

МАЦКО О.П., канд. техн. наук,
ЛЕНЗІОН В.Й., канд. техн. наук,
ЛЕНЗІОН С.В., канд. техн. наук,
МАКСИМЕНКО І.Ф., інженер,
КОВАЛЬ О.В., аспірант

ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В ТЕХНОЛОГІЯХ ВИРОБНИЦТВА ШАМΠΑНСЬКОГО

У статті наведено інформацію щодо енергозбереження і рекуперації теплової енергії в технологіях виробництва на ділянці обробки холодом шампанізованого вина. Сучасне ефективне обладнання для теплообміну навіть за обмежених температурних перепадів дозволяє здійснювати безперервний процес зі стабілізацією термодинамічних параметрів вхідних і вихідних потоків. викладено переваги апаратурного забезпечення технологічних процесів.

Ключові слова: енергозбереження, рекуперація, економія, ефективність, шампанізація, охолодження, теплообмін.

У сучасному виробництві в умовах економічної кризи актуальним завданням є впровадження енергозберігаючих технологій, однією із важливих складових яких є ощадне використання енергетичних ресурсів.

Концепція енергозбереження – це проведення аналізу енерговитрат, розробка та впровадження сучасного енергозберігаючого обладнання, автоматизація управління технологічними процесами, застосування рекуперативного енергозбереження, ретельна теплоізоляція технологічного обладнання, застосування теплообмінних апаратів, що працюють при малому температурному перепаді тощо.

Одним з заходів енергозбереження є рекуперація – часткове повернення енергії, що витрачається при проведенні технологічного процесу, з метою вторинного її використання в тому же процесі. Перевагою рекуперації є економія енергії, що врешті решт приводить до економії коштів. Теоретично ефективність рекуперації може досягати до 90 %. Наприклад, за використання пластин-

частих теплообмінників досягаються високі коефіцієнти теплопередачі, що в значній мірі інтенсифікує процес теплообміну, дає змогу зменшити розміри та матеріаломісткості апаратів, досягти малого внутрішнього об'єму при відносно великій поверхні теплообміну. Переваги такого обладнання дозволяють за рахунок високого ККД досягти зменшення робочого об'єму холодоагенту, що в свою чергу зменшує витрати холодоносія.

Ці технології стосуються і виробництва резервуарного шампанського. Процеси, в яких використовується теплова енергія, найбільш ефективно можливо застосувати для обробки шампанізованого вина холодом.

Відповідно до технологічної інструкції шампанізоване вино через теплообмінний апарат направляють у термос-резервуар для витримки на холоді, яку проводять у потоці за температури $-3^{\circ}\text{C} \dots -4^{\circ}\text{C}$ протягом 24 годин. Інструкція дозволяє здійснювати фасування шампанського при температурі до $+14^{\circ}\text{C}$ за наявності необхідного обладнання. Такі технологічні параметри може забезпечити нове енергоощадне технологічне обладнання.

Вторинне бродіння резервуарного шампанського в безперервному потоці проходить в послідовно з'єднаних бродильних акратофорах – у так званій бродильній батареї. В ній на протязі бродіння поступово знижується температура в кожному наступному акратофорі і доводиться до $+10^{\circ}\text{C}$ в останньому. На рис.1 зображено схему обробки шампанізованого вина холодом.

