МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ В.Н. КАРАЗІНА
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ КОМП'ЮТЕРНОЇ ФІЗИКИ ТА ЕНЕРГЕТИКИ
Кафедра фізики нетрадиційних енерготехнологій та екології

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної роботи
за освітньо-професійним рівнем бакалавр

«Теплотехнологічне обладнання лінії з виробництва наливок»

Виконав: студент 4 курсу, група НФ-42
Василенко В.В.
Спеціальність: 144 Теплоенергетика
Керівник: доц. Кошельнік О.В.
Рецензент: к.т.н. Биков Ю.А.

Харків – 2025

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Харківський національний університет імені В.Н.Каразіна

Інститут Навчально-науковий інститут комп'ютерної фізики та енергетики
Кафедра фізики нетрадиційних енерготехнологій та екології
Рівень вищої освіти (освітньо-кваліфікаційний рівень) бакалавр
Спеціальність 144 «Теплоенергетика»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри

_____ О.П. Кулик

"___"_____2025 року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Василенко Віталію Васильовичу

1. Тема роботи Теплотехнологічне обладнання лінії з виробництва наливок, керівник роботи канд. техн. наук, доцент Кошельнік Олександр Вадимович,

затверджені наказом по університету від "___"_____2025 року №____

2. Строк подання студентом роботи 01.06.2025
3. Перелік питань, які потрібно розробити
Загальна характеристика та класифікація лікеро-горільчаного виробництва. Технологічна схема лікеро-наливкового виробництва. Теплотехнологічне обладнання для виробництва наливок та методика його розрахунку. Тепловий розрахунок варильних котлів для отримання цукрового сиропу та колеру, визначення витрати енергоносіїв.

4. План роботи

№ з/п	Назви етапів роботи
1	Вивчення характеристики та основних етапів лікеро-горільчаного виробництва
2	Вивчення теплотехнологічного обладнання для виробництва наливок
3	Тепловий розрахунок сироповарильного котла та визначення витрати енергоносіїв
4	Тепловий розрахунок колероварильного котла та визначення витрати енергоносіїв. Висновки до роботи.

5. Дата видачі завдання

Студент В.В. ВАСИЛЕНКО

Керівник роботи О.В. КОШЕЛЬНІК

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота за освітньо-кваліфікаційним рівнем бакалавр виконана студентом Василенко Віталієм Васильовичем на тему «Теплотехнологічне обладнання лінії з виробництва наливок».

Об’єктом дослідження кваліфікаційної роботи є теплотехнологічне обладнання, що використовується при в лікеро-наливковому виробництві.

Предметом роботи є дослідження теплофізичних процесів, що спостерігаються в технологічних процесах лікеро-наливкового виробництва.

Метою роботи є розрахунки теплотехнологічного обладнання для виробництва наливок та визначення витрати енергоносіїв в ньому.

Основними завданнями роботи є: вивчення технологічної схеми лікеро-наливкового виробництва; вивчення конструкції та методики теплового розрахунку варильних котлів; розрахунок необхідної кількості та теплового балансу сиропо- та колероварильного котлів, визначення витрати енергоносіїв.

Дипломна робота містить: 39 сторінок, 6 рисунків, 2 таблиці, 19 джерел.

Ключові слова: ЛІКЕРО-НАЛИВКОВЕ ВИРОБНИЦТВО, СИРОПОВАРИЛЬНИЙ КОТЕЛ, КОЛЕРОВАРИЛЬНИЙ КОТЕЛ, ТЕПЛОВИЙ РОЗРАХУНОК, ВИТРАТА ЕНЕРГОНОСІЇВ.

ABSTRACT

This qualification work for the bachelor's degree, authored by student Vasylenko Vitalii Vasylovych, explores the topic «Thermal process equipment of the production line for liqueurs».

The object of this research is heat processing equipment used in liqueur production.

The subject of the qualification work is study of thermophysical processes observed in the technological processes of liqueur production.

The aim of the qualification work is calculations of heat-technological equipment for the production of liquids and determination of energy consumption.

The following tasks were performed in the course of the qualification work: studying the technological scheme of liqueur production; studying the design and methods of thermal calculation of cooking boilers; calculation of the required number and heat balance of syrup- and sugar colouring boilers, determination of energy consumption.

The qualification work contains: 38 pages, 6 figures, 2 tables, 19 sources.

Keywords: LIQUEUR PRODUCTION, SYRUP BOILER, SUGAR COLOURING BOILER, THERMAL CALCULATION, ENERGY CONSUMPTION.

ЗМІСТ

ВСТУП……..7
1 ХАРАКТЕРИСТИКА ТА КЛАСИФІКАЦІЯ ЛІКЕРО-ГОРІЛЧАНИХ ВИРОБІВ……..8
1.1 Загальна характеристика та класифікація……...8
1.2 Фізико-хімічні показники лікеро-горілчаних виробів……10
1.3 Основні види лікеро-горілчаних виробів……..10
2 ЗАГАЛЬНА ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА ЛІКЕРО-НАЛИВКОВОГО ВИРОБНИЦТВА……....13
3 ТЕПЛОТЕХНОЛОГІЧНЕ ОБЛАДНАННЯ ЛІКЕРО-НАЛИВКОВОГО ВИРОБНИЦТВА ТА МЕТОДИКА ЙОГО ТЕПЛОВОГО РОЗРАХУНКУ…….16
3.1 Обладнання для приготування цукрового сиропу……...16
3.2 Обладнання для приготування цукрового колеру……20
3.3 Методика теплового розрахунку варильних котлів……22
3.3.1 Методика розрахунок сироповарильного апарату……22
3.3.2 Методика розрахунок колероварильного апарату……25
4 РОЗРАХУНОК МАТЕРІАЛЬНОГО ТА ТЕПЛОВОГО БАЛАНСІВ ВАРИЛЬНИХ КОТЛІВ……26
4.1 Вихідні данні……26
4.2 Розрахунок сироповарильного котла……26
4.2.1 Розрахунок матеріального балансу……26
4.2.2 Визначення необхідної кількості сироповарильних котлів ……31
4.2.3 Розрахунок теплового балансу ……...33
4.3 Розрахунок варильного котла для приготування цукрового колеру……..34
ВИСНОВКИ…...……...37
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ……...……..38

ВСТУП

Одним з головних завдань, що стоїть сьогодні перед харчовою промисловістю, є створення високоефективного технологічного обладнання, яке на основі використання сучасних технологій значно дозволить підвищити продуктивність, зменшить негативний вплив на навколишнє середовище і буде сприяти зменшенню витрат сировини, паливно-енергетичних і матеріальних ресурсів на підприємстві.

Технологічні лінії харчових і переробних галузей призначені для перетворення сільськогосподарської сировини в харчову продукцію широкого асортименту. На вхід будь-якої лінії подається вихідна сировина, що має певні властивості, а з лінії в результаті її функціонування, сходить готова продукція з іншими, новими показниками. Для харчових технологій характерно різноманіття властивостей сировини, що використовується, і готової харчової продукції.

Широко поширеним процесом на підприємствах харчової промисловості є теплова обробка матеріалів, яка в залежності від характеру і мети технологічного процесу забезпечує підтримку температури на певному рівні, нагрівання, охолодження або заморожування продуктів, конденсацію пари, тощо. Тому розробка теплотехнологічного обладнання є важливим завданням для забезпечення ефективної роботи підприємства.

1 ХАРАКТЕРИСТИКА ТА КЛАСИФІКАЦІЯ ЛІКЕРО-ГОРІЛЧАНИХ ВИРОБІВ

1.1 Загальна характеристика та класифікація

Лікеро-горілчані вироби – це спиртові напої міцністю 5-60 % об. з різною органолептичною і кольоровою гамою. Мають масову концентрацією цукру від 0 до 40 г/100 см^3 та готуються шляхом витримки фільтруванням купажу – суміші, отриманої відповідно до рецептури з напівфабрикатів лікеро-горілчаного виробництва, інгредієнтів, харчових барвників, ректифікованого етилового спирту з харчової сировини і виправленої води [1-3].

Лікери, наливки, настоянки та інші види алкогольних напоїв (виключаючи горілки), що виробляються лікеро-горілчаними заводами, розрізняються міцністю, вмістом екстрактивних речовин і органолептичними показниками. Одні з напоїв за міцністю та екстрактивності наближаються до десертних виноградних та плодово-ягідних вин, інші містять значно більше цукру, треті по міцності, кольору і консистенції схожі на віскі, ром, коньяк, текілу, але мають зовсім інший смак і аромат.

Найменування напоїв зазвичай пов'язують з основним видом використовуваної рослинної сировини (наприклад, лікери: «Апельсиновий», «Полуничний»; настоянки: «Журавлинна», «Звіробій» й т.д.), або з особливими ознаками.

Розрізняють такі види лікеро-горілчаних виробів:

- міцні (міцністю 30-60 % об.);
- малоградусні (міцністю 5-29 % об.);
- солодкі – з масовою концентрацією цукру 4-60 г / 100 см^3;
- лікери – міцністю 15 % об. і вище, масовою концентрацією цукру не менше 10 г / 100 см^3 [3].

Залежно від міцності, масової концентрації загального екстракту і вмісту цукру лікеро-горілчані вироби ділять на групи:

- наливки;

- пунші;
- настоянки солодкі;
- настоянки напівсолодкі;
- настоянки напівсолодкі малоградусні;
- настоянки гіркі;
- настоянки гіркі малоградусні;
- напої десертні;
- напої малоградусні газовані і негазовані;
- аперитиви;
- бальзами;
- коктейлі;
- джини.

