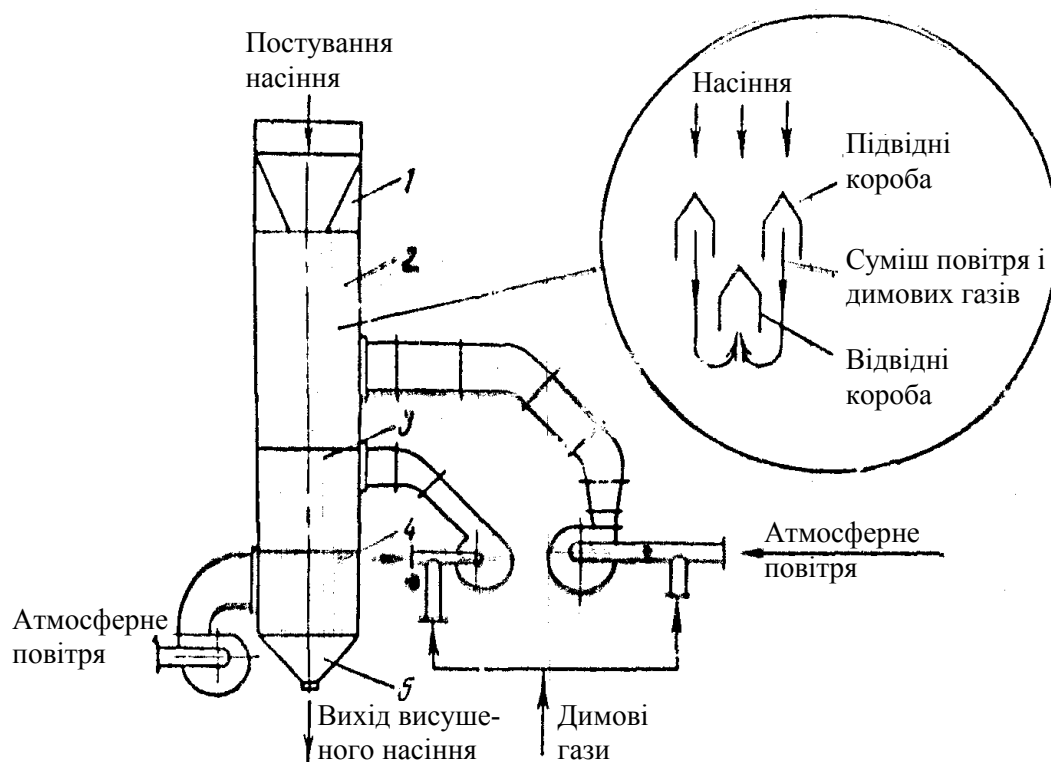


Рис.4. – Схема сушарки шахтного типу: 1 – бункер для прийому сірих насіння; 2, 3 – сушильні камери; 4 – охолоджуюча камера; 5 – прийомний бункер для сухого насіння.

2. Механізація підготовки насіння до переробки.

Семена олійних культур, що надходять, на переробку зі зберігання при необхідності очищають на ситових сепараторах і аеродинамічних установках.

2.1. Машини для обрушення насіння і поділу рушанки

Запаси олії в тканинах олійних насінь розподілені нерівномірно, головна частина зосереджена в ядрі насіння – у зародку ендоспермі, плодова і насінна оболонки містять невелику кількість олії. У зв'язку з цим виникла необхідність максимально відокремити ядро від оболонки. Процес відділення оболонки від ядра називається обрушенням.

Процес відділення оболонки від ядра складається з двох самостійних операцій: обрушення і відділення оболонки від ядра (віяння, сепарація).

У сучасних машинах, що обрушують, використовується динамічна дія на насіння, тому що воно є найбільш ефективним. Використовують зусилля стиску і зрізу (зрушення).

Машини, що обрушують, класифікують:

- зі сталевим або чавунним робочим органом, що працює за принципом багаторазового або одноразового удару насіння об металеву поверхню (декові), бильні і відцентрові насінерушки;
- машини зі сталевими робочими органами, що ріжуть, (дискові, ножові і вальцеві луцильні машини).

Бичева насінерушка (рис. 5) складається з чотирьох основних вузлів: живильного пристрою, бичевого барабана, деки і корпуси.

До складу живильного пристрою входять: живильний бункер 4, рифлений валик 3 і регульована заслінка 2.

Призначення живильного пристрою - забезпечити рівномірний розподіл насіння по ширині робочої зони машин (вона дорівнює довжині бича і складає в бичевій рушці 972 мм) і подачу насіння зі стабільною і необхідною інтенсивністю. Ширина живильної тічки (650 мм) від транспортера насіння до рушкі менше ширини робочої зони, і розподіл насіння відбувається за рахунок роботи рифленого живильного валика.

Конструкція бичевого барабана являє собою вальс з укріпленими на ньому трьома дисками 9 з маточинами і стійками 5 бичів. Твердість дисків забезпечується привареними по обидва боки ребрами 7. На зовнішній крайці кожного диска приварена 16 пара кутків під кутом 55° до осьової лінії. До цих куточків на болтах прикріплені 16 бичів 8. Бичі виготовлені зі смугової сталі товщиною 10-12 мм і шириною 100 мм. Бичевий барабан встановлений у машині горизонтально в підшипниках і при роботі приводиться обертання з частотою 550-630 об./хв, що при діаметрі барабана по зовнішній крайці бичів 800 мм відповідає окружній швидкості 23-27 м/с.

Бичевий барабан зовні збоку на дузі 110° , оточений хвилястою поверхнею, називаною декою 1. Декові набирають з чавунних колосників, що відливаються окремими секціями, що містять чотири-п'ять рифлей діаметром 25 мм.

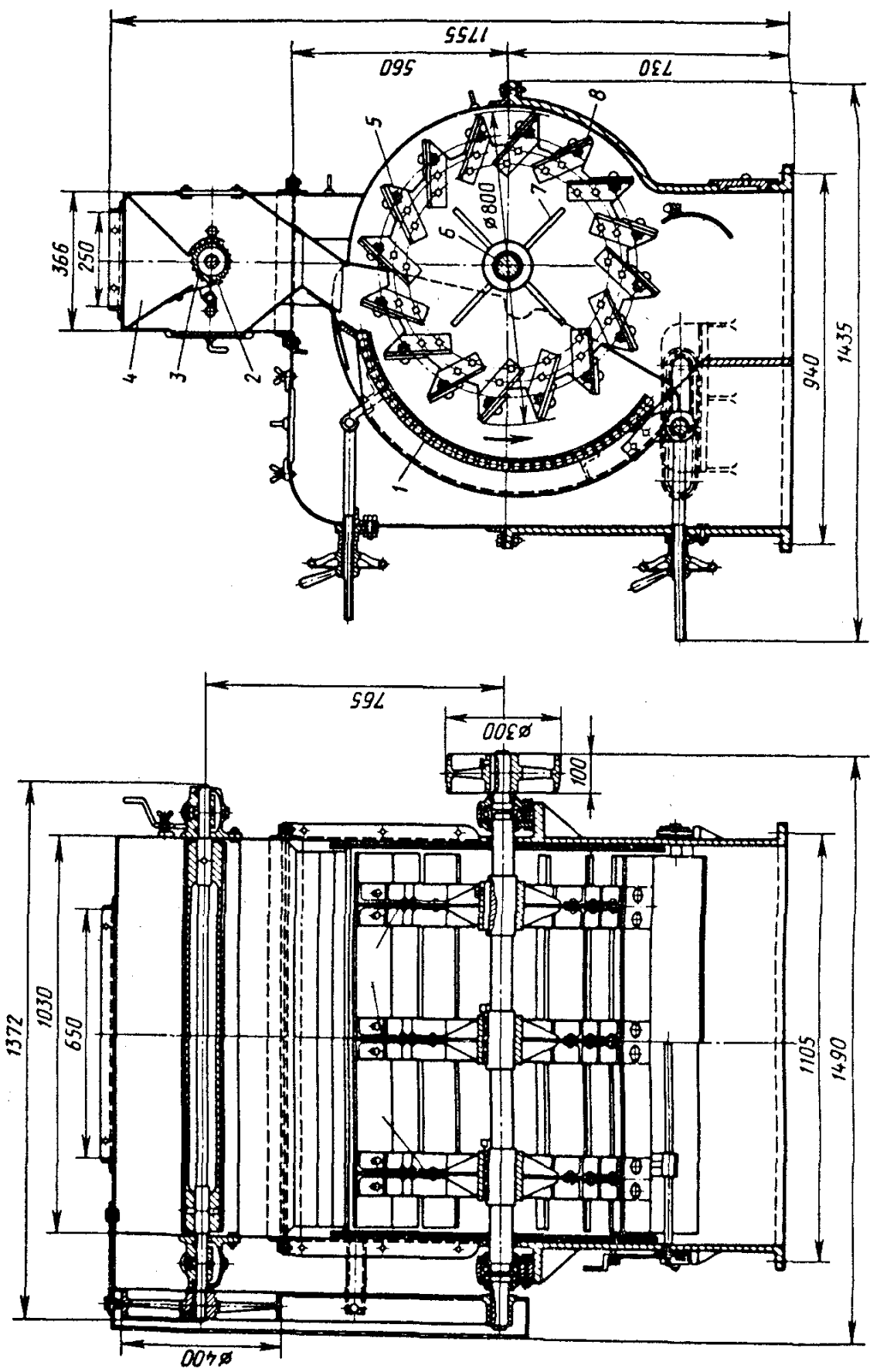


Рис. 5. – Насіннярушка типу МРН.