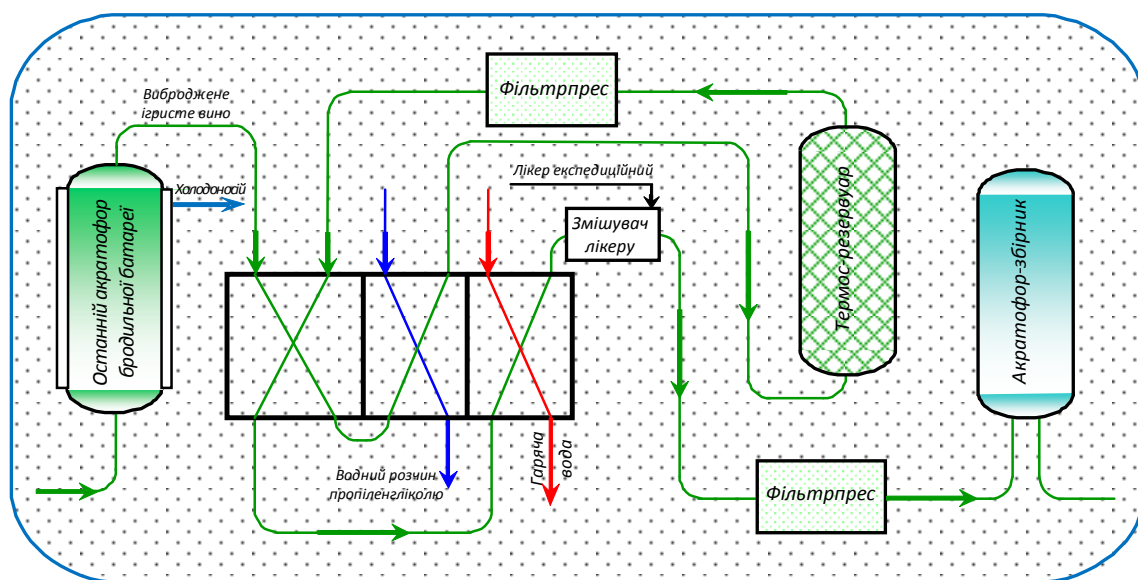


Рис. 1. Схема обробки шампанізованого вина

До технологічної схеми входять останній акратофор бродильної батареї, рекуперативний теплообмінник, термос-резервуар з наповнювачем, фільтрпреси, змішувач лікеру та акратофор-збірник. Виброджене ігристе вино, що поступає із останнього акратофора бродильної батареї безперервної шампанізації, системою трубопроводів направляється до секції рекуперації рекуперативного теплообмінника, де воно охолоджується до температури -5°C , потім на витримку до термос-резервуару з наповнювачем, оснащеному термоізоляцією. У термос-резервуарі вино витримується на протязі 24 год. відповідно до технологічної інструкції. При правильно виконаній термоізоляції можливо забезпечити температурний режим витримки $-3...-4^{\circ}\text{C}$. Далі ігристе вино через пластинчастий фільтрпрес потрапляє до секції рекуперації теплообмінника, де нагрівається до температури бродіння. Після рекуперативного теплообмінника потік надходить до змішувача потоків, в який дозують експедиційний лікер. Потік ігристого вина, доведений до необхідної кондиції та однорідності, в подальшому поступає через фільтрпрес на витримку до акратофора-збірника. Коли в подальшому ігристе вино контактує із вуглекислим газом, що застосовують для створення протитиску в акратофорі-збірнику, останній не розчиняється в ігристому вині. Підігрівання вина до температури, що відповідає кінцевій стадії шампанізації, сприяє підтриманню рівноважної концентрації вуглекислого газу ендогенного походження та запобіганню його дешампанізації. В результаті ігристе вино зберігає ендогенні ігристі та піністі властивості.

Ефективне функціонування схеми обробки холодом шампанізованого вина забезпечує вірний підбір технологічного обладнання, вибір технологічних параметрів та характеристик гідродинамічних параметрів потоку. По-перше необхідно забезпечити параметри, регламентовані технологією: це температура витримки вина на холоді від -3 до -4°C , час витримки – 24 години, коефіцієнт потоку – не більше 0,00245, температура бродіння – не вище $+15^{\circ}\text{C}$.

Основним показником для розрахунків лінії безперервної шампанізації є продуктивність. Враховуючи максимальний коефіцієнт потоку:

$$v_0 = 0,00245 v_1, \quad (1)$$

де v_0 – продуктивність лінії безперервної шампанізації, $\text{м}^3/\text{г}$; v_1 – загальна ємність бродильних акратофорів, м^3 .

Загальна ємність термос-резервуарів з наповнювачем:

$$v_2 = 24v_0 - v_3, \quad (2)$$

де v_3 – об'єм наповнювача, м^3 .

Кількість термос-резервуарів з наповнювачем:

$$n = \frac{v_2}{v_n - v_{n3}}, \quad (3)$$

де v_n – номінальний об'єм термос-резервуару, м^3 ; v_{n3} – об'єм наповнювача в одному термос-резервуарі, м^3 .

Число апаратів приймається як наступне ціле число після числа з дробовою часткою.

Вихідні дані для підбору рекуперативного теплообмінника зведені у таблиці.