Лікеро-горілчані вироби повинні мати чітко виражені органолептичні показники, що відповідають рецептурі, тобто кожен вид повинен мати свій унікальний колір, смак та аромат. Допускається наявність у пляшці шматочків фруктів, ягід або інших рослинних частинок, які також визначені рецептом. Можливе утворення каламутної краплі при перевертанні пляшки, яка зникає при збовтуванні.

Малоградусні газовані і негазовані напої повинні представляти собою однорідну прозору або непрозору рідину та відповідати вимогам рецептури. Масова частка двоокису вуглецю в малоградусних газованих напоях повинна бути не менше 0,3 %.

Вміст токсичних елементів і радіонуклідів в лікеро-горілчаних виробах не повинний перевищувати допустимі рівні, встановлені вимогами безпеки і харчової цінності продуктів.

Лікери повинні бути прозорими за зовнішнім виглядом без сторонніх включень і осаду. Допускається утворення мутної краплі, що спостерігається при перевертанні пляшки з лікером і зникає при збовтуванні.

Емульсійні лікери повинні представляти собою однорідну непрозору рідину без сторонніх включень. За органолептичними показниками лікери

повинні мати характерно виражені колір, смак, аромат, передбачені рецептурами на конкретний виріб.

1.2 Фізико-хімічні показники лікеро-горілчаних виробів

Міцність лікеро-горілчаного виробу визначають аерометричним методом або застосуванням електронних автоматичних спиртомірів. Процедура підготовки проби (перегонка з подальшим доведенням обсягу дистиляту до початкового) не відрізняється від проби горілки. Виняток становлять емульсійні лікери, які перед перегонкою, щоб уникнути пригорання, розбавляють дистильованою водою в 2 рази, а виміряну міцність збільшують в 2 рази [4].

Масову концентрацію загального екстракту визначають рефрактометрично (вимірюють показник заломлення променя світла) в кубовому залишку виробу після перегонки і доведенні його обсягу до початкового дистильованою водою. Масову концентрацію цукру в лікеро-горілчаних виробах визначають хімічним методом прямого титрування або фотоелектроколориметричним із застосуванням антронового реагенту (антроновий метод) [5].

Масову концентрацію кислот в перерахунку на оцтову визначають титруванням розчином гідроксиду натрію в присутності індикатора або за показаннями pH-метру (потенціометричний метод). Оскільки заздалегідь невідомо, яку саме кислоту містить напій, отриманий результат перераховують за стехіометричним співвідношенням реакції нейтралізації оцтової кислоти гідроксидом натрію, отримуючи концентрацію кислот в перерахунку на оцтову.

1.3 Основні види лікеро-горілчаних виробів

Наливка – лікеро-горілчані виріб міцністю 18-20 % об., масовою концентрацією цукру 25-40 г / 100 $см^3$, яку готують із спиртованих соків і морсів з плодово-ягідної сировини з додаванням різних інгредієнтів. Наливки

мають кисло-солодкий смак і аромат окремих плодів (ягід), завдяки невеликому вмісту органічних кислот.

Від плодово-ягідних вин наливки відрізняються тим, що готуються без винних дріжджів (закваски). Від настоянок наливки відрізняються меншим вмістом спирту, екстрактивних речовин і великим вмістом цукру, від лікерів - відсутністю витримки (старіння) в дубових бочках.

Пунш – лікеро-горілчані виріб міцністю 15-20 % об., масовою концентрацією цукру 30-40 г / 100 $см^3$, який готують зі спиртованих плодово-ягідних соків, морсів, настоїв пряно-ароматичної сировини, ефірних масел, цукру, меду, коньяку, портвейну, деяких лікерів, лимонної кислоти і спирту. Пунші мають переважно кисло-солодкий смак, іноді з легким присмаком прянощів.

Настоянки – алкогольні напої, технологія яких базується на холодному настоюванні різних прянощів і спецій (пряно-ароматичного сировини). Під час настоювання спиртовий розчин насичується ароматичними речовинами, що змінює смак напою. Гіркі настоянки готують з купажу спиртових настоїв різних трав, коріння, насіння, листя, корок плодів цитрусових та іншої лікарської сировини, а також з ароматизованих спиртів, спиртових розчинів ефірних масел, ректифікованого спирту і пом'якшеної води. Солодкі ж настоянки готуються з купажу спиртових настоїв і фруктово-ягідних соків, цукрового сиропу, лимонної кислоти та пом'якшеної води [3, 5-7].

Розрізняють наступні види настоянок.

Настоянки солодкі – лікеро-горілчані вироби міцністю 16-25 % об., масовою концентрацією цукру 8-30 г / 100 $см^3$, яку готують з напівфабрикатів лікеро-горілчаного виробництва з додаванням інгредієнтів.

Настоянки напівсолодкі – лікеро-горілчані вироби міцністю 30-40 % об., масовою концентрацією цукру 4-10 г / 100 $см^3$, що готуються з напівфабрикатів лікеро-горілчаного виробництва з додаванням інгредієнтів.

Настоянки напівсолодкі в порівнянні з солодкими настоянками мають більшу міцність, менший вміст екстрактивних речовин і цукру. Готуються вони

на спиртованих соках, морсах і настоях. Складний смак цих напоїв створюється екстрактивними речовинами соків, морсів або доданим цукром і лимонною кислотою [8].

Настоянки напівсолодкі малоградусні – лікеро-горілчані вироби міцністю 20-29 % об. з масовою концентрацією цукру 4-10 г / 100 $см^3$, що готуються з напівфабрикатів лікеро-горілчаного виробництва з додаванням інгредієнтів. Відрізняються від попередніх настоянок зниженою міцністю, дещо меншим вмістом цукру і екстрактивних речовин. При такій міцності повнота смаку створюється екстрактивними речовинами соків і морсів, а в настоянках, що готуються на настоях і ароматних спиртах – додаванням цукру та лимонної кислоти.

Настоянки гіркі – лікеро-горілчані вироби міцністю 30-60 % об. Готуються з напівфабрикатів лікеро-горілчаного виробництва з додаванням інгредієнтів, які надають присмак гіркоти. Настоянки гіркі (міцні) в більшості випадків готують на ефіроолійній і пряній ароматичній сировині. В деякі напої для пом'якшення смаку додають невелику кількість цукру. Головна відмінність цієї групи напоїв – наявність в смаку гіркоти, що має освіжаючу дію. По суті вони є ароматизованими горілками, однак, порівняно з горілкою, вони ароматні, мають гіркуватий, гіркувато-пряний або пекучий смак.

Настоянки гіркі малоградусні – лікеро-горілчані вироби міцністю 25-29 % об. Готуються з напівфабрикатів лікеро-горілчаного виробництва з додаванням інгредієнтів, які надають присмак гіркоти. У малоградусні настойки додають настої, що мають пекучий гострий смак (іноді – щоб імітувати напій більшої міцності) або пікантні властивості.

2 ЗАГАЛЬНА ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА ЛІКЕРО-НАЛИВКОВОГО ВИРОБНИЦТВА

Настоянки, наливки і лікери готуються за відповідними рецептами. Малоградусні лікеро-горілчані вироби купажують (змішують у певній послідовності) в купажних апаратах, які мають циліндричну форму та виготовляються з кислототривкої сталі, покритої емаллю або кислототривкою керамікою.

Послідовність купажування обумовлена складом купажу. При купажуванні виробів з плодово-ягідних напівфабрикатів в купажний апарат вносять спиртовані соки, морси і частину води, а потім послідовно спирт, частину води, цукровий сироп, розчин кислоти, барвник і останню фазу води для доведення купажу до заданого обсягу [1]. Під час коригування процесу додають решту барвника. Вироби купажуються при кімнатній температурі.

Для стабілізації лікеро-горілчаних виробів використовують розчинний полівінілпіролідон з розрахунку 40-80 мг / л купажу. Іноді використовують желатин, бентоніт або їх суміші. Для підвищення стійкості готових виробів застосовують мікробні ферментні препарати.

Лінія починається з комплексу устаткування для отримання напівфабрикатів: апаратів для приготування спиртованих соків (машини для миття сировини, дробарки та обладнання для пресування подрібненої сировини), екстракційних апаратів для приготування спиртованих настоянок і морсів, перегінних апаратів для отримання ароматних спиртів, а також апаратів для отримання цукрового сиропу і колеру.

Основний комплекс обладнання лінії призначений для купажування виробів. У його склад входять різні купажні апарати циліндричної форми, забезпечені мішалками.

Завершальний комплекс обладнання лінії складається з апаратів для фільтрування – камерних і рамних фільтр-пресів, фільтр-картону.

Наприкінці лінії встановлюється обладнання для миття пляшок, фасувально-укупорювальні, інспекційні та етикетировочні машини.

На рис. 2.1 представлена технологічна схема лікеро-наливкового виробництва [9, 10].