Положення деки відносно бичевого барабана (зазор між бичами і декою) впливає на силу удару насіння об деку, і в машині передбачене регулювання зазору в межах 8-80 мм у залежності від вологості і розміру насіння. Регулювання здійснюється оператором за допомогою спеціальних регулювальних механізмів(верхнього і нижнього)

Бичерушка працює в такий спосіб. Семена, що надходять у живильний бункер, валиком рівномірно розподіляються по ширині робочої зони. Потік насіння, регульований заслінкою, попадає на похилу площину в живильному бункері і далі, зсковзаючи, попадає на бичі обертового барабана.

При достатній швидкості обертання бичевого барабана сила удару бичів по насіннях забезпечує їхнє обрушення. Тому що окремі насіння розрізняються між собою властивостями, зокрема міцністю, то для частини насіння сила удару недостатня для обрушення, а для деякої частини насіння сила удару настільки велика, що відбувається не тільки руйнування оболонки, але і руйнування ядра.

Після удару бичами рушанка, що утворилася (суміш ядра, оболонок, цілих насіння і січки ядра) відкидається на деку багаторазово через пружність, що виявляється частками, при ударі. У такий спосіб рушанка вдаряється об деку, і при цьому відбуваються обрушення цілих насіння і руйнування ядра.

До недоліків бильної насіннерушки варто віднести:

- можливість повторного обрушення, що приводить до руйнування ядра й утворення січки (**близько 15%**) і олійного пилу (**близько 8%**);
- неоднакова сила удару бичів об насіння, що приводить до не довалю (**близько 10%**);
- ненаправлений (хаотичний) рух насіння у машині.

Для реалізації способу обрушення однократним орієнтованим ударом призначена відцентрова насінноруханка. Насіння у відцентровій насіннерушці здобувають необхідну кінетичну енергію для обрушення одним орієнтованим (уздовж осі довжини) ударом об деку під дією відцентрової сили.

При роботі насіння надходить на диск, що обертається на вертикальному валові із лопатками. При цьому на насіння діють крім відцентрової сили, сили ваги і Кориоліса, що притискають насіння до диска і лопатки і викликають появу відповідних сил тертя, спрямованих проти руху насіння.

Аналіз руху насіння по диску уздовж лопатки під дією зазначених сил показав, що швидкість не залежить від маси насіння і обумовлена величиною коефіцієнта тертя насіння по матеріалу, з якого виготовлені диск і лопатки. Рух насіння, спочатку прискорений, досить швидко стабілізується. На відстані, приблизно в 3-4 рази перевищуючий початковий радіус улучення насіння на диск, установлюється постійна швидкість радіального руху насіння по величині при характерних коефіцієнтах тертя їх об сталь, що складає 0,65-0,7 окружної швидкості диска.

В даний час розроблена і створена відцентрова рушанка високої продуктивності РЗ-МОС (рис.6)

Основними частинами рушки є: двох'ярусний ротор 9 на вертикальному валові; живильний розподільний пристрій 6; 1 кільцева дека 10; корпус 5 із прикріпленими до нього двома циклонними сепараторами 4.

Живильний пристрій містить у собі запобіжні ґрати 7 на вході насіння для уловлювання великих сторонніх предметів, здатних застрягти в каналах ротора. Також живильний пристрій має кілька патрубків 8, у які підсасується повітря при обертанні ротора.

Розподільний пристрій 6 являє собою два коаксіальних циліндри, розміри яких забезпечують розподіл потоку насіння на дві рівні частини, що надходять відповідно на верхній і нижній яруси ротора.

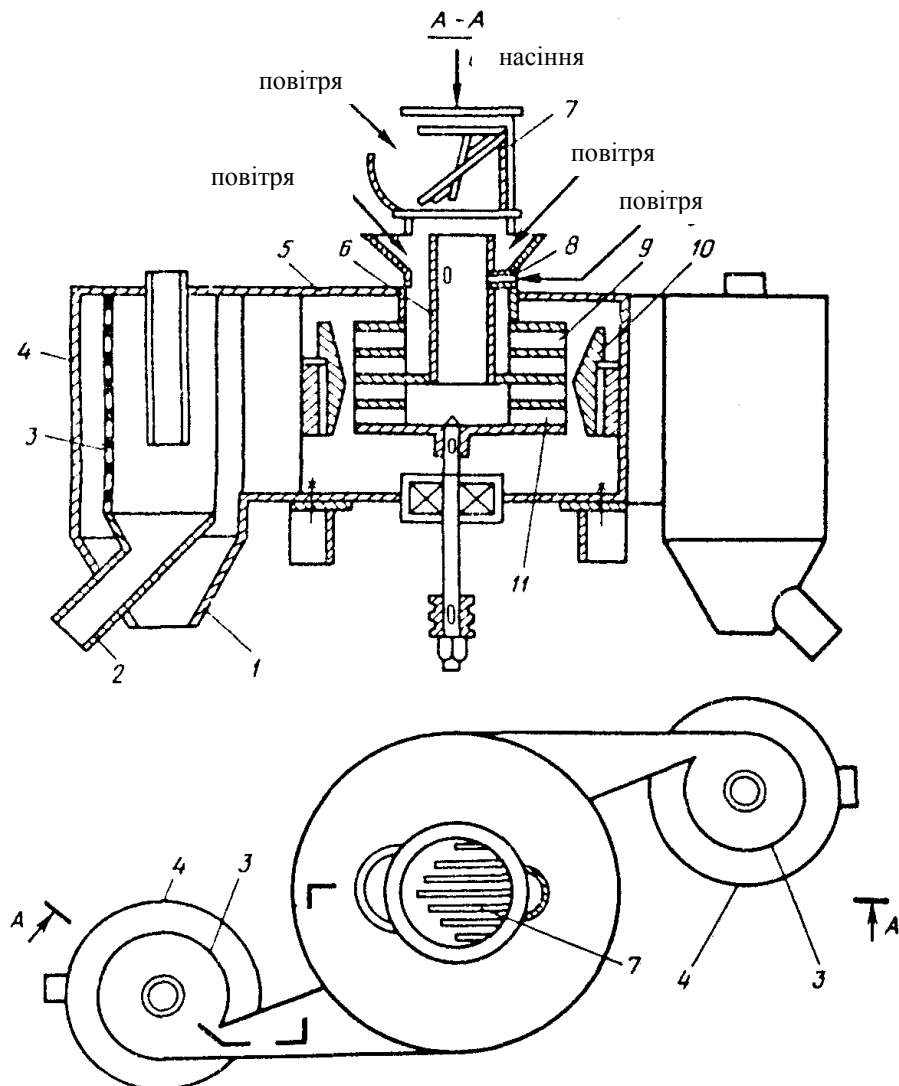


Рис.6 - Схема рушки відцентрової РЗ-МОС продуктивністю 200 тонн у добу насіння соняшника

Застосування двох'ярусного диска забезпечує підвищену продуктивність рушки. На кожному ярусі встановлено по два працюючих диска (усього в рушці чотири працюючих диска) з радіальними направляючими каналами 11. Канали сусідніх дисків розташовані в шаховому порядку, що виключає зіткнення насіння при виході з направляючих каналів. Підсасуємий обертовим ротором пові-

тря рухається по каналах ротора, прискорює рух насіння і сприяє обрушенню. Спрямований удар насіння забезпечується їхньою орієнтацією похилими стінками радіальних каналів, футерованих зносостійкою металокерамікою.

Насіння, що вилітають з каналів ротора, попадають на гладку кільцеву деку, що має в межах кожного ярусу свій нахил для відводу рушанки, що утворюється з зони обвалення.

Циклонні сепаратори 4 містять кільцеві сита 3, що відводять патрубками 1 і 2 для відводу рушанки й олійного пилу, а також повітря. Таким чином, у рушці РЗ-МОС сполучається процес обрушення і відділення олійного пилу, що дозволяє знизити втрати олії з лузгою, що відходить.

На цій рушці досягнута продуктивність 200 т./сут. Склад одержуваної рушанки трохи краще, ніж на бичеві й насінєрушці (целяка - 15 %, недоруша - 10%, січки 5%, олійного пилу - 7 %)

Якість обрушення насіння – рушанки характеризується змістом у ній небажаних фракцій – цілого насіння і частково недорученого насіння («цілих» або «недоруч»), зруйнованого ядра (січка) і олійного пилу. Присутність у рушанці недовалачи: воно збільшує зміст лузги в ядрі. Також небажана присутність у рушанці січки й олійного пилу. Січка легко віддає олію луззі навіть при короткочасному контакті. Олійний пил цілком не відокремлюється від лузги, що іде з виробництва, і втрати олії в луззі збільшуються.

Поділ рушанки на лузгу і ядро засновано на розходженні в їхніх розмірах і аеродинамічних властивостях. Лузга робить значно більше, ніж ядро опору повітряному потокові. Спочатку одержують фракції рушанки, що містять частки лузги і ядра одного розміру, а потім у повітряному потоці кожну отриману фракцію розділяють на лузгу і ядро.

Для поділу рушанки застосовують аспіраційні війки М2С – 50 і Р1 - МСТ

Аспіраційна насінєвійка М2С-50 (рис.7) складається з двох машин: розсіву 7 і війки 25, розташованих одна над іншою і з'єднаних між собою гнучкими рукавами 11,

Розсів насіння війки призначений для поділу рушанки на кілька фракцій, розміри кожної з яких змінюються у вузькому діапазоні. Потрапили в одну фракцію, вирівняну за розміром, різні компоненти рушанки, насамперед ядро і лузга, мають більше розходження в аеродинамічних властивостях. Таким чином, ефективна робота розсіву служить умовою чіткого поділу отриманих фракцій у каналах війки.