Вихідні дані для підбору обладнання

Секція рекуперації	Дані
Витрати охолоджуваного шампанського	$v_0, \text{м}^3/\text{год.}$
Витрати шампанського, що нагрівається	$v_0, \text{м}^3/\text{год.}$
Температура початкова охолоджуваного шампанського	$+ 10 \text{ }^\circ\text{C}$
Температура початкова шампанського, що нагрівається	$- 3 \text{ }^\circ\text{C}$
Секція охолодження	
Витрати охолоджуваного шампанського	$V_0, \text{м}^3/\text{год.}$
Температура кінцева охолоджуваного шампанського	$- 5 \text{ }^\circ\text{C}$
Секція нагрівання	
Витрати шампанського, що нагрівається	$V_0, \text{м}^3/\text{год.}$
Температура кінцева шампанського, що нагрівається	$+ 10 \text{ }^\circ\text{C}$
Інше	
Охолодження конденсатора	повітряне

Найбільш ефективно здійснювати термообробку шампанського в одному трьохсекційному розбірному пластинчастому теплообмінному апараті. Такі апарати мають низку істотних переваг. Вони служать для здійснення процесів теп-

лопередачі між різноманітними робочими середовищами: рідина - рідина, пара - рідина, пара + газ - рідина, газ – газ. Теплообмінники працюють при тиску від 0,002 до 1,6 МПа і температурі робочих середовищ від – 20 до + 150 °С. Матеріал теплопередавальних пластин: 12Х18Н10Т, 10Х17Н13М2Т, 06ХН28МДТ, 08Х18Н10, титан. Матеріал ущільнень: гумові суміші на основі бутадієн-стирольних, нітрильних, фторованих та етиленпропілендієнових каучуків.

Використання у пластинчастих теплообмінних апаратах тонких листових матеріалів з високим коефіцієнтом теплопередачі ($K = 1900 \dots 5000 \text{ Вт/м}^2 \text{ К}$ при відносно невеликій різниці тисків, приблизно у 2...4 рази більше, ніж у кожухотрубних теплообмінниках) спонукає до зменшення розмірів апаратів, що в свою чергу значно скорочує капітальні витрати. Відносно малий поперечний переріз каналів дозволяє досягати відносно обмеженого робочого об'єму холодоагенту та холодоносіїв. Це приводить до зменшення витрат холодоагенту та холодоносіїв майже у три рази порівняно з кожухотрубними теплообмінниками та до застосування насосів меншої потужності. Окрім того малий внутрішній об'єм виключає інерційність, поліпшує температурний контроль, обмежує масу апарата. Мінімальний перепад температур між теплоносіями може досягати 1...20 °С. Простим додаванням пластин можливо, за необхідності, підвищити продуктивність теплообмінника. В обслуговуванні досягається доступність до пластин, можливість поштучної заміни пластин та прокладок. Пластинчасті теплообмінні апарати зручні в експлуатації та довговічні. Переваги пластинчастих теплообмінних апаратів приводять до скорочення капітальних і експлуатаційних витрат, значного подовження терміну експлуатації, економії енергоресурсів до 30...40 %. Висока швидкість охолодження в пластинчастих теплообмінниках крім поліпшення економічних показників виключає таке небажане явище як гістерезис.

На рис. 2. зображено схему рекуперативного теплообмінника. Перша секція теплообмінного апарату – секція рекуперації теплоти. Тут використовується потенціал холодного шампанського, що поступає після «холодної фільтрації», для охолодження теплого шампанського, що по трубопроводах надхо-

