

Центральноукраїнський національний технічний університет  
Факультет автоматики та енергетики  
Кафедра «ЕТС та ЕМ»

«Допущено до захисту»  
Зав. кафедри ЕТС та ЕМ  
к.т.н., професор  
\_\_\_\_\_Плешков П.Г.  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**  
**за другим (магістерським) рівнем вищої освіти**

на тему  
**«Система підтримки прийняття рішень при управлінні  
технологічними процесами виготовлення  
кондитерських сумішей»**  
**«Decision support system in the management of  
technological processes for the manufacture of confectionery  
mixtures»**

Виконав здобувач вищої освіти II курсу  
групи ЕЕ-20 М  
141 «Електроенергетика, електротехніка  
та електромеханіка»  
\_\_\_\_\_ Пономаренко О.В.  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 р.

Керівник роботи  
к.т.н, професор  
\_\_\_\_\_ Віхрова Л.Г.  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 р.

Рецензент  
\_\_\_\_\_ Пархоменко Ю.М.  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 р.

Міністерство освіти і науки України  
Центральноукраїнський національний технічний університет

Факультет автоматики та енергетики

Кафедра ЕТС та ЕМ

Освітній ступінь магістр

Спеціальність 141 «Електротехнічні системи електроспоживання»

ОПП «Електротехнічні системи електроспоживання»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри Плешков П.Г.

“ ” \_\_\_\_\_ 20\_\_ року

**ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗА ДРУГИМ  
(МАГІСТЕРСЬКИМ) РІВНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ ЗДОБУВАЧА**

Пономаренко Олександр Віталійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Система підтримки прийняття рішень при управлінні технологічними процесами виготовлення кондитерських сумішей

2. Керівник роботи Віхрова Л.Г., канд. техн. наук, професор

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

3. Строк подання студентом роботи до захисту 1.12.2021 р.

4. Мета та завдання випускної кваліфікаційної роботи 1. Зробити огляд автоматизованих систем керування технологічними процесами в кондитерському виробництві. Проаналізувати методи і засоби автоматизації систем керування на основі експертних оцінок. Розглянути технологічні кондитерські процеси як об'єкт управління. Розробити алгоритм ухвалення рішень за виглядом керуючої дії та математичної моделі керування якістю пралінової суміші. Розробити автоматизовану системи керування на основі експертних оцінок. Розглянути заходи з охорони праці та техніко-економічні розрахунки.

5. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів роботи

| Розділ             | Консультант    | Підпис, дата      |                     |
|--------------------|----------------|-------------------|---------------------|
|                    |                | завдання<br>видав | завдання<br>приймав |
| Охорона праці      | Савеленко Г.В. |                   |                     |
| Техніко-економічні | Журило І.В.    |                   |                     |
| розрахунки         |                |                   |                     |

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва етапів випускної кваліфікаційної роботи                                                | Строк виконання етапів роботи | Примітка |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|----------|
| 1.    | Огляд автоматизованих систем керування технологічними процесами в кондитерському виробництві | 5.09.21                       |          |
| 2.    | Розробка автоматизованої системи керування кондитерськими технологічними процесами           | 2.10.21                       |          |
| 3.    | Розробка алгоритму ухвалення рішень за виглядом керуючої дії                                 | 20.10.2021                    |          |
| 4.    | Створення автоматизованої системи управління                                                 | 7.11.21                       |          |
| 5.    | Оформлення пояснювальної записки                                                             | 20.11.21                      |          |
|       |                                                                                              |                               |          |
|       |                                                                                              |                               |          |
|       |                                                                                              |                               |          |
|       |                                                                                              |                               |          |
|       |                                                                                              |                               |          |

Дата видачі завдання

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2021 р.

Керівник роботи \_\_\_\_\_

Віхрова Л. Г.

Завдання прийнято до виконання

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2021 р.

Здобувач \_\_\_\_\_

Пономаренко О.В.

## АНОТАЦІЯ

Метою даної магістерської роботи є підвищення продуктивності технологічного процесу та підвищення якості приготування пралінових мас за допомогою створення автоматизованої системи управління на основі експертних оцінок, що забезпечує отримання продукції високої якості, узгоджену роботу технологічного устаткування й поліпшення планування виробництва в цілому.

## SUMMARY

The purpose of this master's thesis is to increase the productivity of the technological process and improve the quality of praline masses by creating an automated management system based on expert assessments, ensuring high quality products, coordinated operation of technological equipment and improving production planning in general.