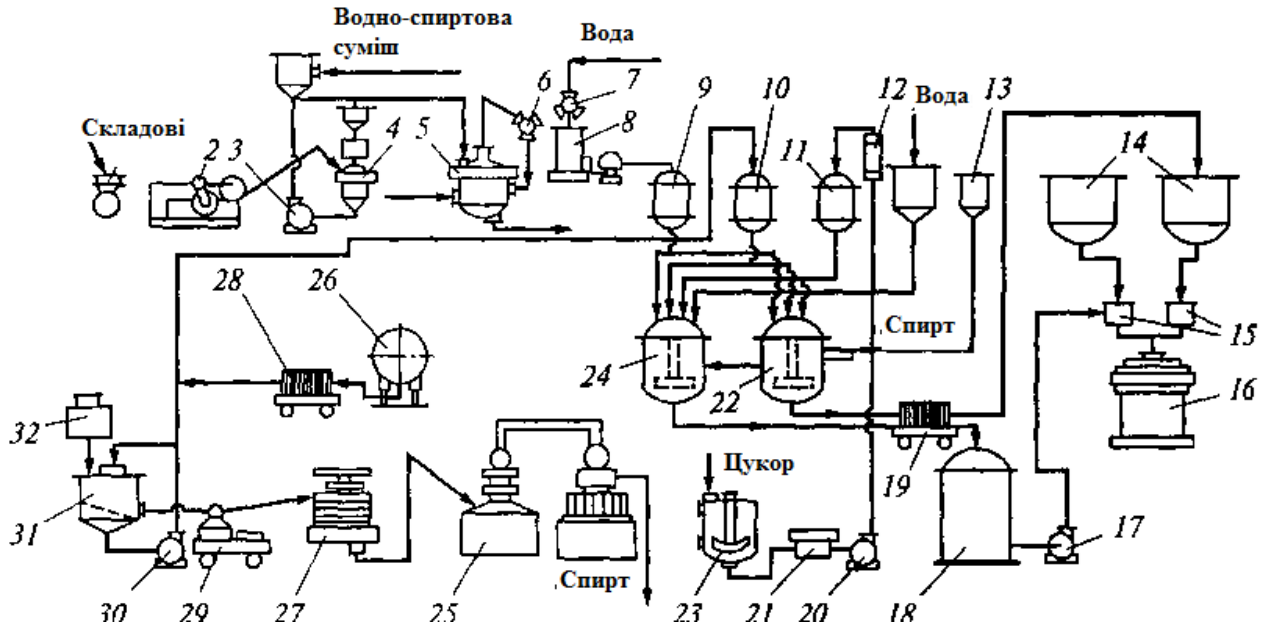


Рис. 2.1. Технологічна схема лікеро-наливкового виробництва

Сировина рослинного походження для отримання ароматного спирту подрібнюється в спеціальних пристроях – коренедробарці 1 або траворізці 2. Далі вона завантажується в екстракційний апарат 4, де заливається водно-спиртовим розчином. Водно-спиртовий розчин за допомогою насосу 3 з метою прискорення процесу екстрагування прокачується декілька разів через шар подрібненої сировини. Отриманий таким шляхом настій спрямовується в перегінний апарат 5 для отримання ароматного спирту, міцність якого складає 60-80 %. Процес охолодження ароматного спирту відбувається в холодильнику 8, де також знаходяться оглядовий ліхтар 6 і дефлегматор 7, після чого направляється в збірник 9.

У сироповарильному апараті 23 готується цукровий сироп. Апарат використовує в якості джерела теплоти водяну пару, яка подається через парову

сорочку, і має лопатеву мішалку. Для очищення від домішок зварений сироп проходить через фільтр 21 і за допомогою насосу 20 перекачується через холодильник 12 в збірник 11.

Спиртовані морси отримуються з сушеної плодово-ягідної сировини з попереднім подрібненням її в дробарці 32. Подроблена сировина завантажується в настійний апарат 31, туди ж додається водно-спиртовий розчин (міцність 40-50 %). При настоюванні розчин перемішується насосом 30, тривалість процесу складає від 10 до 14 діб. Вже готовий спиртований морс перекачується насосом 30 у збірник 10.

Залишок сировини, який знаходиться в настоюваному апараті 31 подається в прес 27 насосом 29. Після нього залишок сировини направляється до випарного апарату 25, призначений для витягування спирту з віджатої сировини.

На лікеро-горілчаних підприємствах спиртовані соки отримуються в сокоморсових цехах і потім зберігаються в ємностях 26. При подачі спиртованих соків в цех вони проходять процес фільтрації (фільтр 28) і направляються в збірник 10.

Купажні апарати 22 і 24 призначені для готування сумішей, до складу яких входять ароматний спирт, соки, сироп, вода та інші складові. Подача спирту здійснюється із мірника 13. Для поліпшення смаку і аромату виробів суміш додатково витримується до 72 годин. Далі вироби фільтруються у фільтр-пресі 19. Наливки та настоянки подаються в напірні баки 14, звідки вироби надходять в розливний автомат 16 через контрольні фільтри 15. При готуванні лікерів вони подаються з купажних апаратів 22 і 24 на витримку, що поліпшує їх якість. Лікери витримуються в ємності 18 при температурі 8-20 °С. Час витримки – 1-6 міс., для деяких сортів – до 2 років. Після витримки лікери подаються насосом 17 до фасувальних і закупорювальних машин 16 через контрольний фільтр 15.

3 ТЕПЛОТЕХНОЛОГІЧНЕ ОБЛАДНАННЯ ЛІКЕРО-НАЛИВКОВОГО ВИРОБНИЦТВА ТА МЕТОДИКА ЙОГО ТЕПЛОВОГО РОЗРАХУНКУ

3.1 Обладнання для приготування цукрового сиропу

Для приготування цукрового сиропу використовують гарячий і холодний способи. Приготування сиропу першим способом здійснюється шляхом нагрівання води і доведення її кипіння в сироповарильному апараті. Далі відбувається поступово безперервне нагрівання і перемішування з введенням цукру. Після того, як цукор повністю розчинився, сироп доводиться до кипіння [11, 12].

Цукровий сироп обов’язково кип'ятять з перемішуванням з метою знищення шкідливих бактерій, але дуже тривале кип'ятіння може привести навпаки до погіршення його якості. Процес кип'ятіння припиняється після того, як масова частка сухих речовин в сиропі досягає 60-65 %, після чого гарячий сироп фільтрують. Наприкінці цукровий сироп охолоджується до 15-20 °С в пластинчастих або протитокових трубчастих теплообмінниках [8].

Для готування сиропу цукровий пісок попередньо очищають. Пісок пропускають через магнітні сепаратори з постійними магнітами або електромагнітами. На заводах, оснащених сироповарильними станціями, для очищення цукрового піску використовують просіювачі, обладнані магнітами.

Цукровий пісок завантажують в бункер, після чого закривають його кришкою. Запобіжна решітка не дає потрапляти в бункер стороннім предметам. Цукровий пісок переміщується двома спіральними лопатями в циліндричний кожух, за яким потім піднімається шнеком до просіювальної голівки, що складається з циліндричного сита.

У верхній частині просіювального пристрою розташований приводний механізм. На виході з просіювальної головки цукровий пісок пропускають через магнітний уловлювач з постійними магнітами з метою відділення феромагнітних включень.

При приготуванні цукрового сиропу другим способом – періодичним – використовують сироповарильні апарати різних конструкцій: відкриті, з кришками, з мішалками і без них. Такі апарати (рис. 3.1) являють собою циліндричні судини зі сферичним днищем і сферичної або плоскою кришкою, оснащені паровою сорочкою з вивідною трубою, виготовленою з міді, всередині луджені. Апарат підвішений на двох опорах, перекидається за допомогою поворотних цапф і черв'ячного механізму. Спускна труба закрита герметичною кришкою. Конденсат відводиться через патрубок [13].

Сироповарильний апарат без перекидання (рис. 3.2) має вигляд циліндру 4 з плоскою кришкою та сферичним днищем 13 [14].