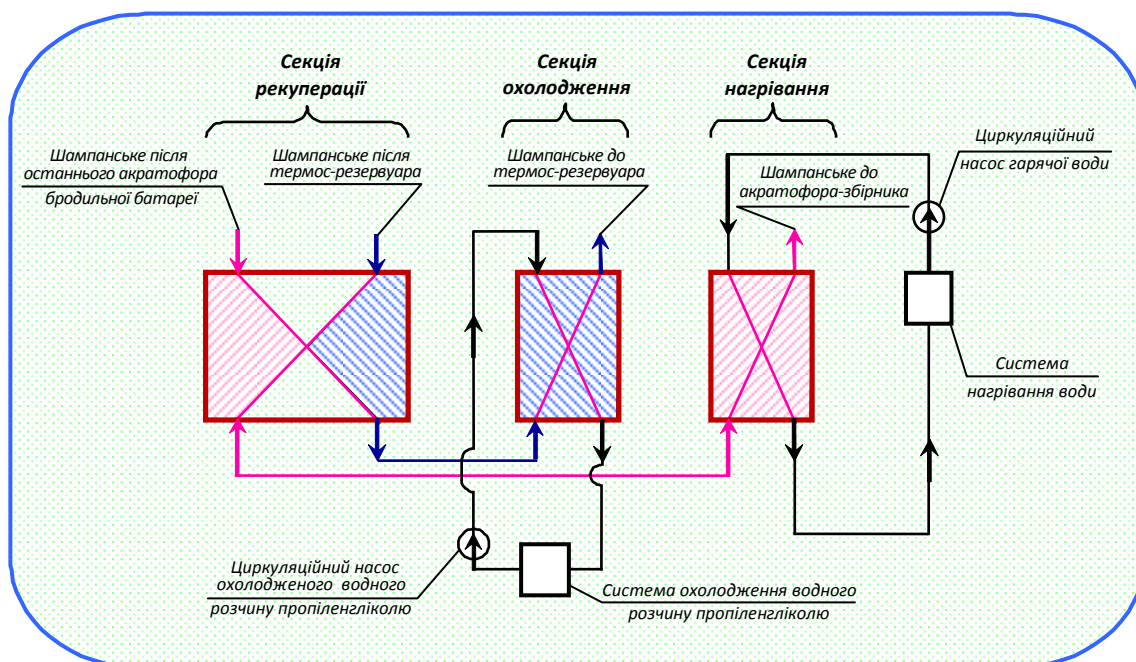


Рис. 2. Схема рекуперативного теплообмінника

дить із останнього акратофора бродильної батареї безперервної шампанізації. Друга секція теплообмінного апарату – секція охолодження. Охолодження вина здійснюється холодним потоком 35 %-ного водного розчину пропіленгліколю. Третя секція теплообмінного апарату – секція нагрівання. Тут нагрівання шампанського здійснюється гарячою водою, підтримання температури якої забезпечується в електронагрівачі.

Пластини та приєднувальні штуцери теплообмінного апарату слід виготовляти із високолегованої сталі AISI 304. Корпус теплообмінного апарату може бути із пофарбованої вуглецевої сталі або з вуглецевої сталі, лакованої шаром високолегованої сталі AISI 304.

Циркуляцію водного розчину пропіленгліколю через секцію охолодження теплообмінного апарату, а також, циркуляцію теплоносія через секцію нагрівання теплообмінного апарату здійснюють насоси, змонтовані в насосному агрегаті. В насосний агрегат вмонтований буферний бак холодоносія (35 % розчин пропіленгліколю), зовні теплоізований, для забезпечення роботи насосів «під залив» та компенсації коливань теплового навантаження на холодильне обладнання (мінімально допустима кількість пусків компресора за годину).

Для ефективної роботи установки слід укомплектувати її системою керування, яка представляє собою повністю автоматичний модуль з локальною панеллю керування. Усі функції оператора реалізуються на панелі керування. Функції пуску і зупинки, параметри управління технологічним процесом мають бути проконтрольовані та введені. Основні параметри технологічного процесу виводяться на дисплей панелі керування. Система керування має бути спроможна автоматично підтримувати задану кінцеву температуру охолоджуваного та шампанського, що нагрівається, на виході із теплообмінного апарату з точністю до 0,5 градуса.

Для охолодження водного розчину пропіленгліколю слід передбачити використання холодильної системи охолодження на базі поршневого компресора та виносного конденсатора повітряного охолодження (чілера).

В результаті система охолодження має складатися з трьохсекційного розбірного пластинчастого теплообмінного апарату, насосного агрегату з двома робочими насосами та термоізованим буферним баком, комплекту приборів автоматичного регулювання для підтримки температури охолоджуваного та шампанського, що нагрівається, системи охолодження на базі поршневого компресора і виносного конденсатора повітряного охолодження.

Як було зазначено вище, обробка шампанізованого вина холодом буде ефективною при забезпеченні температурного режиму витримки в термос-резервуарах з наповнювачем, який відповідно до технологічної інструкції має бути в межах $-3 \dots -4$ °C. Для цього потрібно правильно термоізувати термос-резервуари.

Необхідну товщину теплоізоляції можливо визначити за формулою:

$$\delta = \lambda \left(\frac{S \Delta t}{Q} - \frac{1}{\alpha_1} - \frac{1}{\alpha_2} \right), \text{ м}, \quad (4)$$

де λ – коефіцієнт теплопровідності, Вт/м²·°C; S – площа поверхні акратофора, м²; Δt – різниця між температурою повітря в цеху та температурою шампанського, °C; Q – кількість теплоти, що необхідно підвести до акратофорів, кДж; α_1 – коефіцієнт теплопередачі від повітря цеху до стінки акратофора, Вт/м²·°C;

α_2 – коефіцієнт теплопередачі від стінки акратофора до шампанського, $\text{Вт}/\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$.