## ЗМІСТ

|                                                                                                       |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Вступ                                                                                                 | 2  |
| Розділ 1 Огляд автоматизованих систем керування технологічними процесами в кондитерському виробництві | 4  |
| 1.1 Загальна характеристика технологічних процесів кондитерського виробництва                         | 4  |
| 1.2 Аналіз функціональної структури автоматизації технологічних ліній кондитерського виробництва      | 8  |
| 1.3 Аналіз технологічного процесу приготування кондитерських мас                                      | 12 |
| 1.4 Аналіз методів й засобів автоматизації систем керування на основі експертних оцінок               | 24 |
| Розділ 2 Розробка автоматизованої системи керування кондитерськими технологічними процесами           | 29 |
| 2.1 Технологічні кондитерські процеси як об'єкт управління                                            | 29 |
| 2.2 Аналіз показників автоматизації технологічного процесу приготування кондитерських мас             | 32 |
| 2.3 Дослідження модуля автоматизованого оптимального формування плану на випуск продукції             | 35 |
| 2.4 Дослідження методики автоматизованого проектування робочих рецептур                               | 38 |
| Розділ 3 Розробка алгоритму ухвалення рішень за виглядом керуючої дії                                 | 40 |
| 3.1 Математична модель формування первинного опису пралінової суміші                                  | 40 |
| 3.2 Розробка математичної моделі керування якістю пралінової суміші                                   | 44 |
| 3.3 Алгоритму ухвалення рішень за вибору керуючих діянь на основі експертних оцінок                   | 48 |
| Розділ 4 Створення автоматизованої системи управління                                                 | 53 |
| 4.1 Вимірювальні засоби оцінки якості готової суміші та первинної сировини                            | 53 |
| 4.2 Автоматизована системи керування на основі експертних оцінок                                      | 61 |
| Висновки                                                                                              | 61 |
| Література                                                                                            | 62 |
| Додатки                                                                                               | 64 |
| Додаток А. Охорона праці                                                                              | 65 |
| Додаток Б Техніко-економічні розрахунки                                                               | 85 |

## ВСТУП

На сьогодні кондитерське виробництво є однією з перспективних галузей, яка визначає економічний розвиток нашої держави. Це обумовлюється тим, що кондитерські вироби є висококалорійним, енергетично цінним харчовим продуктом, які користуються високим попитом у населення. Конкуренція на сучасному ринку кондитерської продукції пред'являє досить високі вимоги до об'єктивного аналізу й експертної оцінки вибору асортименту й якості продукції, яка випускається.

На кондитерському підприємстві може одночасно зберігатися, готуватися до обробки та виготовлятися більше ста найменувань кондитерських виробів, причому на декількох технологічних лініях, відмінних за конструкцією та цільовим призначенням. Підвищення ефективності виробництва при цьому можливе за рахунок підвищення продуктивності технологічних процесів, також поліпшення якості продукції, що випускається, зниження об'єму незавершеного виробництва та страхових запасів за рахунок локалізації й синхронізації регламентованого випуску товару. Це відбувається за рахунок вдосконалення автоматизованих систем управління технологічними процесами, оскільки дозволяє перевести виробничий процес на якісно новий ступінь розвитку, який характеризується вищим, в порівнянні з попереднім, ступенем організації автоматизованого управління.

Конкурентоспроможність кондитерської продукції багато в чому залежить від рівня автоматизації технологічних процесів, що враховує традиції та накопичений досвід фахівців, які розробляють рецептуру. Автоматизована система управління технологічними процесами має бути реалізована на основі відповідних методів адаптації з інтелектуальним наповненням знаннями та при цьому може називатися системою управління на основі експертних оцінок.

Разом з тим достатньо розглянуті повинні бути можливості інтелектуалізації управління та дослідження технологічних процесів, а також можливості гнучкого взаємозв'язку паралельних технологічних процесів в

комплексі загального управління випуском продукції з урахуванням формалізованих знань експертів-кондитерів.

