

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

**О.П. ОСИПЕНКО
В.М. ТАРАН
Ю.Ю. ДОЛОМАКІН**

**ТЕХНОЛОГІЧНЕ ОБЛАДНАННЯ ГАЛУЗІ
ВИРОБНИЦТВО ЕТИЛОВОГО СПИРТУ ШЛЯХОМ ЗБРОДЖУВАННЯ**

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

для студентів спеціальностей 7.05170106 «Технології продуктів бродіння і виноробства» та 7.05050313 «Обладнання переробних і харчових виробництв»
денної та заочної форм навчання

Всі цитати, цифровий та фактичний матеріал, бібліографічні відомості перевірені. Написання одиниць відповідає стандартам

підписи авторів _____

« ____ » _____ 2012 р.

СХВАЛЕНО
на засіданні кафедри «Машини і апарати харчових та фармацевтичних виробництв»
Протокол № 8
від 31.01.2012 р.

Осипенко О.П., Таран В.М., Доломакін Ю.Ю. Технологічне обладнання галузі. Виробництво етилового спирту шляхом збродження: Конспект лекцій для студентів спеціальностей 7.05170106 «Технології продуктів бродіння і виноробства» та 7.05050313 «Обладнання переробних і харчових виробництв» денної та заочної форм навчання. –К.: НУХТ, 2012. –48 с.

Рецензент **С.Ф. Федоров**, канд. техн. наук

О.П. ОСИПЕНКО, канд.техн. наук
В.М. ТАРАН, докт. техн. наук
Ю.Ю. ДОЛОМАКІН

© **О.П. Осипенко, В.М. Таран,
Ю.Ю. Доломакін, 2012**
© **НУХТ, 2012**

АНОТАЦІЯ

В конспекті лекцій наведене сучасне технологічне обладнання виробництва етилового спирту шляхом зброджування, викладені задачі спиртової галузі України і перспективи її розвитку, а також раціональне використання наявних потужностей спиртових заводів.

Матеріал конспекту призначений для студентів технологічного і механічного профілю денної та заочної форм навчання коледжів, інститутів та університету, може бути використаним працівниками спиртових заводів в їх практичній діяльності.

ЗМІСТ

	стор.
Вступ.....	6
ТЕМА 1. СУЧАСНИЙ СТАН СПИРТОВОЇ ГАЛУЗІ. ОСНОВНІ ВИРОБНИЧІ ЗАВДАННЯ.....	7
1.1. Деякі поняття, вживані в тексті.....	8
1.2. Сучасний стан галузі.....	8
1.3. Основні задачі і перспективи розвитку галузі.....	10
ТЕМА 2. ТРАДИЦІЙНА І НЕТРАДИЦІЙНА СИРОВИНА ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ХАРЧОВОГО, ТЕХНІЧНОГО ТА ПАЛИВНОГО ЕТАНОЛУ.....	12
2.1. Характеристика рослинної сировини, меляси.....	12
2.2. Допоміжні матеріали, що використовуються у виробництві.....	13
ТЕМА 3. ПРИНЦИПОВА ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА ВИРОБНИЦТВА ЕТИЛОВОГО СПИРТУ ЗБРОДЖУВАННЯМ.....	13
ТЕМА 4. ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ СИРОВИНИ.....	14
4.1. Обладнання для очищення зерна.....	14
4.2. Обладнання для очищення коренеплодів.....	16
4.3. Обладнання для очищення меляси.....	17
ТЕМА 5. ТЕХНОЛОГІЧНЕ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ПОДРІБНЕННЯ СИРОВИНИ.....	18
5.1. Дробарки для подрібнення зерна.....	18
5.2. Принципи подрібнення, які закладені в машині.....	19
ТЕМА 6. ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ПІДГОТОВКИ МЕЛЯСИ ДО ЗБРОДЖУВАННЯ.....	23
6.1. Обладнання для очищення меляси, антисептори.....	23
6.2. Змішувачі меляси з хімікатами, розсиропники.....	23
ТЕМА 7. ТЕХНОЛОГІЧНЕ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ПРИГОТУВАННЯ ЗАМІСУ.....	25
7.1. Конструкція апарату для приготування замісу, пристрої для змішування, інтенсифікація процесу.....	25
7.2. Уловлювачі сторонніх домішок.....	26
ТЕМА 8. АПАРАТИ ДЛЯ ТЕПЛОВОЇ ОБРОБКИ СИРОВИНИ.....	27
8.1. Сучасна апаратурна схема розварювання зерна і коренеплодів.....	27
8.2. Основне обладнання низькотемпературного розварювання крохмальвмісної сировини.....	27
ТЕМА 9. ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ СУМІЩЕНИХ ПРОЦЕСІВ ОХОЛОДЖЕННЯ І ОЦУКРЕННЯ.....	29
9.1. Основне технологічне обладнання вакуумоохолодження.....	29
9.2. Апарат для суміщених процесів охолодження і оцукрення.....	29
9.3. Охолоджувач оцукреної маси до температури бродіння.....	30
ТЕМА 10. АПАРАТУРА ДЛЯ ГЕНЕРАЦІЇ ВИРОБНИЧИХ ДРІЖДЖІВ ТА ЗБРОДЖУВАННЯ СУСЛА.....	31
10.1. Бродильні апарати, дріжджанки, конструктивні особливості.....	31
10.2. Уловлювачі спирту із газів бродіння.....	33

ТЕМА 11. ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВИДІЛЕННЯ СПИРТУ З БРАЖКИ І РЕКТИФІКАЦІЇ.....	34
11.1. Колонний апарат, контактні пристрої, теплообмінники.....	34
11.2. Бражна колона, підігрівачі бражки, конденсатори.....	37
ТЕМА 12. АПАРАТИ ДЛЯ ОБЛІКУ СПИРТОПРОДУКТІВ.....	44
12.1. Обладнання для оперативного обліку спиртопродуктів.....	44
12.2. Спиртоприймальне, спиртовідпускне обладнання.....	44
Рекомендована до вивчення література.....	47

Вступ

Етиловий спирт – етанол, винний спирт – далі в тексті просто спирт, як речовина в природі у вільному стані не зустрічається. В природі він утворюється при біохімічній конверсії цукро- та крохмалевмісної сільськогосподарської сировини ферментативним гідролізом. Цей природний спосіб покладений в основу технології отримання для промислових, споживчих потреб спирту з сільськогосподарської сировини. В технології спирту може бути і целюлозовмісна сировина, в якій для перевodu целюлози в цукри і їх зброджування дріжджами використовується гідроліз мінеральними кислотами.

Відомий спосіб отримання спирту синтетичним шляхом з етилену і води при наявності певних каталізаторів, високих тисків і температури.

При контакті з атмосферою спирт окислюється до ацетальдегіду, котрий теж вступає в реакції і в чистому вигляді в атмосфері не зустрічається.

Історія виробництва спирту нерозривно зв'язана з виноробством, яке нараховує багато тисячоліть. Дух вина (*Spiritus Vini*), отриманий перегонкою, потім був названий «спиртом». Його фізико-хімічні властивості на сьогодні достатньо добре вивчені і їх використовують в промисловості і в побуті.

Спирт – гігроскопічна речовина, звертає в результаті білок, наркотично діє на живий організм, а на більшість мікроорганізмів – згубно, спирт добре розчиняє більшість органічних речовин, його використовують як розчинник, екстракційний агент. З розвитком хімічної промисловості спирт служить сировиною для багатьох синтезів, а останні століття – як паливо.

Світове виробництво спирту сягає нині декількох мільярдів декалітрів щорічно. Найбільшими виробниками є Бразилія, США та Канада. Ці держави використовують спирт в основному як пальне для двигунів внутрішнього згорання. Їх державними програмами передбачається розширення виробництва і задоволення спиртом мінімум 10 % потреб в паливі. Альтернативне паливо з відновлювальної сировини екологічно чисте, приваблює споживачів всього світу, конкурує з традиційними видами палива.

А взагалі спирт етиловий в умовах сьогоdnішнього дня є традиційною сировиною для виготовлення алкогольних напоїв в лікero-горілчаній промисловості, використовується для кріплення вина у виноробстві, у парфумерній промисловості і фармації та в медицині – як розчинник, антисептик, екстракційний агент. Для цих галузей спирт готвлять з доброякісної сировини, добре очищають від супутніх домішок, він є безпечним для людського організму і носить назву харчового.

ТЕМА 1. СУЧАСНИЙ СТАН СПИРТОВОЇ ГАЛУЗІ. ОСНОВНІ ВИРОБНИЧІ ЗАВДАННЯ

План

- 1.1. Деякі поняття, вживані в тексті
- 1.2. Сучасний стан галузі
- 1.3. Основні задачі і перспектива розвитку галузі

1.1. Деякі поняття, вживані в тексті

При викладанні матеріалу конспекту користуємось термінами, про які мова йшла при вивченні курсу «Процеси і апарати», інших інженерних дисциплін. Варто згадати основні визначення з використанням «Тлумачних словників», а також бачення авторів цього посібника.

Процес – будь яка зміна стану системи.

Система – частина реального або уявного світу, обмежена реальними або уявними границями.

Технологія – сукупність процесів обробки чи переробки матеріалів (сировини) з певною кінцевою метою.

Техніка – сукупність засобів праці і прийомів, які служать для створення матеріальних благ: машини, механічні знаряддя, пристрої.

Механізм – пристрій для виконання певних простих одноманітних операцій.

Машина – комбінований з ряду механізмів пристрій, об'єднаний для перетворення одного виду енергії в інші, виконання певної цільовою роботи.

Апарат – пристрій для виконання певних технологічних операцій.

Агрегат – об'єднання для загальної роботи машин, апаратів, частина якої-небудь машини, вузол для виконання певних операцій.

Установка – об'єднання декількох апаратів для послідовного виконання операцій.

Технологічний комплекс, лінія – сукупність машин, механізмів, апаратів для послідовного виконання технологічних операцій.

Робот – автомат, який своїми діями відтворює людські дії.

Обладнання, устаткування – узагальнене поняття: механізми, машини, апарати, які використовуються для виконання технологічних операцій.

1.2. Сучасний стан галузі

Спиртова промисловість України призначена для виробництва спирту, котрим можна забезпечити потреби в ньому суспільства. Крім цього, галузь утилізує сільськогосподарську сировину, що втратила свої споживчі властивості.

Історично Україна виробляла продукт харчового призначення. Технологія спирту всебічно досліджена, детально розроблена наукова нормативна документація: регламенти, інструкції, стандарти та інше.

У спадщину з початку минулого століття галузь України отримала велику кількість гуралень – маленьких кустарних заводів продуктивністю 100-500 відер спирту-сирцю на добу. Такі гуральні були майже в кожному селі і основне

їх призначення було: переробити надлишок сільськогосподарської продукції, що довго не зберігається, і таким чином забезпечити худобу в холодний період року кормами. Спирт-сирець з цих заводів-гуралень направляли на лікеро-горілчані заводи, де з нього ректифікацією отримували харчовий етиловий спирт, який служив сировиною для виготовлення алкогольних напоїв.

В колишньому СРСР бурхливо розвивалась хімічна промисловість і інші виробництва - споживачі спирту. На території України був збудований в 30-і роки Лохвицький спиртзавод – гігант, який комплексно переробляв цукорвмісну мелясу на спирт, дріжджі, діоксид вуглецю. Всі спиртзаводи України прийняли статус державних підприємств, впровадили технологію переробки меляси, а заводи Західної України, особливо в післявоєнний час, були реконструйовані і набули сучасного виду за оснащенням технікою і естетично. При цьому спирт з меляси в деякі роки вироблявся на заводах України в обсязі більше 90 % від загальної кількості.

В 1998-2000 рр. в Україні організовано виробництво технічного спирту з цукор- та крохмальвмісної сировини. Рекомендовано використовувати дефектні види зерна, меляси, нетрадиційні види сировини. Технічний спирт денатурують, змінюють запах, смак і забарвлення з метою унеможливлення використовувати його для приготування напоїв.

Використовуючи досвід США, Бразилії і Канади у виготовленні і споживанні спирту як палива в Україні освоєна технологія паливного етанолу (біоетанолу). Різні кліматичні умови для різних регіонів стали причиною розробки літнього і зимового палива. Якщо літнє паливо допускає вміст в спирті до 3-4 % води, в зимовому воді не повинно бути більше 0,2 % (сумішеві бензини). Сировиною пропонується використати дефектне зерно, мелясу, коренеплоди, а в подальшому – і целюлозовмісну сировину.

Воду зі спирту видаляють азеотропною ректифікацією з циклогексаном або фільтрацією водноспиртових сумішей через молекулярні сита.

Розвиток заводів йшов по шляху концентрації виробництва, продуктивність збільшувалась до 3 тис. дал за добу заводів, що переробляють зерно-картопляну сировину і до 12 тис. дал/добу – тих заводів, що спеціалізуються на переробці меляси. Всі заводи здатні виробляти харчовий ректифікований спирт, останнім часом можуть випускати технічний спирт, а мелясні заводи – і паливний етанол.

Річне середнє статистичне споживання харчового спирту Україною за останні 20-30 років знаходиться в межах 25 млн. дал. Залишаються традиційними споживачами лікеро-горілчана, виноробна, парфумерна, фармацевтична промисловість та медицина. Інші споживачі харчового спирту не є значними.

За розрахунками потреби в технічному спирті при сучасному стані найважливіших споживачів знаходяться в обсязі 10 млн. дал щорічно, а паливного етанолу – близько 50 млн. дал/рік.

Загальна потреба України в спирті на найближчий час сягатиме 80...85 млн. дал/рік.

Спиртова галузь України в колишньому Союзі щорічно виробляла близько 50...60 млн. дал ректифікованого спирту, з них більше половини

відвантажувались за межі держави. Розрахункова потужність галузі по спирту складають 61,2 млн. дал на рік. Найпродуктивнішою галузь була в період 1983-1984 рр, коли Україною вироблялось більше 70 млн. дал спирту в рік.

Після розпаду Союзу ситуація з виробництвом спирту різко погіршилась: втратились ринки збуту продукції, відчувалась конкуренція. Республіки-споживачі спирту з України побудували власні заводи при наявності своєї сировини. При цьому продуктивність галузі різко впала до 15...20 млн. дал спирту в рік. На рівні 25...35 млн. дал/рік галузь працює і нині. Потужність заводів галузі використовується тільки на 50...55 %.

Для завантаження заводів виробничими завданнями керівництвом галузі розроблялися програми розвитку: галузева – в 1999 р., державна - «Етанол» затверджена Кабміном України в 2000 р., а також «Програма розвитку спиртової галузі на 2007-2011 рр». Усі програми передбачали не тільки вдосконалення техніки і технології спирту з отриманням хлібопекарських дріжджів, білкового кормового продукту, кормового бетаїну, біогазу, органомінеральних добрив, а і можливі шляхи використання спирту в зв'язку з труднощами, що виникли при його реалізації.

Програми передбачали використання спирту як сировини в хімічній промисловості для виробництва потрібних суспільству продуктів. Це і етил-третбутиловий ефір, поліетилен високого тиску, етилбензол, вінілхлорид, бутадієн, етилен, етилацетат, вінілацетат, ацетальдегід, інші продукти хімічного синтезу. Програмою намічено виробництво на спиртзаводах ацетону та комплексна переробка кукурудзи з отримання білкового корму та олії.

Програмами передбачено випуск паливного етанолу з меляси, з дефектної крохмальвмісної та нетрадиційної сировини, в тому числі і цукрових буряків.

Основною метою програм є збереження виробничого потенціалу спиртової галузі та створення умов для ефективної її роботи. Надлишкові потужності, що є в галузі, намічено використати в іншому напрямку. Вся галузь раніше виробляла харчовий спирт, такої кількості спирту для харчових цілей не потрібно. Галузь розширила свої завдання і зараз працює по трьом напрямкам:

1. Виробництво харчового ректифікованого спирту. Технологія і обладнання цього продукту освоєні всіма заводами, вони традиційні.

2. Виробництво технічного спирту, освоєно мелясними заводами, доповнено обладнанням для денатурації, окремим обладнанням для обліку і зберігання.

3. Виробництво паливного етанолу. Технологія освоєна декількома заводами.

1.3. Основні задачі і перспективи розвитку галузі

Спиртові заводи традиційно розміщувались в сільській місцевості, ближче до сировини та до місць споживання відходу виробництва – барди, яка є прекрасним кормом для тварин.

Таке територіальне розміщення заводів і невелика їх потужність з точки зору екологічної безпеки слід визнати розумним. Барда, що є ємним відходом виробництва, могла і використовувалась на місці, не забруднювала природу, не потребувала транспорту для її переміщення.

Індустріалізація галузі, укрупнення заводів не завжди може бути підтримана, або ж потрібно знаходити більш раціональні шляхи використання барди, як один із варіантів – реалізувати тваринництву в висушеному виді.

Екологічні проблеми спиртового виробництва настільки актуальні, що стоять поряд з енергетичними, державними економічними в результаті.

В Україні спиртова галузь спеціалізувалась на виробництві харчового спирту з крохмаль- та цукорвмісної сировини. Загальна потужність заводів, що переробляли крохмальвмісну сировину, приблизно дорівнювала потужністю заводів, що переробляли мелясу. Провідні спеціалісти галузі колишнього Союзу вважали, що такий розподіл виробництв по сировині має економічне підґрунтя. Їх думка, що в колишні часи не буде неврожай і зерна, і буряків – щось та вродить, і така спеціалізація мала логіку.

Програмами розвитку спиртової галузі передбачається крім виробництва спирту також організацію випуску нового для галузі продукту – ацетону. Такого виробництва на Україні немає, а потреба в цьому розчиннику досить велика, більше 10 тис. т щорічно. От чому програмами намічено переобладнати 4-5 спиртових заводів на виробництво ацетону біологічним способом.

