



Паламарчук І. П.

Купчук І. М.

*Вінницький
національний
аграрний
університет*

УДК 621.926

ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ НИЗЬКОЧАСТОТНИХ КОЛИВАНЬ В ПРОЦЕСІ ПОДРІБНЕННЯ СИРОВИНИ СПИРТОВОГО ВИРОБНИЦТВА

В статье исследованы технологические аспекты спиртового производства и обоснована технология реализации подготовки сырья к дальнейшей переработке. Осуществлен анализ конструктивных и технологических схем машин для измельчения сырья, и обоснована перспективность применения вибродробилок дискового типа, что сочетают дробильное и режущее воздействие на материал.

The article examines the technological aspects of alcohol production and proved technology of preparation of raw materials for further processing. The article analyzes the structural and technological schemes crushing machines stage of preparation of raw materials and reasonably promising application vibratory crusher disk type, combining crushing and cutting action.

Вступ. Спиртова галузь займає важливе місце в економіці окремих регіонів та нашої держави в цілому. Одним із найважливіших процесів у виробництві спирту є подрібнення сировини, оскільки від якості подрібнення (крупності, структури подрібнених частинок, однорідності помелу) залежить витрата пари на розварювання замісів, та вихід спирту із 1т матеріалу.

Для отримання більш дрібного (високодисперсного) помолу на традиційних машинах, що встановлені на спиртзаводах (вальцеві та молоткові дробарки) потрібно здійснювати двостадійне дроблення або встановлювати сита із малим діаметром, що в свою чергу призведе до зменшення продуктивності та збільшення питомої витрати енергії на 1т матеріалу. Використання ж дезінтеграторів доцільне при подрібненні зернових культур, а як відомо спиртове виробництво використовує, окрім даного виду сировини, картоплю.

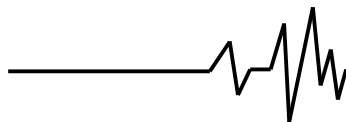
Великі масштаби спиртового виробництва, широкий попит на його продукцію,

важливість попереднього етапу механічної обробки сировини для якості та зменшення собівартості продукції зумовлює **актуальність** даних досліджень.

Метою дослідження є обґрунтування технологічних та конструктивних засад для поліпшення експлуатаційних характеристик та якості отриманої сировини підготовчої операції спиртового виробництва шляхом розробки принципової схеми подрібнювача з вібраційними виконавчими органами.

Для виконання даної мети були поставлені наступні задачі:

- дослідження технологічних аспектів спиртового виробництва, зокрема на стадії підготовки сировини до подальшої переробки;
- дослідження фізико-механічних властивостей сировини, що обробляється;
- аналіз конструктивних та технологічних схем подрібнюючих машин означеного етапу обробки;
- обґрунтування принципової схеми дробарки з використанням низькочастотних коливань виконавчих органів як фактора



інтенсифікації обробки та поліпшення якості отримуваної продукції.

Основний зміст роботи. Переробка зерна на спирт здійснюється за однотипною технологією та складається із наступних стадій: підготовки сировини до переробки, розварювання сировини, оцукрювання сировини, культивування дріжджів, зброджування сусла, перегонки бражки, ректифікації.

До підготовчих операцій можна віднести наступні операції: повітряно-ситове сепарування, магнітне сепарування, відділення насіння бур'янів, замочування (при застосуванні мокрої схеми), подрібнення сировини.

Повітряно-ситове сепарування полягає у тому, що домішки, які відрізняються від зерна даної культури товщиною або шириною і аеродинамічними властивостями, відокремлюють на повітряно-ситовому сепараторі. В процесі магнітного сепарування здійснюється відокремлення дрібних металевих домішок за допомогою магнітних сепараторів. Відділення твердотілих фракцій засміченої сировини здійснюється на трієрах-куколевідбірниках та трієрах-вівсюговідбірниках. Зерно, яке призначене для приготування солоду (крім проса), розділяють у сортувальних машинах – циліндричних барабанах на три сорти: 1 і 2 використовують для одержання солоду, 3 сорт направляють на розварювання[11].

Наступною операцією є процес

подрібнення зерна, який може проходити за «мочною» або «сухою» схемою.

Основу мокрої схеми становить процес виділення крохмалю, глютену, зародка і клітковини у водному середовищі. Початку процесу дроблення передують операції замочування, після чого зерно прямує на мокре дроблення для подальшої сепарації зародка і відділення клітковини. Розчин, що залишився після сепарації, містить розчинений крохмаль і глютен, прямує на другу стадію сепарації. На даному етапі відбувається виділення глютену з розчину, що залишився, з утворенням вологого глютену і крохмалю. Отриманий вологий крохмаль за допомогою різних технологічних операцій перетворюється в сухий крохмаль, етанол, концентровану фруктозу. Зародок зерна, виділений раніше, використовується для виробництва рафінованого кукурудзяного масла, а клітковина і глютен – є цінними кормовими добавками[4].

Замочування відбувається в слабкислому середовищі (0,1 – 0,2% сірчаної кислоти) при температурі 50-55°C, протягом 24 – 40 годин. Це дозволяє розм'якшити зародок зерна, зруйнувати структурні білкові зв'язки ендосперма і звільнити крохмальні гранули. Після стадії замочування, розм'якшене зерно піддається процесу дроблення і сепарації[13].

При використанні сухої схеми зерно після очищення подається на дробарку, де подрібнюється до певного ступеня (табл. 1).

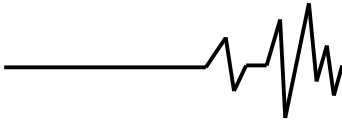
Таблиця 1

Базові кондиції зернових культур до і після подрібнення

| Культура | Вологість (суха схема), % | Домішки, % | | Вологість (мокра схема), % | Прохід через сито 1 мм(не менше), % |
|-----------|---------------------------|------------|-------|----------------------------|-------------------------------------|
| | | бур'янів | Зерна | | |
| Пшениця | 14-17 | 1 | 2-3 | 38-40 | 75-86 |
| Ячмінь | 14-17 | 1 | 1 | 38-40 | 75-86 |
| Жито | 14-15 | 2 | 2 | 38-39 | 75-86 |
| Овес | 14-18 | 1 | 2 | 38-40 | 75-86 |
| Кукурудза | 22 | 1 | 2 | 40-42 | 94-95 |
| Просо | 13-15 | 1 | 1 | 35-38 | 80-92 |

У харчовій промисловості подрібнення застосовують для збільшення поверхні твердих матеріалів з метою підвищення швидкості біохімічних і дифузійних процесів при переробці фруктів, овочів і т.д., а також у процесах

переробки харчових відходів. Подрібнення широко використовують в борошномельному, м'ясному, цукровому, спиртовому, пивоварному, консервному та інших виробництвах.