# РОЗДІЛ 1

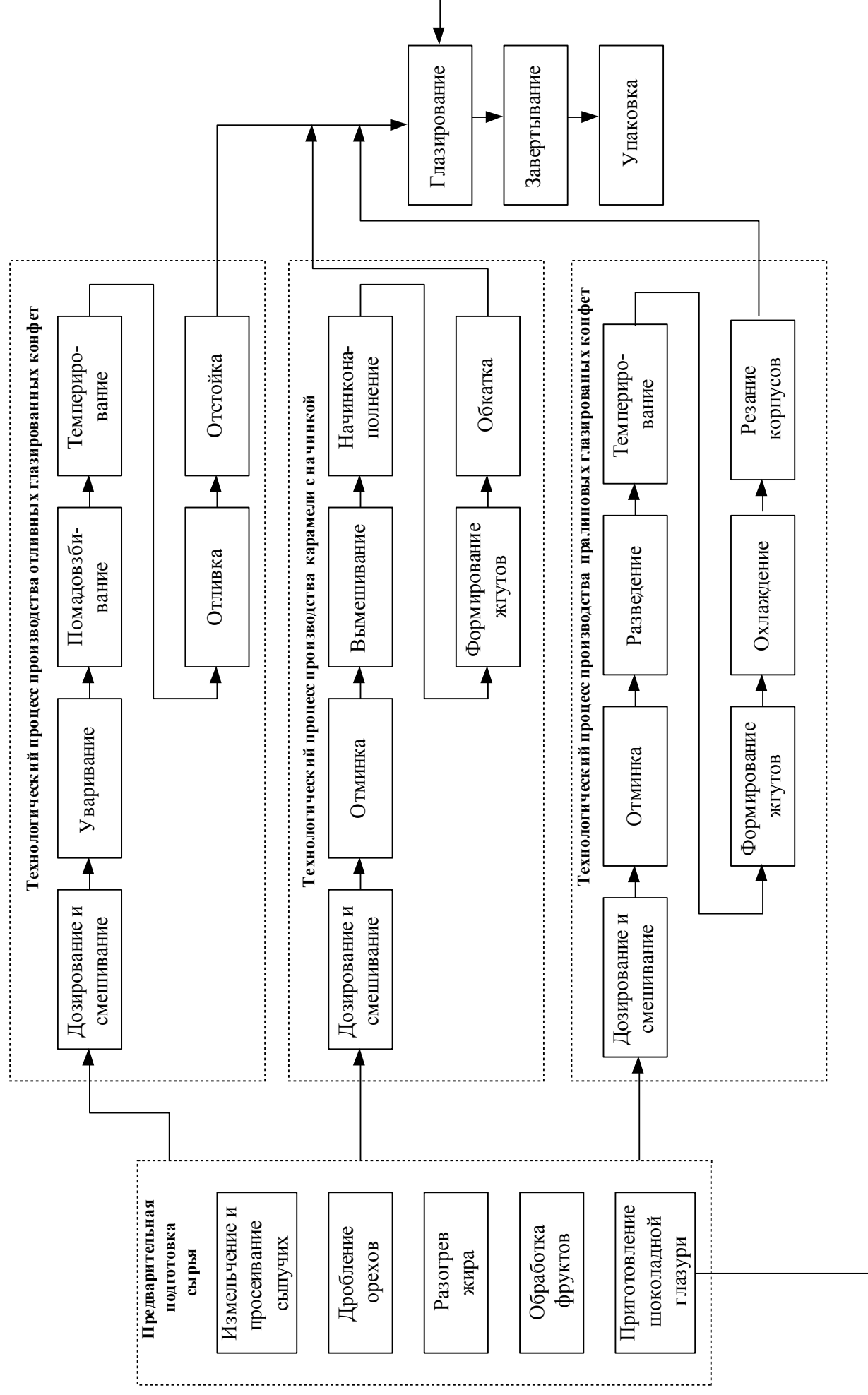
## ОГЛЯД АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ В КОНДИТЕРСЬКОМУ ВИРОБНИЦТВІ

### 1.1. Загальна характеристика технологічних процесів кондитерського виробництва

На сьогодні кондитерське виробництво є однією з перспективних галузей, що визначають економічний розвиток нашої держави. Конкурентоздатний ринок кондитерської продукції пред'являє високі вимоги до маркетингу за об'єктивним аналізом вибору асортименту й оцінці якості продукції, яка випускається, а також її цінової політики.

Кондитерське підприємство, як правило, включає декілька потокових технологічних ліній, які випускають: карамель, драже, глазуrowані та неглазуrowані цукерки з праліноюю, фруктовую або желейною начинкою, ірис, шоколад, бісквіти та інші види кондитерської продукції [1, 2]. Для виробництва кожної групи виробів характерні не лише свій склад сировини, але й свої методи його підготовки та переробки. Це зумовлює різні види технологічних процесів й устаткування, які призначені для переробки сировини, зміни структури напівфабрикатів, створення оптимальних умов для протікання процесів, які визначають якість готових виробів.