В умовах енергетичної кризи в Україні почалися пошуки альтернативних видів палива і одним з основних заслуговує на увагу паливо, отримане з відновлювальної сировини. Рослинна сировина може служити для виробництва спирту чи олії. Започатковане використання в ХХ ст. в Західній Європі паливо - газохол з вмістом спирту і бензину засвідчило екологічну чистоту спалювання спирту, крім того визначена і економічна ефективність цього заходу.

Беручи до уваги можливості промисловості і оцінюючи потреби в паливному спирті наявних виробничих потужностей галузі в майбутньому буде недостатньо.

Держава не в змозі будувати нові потужності, керівництво галуззю своїми зверненнями до Верховної Ради загострює питання реструктуризації галузі, але позитивного рішення проблеми поки немає. Разом з тим в м. Золотоноша Черкаської області компанія «Коран-Агро» в 2007 році почала будівництво великого, на зразок американського, заводу з переробки кукурудзи в паливний етанол (біоетанол). Проектна потужність цього заводу оцінується в добовій переробці 1000 т кукурудзи і випуском 40 тис. дал біоетанолу, намічається випуск олії, кормів для тваринництва, інших потрібних суспільству продуктів. Розробку і поставку обладнання здійснює міжнародна компанія «GEA-Wigand», загальний обсяг інвестицій складає 100 млн. євро.

Традиційна сировина для виробництва спирту – зерно і меляса, може бути доповнена нетрадиційною сировиною: топінамбуром, цукровим буряком, іншими сільськогосподарськими культурами. В перспективі для виробництва технічного та паливного спирту може бути використано кукурудзу в качанах, целюлозовмісні відходи олієжирової промисловості і лушпиння насіння соняшнику, льону, конопель, рапсу. Стебло, качани, соняшник, костриця олійних і технічних культур теж можуть бути сировиною в технології технічного і паливного спирту. При цьому поряд з амілолітичними, протеолітичними ферментами можливо використати целюлозолітичні або комплекси ферментів – МЕК-и (мультиензимні композиції, комплекси).

Сучасна технологія спирту завдяки продуктивним расам дріжджів дозволяє отримувати бражку з вмістом спирту 10...12 % об. В цьому напрямку перед наукою ставиться задача віднайти високопродуктивні раси дріжджів, для яких концентрація спирту в бражці в 16 % об і більше не була б згубною. Вирішення цієї задачі внесе певні корективи в загальну технологію спирту.

Раціональне використання відходів, особливо барди, в спиртовому виробництві настільки актуально, що воно може конкурувати з енергетичною проблемою, особливо це стосується мелясних заводів. Ця екологічна проблема може бути вирішена шляхом метанового зброджування відходів і стічних вод з отриманням біогазу.

Перед галуззю стоїть не менш важлива задача – раціонального використання діоксиду вуглецю, якого за масою при бродінні утворюється біля 48,5 %. Хімічно діоксид вуглецю може бути перетворений в метан, який використовують як паливо.

Спиртова галузь може дати білкові продукти для тваринництва: це і кормові дріжджі чи барда в рідкому чи в сухому виді, різного роду ферменти, вітаміни.

Новий уряд своєю постановою № 672 від 28 липня 2010 р. реструктуризував спиртову галузь з метою підвищення ефективності її роботи: ліквідований державний концерн «Укрспирт», утворене державне підприємство «Укрспирт», в який ввійшла більша частина діючих спиртових заводів, решта заводів підлягають реорганізації шляхом виділу майна, з використанням якого виготовляється підакцизна продукція.

Програма дій новоутворених структур розробляється, але ж основа її залишиться без змін, враховуючи попередні програми розвитку галузі.

Контрольні запитання:

- 1. Що таке технологічний процес, система?*
- 2. Механізм, машина, апарат, агрегат, установка, робот. Дати визначення.*
- 3. Історичний розвиток технічного виробництва спирту в Україні.*
- 4. Які сучасні досягнення спиртової галузі?*
- 5. Яке призначення спиртової галузі?*
- 6. Основні напрямки виробничої діяльності галузі.*
- 7. Які задачі у виробництві спирту?*
- 8. Найближча перспектива спиртової галузі.*
- 9. Які існують відходи виробництва, їх можлива переробка та використання?*

ТЕМА 2. ТРАДИЦІЙНА І НЕТРАДИЦІЙНА СИРОВИНА ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ХАРЧОВОГО, ТЕХНІЧНОГО ТА ПАЛИВНОГО ЕТАНОЛУ

План

- 2.1. Характеристика рослинної сировини, меляси**
- 2.2. Допоміжні матеріали, що використовуються у виробництві**

2.1. Характеристика рослинної сировини, меляси

Галузь використовує крохмаль- та цукорвмісну сільськогосподарську сировину. Для виробництва високоякісного харчового спирту рекомендується доброякісна крохмалевмісна сировина – зерно. Широко використовується пшениця, жито, ячмінь, тритикале, кукурудза, інші культури. Технічний і паливний етанол може бути одержаний з дефектної сировини, тої, що втратила свої продовольчі та фуражні споживчі властивості.

Традиційно давно для одержання харчового ректифікованого спирту використовується картопля, інші коренеплоди: буряки, топінамбур.

Зернові культури представляються сипкою масою, зерноsumіші в залежності від вмісту культур мають розміри від 1 мм до 6...8 мм, можливі домішки пил, пісок, камінці, колоски, стебла, солома, качани, інші.

Коренеплоди різної форми і розмірів мають домішки ґрунту, піску, каміння, бадилля, гички, інше.

Для виробництва харчового, технічного і паливного етанолу широко використовується бурякова чи тростинна меляса. Це густа, в'язка рідина. В ній можуть бути різні домішки від частин буряків до мінеральних речовин. В'язка консистенція меляси, її висока густина є причиною зависання домішок, вони не можуть флотувати чи випадати в осад. Часто у виробництві спирту використовується дефектна меляса, інфікована мікроорганізмами.

2.2. Допоміжні матеріали, що використовуються у виробництві

Вода у виробництві спирту використовується як технологічна, технічна з артезіанських свердловин, річок, ставків, озер. Якщо артезіанська вода відповідає нормам на питну воду за складом і температурою, яка на протязі року знаходиться в межах 8...12 °С, то вода відкритих водойм має різну характеритику і пов'язана з кліматичними погодними умовами, має різний хімічний склад.

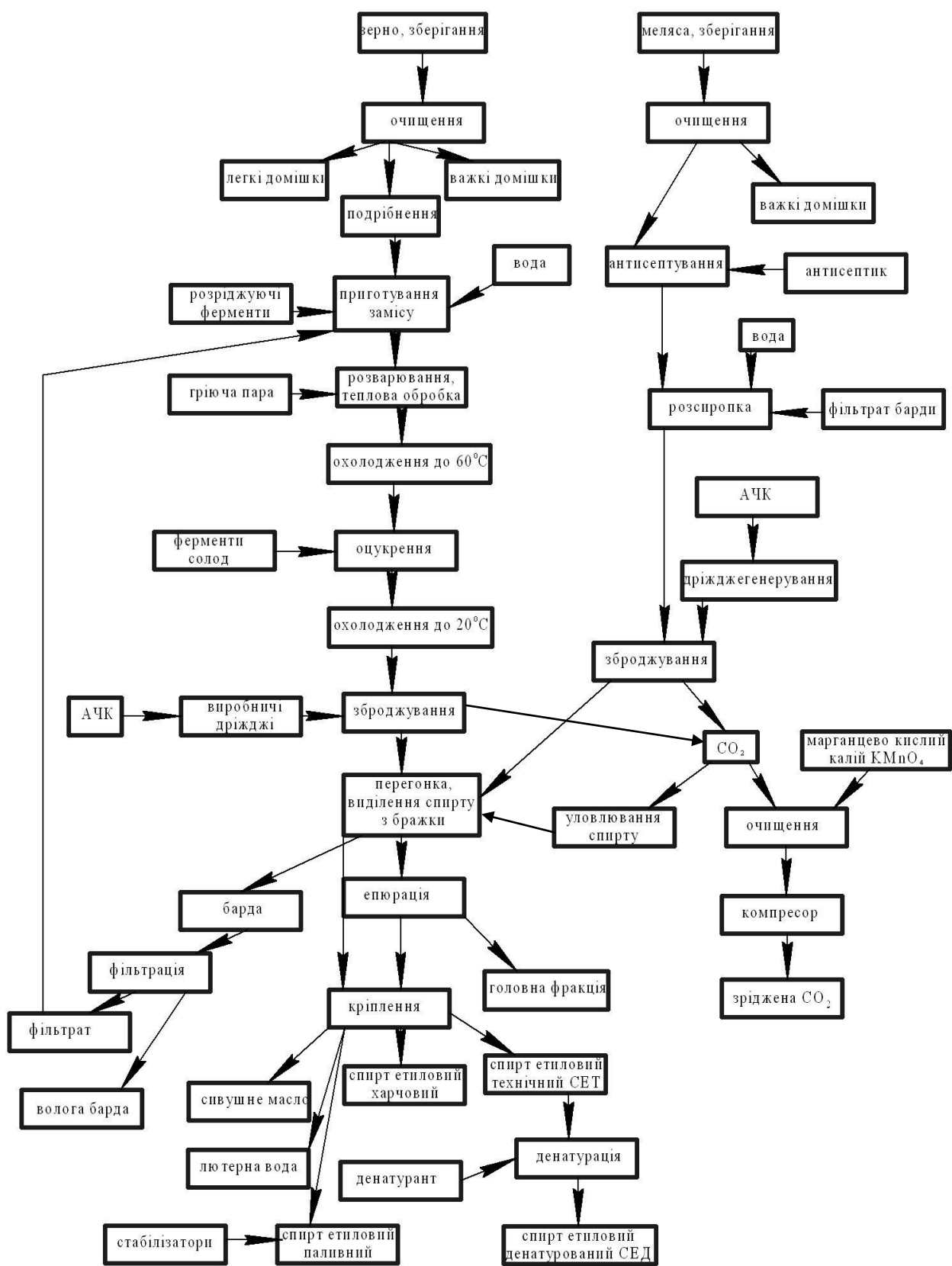
В технології спирту може бути використаний солод для оцукрення, останнім часом для такої цілі широко використовують концентровані ферментні препарати протеолітичні та амілолітичні. В майбутньому поряд з ними будуть використані целюлозолітичні ферментні препарати.

Допоміжні матеріали: кислоти – соляна, сірчана, фосфорна; антисептики та миючі засоби; карбамід, діамонійфосфат у відповідності з регламентами використовуються в технології спирту.

Контрольні запитання:

1. *Яка сировина вважається традиційною у виробництві спирту?*
2. *Яка нетрадиційна сировина можлива у виробництві технічного і паливного етанолу?*
3. *Які особливості зберігання, транспортування та використання допоміжних матеріалів?*
4. *Вода, кислота, піногасники, антисептики, ферментні препарати. Вимоги до обладнання, арматури, насосів відповідно.*
5. *Механізми, машини, при зберіганні і транспортуванні сировини.*

ТЕМА 3. ПРИНЦИПОВА ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА ВИРОБНИЦТВА ЕТИЛОВОГО СПИРТУ ЗБРОДЖУВАННЯМ



Контрольні запитання:

1. Які види обладнання обов'язкові при класичному виробництві етанолу з крохмаль- та цукровмісної сировини?
2. Чим апаратурно відрізняється виробництво спирту харчового від виробництва технічного і паливного етанолу?
3. Наведіть приклади суміщених процесів і обладнання у виробництві спирту шляхом бродіння.
4. Яке однакове біотехнологічне обладнання при переробці зерна, картоплі, буряків, меляси на спирт?
5. Транспортне обладнання для сипких, рідких, газоподібних продуктів.
6. Яке специфічне обладнання при переробці крохмаль- та цукровмісної сировини на спирт?

ТЕМА 4. ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ СИРОВИНИ

План

- 4.1. Обладнання для очищення зерна
- 4.2. Обладнання для очищення коренеплодів
- 4.3. Обладнання для очищення меляси

4.1. Обладнання для очищення зерна

Перший етап очищення зернової маси, що поступає на завод, заключається в пропусканні її через металеву сітку, яку натягують на верхню частину завальної ями. Сітка в залежності від культури зерна може мати розміри отворів 10×10, 30×30 чи 50×50 мм. Її призначення уловити крупні супутні домішки, що є в зерновій масі – солому, качани, камінці, інші домішки з геометричними розмірами більшими від зернини. Ці сторонні домішки видаляються з сітки вручну.

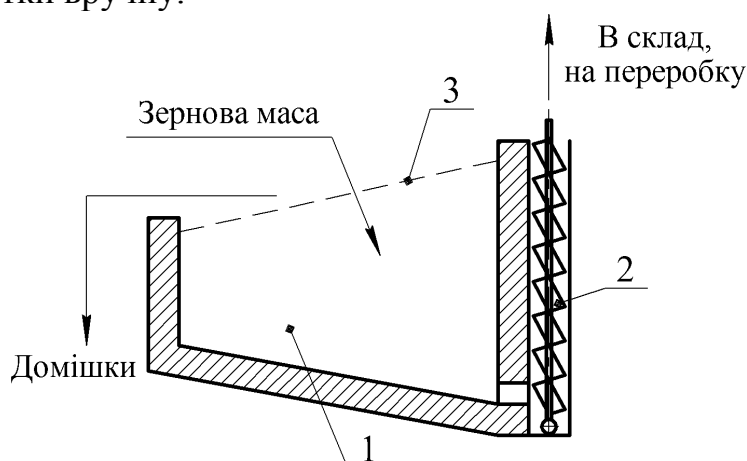


Рис. 4.1 Перший етап очищення зернової маси:

1 – завальна яма (бункер для прийому зерна); 2 – норія; 3 – сітка

Зернова маса механічними засобами (норією, чи стрічковим, скребковим, шнековим транспортером) подається для подальшого очищення. При переробці зерна на спирт використовують повітряно-ситові сепаратори (останнім часом і

відцентрові сепаратори). В цих машинах закладені принципи розділення сипкого матеріалу за геометричними розмірами, за густиною складових зернової маси (принцип вітрильності), феромагнічування.

Повітряно-ситові сепаратори мають робочі органи: вентилятор, різної конфігурації сита з різними отворами в залежності від культури зерна, магніт (постійний чи електромагніт). Ситова частина машини приводиться в рух електродвигуном через кривошипно-шатунний механізм.

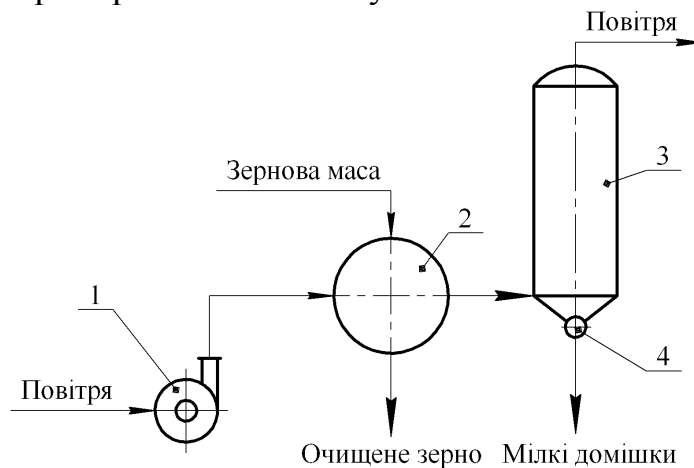


Рис. 4.2 Аеродинамічна очистка зерна:

1 – вентилятор; 2 – барабан; 3 – циклон-розвантажувач; 4 – шлюзовий затвор

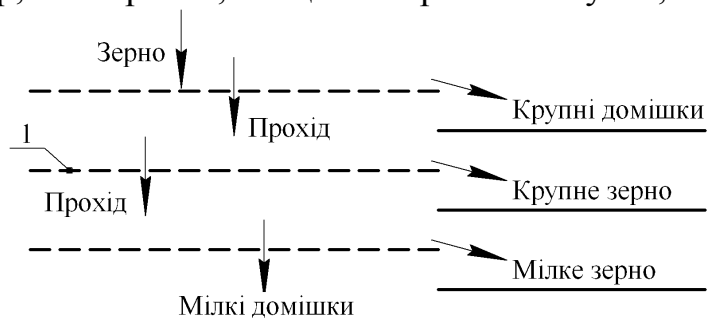


Рис. 4.3 Ситове розділення зернової маси:

1 – сито

Видалення феромагнітних домішок з зернової маси здійснюється з допомогою постійних (рис. 4.4) та електричних магнітів (рис. 4.5).

