

Поп Михайло Іванович

Смерека Степан Володимирович

Розробка та дослідження автоматизованої системи керування процесом виготовлення карамельної маси

Керівник: доц. Золотий Р.З.

Development and study of an automatic control system for high-boiled sugar mass production



## АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота магістра складається з пояснювальної записки та графічної частини (ілюстративний матеріал – слайди).

Об'єм графічної частини роботи становить \_\_\_ слайдів.

Об'єм пояснювальної записки складає \_\_\_ друкованих сторінок формату А4 (210×297), об'єм додатків – \_\_\_ друкованих сторінок формату А4.

Робота складається з шести розділів, в яких нараховується \_\_\_ рисунків та \_\_\_ таблиць з даними.

В роботі використано \_\_\_ літературних джерел.

У роботі було розроблено автоматизовану систему керування процесом виготовлення карамельної маси на базі програмованого логічного контролера ОВЕН ПЛК 110. У системі використано 63 входи для аналізу процесу та виконавчі механізми для керування процесом. Було розроблено функціональну та структурну схеми автоматизації для забезпечення оптимальних параметрів ведення технологічного процесу.

Впровадження такої системи дозволить значно прокразити проуес виробництва, підвищивши якість карамельної маси та збільшивши продуктивність установки.

Ключові слова: КАРАМЕЛЬ, АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА, КОНТРОЛЕР, ГУСТИНА, ТЕМПЕРАТУРА.

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП .....</b>	<b>5</b>
<b>1. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА .....</b>	<b>7</b>
1.1. <i>Види сиропів, що використовуються для карамельної маси.....</i>	<i>7</i>
1.2. <i>Огляд властивостей карамельних сумішей. ....</i>	<i>11</i>
<b>2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА .....</b>	<b>21</b>
2.1. <i>Опис технологічного об'єкта управління. ....</i>	<i>21</i>
2.2. <i>Технологічне обладнання. ....</i>	<i>22</i>
2.3. <i>Аналіз технологічного об'єкта управління.....</i>	<i>25</i>
2.4. <i>Функціональні вимоги до систем автоматизації.....</i>	<i>25</i>
<b>3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА .....</b>	<b>27</b>
3.1. <i>Оптимізація технологічного процесу виготовлення карамельної маси .....</i>	<i>27</i>
3.2. <i>Схема автоматизації виробництва карамельної маси. ....</i>	<i>35</i>
3.3. <i>Опис використовуваних засобів автоматизації.....</i>	<i>40</i>
<b>4 НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА .....</b>	<b>44</b>
4.1. <i>Вивчення впливу компонентів рецептури на якість і структуру карамелі за допомогою нових методів. ....</i>	<i>44</i>
<b>5. СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА.....</b>	<b>50</b>
5.1. <i>Мікропроцесорна система вимірювання концентрації цукрових розчинів в виробництві карамелі.....</i>	<i>50</i>
<b>6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....</b>	<b>54</b>
6.1 <i>Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії.....</i>	<i>54</i>
6.1.1 <i>Мікроклімат та склад повітря робочої зони. ....</i>	<i>54</i>
6.1.2 <i>Виробниче освітлення.....</i>	<i>56</i>
6.2 <i>Безпека в надзвичайних ситуаціях.....</i>	<i>58</i>
6.3 <i>Розробка заходів по підвищенню безпеки роботи радіовимірювальних перетворювачів магнітного поля в умовах надзвичайних ситуацій. ....</i>	<i>59</i>
<b>ОСНОВНІ ВИСНОВКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ .....</b>	<b>61</b>
<b>БІБЛІОГРАФІЯ.....</b>	<b>62</b>

## ВСТУП

Аналіз технологічного процесу отримання карамелі з перешарованими начинками показує, що спільними недоліками існуючих способів є їх трудомісткість, періодичність процесу, отримання карамелі з нестабільною структурою.

Кондитерська промисловість - одна з важливих галузей економіки, яка покликана забезпечити стійке постачання населення високоякісними продуктами харчування в обсягах і асортименті, необхідних для формування правильного, всебічно збалансованого раціону харчування на рівні фізіологічно рекомендованих норм споживання.

Ефективність розвитку кондитерської промисловості забезпечується зростаючим попитом населення на кондитерську продукцію і конкурентним потенціалом галузі в умовах жорсткої конкуренції. Кондитерські вироби - як борошняні, так і цукристі - є продукцією повсякденного попиту.

Виробництво карамелі становить приблизно 18% від усього обсягу кондитерських виробів. Залежно від начинок карамель ділять на три основні групи: карамель з рідкими начинками, густими (високов'язкими) і комбінованими. Найбільша за обсягом група карамелі - це карамель з рідкими начинками, яка складає більше 50% від загального випуску.

Виробництво цієї групи найбільш механізовано і виконується на потокових лініях. Група карамелі з високов'язкими жировмісними начинками включає вироби з олійно-цукровими, горіховими і шоколадно горіховими начинками і, в основному, представлена карамеллю з перешарованими начинками. Ця група має найбільш високу харчову цінність і становить близько 20% від загального випуску.

Виробництво карамелі з перешарованими начинками виконується на напівмеханізованих лініях і пов'язане з великою трудомісткістю. Вищі

трудовитрати при виробництві карамелі з перешарованими начинками, ніж карамелі з рідкими начинками, в першу чергу, обумовлені високою трудомісткістю операції транспортування і дозування густих начинок, а також утворення начинки перешарованої карамельної масою.

Подальший розвиток виробництва групи карамелі з перешарованими начинками пов'язано з необхідністю впровадження механізованих процесів дозування і транспортування густих начинок з метою створення безперервного способу подачі густих начинок, безперервного формування багатошарового батона і вироблення карамелі високої якості. При зростаючих масштабах виробництва карамелі з перешарованими начинками розробка зазначених способів і впровадження нової технології виробництва, що дозволяє механізувати процес, знизити трудовитрати, збільшити випуск цих виробів, поліпшити якість є актуальним завданням, що представляє значний інтерес для галузі.

# 1. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

## 1.1. Види сиропів, що використовуються для карамельної маси

Сироп - концентрований, але ненасичений розчин різних цукрів: глюкози, фруктози, сахарози, лактози, мальтози і їх похідних. Як розчинник при приготуванні сиропів можуть виступати вода і молоко.

За стандартами сиропи - це розчини, концентрація яких складає не менше 50%. Сиропи представляють собою прозору, в'язку, практично безбарвною рідиною.

Залежно від виду розчинника і розчиненої цукру сиропи поділяються на:

- о цукрово-патоковий;
- о цукрово-патоковий-інвертний;
- о цукрово-інвертний;
- о цукрово-агарових;
- о глюкозо-фруктовий і т. д.

Тобто назва сиропу формується в залежності від його складових частин. У кондитерському виробництві працюють з висококонцентрованими сиропами, концентрація яких становить не менше 70%, так як сахароза при такій концентрації виступає в ролі консерванту.

2. Вимоги, що пред'являються до сиропів Сиропи повинні бути прозорими, без зважених часток, які не включати в себе кристалики сахарози, обов'язково мати колір від безбарвного до світло-жовтого. Винятком є молочні сиропи, мають кремовий колір в результаті протікання реакції меланоїдиноутворення.

Якість сиропів залежить від способу їх приготування. Чим менше тривалий термічний вплив, тим менше змінюється хімічний склад сиропу, тим, відповідно, його якість вище.

Вимоги, що пред'являються до якості карамельного сиропу:

- 1) температура зберігання 90 °С;
- 2) сироп не повинен містити кристаликів сахарози і домішок органічного пилу, які в подальшому можуть стати центром кристалізації;
- 3) вологість і вміст редукуючих речовин повинні бути стабільні в процесі зберігання;
- 4) сироп повинен бути прозорим і не дуже прозорим в тому випадку, якщо до його складу входять молочні продукти;
- 5) вміст сухих речовин карамельного сиропу, виготовленого на патоці, 82 - 84%; вміст редукуючих речовин 14%;
- 6) вміст сухих речовин карамельного сиропу із застосуванням інверта 86%; вміст редукуючих речовин 16%.

### 3. Безперервні способи отримання сиропів

Існує два безперервних способу приготування сиропів:

I. Приготування сиропу при підвищеному тиску.

II. Приготування сиропу при атмосферному тиску.

Приготування цукрово-патокового сиропу на сироповарочних станціях ШСА-1

На рис. 1.1 зображена апаратурно-технологічна схема виробництва сиропів на сироповарочних станціях ШСА-1 із застосуванням надлишкового тиску.

У ємності 1 знаходиться вода, попередньо підігріта до 40 °С (Солодка вода - вода після промивання устаткування). У ємності 2 знаходиться патока (температура 40 - 45 °С), в ємності 3 – інвертний сироп.

За допомогою плунжерних насосів 4 (дозуючі насоси) ці компоненти в рецептурній кількості закачуються в змішувач 7, в який з приймальні ємності 5 за допомогою стрічкового накопичувача 6 подається рецептурну кількість попередньо просіяного цукрового піску.



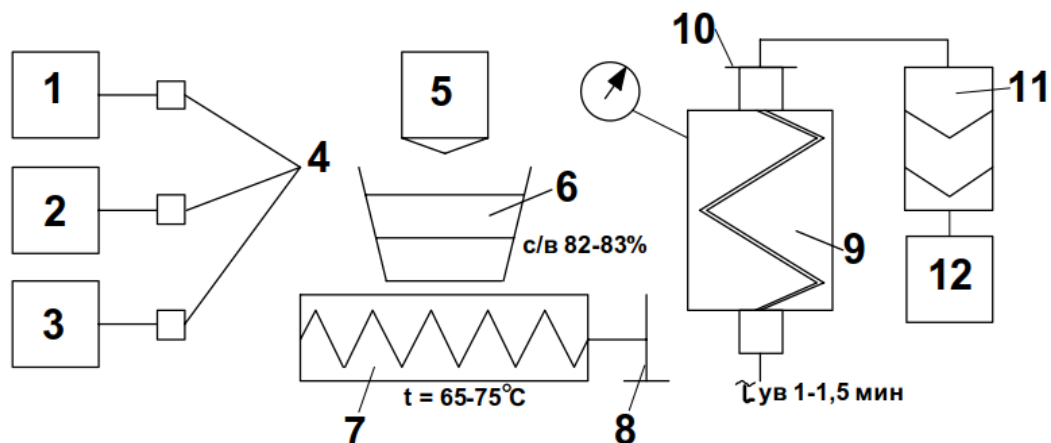


Рисунок 1.1 - Апаратурно-технологічна схема виробництва сиропів на сироповарочних станціях ШСА-1.

Змішувач 7 забезпечений шнековою мішалкою, а також має парову сорочку, за рахунок якої температура всередині змішувача підтримується на рівні 65 - 75 °С. За час проходження по змішувача цукор частково розчиняється і закачується за допомогою плунжерного насоса 8 в змійовик колонки 9. У змійовику через діафрагми 10 створюється надлишковий тиск, тому рецептурна суміш, проходячи по змійовику, зазнає гідростатичний опір, за рахунок якого відбувається часткове видалення вологи. А за рахунок пари, що гріє, який омиває змійовик (тиск пари, що гріє 5 - 6 атм.), процес уварювання відбувається повністю. Далі уварений сироп надходить на паровідділювач 11 і готовий сироп (вміст сухих речовин - 82 - 84%, редукуючих речовин 14 - 16%) надходить в проміжну ємність 12.

Загальна тривалість уварювання сиропу на ШСА-1 становить 5 хвилин, а конкретно процес уварювання (знаходження суміші змійовиковій колонці) - 1,5 хвилин.

Приготування карамельного сиропу при атмосферному тиску.

На рис. 1.2 зображений апарат для приготування сиропу під атмосферним тиском.

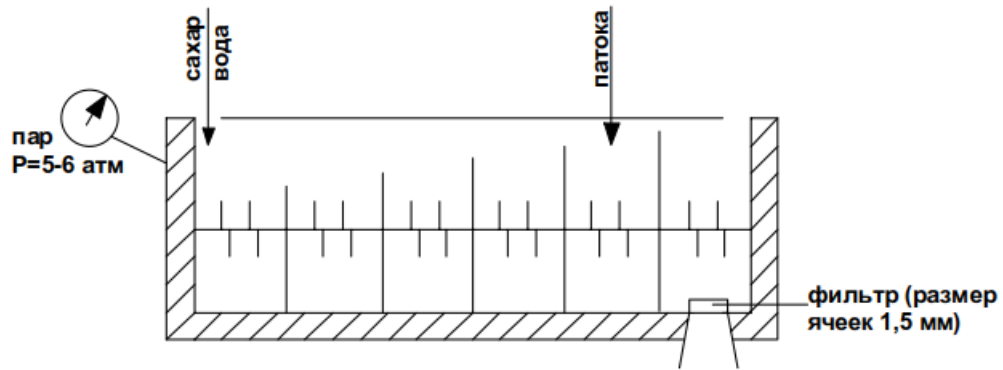


Рисунок 1.2 - Апарат для приготування сиропу під атмосферним тиском.

Цукор розчиняють у воді, в отриманий сироп вводять патоку або інвертний сироп, або їх комбінують в різних співвідношеннях.

Так як патоку або інвертний сироп вводять тільки після розчинення цукру, заключну частину процесу уварювання можна проводити, не вдаючись до підвищення температури в результаті збільшення тиску, і внаслідок цього отримати більш світлий сироп.

Основним агрегатом пристрою є розчинник секційного типу, в якому цукор, як вхідна сировина перетворюється у сироп і далі послідовно переходить по усіх шести секціях.

Просіяний і попущений через магніт цукор дозується шнековим дозатором в I секцію. В неї також безперервно за допомогою дозуючого пристрою вводиться попередньо підігріта вода в потрібній кількості для розчинення цукру. Власне процес розчинення цукру і далі весь процес створення сиропу відбуваються при нагріванні.

Нагрівання здійснюється парою, для чого агрегат обладнаний теплової сорочкою. Для перемішування маси змонтована лопатева мішалка, вісь якої проходить через всі секції апарату. Усі перегородки, що розділяють секції мають отвори, власне через які маса сиропу транспортується між секціями.

У сукціях II та III відбувається процес повного розчинення цукру, а у IV секції розчин з цукру нагрівається до температури кипіння. У киплячий цукровий розчин змішувальної секції безперервно транспортується попередньо підігріта патока або сироп інвертного типу, або їх поєднання. Дозування цих компонентів забезпечується насосом плунжерного типу. Далі сироп відфільтровують за допомогою спеціального фільтру.