Розсів являє собою дерев'яний короб 5, на похило розташованих (під кутом 3-5°) напрямних якого знаходиться три яруси висувних сит 10. Короб розділений на дві половини поздовжньою вертикальною перегородкою і відповідно на кожному ярусі по два однакових висувних сита. Під кожним ситом розташовані піддони 4 з різними нахилами (на початкових ділянках сит нахил піддонів протилежний нахилу сит, а на кінцевих ділянках сит нахил піддонів збігається з нахилом сит) для збору і транспортування часток, що пройшли через сита. У розсіві застосовуються штамповані сита з круглими отворами, розміри яких змінюються не тільки від ярусу до ярусу, але і розрізняються на початкових і

кінцевих ділянках сит одного ярусу (рис 8). Для поліпшення просіювання на ситах установлюють ворошители.

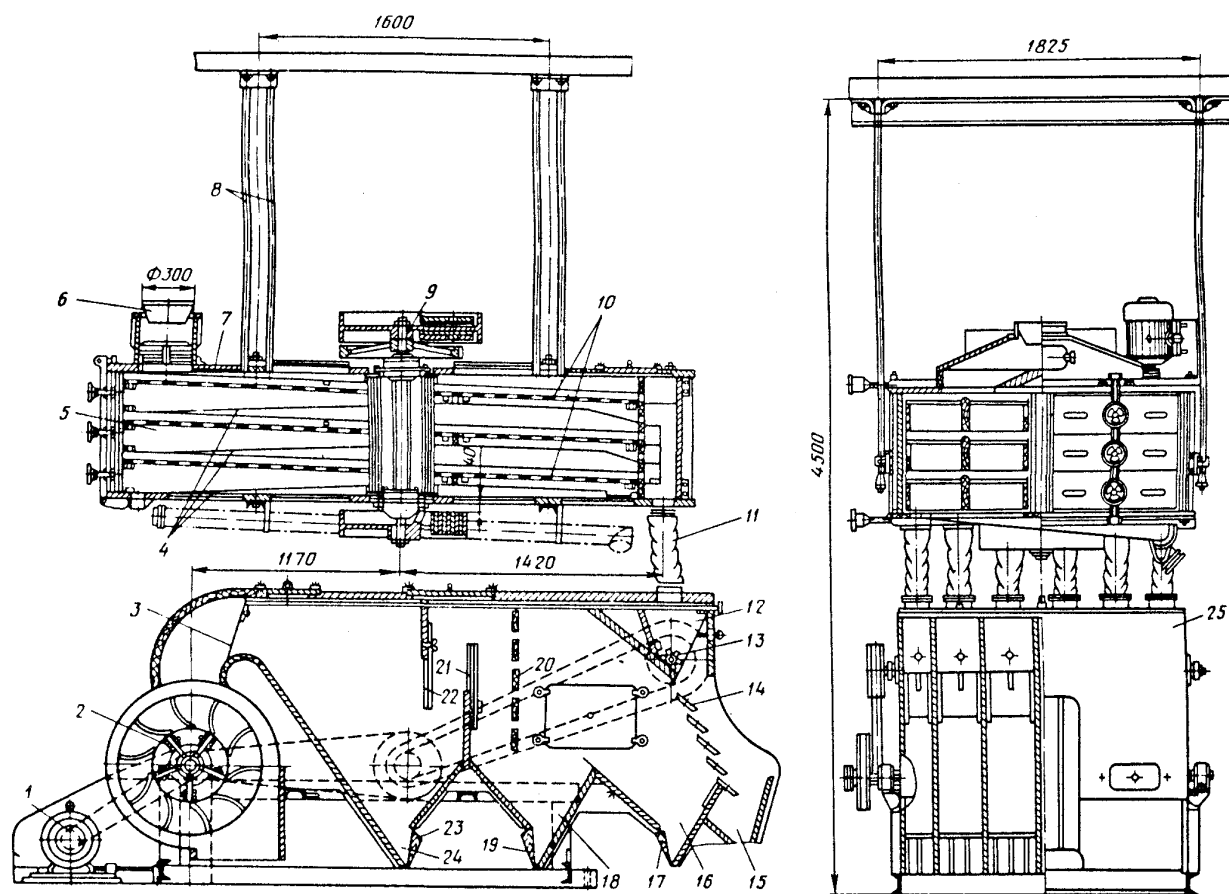


Рис..7 - Загальний вид насіння війки М2С-50

Розсів підвішують на чотирьох тросах 8 до стельової рами над війкою. Зверху розсіву встановлена прийомна коробка 6 із гнучким рукавом для подачі рушанки, а знизу розсіву з протилежної сторони кріпляться шість гнучких рукавів для передачі отриманих у розсіві фракцій у канали аспіраційної війки.

У центрі розсіву на його верхній кришці встановлений приводний пристрій 9, що складається з вертикального вала, двох балансирів і шківів. У балансирах ексцентрично кріпляться змінні вантажі, що дозволяє, змінюючи масу балансирів, регулювати амплітуду кругового поступального руху розсіву. Обертальний рух вертикальному валу разом з балансирами передається через клиноременну передачу від електродвигуна, змонтованого на кронштейні, укріпленому на кришці корпусу розсіву.

Аспіраційна війка являє собою прямокутний дерев'яний корпус, розділений подовжніми перегородками на шість каналів. У верхній частині корпусу під патрубками, по яких пересипаються з розсіву фракції рушанки на поділ у канали війки, розметене живильний пристрій 12 у виді рифленого валика до рухомої заслінки 13. Причому заслінки виготовлені індивідуальні для кожного каналу, у той час як валик загальний - на всі канали. Під живильним пристроєм розташо-

вано трохи (звичайно чотири-п'ять) похилих полицок, так званих жалюзі 14. Полички виготовлені з тонкої листової (товщиною 1 мм) сталі, і кут їхнього нахилу може змінюватися при регулюванні режиму роботи війки.

Знизу корпусу війки мається три конуси 16, 18, 24 з автоматичними клапанами 17, 19, 23. Конструктивно клапана являють собою просто заслінки на шарнірі. У неробочому стані війки, тобто при невиключеному вентиляторі, клапани-заслінки знаходяться у висячому положенні і щілині у вершинах конусів відкриті. При включенні вентилятора, що створює розрідження в корпусі війки, клапани-заслінки повертаються навколо шарнірів, притискаються до протилежних стінок конусів і тим самим перекривають щілини у вершинах конусів. В міру нагромадження в конусах розсортованих фракцій рушанки росте тиск на клапани-заслінки. Коли цей тиск перевищить статичний тиск розрідження, створюваний вентилятором, клапан відкривається і накопичені в конусах частки рушанки висипаються в розташовані під ними транспортні шнеки. Як тільки конус спорожниться і при цьому тиск стане менше статичного тиску розрідження, клапан-заслінка закриється.

Кожний із шести каналів війки постачений шиберним механізмом 3 регулювання швидкості повітряного потоку. Шибери встановлені у хвостовій частині війки безпосередньо перед вентилятором, а штурвали, що регулюють положення шиберів, винесені на передню частину війки, що дозволяє вести регулювання, спостерігаючи процес сепарування на жалюзі війки.

Усередині корпусу війки розташовані ґрати 20 і дві перегородки 21.22 для аеродинамічного впливу на потік повітря з метою виділення з потоку сепаруючої рушанки.

Усі шість каналів війки підключені до одного вентилятора 2, що приводиться в рух електродвигуном 1 за допомогою клиноремінної передачі. Привід живильника також здійснений від цього ж електродвигуна через контрпривод.

Насіння війка працює в такий спосіб. У робочих умовах розсів за допомогою механізму привода робить круговий поступовий рух.

Рушанка, що підлягає поділові, надходить через рукав у прийомну коробку і далі на сита верхнього ярусу.

Процес сепарування в розсіві відбувається в такий спосіб. Сита верхнього ярусу мають по довжині дві ділянки, що розрізняються діаметром отворів (на початковій ділянці) сита з отвором 6 мм, а на кінцевій ділянці сита — ф 7 мм). Таким чином, рушанка, потрапивши на сита верхнього ярусу, на початковій ділянці поділяється на прохід через сита з отворами 0 6 мм і відповідно схід. Прохід, потрапляючи на піддон із протилежним нахилом, підводиться до початку сит середнього ярусу. Схід попадає на кінцеву ділянку верхнього ярусу, де поділяється на схід (частки крупніше ф 7 мм, велика лузга і не завалені насіння), що через рукав надходить у перший канал війки, і прохід (частки діаметром більше 6 мм і менше 7 мм, що складаються з лузги і чистого ядра), що через рукав надходить у другий канал війки.

Сита середнього ярусу на початковій ділянці мають отвору ф 4,5 мм, а на кінцевій ділянці — ф 5 мм. Сходом з цих сит йдуть у третій канал ціле дрібне ядро, великі частки лузги і ядра. Прохід через отвори ф 4,5 мм по піддону з

протилежним нахилом скачується до початку сит нижнього ярусу. Прохід через отвори $\phi 5$ мм, що складається з часток ядра і лузги середнього розміру, направляється в четвертий канал війки.

Сита нижнього ярусу на початковій ділянці мають отвору $\phi 2,5$ мм, а на кінцевій ділянці - $\phi 3$ мм. Сходом з цих сит йде в п'ятий канал січка ядра і лузги. Прохід через отвори $\phi 2,5$ мм є сьомою фракцією, одержуваної в розсіві, що минаючи війку, виводиться з машини через тічку висевочного проходу безпосередньо в потік ядра. Прохід через отвори $\phi 3$ мм, що складається з дрібних часток ядра і лузги, направляється в шостий канал війки.