Наведемо деякі технологічні процеси виробництва цукерок на різних технологічних лініях. Механізована потокова лінія виробництва відливних глазуrowаних цукерок з автоматичним загортанням призначена для виготовлення і автоматичного загортання відливних глазуrowаних цукерок з помадними, помадно-молочними, фруктово-желейними та іншими корпусами. Укрупнено послідовність технологічних операцій відливних глазуrowаних цукерок представлена на мал. 1.1. Вона включає: попередню підготовку та дозування вихідної сировини, приготування попередньою



Мал. 1.1. Укрупнена схема послідовності декількох технологічних процесів кондитерського виробництва

суміші, уварювання, помадовзбивання, темперування, відливання, відстойку, глазурування, загортання, упаковку.

Механізована потокова лінія виробництва карамелі з начинкою, перешарованою карамелевою масою. Укрупнено послідовність технологічних операцій виробництва карамелі з начинкою також представлена на мал. 1.1. Вона включає: попередню підготовку горіхово-шоколадної начинки, підготовку вихідної сировини, дозування компонентів рецептури, попереднє змішування, отминку, вимішування, начинконаповнення, формування джгутів, обкатку, глазурування, загортання, упаковку.

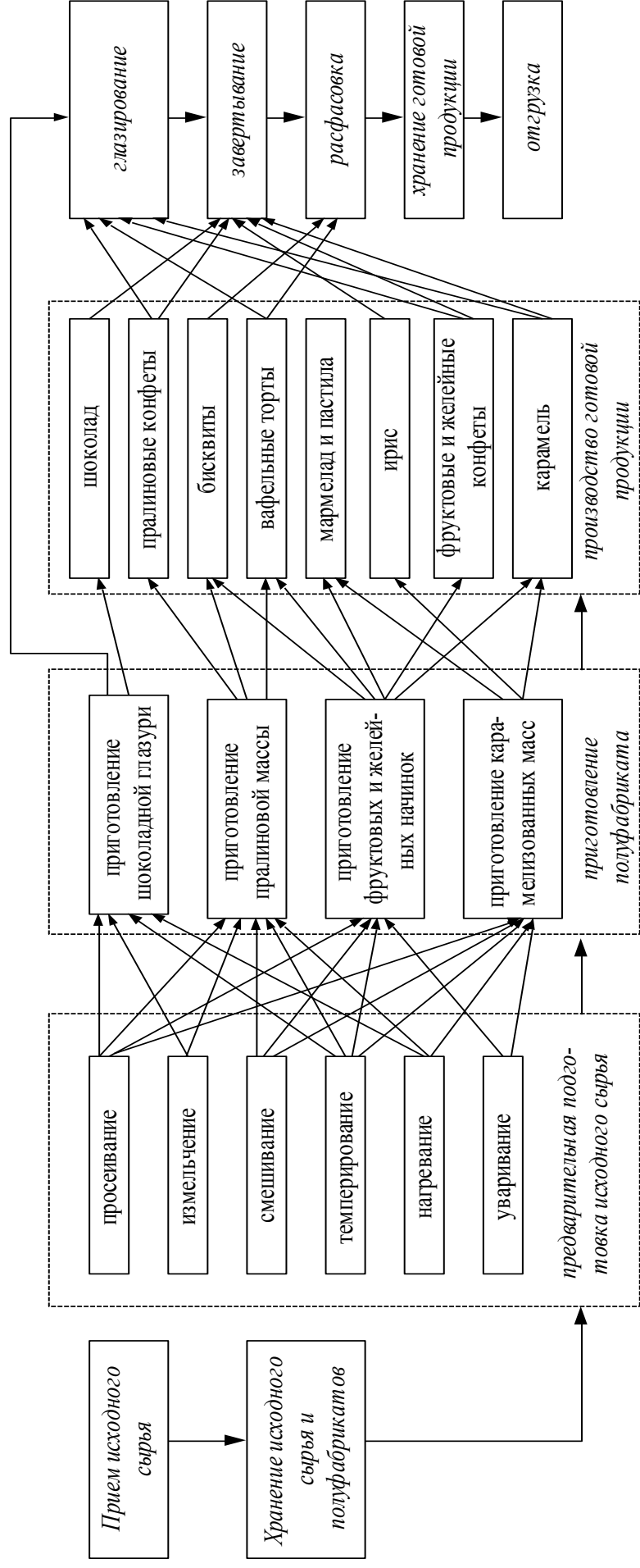
Механізована потокова лінія виробництва пралінових цукерок з формуванням джгутів випресуванням призначена для виробництва цукерок і батончиків, які виготовляються з пралінових мас, переважно на горіховій основі. Укрупнено послідовність технологічних операцій виробництва пралінових глазурованих цукерок представлена також на мал. 1.1. Вона включає: попередню підготовку вихідної сировини, дозування компонентів рецептури, попереднє змішування пралінової суміші, отминку, розведення жиром, формування джгутів, охолодження, глазурування, загортання, упаковку.