Готовий відфільтрований сироп накопичується в останній секції, звідки подається в виробництво карамельної маси.

## **1.2. Огляд властивостей карамельних сумішей.**

До кондитерських мас, в яких цукор знаходиться в аморфному стані, відносяться: карамель лита і тягнута, ірисний лита маса, карамель для халви і грильяжу.

Аморфні тіла характеризуються тим, що перехід з рідкого стану в тверде відбувається в широкому температурному інтервалі. Так при одних температурах ці тіла рідкі (карамель рідка при 110 ... 140 °C), а при інших температурах - тверді тіла (карамель тверда при 20 °C).

Карамельна маса - кондитерська маса, в якій цукор знаходиться в аморфному стані. Карамельну масу отримують шляхом уварювання висококонцентрованих карамельних сиропів (розчини різних вуглеводів) до концентрації 96 - 99%.

До складу карамельної маси, якщо вона виготовлена на патоці, входять:

сахароза - 58%;

декстрини - 20%;

глюкоза - 10%;

мальтоза - 7%;

фруктоза - 3%;

вода - 2%.

Карамельна маса із застосуванням інвертного сиропу містить не тільки цукру, але і продукти глибокого розпаду:

- сахароза - 78 ... 80%;
- глюкоза + фруктоза - 18 ... 20%;
- вода - до 2%.

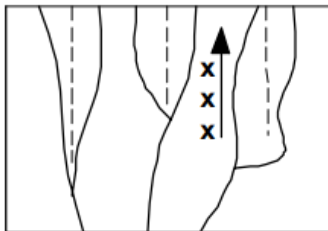
Якість карамельної маси залежить від рН-середовища, температури, тривалості температурного впливу і співвідношення рецептурних компонентів.

Лита карамельна маса - аморфна, склоподібна, прозора, безбарвна, тендітна, В'язкопружні маса. Має високу гігроскопічність, схильна до намокання. Температура затвердіння литої карамельної маси 56 - 67 °С, щільність - 1,54 кг / м<sup>3</sup>.

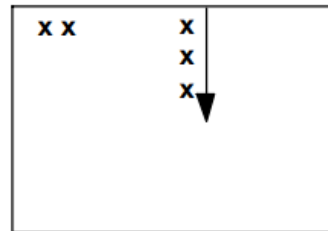
Тягнута карамельна маса - аморфна, непрозора, капілярно-пориста, з шовковистим блиском, в'язкопружна маса. Щільність тягнутої карамельної маси 1,25 кг / м<sup>3</sup>.

Відмінність тягнутої карамельної маси від литої полягає в тому, що тягнута маса менш гігроскопічна, так як волога дифундує всередину, завдяки капілярно-пористій структурі, а на поверхні капіляри закриваються кристалічної скоринкою, яка оберігає карамель від намокання (рис. 1.3).

#### Тягнута карамельна маса



#### Лита карамельна маса



напрямок  
процесу  
нацукровуван-  
ня

Рисунок 1.3 - Структура тягнутої і литої карамельної маси.

Чиста сахароза в кристалічному вигляді не гігроскопічна, а в аморфному - гігроскопічна. Глюкоза, фруктоза, мальтоза в кристалічному і аморфних станах гігроскопічні. Глюкоза в кислому середовищі більш гігроскопічна, ніж фруктоза. У лужному середовищі фруктоза має більшу гігроскопічність. Гігроскопічність сахарози і мальтози при зміні рН змінюється незначно.

- Чим більше глюкози, тим гігроскопічність більше.
- Чим більше редукуючих речовин, тим вище гігроскопічність.
- Чим вище вологість карамелі, тим вище гігроскопічність.

Щоб отримати якісну карамельну масу, треба використовувати низькоцукровану патоку, так як в ній міститься менше кількість глюкози. Тому гігроскопічність готової карамельної маси знижується, а за рахунок високого вмісту мальтози карамель виходить прозора, безбарвна (світло-жовта), так як процес гідролітичного розщеплення мальтози відбувається менш інтенсивно, ніж у глюкози.

Рушійна сила кристалізації:

- перенасичення;
- температура;
- механічна дія;
- концентрація сухих речовин.

Сахароза в карамельної масі з вмістом сухих речовин 96 - 99% при температурі 110 - 140 °C

З знаходиться в пересичені, переохолодженому стані, тобто, створені умови для процесу кристалізації.

Мальтоза, глюкоза, фруктоза, лактоза здатні адсорбуватися на поверхні сахарози, утворюючи енергетичний бар'єр. Зацукровування призводить до втрати пластичності.

2. Отримання литий і тягнутої карамельної маси з сиропу

Способи виробництва карамельної маси:

1. Приготування на відкритих варильних котлах.
2. Під надмірному тиском змійовиково-врученій колонці.
3. В універсальному змійовиково-вакуумному апараті 33-А.
4. В універсальному вакуум-апараті М-184.
5. У плівковому уварювачі.

Схема приготування карамельної маси під надлишковим тиском змійо колонці (рис. 1.4).

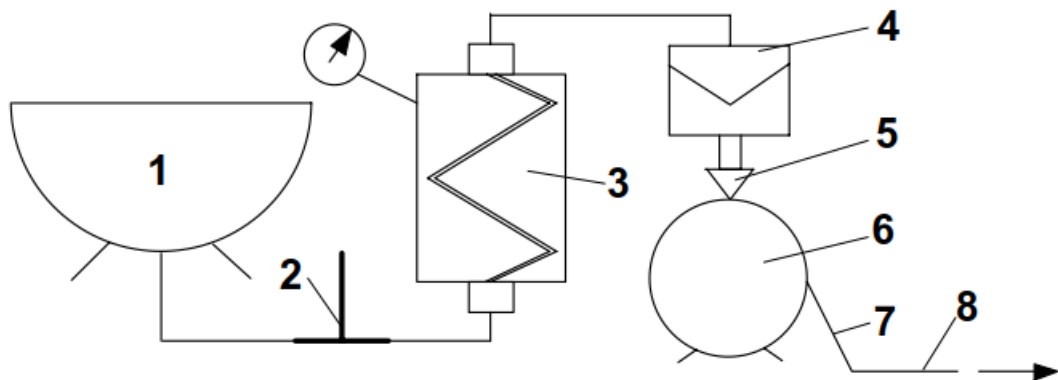


Рисунок 1.4 - Схема виробництва карамелі під надлишковим тиском

Готовий карамельний сироп з відкритого варильного котла 1 (зміст сухих речовин 82 - 84%, редукуючих речовин 14 - 16%) за допомогою плужерного насоса 2 закачують в змійовикововарочну колонку, в якій відбувається уварювання цукропаточного сиропу до карамельної маси під дією гідростатичного опору, створюваного в змійовику, і пари, що гріє з тиском 5-6 атм. З колонки 3 готова карамельна маса надходить в паровідділювач 4.

Після паровідділювача готова карамельна маса (вміст сухих речовин - 96 - 98%, редукуючих речовин - не менше 20% і не більше 23%) потрапляє в приймальну воронку 5 охолоджувальної машини 6. За допомогою приймальні воронки карамельна маса розподіляється по холодному тілу барабану у вигляді стрічки товщиною не більше 4 мм.

Температура охолоджуючої води в охолоджувальному барабані не більше 12 °С. За рахунок зіткнення гарячої карамельної маси (температура 140 °С) з холодною поверхнею охолоджуючого барабана, карамельна маса охолоджується до 90 °С. З (пластичне стан). Ця температура є оптимальною, тому що карамельна маса при цій температурі досягає такої в'язкості, при якій процес кристалізації сахарози сповільнюється (температура карамельної маси варіюється від 110 до 140 °С.

З залежно від способу приготування). При цій температурі сахароза знаходиться в переохолодженому стані (температура плавлення - 168 - 180 °С, вміст сухих речовин - 99%), тобто, створені всі умови для процесу кристалізації.

За допомогою знімного ножа 7 карамельна маса знімається з охолоджуючого барабана і прямує на похилий охолоджуючий стіл 8. Час приготування карамельної маси - протягом 5 - 10 хв.

Фізико-хімічні показники:

- вміст сухих речовин - 96 - 99% (135 - 140 °С);
- вміст редукуючих речовин не менше - 20% і не більше 23% (підкислених).

Для приготування карамельної маси використовують універсальний змеевиковую-вакуумний апарат 33-А (рис. 1.7).

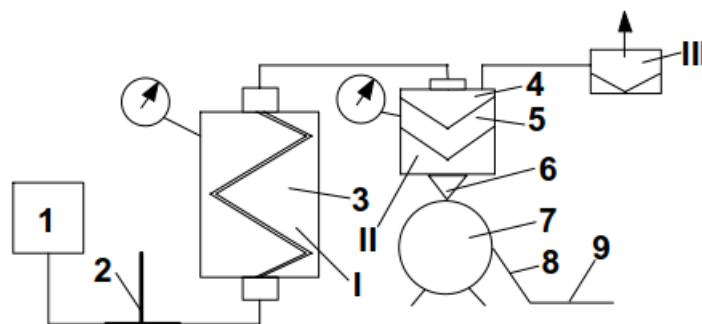


Рисунок 1.5 - Схема приготування карамелі з застосуванням змійовидного-вакуумного апарату 33-А.

Готовий цукрово-патоковий сироп 1 (вміст редукуючих речовин - 14 - 16%, вміст сухих речовин - 82 - 84%) закачується за допомогою плунжерного насоса 2 змієвидну-варильну колонку 3 (тиск пари, що гріє 4-5 атм.) і відбувається часткове уварювання карамельної маси (до змісту сухих речовин 90%).

Частково уварена карамельна маса переходить в вакуумну камеру вакуумного апарату 4 (тиск 0,8-1 атм.). В результаті розрядження відбувається остаточне уварювання карамельної маси

(До змісту сухих речовин - 94 - 99%, редукуючих речовин - 20 - 23%). У міру уварювання карамельна маса зливається в приймальну воронку охолоджувальної машини 6, далі на охолоджуючий барабан 7. За допомогою знімного ножа 8 знімається на охолоджуючого столу 9.

Температура уварювання - 106 - 125 °С, час уварювання - 1,5 - 2 хв.

Універсальний вакуум-апарат для приготування карамельної маси періодичної дії М-184 складається з 2-х котлів (рис. 1.6).

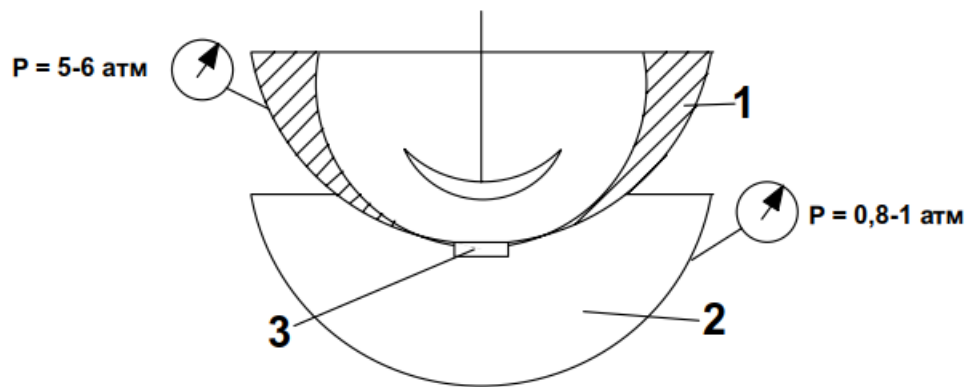


Рисунок 1.6 - Схема універсального вакуум-апарату періодичної дії М-184.

Верхній чавунний котел 1 з паровою сорочкою служить для уварювання карамельної маси. Процес уварювання відбувається при атмосферному тиску. Для прискорення процесу випаровування вологи всередині котла є мішалка.



Готовий карамельний сироп (вміст сухих речовин - 82 -84%, редукуючих речовин - 14 - 16%) надходить в приймальну воронку верхнього котла (тиск пари, що гріє 5 - 6 атм); при включеній мішалці карамельна маса уварюється до вмісту сухих речовин 95% або до температури кипіння 130 - 135 °С. Потім до верхньому котла підсмоктується нижній котел 2 за рахунок того, що за допомогою макроповітряного насоса всередині нижнього котла створюється розрідження (тиск 1 атм.). Відкривається розвантажувальний отвір 3 верхнього котла і маса надходить в нижній котел, де видаляється до 4% вологи, маса охолоджується.

Температура готової карамелі 135 - 138 °С, час уварювання 20 хв.

Приготування карамельної маси в плівковому уварювачі. Готовий цукрово-патоковий сироп закачується в приймальний патрубок плівкового уварювача 1 (рис. 1.7). Усередині нього є ротор 3, частота обертів якого 150 - 200 об / хв, в результаті цього карамельний сироп розбризкується по стінках плівкового уварювача, який забезпечений паровою сорочкою 2 (тиск пара 5 - 6 атм).

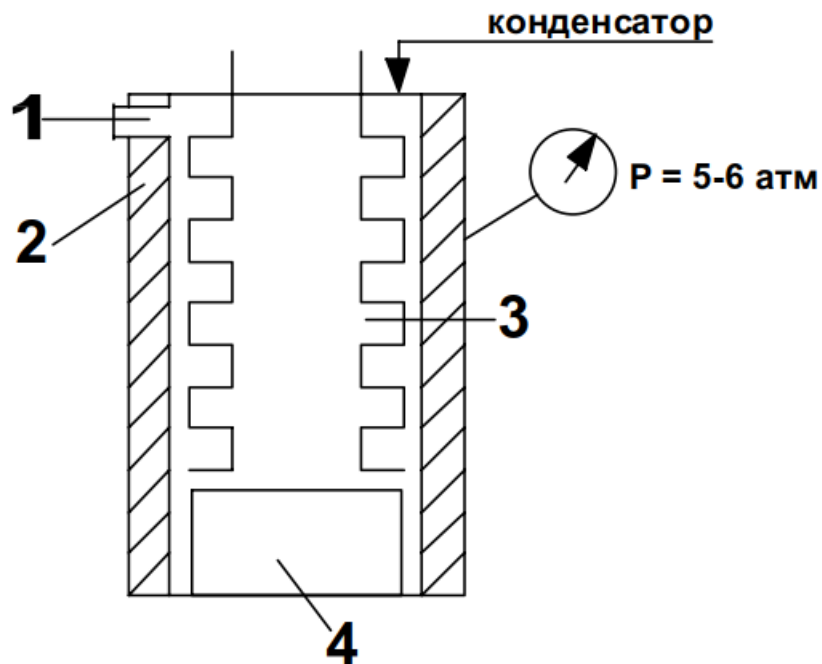


Рисунок 1.7 - Схема плівкового уварювача.