Операцію подрібнення здійснюють шляхом розчавлення, розколювання, перетирання та удару, при цьому, зазвичай, мають місце кілька супутніх видів механічної дії на матеріал, наприклад, стирання супроводжується розчавленням, розколюванням, ударним подрібненням. При перетиранні матеріалів утворюється велика кількість пилу та інколи має місце переподрібнення, що в деяких випадках неприпустимо. Вибір методу подрібнення залежить від крупності і міцності матеріалів що підлягають обробці. Міцні і крихкі матеріали подрібнюють роздавлюванням і ударом, міцні і в'язкі – розтиранням, в'язкі матеріали середньої твердості – перетиранням, ударом і розколюванням. При дробленні шматки твердого матеріалу спочатку піддаються об'ємній деформації а потім руйнуються по

ослабленим дефектами (макро-і мікротріщинами) перерізам з утворенням нових поверхонь. Шматки продукту дроблення ослаблені тріщинами значно менше початкових та згідно з так званим «масштабним фактором» зі збільшенням ступеня подрібнення зростає витрата енергії на подрібнення[1].

У спиртовому виробництві для подрібнення сировини зазвичай використовують вальцеві та молоткові дробарки.

У вальцевих машинах (рис. 1) процес подрібнення здійснюється безперервно при затягуванні шматків матеріалу в простір між паралельно розташованими вальцями 2 і 5, які обертаються назустріч один одному. Розмір шматків продукту формується залежно від величини вихідної щілини між вальцями[1].

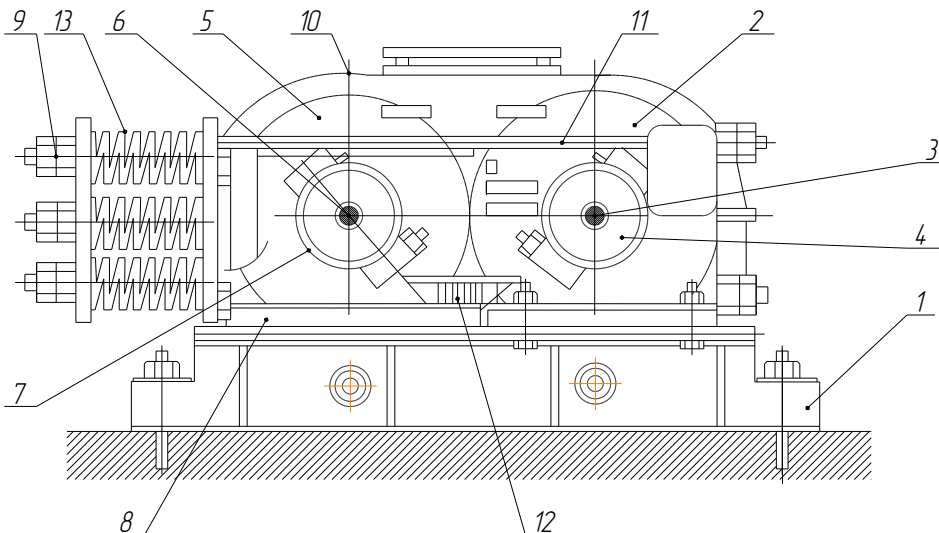


Рис. 1. Вальцева дробарка:
1 – станина; 2,5 – дробильні вальці; 3,6 – вали;
4,7 – підшипники; 8 – напрямні;
9 – затяжні гайки; 10 – корпус; 11 – тяги;
12 – прокладки; 13 – пружини

Одним із перспективних напрямів удосконалення машин для подрібнення сировини є використання в них електромагнітного віброприводу (рис. 2).

Технологічний процес дроблення відбувається наступним чином: зерно з бункера самопливом потрапляє у зазор між пасивними і активними рифлями. Активні рифлі за рахунок зворотньопоступального руху, що створюється

електромагнітним віброзбудником і пружинами 4 переміщують зерно у зазорі, створюючи на нього поздовжній та поперечний тиск, що і є причиною руйнування зерна та прискорення відбору дрібних фракцій. Змінюючи вихідний зазор *a* між пасивними і активними рифлями можна досягнути необхідної фракції подрібнення матеріалу[2].

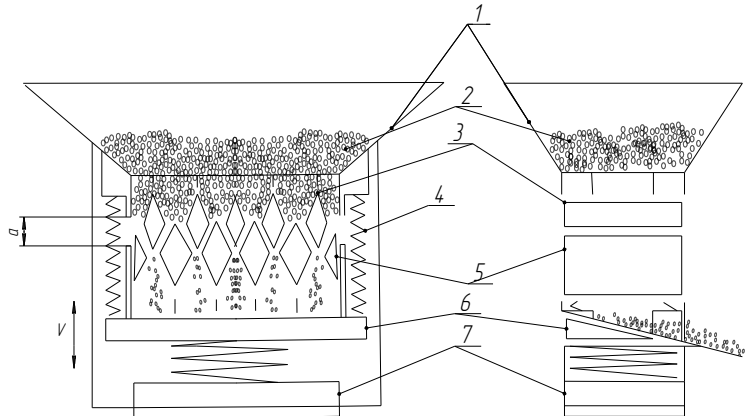
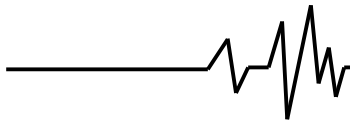


Рис. 2 Зернова дробарка з електромагнітним вібратором:
1 – бункер; 2 – зерно; 3 – пасивні рифлі; 4 – пружини; 5 – активні рифлі;
6 – вібратор; 7 – електромагнітний вібратор

У харчовій та переробній промисловості для подрібнення зерна часто застосовують роторні дробарки (рис. 3), в яких вихідний матеріал надходить через завантажувальне вікно 8 і потрапляє в зону обертального ротора 2 з билами 3. Після удару билами 3 зруйновані і цілі шматки матеріалу відкидаються спочатку на відбійну плиту 4, а потім на ступінь 6

відбійної плити 5. Після чого зруйновані і цілі шматки матеріалу билами 3 відкидаються на ступінь 7 відбійної плити 5. Цей процес повторюється багато разів у кожній зоні плити, поки розмір часток не досягне розміру зазору між обертаними билами 3 ротора і торцевою частиною відбійних плит[9].