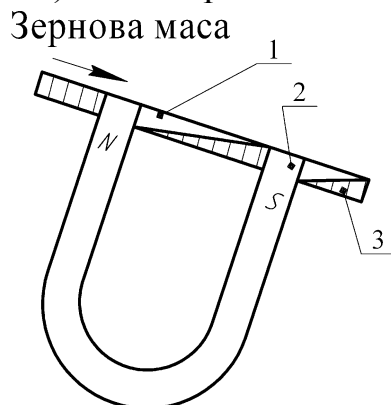


Рис. 4.4 Сепаратор з постійним магнітом:

1 – заглиблення для уловлених феродомішок; 2 – постійний магніт;
3 – немагнітний матеріал

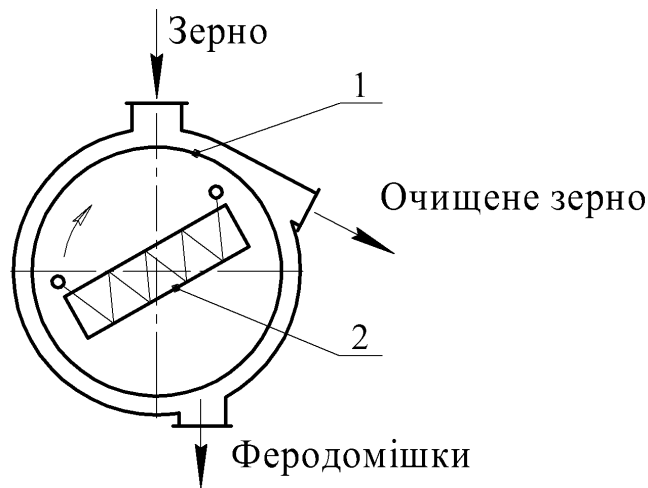


Рис. 4.5 Електромагнітний сепаратор:

1 – рухомий не магнітний барабан; 2 – електромагнітна котушка

Сепаратор з постійним магнітом, незважаючи на конструктивну простоту, має багато недоліків: ручне видалення уловлених домішок, сила магнітного поля зменшується з часом і зі збільшенням температури від тертя, потреба в повторному намагнічуванні.

В спиртовій промисловості, де сировиною є зерно, для його очистки використовується повітряно-ситовий сепаратор марки ЗСМ, агрегат, що об'єднує ситове розділення, вентилятори, магнітні сепаратори.

4.2. Обладнання для очищення коренеплодів

В перспективі одним із основних видів сировини можуть стати коренеплоди (картопля, буряки, топінамбур). Для їх очищення від домішок, для миття використовують соломоуловлювач (солома, бадилля, бур'яни та інше). Конструктивно в гідротранспортному каналі влаштовуються у вигляді грабелі з дроту крючки, підвішені на шарнірах.

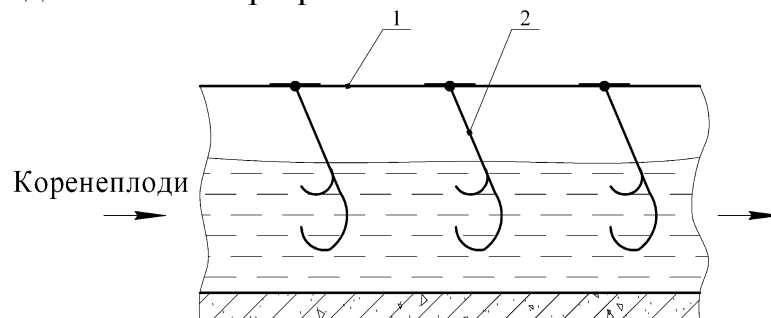


Рис. 4.6 Соломоуловлювач:

1 – гідротранспортер; 2 – граблі

Недоліком соломоуловлювача є ручне видалення соломи, бадилля.

Найвже в коренеплодах каміння видаляється в уловлювачах, найчастіше конструкції Баранова, бо він простий за конструкцією і зручний в експлуатації (рис. 4.7).

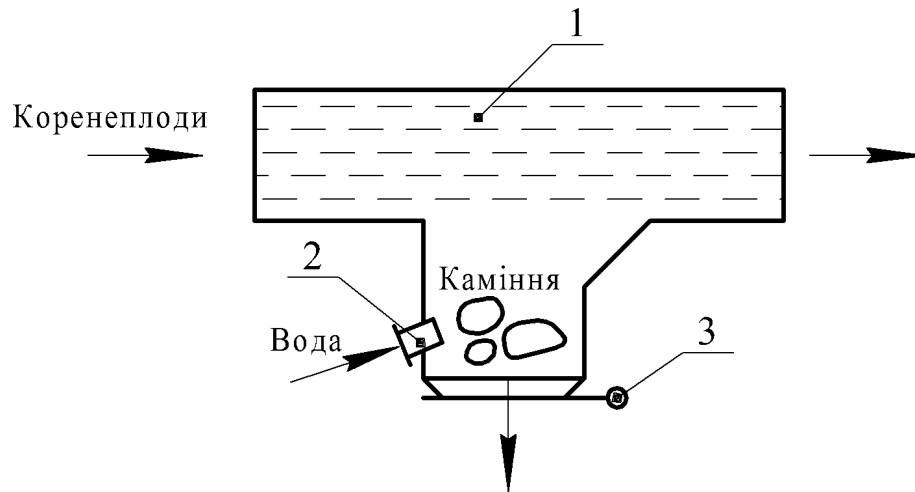


Рис. 4.7 Уловлювач каміння, піску системи Баранова:
1 – гідротранспортер; 2 – патрубок для води; 3 – кришка

Відомі більш складніші за конструкцією уловлювачі каміння і піску з електроприводом для видалення домішок. Для миття коренеплодів крім риштака і гідротранспорту використовують спеціальні машини.

Принципово конструкція представляється горизонтальним коритом, в якому влаштовані перемішуючі пристрої кулачкового типу. Постійно надходяча і виходяча вода виносить забруднення. Найпоширеніша конструкція мючої машини – системи Добровольського, має продуктивністю 10...15 т/год, використовує 5...10 кВт/год електроенергії.

4.3. Обладнання для очищення меляси

Одним із основних видів сировини, особливо для виробництва технічного і паливного етанолу, є меляса. При прийманні від авто- і залізничного транспорту, як і зерно, ця в'язка і густа рідина пропускається через металічну сітку, яку натягують на приймальну ємність. Нею уловлюють крупні домішки: камінці, мішковину, залишки буряків. В'язка консистенція меляси, її висока густина є причиною зависання цих домішок: вони не можуть флотувати чи випадати в осад. Для ретельного очищення меляси від домішок її розбавляють водою (при цьому зменшується в'язкість і густина). Стерильним газом, використовуючи седиментацію і флотацію, можна теж частково очистити розчин меляси в воді. Більш серйозне очищення досягається пропуском розчину меляси в воді через сепаратори-кларифікатори. На цій машині завдяки відцентровій силі відділяють і легкі, і важкі домішки. Кларифікатори безперервної дії більш ефективні, бо забезпечують без зупинок видалення з машини домішок.

Високоєфективне обладнання для очищення зерна і насіння зернових, круп'яних і бобових культур виготовляє Житомирське орендне підприємство «Вібросепаратор». З рекламного проспекту: підприємство здійснює виготовлення, монтаж, наладку і гарантійне обслуговування обладнання:

- Сепараторів вібровідцентрових зерноочисних, призначених для очищення зерна і насіння зернових, круп'яних і бобових культур від сміттєвих і зернових домішок:

- А1-БЦСМ-100 – продуктивністю 100 т/год;
- Р8-БЦСМ -50 – продуктивністю 50 т/год;
- Р8- БЦСМ-25 – продуктивністю 25 т/год;
- Сепараторів вібровідцентрових для насіння кукурудзи:
 - Р8-УЦСМ-1 – продуктивністю 12 т/год;
 - Р8-УЦСМ-2 – продуктивністю 30 т/год;
- Конвеєрів стрічкових пересувних Р8-УКЛ-1, призначених для транспортування сипких вантажів вверх під кутом 20°. Продуктивність 100 т/год.
- Пристроїв вертикальної подачі зерна двухпотокові 2НПЗ, продуктивністю 40 т/год.
- Вентиляторів радіальних пилових вибухозахищених:
 - ВРПВ-3.15 – продуктивність 1850 м³/год, тиск 1494 Па;
 - ВРПВ-4.1 – продуктивність 3780 м³/год, тиск 2525 Па;
 - ВРПВ-6.3.1 – продуктивність 6680 м³/год, тиск 1581 Па;
 - ВРПВ-8.1 – продуктивність 13900 м³/год, тиск 2630 Па.
- Вентиляторів відцентрових пилових:
 - ВЦП-3 – продуктивність 2000 м³/год, тиск 102 кгс/м²;
 - ВЦП-5 – продуктивність 6000 м³/год, тиск 155 кгс/м²;
 - ВЦП-6 – продуктивність 8300 м³/год, тиск 182 кгс/м²;
 - ВЦП-8 – продуктивність 15000 м³/год, тиск 162 кгс/м².
- Вентиляторів високого тиску АД. Продуктивність 1200 м³/год, тиск 1000 кгс/м².

Поштова адреса: 10001 м. Житомир, вул. Баранова, 93, ОП з-д «Вібросепаратор».

Контрольні запитання:

1. Принципи будови машини для очищення зерна?
2. Конструкція повітря-ситового сепаратора?
3. Які є магнітні сепаратори?
4. Які домішки треба відділити від коренеплодів?
5. Принципи будови мийних машин для коренеплодів?
6. Конструкція сепаратора – кларифікатора ?
7. Які можливі конструкції обладнання для уловлювання піску, каміння?

ТЕМА 5. ТЕХНОЛОГІЧНЕ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ПОДРІБНЕННЯ СИРОВИНИ

План

- 5.1. Дробарки для подрібнення зерна
- 5.2. Принципи подрібнення, які закладені в машині

5.1. Дробарки для подрібнення зерна

Подрібнення зерна в технології спирту передбачає підготовку до розварювання. Задача подрібнення заключається в зменшенні геометричних

розмірів зернини, в збільшенні поверхні контакту сировини у тепло- і масообмінних процесах технології.

Якість подрібнення зерна оцінюють степенню – кількістю проходу через сито з отворами діаметром 1 мм. Показник степені подрібнення в сукупності з гідромодулем, температурою і тривалістю теплової обробки впливає на основний показник виробництва – вихід спирту. Однак технологи ставлять єдино правильну вимогу до процесу подрібнення: не стільки важливою є ступінь подрібнення, скільки важливим є однорідність помелу. Ця вимога ґрунтується на можливості вибору ефективних показників процесу розварювання, які в свою чергу визначають кінцеві результати – вихід продукції.

5.2. Принципи подрібнення, які закладені в машині

Подрібнити тверду сировину можна шляхом її розтирання, розплющення, роздавлювання, розрізування, розбивання, екструзією. Ці принципи використовують на практиці і для подрібнення зволоженого зерна.

Найдревніший тип подрібнення зерна, а він зберігся і донині в борошномельній і інших галузях промисловості, є принцип розтирання. Цей принцип закладений в дробарці-жорнах. Принципово машина має два горизонтально (або під кутом) установлені циліндрично витесані камені один на одному, один з них нерухомий, інший обертається від двигуна. В центр верхнього каменя через видовбаний отвір подається зерно і попадаючи між двома каменями зерно розтирається до борошна. Якість подрібнення регулюється зазором між каменями, чим він менший, тим дрібнішим є помел. Від зазору між робочими поверхнями каменів залежить і продуктивність машини.

Принцип розтирання закладений у цілому ряду дробарок, таких як кульові (робочі органи – чавунні кулі і поверхня циліндричного корпусу зі зносостійкої сталі), роликові (ролики і корпус дробарки), ролико-маятникові (маятникові ролики і поверхня циліндричного корпусу).

Розплющення зернини (надто твердого крихкого тіла) здійснюється між двома поверхнями. В практиці для цього використовують гофровані сталеві циліндричні валки, як робочі органи валкової дробарки. Їх може бути пара, дві пари, чи навіть і більше. Така дробарка вважається безперервно діючою, валки обертаються назустріч один одному, приводом є електродвигуни, причому швидкість обертання валків може регулюватися. Гофри валків служать для зчеплення зерна з подрібнюючою поверхнею. Зношені гофри час від часу на спеціальному верстаті відновлюють.

Недоліками валкових дробарок є великий шум, що створюється під час роботи, порівняно крупний помел зерна та швидка зношуваність робочих органів і механічних обертючих деталей.

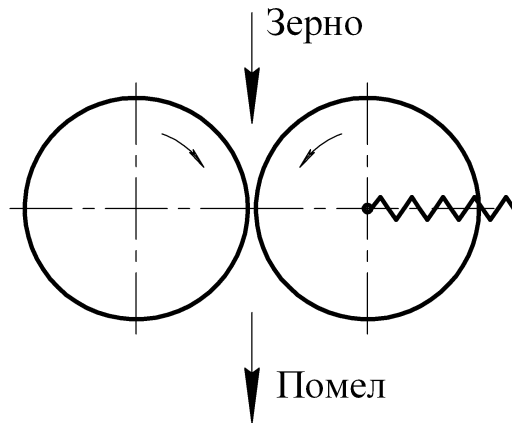


Рис. 5.1 Схема валкової дробарки

Найпоширенішими на спиртзаводах для подрібнення зерна є молоткові дробарки, які працюють за принципом ударної дії робочих органів – молотків на зерно. Конструктивно молоткова дробарка представляє металічний циліндричний корпус, в якому на обертовому барабані прикріплені металічні пластини зі зносостійкої сталі – молотки, товщиною 2...3 мм, або молотки круглої форми з повздовжніми ребрами, чи іншої форми.

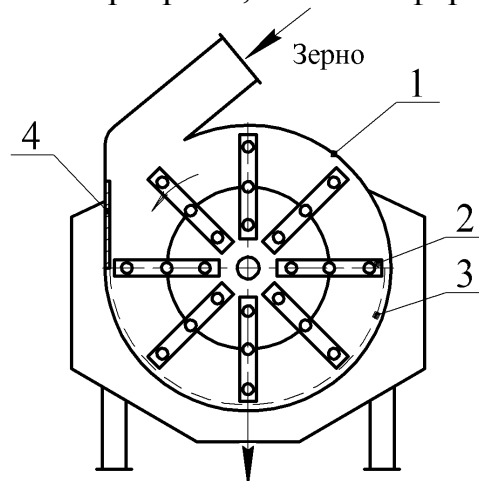


Рис. 5.2 Будова молоткової дробарки типу ДМ для зерна:
1 – корпус; 2 – молоток; 3 – сито; 4 – дека

Крім молотків ударне сприйняття процесу здійснює дека – пластина з броньової сталі, а також сита, що розміщені в нижній частині дробарки.

З часом робоча грань молотка зношується, якість помелу погіршується і молотки міняють після зупинки дробарки, міняють також і зношені сита.

Щоб продовжити термін роботи дробарки, через деякий час, при незадовільній якості помелу, можна використовувати реверс барабану, міняючи електричну схему двигуна. Дробарки такого типу називають реверсивними.

Подрібнити зерно можна за допомогою дезінтегратора. Машина побудована так: в циліндричному корпусі влаштовані два рухомих диски, кожен з них має індивідуальний привід, диски рухаються назустріч один одному. Робочими органами є вмонтовані в диски елементи зі зносостійкого металу, частіше ними є пальці круглої або іншої форми.

Подібна конструкція у іншої подрібнювальної машини – дісmembратора, відмінністю від дезінтегратора у цієї машини є те, що із наявних двох дисків один нерухомий з тією ж конструкцією робочих органів.

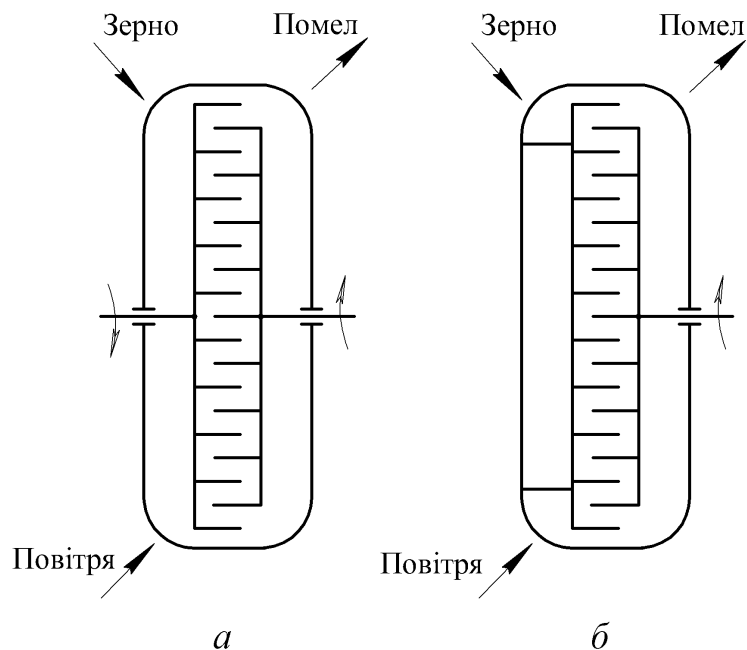


Рис. 5.3 Схематична будова дезінтегратора (а) і дісmembратора (б)

Для одержання високодисперсного помелу зерна на Вузлівському спиртзаводі розроблена і впроваджена проф. Маринченко В.О. і гол. інженером заводу Чипчаром Р.І. установка, що включає дезінтегратор, вентилятор, сепаратор і циклон-розвантажувач (див. рис. 5.4). Ця установка забезпечує отримання помелу з розмірами частинок до 250 мкм. Якість помелу і продуктивність установки регулюється кількістю повітря, що нагнітає в установку вентилятор 5. Недоліками цієї установки є надто велика металомісткість, велика питома енергомісткість, додаткова потреба в виробничій площі.