Під дією сили тяжіння спочатку цукрово-патоковий сироп, а потім і карамельна маса стікають по гріючій поверхні у вигляді тонкого шару (уварювання в тонкому шарі), через розвантажувальний отвір виходить готова карамельна маса. Час уварювання - 20 сек, температура карамельної маси на виході 115 - 120 °С.

Залежно від відсотка змісту патоки, карамельну масу рекомендують уварювали до такого змісту вологи.

Чим вище в'язкість (тобто більше патоки і вищий вміст сухих речовин), тим довше карамельна маса зберігає свою пластичність і менше кристалізується.

### 3. Дефекти карамельної маси

Причини зацукровування карамельної маси:

- Низький вміст редукуючих речовин (менш 20%).
- Підвищення вологості карамельної маси.
- Неповне розчинення цукрового піску, тобто збереження центрів кристалізації.
- При різкому розрядженні вакуумної камери відбувається механічне струшування готової карамельної маси, що призводить до появи зародків центрів кристалізації.
- При неповному зливі карамельної маси з виручених агрегатів або різкому підвищенні тиску пари понад 6 атм., відбувається обуглювання карамельної маси, частинки якої можуть виступати в якості центрів кристалізації.

- Попадання води в готу ву карамельну масу.
- Висока відносна вологість повітря при зберіганні, вище 75%.

Причини нашарування карамельної маси на охолоджуючий барабан:

- підвищення вологості карамельної маси;
- підвищення вмісту редукуючих речовин;

- недостатнє охолодження барабана, температура охолоджуючої води більше 12 °С;
- якщо температура охолоджуючої води менше 3 °С, відбувається випадання точки роси.

#### 4. Отримання литий ірисний маси

Лита ірисний маса - багатокомпонентна кондитерська маса, що складається з вуглеводів, білків, жирів. У ірисний масу можуть вносити терті і подрібнені горіхи, фруктово-ягідні напівфабрикати, мак, кава і т. д. Ірис може бути з начинкою або без неї. Цукор знаходиться в аморфному стані. Основна хімічна реакція, що протікає при виробництві литий ірисний маси - реакція меланоїдоутворення.

Залежно від рецептури і способів виробництва ірис підрозділяється на п'ять основних типів: карамелеобразний - твердий, аморфної структури; тиражений напівтвердий - аморфної структури; тиражений м'який; напівтвердий - в'язкий, аморфної структури; тиражений тягучий - м'який, тягучий з додаванням желатину.

Для отримання литої ірисний маси Застосовують змієвидну - варильну колонку (рис. 1.8).

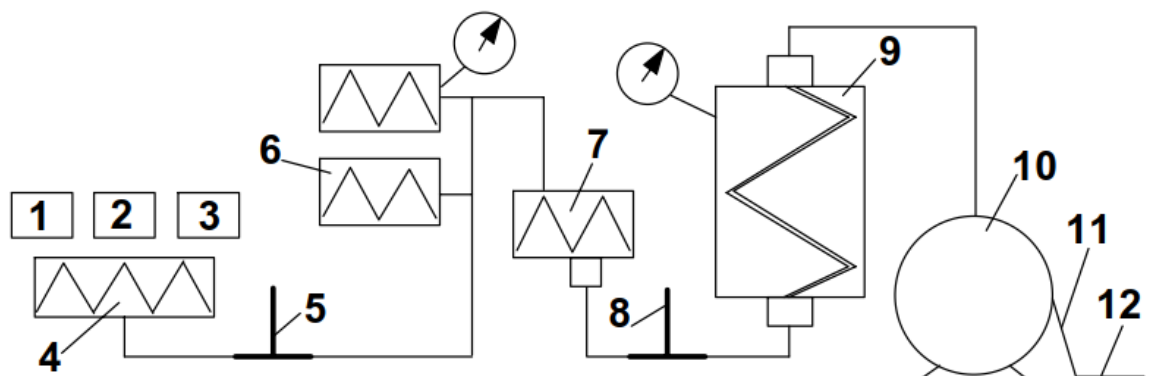


Рисунок 1.8 - Схема отримання литої ірисної маси.

Змішувач 4 має водяну сорочку, в результаті чого температура в змішувачі підтримується на рівні 70 °С. В змішувач 4 в рецептурному

кількості відміряється цукрово-патоковий сироп (вміст сухих речовин 82 - 84%, редукуючих речовин - 14 - 16%) з ємності 1, згущене молоко з ємності 2, з ємності 3 - попередньо розплавлене вершкове масло (маргарин, кокосове масло).

Всі рецептурні компоненти перемішуються в змішувачі 4 і з допомогою плунжерного насоса 5 суміш закачується в теплообмінник 6 (тиск 1-1,5 атм). В теплообміннику рецептурна суміш уварюється до вмісту сухих речовин - 90%. Готова рецептурна суміш закачується в темперуючу машину 7 і витримується при °С.

З при постійному помішуванні протягом 1-1,5 години. В цей час відбувається реакція меланоїдиноутворення, в результаті чого утворюються меланоїдини, альдегіди, що надають специфічний смак, колір, запах.

За допомогою плунжерного насоса 8 рецептурна суміш закачується в змійовидну-варильну колонку 9 (тиск пари, що гріє не більше 3 атм.). Готова ірисний маса (вміст сухих речовин - 92 - 96%, редукуючих речовин - 16 - 17%) надходить на охолоджуючий барабан 10, де в тонкому шарі охолоджується до °С. За допомогою знімного ножа 11 знімається на похилий охолоджуючий стіл 12.

Фізико-хімічні показники литий ірисний маси:

- вміст вологи - не більше 9%;
- вміст редукуючих речовин - не більше 17%.

#### 5. Отримання грильжної маси

Грильжні маси мають аморфну структуру і бувають двох сортів:

$\frac{3}{4}$  м'який грильж, одержуваний увариванием фруктової маси з додаванням подрібнених горіхів;

$\frac{3}{4}$  твердий грильж, одержаний за допомогою розплаву цукру і змішування з подрібненими горіхами.

## 2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

### 2.1. Опис технологічного об'єкта управління.

Для отримання карамельної маси широко використовується двоступенева технологічна схема, яка включає стадії приготування і уварювання сиропу. У схемі управління уварюванням карамельної маси (рис. 2.1) для приготування карамельного сиропу використовують очищений від феродомішок цукор-пісок, який надходить через дозатор 1 в змішувач 53. У цей же змішувач з комплексного дозатору 2 надходять патока, інвертний сироп, водопровідна вода. Патока попередньо підігрівається до температури 70 °С. в змішувачі 3, забезпеченою паровою сорочкою, відбувається перемішування компонентів і часткове розчинення цукру-піску. Концентрація сухих речовин в сиропі 84-88%.

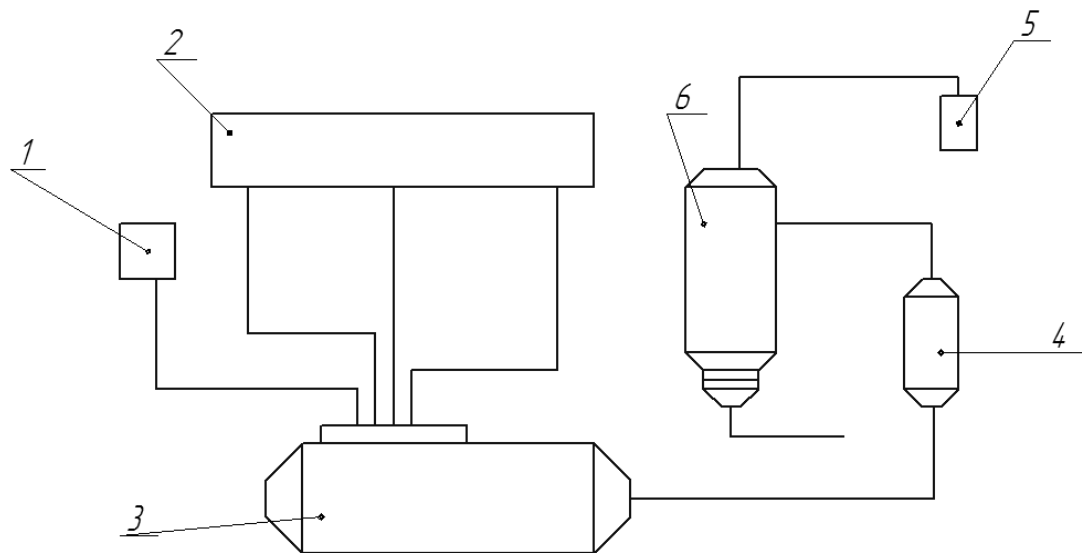


Рисунок 2.1 - Схема уварювання карамельної маси.

Для більш інтенсивного розчинення компонентів безпосередньо в змішувач вводять пар при постійні тиску. При безперервному перемішуванні

сироп доводять до температури 130-150 ° С. приготований таким чином сироп надходить на подальше уварювання в змійовик вакуум-апарату 6, звідки уварений напівфабрикат подається в вакуум-камеру 4, де закінчується приготування карамельної маси шляхом подачі вакуум-насосом вторинного пара з конденсатора змішання 5.

## 2.2 Технологічне обладнання.

Комплексний дозатор.

Станція призначена для порційного дозування рідких компонентів в процесі замісу тіста або опари. Станція є автоматичним самоналаштовуваним виробом з контролем і обліком циклів дозування. Станція має виконання на дозування від двох до шести компонентів.



Рисунок 2.2 - Комплексний дозатор.

Змішувач.

Змішувачі одновальні безперервної дії служать для перемішування продукту одночасно з підігрівом.

Продуктивність, т / год	1
Радіус дії, мм:	
найбільший	1200
найменший -	-
Встановлена потужність, кВт	3,55
Габаритні розміри, мм:	
довжина	2675
ширина	700
висота	2727 *
Маса, кг до	1287 *



Рисунок 2.3 - Змішувач.

#### Вакуум-апарат.

Універсальний варильний вакуум-апарат з напівавтоматикою М-184 призначений для уварювання в невеликих кількостях щербета, ірисної, карамельної, желевної та інших кондитерських мас.

Вакуум апарат М184 складається з верхнього напівсферичного котла і нижнього. Під час варіння в верхньому котлі карамельної та желевної мас, різних начинок, мармеладу, мас для ірису, вершкових і інших сортів м'яких

цукерок, маса в чаші вакуум апарату перемішується якірної мішалкою на електродвигуні. Нижній котел вакуум апарату є прийомним, кріпиться на поворотній вилці і при закінченні варіння карамельної маси, котел виводиться з під вилки для розвантаження.

Технічні характеристики:

- Робоча ємність, м<sup>3</sup> 0,06
- Геометрична ємність, м<sup>3</sup> 0,095
- Робочий тиск пари в паровій сорочці, МПа, не більше 0,6
- Робоче розрідження, МПа 0,079
- Швидкість обертання мішалки, об / хв 110

Маса: 680 кг

Продуктивність: 50-150 кг / год

Габаритні розміри ДхШхВ: 1378x868x1680 мм



Рисунок 3.4 - Вакуум-апарат.

Насос для перекачування карамельної маси.

Гвинтовий насос Nemo Netzsch для перекачування рідких, в'язких, не текучих, агресивних, з шматочками продуктів: сік, сусло, концентрат,



варення, паста, джем, мазут, віск, патока, мед, паштет і т. Д. Продуктивність - від літрів / ч до 400 м3 / год. Тиск - до 48 атм.



Рисунок 3.5 - Насос.

### **2.3. Аналіз технологічного об'єкта управління**

У таблиці 2.1 наведені параметри, які підлягають контролю і регулювання, необхідні для вирішення завдання автоматизації даного технологічного процесу.

### **2.4. Функціональні вимоги до систем автоматизації**

Будь-яка система автоматизації є сукупністю локальних систем. Залежно від виконуваних функція розрізняють:

- системи автоматичного контролю;
- системи автоматичної сигналізації;
- системи автоматичного регулювання;
- системи автоматичного пуску і зупинки устаткування;
- системи автоматичного захисту та блокування;
- системи програмно-логічного управління.

Локальні системи повинні забезпечувати вимоги технологічного регламенту до точності, швидкодії і іншими показниками їх роботи.

Таблиця 2.1

## Параметри системи автоматизації

Устаткування (вузол)	Технологічна операція	Параметр	Функція системи автоматизації	Обґрунтування системи автоматизації
Змішувач	Перемішування суміші	Рівень	Контроль	
			Блокування	
			Сигналізація	
		температура	Контроль	
Регулювання				
Вакуум-апарат	Уварювання маси.	Тиск в апараті	Контроль	
			Температура	
Насос	Транспортування	Стан електродвигуна	Контроль	
			Пуск	
			зупинка сигналізація	
Комплексний дозатор	Дозування компонентів в	Витрата компонентів в дозатор	Контроль	
			регулювання	
		Витрата компонентів з дозатора	Контроль	
			регулювання	
		Стан дозатора	Контроль	
			Пуск і зупинка	
сигналізація				

## 3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

### 3.1 Оптимізація технологічного процесу виготовлення карамельної маси

Розглянемо виробництво карамелі з перешарованими начинками на лінії (рис. 3.1).

Ця лінія дозволяє максимально механізувати і автоматизувати процес виробництва карамелі.

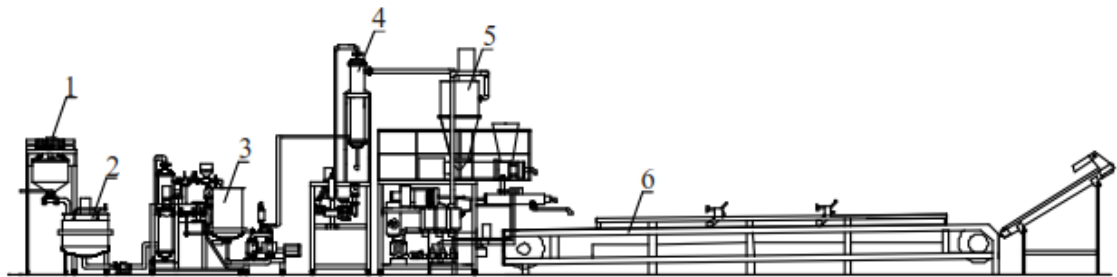


Рисунок 3.1 - Апаратурно-технологічна схема виробництва карамелі: 1 - установка автоматичного зважування компонентів «КОНТИГРАВ»; 2 - резервуар для сиропу; 3 - попередній варочник; 4 - остаточний варочник «РОТАМАТ»; 5 – вивіз система «суком»; 6 - охолоджуючий транспортер.