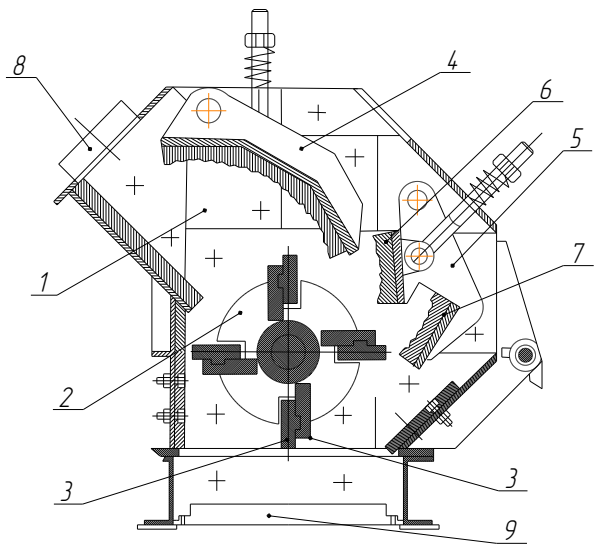


Рис. 3 Дробарка роторна:
1 – корпус; 2 – ротор; 3 – била; 4, 5 – відбійні плити;
6, 7 – ступені відбійних плит;
8 – завантажувальне вікно; 9 – розвантажувальне вікно

У роторній дробарці з коливальним пристроєм (рис. 4) сировина, що підлягає обробці, подається через завантажувальну горловину 2 всередину корпусу 1, де захоплюється подрібнюють ножами 10 і при

взаємодії з протиріжучими елементами 5 подрібнюється. Крім того, при обертанні ротора ролики 12 обкатують виступи 15 і западини 14 обичайок, при цьому осям 9 і ножем 10 передається коливальний рух[7].

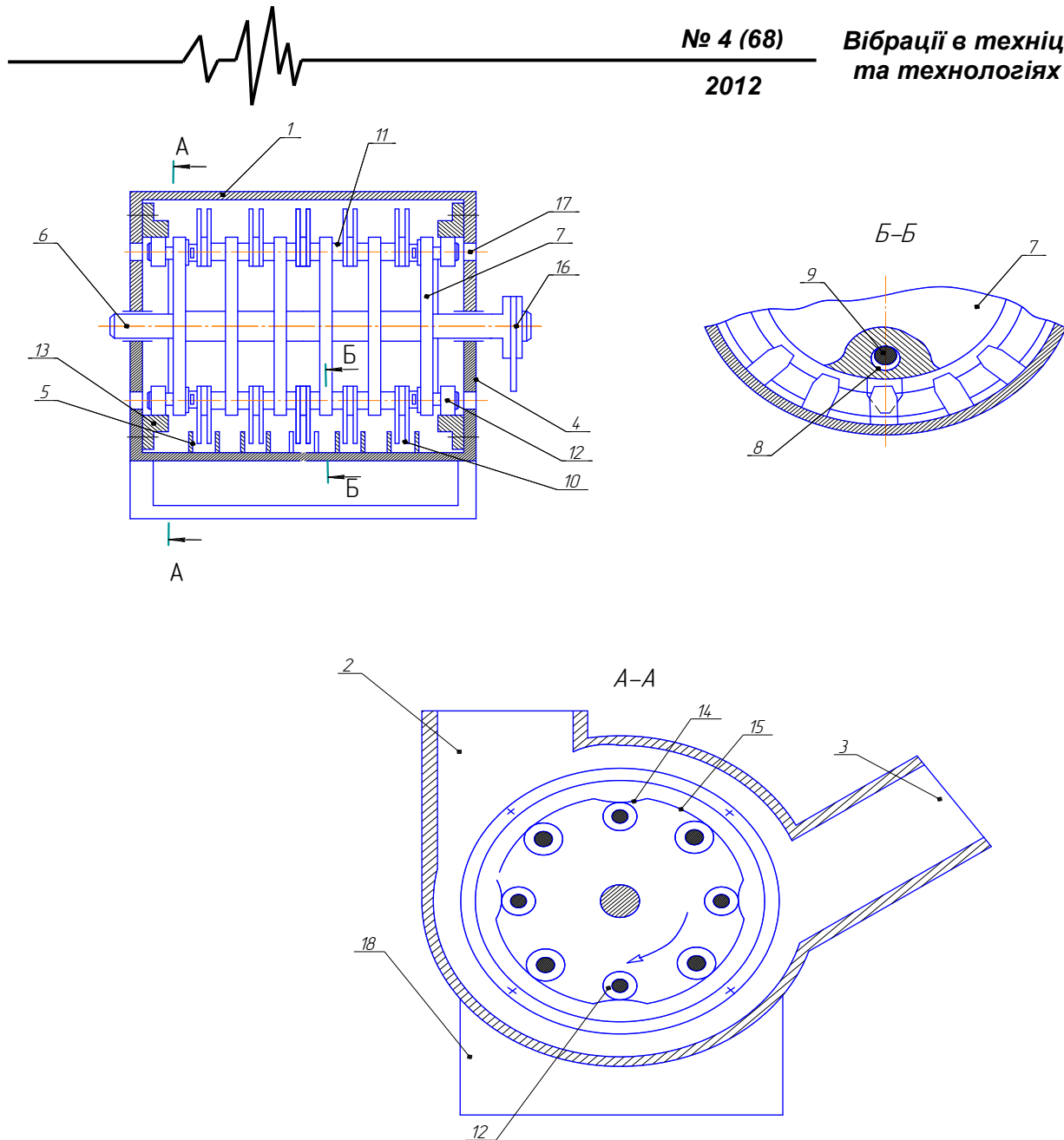
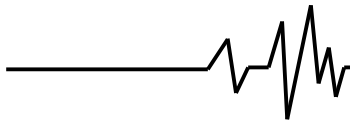


Рис. 4. Дробарка роторна з коливальним пристроєм:
1 – корпус; 2,3 – завантажувальна та розвантажувальна горловина;
4 – торцева стінка; 5 – протиріжучий елемент;
6 – ротор; 7 – диск; 8 – отвір для осі; 9 – вісь;
10 – ніж; 11 – втулка; 12 – ролик;
13 – обичайка; 14 – впадина; 15 – виступ; 16 – шків;
17 – монтажний отвір; 18 – рама

Коливання ножів, спрямоване під прямим кутом до осі обертання ротора, що збільшує ковзаючу складову руху ножів та призводить до інтенсифікації процесу подрібнення. Перехід кожного ролика з виступу на западину забезпечується дією відцентрових сил. Частота коливань ножів 10 залежить від частоти обертання ротора і кількості виступів 15

обичайок.