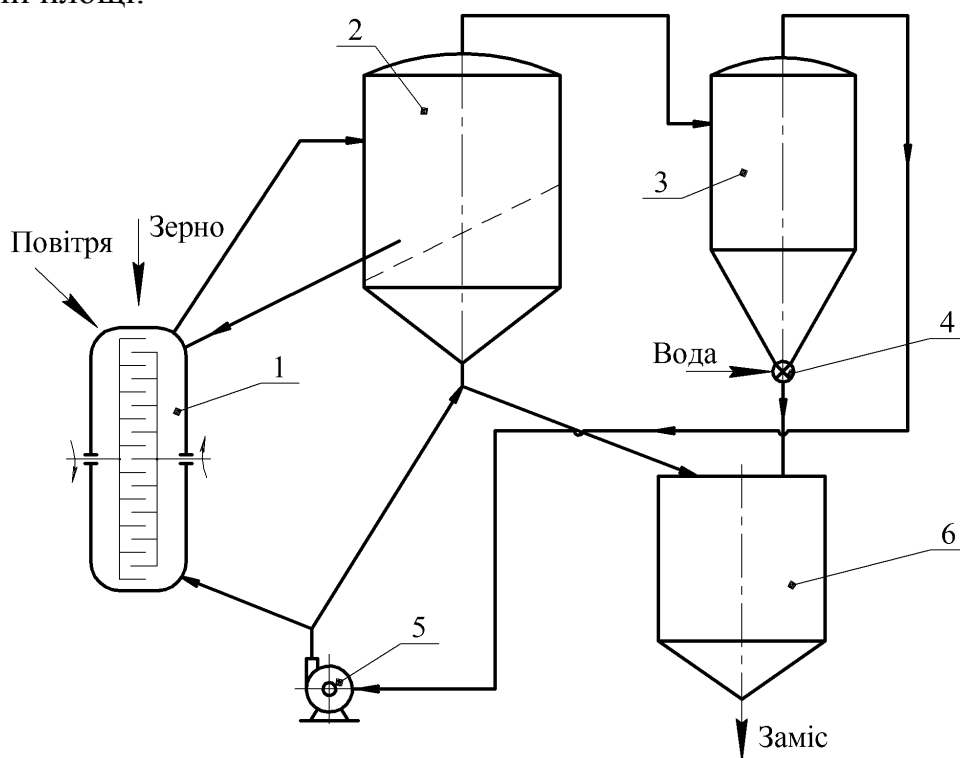


Рис. 5.4 Установка для подрібнення зерна з допомогою дезінтегратора на Вузлівському спиртзаводі: 1 – дезінтегратор; 2 – сепараторна камера; 3 – циклон-розвантажувач; 4 – дісmembратор; 5 – вентилятор; 6 – чанок замісу

Принцип «вибуху» закладений в екструдері. Ця подрібнювальна машина використовується в кондитерській, комбікормовій та в інших галузях. Вона представляє собою циліндричний шнек: в циліндричному корпусі шнек має зменшуючий крок, в кінчному – шнек конічної форми. В машині є завантажувальний дозатор, оброблена сировина виходить через фільтри, решітку.

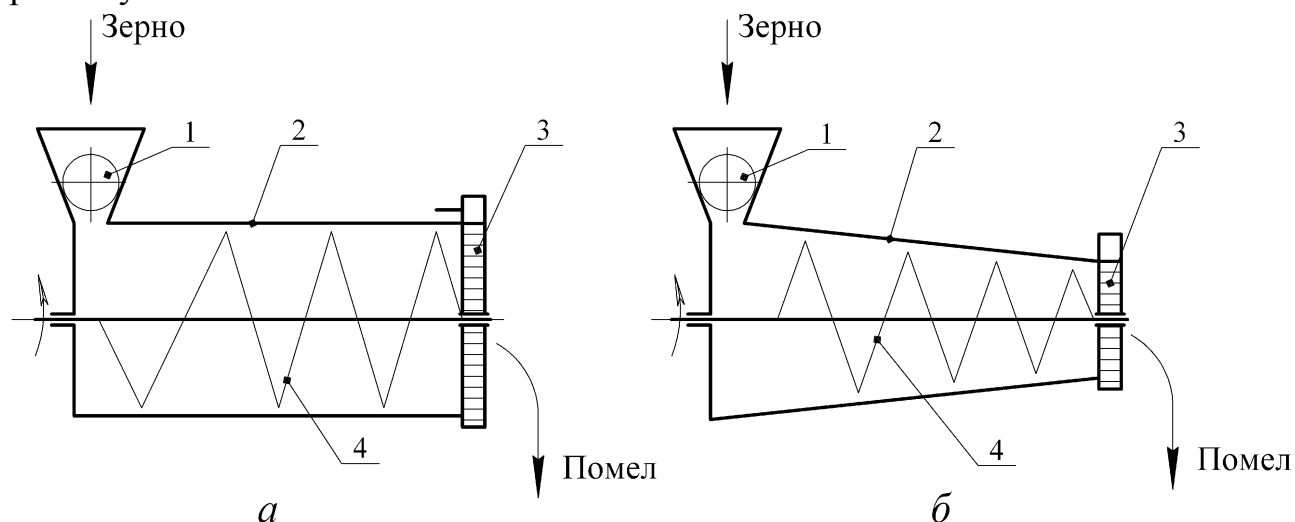


Рис. 5.5 Схематична будова екструдера
 а - циліндричний шнек; б – конічний шнек:
 1 – дозатор зерна; 2 – корпус; 3 – решітка; 4 – шнек

Стиснута шнеком сировина до високого тиску продавлюється через решітку. Стиснуте повітря, що знаходиться між частинами сировини, при виході з машини розриває її структуру, здійснюється свого роду «вибух». Температура від стиснення піднімається до $+150...200\text{ }^{\circ}\text{C}$. Оцінюючи роботу екструдера, можна зробити висновок, що поряд з подрібненням зерна здійснюється і його теплова обробка.

Енергетична характеристика подрібнювальних машин виражається в витратах електроенергії на одиницю подрібнювальної сировини. При цьому варто взяти до уваги, що на цей показник впливає якість подрібнення (як результат роботи) і продуктивність машини. На енергетичну характеристику в свою чергу впливає культура зерна, що подрібнюється, та його вологість.

При однакових умовах подрібнення практика свідчить, що витрати електроенергії у молоткової дробарки $18...20\text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{т}$, дезінтегратора $28...40\text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{т}$, екструдера $120...150\text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{т}$. Виходячи з цієї оцінки найбільше розповсюдження на спиртових заводах на сьогодні мають молоткові дробарки для подрібнення як сухого, так і мокрого (зволоженого) зерна.

При переробці картоплі, буряків і інших коренеплодів можуть бути використані молоткові дробарки, інші типи подрібнювальної техніки використовуються рідко.

Контрольні запитання:

1. З якою метою подрібнюють зерно, коренеплоди?
2. Які принципи подрібнення закладені в машинах?
3. Чи впливає на якість подрібнення вологість?

4. *Особливості мокрого подрібнення зерна*
5. *Робочі органи дробарок, продовження терміну їх роботи*
6. *Конструкція вальцьових дробарок*
7. *Конструкція молоткових дробарок – АМ, АЛДДП*
8. *Яка особливість в конструкціях дезінтегратора і дісmembратора?*
9. *Експлуатаційні характеристики типового обладнання для подрібнення зерна*
10. *Апаратурна схема подрібнення зерна Вузлівського спиртзаводу*

ТЕМА 6. ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ПІДГОТОВКИ МЕЛЯСИ ДО ЗБРОДЖУВАННЯ

План

- 6.1. Обладнання для очищення меляси, антисептори
- 6.2. Змішувачі меляси з хімікатами, розсиропники

6.1. Обладнання для очищення меляси

Технологічна схема виробництва спирту з меляси починається з антисептування сировини в антисепторах. Цей процес може бути хімічним з використанням кислот соляної чи сірчаної або тепловим-фізичним, де дію на мікрофлору меляси здійснює тепло котельної гострої пари. Очищення меляси від домішок може здійснюватись також на кларифікаторах-сепараторах на заводах з двохпродуктовою схемою виробництва.

Найбільш поширеним на спиртзаводах є хімічне антисептування, що проводиться періодично чи безперервно. Така обробка меляси має своєрідне апаратне оформлення. На українських заводах, що переробляють мелясу на спирт, використовують періодичне хімічне (кислотне) антисептування. Оброблену кислотами мелясу збагачують азотним і фосфорним живленням і розбавляють водою до певної концентрації.

Підкислену мелясу при періодичному процесі витримують в антисепторах на протязі 8...10 год. Антисептори-збірники виготовляють з нержавіючої сталі або покривають внутрішню поверхню антикорозійними матеріалами, використовують кислотостійку арматуру.

Збірники-антисептори представляють собою циліндричні посудини з конічними кришками і дном, в нижній конічній частині накопичуються домішки, які періодично видаляють з антисептора.

6.2. Змішувачі меляси з хімікатами, розсиропники

Для перемішування меляси з кислотами і живильними солями використовують розроблену УкрНДІСп конструкцію змішувача. Він представляє собою циліндричний горизонтальний корпус, в якому обертається вал з лопатями. Для забезпечення кращого перемішування між лопатями в корпус влаштовуються нерухомі косинки. Вал обертається зі швидкістю 70...80

об/хв. Об'єм змішувача розраховується з часу знаходження в ньому меляси, не більше 10 сек.

Основні деталі змішувача виготовляють з нержавіючої сталі.

Антисептована меляса направляєється насосами в напірні ємності на вагах, звідки сировина подається на розсиропник змішування води і меляси.

Існують розсиропники безперервної дії різних конструкцій: горизонтальні, вертикальні з різними перемішувачами пристроями та підводами води і меляси. Конструкція розсиропника системи КБ УкрНДІСп виготовлена з нержавіючої сталі.

Розсиропник конструкції УкрНДІСп представляє собою вертикальну циліндричну посудину, в нижній частині якої є патрубки для підводу меляси і води – холодної і гарячої.

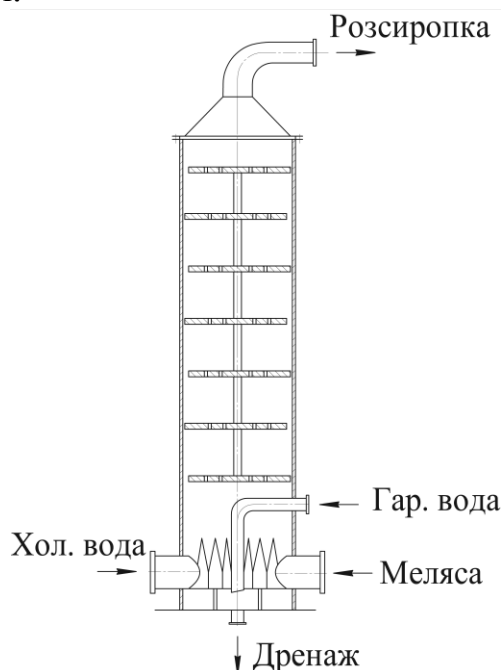


Рис. 6.1 Розсиропник конструкції УкрНДІСп

Всередині циліндра розсиропника на осьовому стержні насаджені ситчаті тарілки з вирізом, що чередуються своїм розміщенням. Площа вирізу рівна перетину трубопроводів, які підводять воду і мелясу. Тарілки мають отвори діаметром 15...20 мм. Зміна напрямів і подрібнення рідинного потоку забезпечує ефективне перемішування меляси і води.

Розсиропник виготовляється з нержавіючої сталі, висота його 1500 мм, діаметр 250...400 мм, діаметри підводу меляси і води – у відповідності з продуктивністю заводу.

Обладнання для підготовки меляси до зброджування: збірники кислот, солей, піногасників, піноуловлювачі, насоси, дозуючі пристрої, запірні арматура – виготовляється із зносостійких, кислотостійких матеріалів або покривається внутрішня поверхня кислотостійким матеріалом.

Контрольні запитання:

1. Яка констр. сепаратора-кларифікатора? Принципові констр. рішення.
2. Чи можуть процеси седиментації, флотації бути використані для очищення меляси?

3. Конструкції розсиропника системи УкрНДІСПа.
4. Яка конструкція змішувача меляси з хімікатами?
5. Які робочі органи антисептора? Змішувача?
6. Механізми для очищення змішувача, антисептора.

ТЕМА 7. ТЕХНОЛОГІЧНЕ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ПРИГОТУВАННЯ ЗАМІСУ

План

- 7.1. Конструкція апарату для приготування замісу, пристрої для змішування, інтенсифікація процесу
- 7.2. Уловлювачі сторонніх домішок

7.1. Конструкція апарату для приготування замісу, пристрої для змішування, інтенсифікація процесу

Заміс – змішане з водою подрібнене зерно чи коренеплоди, як проміжний напівпродукт в технології спирту. Для приготування замісу служить ємність циліндричної форми з конічним дном – чанок замісу. Об'єм цієї посудини визначається технологічною нормою 8...10 хв в часі терміну приготування замісу. З цієї норми в залежності від продуктивності заводу розраховують об'єм чанка, при коефіцієнті його заповнення 0,8.

Основною задачею цього обладнання є забезпечення ефективного замішування подрібненої сировини з водою та з розріджуючим ферментом. Технологічно цей процес повинен бути проведеним дуже швидко на протязі секунд чи хвилини. При цьому якість змішування досягається високою.

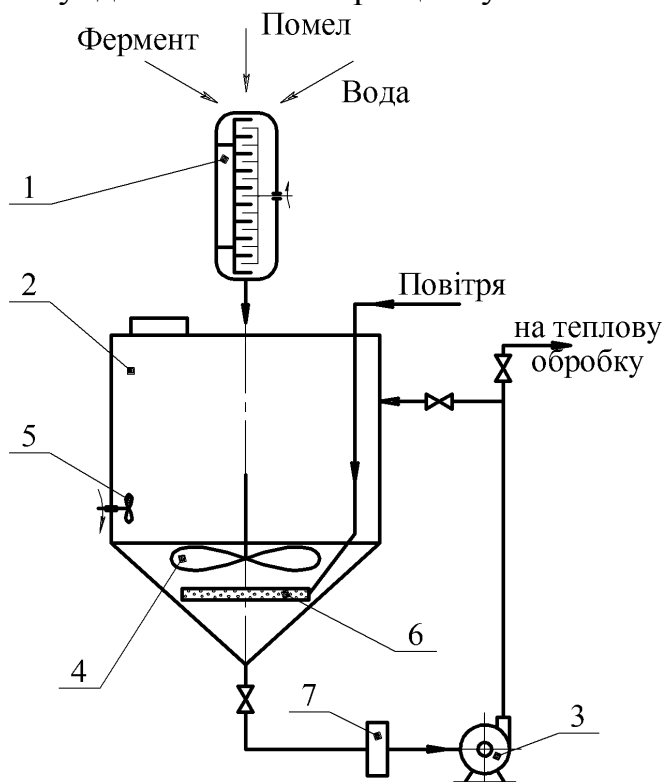


Рис. 7.1 Апаратурна схема для приготування замісу:

- 1 – дісмембратор;
- 2 – корпус чанка;
- 3 – відцентровий насос типу НФ або роторно-пульсаційний апарат;
- 4 – осьова мішалка;
- 5 – бокова мі-шалка;
- 6 – барботер;
- 7 – уловлювач

Для ефективного перемішування і зменшення розпилу можна використати цілий ряд способів. Практикою засвідчена висока ефективність використання дісmembратора на етапі подачі подрібненої сировини. В дісmembратор разом з помелом підводиться вода і розріджуючий фермент. Такий спосіб змішування усуває розпил і дісmembратор додатково подрібнює сировину. Можуть бути в чанку замісу влаштовані центральна (осьова) та бокова мішалки. Додаткове перемішування може бути за допомогою повітря чи інертного газу через барботер. Гідродинамічне перемішування може бути з використанням відцентрового насоса фекального типу, вільно вихрові насоси або роторно-пульсаційного апарату (РПА). Названі способи можуть бути використані в одному апараті всі, чи тільки декілька.

7.2. Уловлювачі сторонніх домішок

На шляху подачі приготовленого замісу передбачається установка уловлювачів. Вони представляють собою посудину циліндричного типу з сітчастою перегородкою (вставкою), з отворами діаметром 5...10 мм. Сітчасту перегородку час від часу виймають і вручну очищають.

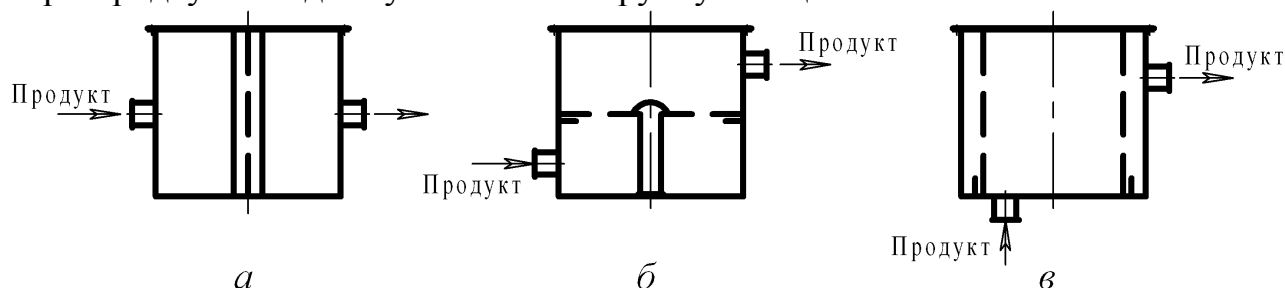


Рис. 7.2 Конструкції уловлювачів на продуктових комунікаціях

Уловлювачі ставлять перед насосами, сітчасті перегородки уловлюють крупні домішки, що потрапили в заміс з водою, подрібненого сировиною. Уловлювачі забезпечують безаварійну роботу обладнання, трубопроводів, запорної та контролюючої арматури.

Контрольні запитання:

1. Які геометричні форми апарату для замісу?
2. Об'єм апарату для приготування замісу, чим визначається?
3. Які інтенсифікуючі засоби при змішуванні застосовують в практиці?
4. Перемішуючі пристрої в апараті приготування замісу?
5. Дайте експлуатаційну оцінку перемішуючим пристроям.
6. Яким чином можна зменшити втрати сировини при приготуванні замісу?
7. Конструкції уловлювачів на продуктових комунікаціях.
8. Наведіть апаратурну схему приготування замісу.