Усі шість фракцій по рукавах зсипаються в живильний пристрій війки і попадають на похилі полички. Пересипаючи з полички на поличку, фракції рушанки піддаються впливові повітря, який просасує в зазорах між поличками вентилятора. Легкі компоненти в оброблюваних на поличках фракціях захоплюються потоком повітря усередину аспіраційних каналів, а важкі компоненти пересипаються з полички на поличку і виводяться в нижній отвір корпусу війки безпосередньо перед поличками. Легким компонентом переважно є лузга, а важкими - ядро, цілі насіння. На практиці чіткого відділення лузги на поличках не домагаються і разом з лузгою захоплюється частина ядра, а також з ядром — частина лузги.

Постування рушанки

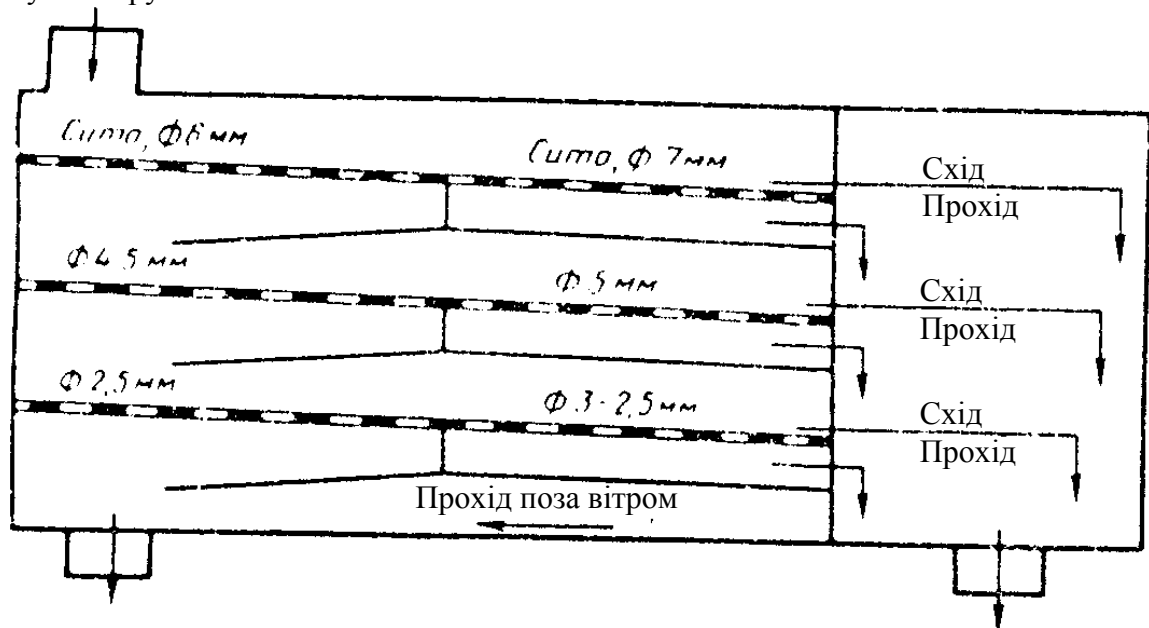


Рис.8. - Схема сит розсіву війки

Безпосередньо за поличками повітряний потік разом із захопленими частками попадає в розширений перетин каналу за рахунок першого конуса, де швидкість потоку повітря відповідно падає. При цьому велика лузга і частина ядра, що захоплюється потоком повітря, випадають у першому конусі. Осіла в першому конусі суміш часток називається перебімою; тому що вона містить ядро, то підлягає повторній переробці.

Потім потік повітря з захопленими частками набігає на ґрати. У цьому ж перетині розташований другий конус. Тут випадає в конус основна кількість лузги як унаслідок утрати швидкості потоку в розширеному перетині, так і в результаті утрати швидкості частками при зіткненні з елементами ґрат. Потік повітря після цього ще кілька разів змінює свій напрямок, огибаючи дві перегородки, і це сприяє осадженню часток лузги, що залишилися, у третьому конусі. Цілком осадить частки з повітряного потоку не вдається, і дрібна лузга, що залишилася, пройшовши шиберний пристрій, вентилятор, викидається в повітроочисний пристрій.

Таким чином, після аспіраційної війки одержують ядро, недоруш, перевий і лузгу.

Ядро надходить на подальшу переробку. Недоруш направляють у повітряно-ситовий сепаратор, аналогічний за конструкцією застосовуваним для очищення насіння. Тут в осадкових конусах після продувки недоруша атмосферним повітрям відбирається велика лузга. Недоруш з меншим змістом лузги (збагачений) йде на повторне обрушення на обрушувачу машину.

Перевий для повторного поділу направляється на контрольну війку, що відрізняється від робочої війки набором сит і повітряним режимом в аспіраційній камері. Лузга виводиться з цеху.

Оцінюють роботу рушально-війчного цеху по величині лузжистості готового ядра – процентному вмістові лузги в ядрі, і по втратах олії в луззі, що йде з виробництва (у виді олійного пилу, січки ядра і замаслювання лузги при контакті зі зруйнованим ядром).

Лузжистість ядра, призначеного для витягу олії на пресових заводах, не повинна перевищувати **3%**, на екстракційних - не більш **8%**.

2.2 Машини для подрібнення насіння і ядра

Для витягу олії з насін'я або ядра необхідно зруйнувати клітинну структуру. Кінцевим результатом операції здрібнювання є переклад олії з ув'язненого в клітках насіння, у форму доступну для подальших технологічних впливів.

Необхідний ступінь здрібнювання сировини досягається механізмами, що роблять дроблення, роздавлення і стирання насін'я або ядра.

Одержаний після подрібнення матеріал називається м'яткою і відрізняється дуже великою питомою поверхнею. Крім руйнування клітинних оболонок при здрібнюванні порушується також структура, що удержує олію у частині клітки, значна частка олії вивільняється й адсорбується на поверхні часток м'ятки.

Добре подрібнена м'ятка повинна складатися з однорідних за розмірами часток, не містити цілих, незруйнованих кліток, і в той же час вміст дуже дрібних (борошнистих) часток у ній повинно бути невелике.

Для одержання м'ятки застосовують вальцові верстати типу ВР. Ці верстати відрізняються кількістю і взаєморозміщенням основного працюючого органу – валків. Застосовують верстати з горизонтальним, вертикальним і діагональним розміщенням валків.

Процес подрібнення в таких верстатах розділяють на три етапи:

- пружна деформація, що протікає від початку додатка зусиль до матеріалу, що подрібнюється, до появи перших тріщин;
- пластична деформація, коли елементи матеріалу, що подрібнюються, починають переміщатися один відносно іншого. При цьому матеріал ущільнюється і плющиться;
- руйнування матеріалу з утворенням вільної поверхні часточок.

Вальцеві верстати складаються з чавунних валків із загартованою зовнішньою поверхнею. Чавун обраний тому, що в процесі роботи він не полірується і зберігає шорсткувату поверхню, необхідну для затягування ядра і його плющення. Валки виготовляють рифленими і гладкими. Рифлення виконують по гвинтовій лінії з метою забезпечення рівномірного обертання (без ривків) валків.

Серед застосовуваних вальцевих верстатів зустрічаються:

- однопарний плющильний вальцевий верстат (рис 9, а);
- двопарний вальцевий верстат, у якому верхня пара валків рифлена, нижня – гладка (рис 9, б);
- п'ятивальцевий верстат ВР – 5 (рис 9, в).

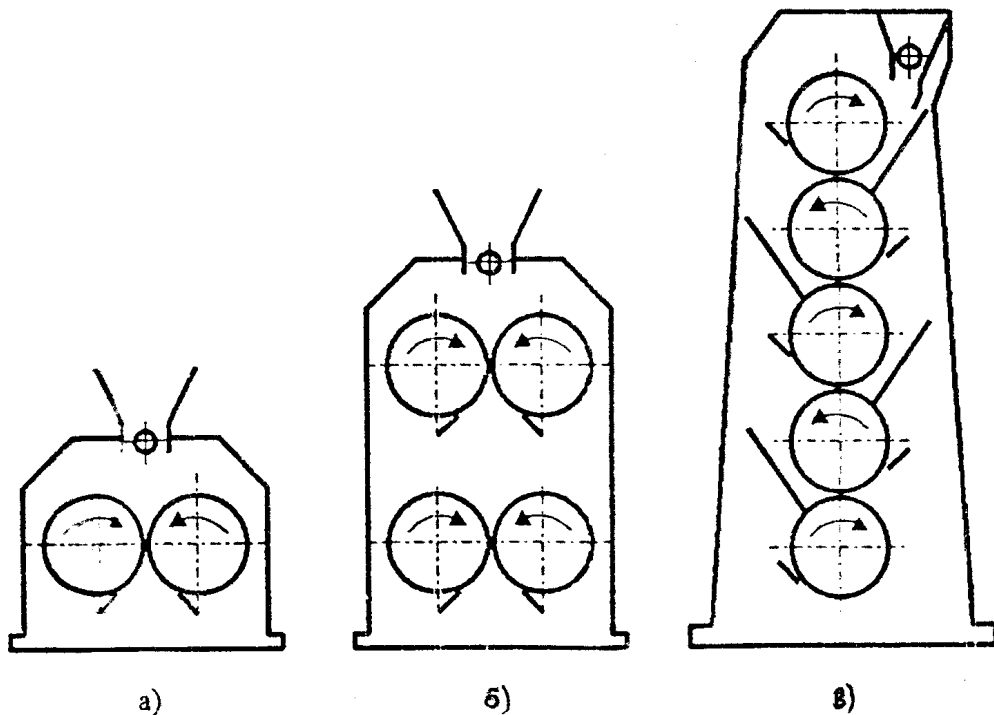


Рис. 9. Схеми конструкцій вальцевих верстатів: а) – однопарний; б) – двопарний; в) – п'ятивальцевий: 1 – станина; 2 – валець; 3 – бункер завантажувальний; 4 – живильний валик.