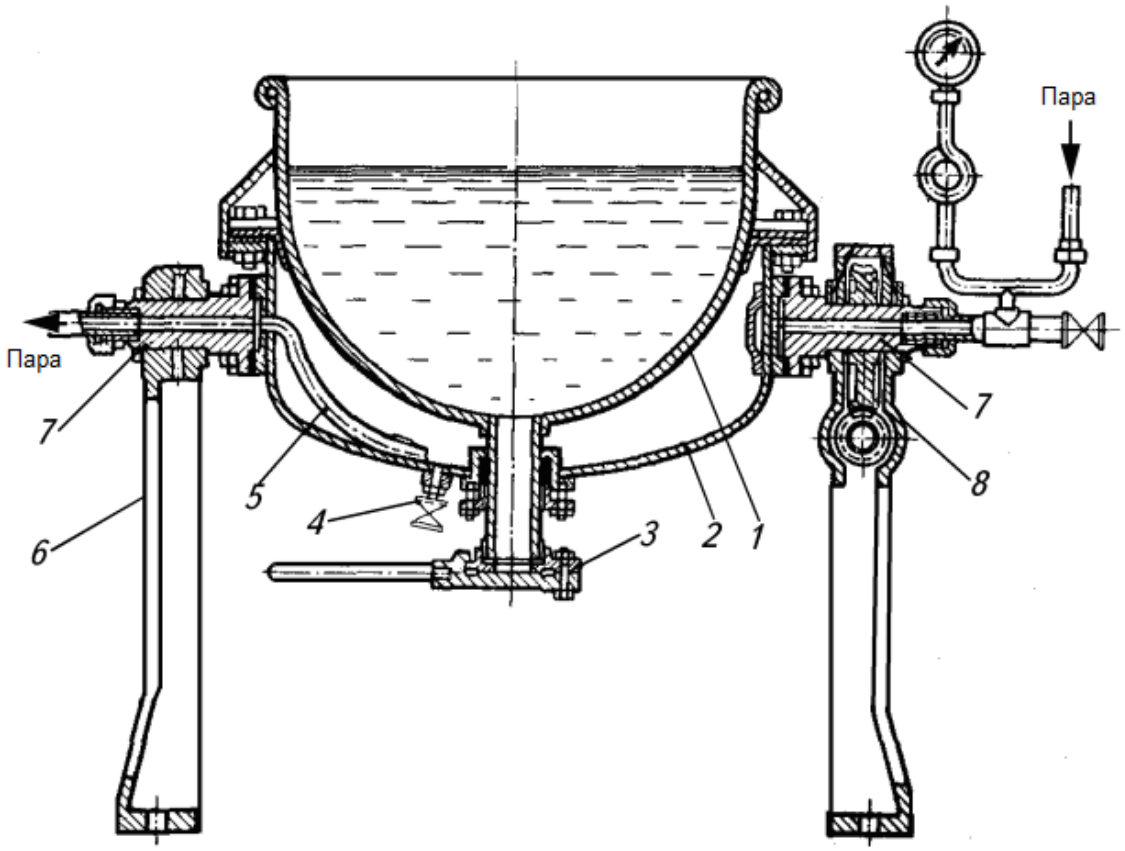


Рис. 3.1. Сироповарильний перекидний апарат

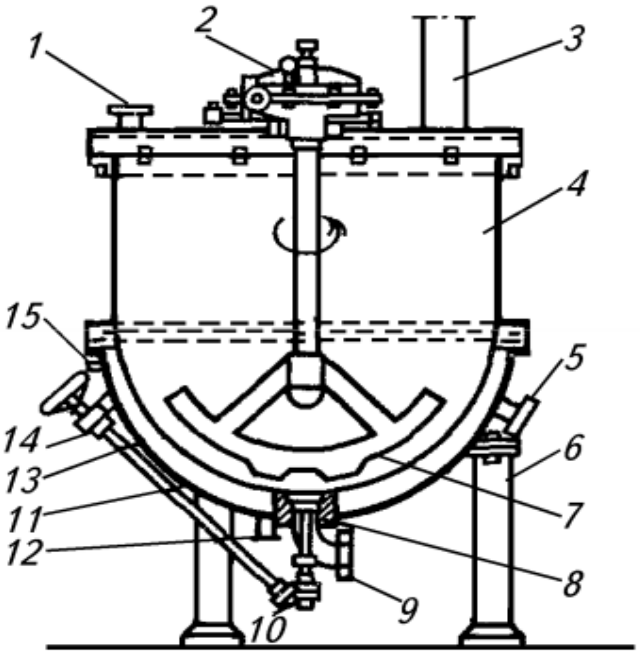


Рис. 3.2. Сироповарильний апарат зі стаціонарною чашею

Він виготовляється з листової сталі (іноді міді) і всередині покритий олов’яною лудою. Сферичні днища 11 і 13 утворюють так звану парову сорочку, яка обладнана штуцером для виходу повітря 15, манометром і запобіжним клапаном. Насичена пара з тиском 0,3 МПа поступає в сорочку через штуцер 5, а конденсат, що утворюється при охолодженні пари, виходить через штуцер 12. Апарат оснащений якірною мішалкою 7, що приводиться в дію за допомогою електродвигуна через редуктор 2. Пара вторинного википання, що утворюється при варінні сиропу, відводиться через витяжну трубу 3. Цукор-пісок завантажують через штуцер 1. Готовий сироп випускають через штуцер 9, пов'язаний з випускним клапаном 8, штурвалом 14 і гвинтовим пристроєм 10, за допомого якого відкривається випускний отвір. Сироповарильний котел встановлюється на трубчастих опорах 6.

Технічні характеристики таких апаратів представлені в табл. 3.1

Таблиця 3.1

Характеристики сироповарильних апаратів

Характеристика	Значення				
Робоча ємність, дм^3	60	100	250	500	1000
Внутрішній діаметр ємності, мм	500	530	650	800	1000
Швидкість обертання мішалки, об/хв.	25-30				
Потужність приводу мішалки, кВт	1,1	1,5	2,2	3,0	5,5
Максимальна температура в робочій ємності, °С	120-130	120-130	120-130	120-130	120-130
Габаритні розміри, мм (ДхШхВ)	800х650	850х750	900х850	1100х950	1350х1200

Установка безперервного приготування сиропу. Апаратуро-технологічна схема установки безперервного приготування цукрового сиропу показана на рис. 3.3 [15].

Цукровий пісок елеватором 1 подається в живильний бункер 2, звідки самопливом – в дозатор 3. Для відбору грудок цукрового піску в приймальному бункері елеватора встановлена сітка. З дозатора цукор надходить в безперервно діючий розчинник 5, куди одночасно подаються з дозатора-підігрівача 8 вода і з дозатора 7 лимонна кислота. Розчинник цукру має мішалку 4, яка приводиться в дію від електродвигуна через редуктор 6.

Пара, що утворюються при варінні сиропу, відсмоктуються вентилятором 9. Готовий цукровий сироп з метою відділення грубих домішок проходить пастку 10, перекачується шестерінчастим насосом 11 в протитоковий теплообмінник 12 і далі – до збірки 13 для зберігання. Станції мають продуктивність 300 і 500 л/год.

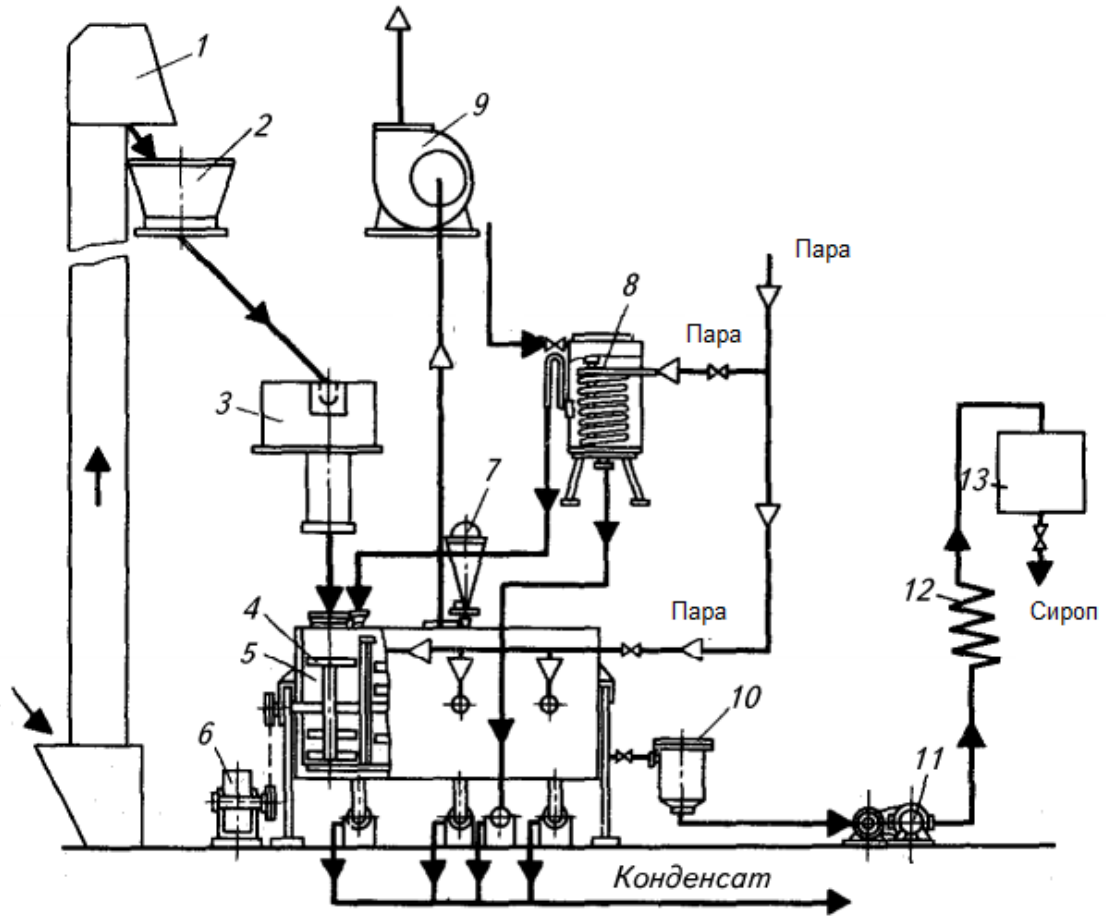


Рис. 3.3. Технологічна схема установки безперервного приготування цукрового сиропу

3.2 Обладнання для приготування цукрового колеру

Цукровий колер використовують для фарбування напоїв, його варять в апаратах з вогневим або електричним обігрівом [16]. Ці апарати місткістю від 100 до 1000 л виготовляють із сталі. Апарати оснащені мішалками і витяжними пристроями.

Колероварильний апарат з електричним обігрівачем (рис. 3.4) являє собою сталевий циліндр 1, в який вставлений циліндр 2. Простір між ними заповнений ізолюючим матеріалом 6, внутрішні поверхні циліндрів також викладені ізолюючими шарами 4 і 5. На днище циліндра 2 укладені на роликах нагрівальні елементи 12, над якими закріплений тигель 3.