Приготування карамельного сиропу складається з наступних етапів:

- зважування сировини;
- приготування однорідної маси і попереднє розчинення кристалів цукру;
- остаточне розчинення кристалів цукру.

Зважування цукру, патоки і води, необхідних для приготування сиропу, здійснюється в установці «КОНТИГРАВ» (1) в автоматичному режимі. Далі рецептурна суміш порційно зливається в резервуар для сиропу (2).

В резервуарі маса рівномірно перемішується і потім насосом перекачується в попередній варочник (3), в якому розчиняються ще наявні в сиропі кристали цукру. Маса розчиняється і уварюється при температурі (110-114) ° С. Попередній варочник складається з Крос-Флоу варочника, випарної посудини, насосів і парової станції. Сироп безперервно качається крізь Крос-Флоу варочник в випарної посудину і далі крізь остаточний варочник (4). Час перебування сиропу в Крос-Флоу варочнику 30-90 секунд. Загальновідомо, що для отримання високоякісних світлих карамельних сиропів необхідно звести до мінімуму час впливу високих температур. Масова частка редукуючих цукрів при цьому повинна бути в межах 12-14%. Варіння сиропів виробляли за різними рецептурами. Співвідношення вагових частин цукру і патоки брали 100: 80; 100: 90 і 100: 100 відповідно. Найбільш якісні сиропи виходили за рецептурою, представленої в табл. 3.1.

Таблиця 3.1.

## Рецептура карамельного сиропу

Найменування сировини і напівфабрикатів	Масова частка сухих речовин	Витрати сировини, кг	
		На 1 т напівфабрикату	
		В натурі	В сухих речовинах
Цукор	99,85	553,20	552,37
Патока	78,0	553,20	431,49
Разом		1106,4	983,86
Вихід	97,5	1000,0	975,0

Як показали практичні дослідження, збільшення кількості патоки в карамельних сиропах до процентного співвідношення 100: 100 дозволило

досягти необхідного змісту редукуючих цукрів за мінімально можливий час уварювання.

В процесі уварювання карамельного сиропу на кінці жолоба випарного судини датчик вимірює температуру попередньої варіння. В остаточному варочнику маса уварюється до залишкового вмісту вологи 1,5-3% (визначається автоматично, фіксується на моніторі). Після остаточного варочника маса потрапляє в випарної посудину. Утворений при варінні вторинний пар видаляється з апарату.

Приготування карамельної маси здійснюється в головному (остаточному) варочнику «РОТАМАТ» роторного типу (4). роторні варильні системи уможливають безперервну і швидко варіння цукрових розчинів і молочновмісних мас. У «РОТАМАТІ» обертається циліндричний ротор в статорі з подвійною стінкою. Попередньо розчинена цукрова маса або цукрова маса з молоком прокачується в зазорі між ротором і статором.

Для варіння рідкого середовища подвійна сорочка статора забезпечується парою.

Через поверхню статора теплота передається рідкому середовищу. Температура варіння визначається в залежності від тиску пари і продуктивності, контролюється температурним датчиком.

Далі маса потрапляє в вивантажувальну і змішувальну систему «сукома» (5), що представляє собою вакуумну камеру в спеціальному виконанні, що включає електронний контроль температури і цифрову індикацію температури. З вакуумної камери, через днище, в якому встановлений спеціальний вивантажний шнек, маса безперервно подається в змішувальний шнек. Система самоупаковуюча, що дозволяє забезпечувати безперервне вивантаження карамельної маси при підтримці постійного рівня вакууму. На змішувальному шнеку встановлені дозатори для кислоти, ароматизаторів і барвників. Конструкція шнека забезпечує гомогенний розподіл компонентів в масі.

Вивантажний система дозволяє здійснювати процес безперервної аерації карамельних мас стисненим повітрям таким чином, що досягається ефект тїгнутої карамелі без застосування тягнульних машин. В результаті вищеописаних технологічних процесів карамельна маса містить:

- зміст сухих речовин - 2,5%;
- вміст редукуючих речовин - 21,5%.

Температура карамельної маси становить 100-105 ° С.

Отримана маса є тягнутою, пофарбована в рожевий колір, ароматизована. Для підтримки якості карамельної маси за змістом сухих речовин відповідно до вимог нормативно-технічної документації технологам рекомендується на стадії уварювання користуватися графіком кривих кипіння фірми Клекнер Хензел Процесінг (рис. 3.2).

За допомогою даного графіка технолог з високим ступенем точності можна задати необхідні параметри уварювання карамельної маси для гарантованої якості.

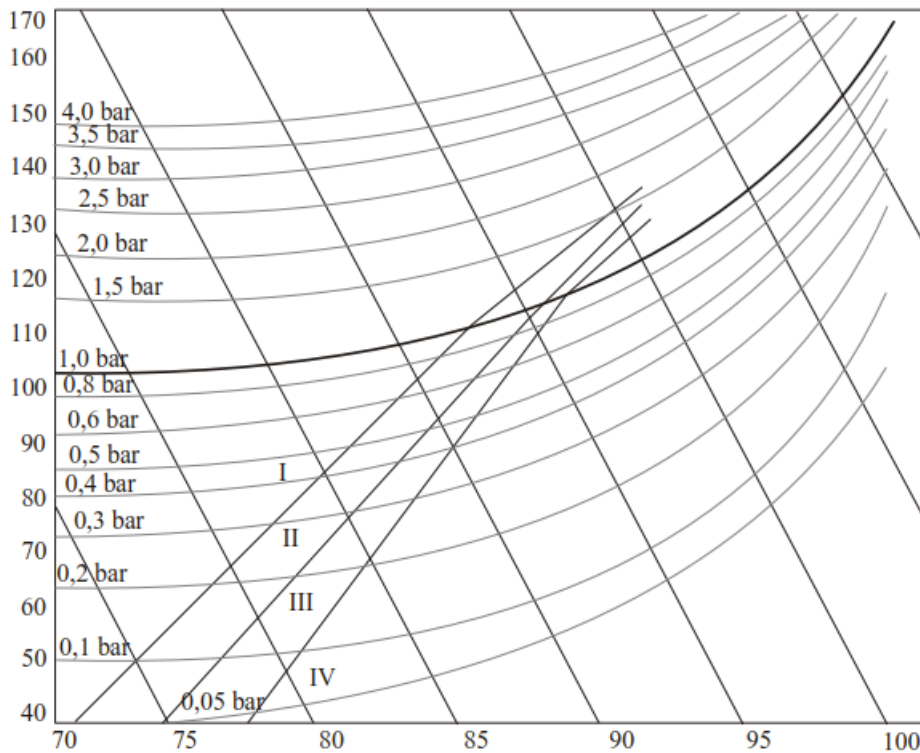


Рисунок 3.2 - Графік кривих кипіння.

По осі ординат даного графіка відкладається температура уварювання, а по осі абсцис масова частка сухих речовин. Цифрами I, II, III, IV позначені зони стану карамельної маси:

I - зона ненасиченої карамельної маси;

II - зона метастабільною карамельної маси;

III - зона змінної карамельної маси;

IV - зона нестабільної карамельної мас.

Після уварювання карамельна маса потрапляє на нескінченно охолоджуючий і темперуючий транспортер з нержавіючої сталі (6). Охолоджуючий транспортер з водяною темперуючою системою і спеціальними напрямними пристроями забезпечують постійну температуру і в'язкість маси, необхідні для даного виду продукції. При виробництві кашированої карамелі до змішувальному шнеку приєднується пристрій з двома патрубками для подачі маси на охолоджуючий транспортер.

Вивантажувальну карамельну масу ділять на дві частини. Одна частина в кількості приблизно 40% призначена для оболонки. Друга частина (60%) – для переслоювання з начинкою. На транспортері маса проходить під пластинами, які надають їй форму стрічки. Товщина і ширина стрічки карамельної маси може регулюватися зазором між пластиною і транспортером, а також швидкістю руху транспортера, що дозволяє підтримувати потрібну температуру маси і співвідношення карамельної маси і начинки.

Наступним технологічним етапом виробництва готового продукту є отримання перешарованої карамельної маси з попередньою підготовкою різних видів начинки. Розглянемо два варіанти рецептур начинки: з використанням горіхів і безгоріхову (олійно-прохолодні).

Варіант 1. Виробництво карамелі з перешарованою горіховою начинкою.

Таблиця 3.2.

## Рецептура горіхової начинки

Найменування сировини і напівфабрикатів	Масова частка сухих речовин	Витрати сировини, кг	
		На 1 т напівфабрикату	
		В натурі	В сухих речовинах
Цукрова пудра	99,85	59,5	59,41
Жженка	80,0	1,25	1,0
Какао терте	97,4	16,67	16,23
еквівалент какао-масла	100,0	5,43	5,43
Ядро арахісу смажене терте	97,5	15,7	15,3
Еквівалент какао-масла (на розводку маси)	100,0	2,71	2,71
Ароматизатор ванільний	-	0,1	-
Разом	-	101,36	100,08
Вихід	98,7	100,00	98,7

Начинка готувалася за класичною технологічною схемою на меланжері і п'ятивалковому млині. Розведення начинки, ароматизація і темперування проводилися в температурній машині, потім маса подавалася в видаткову ємність і з неї насосом на карамельну стрічку, що рухається по охолоджуючому транспортеру. При необхідності (в залежності від вмісту жиру в горіхах і дисперсності маси) в начинку додавався лецитин в кількості 0,1-0,3%. Кількість начинки, що наноситься на стрічку, регулювалося



подачею насоса з пульта управління. Товщина начинки змінювалася зазором між вирівнюючою пластиною і карамельної стрічкою. На краю стрічки начинка не наносилася. Далі за допомогою горизонтальних, вертикальних і бічних роликів, що обертаються в строго заданому напрямку, стрічка з праліновою начинкою згорталася в джгут. Утворений джгут проходив через декілька пар проминальних роликів, встановлених над охолоджуючим транспортером (6), розкочувався і знову звертався, за рахунок чого утворився пласт, що складається з начинки, перешарованої карамельної масою. Паралельно з ним по холодному тілу транспортеру просувалася карамельна маса для оболонки (рис. 3.3). Потім двома передавальними транспортерами карамельна маса, перешарованими праліновою начинкою, і маса для оболонки, попередньо охолоджена до температури 75-80 ° С, передавалися на формуючу машину (1). Формування карамельного джгута відбувалося за допомогою чотирьох конусних валиків. В середину карамельного батона закладалася маса з начинкою, а поверх неї наносилася маса для оболонки.

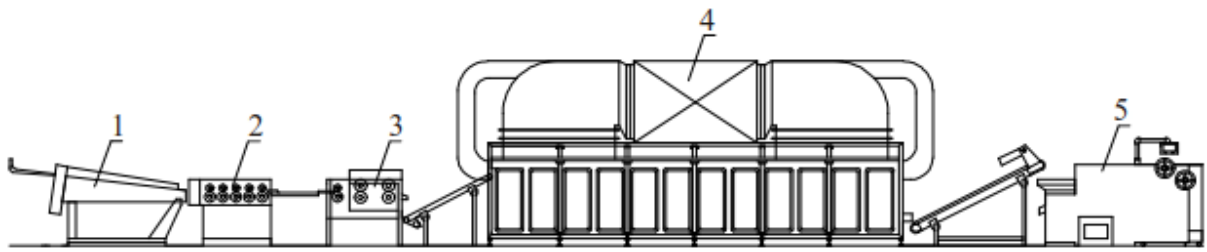


Рисунок 3.3 - Ділянка формування, охолодження і обгорання:

1 - формуюча машина; 2 - егалізуюча машина; 3 - штамп машина; 4 - охолоджуючий шафа; 5 - апарати для загорання.

Потім карамельний джгут автоматично від кегельролера вводився в егалізуючу машину (2) і звужувалося до необхідного діаметра. Для цієї операції використовувалося витяжний пристрій з двома схрещеними розташованими парами роликів і чотирма парами вирівнюють роликів.

Відкалібрований джгут потрапляє на універсальну машину для штампування карамелі (3), де за допомогою штампувальних ланцюгів з джгута формувалися окремі вироби. Конструкція штампів ланцюга дозволяє виробляти карамель з високим вмістом начинки (до 30%).

Охолодження готової відштампованої карамелі вироблялося в спеціальному охолодному контейнері (4) при температурі (15-18) ° С. Карамель проходить п'ять рівнів транспортування і охолодження. Охолодження здійснюється кондиціонованим повітрям. Холодильник оснащений приладами для вимірювання температури і відносної вологості повітря, що охолоджує.

Весь процес охолодження проводиться в автоматичному режимі. Температура охолодженої карамелі на виході з шафи повинна бути не вище 35 °С.

Варіант 2. Виробництво карамелі з перешарованої прохолодний начинкою.

Для приготування начинки використовується наступне обладнання: меланжер для змішування компонентів і п'ятивалковий млин для отримання необхідної дисперсності маси. Частина рослинного жиру (приблизно 1/3) додавалася при розведенні начинки. Процес виробництва карамелі аналогічний виробництву, описаного в варіанті 1. Виробництво карамелі з перешарованими начинками, рецептури яких відрізняються за складом сировини (горіхові, прохолодні та ін.), Однаково успішно може здійснюватися на лінії Клекнер Хензел Процесінг.

При порівняльній органолептичній оцінці виробів, вироблених на поточно-механізованій лінії і на лінії фірми Клекнер Хензел Процесінг, перевага була на боці Клекнер Хензел Процесінг. Карамель володіла більш рівномірним розподілом начинки і карамельної маси, набагато рідше зустрічалися вироби з товстими грубими шарами карамелі.

Таблиця 3.3.