Процес здрібнювання матеріалу може здійснюватися за один або два рази – попередньо й остаточно. Вибір одноразового або дворазового здрібнювання визначається як розмірами продукту, що подрібнюється, так і його твердістю (міцністю).

Для попереднього, грубого здрібнювання застосовують однопарні рифлені вальцеві верстати з горизонтально розміщеними валками (рис 7.9, а). Опора од-

ного з валків нерухома. Опора іншого може переміщатися для регулювання зазору між валками. Над робочими валками встановлений завантажувальний бункер з живильним валиком і регулювальним шибером.

Для здрібнювання жмихової черепашки перед плющенням застосовують двопарний вальцевий верстат (рис 9, б). У верстаті є дві пари горизонтально розташованих вальців, встановлених один над іншим. Верхня пара валків виконана складальною з зубцюватих дисків, нижня – з рифлених валків.

Найбільше поширення одержали вальцеві верстати з вертикальним розміщенням вальців, в основному п'яти вальцеві верстати типу ВР – 5 (рис 9, в).

Основні робочі органи верстата ВР-5 (рис 10) п'ять валків 3 з вибіленого чавуна діаметром 400 і довжиною 1250 мм. Кожен валок являє собою пустотілий циліндр, по осі якого пресується сталевий вал. Надійність з'єднання чавунного валка і сталевого вала, що виключає можливе їхнє провертання друг до друга, забезпечується додатково до пресового з'єднання установкою на валові шпонки. На обох кінцях вала встановлені підшипники качання. Вибір підшипників (дворядних сферичних на конічній у втулці) обґрунтований умовами роботи. При роботі валки лежать один на іншому вільно і при проходженні матеріалу в зазорі між ними відбувається розсовування валків. Можливо також відхилення осі цівка від строго горизонтального положення. Положення нижнього цівка (приводного) фіксовано. Кожен валок сприймає масу усіх вище лежачих валків, і найбільш навантажених нижніх цівків. Тому його осі встановлені в дворядних роликів підшипниках.

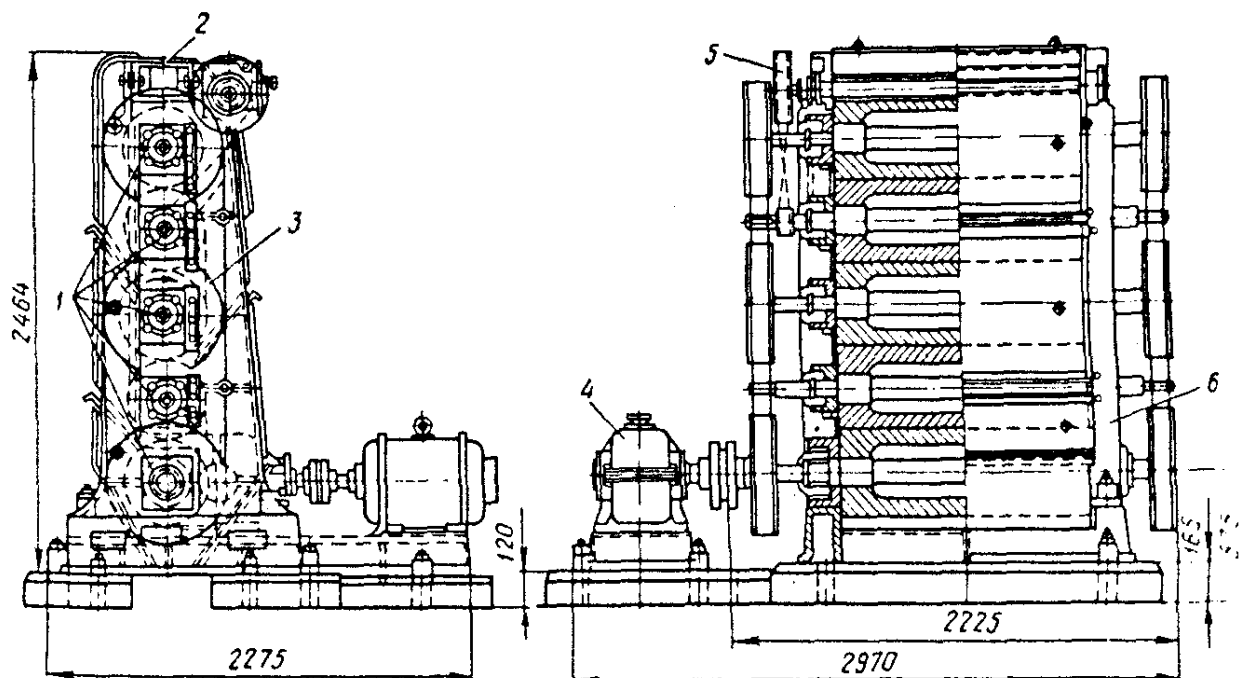


Рис.10 Схема станка ВС-5

Корпуса підшипників 1, названі буксами, мають форму торця, близького до квадратного. Бічними поверхнями корпуса підшипників входять у направляючих вертикальних стійок 6 верстата. Чотири чавунні стійки кріпляться болтами по масивній чавунній плиті. Таким чином, рухливість осей верхніх чотирьох валків у вертикальному напрямку забезпечується можливістю ковзання корпусів підшипників у направляючих стійок. Особливістю установки валків є розташування центрів їхніх осей не строго по одній вертикалі, а зі зміщенням убік на невелику величину (10-12 мм). Для цього з однієї сторони букси знімають шар металу, а на іншу сторону накладають пластину відповідної товщини. Напрямок зміщення для кожного валка змінюють послідовно. Така установка валків забезпечує більш плавну їхню роботу і поліпшує захоплення валками часток, що подрібнюються.

Звичайно верхні два валки роблять рифленими, а інші три нижніх - гладкими. Рифлі мають глибину 1,5 мм при восьми нитках на один дюйм і при куті стосовно утворюючої хитка 9°. Рифлені ділянки поверхні валка чергують із гладкими, і це дозволяє виключити вібрації рифленої пари при роботі. При експлуатації варто приділяти особливу увагу стану поверхні валків. Для цього валки раз у 2-4 мес піддають шліфуванню на спеціальному верстаті. При цьому треба досягти строго циліндричної форми валків, так щоб у верстаті в зібраному виді місцевий зазор між суміжними валками не перевищував 0,06-0,09 мм.

Обертання валкам передається від індивідуального електродвигуна через муфту і двоступінчастий редуктор 4 з передаточним числом 6,4. Обертання від редуктора через муфту передається на нижній валок і від нього за допомогою плоскоремінної передачі обертання передається третьому (середньому) і п'ятому (верхньому) валам. Другий і четвертий валки обертаються за рахунок тертя з примусово обертовим першим, третім і п'ятим валками. При цьому частота обертання першого, третього і п'ятого валків складає 150 об./хв, а не приводні валки - другий і четвертий - за рахунок прослизання обертаються на 3-5 об./хв повільніше.

На валові четвертого валка мається шків, від якого за допомогою перехресної пасової передачі обертання передається на вісь живильного валика 5. Включення обертання валика виробляється за допомогою підйомного механізму, що приводить у зачеплення кулачкову муфту.

Живильний валик — одна з основних частин живильного пристрою, розташованого у верхній частині верстата. Чотири стійки верстата у верхній частині кріпляться між собою. Праві стійки з'єднані з лівими стійками у верхній, середній і нижній частинах стяжними болтами. Передні стійки з'єднані з задніми за допомогою вставок 2. Живильний бункер, що складається з передньої і задньої стінок, змонтований у верхній частині передніх стійок. Бічними стінками живильного бункера є верхні частини передніх стійок. У середині живильного бункера розташовані живильний валик, установлений на шарикопідшипниках з регульованим гвинтами шибера. Ширина щілини між живильним валиком і шибера регулюється двома гвинтами, що може привести до перекосу шибера і відповідно до нерівномірної подачі матеріалу і зниженню якості помелу на верстаті.

В даний час замість п'ятивалкового вальцювого верстату ВР-5 випускати вальцювий верстат Б6-МВА.

У конструкції верстата (рис 12) можна виділити наступні основні складові частини:

станина, що складається з плити підстави 8 і колон 9 і 10, призначена для установки основних вузлів верстата;

живильник 12, що призначений для подачі і рівномірного розподілу на всій довжині першого міжвалкового проходу, що подається на здрібнювання ядра олійних насінь;

механізми робочих органів, призначених для роздрібнювання ядра олійного насіння і складаються з чотирьох розташованих один під іншим валків 2 діаметром 400 мм і робочою довжиною 1250 мм із підшипниками, що направляють аркуші 3, шкребки 4, механізму регулювання міжвалкового зазору 5, пружинного пристрою 11;

привод, що складається з двох електродвигунів 1 (лівий і правий), натяжний пристрій 6 і поліклинові ремені 7.

Передачі й обертові валки закривають огороженнями, що є елементом техніки безпеки роботи на верстаті.