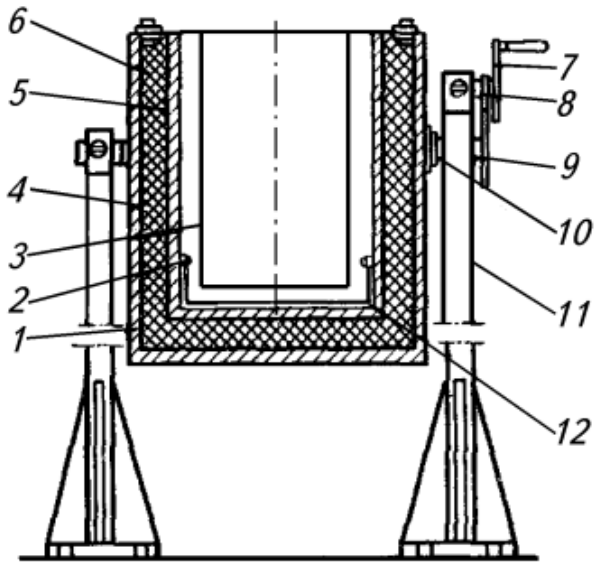


Рис. 3.4. Колероварильний апарат

Колероварильний апарат підвішений на двох півосях 10 в підшипниках, встановлених на стійках 11, що дозволяє повертати апарат навколо горизонтальної осі за допомогою шестерень 9, 8 і маховика 7. Апарат оснащений механічною переносною мішалкою. Над ним встановлений витяжний парасоль для відсмоктування шкідливих газів, що утворюються при варінні колеру [17, 18].

Колероварильний котел, який обладнаний паровою сорочкою, дозволяє при температурі 120-180 °С виготовляти продукти. Основні етапи роботи колероварильного котла:

• нагрів вихідного продукту;

• його активне плавлення;

• карамелізація.

Вбудована мішалка дозволяє в момент варіння вихідного продукту довести його до однорідної суміші. Постійне перемішування, а також додавання води в колероварильний котел – це обов'язкові умови варіння.

У колероварильному котлі передбачені спеціальні пристрої для перемішування, які приводяться в рух за допомогою двигуна редуктора. Мішалка рамного типу монтується в самому колероварильному котлі. Дно

колероварильного котла нагадує конус або ж сферу.

Установка колероварильного котла здійснюється на рамі або ж спеціальних опорах. Крім того, котел оснащений кришкою, двома патрубками для затоки і зливу гарячої суміші з котла. Також додатково є патрубки для пари і відведення конденсату.

У нижній зоні колероварильного котла для запобігання застійного процесу передбачена грибкова пробка. Завантаження вихідних продуктів здійснюється через відкидну кришку котла. В табл.. 3.2 наведені характеристики колероварильних котлів [19].

Таблиця 3.2

Технічні характеристики колероварильних котлів

Найменування	Величина								
Робочий об'єм, л	80	100	150	200	250	300	400	500	600
Число оборотів мішалки, об/хв.	28-30								
Потужність електродвигуна, кВт	0,75		1,1		1,5				
Габаритні розміри, мм	650 x 650 x 900	650 x 650 x 950	700 x 700 x 1300	750 x 750 x 1350	800 x 800 x 1400	850 x 850 x 1450	900 x 900 x 1500	950 x 950 x 1600	1000 x 1000 x 1700

3.3 Методика розрахунку варильних котлів

3.3.1 Методика розрахунок сироповарильного апарату

Необхідна місткість варильного апарату, $м^3$:

$$V = (M + W) / (\rho\varphi),$$

де М – кількість готового цукрового сиропу, кг;

W – кількість випареної вологи, кг;

ρ – густина готового цукрового сиропу, кг/м^3;

φ – коефіцієнт заповнення апарату (приймається рівним 0,7-0,75).

Повна місткість сироповарильного апарату, що складається з циліндричної і сферичної частин, м^3:

$$V_п = (\pi D^2 h)/4 + (\pi D^3)/12,$$

де D – внутрішній діаметр сироповарильного апарату, м;

h – висота циліндричної частини апарату, м.

При h = 0,5D формула набуде вигляду

$$V_п = 5\pi D^3 / 24.$$

Поверхня нагріву сферичного днища, м^2:

$$F = \pi D^2/2.$$

Необхідна потужність якірної мішалки (кВт) в пусковий період розраховується за емпіричною формулою

$$N_{пк} = 15{,}3 \cdot 10^{-8}\, \psi z (R_2^5 - R_1^5)\, n^3\, \rho/\eta,$$

де ψ – коефіцієнт, що враховує відношення l/h, тобто довжини лопаті (від осі обертання мішалки до її кінця) до її висоти;

z – число пар лопатей;

R_2 та R_1 – радіуси кривизни якірної мішалки;

ρ – густина рідини, що перемішується, кг/м^3;

η – ККД привода мішалки (η = 0,8-0,85).

Знайдене значення витрати енергії на перемішування необхідно збільшити, щоб врахувати вплив виникаючих в апараті різних опорів:

- гільзи для термометра $f_т = 1{,}1$;
- труби для стягування сиропу $f_{тр} = 1{,}2$;
- шорсткості стінок апарату $f_{щ} = 1{,}1$.

Потужність електродвигуна, кВт:

$$N_e = N_{пк}\, f_т\, f_{тр}\, f_ш.$$

За отриманим значенням з каталогу вибирають найближчий по потужності електродвигун.

Матеріальний баланс для сироповарильного котла можна записати у вигляді наступного рівняння:

$$M = M_в + M_с – W,$$

де M, $M_в$, $M_с$ – відповідно кількість готового цукрового сиропу, залитої в апарат води і засипаного цукрового піску, кг;

W – кількість води, випарюваної при варінні сиропу, кг.

Кількість води, що випаровується при варінні сиропу, визначають, виходячи з того, що кількість цукру залишається постійною при варінні сиропу, а змінюється лише його концентрація.

Тоді

$$(S \cdot B_н)/100 = [(S – W) \cdot B_к]/100,$$

де $S = M_в + M_с$ – кількість сиропу перед випарюванням, кг;

$B_н$, $B_к$ – значення початкової і кінцевої концентрацій цукрового сиропу відповідно, %.

Звідки

$$W = S(1 – B_н/B_к).$$

Рівняння теплового балансу сироповарильного котла можна представити у такому вигляді:

$$M_в \cdot c_в \cdot t_0 + M_ц \cdot c_ц \cdot t_1 + D \cdot I = M_с \cdot c \cdot t_2 + W \cdot I_в + D \cdot I_к + Q_п,$$

де $c_в$, $c_ц$, c – відповідно питомі теплоємності води, цукру і цукрового сиропу, кДж/(кг·К);

I, $I_в$, $I_к$ – ентальпія пари, що гріє, вторинної пари та конденсату пари, що гріє, кДж/кг;

D – витрата водяної пари, що гріє, кг;

t_0, t_1, t_2 – температура води, що заливається в апарат, цукру і готового сиропу, °С;

$Q_п$ – теплові втрати в навколишнє середовище, кДж.

Питому теплоємність цукру визначають за формулою

$$c_ц = 1 – 0,007t.$$

Теплоємність водного розчину цукру визначають за формулою

$$c = 4,19 – [(2,512 – 0,0075 \cdot t)\ B]/100,$$

де t – температура розчину, °С;

В – концентрація цукру в розчині, %.

З рівняння теплового балансу отримуємо величину витрати водяної пари на варіння цукрового сиропу, кг:

$$D = (M_с \cdot t_2 – M_в \cdot c_с\ t + W \cdot I_в + Q_п)/(I – I_к).$$

3.3.2 Методика розрахунок колероварильного апарату

Витрата тепла на одне варіння колеру, кДж:

$$Q = G \cdot (t_п – t_{поч}) + W \cdot c_в \cdot (t_{кип} – t_{поч}) + Gr_п + Wr + Q_н,$$

де G – кількість цукру, що завантажується в апарат, кг;

с і $c_в$ – питомі теплоємності цукру і води, кДж/(кг·К);

$t_{поч}$ – початкова температура цукру і води, °С;

$t_п$ – температура плавлення сахарози, ºС;

W – кількість води, що додається в апарат, кг;

$t_{кип}$ – температура кипіння води в апараті, °С;

$r_п$ – теплота плавлення сахарози, кДж/кг;

r – прихована теплота випаровування води, кДж/кг;

$Q_н$ – втрати тепла в навколишнє середовище і на нагрівання матеріалу апарату, кДж.

Електрична потужність апарату, кВт:

$$P = (Q/3600) \cdot k,$$

де k – коефіцієнт запасу, що враховує зміни напруги струму в мережі і форсований режим роботи апарату (зазвичай k = 1,1-1,15).

4 РОЗРАХУНОК МАТЕРІАЛЬНОГО І ТЕПЛОВОГО БАЛАНСІВ ВАРИЛЬНИХ КОТЛІВ

4.1 Вихідні данні

Тип настоянки – «Горобина на коньяку» (рис. 4.1). Ефективний фонд часу роботи обладнання $Т_{еф}$ = 240 діб. Найбільш тривалою стадією при виробництві настойки є стадія екстрагування, яка триває 10 діб. За час роботи обладнання 240 годин можна приготувати настоянку:

$$Т_{еф} /10 = 240/10 = 24 \text{ рази.}$$

Річна потужність виробництва складає Q = 1080 м^3/рік, отже за один цикл має готуватися $G_{річ}$ = Q/25 =1080/24 = 45 м^3 настоянки. Таким чином, кількість готової настоянки «Горобина на коньяку» складе $G_н$= 45 м^3.

4.2 Розрахунок сироповарильного котла

4.2.1 Розрахунок матеріального балансу

Розлив. Втрати при розливі становлять ~ 0,7 %. Кількість настойки, що надходить на розлив, з урахуванням цих втрат складає

$$G_{н\ втр} = G_н (1 + 0,7/100) = 45\cdot(1 + 0,7/100) = 45,32 \text{ м}^3.$$

Фільтрування. Втрати при фільтруванні – 1 %.