## Рецептура прохолодної молочної начинки

Найменування сировини і напівфабрикатів	Масова частка сухих речовин	Витрати сировини, кг	
		На 1 т напівфабрикату	
		В натурі	В сухих речовинах
Цукрова пудра	99,85	30,00	29,95
Глюкоза	91,0	13,59	12,37
Сухе молоко	96,0	30,0	28,80
Рослинний жир	99,7	27,27	27,19
Лецитин	97,0	0,51	0,49
Разом	-	101,37	98,8
Вихід	97,46	100,0	97,46

У пропонованому способі забезпечується підвищення якісних показників виробів, виробництво виробів з більш крихкою структурою, чітко вираженим малюнком на поверхні, зниження втрат і зменшення браку при виробництві даної карамелі. Основною перевагою, безумовно, є можливість виробляти весь технологічний процес без застосування важкої фізичної праці, що підвищує показники безпеки життєдіяльності на будь-якому виробництві, а також сприяє підвищенню продуктивності лінії.

### 3.2. Схема автоматизації виробництва карамельної маси.

Для отримання карамельної маси широко використовується двоступенева технологічна схема, що включає стадії приготування і

уварювання сиропу. У схемі автоматизації уварювання карамельної маси (рис. 3.4) для приготування карамельного сиропу очищений від феродомішок цукор-пісок надходить через дозатор I в змішувач V.

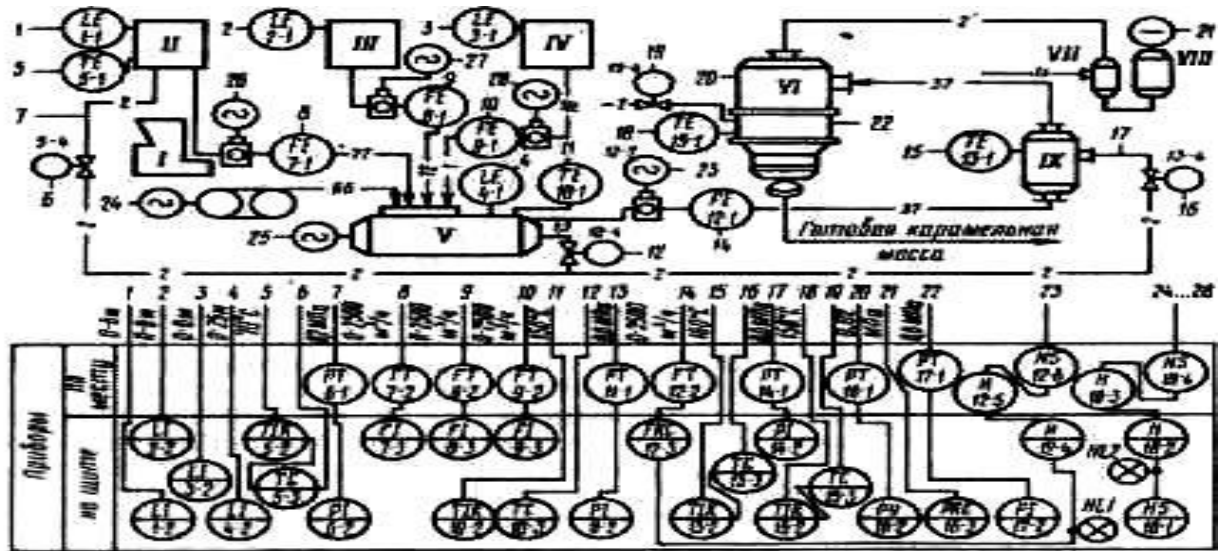


Рисунок 3.4 - Схема автоматизації уварювання карамельної маси 180

В цей же змішувач з рецептурних збірок II, III, IV надходять патока, інвертний сироп і водопровідна вода. Патока попередньо підігрівается до температури  $70^{\circ}\text{C}$ . У змішувачі V, забезпеченому паровою сорочкою, відбувається перемішування компонентів і часткове розчинення цукру-піску. Концентрація сухих речовин в сиропі 84-88%. Для більш інтенсивного розчинення компонентів безпосередньо в змішувач вводять пар постійного тиску. При безперервному перемішуванні сироп прогрівается до температури  $130-150^{\circ}\text{C}$ . Приготований таким чином сироп надходить на подальше уварювання в змійовик вакуум-апарату IX. З змійовика уварювалася напівфабрикат подається в вакуум-камеру VI, де закінчується приготування карамельної маси шляхом подачі вакуум-насосом VIII вторинного пара з конденсатора змішання VII.

Схема автоматизації вирішує такі основні завдання: забезпечення заданого складу карамельної маси; приготування цукрового сиропу в

кількості, необхідній для карамельного виробництва. Для управління ТП використовується комплекс електричних агрегатних засобів контролю та регулювання (АСКРО) ГСП.

Рівень патоки, інвертного сиропу, води і суміші необхідних для приготування сиропу компонентів контролюється в відповідних збірниках і змішувачі за допомогою ємнісних рівнемірів 1-1 ... 4-1, що передають інформацію на підключення до них аналогові показують одношкальні прилади 1-2 ... 4-2. Температуру патоки в збірнику // патоки (контур 5) регулюють зміною подачі пари в сорочку. Аналогічним чином регулюють температуру суміші в змішувачі V (контур 10), напівфабрикату в варочном котлі IX (контур 13) і уваренної карамельної маси в вакуум-камері VI (контур 15). Тиск що гріє пара, що надходить в паровісорочки збірник патоки, змішувача, варильного котла і вакуум-камери, контролюють за допомогою датчиків тиску 6-1, 11-1, 14-1 і 17-1, підключених через нормують перетворювачі сигналів до відповідних вторинним показує приладів 6-2, 11-2, 14-2 і 17-2.

Схемою автоматизації передбачений контроль витрат патоки, інвертного сиропу і води, що надходять в змішувач. Як датчики витрати 7-1 ... 9-1 використовуються індукційні витратоміри, сигнали від яких через блоки перетворення 7-2 ... 9-2 надходять на відповідні показують прилади 7-3 ... 9-3. Для автоматичного регулювання витрати приготованого в змішувачі карамельного сиропу призначений індукційний витратомір 12-1, з'єднаний через блок перетворення сигналів 12-2 з регулятором 12-3, яке впливає на електропривод 12-7. В схемою автоматизації уварювання карамельної маси передбачений дистанційний і місцевий режими роботи електродвигунів транспортерів і апаратів лінії. Для цього за місцем і на щиті управління розміщені кнопки і ключі вибору режиму.

На схемі автоматизації лінії виробництва карамелі (рис. 3.5) наведені стадії отримання і обробки карамельної маси, приготування начинок

(тянущої машини VI), оброблення карамельної маси (витягаюча машина X) і її формування (штамп машина XI), охолодження готових виробів. Схемою передбачено регулювання рівнів продукту в різних збірниках, а також підтримку в заданих діапазонах температури і тиску в основних точках процесу.

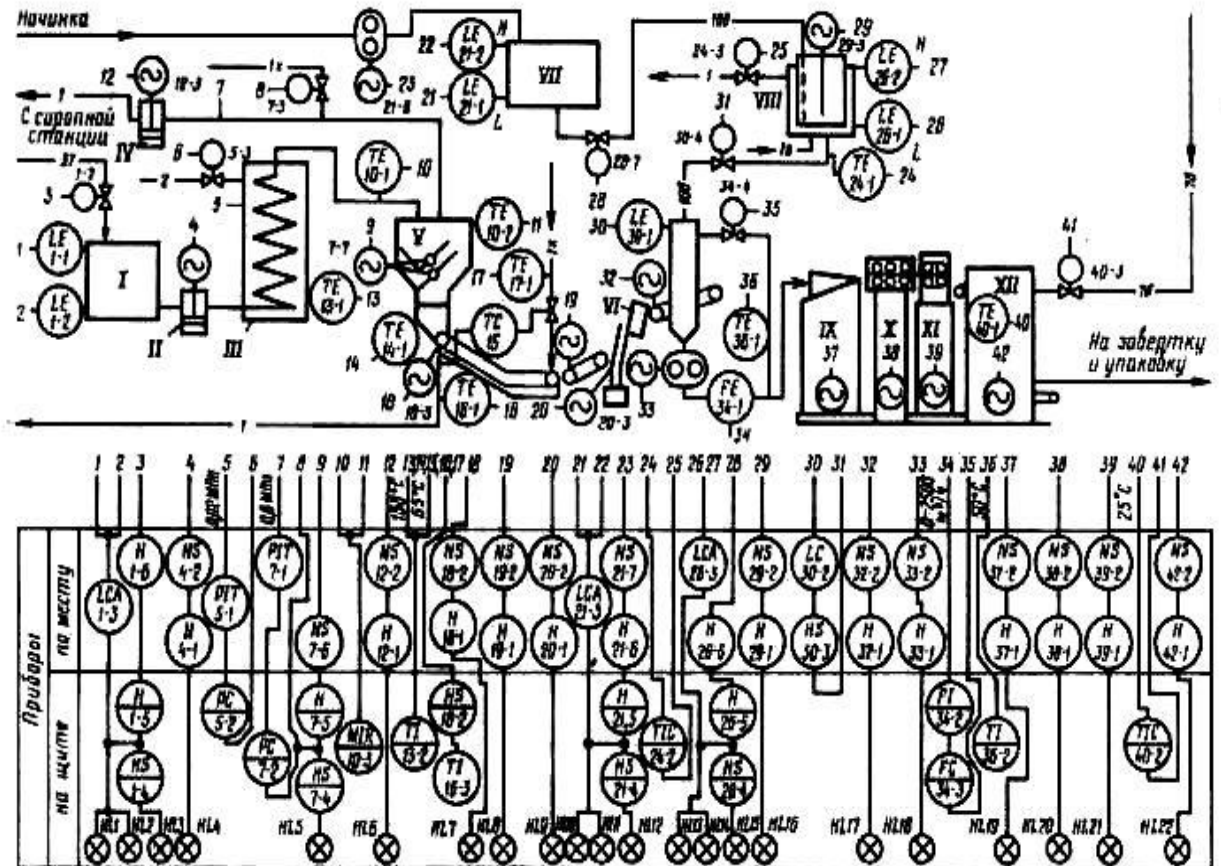


Рисунок 3.5 - Схема автоматизації потокової лінії карамельного виробництва

Регулювання тиску що гріє пара в вакуум-апараті III здійснюється АСР, що складається з манометра 5-1 і регулятора 5-2, впливає на ІМ клапана 5-3 подачі пари. Контрольоване розрідження в апараті вакуумного типу регулюють зміною режиму роботи мокроповітряного насосу IV. Для цього сигнал вакуумметра 7-1 подається на регулятор 7-2, який впливає на ІМ

подачі холодної води 7-3. Дана АСР заблокована з електроприводом 7-7 вилучення маси виготовленої карамелі. Подібне блокування необхідне тому, що в процесі вилучення апарат вакуумного типу з'єднується з атмосферою тому створюються великі зміни вакууму.

Рівень в контейнері сиропу карамелі I регулюється за допомогою давачів 1-1 і 1-2 електронного кондуктометричного сигналізатора рівня 1-3, який управляє ІМ клапана 1-7 подачі сиропу. Аналогічно регулюються рівні в збірнику начинки VII, в темперують машині VIII і в збірнику перед підкаточною машиною IX (по контурах 21, 26 і 30). Температура перекачується насосом II сиропу і готової карамельної маси контролюється термоелектричними перетворювачами температури 13-1 і 14-1, підключеними до багатоточковому вторинному що показує приладу 13-2. Температура виходить і входить води в системі охолодження машині V контролюється мідними термопреобразователями опору 16-1 і 17-1, з'єднаними через перемикач 16-2 з автоматичним мостом 16-3. Температура начинки на вході в підкаточну машину контролюється термоелектричним перетворювачем температури 36-1, з'єднаних з автоматичним потенціометром 36-2. Стабілізація температури маси карамелі в охолоджуючої машині забезпечується регулятором 15 прямої дії.

Температура начинки в темперній машині VIII регулюється позиційною системою, що складається з датчика 24-1, регулятора 24-2 і електромагнітного клапана 24-3 на протоці води через сорочку.

Аналогічно регулюється температура в охолоджувальному шафі XII, в якому холодоагентом виступає розсіл. Для автоматичного регулювання витрати начинки, яка подається в машину підкаточного типу, передбачений електромагнітний 34-1 витратомір з регулятором 34-3 і ІМ 34-4 регулюючого органу на перепускному трубопроводі. Вологість увареної маси карамелі вимірюється непрямим методом по температурі її кипіння, яка визначається датчиком 10-1, сигнал з якого надходить на вторинний показує і самописний

прилад 10-3, відградуваний безпосередньо в процентах вологості маси карамелі.

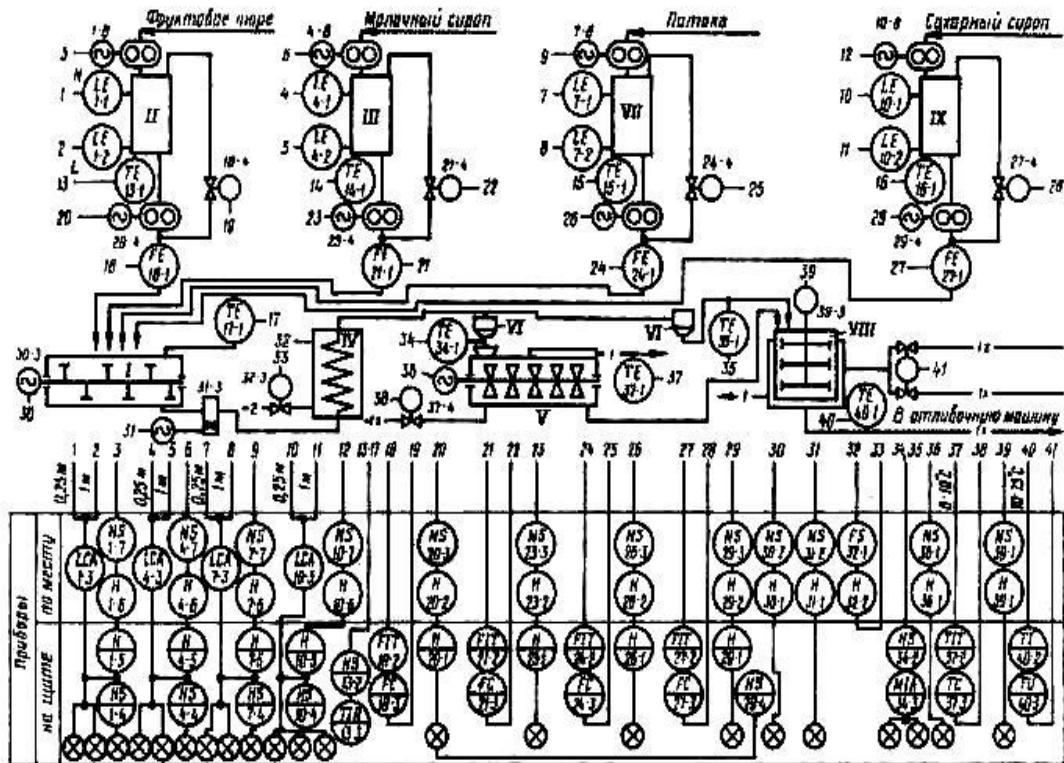


Рисунок 3.6 - Схема автоматизації варильного відділення виробництва відливних глазурованих цукерок

Схемою автоматизації потокової лінії карамельного виробництва передбачений автоматичний і ручний пуск електродвигунів і ручний пуск електродвигунів машин і апаратів лінії. Для цього за місцем і на щиті управління встановлені кнопки і ключі вибору режиму.