У переробних виробництвах поширені молоткові дробарки, що використовуються для подрібнення зерна, картоплі та інших сухих крихких матеріалів (суха трава, шрот, крейда, кістки, сіль тощо) на борошно, сипкі комбікормові суміші та інші продукти. В цих дробарках зерно та інші продукти



подрібнюються завдяки ударам по ньому сталевих молотків, ударам часточок продукту об сито, деку та їх тертя по них. Вони менш ефективні при подрібненні вологих продуктів та продуктів з великим вмістом жиру. Найпоширенішими в спиртовому виробництві є молоткові дробарки з шарнірно підвешеними

молотками, зокрема, молоткова дробарка ДДМ-5 (рис. 5), що складається з основи 1, ротора 3, правої 8 та лівої 4 відкидних кришок, живильника 7. Кришки повертаються на осях, забезпечуючи вільний доступ до сита 12 і ротора 3, а також швидко заміну сита і молотків 13[1,3,11].

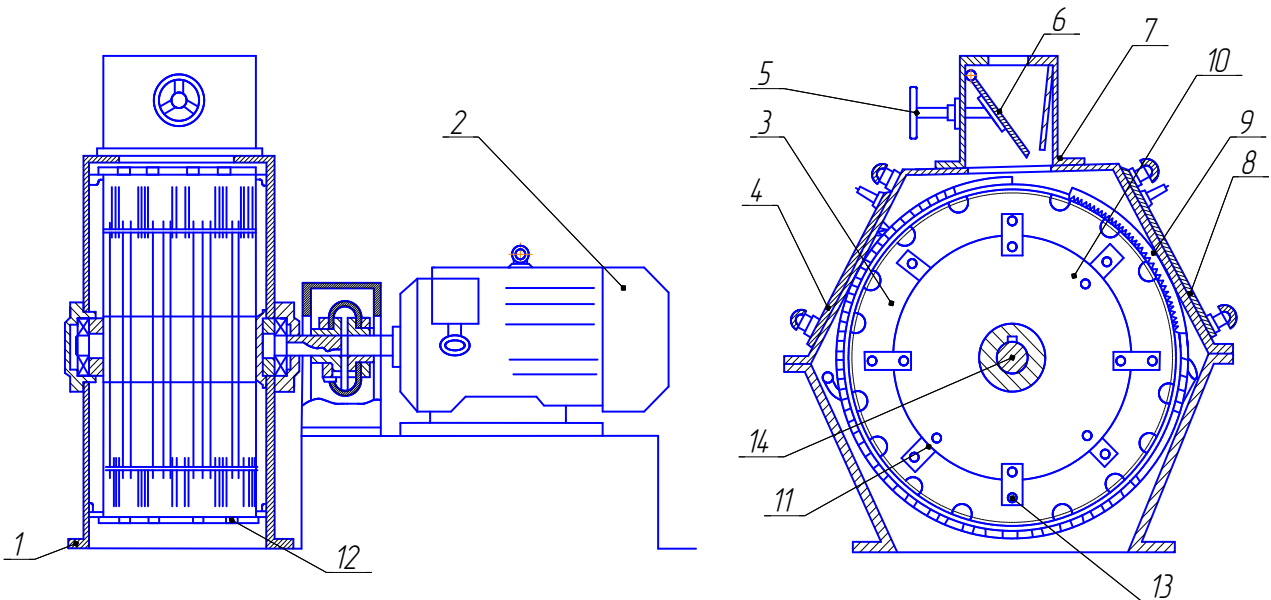


Рис. 5. Молоткова дробарка ДДМ-5

- 1 – основа корпусу; 2 – електродвигун; 3 – ротор;
4 – ліва відкидна кришка; 5 – маховик;
6 – заслінка; 7 – живильник; 8 – права відкидна кришка;
9 – дека; 10 – диск; 11 – вісь; 12 – сито;
13 – молоток; 14 – вал ротора дробарки**

На вал 14 ротора дробарки насаджені диски 10, у отвори яких вставлені осі 11 з пакетами молотків 13. Ротор приводиться в дію від електродвигуна 2 через муфту. У середній частині корпусу дробарки знаходиться дека 9. У лівій кришці 4 на направляючих кутниках встановлене і закріплене гвинтами до неї сито. У корпусі також встановлено сито, що притискається сталевими стрічками до направляючих кутників. Дробарка ДДМ оснащена гравітаційним живильником 7 без магнітного захисту. Живильник 7 здійснює рівномірну подачу продукту в зону дроблення. Навантаження змінюють за допомогою заслінки 6 вручну, повертаючи маховик 5[3,11].

При здійсненні процесу обробки в молоткових дробарках(рис.6) можна виділити такі особливості як:

- легка заміна зношуваних деталей(молотків і сит);
- молотки і сита можуть бути виготовлені в умовах внутрішнього виробництва;
- можливість подрібнювати сировину, достатньо різноманітну за своїми фізико-механічними властивостями використовується у спиртовому виробництві;
- отримання різного ступеню подрібнення залежно від використання сит з відповідними розмірами отворів.