З цього огляду видно, що для різнорідних технологічних процесів (мал. 1.2) існує декілька типових технологічних операцій, що можуть виконуватися на одному й тому ж технологічному устаткуванні. Це: підготовка вихідної сировини (просіювання, подрібнення, темперування, змішування до напіводнорідної маси і так далі); приготування за допомогою рецептурної станції: шоколадної глазури для глазурування цукерок, пралінової маси, фруктових начинок, карамелізованих мас як напівфабрикату для начинок цукерок, тортів, бісквітів; упаковка готової продукції, зберігання на складі і ін.

Тобто кожен технологічний процес приготування кондитерських виробів є багатостадійною системою з послідовно-паралельним виглядом руху матеріального потоку. В даному випадку є кінцева безліч  $N = \{1, 2, . n\}$  видів готової продукції та кінцева безліч  $\mu = \{1, 2, . M\}$  технологічного

устаткування (апаратів, вузлів). Процес отримання вигляду продукції  $i \in N$  включає  $r_i$  операцій. При цьому кожному виробу  $i \in N$  й на кожній операції  $q$ ,  $1 \leq q \leq r_i$ , його обслуговування зіставляється деяка безліч технологічного устаткування  $\mu_q^i \subseteq \mu$ .

Технологічне устаткування, вузли, апарати, що використовуються на технологічних лініях, пов'язані безперервним матеріальним потоком, обумовлюючи перенастроювання кожного апарату, за технічним регламентом, з початком й кінцем внутрішніх операцій. Отож, для узгодження технологічних операцій з врахуванням технології приготування, їх необхідно синхронізувати так, щоб погоджувати початок подальшої операції та кінець попередньої без простою устаткування. При цьому синхронізувати роботу технологічних ліній необхідно так, щоб завантаження технологічне устаткування було оптимальним, а також мінімізувати число виробничих змін і скоротити кількість переналадок.



Мал. 1.2 Укрупнена схема випуску продукції на кондитерському підприємстві

Отож, виникає завдання побудування оптимального розкладу взаємодії окремих операцій кондитерських технологічних ліній в разі паралельно-послідовного виду руху матеріальних потоків. Завдяки збуренням у системі регламентна тривалість, як правило, не витримується і технологічні вузли взаємодіють у випадкові моменти часу. Тобто, процес узгодження регламенту технологічних вузлів паралельних технологічних ліній являється одним з об'єктів автоматизованого управління.

## 1.2. Аналіз функціональної структури автоматизації технологічних ліній кондитерського виробництва

За сучасних умов функціонування кондитерського виробництва ринкова концепція управління заснована на тому, що управління являється діяльністю суб'єктів, що самотійно господарюють та відповідно до ринкової кон'юнктури встановлюють ціни, кількість продукції, яка виготовляється та обирають постачальників. В основі даної концепції одночасно лежить орієнтування всієї господарської діяльності на задоволення попиту споживача та швидку реакцію на будь-які зміни, які відбуваються в супутніх галузях.