### 3.3. Опис використовуваних засобів автоматизації

Проектована АСУТП для процесу уварювання карамельної маси включає в себе підсистеми збору і контролю інформації, автоматичного



регулювання, технологічної сигналізації, виробничої сигналізації, захистів і блокувань, пуску і зупинки устаткування.

Для контролю тиску вибираємо датчик тиску серії «Метран - 150 ДІ» Інтелектуальні датчики тиску серії «Метран-150» призначені для безперервного перетворення в уніфікований струмовий вихідний сигнал і / або цифровий сигнал у стандарті протоколу HART вхідних вимірюваних величин: надлишкового тиску (серія ДІ) ; абсолютного тиску (серія ДА) - різниці тисків (серія ДД). Технічні характеристики: мінімальний верхня межа вимірювання - 0,5 МПа; максимальний верхню межу вимірювання - 16 МПа; тиск перевантаження - 40 МПа.

Рівень в озукрення вимірюється безконтактним радарних рівнеміром Rosemount серії 5600. Аналоговий вихідний сигнал 4-20 мА.

Для контролю температури вибираємо термоперетворювач опору «ЗЛІТ ТПС». Термоперетворювачі опору «ЗЛІТ ТПС» призначені для вимірювання температури і різниці температур шляхом занурення в вимірювану середу. Принцип дії ТПС заснований на використанні залежності електричного опору матеріалу чутливого елемента від температури. Резистор чутливого елемента виконаний напиленням або вигляді спіралі з платинового дроту і поміщений в захисну оболонку. Висновки резистора підключені попарно до чотирьох провідників. Технічна характеристика: Діапазон вимірювання температур від 0 до 180 і від -50 до 100 градусів. Діапазон вимірюваних різниць температур від 3 до 180 градусів. Максимальний робочий тиск 2,5 МПа.

Регулюючий клапан з пневмоприводом Burkert тип 2030 нормально закритий Опис: регулює мембранний клапан. Ду від 15 до 50мм, тиск 0-10 бар, температура від -10 ° С до + 120 ° С. Середовище: забруднені і агресивні середовища. Матеріал корпусу: PVC, PVDF. Матеріал мембрани: PTFE, FPM, EPDM. Приєднання: муфтове 15-50мм. Особливості: ПІД регулятор, самонастройка, діапазон регулювання 50: 1.

Як програмованого логічного контролера вибираємо ПЛК ОВЕН 110 з графічним, сенсорним дисплеєм. Модуль оснащення ст. / Вив. Підключається до задньої панелі блоку, що дозволяє створити автономну систему ПЛК з 62 місцевими вх. / Вих. Входи передбачені як цифрові, аналогові, для підключення пристроїв вимірювання температури. Виходи передбачені як транзисторні, релейні і аналогові. Додаткові локальні або видалені входи / виходи встановлюються через порт розширення або CANbus. № виробу - М91-2-РА22. Кількість входів: 12 дискретних, 2 аналогових 14 біт, 0-10 В, 4-20 мА. Кількість виходів: 8 дискретних, 2 аналогових 12 біт, 0-10 В, 4-20 мА.

Схема автоматизації процесу приведена на рис.3.7.

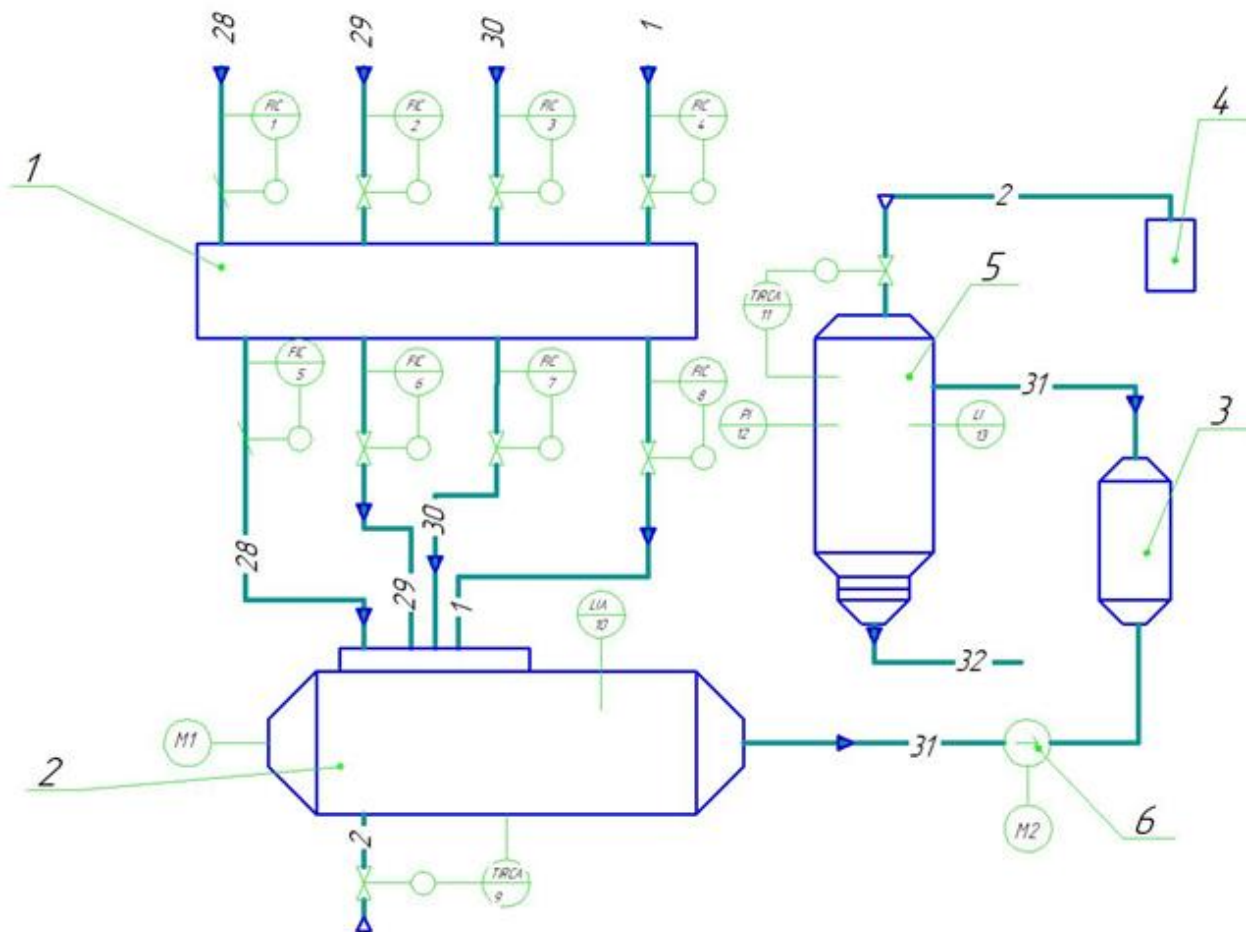


Рисунок 3.7 – Схема автоматизації процесу.

Структурна схема блоку керування приведена на рис. 3.8.

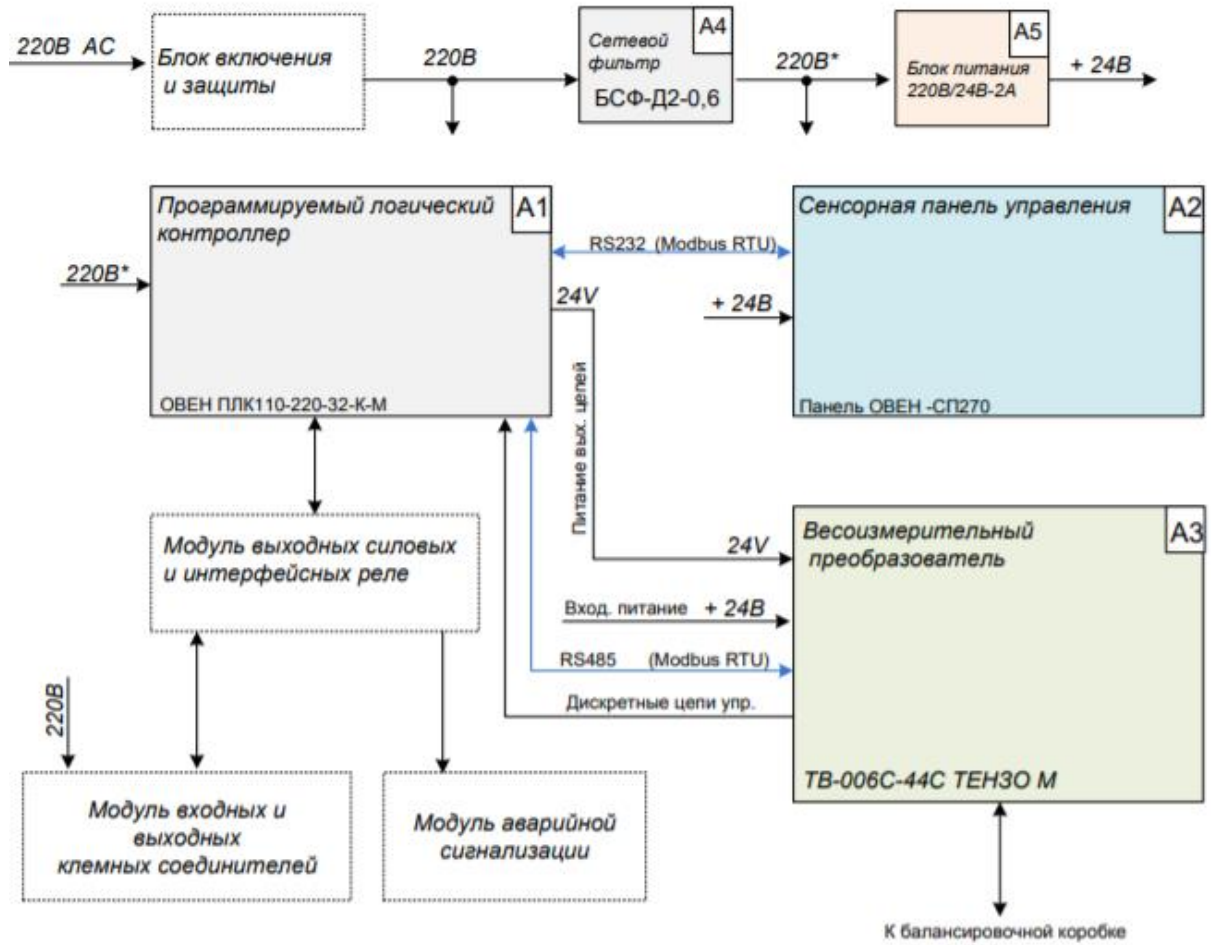


Рисунок 3.8 - Структурна схема блоку керування

## 4 НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

### 4.1. Вивчення впливу компонентів рецептури на якість і структуру карамелі за допомогою нових методів.

Важливо розуміння ролі кожного компонента рецептури карамелі в технологічному процесі і в якості готового продукту. Так, структура карамельної маси, в першу чергу, визначається станом сахарози в виробі. Патока використовується в якості антикристалізатора. За кордоном зазвичай для приготування карамелі використовують високоцукровану патоку, що дозволяє прискорити процес рекристалізації сахарози. Також патока може застосовуватися для поліпшення процесу кольороутворення, посилення солодощі, підвищення волоутримуючої здібності і осмотичного тиску, що забезпечує зниження мікробіологічного забруднення. Як в льодяникової, так і в м'якій карамелі можлива заміна патоки інвертним сиропом, що частково або повністю знижує витрати на виробництво. Жир є одним з найважливіших компонентів рецептури, який визначає фізико-хімічні властивості і структуру карамелі.

При охолодженні карамелі жири сприяють збереженню пластичних властивостей маси при кімнатній температурі. жири 94 додають для додання насиченості і смакових особливостей. Молочні жири іноді додають для забезпечення аромату вершкового масла. Слід особливо підкреслити, що раніше роль жиру принижувала, його розглядали лише як допоміжний компонент рецептури з метою піногашення і антипригарних речовин. Частка води в карамелі є критичним параметром, який впливає на реологічні властивості продукту. чим вищий вміст вологи, тим м'якше карамель. Управління остаточним вмістом вологи в продукті має вирішальне значення. Крім того, активність води, яка регулюється вологістю і складом, впливає на

термін придатності карамелі. Зазвичай карамель містить 0,5-4% молока в залежності від її виду.

Молочні продукти надають карамельної масі смак, колір і аромат, які утворюються в результаті реакції Майяра між білками молока і моноцукрами. Додавання сухого молока сприяє зміні текстури продукту. Крім того, для поліпшення смаку карамелі застосовують какао-порошок, горіхи, кава, фруктові-ягідні припаси, харчові кислоти, сіль і багато інших інгредієнти. Додавання каррагинану і геланової камеді в рецептуру американської карамелі дозволяє утримати вологу в продукті. Ці харчові добавки нейтральні за смаком і запахом, не впливають на колір і смак готового виробу, є желатинними агентами і стабілізаторами. Для стабілізації розділу фаз емульсій і піни також використовують білковополісахаридних суміші (БПС). В роботі [9] описано застосування БПС в косметичній композиції, яка являє собою емульсію. У цьому випадку попередньо готували БПС, а потім включали суміш в основну масу продукту. аналогічно готували мілкодисперсну іонну БПС для вживання її в харчових продуктах в як заміник жиру в морозиві, салатних заправках, приправах, пастах. розроблено також спосіб приготування водно-масляної емульсії з подовженим терміном зберігання.