Кількість купажу, що надійшов на стадію фільтрування:

$$G_ф = G_{н\ втр} (1 + 1/100) = 45,32 (1+1/100) = 45,77 \text{ м}^3.$$

Обклеювання та декантація. На цій стадії втрати становлять - 1,8 %.

Кількість купажу, що надійшов на стадію відстоювання:

$$G_К = G_ф (1 + 1,8/100) = 45,77\cdot(1+1,8/100) = 46,6 \text{ м}^3.$$

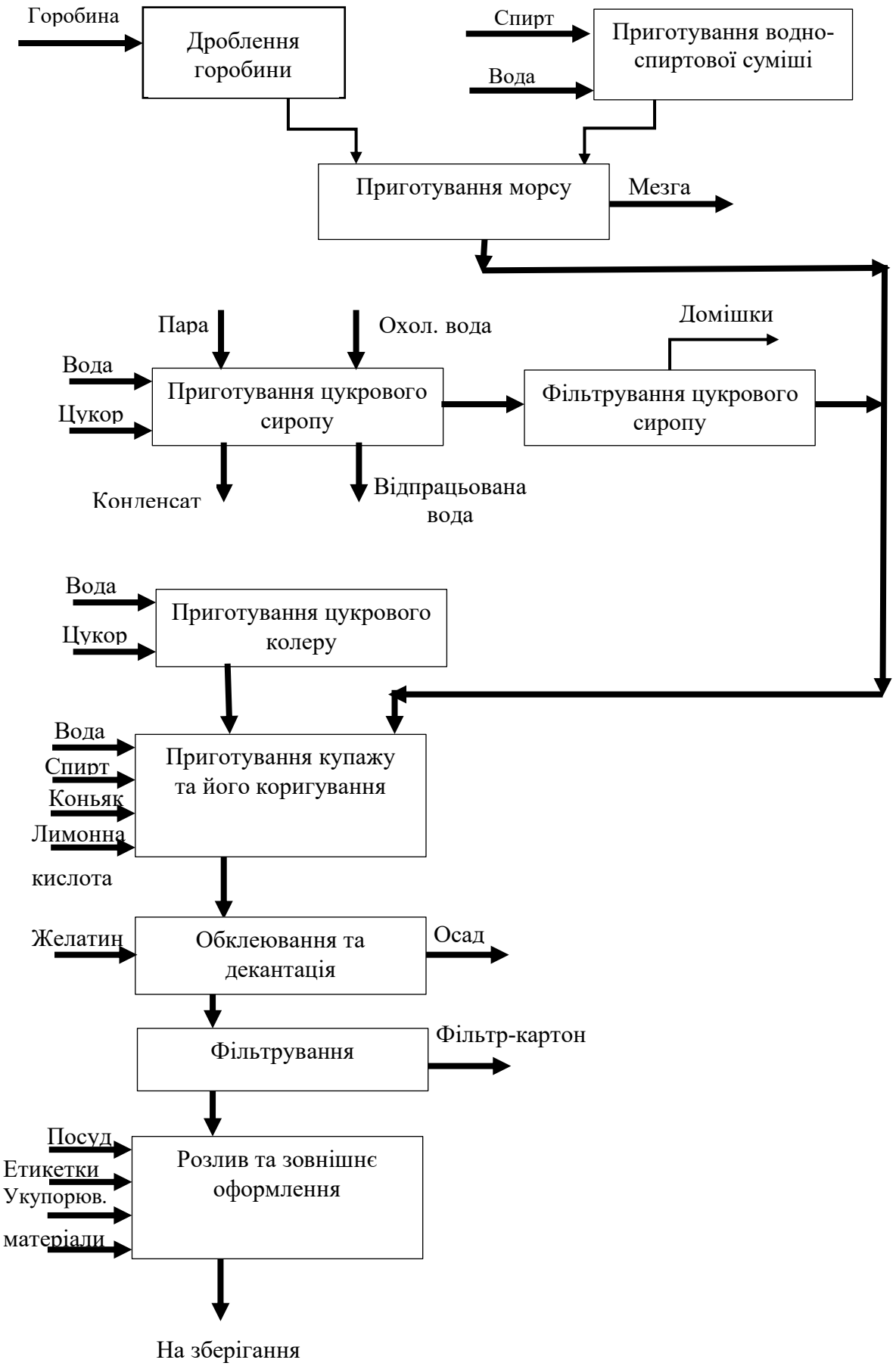


Рис. 4.1. Технологічна схема виробництва настоянки

«Горобина на коньяку»

Приготування купажу. Визначення кількості компонентів для отримання $G_{к2}$ = 46,6 м^3 купажу, якщо для отримання його 1 м^3 потрібно:

- горобина сушена $G_{гор}$ = 47,7 кг;
- коньяк міцністю 40...42 % об. $G_{кон}$ = 0,018 м^3;
- цукор $G_{ц}$ = 154,9 кг;
- колер $G_{кол}$ = 4,7 кг;
- лимона кислота – $G_{лк}$ = 3,075 кг.

Дроблення горобини. Втрати - 0,5 %. Загальна кількість горобини:

$$G_{гор\ заг} = G_{гор}\ (1 + 0,5/100) = 47,7\cdot(1+0,5/100) = 47,94 \text{ кг}.$$

Приготування водно-спиртової суміші. Втрати на цій стадії враховуються у втратах при отриманні морсу.

Приготування морсу. Втрати по безводному спирту становлять 6,4 %.

При отриманні морсу з плодово-ягідної сировини методом дворазового настоювання на 1 кг горобини потрібно 0,003 м^3 водно-спиртової суміші міцністю 50 % об., тобто співвідношення 1:3 для першого заливу.

Другий залив міцністю 45 % складає 70 % об. від кількості водно-спиртової суміші, призначеної для першого заливу. Морс першого зливу становить 70 % до залитої перший раз водно-спиртової суміші. Морс другого зливу – 120 % до залитої вдруге водно-спиртової суміші.

Необхідна кількість водно-спиртової суміші для заливу $G_{гор\ заг}$ = 47,94 кг горобини становить

$$G_{вс} = G_{гор\ заг}\cdot 0,003 = 47,94\cdot 0,003 = 0,1438 \text{ м}^3.$$

Перший залив $G_{гор\ заг}$ = 47,94 кг горобини заливається $G_{вс}$ = 0,1438 м^3 водно-спиртової суміші (50 % об.) або $G_1 = G_{вс}\cdot 0,5$ = 0,0719 м^3 безводного спирту.

Другий залив $G_2 = G_{вс}\cdot 0,7$ = 0,1438·0,7 = 0,1 м^3 водно-спиртової суміші (45 % об.) або $G_3 = G_2\cdot 0,45$ = 0,1·0,45 = 0,045 м^3 безводного спирту. Перший

злив $G_2 = G_{вс} \cdot 0,7 = 0,1438 \cdot 0,7 = 0,1$ м^3 морсу, в якому $G_4 = G_2 \cdot 0,5 = 0,1 \cdot 0,5 = 0,05$ м^3 безводного спирту.

Другий злив (загальна міцність водно-спиртової суміші 45 % об.). $G_3 = G_2 \cdot 1,2 = 0,1 \cdot 1,2 = 0,12$ м^3 морсу, в якому безводного спирту міститься

$$G_5 = G_3 \cdot 0,45 = 0,045 \cdot 0,45 = 0,0203 \text{ м}^3.$$

Загальна кількість морсу першого і другого зливів:

$$G_м = G_2 + G_3 = 0,1 + 0,12 = 0,22 \text{ м}^3.$$

Віднявши втрати по безводному спирту, отримаємо кількість морсу, що подається на купажування:

$$G_{м.куп} = G_м (1 + 6,4/100) = 0,22 \cdot (1+6,4/100) = 0,234 \text{ м}^3.$$

Приготування цукрового сиропу. В одному літрі цукрового сиропу з масовою часткою 65 % мас. міститься 0,8693 кг цукру. Вода вноситься з розрахунку 0,5 л на 1 кг цукру. З цих співвідношень отримуємо, що в 0,001 м^3 цукрового сиропу міститься 0,8693 кг цукру та 0,00043465 м^3 води.

Рівняння матеріального балансу для сироповарильного апарату:

$$G_{ЦС} = G_В + G_ц + W_в,$$

де $G_{ЦС}$ – кількість цукрового сиропу, кг;

$G_В$ – кількість води, залитої в апарат, кг;

$G_ц$ – кількість цукру, кг;

$W_В$ – кількість випареної вологи, кг.

На купажування має надійти $G_ц = 154,9$ кг цукру. Ця кількість цукру з урахуванням втрат становить

$$G_{ц\ заг} = G_ц \cdot (1 + 1/100) = 154,9 \cdot (1 + 1/100) = 156,4 \text{ кг},$$

з якого можна приготувати цукровий сироп у кількості

$$G_{цс} = G_{ц\ заг} / 869,3 = 156,4/869,3 = 0,18\ м^3,$$

для приготування якого потрібно

$$G_В = G_{ц\ заг} \cdot 0,00043465 / 0,001 = 0,18 \cdot 0,00043465 / 0,001 = 0,0782\ м^3 \text{ води.}$$

Кількість води, що вноситься в апарат з урахуванням 5 % втрат на випаровування, складе

$$G_{в\ заг} = G_В\ (1 + 5/100) = 0,0782 \cdot (1+5/100) = 0,08211\ м^3.$$

З огляду на те, що при варінні цукрового сиропу втрачається 0,5 %, то на стадію фільтрування повинен надійти сироп в кількості

$$G_ф = G_{цс}\ (1 + 0,5/100) = 0,18 \cdot (1 + 0,5/100) = 0,181\ м^3.$$

Кількість вологи, що випаровується при кипінні:

$$W_В = G_Н\ (1 – В_п /В_к) = G_{в\ заг} – G_В = 0,08211 – 0,0782 = 0,00391\ м^3,$$

де $В_п$ та $В_к$ – початкова та кінцева концентрації цукрового сиропу, %.