ТЕМА 8. АПАРАТИ ДЛЯ ТЕПЛОВОЇ ОБРОБКИ СИРОВИНИ

План

- 8.1. Сучасна апаратурна схема розварювання зерна і коренеплодів
- 8.2. Основне обладнання низькотемпературного розварювання крохмальвмісної сировини

8.1. Сучасна апаратурна схема розварювання зерна і коренеплодів

Ця технологічна операція здійснюється з метою переведення крохмалю сировини в розчинений вид та подавлення мікрофлори сировини і води. Цей процес іменують в практиці розварюванням (тепловою обробкою) і характеризується величиною температури та часом дії цієї температури на заміс при безперервному розварюванні. Той процес періодичного розварювання, що передував безперервному процесу, технологічно і за апаратурою відрізнявся від сучасного. Тому в цьому конспекті не буде розглядатися періодичний процес, так як на практиці він вже давно себе вичерпав. Безперервні способи теплової обробки сировини недалекого минулого ще детально розглянуті в літературі і ми маємо на меті прослідити шлях їх удосконалення. Починаючи з 30-40 рр. минулого сторіччя в колишній державі були впроваджені безперервні апаратурно-технологічні схеми розварювання крохмальвмісної сировини при виробництві спирту зброджуванням. До сьогодні відомі типові схеми швидкісного розварювання (Міроцька) і помірного (Мічурінська) за назвою тих заводів, де вперше були впроваджені ці схеми.

8.2 Основне обладнання низькотемпературного розварювання крохмальвмісної сировини

Починаючи з 90-х років минулого сторіччя в Україні широко починається впровадження різних комплексів ферментних препаратів, що діють на складові частини рослинної сировини: амілолітичні – для розкладання крохмалю, протеолітичні – для білкових речовин, целюлолітичні – для целюлозовмісних сполук, а також їх комплекси (мультиензимні композиції – МЕК).

Застосування ферментів дозволило змінити окремі технологічні операції, зробити деякі їх удосконалення.

При тепловій обробці сировини ця новація дозволила зменшити в'язкість замісу і разом з цим зменшити температуру розварювання. На більшості спиртових заводів України впроваджені технологічні схеми низькотемпературного розварювання з використанням на першій стадії розріджуючих ферментів.

Апаратурні схеми безперервного розварювання включають чанок замісу, контактні головки (колонки) для нагріву замісу до температури варки (можуть бути дві головки: одна – для підігріву замісу вторинним теплом та головка з контактом замісу з котельною парою), колони I і II ступені – власне, розварники в Мічурінській схемі та трубчастий розварник в Міроцькій схемі, витримувач-паросепаратор і насоси для переміщення замісу по апаратах схеми.

Типові схеми розварювання, як Міроцька так і Мічурінська, мають ряд недоліків, основними з них є порівняно високі витрати грюючої пари та підвищені втрати сировини від дії високої температури.

Сучасна апаратурна схема низькотемпературного розварювання складається з переліку тих же апаратів, що характерні всім схемам безперервної дії. Однак принциповою відмінною є наявність розварників, що забезпечують своїм об'ємом 4-годинне знаходження замісу при температурі 90...95 °С. Ця особливість може бути реалізована тільки при використанні розріджуючих ферментів. На рис. 8.1 представлена апаратурно-технологічна схема розварювання Сторонибаського спиртзаводу, одного з перших заводів, який впровадив низькотемпературну технологію розварювання з використанням наявного технологічного обладнання.

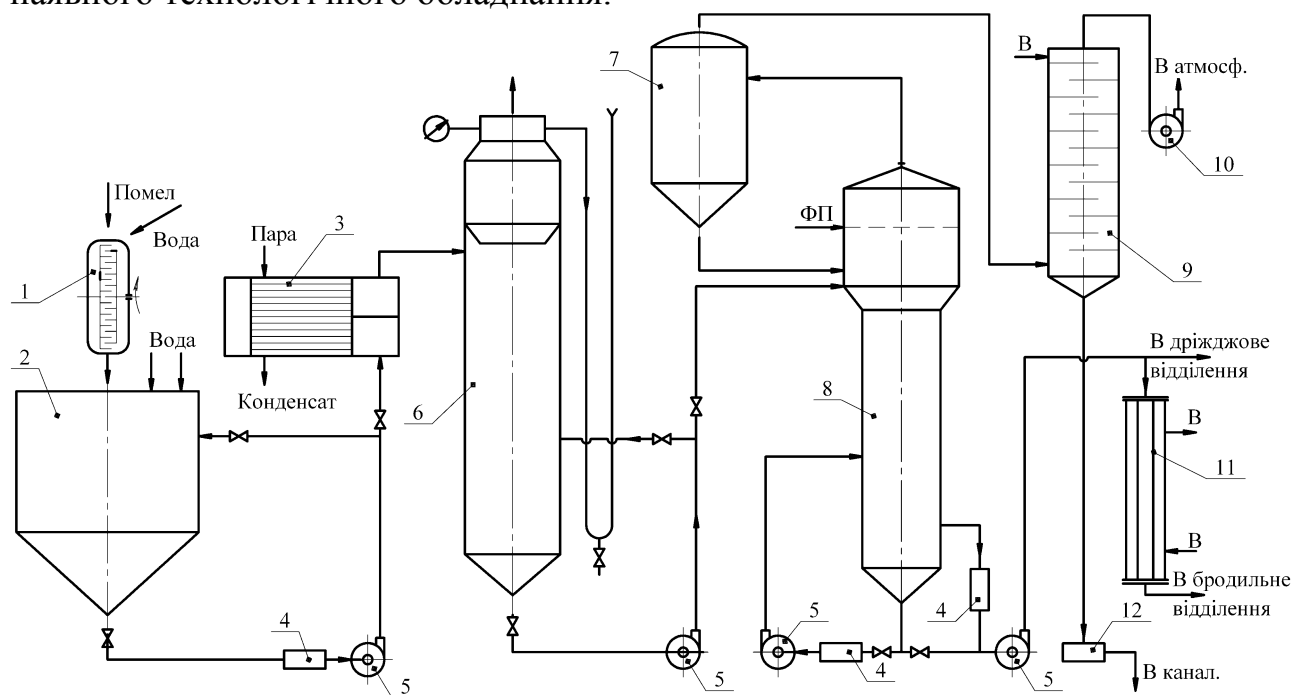


Рис. 8.1 Апаратурно-технологічна схема розварювання Сторонибаського спиртзаводу:

- 1 – дісmembратор; 2 – чанок замісу; 3 – теплообмінник; 4 – уловлювач; 5 – насос (РПА); 6 – розварник; 7 – уловлювач; 8 – вакуумвипарювач; 9 – конденсатор; 10 – вакуумнасос; 11 – теплообмінник; 12 – збірник барометричної води

Контрольні запитання:

1. Який зв'язок між часом і температурою розварювання?
2. Як залежить об'єм апарату для розварювання від часу і темпер. варки?
3. Конструкція розварника для низькотемпературної теплової обробки сировини.
4. Експлуатаційні характеристики розварника сучасної апаратурної схеми.
5. Яке обладнання старих Міроцької та Мічурінської схем розварювання може бути використане в сучасній схемі розварювання?
6. Конструкція контактної головки.
7. Апаратурно-технологічна схема розварювання Сторонибаського спиртзаводу.
8. Як забезпечити сталу температуру в розварнику?

ТЕМА 9. ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ СУМІЩЕНИХ ПРОЦЕСІВ ОХОЛОДЖЕННЯ І ОЦУКРЕННЯ

План

- 9.1. Основне технологічне обладнання вакуумоохолодження
- 9.2. Апарат для суміщених процесів охолодження і оцукрення
- 9.3. Охолоджувач оцукреної маси до температури бродіння

9.1. Основне технологічне обладнання вакуум охолодження

В класичній апаратурній схемі після розварювання слідує охолодження до температури оцукрення 58...60 °С і, власне, оцукрення з наступним охолодженням до температури 20...22 °С. Для цього в схемі були вакуумоохолоджувач, оцукрювач, теплообмінник «труба в трубі». Спільними зусиллями інституту спирту і Караванського спиртзаводу було розроблено і впроваджено суміщений спосіб вакуумоохолодження і оцукрення в одному апараті. Цей спосіб знайшов розповсюдження і на сьогодні більшість спиртових заводів його впровадили, маючи певний економічний ефект.

Охолодження розвареної маси від температури розварювання до 58...60 °С здійснюється в вакуумоцукрювачі-випарювачі. Сюди дозуючими насосами вводяться ферментні препарати. Для більш точного дозування практично встановлена доцільність розбавляти водою концентровані препарати.

9.2. Апарат для суміщених процесів охолодження і оцукрення

Вакуумоцукрювач представляє собою герметичну циліндричну посудину з конічним дном і сферичною кришкою. Об'єм оцукрювача вираховують з умови 20 хвилинної продуктивності заводу. Використовуючи зарубіжний досвід час оцукрення може бути збільшений до декількох годин з метою зменшення часу бродіння. Найважливішою задачею вакуумоцукрювача є досягнення ефективного змішування розвареної маси з оцукрюючими матеріалами. Для досягнення цього рекомендується декілька способів: потрібно, щоб час контакту цих двох рідин був максимальним, шлях руху – контакту повинен бути якомога довшим.

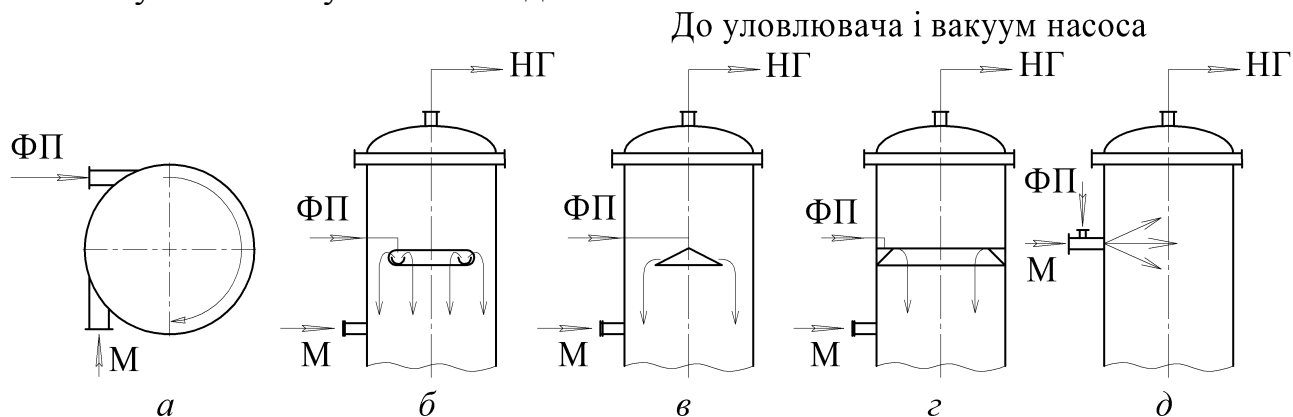


Рис. 9.1 Варіанти введення в оцукрювач ферментних матеріалів:
ФП – ферментні препарати; НГ – неконденсовані гази; М – розварена маса

В момент контакту двох рідин важливо, щоб ферментні матеріали були рівномірно розлиті по всій поверхні розвареної маси. Важливо також ввести ферменти, оптимум дії яких знаходиться в межах 50...60 °С, в зону з такою ж температурою в парову частину оцукрювача. Варіанти введення оцукрюючих матеріалів представлені на рис. 9.1.

Для інтенсифікації процесу перемішування можна використати різного роду мішалки. Однак ними скористатись не завжди вдається через можливі нещільності в з'єднаннях. Практика підтвердила ефективність гідродинамічного перемішування використовуючи відцентрові насоси (фекальні, вільновихрові) або роторно-пульсаційні апарати. Вільновихрові насоси нового покоління СВН можуть використовуватися взамін насосів типу НФ, Ф, СД, СОТ і інших, для гідротранспорту неочищених побутових стоків, в'язких рідин, суспензій з твердими, волокнистими включеннями.

Зниження тиску в апараті досягається найбільш ефективним способом, використовуючи конденсатор змішування. Досягнутий тиск підтримується водокільцевим вакуум-насосом.

Процес створення низького тиску проходить за рахунок конденсації водяних парів і зменшення їх в об'ємі. Так один кубічний метр водяних парів при тиску 0,075 МПа важить 0,47 кг. При конденсації його об'єм зменшується в 213 раз. Найчастіше в практиці використовують конденсатор змішування. Щоб зменшити кількість стічних вод, є пропозиція використовувати кожухотрубний конденсатор, здійснювати не безпосередній контакт пари і охолоджуючої води.

Конденсат пари, хоч і має деяку кількість крохмалю, не може бути використаний для приготування замісу при виробництві харчового спирту. Таке змішування може бути при виробництві технічного чи паливного етанолу.

Між конденсатором і вакуумнасосом влаштовують уловлювач – осушувач повітря.

9.3. Охолоджувач оцукреної маси до температури бродіння

Оцукрену масу охолоджують до температури бродіння. Так як маса малорухлива (густа і в'язка) теплообмінники підбираються з того розрахунку, щоб можна було б поверхню очистити. Найбільш поширеним для такої вимоги є теплообмінник «труба в трубі». Однак і він має суттєві недоліки; його велика металомісткість, трудомісткість при чистці забрудненої поверхні теплопередачі.

Набувають поширення спіральні теплообмінники китайського виробництва, вони успішно експлуатуються і мають менші недоліки в порівнянні з теплообмінниками «труба в трубі».

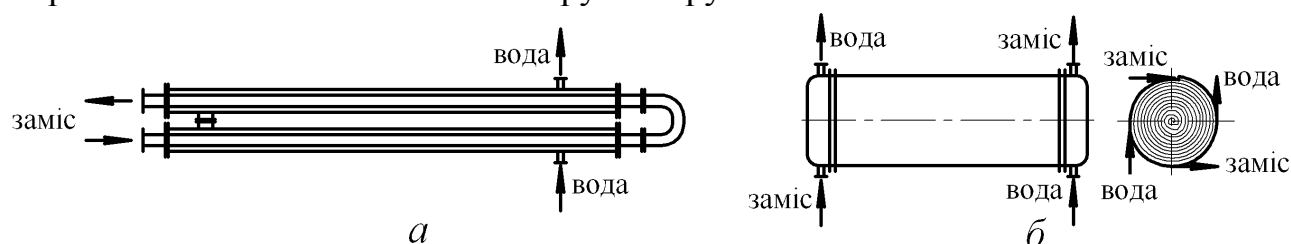


Рис. 9.2 Теплообмінники для охолодження оцукреної маси: а) типу «труба в трубі»; б) спіральний теплообмінник

Контрольні запитання:

- 1. Яку роль відіграє вакуум для охолодження?*
- 2. Конструкція конденсатора змішування.*
- 3. Які особливості конструкції вакуумвипарювача?*
- 4. Суміщений вакуум охолоджувач і оцукрювач.*
- 5. Які можливі способи змішування ферментних препаратів з розвареною масою?*
- 6. Чи може бути використаний роторно-пульсаційний апарат, вільно вихровий насос для перемішування?*
- 7. Конструкція теплообмінника «труба в трубі».*
- 8. Конструкція спірального теплообмінника.*

ТЕМА 10. АПАРАТУРА ДЛЯ ГЕНЕРАЦІЇ ВИРОБНИЧИХ ДРІЖДЖІВ ТА ЗБРОДЖУВАННЯ СУСЛА

План

- 10.1. Бродильні апарати, дріжджанки, конструктивні особливості
- 10.2. Уловлювачі спирту із газів бродіння

10.1. Бродильні апарати, дріжджанки, конструктивні особливості

Основним обладнанням бродильного відділення є бродильні та дріжджові апарати, спиртоуловлювач для уловлювання спирту з газів. Розварена, оцукрена і охолоджена до температури складки маса при переробці крохмальвмісної сировини відцентровими, плунжерними чи іншими типами насосів подається в дріжджовий і бродильний апарати. Конструктивно ці апарати представляють собою циліндричні посудини з конічним дном і кришкою (рис. 10.1, 10.2, 10.3). Апарати забезпечуються теплообмінниками, частіше це змієвиковий теплообмінник, влаштований всередині апарату. Ефект теплопередачі у такого теплообмінника найбільший. Однак конструктивно сам змієвик в циліндричній частині та кріплення його до стінок апарату створюють певні труднощі при монтажі і ремонті, а також при митті та очищенні його поверхонь від залишків сировини та дріжджів. Апарат має в кришці та в нижній частині циліндра лази для внутрішнього огляду, миття та очищення поверхонь.

Внутрішнє начиння бродильного (дріжджового) апарату затрудняє миття і очищення поверхні теплообміну і всієї поверхні.

Механічне миття бродильного (дріжджового) апарату може бути ефективним, якщо конструкція апарату не буде мати внутрішнього теплообмінника. Миюча головка (пристрій) різної конструкції може забезпечити ефективне змивання дріжджової піни, залишків сировини тільки тоді, коли відсутнє внутрішнє начиння.

Тепло, яке потрібно відділити від сусла, що бродить, визначають від реакції бродіння цукристих речовин.