В цьому випадку БПС готують в основному обсязі продукту, при цьому існує проблема дифузії комплексу з обсягу продукту до кордону розділу фаз. Встановлено, що БПС утворюються в результаті електростатичного тяжіння в певних умовах, таких як оптимальна рН-середовища, іонна сила, співвідношення білка і полісахариду, загальна концентрація біополімерів, температура або тиск. Крім того, в ряді робіт показано, що ці комплекси виявляють кращі функціональні властивості щодо гелеобразовання, емульгування і спінювання, ніж відомі біополімери.

Ультразвукова обробка сумішей є механічним методом отримання дрібнодисперсних емульсій [11]. При цьому ультразвук не тільки руйнує крупнодисперсні частки, але і впливає на перебіг хімічних реакцій [12]. Ініціація і прискорення хімічних реакцій, а також зміщення хімічної рівноваги під впливом ультразвукового впливу вивчається в галузі хімії, названої механохімії.

Не менш важливим є вивчення структури сировини, напівфабрикатів і готової продукції за допомогою різних методів. За кордоном використовують диференціальну скануючу калориметрію (ДСК) для визначення частки цукру в модельних системах з використанням сумішей фруктози, глюкози і сахарози. Метод ДСК виявився адекватним для визначення температури склування при нагріванні і охолодженні суміші аморфних цукрів в діапазоні вологості 2–14%. Використовують різні методи для ідентифікації властивостей кристалів цукру при різних температурах.

Аморфний стан цукрів перевіряють за допомогою рентгенівської дифракції. Рентгенівська дифракція (XRD) є одним з найбільш важливих неруйнівних методів аналізу різних матеріалів - від рідин до порошків і кристалів. Привабливість цього методу полягає ще в тому, що він дозволяє не тільки отримувати якісну або кількісну інформацію про структуру з'єднання, характер і рівень дефектів кристалічної будови, але і формулювати на її основі конкретних рекомендацій щодо вдосконалення та оптимізації технології в різних галузях промисловості.

Як при дослідженнях, так і на виробництві та при інжинірингу, рентгенівська дифракція є незамінним і найважливішою методом аналізу матеріалів і контролю якості [14]. Комп'ютерну томографію використовують для неруйнівного пошарового дослідження власне внутрішньої структури об'єкту. Даний метод був запропонований Годфрі Хаунсфілда і Алланом Кормаком. За цей метод казані вчені отримали Нобелівську премію [11].

Томографічне дослідження будь-якого об'єкта, що представляє інтерес, проводиться в два етапи.

На першому етапі досліджуваний зразок обертають навколо будь-якої осі, і при повороті на один і той же кут отримують його рентгеновських зображення. Для томографії великих об'єктів (таких, як людина) застосовують обертання рентгеновської трубки і детектора навколо зразка. Зазвичай обертання виробляється доти, поки зразок або рентгеновської трубка з детектором не вчинять один повний оборот. В результаті отримують масив фотографій, який обробляється на другому етапі дослідження. Як правило, обробка масиву фотографій заснована на перетворенні, запропонованому Родоном (в 1968 р) [12].

В результаті обробки в кожній точці всередині зразка визначається ефективний коефіцієнт розсіювання рентгеновського випромінювання. Якщо зразок складений з кількох матеріалів, коефіцієнти розсіювання яких відрізняються на 5% або більше, то після дослідження томографії можна визначити кордон між ними, а також визначити геометричні характеристики цієї межі. Можливості застосування комп'ютерної томографії в харчовій промисловості поки мало вивчені.

В основному, даний метод використовують для вивчення властивостей гірських порід і в медицині [15], а також в промисловості для дефектоскопії деталей та вузлів машин і механізмів. На підставі аналізу результатів, отриманих перерахованими методами, вчені прийшли до висновку, що кристали формуються в умовах високої в'язкості середовища. Значення, виміряні цими методами, можуть бути використані для розуміння і вдосконалення технології кондитерських виробів [16].

В роботі використані ультразвукової гомогенізатор OMNI-Ruptor 250 (несуча частота 20 кГц, потужність 350 Вт) для інтенсифікації процесу приготування м'якої карамелі і комп'ютерна томографія для вивчення структури карамелі і кінетики кристалізації цукру в продукті. Проведено

дослідження впливу БПС на якість 96 м'якої карамелі. У таблиці 1 представлений зовнішній вигляд м'якої карамелі, приготовленої за традиційною рецептурою і за запропонованою рецептурою з БПС.

Таблиця 4.1.

Зовнішній вигляд карамелі, приготовленої за різними технологіями.

Види технологій	Продовжителіть термообработки, мін						
	0	5	10	15	20	25	30
Традиционная						Томление	
Новая							

В результаті проведеного експерименту було встановлено, що можна скоротити стадію томління і витримки м'якої карамелі в 1.5 - 2 рази. За допомогою комп'ютерної томографії були вивчені чотири зразки карамелі, які приготували з різних видів цукру: 1 - цукор-пісок з торгової мережі; 2 - сахаррафінад, 3 - цукор-пісок, промитий етиловим спиртом і 4 - цукор-пісок з цукрового заводу. У цих зразках карамелі спостерігаються яскраво виражені зміни структури, які обумовлені якістю цукру-піску, технологією його приготування та іншими параметрами. Структура льодяникової карамелі для двох зразків (1 і 3) представлена у таблиці 4.2. Для зразка 1 (ліворуч) характерний бистропротекаючий процес кристалізації. В перетинах цього зразка спостерігається відносно велика пористість, для якої при використанні спеціальних методів можна виявити приховані регулярності. В тій чи іншій міру відмічені властивості характерні і для зразків 2, 4. У карамелі, промитої етиловим спиртом (правий зразок), процес кристалізації і велика пористість відсутні.

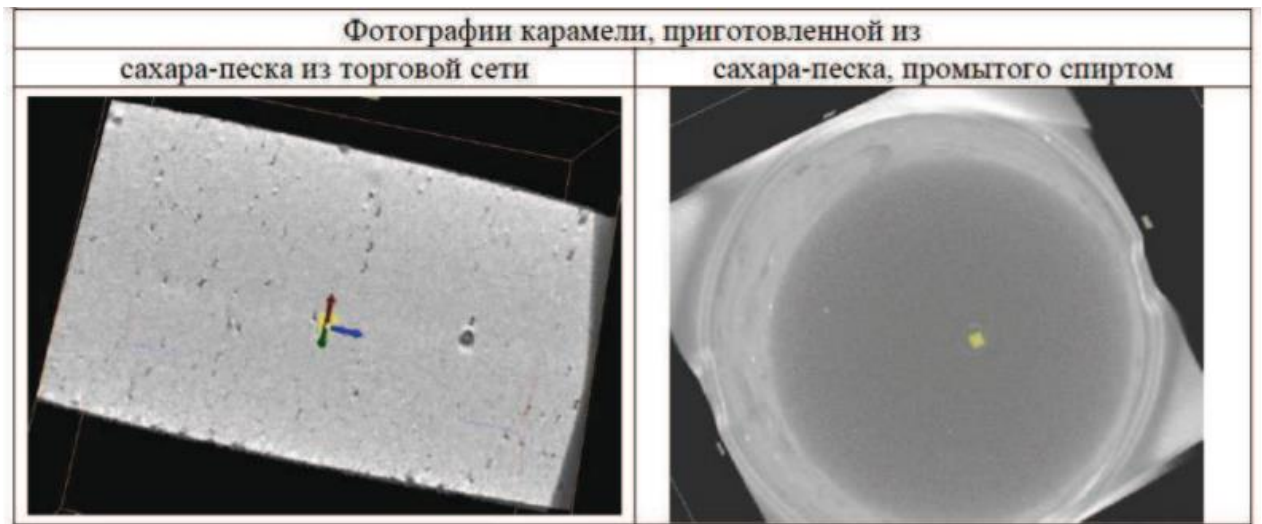
Таким чином, на підставі вітчизняних і закордонних досліджень ми переконалися в необхідності використання сучасних методів аналізу за допомогою спеціального обладнання. В роботі структура льодяникової карамелі і процесу кристалізації цукру в ній досліджується за допомогою



томографа; в м'якої карамелі вивчається вплив ультразвуку в процесі її приготування.

Таблиця 4.2.

Структура льодяникової карамелі з цукрів з різною технологією приготування



Так з використанням даного обладнання можна знизити в час приготування м'якої карамелі, виявити фізико хімічні властивості цукру, визначити виробника цукру і не допустити подачу неякісної сировини на кондитерське виробництво.

## 5. СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

### 5.1. Мікропроцесорна система вимірювання концентрації цукрових розчинів в виробництві карамелі

Якість карамелі багато в чому залежить від режиму приготування цукрового сиропу. Технологічний процес приготування карамелі складається з декількох етапів:

- розчинення цукру у воді і уварювання отриманого розчину до концентрації цукру 80%;
- дозування підігрітою до 40-50 ° С патоки;
- уварювання сиропу до вмісту сухих речовин 84-86%.

Досить великого значення при процесі виготовлення карамельних мас має в'язкість. Високе її значення забезпечує підтримку карамельної маси в аморфному стані, оскільки вище значення в'язкості, сприяє зменшенню схильності до кристалізації - зацукрювання. В'язкість і пластичність карамельної маси залежать від температури, рецептури та вмісту сухих речовин і співвідношення цукру і патоки. Чим більший вміст сухих речовин в карамельної масі, тим вища її в'язкість.

В даний час для вимірювання концентрації розчинів використовують три основні методи: рефрактометричний, поляриметричний і фотоколометричний.

У технологічних вимогах карамельного виробництва вказано, що для створення карамелі необхідних параметрів якості потрібно в процесі створення контролювати температуру маси карамелі і процентний вміст в ній сухих речовин по сахарозі. При цьому потрібно забезпечити точність контролю температури не менше  $\pm 1$  ° С, а точність вимірювання процентної концентрації сухих речовин по сахарозі - не гірше  $\pm 0,5\%$  в діапазоні 80-86%.

Рефрактометричний метод заснований на тому, що показник заломлення променя світла розчинів залежить від їх концентрації. Власне така властивість і є в основі процесів контролю виробництва маси карамелі. Власне за значенням показника заломлення, наприклад, спиртового або водного цукрового розчинів легко можна визначити значення їхньої концентрації.

Для вимірювання вказаного показника заломлення застосовують прилади спеціального призначення, які називають рефрактометрами. Для контролю виробництва кондитерських виробів найчастіше використовують лабораторні рефрактометри РПЛ-2 (презційний) РПЛ-3 (харчовий), УРЛ (універсальний).

Поляриметричний власне метод фізико-хімічного аналізу як правило заснований на процесі вимірювання обертання площини в якій речовини оптичної активності поляризують потік світла.

Під фотоколориметрією розуміють метод кількісного аналізу, заснований на виборчій здатності різних речовин і їх розчинів поглинати світловий потік. При контролі кондитерського виробництва цим методом визначають вміст редукуючих речовин, загального цукру, алкоголю, кольоровість патоки, якість барвників, зміст карамельної маси в халву і ін.

При застосуванні фотоколориметрії вимірюють зменшення світлового потоку при проходженні через досліджуване і стандартне речовина або через їх розчини.

При використанні рефрактометра для контролю вмісту сухих речовин відомі складнощі викликає те, що об'єкти кондитерського виробництва в своєму складі містять безліч різних речовин, що мають різні показники заломлення, а шкала рефрактометра відградує по розчинах чистої сахарози. У зв'язку з цим при рефрактометруванні об'єктів кондитерського виробництва слід вводити поправки, що компенсують помилки за рахунок

різниці показників заломлення сахарози і складових досліджуваний об'єкт речовин.

Рефрактометр є лабораторним приладом, що вимірює концентрацію проби, тому їм не може бути реалізована процедура вимірювання в реальному масштабі часу. Крім того, цей прилад не має електричного виходу і процес визначення концентрації займає чимало часу.

Для підвищення ефективності виробництва карамелі необхідно автоматизувати процес вимірювання концентрації цукру. Був розроблений прилад, який здійснює вимір процентного вмісту сухих речовин по концентрації сахарози за результатами дослідження значення температури та густини розчину. Власне вимірювання щільності розчину засноване на вимірі різниці тисків в розчині і перетворенні в пропорційний електричний сигнал. У процесі уварювання сиропу температура може змінюватися в діапазоні від 100 до 120 ° С, а процентний вміст сухих речовин - в межах 80-86%.

У технологічних вимогах карамельного виробництва вказано, що для створення карамелі необхідних параметрів якості потрібно в процесі створення контролювати температуру маси карамелі і процентний вміст в ній сухих речовин по сахарозі. При цьому потрібно забезпечити точність контролю температури не менше  $\pm 1$  ° С, а точність вимірювання процентної концентрації сухих речовин по сахарозі - не гірше  $\pm 0,5\%$ .

В даний час існує прототип даної системи. Вимірювальний канал температури особливостей не має і являє собою класичний термометр опору з виходом на цифровий індикатор.

Вимірювання відсоткового складу сухих речовин по сахарозі виконується непрямым методом - за результатами вимірювання щільності розчину і його температури. Вимірювання щільності розчину засноване на вимірі різниці тиску дль в розчині і перетворенні в пропорційний електричний сигнал. Принцип вимірювання пояснюється:

$$DP = dh * g * \rho = k * \rho,$$

де  $p$  - щільність,  $dh$  -const,

$g$  - прискорення вільного падіння.

Таким чином, вихідний сигнал перетворювача різниці тисків пропорційний значенню щільності розчину.

Сигнали температури і перепаду тиску надходять в АБУ, де розраховується в реальному масштабі часу цукрово-вміст. Результат виводиться на цифрову індикацію.

На базі описаного прототипу пропонується створити більш досконалу систему, що володіє підвищеною точністю і надійністю, має розширений набір функцій. З цією метою планується спроектувати цифрове обчислювальний пристрій (ЦВУ) замість аналогового. Сигнали напруги надходять через комутатор на АЦП, перетворюються в цифрову форму і вводяться в контролер. Контролер виконує необхідні обчислення і видає результат на індикатор. Крім того, можливе введення такої додаткової функції, як автоматичне підтримання оптимальної температури карамельної маси. Для цього передбачається використовувати ЦАП.