Приготування колеру. Вихід колеру з відносною густиною 1350 кг/м^3 (при t = 20 °С) становить 105 % мас. взятого цукру.

Кількість цукру для приготування колеру:

$$G_{ц\ кол} = (G_{кол} \cdot 100) /105 = 211,5 \cdot 100/105 = 201,4\ кг.$$

Загальна кількість цукру з урахуванням втрат в розмірі 2 %:

$$G_{ц\ кол\ заг} = G_{ц\ кол}\ (1 + 2/100) = 201,4 \cdot (1 + 2/100) = 205,4\ кг.$$

Кількість води, що додається в карамелізовану масу (у співвідношенні 1:1) приблизно 2 % на масу цукру:

$$W_к = G_{ц\ кол\ заг} \cdot 0,02 = 4,566 \cdot 0,5 = 4,108\ кг.$$

Крім морсу, цукрового сиропу і колеру в купаж додають спирт, воду, коньяк і лимонну кислоту.

Необхідна кількість спирту в купажі:

$$G_{СП} = Н_{СП} \cdot G_{к2} = 0,255 \cdot 46,6 = 11,883 \text{ м}^3,$$

де $Н_{сп} = 0,255$ – норма витрати спирту;

$G_{к2}$ – кількість купажу, м^3.

Оскільки норма витрати спирту доводиться на готовий продукт, то з необхідної кількості спирту, що входить до складу купажу, необхідно відняти спирт, що міститься в морсі і коньяку.

У коньяку міцністю 41 % об. міститься $G_6 = G_{кон} \cdot 0,41 = 0,018 \cdot 0,41 =$ $= 0,00738$ м^3 безводного спирту. Тоді кількість спирту для купажу:

$$G_{с\ куп} = G_{сп} – G_6 – G_5 – G_4 = 11,883 – 0,00738 – 0,0203 – 0,05 = 11,805 \text{ м}^3.$$

Для розрахунку кількості води, що входить в купаж, скористаємося формулою:

$$G_{вд} = G_{к2} – G_{к2} (G_{цс} + G_{кол}/1350 + G_{лк}/1542 + G_{кон} + G_{м\ куп}) – G_{с\ куп} =$$
$$= 46,6 – 46,6 \cdot (0,18 + 4,566/1350 + 3,075/1542 + 0,018 + 0,234) – 11,805 =$$
$$= 14,41 \text{ м}^3,$$

де всі складові – це обсяги купажу, цукрового сиропу, колеру (при густині 1350 кг/м^3), лимонної кислоти (при густині 1542 кг/м^3), коньяку, спирту для купажу, що подається на купажування морсу, відповідно.

4.2.2 Визначення необхідної кількості сироповарильних котлів

З розрахунку матеріального балансу для виробництва настоянки в кількості $G_н = 45$ м^3:

- маса цукру

$$М_ц = G_{к2} \cdot G_{ц\ заг} = 46,6 \cdot 156,4 = 7288,24 \text{ кг};$$

- загальна маса води в котлі $М_в = G_{к2} \cdot G_{в\ заг} = 46,6 \cdot 0,08211 \cdot 1000 = 3826,33$ кг;

- загальна маса води, що випаровується:

$$W_{в\Sigma} = G_{к2} \cdot W_в = 46,6 \cdot 0,00391 \cdot 1000 = 182,2 \text{ кг};$$

- маса води в цукровому сиропі $М_{вс} = G_{к2} \cdot G_в = 46,6 \cdot 0,0782 \cdot 1000 = 3644,1$ кг.

- маса цукрового сиропу $М_{цс} = G_{к2} \cdot G_ф \cdot \rho_{цс} = 46,6 \cdot 0,181 \cdot 1316,3 = 11102,5$ кг ($\rho_{цс} = 1316,3$ кг/м^3 – густина цукрового сиропу).

Сироповарильні котли працюють за таким графіком:

набір води (20 °С) – 10 хв.;

нагрів води до 60 °С – 15 хв.;

внесення цукру – 10 хв.;

нагрів суміші до 105 °С – 30 хв.;

спустошення котла – 20 хв.;

мийка котла – 10 хв.

Разом тривалість роботи котла становить 95 хв.

Оборотність котла при роботі сироповарильного відділення в одну зміну (8 год = 480 хв.) – z = 480 / 115 = 4.

Загальна ємність варильних котлів знаходимо за формулою

$$V = М_{цс}/(\rho_{цс} \cdot 0,8 \cdot z) = 11102,5 / (1316,3 \cdot 0,8 \cdot 4) = 2,64 \text{ м}^3,$$

де z = 4 – оборотність апарату за добу;

$\varphi = 0,75$ – коефіцієнт заповнення апарату.

Обираємо 4 сироповарильні котли при об’ємом котла $V_к = 0,2$ м^3.

Необхідна кількість сироповарильних котлів при повному об’ємі одного котла $V_{к1} = 1$ м^3 становить

$$n = V_к / V_{к1} = 2,64 / 1 = 2,64 \text{ шт.}$$

Таким чином, обираємо загальну кількість котлів $n_к = 3$ шт.

4.2.3 Розрахунок теплового балансу

Для розрахунку теплового балансу необхідні такі технологічні, фізико-хімічні параметри:

- кінцева концентрація цукрового сиропу $В_к = 65$ %;
- початкова температура води $t_в = 20$ °С;
- температура цукру $t_ц = 20$ °С;
- температура цукрового сиропу $t_{цс} = 105$ °С;
- теплоємність води $c_в = 4,19$ кДж/(кг·К);
- теплоємність матеріалу апарату $c_а = 0,522$ кДж/(кг·К);
- температура конденсату $t_{конд} = 99$ °С;
- ентальпія гріючої пари $i_{гр.п} = 2717$ кДж/кг (Р = 0,25 МПа);
- ентальпія вторинної пари $i_{вт.п} = 2687$ кДж/кг (t = 105 °С):

Рівняння теплового балансу сироповарильного апарату:

$$M_ц \cdot c_ц \cdot t_ц + M_в \cdot c_в \cdot t_в + M_а \cdot c_а \cdot t_{поч} + D \cdot i_{гр.п} =$$
$$= (M_ц + M_{вс})\, c_{сир} \cdot t_{сир} + W_{в\Sigma}\, i_{вт.п} + M_а \cdot c_а\, (t_к – t_{поч}) + D \cdot c_в \cdot t_{конд} + Q_{втр},$$

де $Q_{втр}$ – втрати тепла апаратом у навколишнє середовище, кДж;

$$Q_{втр} = 0,05 \cdot (n_к\, M_а \cdot c_а (t_к – t_{поч})) = 0,05\ (3 \cdot 1300 \cdot 0,522 (105 – 20)) = 8652,$$

де $M_а = 1300$ кг – маса сироповарильного котла.

Значення питомої теплоємності цукру:

$$c_ц = 1,1618 + 0,00356\ t_ц = 1,1618 + 0,00356 \cdot 20 = 1,233 \text{ кДж/(кг·К).}$$

Значення питомої теплоємності сиропу:

$$C_{сир} = 4,19 – [(2,512 – 0,0075 \cdot t_{цс})B_к/100] = 4,19 – [(2,512 – 0,0075 \cdot 105) \cdot 65/100] = = 3,07 \text{ кДж/(кг·К)}.$$

Витрата водяної пари на варіння сиропу:

$$D = (M_ц (c_{сир} \cdot t_{сир} – c_ц \cdot t_ц) + M_в (c_{сир} \cdot t_{сир} – c_в \cdot t_в) + W_{в\Sigma} (i_{вт.п} – c_в \cdot t_в) +$$

$$+ M_а \cdot c_а \, n_к (t_к – t_{поч}) + Q_{втр}) /(i_{гр.п} – c_в \cdot t_{конд}) = (7288,24 \cdot (3,07 \cdot 105 – 1,233 \cdot 20) +$$

$$+ 3826,33 \cdot (3,07 \cdot 105 + 4,19 \cdot 20) + 182,2 \cdot (2687 – 2,933 \cdot 105) + 1300 \cdot 3 \cdot 0,522 \cdot (105 –$$

$$– 20) + 8652) / (2717 – 4,19 \cdot 99) = 1884 \text{ кг}.$$

Кількість пари, необхідної для одного варіння:

$$D_1 = D/(z \cdot n_к) = 1884 / (3 \cdot 4) = 157 \text{ кг}.$$

Гарячий сироп охолоджують до 15-20 °С ($t_{сир\,к}$= 20 °С). Початкова температура охолоджуваного сиропу дорівнює $t_{сир.п}$ = 105 °С.

Температура охолоджуючої води:

- початкова $t_п$ = 10 °С;
- кінцева $t_к$ = 20 °С.

З урахуванням втрат холоду в розмірі 5 % витрати теплоти:

$$Q = 1,05 \cdot M_{цс} \cdot c_{сир} \cdot (t_{сир.п} – t_{сир.к}) = 1,05 \cdot 11102,5 \cdot 3,07 \cdot (105 – 20) = 3042 \text{ МДж},$$

де $M_ф$ = 11102,5 кг – маса сиропу, що надходить на фільтрування.