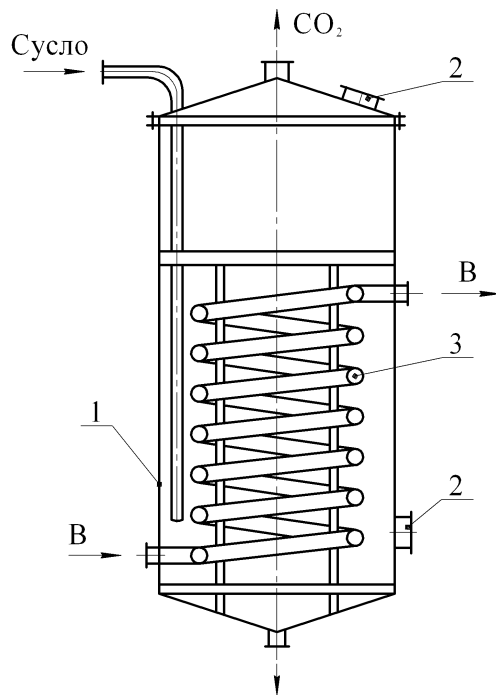


Рис. 10.1 Бродильний апарат із змієвиком:
1 – стінка апарату; 2 – лаз (люк); 3 – змієвик



Поверхня теплообміну може бути сконструйованою по всій поверхні апарату. Така теплообмінна «сорочка» повинна мати спіральну по ходу руху води направляючу. Теплообмінна вода в цьому випадку повинна бути чистою. Забруднену поверхню теплообміну важче очистити.

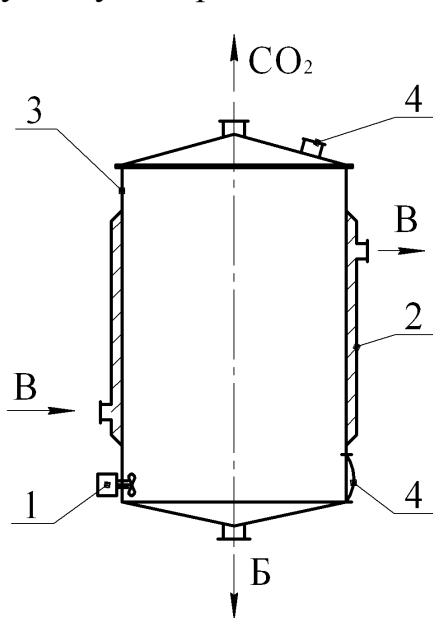


Рис. 10.2 Бродильний апарат з охолоджуючою «сорочкою»:
1 – міксер; 2 – «сорочка»; 3 – стінка апарату; 4 – лаз (люк)

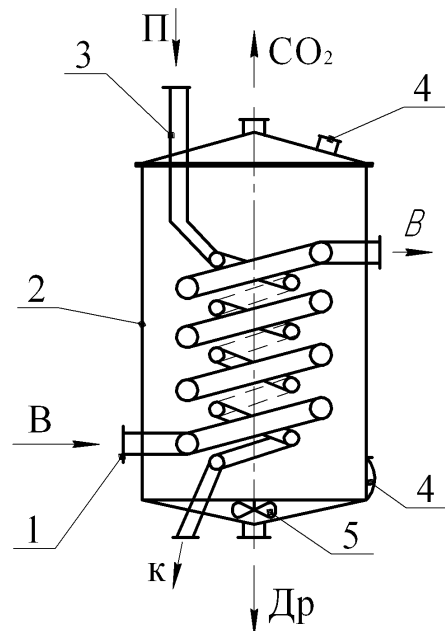


Рис. 10.3 Дріжджанка:
1 – змієвик водяний; 2 – стінка апарату; 3 – змієвик паровий; 4 – лаз (люк); 5 – мішалка

Для інтенсифікації теплообміну в нижній частині апарату влаштовують бокову мішалку, або організують гідродинамічне перемішування відцентровим

насосом чи роторно-пульсаційним апаратом. Перемішування можна здійснити подаючи через барботер діоксид вуглецю, причому вихідні отвори для газу (діаметром 6...8 мм) повинні бути направлені вниз під кутом для обертового руху бражки (дріжджів). Така пропозиція рекомендована у виробництві спирту і хлібопекарських дріжджів для одержання більшого виходу дріжджів і підвищення їх якості.

Геометричні розміри апарату для бродіння і їх кількість визначаються продуктивністю заводу та способами бродіння: періодичним, безперервно-поточним чи циклічним. Дріжджанки мають два змійовика: для охолодження водою і для нагрівання (стерилізації) суслу котельною парою. Об'єм дріжджанок при періодичному способі зброджування складає 6...8 % від об'єму бродильного апарату. Поверхня змійовика для води приймається з розрахунку 2 м^2 на 1 м^3 корисного об'єму, а парового змійовика - $0,8 \text{ м}^2$ на 1 м^3 корисного об'єму дріжджанок.

Матеріалом для виготовлення обладнання бродильного відділення є листовая сталь, проста конструктивна Ст.3, або нержавіюча.

10.2. Уловлювачі спирту із газів бродіння

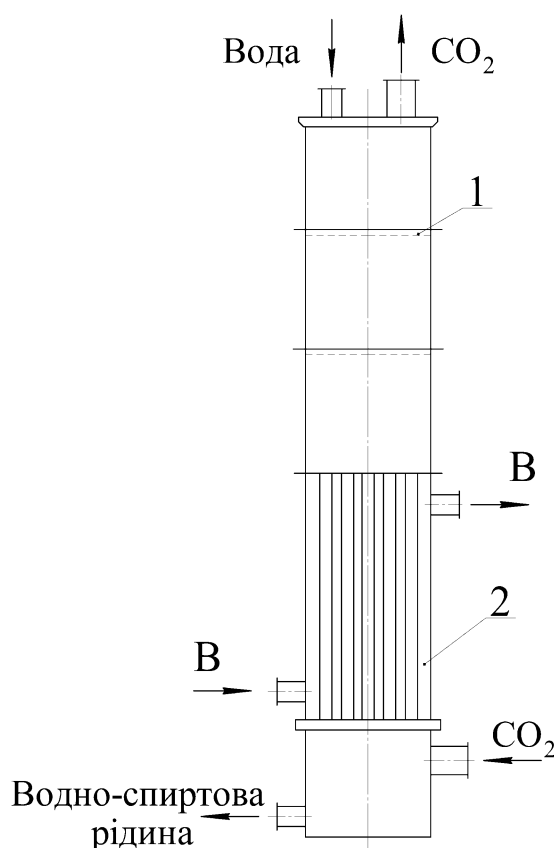


Рис. 10.4 Спиртоуловлювач:

1 – простір для крапельного контакту; 2 – трубчатий теплообмінник

Для розведення дріжджів з пробірки і доведення їх до виробничого стану користуються установкою для чистої культури, яка складається з колби, маточника, малої та великої посудин, фільтра для повітря. Посудини мають циліндричну форму, обладнані змієвиками, термометрами, оглядовими вікнами, штуцерами для підводу суслу, повітря, води.

Перенесена з пробірки культура дріжджів переводиться в колбу, де є стерильне сусло, після цього розмножена культура переводиться в маточник, далі – в посудини, в яких розмножуються до кількості, потрібної для вирощування в дріжджанці.

Як і в колбі, в маточнику живильним середовищем в малій і великій посудині є стерильне сусло.

Контрольні запитання:

- 1. Що уявляє собою апарат чистої культури?*
- 2. Конструкція дріжджанки, поверхня теплообміну.*
- 3. Дріжджегенератор при виробництві спирту з м'яси.*
- 4. Яка конструкція бродильного апарату?*
- 5. Недоліки при експлуатації дріжджанок, дріжджегенераторів, бродильних апаратів.*
- 6. Конструктивні особливості охолодження сусла.*
- 7. Яка конструкція миючих головок в бродильних апаратах?*
- 8. Конструкція спиртоуловлювача з газів бродіння.*
- 9. Яким чином можна інтенсифікувати бродіння?*

ТЕМА 11. ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВИДАЛЕННЯ СПИРТУ З БРАЖКИ І РЕКТИФІКАЦІЇ

План

- 11.1. Колонний апарат, контактні пристрої, теплообмінники
- 11.2. Бражна колона, підігрівачі бражки, конденсатори

11.1. Колонний апарат, контактні пристрої, теплообмінники

Ректифікація – процес розділення багатокомпонентних рідких сумішей, розчинів на компоненти або групи компонентів-фракції шляхом тепло- і масообміну між рідинною і паровою фазами.

З цього визначення апаратурне оформлення передбачає використання пристроїв для контакту рідинної і парової фаз, для утворення парової фази, її конденсації.

Колона – апарат, де здійснюється перегонка, ректифікація, вміщує пристрої (тарілки) для контакту парової і рідинної фаз.

Для створення парового потоку в колоні у її нижню частину вводиться відповідна кількість теплоти багатосекційним впуском гріючої пари (відкрите обігрівання колони) або подачею її в спеціальний теплообмінник – випарник, через поверхню передачі якого теплота передається кубовому залишку (закритий обігрів колони).

Ректифікаційні колони можуть бути повними і неповними.

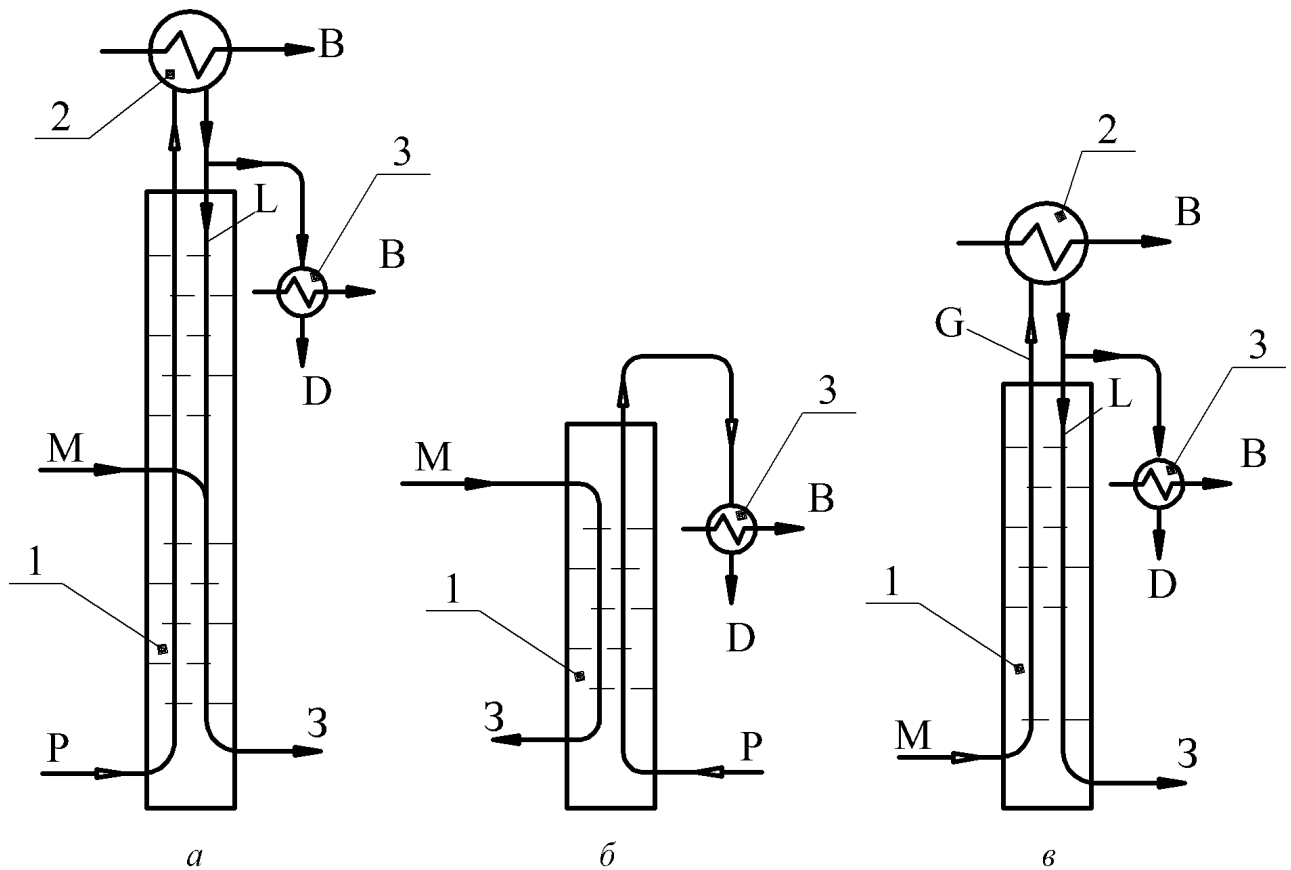


Рис. 11.1 Схеми ректифікаційних колон:
a – повна; *б* – виварна (відгінна); *в* – концентраційна

Повна колона складається з відгінної (виварної) та концентраційної, неповна колона має тільки відгінну (виварну) або одну концентраційну частину (рис. 11.1). Живлення у неповну виварну (відгінну) колону подається на її верхню тарілку, в неповну концентраційну – під нижню у пароподібному вигляді.

Дистилят відбирається після часткової або повної конденсації парів. У повній колоні створюється можливість для одержання практично у чистому вигляді обох компонентів при розділенні бінарної (двохкомпонентної) суміші. У неповній виварній (відгінній) колоні з нижньої частини виводиться практично чистий важкокиплячий компонент, а з верхньої – пара, збагачена легколетким компонентом. З верхньої частини концентраційної колони виводиться практично чистий легколеткий компонент, а з нижньої частини – залишок – важколеткий компонент.

Колони ректифікаційних установок в залежності від внутрішніх пристроїв ділять на тарілчаті, насадні, ротаційні.

Контактні пристрої ректифікаційних колон

Робочим органом колони є контактний пристрій, з допомогою якого здійснюється масо- і теплообмін між паром і рідиною. Процес масообміну проходить за рахунок дифузії і визначальною його характеристикою є площа поверхні контакту фаз F , m^2 , а середньою рушійною силою процесу є різниця концентрацій ΔC , kg/kg . Коефіцієнт масопередачі, віднесений до $1 m^2$ поверхні

контакту фаз K , $\text{кг/м}^2 \times \text{с}$. Коефіцієнт масопередачі залежить від природи речовини і гідродинамічного режиму контакту фаз.

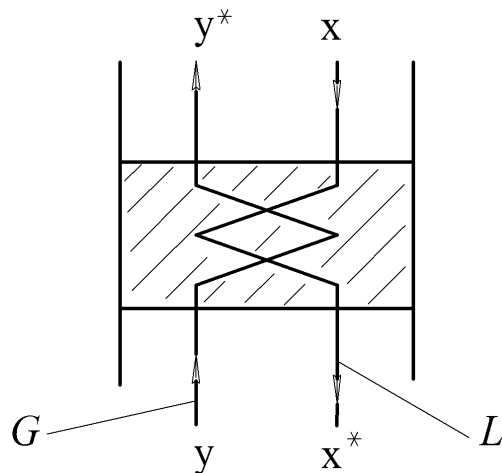


Рис. 11.2 Схема потоків на теоретичній тарілці:
 y^* , x^* – рівноважні концентрації пари і рідини;
 y , x – робочі концентрації

Контактні пристрої іменують тарілками. Тарілчаті колони найчастіше використовуються при ректифікації етилового спирту. Конструкції тарілок передбачають найбільш інтенсивний масообмін між рідиною і паром. Відомі конструкції ділять на тарілки з переливними пристроями та на тарілки без переливних пристроїв – провального типу. Переливні пристрої представляють собою труби різної форми, перетин яких від круглої до прямокутного, іншої форми. Рідина, що стікає по тарілках, має направлений рух, від переливного до переливного пристрою, тоді як на тарілках без переливних пристроїв рідинний потік стікає вниз по колоні через отвори назустріч паровому потоку. На фізичній тарілці, де знаходиться рідина, пара барботує через неї, здійснюється масо- і теплообмін. Конденсат пари збільшує об'єм рідини на тарілці і вона через переливні пристрої або через живий перетин тарілки стікає вниз на нижче розміщені тарілки.

Тарілки ділять на провальні без переливних пристроїв та з переливними пристроями («стаканами»). Провальні тарілки, що використовуються в ректифікаційних колонах, мають «живий перетин» 8...16 %, і тільки в тарілках з «живим перетином» більше 12 % можуть бути відсутні переливні пристрої, рідина з тарілки на нижче розміщену тарілку переливається через отвори, через які проходить парова фаза.