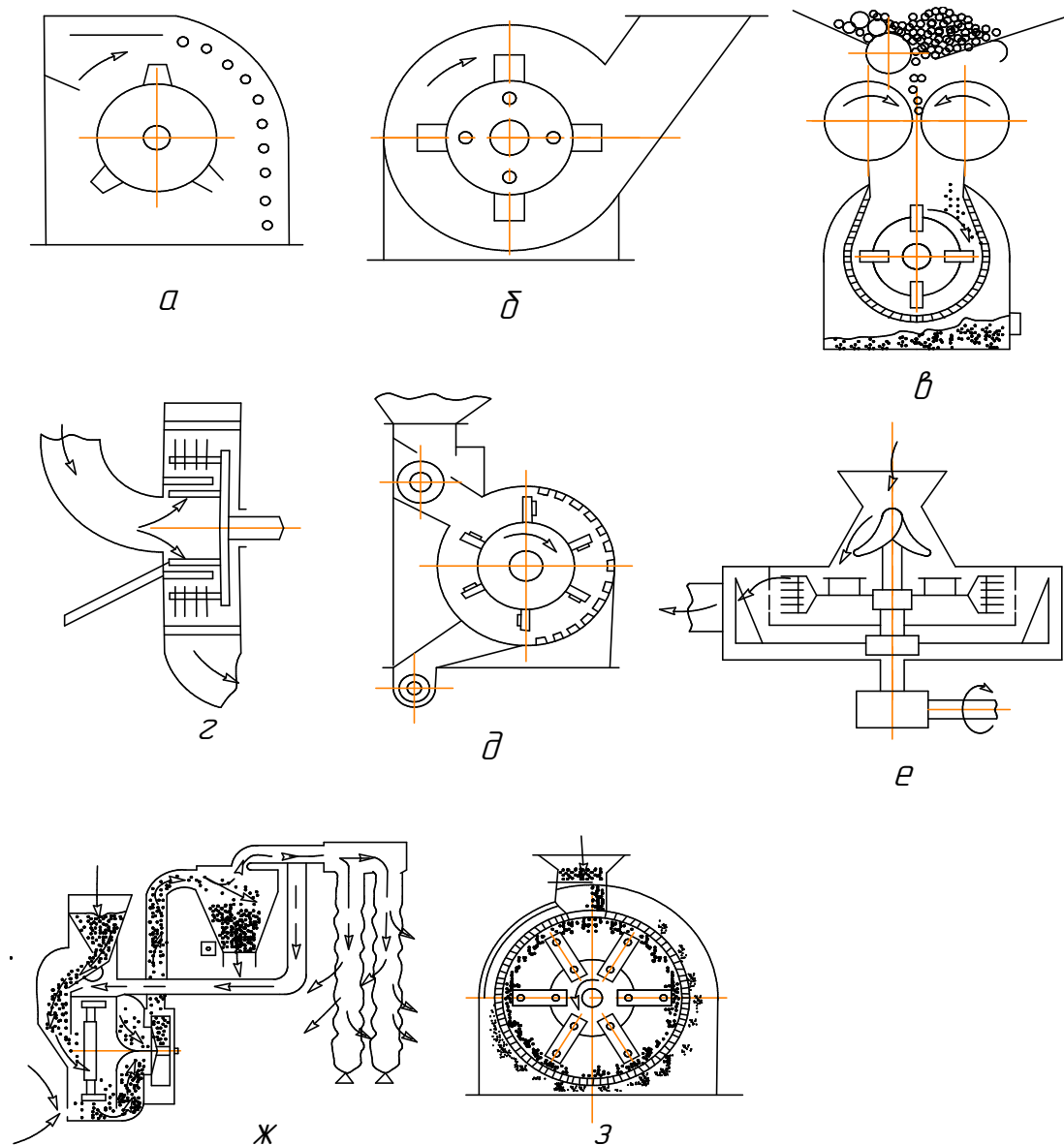
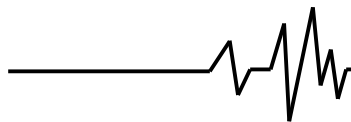


Рис. 6. Конструктивно-технологічні схеми молоткових дробарок[1]:
а – відкритого типу; б – закритого типу; в, з – двостадійні;
д-з – з жорстким кріпленням робочих органів; е – горизонтальні;
ж – із замкненим повітряним потоком; з – із шарнірним кріпленням молотків

Особливості ударної дії визначаються конструкцією робочого знаряддя молоткової дробарки (рис. 7).

Зубчастий молоток (рис. 7 г) прямокутної форми містить отвори 1 на поздовжній осі симетрії і робочі ділянки по кутам прямокутника зі зміцненими торцевими 3 і лобовими гранями 2. На лобових гранях виконані прорізи 4, стінки яких утворюють додаткові лобові грані, зміцнені адекватно іншим граням робочих ділянок[10].

При обертанні ротора дробарки спіралевидний молоток (рис. 7 е) завдає ефективні удари по матеріалу і завдяки

спіралевидним канавкам 2, нанесеним на стержень 1, забезпечується відскік значної частини роздроблених частинок вбік під кутом до площини обертання молотка при переміщенні матеріалу вздовж осі ротора дробарки. Цьому сприяє і повітряний потік, створюваний спіралеподібними канавками 2 стрижня 1. Завдяки тому що стрижень 1 з'єднаний з отвором 3 допомогою підшипника 4, він обертається навколо своєї осі, що дає можливість рівномірному зносу всієї робочої поверхні молотка, тим самим підвищується його зносостійкість[6].

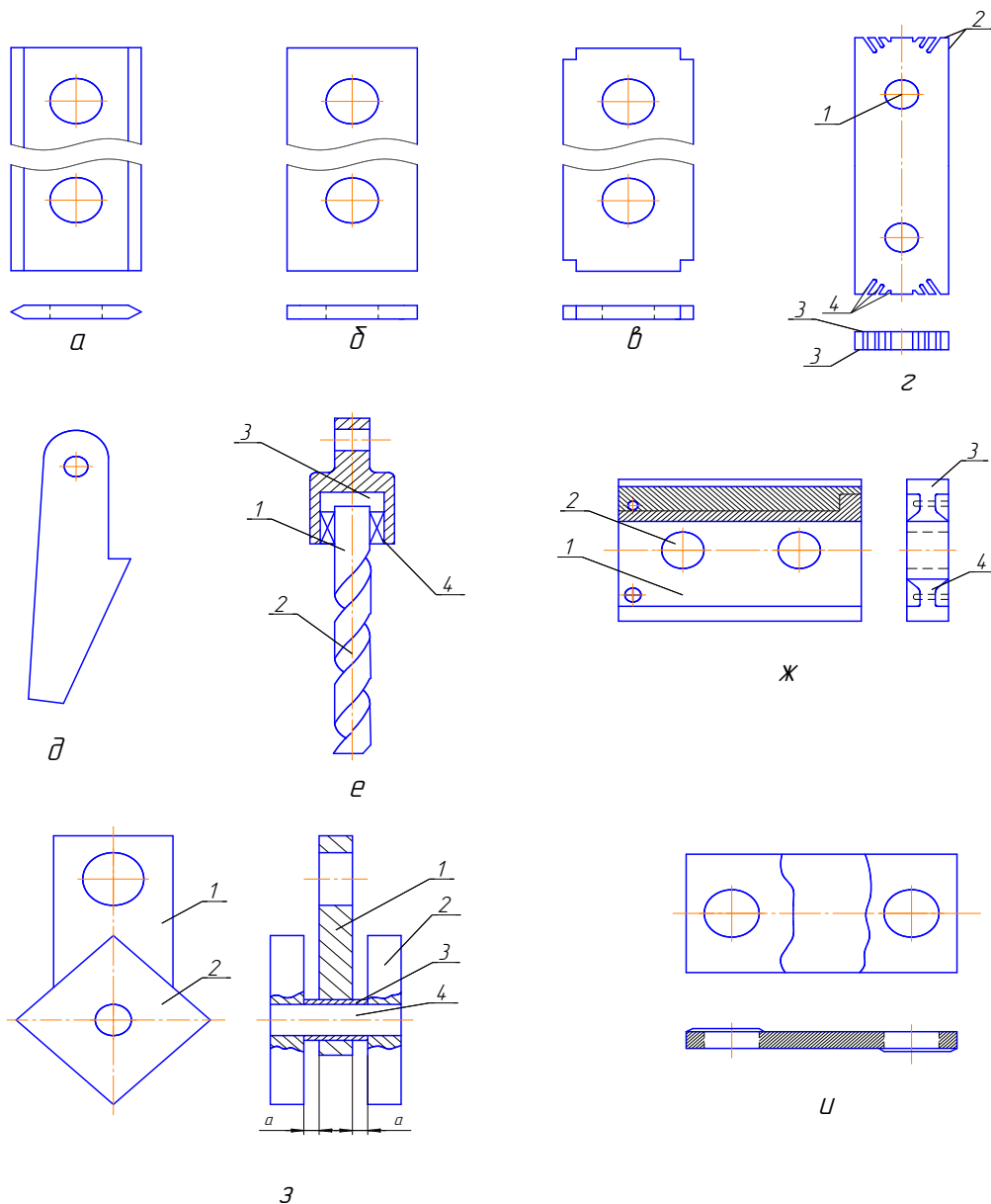
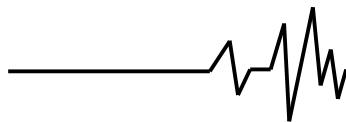
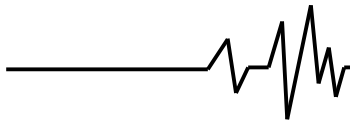