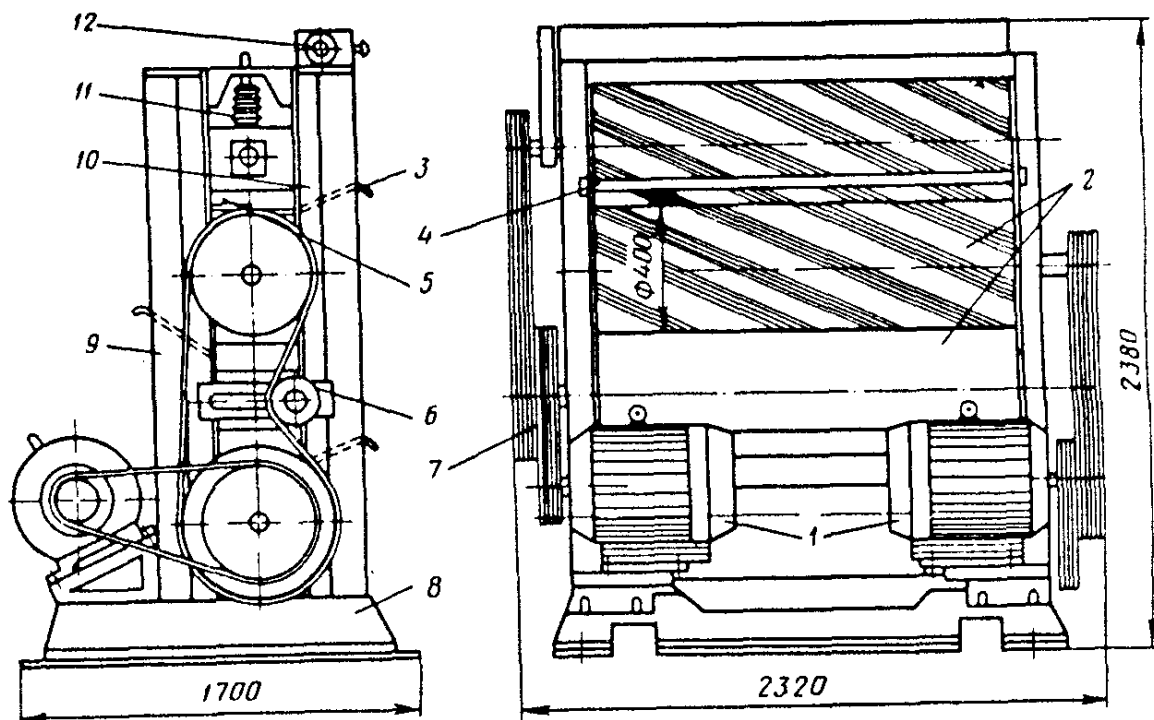


Рис 12. Вальцювий верстат Б6-МВА

Вальцювий верстат працює в такий спосіб. Олійний матеріал, подаваний на роздрібнювання валковим живильником діаметром 120 і довжиною 1230 мм, що обертається з частотою 68,7 об./хв, розподіляється на направляючий лист першого міжвалкового проходу.

Перша (верхня) пара валків виконана рифленно і має диференціал частот обертання валків (1-й верхній валок 229 об./хв, 2-й валок - 239 об./хв), що до-

зволяє ефективно проводити попереднє здрібнювання вихідного олійного матеріалу.

Подальше здрібнювання роблять при проходженні матеріалом послідовно міжвалкових зазорів другого і третього проходів. Нижні два валки гладкі, обертаються з однаковою частотою (244 об/хв.). Величину робітників між валкових зазорів можна регулювати за допомогою клинового механізму, розташованого міжкорпусами підшипників валків. Прийнята послідовно зменшувана величина між валкового зазору по ходу руху матеріалу у верстаті.

Продукт, що налипає на валки, зчищають спеціальними шкребками. Здрібнений продукт (м'ятку) після останнього (третього) проходу за допомогою двох направляючих щітків виводять з верстата.

Особливості експлуатації верстата полягають у наступному.

Для керування верстатом мається спеціальний пульт. При пуску верстата послідовно виключають живлення пульта керування, потім включають електродвигуни верстата і після цього включають подачу насіння, відрегулювавши за допомогою живильника надходження їх з бункера рівномірним потоком по всій довжині валка. Зупинку верстата роблять у зворотному порядку.

Обов'язковим при роботі верстата є наявність кріплення огорожень, що знаходяться в належному технічному стані.

3 Устаткування для витягу олії.

Витяг олії з м'ятки здійснюється методами пресування, екстракції або їхнім сполученням, у залежності від обсягу виробництва і складу технологічної лінії. У сучасному малому виробництві найчастіше використовується метод пресування з одержанням підсмаженої або сиродавленої олії. Метод екстракції через свою дорожнечу економічно вигідний тільки у великому виробництві.

3.1 Апарати попереднього витягу олії

У деяких технологічних лініях передбачене попереднє здрібнювання олії з м'ятки перед процесом її обсмажування. Це здійснюється в апаратах-форшнеках КЯ (рис 13), які складаються із труби, у якій розміщений шнек. Шнек складається з двох частин: транспортної (цілі витки) і що пресує (з розривними витками і 3 вирізами на витках). Транспортний шнек заповнюється м'яткою цілком. У процесі переміщення м'ятки по шнеку вона обробляється пором, що подається через форсунки у верхній частині транспортного шнека. Зволожена і підігріта м'ятка надходить у частину шнека, що пресує, де піддається пресуванню під невеликим тиском (0,...0,2МПа) і інтенсивному перемішуванню завдяки переходові часток м'ятки через вирізи у витках шнека. Олія протікає через зеєра і віддаляється з преса шнеком. Даним апаратом досягається витяг до **70%** олії.

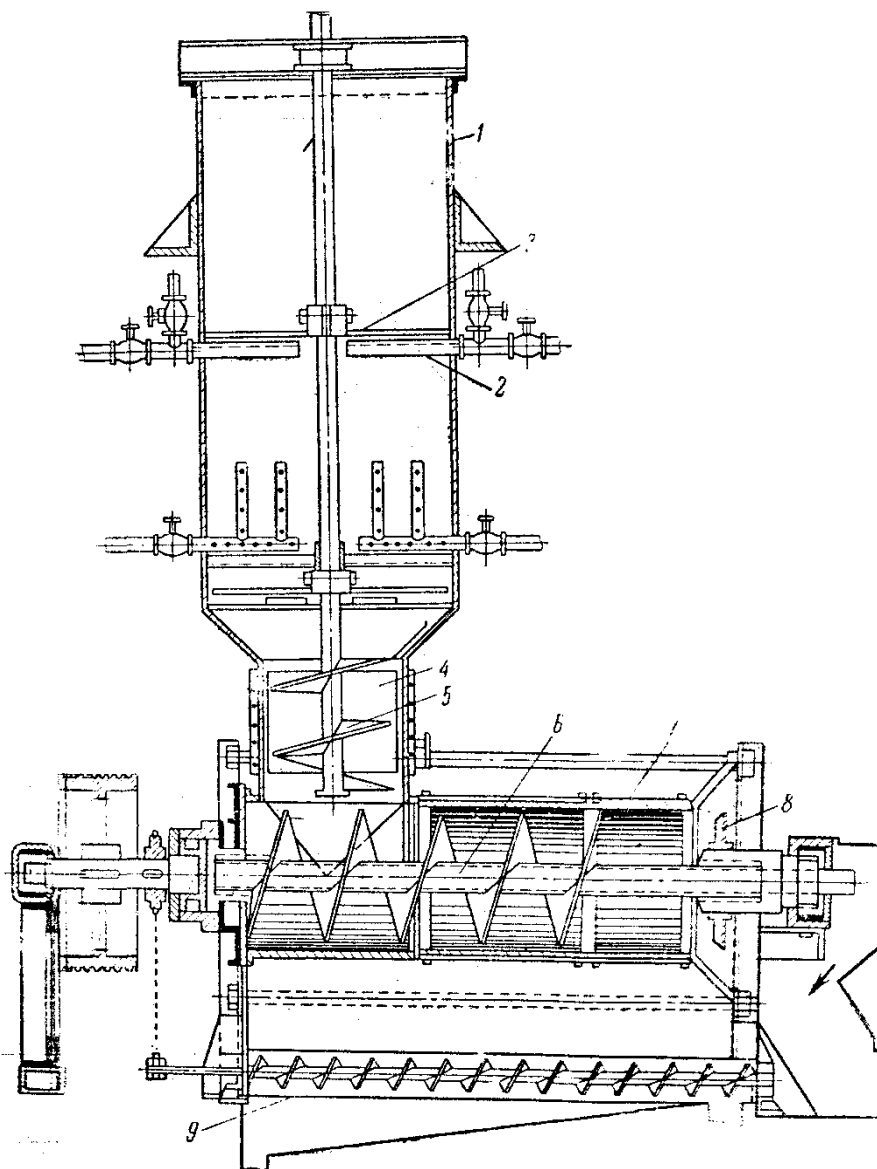


Рис. 13 – Схема форшнека КЯ: 1 – бункер; 2 – форсунки подачі пари; 3 – ножі-мішалки; 4 – патрубок; 5 – шнек-живильник; 6 – вал шнековий; 7 – циліндр-зеер; 8 – регулюючий конус; 9 – шнек для видалення олії.