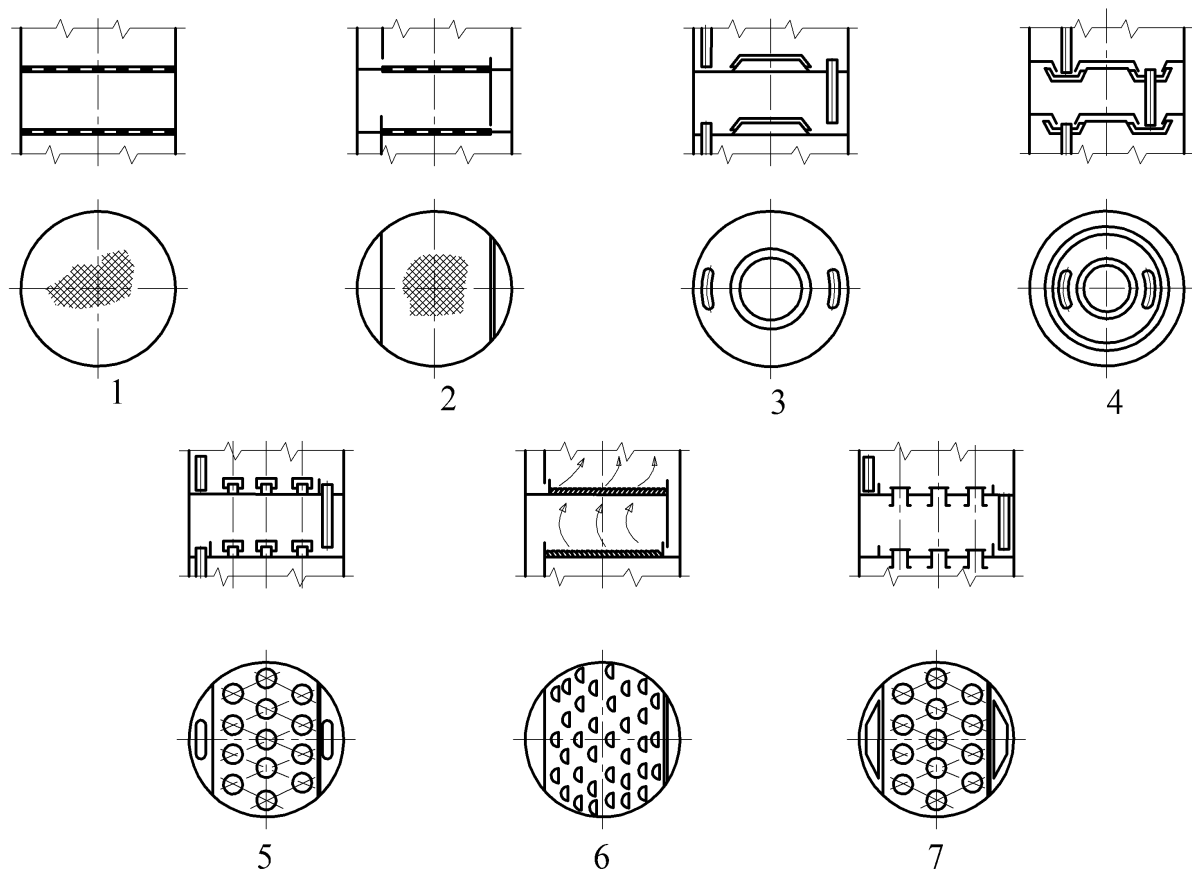


Рис. 11.3 Типи тарілок:

1 – ґратчаста, решітчата, сітчаста; 2 – ситчата; 3 – одноковпачкова одинарного кип'ятіння; 4 – одноковпачкова подвійної виварки; 5 – багатоковпачкова; 6 – лускоподібна; 7 – клапанна

В обладнанні для ректифікації спирту в Україні використовуються ситчаті, одноковпачкові одинарні та подвійної виварки тарілки в бражних колонах, багатоковпачкові, клапанні – в епюраційних, спиртових і інших.

Інколи конструкцію тарілки в колонах замінюють наповнювачами різної форми: різними кільцями, кулями, сітками, спіралями, блоками, пакетами, пластинами, іншим. Пара і рідина контактують на поверхні наповнювача рухаючись протитоками. В таких колонах обмежена швидкість руху фаз, можливе «захливання» колони – коли рідина утримується парою і не стікає вниз.

Відомі і ротаційні апарати, в яких рідина під дією відцентрової сили розпиляється в потоці пари, за рахунок чого здійснюється контакт її з парою.

В типових колонах брагоректифікаційної установки відстань між тарілками визначена від мінімальної в 170 мм до 500 мм. В бражних колонах, де бражка має і білки і розчинені в рідині газу і інші піноутворюючі речовини між тарілками відстань максимальна, частіше 500 мм чи 280 мм. В колонах, де ректифікуються чисті суміші, відстань між тарілками дорівнює 170 мм.

11.2. Бражна колона, підігрівачі бражки, конденсатори

У технологічних схемах брагоректифікації при виробництві харчового ректифікованого спирту використовується як основні три колони, іменовані за призначенням:

- бражна – здебільшого неповна виварна колона. Інколи може бути і повною, що має і виварну і концентраційну колони. Колона названа від «бражки» - суміші, яку переганяють на спирт-сирець і барду(воду). Бражка має зважені речовини, представляє собою суспензію; в рідинній суміші є залишки сировини: зерна, коренеплодів, фруктів, меляси. Доля рідинного потоку по колоні значна, біля 75...85 % об'єму бражки, стікає по тарілках вниз в кубову частину колони. От чому конструкція тарілок повинна забезпечити потік рідини з тарілки на тарілку. Тарілка повинна мати «живий перетин» для рідини доволі значний. Найпоширенішими тарілками в бражній колоні є тарілки провального типу, решітчаті, сітчасті, ситчасті, часто з переливними стаканами.

- епюраційна – повна ректифікаційна колона, призначена для виварювання і концентрування головних домішок. В колоні розділяються чисті водно-спиртові суміші при високих флегмових числах. Колона забезпечується багатоковпачковими, клапанними, інколи провальними тарілками.

- спиртова – повна ректифікаційна колона, призначена для виварювання (відділення спирту від води), концентрування його до певної міцності, а також концентрування проміжних домішок і виводу їх у вигляді готового продукту – сивушного масла. Спиртова колона забезпечує вивід решток головних домішок з непастеризованим спиртом. При виробництві харчового спирту названі три колони об'єднуються в апаратурно-технологічну схему. Ці колони вважають обов'язковими. В схемі можуть бути і додаткові колони: сивушна, нульова, розгінна, колона кінцевого очищення. Додаткові колони найчастіше включаються в схему ректифікації в установках продуктивністю більше 3 тис. дал спирту за добу.

При виробництві технічного та паливного спирту число колон може бути обмежено двома. Вимоги до цих продуктів не настільки жорсткі, так як в деяких хімічних виробництвах можуть бути допущені фракції етилового спирту із супутніми органічними домішками, утвореними в технології. Особливо це може бути допущено при виробництві паливного етанолу.

Число тарілок в колонах визначається умовами ректифікації та кінцевими результатами процесу.

В типових колонах прийняте число тарілок: в бражній колоні 18...25 тарілок провального типу, всі представляють виварну частину колони, в епюраційній – 39-40 найчастіше багатоковпачкових, рідше клапанних, чи провального типу тарілок з переливними пристроями, з них 20, 28, 36 тарілок в виварній частині, в спиртовій – 66-71 тарілка багатоковпачкового чи клапанного типу. Як правило, в спиртових колонах 16...18 тарілок в виварній частині. Всі тарілки – з переливними пристроями.

Додаткові колони мають число тарілок таке, що визначає колону по висоті для вписування в діюче приміщення. Найчастіше колони кінцевого очищення має 40 багатоковпачкових чи клапанних тарілок (20 з них у виварній частині колони) сивушна колона має 56 тарілок (16 виварних), розгінна 40 тарілок (20 виварних), нульова 18...24 тарілки (усі виварні).

В бражній колоні, де здійснюється перегонка забруднених бражок (рідин суспензійного типу з залишками сировини і дріжджів) тарілки для чистки і ремонту забезпечуються регардами.

Вся колонна апаратура для зручності монтажу (демонтажу, ремонту) складається з царг (частин колон), в яких може бути вмонтована одна, дві, чотири, вісім, десять чи дванадцять тарілок, за кресленням заводу-виготовлювача. Нижня (кубова частина колон) найчастіше має одну тарілку, забезпечена пристроями для вводу гріючої пари (барботером) та комунікаційними штуцерами для підключення колони до кип'ятильника, люком чи лазом для огляду внутрішнього стану царги.

Царги монтуються у відповідності зі збірними кресленнями фланцевими з'єднаннями. Прокладками у фланцевих з'єднаннях бражної колони рекомендовані паранітові, в інших колонах – картонні прокладки. Верхня царга кожної колони має сепараційний простір між верхньою тарілкою і кришкою для виходу парової фази в дефлегматор. Для температурного контролю процесу в контрольних точках влаштовуються гільзи для термометрів: дистанційного і скляного, для контролю за тиском в нижній і верхній частинах колон влаштовують штуцери для гідравлічних манометрів, вони ж служать і для вакуумпереривачів – запобіжників від низького і високого тисків.

При конструюванні колон важливим елементом є відстань між тарілками. Цей показник визначається умовами процесу та якістю сировини (бражки, чи іншої суміші, що розділяється ректифікацією). Відстань між тарілками визначається властивостями суміші, що переганяється (здатність утворювати при кипінні піну), а також швидкістю руху пари по колоні. Відстані між тарілками повинна забезпечити мінімальний винос рідини з тарілки на тарілку за рахунок бризок, піни. Конструкція контактних пристроїв така, щоб міняти напрям руху пари, як у лускатних тарілок, для сепарації пари, що піднімається по колоні.

Теплообмінна апаратура

Якщо колонна апаратура виконує при ректифікації масообмінні та теплообмінні функції між рідиною і парою, то теплообмінна призначена в основному для теплообміну між парою (рідиною) і тепло- (холодоносієм). При ректифікації використовується теплообмінники за призначенням: підігрівачі, конденсатори, кип'ятильники, холодильники, спиртоуловлювачі.

Умовою для ефективної роботи колони є подача живлення (суміші для розділення) при температурі, що дорівнює температурі на тарілці живлення. Тому бражку перед подачею на перегонку потрібно підігріти до температури кипіння. Для цього використовують теплообмінники – підігрівачі бражки теплом водно-спиртових парів з колони або теплом барди чи гріючої пари з котельної. Підігрівач бражки – це типове обладнання, кожухотрубний багатоходовий теплообмінник. В таких теплообмінниках в міжтрубній частині проходить водно – спиртова пара чи інший теплоносій, в трубній – бражка. Враховуючи, що бражка – забруднена рідина – (суспензія) трубна частина теплообмінника виконується із труб діаметром 45 мм (для мелясних) і 80 мм (для зернових бражок). Часто конструкція теплообмінника виконується багатоходовою, в ходу може бути 6...8 труб, що визиває зменшення швидкості руху бражки в трубах і випаданню в осад дріжджів, частин сировини,

забрудненню поверхні теплопередачі. Чистку теплообмінних труб здійснюють механічним, хімічним шляхом. Зміну швидкості рідини в трубах здійснюють зміною перетину труб в ході, їх кількості. Трубу решітку у відповідності замінюють.

Підігріти бражку можна з допомогою тепла барди. Однак барда і бражка – дві забруднені для теплообміну рідини, які в міжтрубний простір теплообмінника не варто подавати, бо ця частина недоступна для чистки.

Призначення конденсаторів брагоректифікаційних установок – забезпечити конденсацію водно-спиртових парів. Дефлегматори технологічно забезпечують конденсацію водно-спиртових парів та зрошення конденсатом цих парів верхньої частини колони. Найчастіше такий теплообмінник представляється кожухотрубним вертикальним чи горизонтально поставленим. Теплообмінник приймає для конденсації в міжтрубному просторі пари, а трубна частина – охолоджуючий агент. Горизонтально установлений кожухотрубний теплообмінник має переваги, бо його можна зробити багатоходовим з максимальним використанням площі поверхні теплопередачі, тоді як вертикально установлений при багатоходовому конструюванні має повітряні «мішки», які погіршують експлуатаційні характеристики обладнання (коли охолоджуючий агент рідина). Діаметр труб для чистої охолоджуючої рідини 25...38 мм, забрудненої (бражки) – 50...80 мм. Швидкість руху рідини в трубах теплообмінника дорівнює 0,5...1,5 м/с.

Конструкція дефлегматорів може бути іншою: пластинчата, спіральна, «труба в трубі»; охолоджуючим агентом може бути вода (інша рідина), газ (повітря). Коли охолоджуючим агентом використовують повітря, поверхню теплообмінника розвивають шляхом оребрення теплообмінних труб по типу повітряних калориферів.

Технологічну розрахункову площу поверхні теплопередачі дефлегматора ділять умовно на основну, що складає практично до 95 % розрахункової площі, та на дефлегматор-конденсатор з площею поверхні теплопередачі біля 5...10 %. Таке співвідношення площ поверхонь має логічне підтвердження. Дефлегматор-конденсатор виконується найчастіше вертикально, інколи монтаж здійснюється і горизонтально. Поверхня теплопередачі такого теплообмінника виконує резервну роль при зміні тиску в колоні від зміни живлення, гріючої пари, тощо. Завдяки парціальній конденсації в конденсаторі концентруються рештки головних домішок, погони з них частіше відводять для повторної переробки або у вигляді головної фракції виводиться з циклу ректифікації.

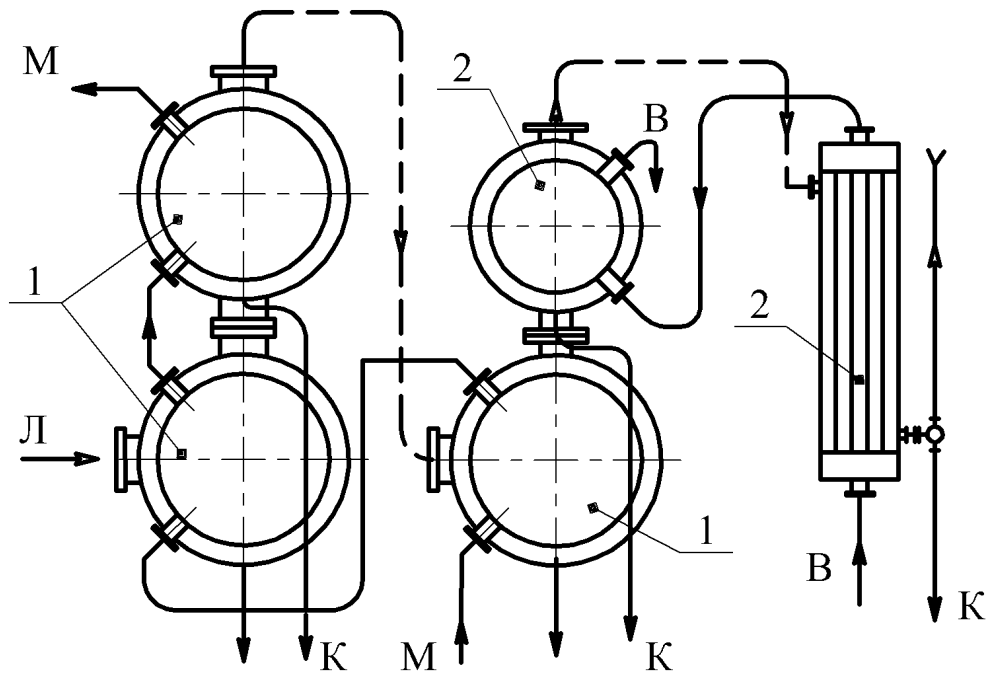


Рис. 11.4 Схема підключення дефлегматора і конденсатора до колони:
1 – дефлегматор; 2 – конденсатор

Для охолодження продуктів ректифікації використовують змієвикові, кожухотрубні, комбіновані холодильники, теплообмінники, де продукти охолоджуються до температури обліку $+20^{\circ}\text{C}$. Охолоджуючим агентом є вода з артезіанської свердловини, ставка, річки, озера.

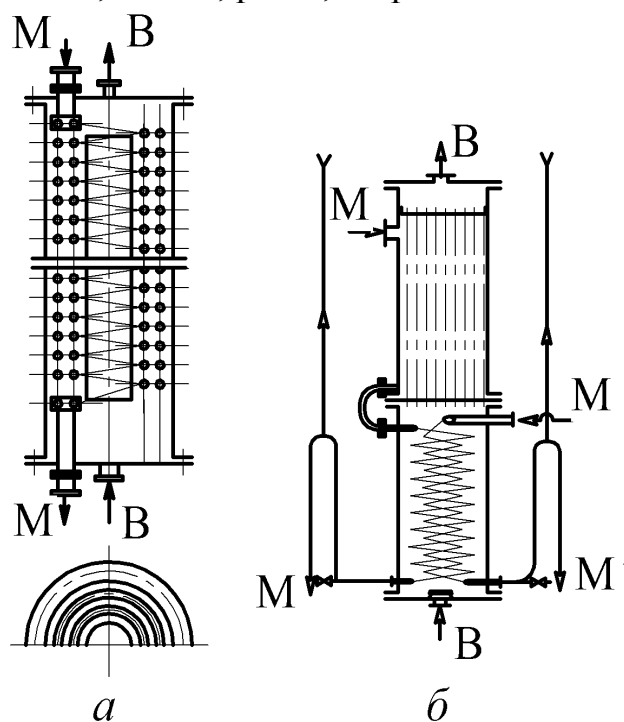


Рис. 11.5 Холодильники:
a – змієвиковий; *б* – комбінований

Спирт, інші продукти ректифікації рухаються зверху вниз по трубах, охолоджуюча вода – в міжтрубному просторі – знизу вверх.

Матеріалом для виготовлення холодильників служить мідь, бронза або нержавіюча сталь.

Обігрів колон можна здійснювати безпосереднім вводом гріючої пари під нижню тарілку або через поверхню теплообмінника. В практиці ці способи обігріву називають: відкритий – безпосередній ввід пари в колону через барботер, закритий – через поверхню теплопередачі. Відкритий спосіб обігріву – простий, малометаломісткий. Однак має цілий ряд недоліків: тепловтрати з конденсатом гріючої пари, збільшена кількість відходів – барди і лютерної води, можливі забруднення харчового етилового спирту продуктами розпаду органічних речовин, що вносять з водою, і не дають широкого поширення цьому способу.

Сучасний напрямок технічного прогресу в галузі зводиться до впровадження заходів щодо економії паливно-енергетичних ресурсів у всіх технологічних процесах і закритий обігрів колон ректифікаційної установки є першочерговим заходом в цьому напрямку.

Теплотехнічна доцільність використання закритого обігріву зумовлюється можливістю повторного використання конденсату гріючої пари. При закритому обігріві зменшується на 20 % об'єм барди і на 50...60 % лютерної води. Цей спосіб є особливо важливим при подальшій утилізації барди і лютерної води.