Рис. 7. Відомі конструкції робочих органів молоткових дробарок:

а, б, в – пластинчасті прямокутні; г – зубчастий; д – клиноподібний; е – спіралевидний; ж – «хвіст ластівки»; з – із збільшеною масою; у – із додатково зміцненими поверхнями

Молоток типу «хвіст ластівки» (рис. 7 ж) включає в себе основу 1, отвори 2 для його шарнірної підвіски і знімні робочі грані 3. При цьому знімна робоча грань 3 має фігурний виступ 4 у вигляді «ластівчин хвіст» для з'єднання з основою молотка 1. У процесі роботи молоток завдає ударів по оброблюваному матеріалу знімною робочою гранню 3, виконаної з високолегованої сталі, завдяки чому підвищується довговічність і зносостійкість, а так як вона взаємозамінна, то з'являється ремонтпридатність [8].

Молоток із збільшеною масою (рис. 7 з) складається з несучого молотка 1 і двох додаткових молотків 2, закріплених шарнірно на кінці несучого молотка 1. У втулці 3 встановлена вісь 4, що з'єднує несучий молоток 1 і додаткові молотки 2, забезпечуючи можливість обертання додаткових молотків 2 відносно несучого молотка 1. Зазори a між несучим молотком 1 і додатковими молотками 2 і зазор між втулкою 3 і віссю 4 забезпечують провертання додаткових молотків 2 відносно несучого молотка 1 при запусках і зупинках



дробарки, що призводить до рівномірного зносу додаткових молотків 2 без необхідності перестановки в процесі роботи. Додаткові молотки 2 можуть бути різної форми при забезпеченні симетрії відносно їх центру мас. Наявність збільшення маси у вигляді двох додаткових молотків 2 забезпечує підвищену інтенсивність подрібнення, відсутність збільшення маси на іншому кінці несучого молотка 1 – невисоку металомісткість[5].

Одним із перспективних напрямів удосконалення машин для подрібнення сировини є комбінування декількох видів технологічної дії. Досить ефективним є використання низькочастотних коливань при подрібненні як фактора інтенсифікації обробки

та поліпшення якості отримуваної продукції.

Для досягнення поставленої мети дослідження було запропоновано декілька принципових схем вібраційних подрібнювачів дискового типу, що поєднують дробильну та різальну дію, створюючи потенціал для зменшення енерговитрат при обробці. Для даних схем є характерним кінематичне віброзбудження з підпружиненим приводним валом, що дозволяє зменшити масу коливних частин механізму та відповідно енерговитрати на привід. Застосування складної пружної системи дає можливість досить ефективно демпферувати паразитичні коливання, зменшуючи динамічну навантаженість опорних вузлів.

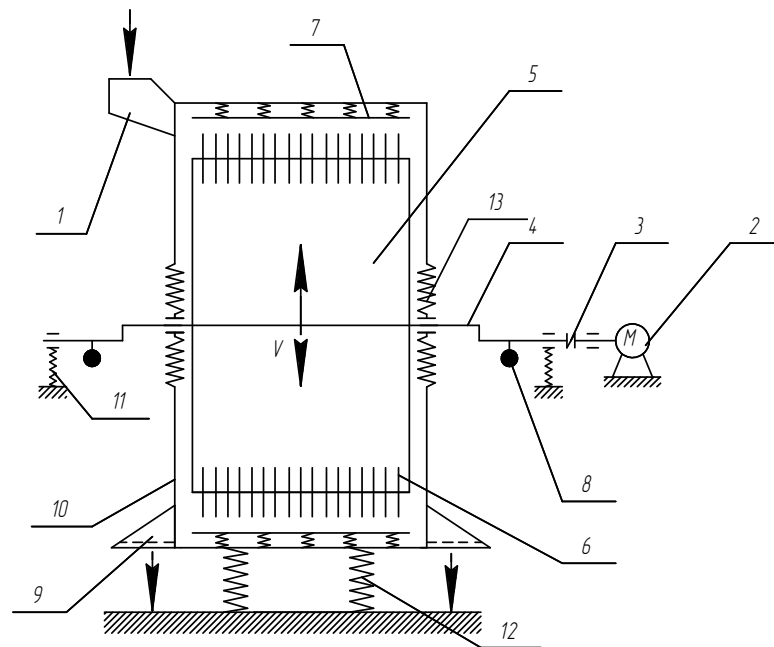


Рис. 8. Вібраційний подрібнювач з дисковою рамкою та пружними вставками контейнера

Вібраційний подрібнювач з дисковою рамкою та пружними вставками контейнера (рис. 8) складається з двигуна 2, який через пружну муфту 3 передає крутний момент на ексцентриковий вал 4 з демпферами валу 11. Для врівноваження системи, на обох кінцях валів встановлені противаги 8. Рамка 5 закріплена на валу 4, та має декілька рядів жорстко закріплених дисків 6. До корпусу 10 з пружними вставками 13 який встановлено на демпферах корпусу 12 кріпиться пружна плита 7, вгорі розташована завантажувальна горловина 1, внизу – розвантажувальне вікно 9.

Сировину подають через завантажувальну горловину 1, при обертанні рамки 5 з дисками 6 на матеріал діє відцентрова сила що відкидає його до пружної плити 7. Матеріал піддається руйнуванню під дією комбінованих обертових ударів та зворотно-поступальних рухів дисків 6. Матеріал вивантажується через сепаратор та вивантажується через вікно 9.