Кількість теплоти, що повинна бути підведена до шампанського в акратофорі, щоб нагріти його за час T на $(t_{\text{п}} - t_{\text{к}})$ дорівнює:

$$Q = G_{\text{в}} c (t_{\text{п}} - t_{\text{к}}) T, \text{ кДж}, \quad (5)$$

де $G_{\text{в}}$ – маса вина, яку необхідно охолодити, кг; c – питома теплоємність вина, $\text{кДж}/\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}$; $t_{\text{п}}$ – початкова температура вина, $^\circ\text{C}$; $t_{\text{к}}$ – кінцева температура вина, $^\circ\text{C}$; T – час витримки шампанського на холоді в термос-резервуарі, с.

Маса вина, яку необхідно охолодити, визначається за формулою:

$$G_{\text{в}} = (v_{\text{п}} - v_{\text{п3}}) \rho, \text{ кг}, \quad (6)$$

де $v_{\text{п}}$ – номінальний об'єм термос-резервуару, м^3 ; $v_{\text{п3}}$ – об'єм наповнювача в одному термос-резервуарі, м^3 ; ρ – середня питома вага вина при середній температурі, $\text{кг}/\text{м}^3$;

Якщо за об'єктивних причин неможливо забезпечити температурні параметри в термос-резервуарах, то в якості термос-резервуарів слід застосувати апарати з оболонками для охолодження, в які із автономного холодильного агрегату подається холодоносії для підтримки необхідної температури витримки. Для цього систему слід доукомплектувати компресорно-ресиверним агрегатом з шафою управління (рис. 3), конденсатором повітряного охолодження, насосним агрегатом з шафами управління та теплоізолюваною буферно-змішувальною ємністю (з двома насосами, що забезпечують циркуляцію холодоносія через випарник чилера і через «оболонки для охолодження» акратофорів).

На сьогоднішній день певний досвід у виробництві обладнання для обробки холодом шампанізованого вина має ТОВ "ХОЛОДИЛЬНИЙ РЕСПЕКТ", info@holod-respect.com.ua; www.holod-respect.com.ua.

ВИСНОВКИ. 1. Коли в подальшому ігристе вино контактує із вуглекислим газом, що застосовують для створення протитиску в акратофорі-збірнику, останній не розчиняється в ігристому вині. Підігрівання ігристого вина до



Рис. 3. Компресорно-ресиверний агрегат з шафою управління

температури, що відповідає кінцевій стадії шампанізації, сприяє підтриманню рівноважної концентрації вуглекислого газу ендogenousного походження та запобіганню його дешампанізації. В результаті ігристе вино зберігає ендogenousні ігристі та піністі властивості.

2. Найбільш ефективно здійснювати термообробку шампанського в одному трьохсекційному розбірному пластинчастому теплообмінному апараті. Переваги пластинчастих теплообмінних апаратів приводять до скорочення як капітальних, так і експлуатаційних витрат, значному подовженню терміну експлуатації, економії енергоресурсів до 30...40%.

3. Висока швидкість охолодження в пластинчастих теплообмінниках крім поліпшення економічних показників виключає таке небажане явище як гістерезис.

4. Система керування автоматично підтримує роботу установки для охолодження та нагрівання шампанського без втручання персоналу та забезпечує автоматичну підтримку заданої кінцевої температури охолоджуваного та шампанського, що нагрівається, на виході із теплообмінного апарату з точністю до $0,5^{\circ}$.

ЛІТЕРАТУРА

1. Патент України на винахід МПК C12G1/06. Лінія для виробництва ігристого вина в безперервному потоці. / Мацко О.П., Ковальов М.М., Пілютін А.О., Лензіон В.Й. – № 31363, заявл. 12.08.1998; опубл. 15.04.2002, бюлет. №4, 3 с.
2. Технологічна інструкція на виробництво шампанського України ТІ У 00011050-15.93.11-4:2009 / Затверджено заступником Міністра аграрної політики А.Ф.Скорченко, 21 липня 2009, 38 с.
3. Технологічна інструкція на виробництво вин ігристих ТІ У 00011050-15.93.11-3:2009 / Затверджено заступником Міністра аграрної політики А.Ф.Скорченко, 21 липня 2009, 42 с.
4. Справочник по виноделию / Под ред. Г.Г.Валуйко и В.Т.Косюри. – Симферополь: Таврида, 2000. – 624 с.
5. Производство «Советского шампанского» непрерывным способом / С.А.Брусиловский, А.И.Мельников и др. – М. Пищевая промышленность, 1977, 232 с.
6. Физические процессы виноделия / И.М.Аношин, А.А.Мержаниан. – М.: Пищевая промышленность, 1976. – 376 с.