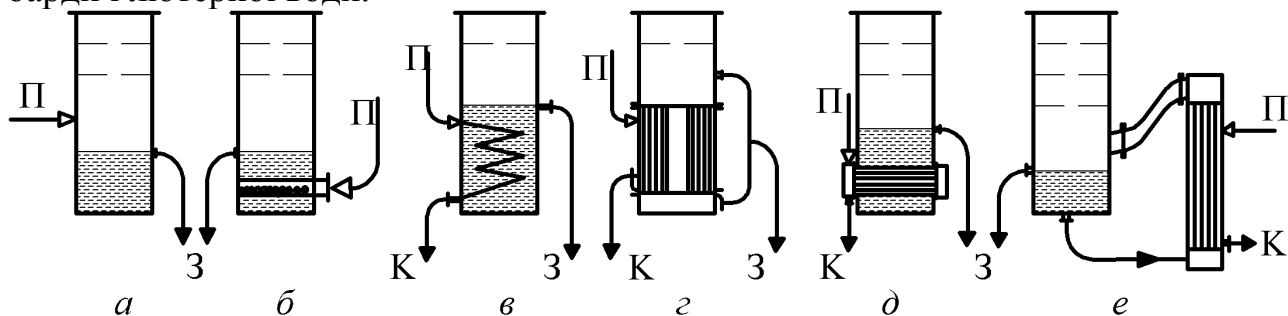


Рис. 11.6 Способи підводу тепла в колони:
 П – гріюча пара; З – залишок; К – конденсат

Однак, закритий обігрів колони використовується тільки тоді, коли переганяються чисті суміші. Труднощі виникають при обігріві бражних колон, що пов'язані з відкладенням на поверхні теплопередачі залишків сировини і дріжджів у вигляді накипу.

Відкладення – накип потребують періодичної чистки і найчастіше механічної, що пов'язано з великими трудозатратами. Обігрів бражних колон може бути організованим закритим способом з використанням лютерної води як носія тепла. На рис. 11.7 зображений спосіб обігріву бражної колони лютерною водою.

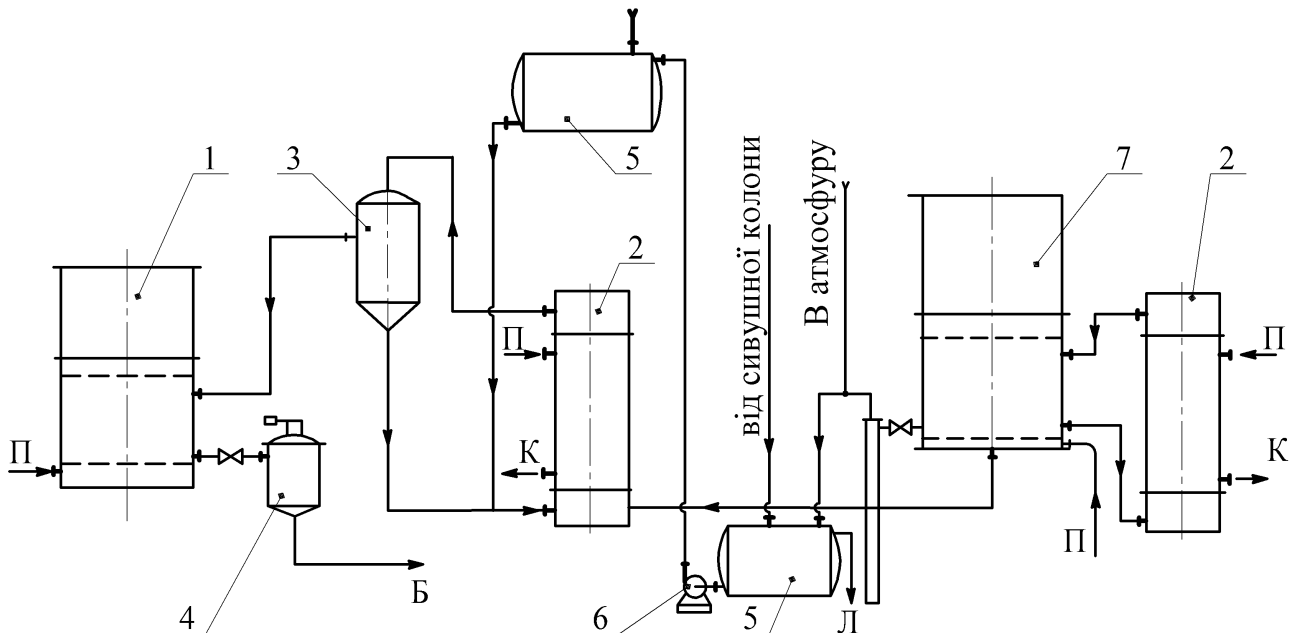


Рис. 11.7 Обігрів бражної колони лютерною водою: 2 – кип'ятильник; 3 – сепаратор пари; 4 – бардорегулятор; 5 – збірник лютерної води; 6 – насос. Колони: 1 – бражна; 7 – спиртова.

Потоки: П – гріюча пара; К – конденсат; Б – барда; Л – лютерна вода

Спосіб може бути використаним з метою зменшення витрат ПЕР та покращення якості ректифікованого харчового спирту і не бажаний, коли барду сушать.

Всі деталі, що контактують з кубовою рідиною, виготовляють з міді або нержавіючої сталі.

У випадку, коли варто організувати закритий обігрів усіх колон при низькій якості води, з якої готують гріючу пару, можна в приміщенні ректифікації установити загальний генератор пари.

В зв'язку з тим, що посібник призначений для фахівців-експлуатаційників, інформацію про розрахунки основного і допоміжного обладнання можна одержати зі списку літератури для вивчення.

Контрольні запитання:

1. Процеси перегонки, ректифікації, конденсації, дефлегмації. Визначення.
2. Відомі вам контактні пристрої в колоні.
3. Конструкції колон: повна, відгінна, концентраційна.
4. Які конструкції теплообмінників використовуються при ректифікації?
5. Поняття теоретичної і практичної (реальної) тарілки.
6. Як обігрівають колони? Конструкція барботера.
7. Чим можна замінити тарілки в колонах?
8. Брагоректифікаційна установка, що це?
9. Які за призначенням можуть бути колони?
10. Особливості установок для технічного і паливного етанолу.
11. Конструкція холодильника для спирту, інших спиртовмісних фракцій.
12. Способи обігріву колон: відкритий, закритий обігрів.

ТЕМА 12. АПАРАТИ ДЛЯ ОБЛІКУ СПИРТОПРОДУКТІВ

План

12.1. Обладнання для оперативного обліку спиртопродуктів

12.2. Спиртоприймальне, спиртовідпускне обладнання

12.1. Обладнання для оперативного обліку спиртопродуктів

Для обліку спирту і алкогольвмісних продуктів після ректифікації для їх оперативного контролю використовують спиртооблікові контрольні снаряди. Це автоматично діючі прилади, що заміряють об'єми спиртопродуктів та об'ємну кількість безводного алкоголю, що знаходиться в цих рідинах. На спиртзаводах обліковують спирт ректифікований харчовий (технічний, паливний) головну фракцію. Лічильник у складі приладу здійснює облік продукції в декалітрах (літрах) за зростаючою сумою.

У виробництві користуються снарядами типу КС-35, КС-35М, КС-70, ВКА-200. КС-35 найпоширеніший на заводах малої продуктивності, здатний пропускати через себе до 35 дал/год спиртоводною рідини міцністю 70...100 % об. КС-35М проводить облік при +20 °С. Система обліку спирту контрольними снарядами нараховує майже століття, однак має ряд недоліків: неоднакові похибки обліку, періодичний нагляд і тарування, що є відповідальним трудомістким процесом.

Виготовленням спиртооблікових приладів, їх ремонтом і наладкою займається Таллінський приладобудівний завод (Естонія).

Зараз перед галуззю поставлена задача осучаснити облік, маючи передовий досвід зарубіжних і вітчизняних підприємств, що контролюють рідинні потоки. Застосування електронних витратомірів для обліку спиртовмісних рідин на деяких спиртових заводах України засвідчують можливість їх використання. За даними фірм-виробників електронних витратомірів похибка при обліку не перевищує $\pm 0,2$ %, що відповідає за точністю 1 класу мірника. Тарування, повірку системи обліку здійснює Держспоживстандарт 1 раз на рік. Вперше систему електронного спирту впровадили Довжоцький і Марилівський спиртзаводи.

Електронний метод передбачає послідовне вимірювання фактичного об'єму спирту, його середньої температури, визначення об'ємної частки етилового спирту в середній пробі, приведення її до температури +20 °С та підрахунок кількості безводного спирту за температури +20 °С з використанням довідкових табличних даних.

Безпосередньо в потоці автоматичним витратоміром фіксуються всі названі величини з похибкою не більше $\pm 0,2$ %. Результати вимірювання в електронному виді можуть передаватись в декілька адрес і зберігатись в пам'яті приладу протягом трьох років.

12.2. Спиртоприймальне, спиртовідпускне обладнання

Спирт зі зливного відділення поступає на зберігання в спиртосховище через мірники. Ними ж здійснюється і відпуск продукту споживачам. Для кожного виду спиртопродукту установлюються два конічних (циліндричних)

мірника великого об'єму 250 дал, 1100 дал та одного вертикального, малого об'єму 75...100 дал мірника.

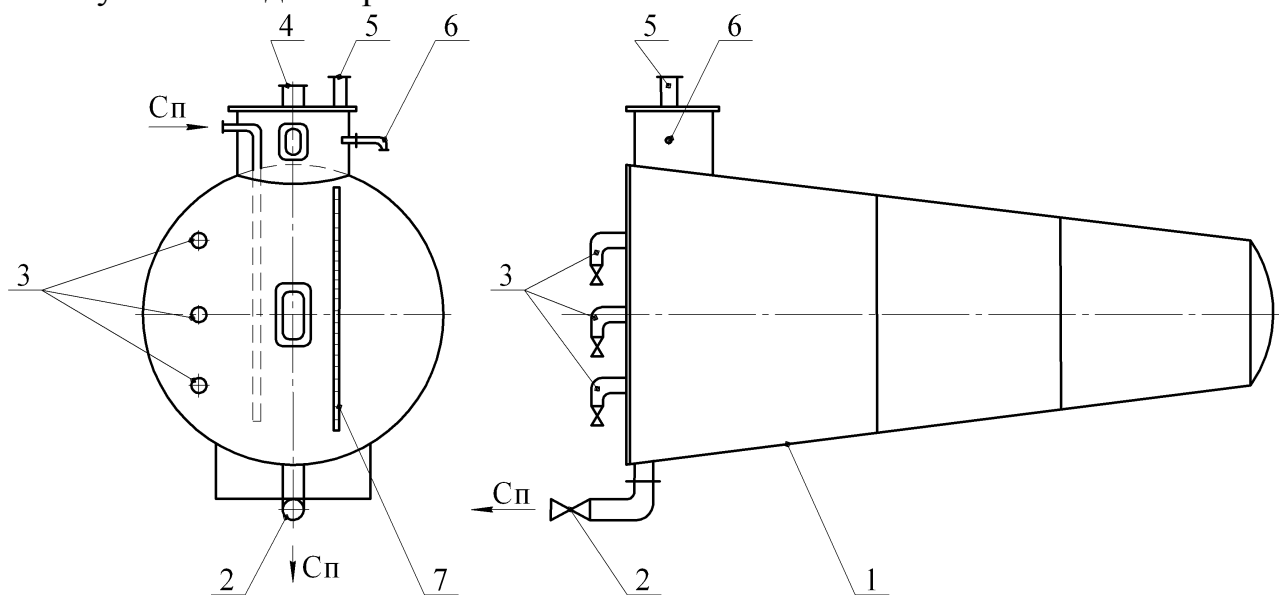


Рис. 12.1 Мірник для спирту ємністю 250 дал, 1100 дал:

1 – корпус; 2 – кран; 3 – пробовідбірні краники; 4 – ілюмінатор; 5 – штуцер для з'єднання з атмосферою; 6 – переливна труба; 7 – мірне скло зі шкалою

На трубі наповнення в верхній її колінній частині роблять отвір $\varnothing 8...10$ мм, який запобігає явищу сифона.

Конічна форма мірника забезпечує повне стікання спирту, однак форма мірника може бути і циліндричною, в цьому випадку монтаж його здійснюється з нахилом осі циліндра для стікання спирту в сторону спускного крану.

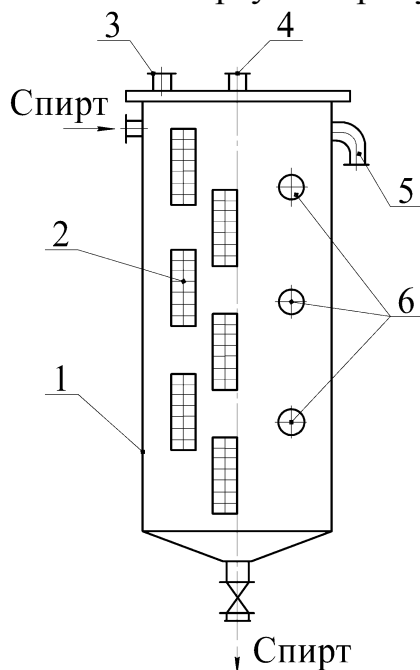


Рис. 12.2 Мірник для спирту ємністю 75...100 дал:

1 – корпус; 2 – мірне скло-шкала; 3 – ілюмінатор; 4 – штуцер для з'єднання з атмосферою; 5 – переливна труба; 6 – пробовідбірні краники

Спиртопродукти ректифікації зберігаються в циліндричних сталевих ємностях різного об'єму. Резервуари можуть бути зварені або клепані і

змонтовані в закритих приміщеннях або на відкритих площадках. Матеріалом для виготовлення резервуарів служить Ст.3. Ємкості забезпечуються верхнім і нижнім люками, дихальними клапанами, вогневими запобіжниками.

Контрольні запитання:

- 1. Що таке контрольний снаряд? Які функції він здійснює?*
- 2. Конструкція мірника для приймання і відпуску спиртопродуктів.*
- 3. Експлуатаційні вимоги до мірників.*
- 4. Обладнання для приймання і відпуску спиртопродуктів.*
- 5. Обладнання для приготування денатурованого технічного спирту.*
- 6. Техніка безпеки, протипожежна техніка при зберіганні, транспортуванні спирту.*

Рекомендована до вивчення література:

1. Програма розвитку спиртової галузі на 2007-2011 роки.-Київ, концерн «Укрспирт», затв. МінАПК, №738, 16.10.2007.
2. Про утворення Державного підприємства спиртової та лікєро-горілочної промисловості.-К.:Пост. Каб. Міністрів України, №672, 28.07.2010.
3. Бачурин П.Я., Устинников Б.А. Оборудование для производства спирта и спиртпродуктов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 343 с.
4. До визначення геометричних розмірів апаратів для гідродинамічної ферментативної обробки сировини у виробництві спирту (Д.В. Лабунець, О.П.Осипенко, В.М.Таран, В.І.Баранов//Тези доповіді на Міжнародній наук. практ. конф. НУХТ 27-28.09.10.
5. Зотов В.П., Коблов А.Б., Сидоркин В.Ю. Ремонт оборудования спиртовых заводов. Справочник. – М. Агропромиздат, 1988. – 288 с.
6. Интенсификация процессов и защита оборудования пищевых производств / Г.П. Тищенко, М.Д. Хоменко, В.Ю. Сухенко и др. // Под ред. Сухенко Ю.Г. – К.: ТОВ Фирма «Дія», 2006. – 224 с.
7. Кретов Т.Ю., Антипов С.Т., Шахов С.В. Инженерные расчеты технологического оборудования предприятий бродильной промышленности. – М.: Изд-во «Колос», 2004. – 391 с.
8. Машины и аппараты пищевых производств. В двух книгах под ред. Панфилова В.А. – М.: Высшая школа, 2001. – 1383 с.
9. Машины и оборудование пищевой и перерабатывающей промышленности. – М. Машиностроение, 2003. – 736 с.
10. Мирончук В.Г. Обладнання підприємств переробної і харчової промисловості. – Вінниця, 2007. – 250 с.
11. Мирончук В.Г. Розрахунки обладнання підприємств переробної і харчової промисловості. – Вінниця, 2004. – 286 с.
12. Осипенко О.П., Баранов В.І. Заходи для зменшення витрат ПЕР у виробництві спирту. – К.: ППК Держхарчопрому, 1993. – 14 с.
13. Оборудование спиртовых заводов. М.: Пищевая промышленность, 1975. – 295 с.
14. Обладнання підприємств переробної і харчової промисловості. За ред. Гулого І.С. – К.: «Артура», 2001. – 570 с.
15. Оборудование, средства механизации, автоматизации. Справочник по производству спирта. / Ю.П. Богданов, В.Н. Зотов, С.П. Колосков и др. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983. – 480 с.
16. Пищевая инженерия. Справочник с примерами расчетов. Валентас К. и др. – СПб.: «Профессия», 2004. – 848 с.
17. Степанов В.И. Развитие и совершенствование оборудования и способов по переработке агросырья для процессов пищевой биотехнологии. Пр-во спирта и ликєро-водочной продукции, № 2, 2006. – с. 16-17
18. Технологія спирту. За ред. В.О. Маринченко. – Вінниця.: «Поділля-2000», 2003. – 495 с.

19. Сучасне обладнання для виробництва спирту етилового харчового та технічного / Українець А.І., Шиян П.Л., Сизько В.Б. та інші. – К.: Колега НУХТ, № 6-8, 2006 – с. 67-69
20. Шиян П.Л., Сосницький В.В., Олійнічук С.Т. Інноваційні технології спиртової промисловості. – К.: Видавничий дім «Асканія», 2009. – 424 с.
21. Халаим А.Ф., Панченко И.Н. Оборудование предприятий спиртовой и ликероводочной промышленности. – М.: Пищ. пром-сть, 1976. – 292 с.