3.2. Апарат для теплової обробки м'ятки

Олія, адсорбована у виді тонких плівок на поверхні часточок здрібненого ядра, утримується значними поверхневими силами. Для ефективного витягу олії необхідно цей зв'язок послабити. Для цієї мети служить гідротермічна (волого-теплова) обробка м'ятки – готування мезги або жарення. При зволоженні і наступній тепловій обробці м'ятки слабшає зв'язок ліпідів з не ліпідною частиною насін'я – з білками і вуглеводами, і олія переходить у відносно вільний стан, його в'язкість помітно знижується. Потім м'ятку нагрівають до більш високої температури, її вологість при цьому знижується, і одночасно відбувається часткова денатурація білків, що змінює пластичні властивості м'ятки. Так під

дією вологи і тепла м'ятка змінює свої фізико-хімічні властивості і перетворюється в мезгу.

У виробничих умовах процес готування мезги складається з наступних операцій:

- зволоження м'ятки і підігріву її до температури 60°C . Вологість м'ятки після зволоження (для соняшника) повинна бути не вище 8...9...9%;
- нагрівання до 105°C и висушування м'ятки. Кінцева вологість готової мезги (для соняшника) досягає 5...6...6%

Мезга з такими характеристиками забезпечує ефективний попередній віджим олії. Для остаточного віджиму параметри мезги повинні бути іншими (кінцева вологість 3...4...4%, температура $110...120^{\circ}\text{C}$).

Для готування мезги застосовують жаровні - чанні, барабанні і шнекові. В даний час найбільш поширені чанні жаровні, що складаються з 6 або 5 чанів.

За конструктивними ознаками жаровні можна поділити на три групи:

- жаровні з обігрівом тільки днищ;
- жаровні з підігрівом днищ і внутрішнього парового кільця у верхньому чані;
- жаровні з підігрівом днищ і бічних стінок.

Для забезпечення безперервності роботи чанної жаровні обсмажування м'ятки розбивається на декілька етапів, кожний з яких здійснюється в окремому чані. Для цього і використовують багаточанові жаровні, типу Ж – 68. Жаровні мають вертикальний ряд чанів з паровою сорочкою і єдиним залом з мішалками (рис 14). Пара подається в парову сорочку чанів під тиском до $0,7\text{ МПа}$.

До жаровень безперервної дії відносять барабанні жаровні.

3.3 Шнекові преса для витягу олії

Шнековий прес (рис.16) складається з рознімного східчастого циліндра 2 і шнекового вала 3. Стінки циліндра виконані зі сталевих пластин, покладених у каркасі циліндра так, що між пластинками маються вузькі щілини для виходу відпресованої олії. Шнековий вал складається з окремих гвинтових ланок, за довжиною розділених проміжними циліндричними або конічними кільцями. Мезга надходить у прийомну частину східчастого циліндра через живильник 1, захоплюється там витками шнека 4 і переміщається уздовж його до вихідного отвору.

Максимальний тиск, що розвивається шнековим пресом, досягає 30 МПа , ступінь ущільнення (стиску) мезги зростає в 2,8...4...4,4 рази, тривалість перебування мезги в шнековому каналі під тиском залежить від типу преса і коливається в межах від 78...225с.

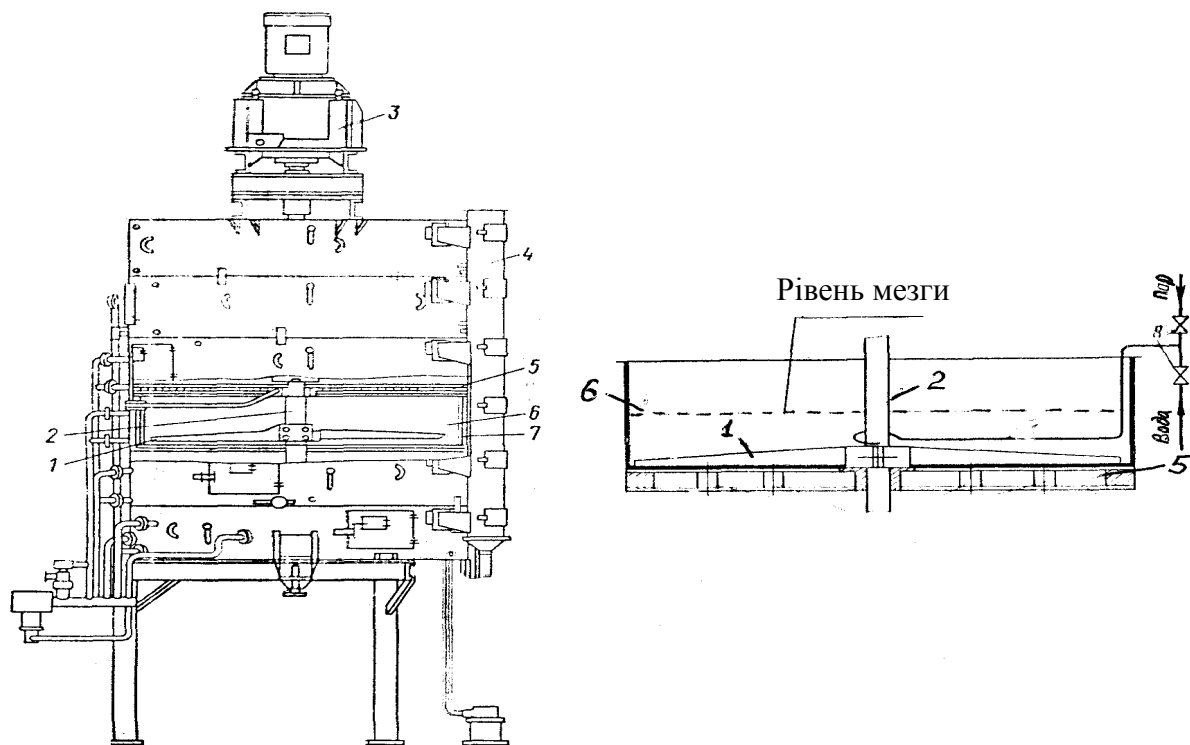


Рис. 14 - Жаровня Ж – 68:1 – лопата ножа мішалки; 2 – вал жаровні; 3 – привід жаровні; 4 – аспіраційна трубка; 5 – днище чана; 6 – чан; 7 – парова сорочка днища і стінок чана.

Шнекові преси поділяються на три групи:

- преси для попереднього витягу олії (форпреси) ФП, МП;
- преси для остаточного витягу олії (експелери) ЕП, МД, МПЕ;
- преси подвійної дії (попередній і остаточний витяг олії здійснюється в одній машині) МПЕ – 2, МП – 21.

Маслопрес МП-68 —шнековий прес, що має геометричні розміри робочих органів (шнекового вала і зерно-го циліндра), що збігаються з аналогічними розмірами преса ФП.

Основними вузлами преса МП-68 (рис.16) є наступні.

Станина. Станина 14 виконана литий; її опорні стійки з'єднані між собою звареними трубами і двома швелерами. На станині з боку виходу макухи укріплений корпус завзятого підшипника шнекового вала.

Шнековий вал. Дев'ять окремих шнекових витків 6 і перехідних кілець 8, зібраних на осі вала і стягнутих кінцевою гайкою та зерний циліндр 9 не відрізняються від аналогічних вузлів преса ФП. Вісь шнекового вала спирається на радіальні сферичні дворядні підшипники 16, що змонтовані на станині. Обертання шнековому валові передається від вала редуктора за допомогою запобіжної хрестової муфти 3, одна з напівмуфт якої встановлена на осі шнекового вала. Запобігання преса від поломок при перевантаженнях відбувається шляхом зрізання-штифтів муфти. Поруч з напівмуфтою на осі шнекового вала закріп-

лена зірочка 4 ланцюгової передачі привода обертової тічки живильника 5 преса.

Зеерна камера. Зеерна камера 9 складається з двох половин, що мають вертикальне рознімання, шарнірне з'єднання знизу і клинове з'єднання зверху. Це разом з лебідкою полегшує розкриття і закриття зеерної камери. У середині зеерної камери маються спеціальні ножі з виступами, що перешкоджають провертанню мезги разом зі шнековим валом.

Живильник. Живильник 5 являє собою обертову трубу з нерухомими шкребками, що очищають стінки від налиплого матеріалу. Зверху корпус живильника закріплений до нижнього чана жаровні. Обертання трубі передається через ланцюгову передачу і пару конічних шестірень, одна з яких насаджена на обертову тічку.

Механізм для зміни товщини вихідного з преса макухи. Механізм 10 розміщений у корпусі станини. Для зміни величини зазору для виходу переміщується кільце підоймовою системою, що через черв'ячну передачу приводиться в рух штурвалом, винесеним на зовнішню сторону преса. Мається спеціальний показчик зі стрілкою для встановлення необхідного зазору між кільцем і конусом.

Маслозбірний пристрій. Маслозбірний пристрій 15 складається зі злиального листа і збірника олії і закріплений між передньою і задньою стійками станини на швелерах.

Привод маслопреса. Цей привід включає електродвигун 1 і редуктор 2, що з'єднані муфтою 3. Електродвигун трьохшвидкісний; змінюючи число його полюсів, можна одержати різну частоту обертання.

Маслопрес ЕТП-20 виготовляється фірмою СКЕТ (ФРН). Цей маслопрес є шнековим пресом і здатний працювати як у режимі форпресування, так і в режимі однократного остаточного пресування. Це забезпечується зміною геометрії шнекового вала шляхом зміни комплекту шнекових витків (при цьому змінюють зазори між зеерними пластинками), а також зміною частоти обертання шнекового вала від 25-32 до 5-9 об./хв шляхом заміни шестірень редуктора. Особливістю преса ЕТП-20 є подовжений зеер (до 1800 мм), що має два діаметри (на живильній ступіні 250 мм і 200 мм на інших чотирьох ступінях). Шнековий вал можна підігрівати або прохолоджувати шляхом подачі відповідного агента (пари або води) у наявний у ньому канал. Ширина вихідної щілини преса регулюється конусом, що переміщується від механічної передачі, що зв'язується зі шнековим валом. Для подачі мезги в прес мається шнековий живильник із самостійним приводом через варіатор.