На рисунку 9 запропонована схема вібраційного дискового подрібнювача з окремим приводом дисків.

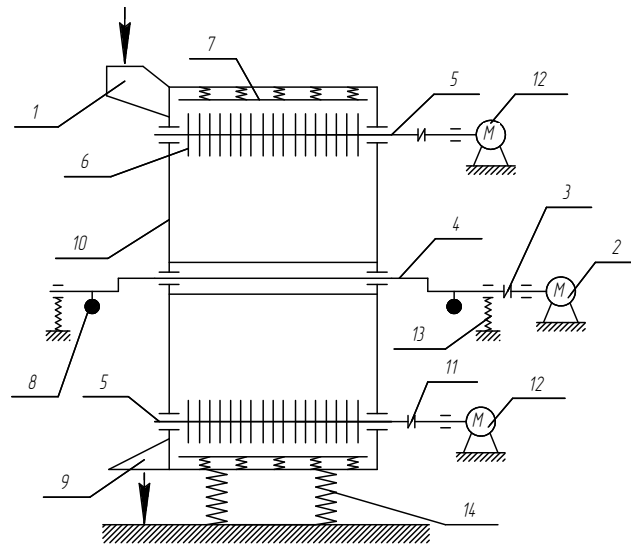
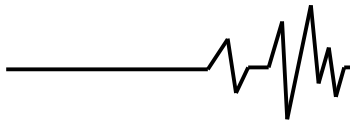


Рис. 9. Вібраційний дисковий подрібнювач з декількома джерелами енергії

Дисковий подрібнювач (рис. 9) складається з двигуна 2, який через пружну муфту 3 передає крутий момент на ексцентриковий вал 4. Через опорні вузли приводного валу 4 на корпус 10 передаються коливання. Для зрівноваження системи на обох кінцях валів встановлені противаги 8, а для зменшення динамічного навантаження на опорні вузли – демпфери корпусу 14 та демпфери валу 13. На вал 5, на якому

закріплені диски 6, обертовий рух передається через муфту 11 від двигуна 12. До корпусу 10 який встановлено на демпферах корпусу 12 кріпиться пружна плита 7, вгорі розташована завантажувальна горловина 1, внизу – розвантажувальне вікно 9.

Зменшити кількість приводних двигунів та відповідно енерговитрати дозволяє вібраційний дисковий подрібнювач, що представлений на рисунку 10.

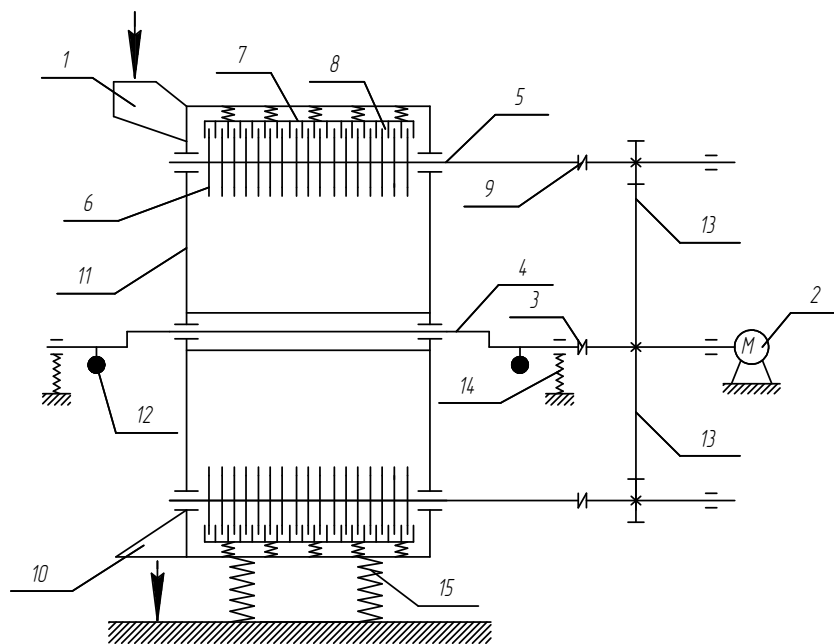
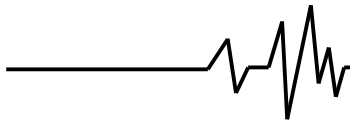


Рис. 10. Вібраційний дисковий подрібнювач з проміжною механічною передачею



Така дробарка містить мотор 2, який через пружну муфту 3 передає крутний момент на ексцентриковий вал 4 з противагами 12 здійснюючи коливання корпусу 11. Для гасіння паразитичних коливань корпус 11 опирається на демпфери корпусу 15, а ексцентриковий вал 4 на демпфери валу 14. На вал 5, на якому закріплені диски 6, обертаний рух передається через муфту 9 від двигуна 2 через пасову

передачу 13. До корпусу 11 кріпиться пружна плита 7 яка розділена на комірки 8, вгорі розташована завантажувальна горловина 1, внизу – розвантажувальне вікно 10.

При обґрунтуванні конструкції виконавчих органів вібраційного дискового подрібнювача була здійснена класифікація досліджених дробарок, що дозволяє визначити ознаки запропонованої вібромашини(рис. 11).