## **6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ**

Промислова безпека, що її розглядає охорона праці, має велике значення для працюючих, оскільки саме вона контролює фізичний стан працівника, що не може не позначитись на його житті, здоров'ї, а також продуктивності праці в тому числі і у галузі радіоелектроніки. Незадовільний стан охорони праці може викликати соціальноекономічні проблеми працюючих та їх родин. Саме тому соціальноекономічне значення охорони праці полягає в наступному: зростанні продуктивності праці, збільшенні валового внутрішнього продукту, зменшенні витрат на оплату лікарняних і виплат компенсацій за шкідливі умови праці та інше. В цьому розділі проводиться аналіз небезпечних та шкідливих для людини і навколишнього середовища чинників, які виникають під час проведення дослідження радіовимірювальних перетворювачів магнітного поля. Тут висвітлюються, зокрема, технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії, розрахунок безпечної відстані від джерела магнітного поля, технічні рішення з безпеки при проведенні дослідження, безпека в надзвичайних ситуаціях.

### **6.1 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії**

#### **6.1.1 Мікроклімат та склад повітря робочої зони.**

Під мікрокліматом виробничих приміщень розуміють клімат внутрішнього середовища цих приміщень, який визначається діючими на організм людини поєднаннями температури, вологості та швидкості руху повітря, а також інтенсивності теплового випромінювання. Якщо з технічних чи економічних міркувань оптимальні норми не забезпечуються, то встановлюються допустимі величини показників мікроклімату. Вибираємо для приміщення для проведення дослідження радіовимірювальних

перетворювачів магнітного поля, категорію важкості робіт за фізичним навантаженням – легка Іб. Відповідно допустимі показники температури, відносної вологості та швидкості руху повітря у робочій зоні для холодного та теплого періодів року приведені в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1

## Допустимі показники мікроклімату в приміщенні.

Період року	Категорія робіт	Температура повітря, °С для робочих місць		Відносна вологість повітря, %	Швидкість руху повітря, м/с
		постійних	непостійних		
Холодний	Іб	20-24	17-25	75	≤0,2
Теплий		21-28	19-30	60 при 27°С	0,1-0,3

При опроміненні менше 25% поверхні тіла людини, допустима інтенсивність теплового опромінення складає 100 Вт/м<sup>2</sup>.

Повітря робочої зони не повинно містити шкідливих речовин з концентраціями вище гранично допустимих концентрацій (ГДК) в повітрі робочої зони та підлягає систематичному контролю з метою запобігання можливості перевищення ГДК, значення яких для роботи з ЕОМ наведено в таблиці 6.2.

Таблиця 6.2

## Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин

Назва речовини	ГДК, мг/м <sup>3</sup>	Агрегатний стан	Клас небезпеки
Озон	0,1	Пара	4
Оксиди азоту	5	Пара	2
Пил	4	Аерозоль	2

При використанні ЕОМ джерелом забруднення повітря є також іонізація молекул речовин, що знаходяться в повітрі. Рівні додатних та від'ємних іонів мають відповідати та приведені у таблиці 6.3.

Таблиця 6.3

Число іонів в 1 см<sup>3</sup> повітря приміщення під час роботи на ЕОМ

Рівні	Мінімально необхідні	Оптимальні	Максимально допустимі
позитивний	400	1500-3000	50000
негативний	600	3000-5000	50000

Для встановлення необхідних за нормативами параметрів мікроклімату і складу повітря робочої зони передбачено такі заходи:

- 1) у приміщенні повинна бути розміщена система кондиціонування для теплого і опалення для холодного періодів року;
- 2) припливно-витяжна система вентиляції, а при несприятливих погодних умовах кондиціонування.

### 6.1.2 Виробниче освітлення

Для забезпечення раціональних гігієнічних умов на робочих місцях значні вимоги висуваються до якісних та кількісних параметрів освітлення. З точки зору задач зорової роботи в приміщенні, в якому проводиться робота з дослідження радіовимірювальних перетворювачів магнітного поля, знаходимо, що вони відповідають IV розряду зорових робіт. Вибираємо контраст об'єкта з фоном – середній та характеристику фону – середню, яким відповідає підрозряд зорових робіт в. Нормовані значення коефіцієнта природного освітлення (КПО) та мінімальні значення освітленості при штучному освітленні наведені в таблиці 6.4.



Таблиця 6.4

Нормовані значення КПО і мінімальні освітленості при штучному освітленні

Характеристика зорової роботи	Найменший розмір об'єкта розрізнення, мм	Розряд зорової роботи	Підрозряд зорової роботи	Контраст об'єкта розрізнення з фоном	Характеристика фону	Освітленість при штучному освітленні, лк			КПО для бокового освітлення, %	
						комбіноване		загальне	Природного	Суміщеного
						всього	у т. ч. від загального			
Середньої точності	0,5-1	IV	v	середній	середній	400	200	200	1,5	0,9

Так як приміщення знаходиться у м. Тернопіль (друга група забезпеченості природним світлом), а світлові проїми орієнтовані за азимутом 270, то для таких обставин КЕО бде становити:

$$e_N = 1,5 \cdot 0,85 = 1,28 (\%).$$

З метою забезпечення нормованих значень параметрів освітлення передбачено такі заходи: 1) за недостатнього природного освітлення у світлу пору доби доповнення штучним за допомогою люмінесцентних ламп з утворенням системи суміщеного освітлення; 2) застосування загального штучного освітлення в темну пору доби.

## 6.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях

Визначення області працездатності радіовимірювальних перетворювачів магнітного поля в умовах дії загрозливих чинників надзвичайних ситуацій. Вплив різних загрозливих чинників надзвичайних ситуацій може загрожувати роботі розроблюваних перетворювачів і цим вплинути на роботу систем в складі яких вони застосовуються. В РЕА, зокрема в радіовимірювальних перетворювачах магнітного поля застосовуються елементи, до складу яких входять такі матеріали: метали, неорганічні матеріали, провідники і різноманітні органічні сполуки (діелектрики, смоли і т.д.). Серед цих матеріалів метали найбільш чутливі до впливу іонізуючих випромінювань, оскільки їм властива висока концентрація вільних носіїв. Іонізуючі випромінювання в радіоелектронній апаратурі, викликають зворотні і незворотні процеси, внаслідок яких можуть відбуватися порушення роботи електричних елементів, що призводять до виходу з пристрою. Проходячи через елементи РЕА, потік гамма-випромінювань створює в них вільні носії електричних зарядів, який призводить до спрацьовування пристрою. При великих дозах випромінювання втрачають працездатність комплектуючі елементи систем радіоелектроніки і електроавтоматики. В транзисторах змінюється обернений струм і коефіцієнт підсилення, у конденсаторах знижуються напруги пробоя та опір стікання, змінюється провідність і внутрішній нагрів; руйнується електрична ізоляція дротів з полімерних матеріалів. В органічних діелектричних матеріалах змінюються електрична провідність, діелектрична проникність і тангенс кута втрат. Неорганічні матеріали менш чутливі до впливу іонізуючих випромінювань. Найбільш піддаються впливу електромагнітного імпульсу (ЕМІ) системи управління і сигналізації. ЕМІ ушкоджують напівпровідникові прилади, резистори, конденсатори. ЕМІ має

велику небезпеку для апаратури, добре захищеної від впливу інших загрозливих чинників. Слід також пам'ятати, що механічний захист апаратури не захищає від впливу ЕМІ. Апаратура може бути знищена навіть знаходячись у надійних спорудах.

### **6.3 Розробка заходів по підвищенню безпеки роботи радіовимірювальних перетворювачів магнітного поля в умовах надзвичайних ситуацій.**

Дослідження, які були проведені як у нашій країні, так і за кордоном, показали, що зміна параметрів радіоелектронних пристроїв може відбуватися в широкому діапазоні потоків іонізуючих випромінювань. Тому в багатьох випадках при експлуатації виникає необхідність вживати додаткові заходів по підвищенню радіаційної стійкості роботи радіовимірювальних перетворювачів магнітного поля. Головними заходами щодо підвищення радіаційної стійкості є: застосування в апаратурі радіаційностійких елементів і матеріалів, спеціальних радіаційних екранів або активного захисту від впливу потоків заряджених частинок. При імпульсному впливі іонізуючих випромінювань, крім перерахованих способів використовують: застосування схем, мало критичних до змін електричних параметрів; зниження напруги живлення на аноді і збільшення від'ємної напруги зсуву сіток газорозрядних приладів; застосування пристроїв, які містять додаткові радіотехнічні схеми на період впливу радіації; збільшення відстані між елементами, які знаходяться під навантаженням і інші. В захисті від іонізуючого опромінення використовують алюмінієві сплави, леговані елементами з високим атомним номером (лантаноїдами і рідкоземельними елементами), сплави на основі тугоплавких і рідкоземельних елементів і багатошарові матеріали. Для боротьби з впливом іонізуючого випромінювання можна використати новітній, що полягає в захисному покритті на поверхнях даних елементів, які

опромінюються покриттям з включенням атомів рідкоземельних елементів, введених в структуру армованої атомно-молекулярної захисної металічної матриці. Аналізуючи вищенаведені розрахунки, можна зробити висновок, що електричні кола радіовимірювальних перетворювачів магнітного поля будуть зберігати працездатність при значеннях іонізуючих випромінювань від 0 до  $1,8 \cdot 10^3$  Р/с, також розраховано термін безпечної роботи пристрою 28467 год. Найкращим серед заходів по підвищенню стійкості роботи перетворювачів магнітного поля від дії ЕМІ є повне укриття апаратури у екранованому металевим екраном приміщенні. Але перетворювач магнітного поля може експлуатуватись на транспортних засобах, то бажані інші заходи по захисту, такі як струмопровідні сітки та плівкові покриття вікон, стільникові металічні конструкції для повітрозбірників та вентиляційних отворів і контактні пружинні прокладки, що розміщуються по периметру дверей і люків. Для захисту від проникнення електромагнітного імпульсу в апаратуру через різні кабельні вводи використовується перехід від електричних до волоконно-оптичних систем зв'язку, на які практично не має вплив ЕМІ. Також для захисту кабельних вводів є встановлення в конструкції вбудованих зенерівських діодів. Досить важливе значення має захист вводів до споруд таких як: електричних лінії зв'язку включаючи електромережу, водопровідні й опалювальні труби, по яким можливе проникнення наведеного ЕМІ. При оцінці стійкості роботи електротехнічних і електронних систем було визначено, що безпечна робота розроблювального пристрою можлива при умові  $E_v \leq 70$  В/м.

## **ОСНОВНІ ВИСНОВКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ**

У роботі було розроблено автоматизовану систему керування процесом виготовлення карамельної маси на базі програмованого логічного контролера ОВЕН ПЛК 110. У системі використано 63 входи для аналізу процесу та виконавчі механізми для керування процесом. Було розроблено функціональну та структурну схеми автоматизації для забезпечення оптимальних параметрів ведення технологічного процесу.

Впровадження такої системи дозволить значно прокразити проуес виробництва, підвищивши якість карамельної маси та збільшивши продуктивність установки.

## БІБЛІОГРАФІЯ

1. А.Г. Микитишин, М.М. Митник, П.Д. Стухляк, В.В. Пасічник Комп'ютерні мережі. Книга 1. [навчальний посібник] (Лист МОНУ №1/11-8052 від 28.05.12р.) - Львів, "Магнолія 2006", 2013. – 256 с.
2. А.Г. Микитишин, М.М. Митник, П.Д. Стухляк, В.В. Пасічник Комп'ютерні мережі. Книга 2. [навчальний посібник] (Лист МОНУ №1/11-11650 від 16.07.12р.) - Львів, "Магнолія 2006", 2014. – 312 с.
3. Микитишин А.Г., Митник, П.Д. Стухляк. Комплексна безпека інформаційних мережевих систем: навчальний посібник – Тернопіль: Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2016. – 256 с.
4. Микитишин А.Г., Митник М.М., Стухляк П.Д. Телекомунікаційні системи та мережі : навчальний посібник для студентів спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» – Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2017 – 384 с.
5. Бушкова Г.Б. Применение продуктов переработки семян подсолнечника в кондитерском производстве / Г.Б. Бушкова // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. — 2013. — № 3 (192). — Частина 1. — С. 23—27.
6. Зубченко А.В. Технология кондитерского производства / А.В. Зубченко. — Воронеж, 1999. — 432 с.
7. Минифай Б.У. Шоколад, конфеты, карамель и другие кондитерские изделия (Б.У. Минифай; перевод с англ. под общ. научной ред. Т.В. Савенковой) / Б.У. Минифай. — СПб.: Профессия, 2005. — 808 с.
8. Barra G. The rheology of caramel / G. Barra // Journal of Food Science. – 2004. – Vol. 23. – P. 5-27.
9. Sengar G. Food caramels: a review / G. Sengar, H.K. Sharma // Journal of Food Science. – 2012.– Vol. 48. – P. 1-8.

10. Ruiz-Cabrera M.A. Determination of glass transition temperatures during cooling and heating of low-moisture amorphous sugar mixtures / M.A. Ruiz-Cabrera, S.J. Schmidt // *Journal of Food Science*. – 2014. – Vol. 65. – P. 1-8.
11. Сидоренко М.Ю. Карамель длительного хранения / М.Ю. Сидоренко, З.Г. Скобельская, Н.А. Филиппов [и др.] // *Кондитерское производство*. – 2003. – № 2. – С. 47-49.
12. Roos Y.H. Melting and crystallization of sugars in high-solids systems / Y.H. Roos, M. Karel, T.P. Labuza [et al] // *Food Chemical*. – 2013. – Vol. 61. – P. 3167-3178.
13. Васькина В.А. Инвертный сироп как альтернатива патоке в производстве кондитерских изделий / В.А. Васькина, Н.И. Сухарева, И.И. Кондратова [и др.] // *Кондитерское и хлебопекарное производство*. – 2007. – № 8. – С. 16-17.
14. Golon A. Unraveling the chemical composition of caramel / A. Golon, N. Kuhnert // *Food Chemical*. – 2012. – Vol. 60. – P. 3266-3274.
15. Ben-Yoseph E. Computer simulation of sugar crystallization in confectionery products / E. Ben-Yoseph, R.W. Hartel // *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. – 2006. – Vol. 7. – P. 225-232.
16. Кривощёков С.Н. Опыт применения рентгеновской компьютерной томографии для изучения свойств горных пород / С.Н. Кривощёков, А.А. Кочнев // *Вестник ПНИПУ. Геология. Нефтегазовое и горное дело*. – 2013. – № 6. – С.32-42.