Один прес ЕТП-20 агрегатується із шестичанною жаровнею Ж-230/6.

Маслопрес РЗ-МОА входить до складу маслоотжимного агрегату РЗ-МОА, що включає один прес, семичанную жаровню з діаметром чанів 3000 мм і кранукосину. Високопродуктивний масловіджимний агрегат має підвищені габаритні розміри 8330 x 5400 x 3910 мм, а також масу 38 т. Маслопрес має габаритні розміри 1420 x 5400 x 1470 мм і масу 8,2 т. Велика маса вузлів і деталей масловіджимного агрегату, потреби проведення демонтажу (монтажу) при технічному обслуговуванні і ремонтах послужили підставою для включення до

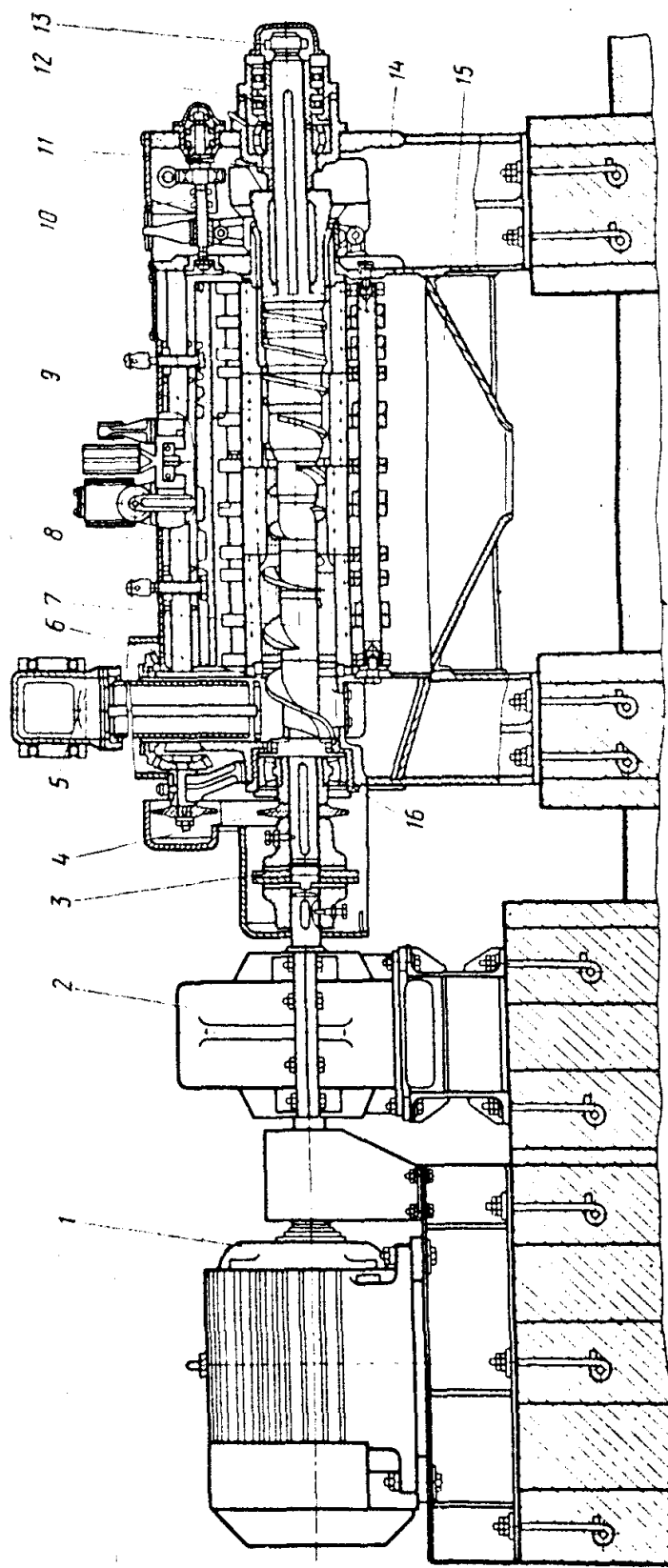


Рис.16. Маслопрес МП-68.

складу агрегату крапу-укосини. Особливості маслопреса РЗ-МОА: застосування шнекового живильника з приводним електродвигуном 10 кВт; здійснення нового технічного рішення механізму регулювання товщини макухи (цей механізм універсальний - він може бути змінений на матрицю і забезпечувати гранулювання макухи). Маслопрес обладнаний збірним шнеком олії і зерною осипу, що приводиться в дію від шнекового вала.

Розбирання напівциліндрів зерної камери механізовані і виконуються двома робітниками за 20 хв.

Високопродуктивний маслопрес РЗ-МОА перевершує маслопрес МП-68 за питомими показниками:

- продуктивністю на одиницю площі цеху в 1,87 рази;
- споживанню електроенергії на 1 т перероблених насіннь у 1,24 рази;
- металоємності на 1 т переробленого насіння у 1,74 рази;
- технічної продуктивності на 1 працюючого в 2 рази.

Для сучасного малого виробництва з одержанням сиродавленної рослинної олії при порівняно невеликих енерговитратах ($100...150 \text{ Вт/кг}$) і високому відсотку виходу готового продукту ($40...42...42\%$ при вихідній олійній сировини $47...49...49\%$) можна використовувати технологічну лінію виробництва рослинної олії з продуктивністю по насіннях соняшника до 190 кг/год із займаною площею до 80 м^2 .

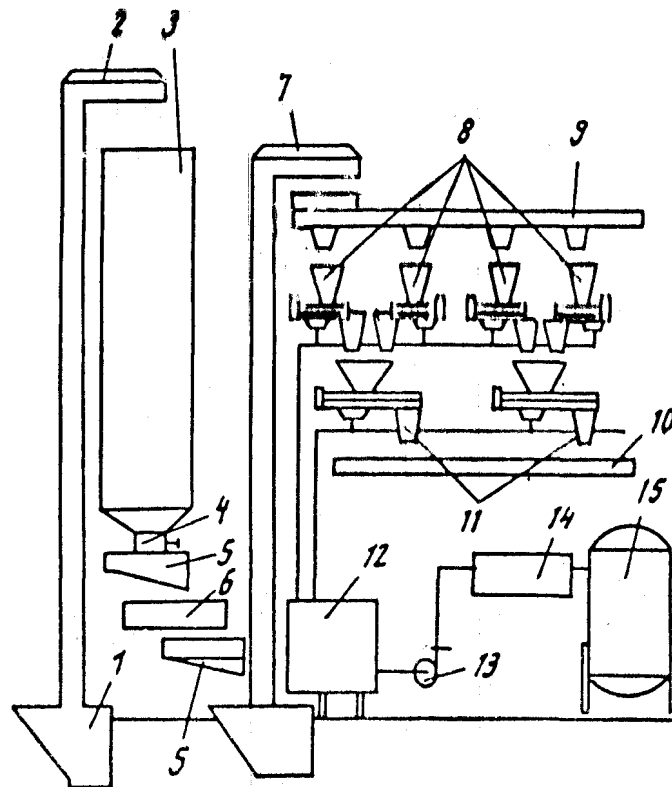


Рис. 17. – Схема лінії виробництва сиродавленної олії: 1 – прийомний бункер; 2, 7 – норії; 3 – бункер місткістю 25 м^3 ; 4 – дозатор; 5 – сепаратор з магнітною пасткою; 6 – рушка; 8 – екструдери первинного отжима; 9 – роздавальний шнек; 10 – транспортер для видалення гранул; 11 – преси остаточного отжима; 12 – бак;

нагромаджувач; 13 – насосна установка; 14 – фільтр; 15 -бак-відстійник.

Семена соняшника з автотранспорту надходять у прийомний бункер (рис.17). За допомогою норії 2 сировина засипається в інший бункер 3, відкіля через дозатор 4, транспортером направляється в сепаратор з магнітною пасткою 5, де насіння очищаються від бур'янистих домішок і витягаються металеві предмети. Далі сировину подають на сорочку 6 для обрушення насін'я і повторного очищення їх від домішок у сепараторі. Очищена сировина за допомогою норії 7 надходить на шнековий роздавальник 9 для транспортування до чотирьох екструдерів 8 первинного віджимання. На кінці роздавального шнека мається спеціальний отвір, через яке надлишки сировини по жолобу повертаються до норії 7. Олія одержувана в екструдерах первинного віджимання, по трубопроводу направляється в бак-нагромаджувач (збірник олії) 12, а кормові гранули – на преси остаточного віджимання 11 для витягу з них залишків олії, що потім надходить також у олієзбірник Рівень мезги 12. Рівень олії в ньому регулюється автоматично за допомогою спеціального датчика і насоса. В міру наповнення олієзбірника, олія, проходячи через фільтр, перекачується в баки-відстійники 15, обладнані для прискорення процесу відстою пристроєм для підігріву з автоматичним регулюванням температури. Після відстою готовий продукт зливається в ємність для відвантаження споживачам. При необхідності відстій можна піддати вторинній переробці в екструдерах первинного віджиму. Обслуговують лінію шість чоловік.