Витрата охолоджуючої води:

$$G_{ох.в\Sigma} = Q /(c_в \cdot (t_к – t_п)) = 3042 /(4,19 \cdot (20 – 10)) = 72,6 \text{ м}^3.$$

Витрата охолоджуючої води на одне варіння:

$$G_{ох.в} = G_{ох.в\Sigma} /(z \, n_к) = 72,6 / (4 \cdot 3) = 6,05 \text{ м}^3.$$

4.3 Розрахунок варильного котла для приготування цукрового колеру

Колероварильний котел підбирають за добовою потребою колеру. З огляду на те, що зі 100 кг цукру отримується 104,85 кг готового колеру. Знаючи кількість колеру, необхідного на добу, розраховують місткість колероварильного котла і підбирають котел. Необхідна кількість колеру – 47 кг на 1000 дал. Для 45 м^3 настоянки необхідно $М_{кк}$ = 211,5 кг цукрового колеру.

Тоді кількість цукру для приготування колеру:

$$G_{ц\,к} = (М_{кк}100) /105 = (211,5 \cdot 100)/105 = 201,4 \text{ кг}.$$

Кількість води, що додається в карамелізовану масу – приблизно 2 % на масу цукру:

$$G_в = М_{кк} \cdot 0,02 = 201,4 \cdot 0,02 = 4,03 \text{ кг}.$$

Оборотність котла при роботі в одну зміну:

$$z = 1.$$

Об’єм колероварильного котла:

$$V_{кк} = М_{кк} / (\rho_к \cdot z\ 0,7) = 211,5,4/(1350 \cdot 1 \cdot 0,7) = 0,223 \text{ м}^3,$$

де 0,7 – ступінь заповнення котла;

$\rho_к$ = 1350 кг/м^3 – густина колеру.

Обираємо котел объемом $V_{кк}$ = 250 дм^3.

Загальні витрати теплоти на варіння колеру:

$$Q_к = 1,15 \cdot [\, G_{ц\,к} \cdot c_ц \cdot (t_{кар} - t_ц) + G_в \cdot c_в \cdot (t_{кип} - t_в) + G_{ц\,к} \cdot r_ц + W_к \cdot r] =$$
$$= 1,15 \cdot [201,4 \cdot 1,233\ (200 - 20) + 4,03 \cdot 4,19\ (99,1 - 20) + 201,4 \cdot 36,84 +$$
$$+ 4,03 \cdot 2259,2] = 71942 \text{ кДж},$$

де $c_ц$, $c_в$ – питома теплоємність цукру і води, кДж/(кг·К);

$t_{ц\,кар}$ = 200 °С – температура карамелізації цукру;

$t_ц$ = 20 °С – початкова температура цукру;

$t_{кип}$ = 99,1 °С – температура кипіння води в колероварильному котлі;

$t_в$ = 20 °С – початкова температура води;

$r_ц$ = 36,84 кДж/кг – прихована теплота плавлення сахарози;

r = 2259,2 кДж/кг – значення прихованої теплоти випаровування води;

1,15 – коефіцієнт, що враховує теплові втрати в довкілля та на нагрів матеріалу апарату.

Витрата теплоти на варіння колеру на 1000 дал:

$$Q_к = 1{,}15\cdot[\, G_{ц\,к}\cdot c_ц\cdot(t_{кар} - t_ц) + G_в\cdot c_в\cdot(t_{кип} - t_в) + G_{ц\,к}\cdot r_ц + W_к\cdot r] =$$
$$= 1{,}15\cdot[47\cdot 1{,}233\ (200 - 20) + 0{,}94\cdot 4{,}19\ (99{,}1 - 20) + 47\cdot 36{,}84 +$$
$$+ 0{,}94\cdot 2259{,}2] = 10123\ кДж/1000\ дал.$$

Потужність, споживана колероварильним котлом, визначається за формулою

$$P = (Q_к\ /3600)\ k = (71942/3600)\cdot 1{,}1 = 20\ кВт,$$

де k – коефіцієнт запасу, що враховує зміни напруги струму в мережі і форсований режим роботи котла (к = 1,1).

Охолодження колеру відбувається при температурі навколишнього середовища.

ВИСНОВКИ

1. Розглянуто основи технології та основні стадії лікеро-наливкового виробництва. Наведено опис технологічного обладнання лінії виробництва наливок та режимів його роботи.

2. Проаналізовано особливості роботи теплотехнологічного обладнання лікеро-наливкового виробництва. Розглянуто конструктивні характеристики, режимні параметри та особливості експлуатації сиропо- та колероварильних котлів. Наведено загальну методику теплового розрахунку варильних котлів.

3. Визначено кількість настоянки «Горобина на коньяку» при ефективному фонді часу роботи обладнання 240 діб, що складає 1080 $м^3$/рік або 45 $м^3$ за цикл. Проведено технологічний розрахунок сироповарильного котла. Розраховано необхідну масу цукрового сиропу, що склала 11102,5 кг/цикл. Необхідна кількість сироповарильних котлів об'ємом 1000 л при заданій продуктивності по настоянці – 3.

4. Розраховано тепловий баланс сироповарильного котла. Витрати теплоти на варіння цукрового сиропу – 3042 МДж. Визначено витрати водяної пари на варіння сиропу, що склали 157 кг/цикл, а також охолоджувальної води на одне варіння – 6,05 $м^3$.

4. Проведено розрахунок колероварильного котла. Обрано 1 колероварильний котел об'ємом 250 $дм^3$. Загальні витрати теплоти на варіння колеру складають 71942 кДж. Потужність, споживана колероварильним котлом – 20 кВт.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Інноваційні технології продуктів бродіння і виноробства: підруч. / С.В. Іванов, В.А. Домарецький, В.Л. Прибильський та ін. За заг. ред. С.В. Іванова. Київ: НУХТ, 2012. – 487 с.

2. Технологія спирту, лікеро-горілчаних напоїв та дріжджів у задачах і прикладах: навч. посіб. / В.О. Маринченко, А.М. Куц, П.Л. Шиян та ін. За ред. В.О. Маринченко. Київ: НУХТ, 2015. – 354 с.

3. Технологічний регламент на виробництво горілок і лікеро-горілчаних напоїв. – К.: УкрНДІспиртбіопрод, 1993.– 330 с.

4. Напої лікеро-горілчані. Технічні умови: ДСТУ 4257:2003. – [Чинний від 2004-10-01]. – К.: Держспоживстандарт України, 2003. – 10 с.

5. Домарецький В.А., Прибильський В.Л., Михайлов М.Г. Технологія екстрактів і напоїв із рослинної сировини. / За редакцією В.А.Домарецького Підручник. – Вінниця: Нова Книга, 2005. – 408 с.

6. Спирти ароматні з рослинної сировини і ефірних олій. Загальні технічні умови: ДСТУ 4711:2007. – [Чинний від 2007-07-01]. – К.: Держспоживстандарт України, 2007. – 10 с.

7. Біологічні та фізико-хімічні основи харчових технологій: монографія / В.А. Домарецький, А.М. Куц, О.Ю. Шевченко та ін. // За ред. д-ра техн. наук, проф. В.А. Домарецького. – К.: Фенікс, 2011. – 704 с.

8. Литовченко, А.М. Виноробство із плодів та ягід: підруч. / А.М. Литовченко, А.Ю. Токар // За ред. д-ра техн. наук, проф. О.М. Литовченка. – Умань: УВПП, 2007. – 430 с.

9. Закалов О.В., Закалов І.О. Технологічне обладнання харчових виробництво: – Тернопіль., 2000, – 406 с.

10. Мирончук В.Г., Гулий І.С., Пушанко М.М. та ін. Обладнання підприємств переробної та харчової промисловості / За ред. В.Г. Мирончука. Підручник. – Вінниця: Нова книга, 2007. – 648 с.

11. Олійник, С. І. Якість цукрового сиропу для лікеро-горілчаного виробництва / С. І. Олійник // Цукор України. – 2015. – № 8 (116). – С. 30–34.

12. Олійник, С. І. Вплив цукру білого на стійкість лікеро-горілчаної продукції / С. І. Олійник // Цукор України. – 2013. – № 9 (93). – С. 18–22.

13. Розрахунок технологічного обладнання харчових виробництв : навч. посібник / укл. : О. І. Черевко, В. М. Михайлов, Л. В. Кіптела, О. Є. Загорулько, Б.В. Ляшенко, А. М. Загорулько. – Х. : ХДУХТ, 2018. – 305 с.

14. Дослідження техніко-економічних показників варильного обладнання. Методичні вказівки для студентів спеціальність 181 «Харчові технології», ОКР Спеціаліст, ОКР Магістр – Таврійський державний агротехнологічний університет, 2017. – 33 с.

15. Розрахунок і конструювання посудин і апаратів хімічної та харчової промисловості [Текст]: підручник / В.П. Михайліченко, Д.І. Нечипоренко, Т.Б. Новожилова та ін. – Харків : Видавництво та друкарня ПП «Технологічний центр», 2020. – 280 с.

16. Олійник, С. І. Цукровий колер для лікеро-горілчаного виробництва / С. І. Олійник // Цукор України. – 2014. – № 7 (103). – С. 33–36.

17. Розрахунки обладнання підприємств переробної та харчової промисловості. – К.: Основа -2002. – 319с

18. Основи розрахунку та конструювання обладнання переробних і харчових виробництв: підручник / ТДАТУ: за ред. Самойчука К.О. – К.: ПрофКнига, 2020. – 264 с.

19. Основи розрахунку та конструювання обладнання переробних і харчових виробництв: підручник / К.О. Самойчук, В.С. Бойко, В.О. Олексієнко та ін. Мелітополь: Видавничий будинок «ММД», 2020. – 428 с.