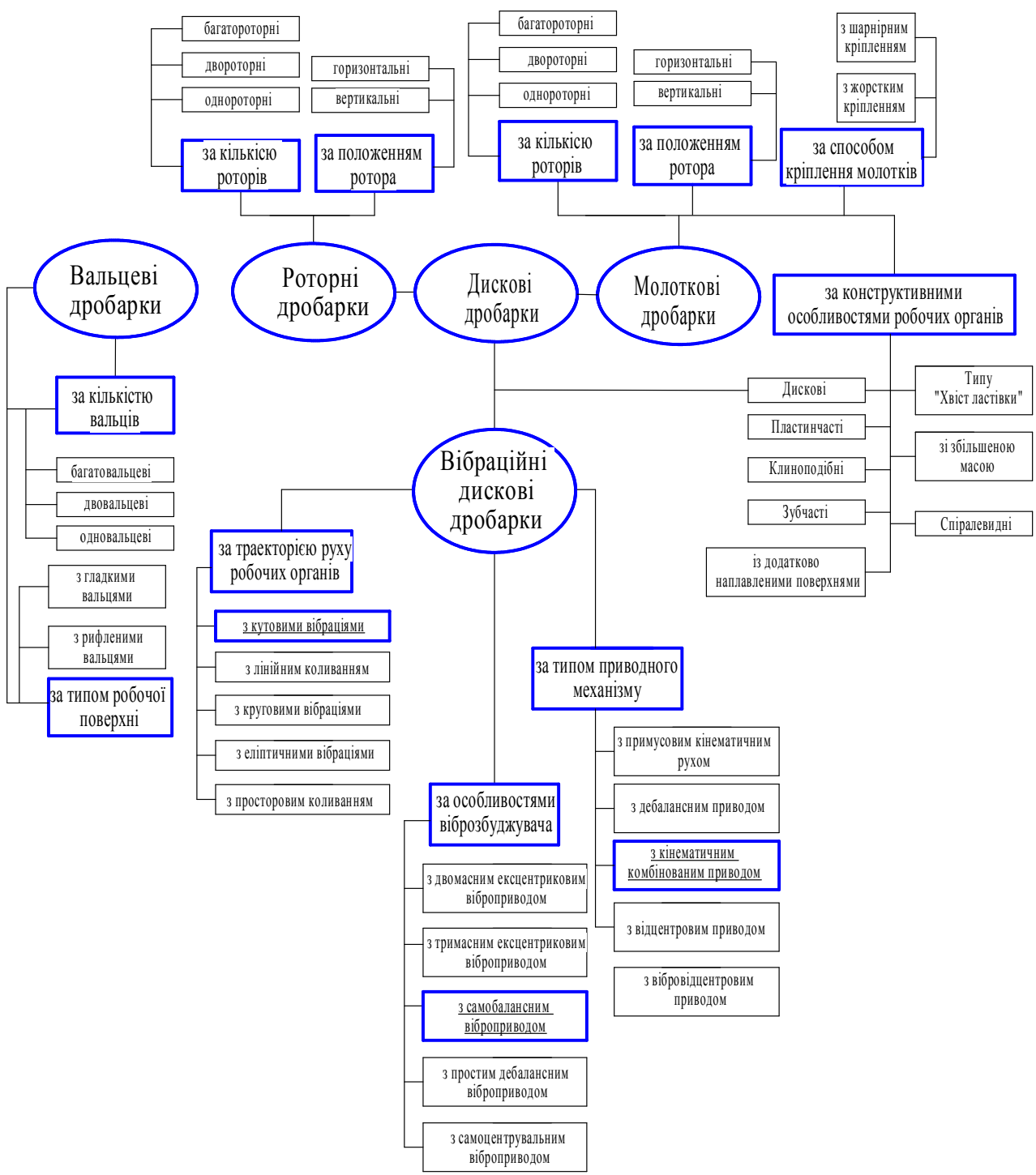
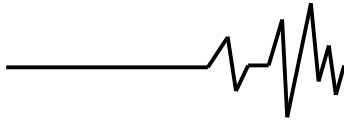


Рис. 11. Класифікація основних типів дробарок спиртового виробництва

**Висновки**

1. Досліджено технологічні аспекти спиртового виробництва та обґрунтовано технологію реалізації підготовки сировини до подальшої переробки з врахуванням здійснення даного процесу за «микрою» або «сухою» схемами.

2. Із врахуванням необхідних властивостей сировини що подрібнюється, здійснено аналіз конструктивних та технологічних схем подрібнюючи машин етапу підготовки сировини, та обґрунтовано перспективність вібродробарок дискового типу, що поєднують дробильну та різальну дію, створюючи потенціал для зменшення енерговитрат при обробці.

3. Складена класифікація досліджуваних дробарок спиртового виробництва та визначено основні ознаки запропонованих дискових вібраційних подрібнювачів.

Література

1. Борщев В. Я. Оборудование для измельчения материалов: дробилки и мельницы: учебное пособие, Тамбов: издательство Тамбовского Государственного Технического Университета, 2004. – 75с.

2. Гошко З Шляхи вдосконалення подрібнювальних машин для зернових матеріалів // Вісник ЛНАУ. Збірник наукових праць. Агроінженерні дослідження. 2011. – №15. – С.124-131.

3. Иванов А. И., Зотов В.Н. Оборудование спиртового производства. – М.: Пищевая пром-сть, 1981. – 208с.

4. Машины и аппараты пищевых производств. В 3-х кн. : учебник для студ. вузов по спец. "Машины и аппараты пищ. произ-в". Кн. 1 / С. Т. Антипов и др.; Минсельхозпрод РБ, УО "БГАТУ"; под ред. В. А. Панфилова, В. Я. Груданова. - Минск: БГАТУ, 2007. – 420с.

5. Пат. 2157733 Росія, В02С13/28 Молоток дробилки / Сысуев В.А., Савиных П.А., Алешкин А.В., Халтурин В.С. (Росія) – №98119006/03; Заявл. 19.10.1998; Опубл. 20.10.2000.

6. Пат. 2200625 Росія, В02С13/28 Молоток молотковой дробилки / Филатов М.И., Терновая Т.А., Хлынин П.П (Росія) – №2001113950/03; Заявл. 21.05.2001; Опубл. 20.03.2003.

7. Пат. 2242114 Росія, А01F29/02 Измельчитель стебельчатых кормов / Скоркин В.К., Повалихин Н.В. , Резник Е.И., Морозов Ю.Н., Мирзоянц Ю.А., Загорский С.М. (Росія) – №2003136351/12; Заявл. 15.12.2003; Опуб. 20.12.2004.

8. Пат. 2270058 Росія, В02С13/28 Молоток молотковой дробилки / Филатов М.И, Бабьева М.И., Петров А.М. (Росія) – №2004110358/03; Заявл. 05.04.2004; Опубл. 20.10.2005.

9. Пат. 2396121 Росія, В02С13/06 Дробилка роторная / Иванов В.В., Чечулина Г.М., Жданов А.Н. (Росія) – №2396121; Заявл. 26.04.2007; Опуб. 10.08.2010.

10. Пат. 2397022 Росія, В02С13/28 Молоток дробилки / Гринберг П.Б., Мороков С.П (Росія) – №2009116115/03; Заявл. 27.04.2009; Опубл. 20.10.2009.

11. Технологічне обладнання зернопереробних та олійних виробництв/ О. В. Дацишин, А.І. Ткачук, О.В. Гвоздев та ін. Навчальний посібник. – Вінниця: Нова Книга, 2008. – 488с.

12. Технологія спирту. В.О. Маринченко, В.А. Домарецький, П.Л. Шиян, В.М. Швець, П.С. Циганков, І.Д. Жолнер, / Під ред. проф. В.О. Маринченка. – В.: «Поділля-2000», 2003. – 496с.

13. Федоткин И. М. Процессы и аппараты спиртовой промышленности: Учеб. пособие. Ч. 1 / И. М. Федоткин, Н.И. Шаповалюк. – К.: Химджест, 1999. – 487с.