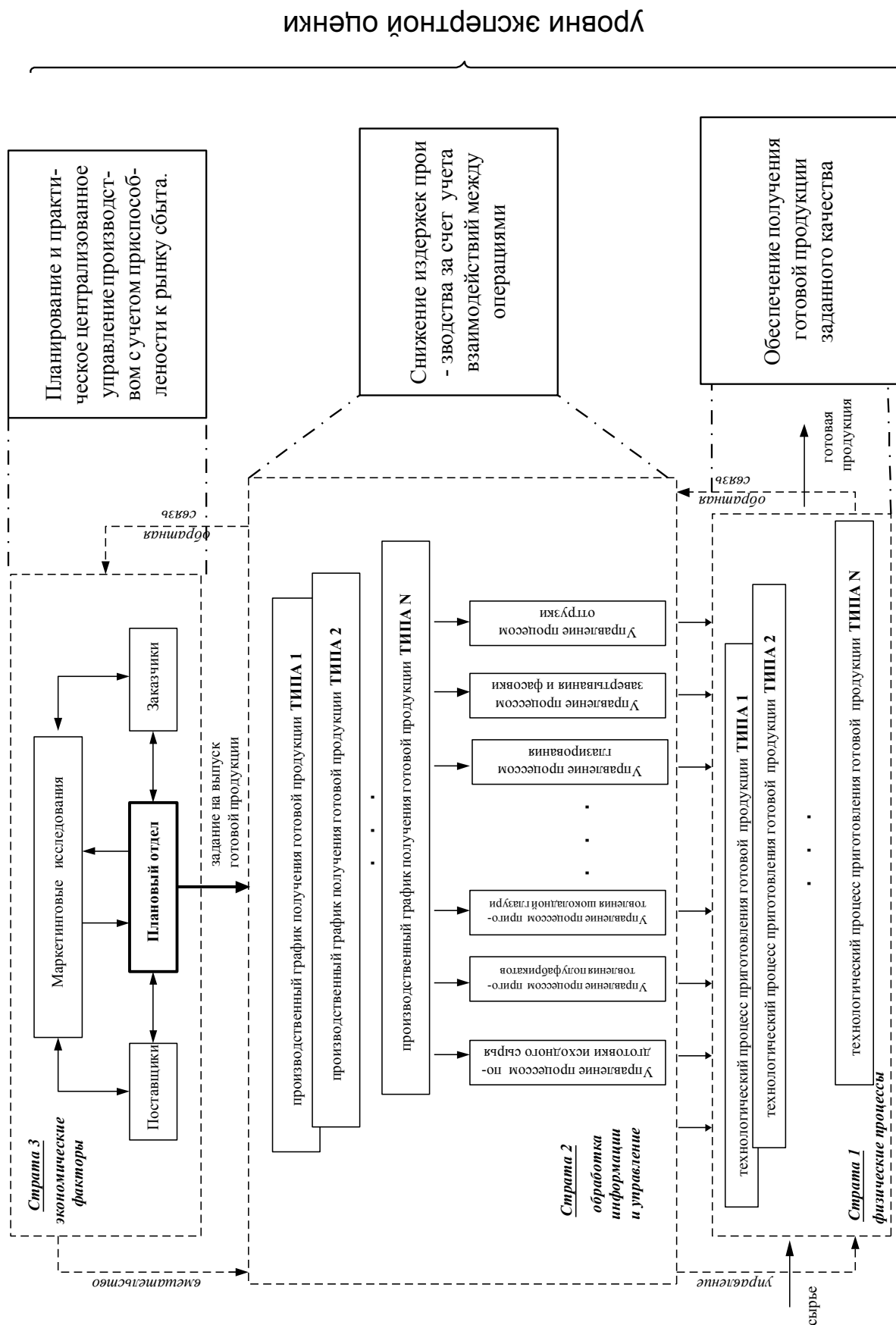
Наведемо функціональну структуру кондитерського виробництва, представимо перелік функціональних завдань, які вирішуються в процесі управління як багаторівневу стратифіковану систему з ієрархією організаційного типу, блок-схема якої показана на мал. 1.3. Стратифікація має на увазі скорочення об'єму інформації, яка йде вгору за ієрархією [3]. На кожній страті блоки ухвалення рішень мають справу з функціонуванням підсистем, але при цьому нехтуючи взаємодією між ними.

Повне завдання управління визначається за допомогою трьох страт. Із загальносистемної точки зору, система управління виконує такі три основні функції: планування виробництва; складання робочих завдань на випуск продукції та координація технологічних операцій; управління технологічними лініями. Блок управління вищого рівня (страта 3) проводить аналіз ринку збуту й постачань вихідної сировини, складає план

випуску готової продукції по всіх видах виробів, потім формує план замовлення вихідної сировини, щоб підвищити рентабельність виробництва. Такий план складається на певний термін і коректується на підставі інформації про фактичне виконання виробничих планів за минулий період, зворотньому зв'язку, який поступає по каналах.

План випуску готової продукції за кожним видом виробу поступає на вхід блоків управління середнього рівня (страта 2), що розбивають його на окремі завдання по різних технологічних операціях. У таких блоках порівнюються фактичні показники з плановими. Блоки управління отримують дані про об'єми виробництва й якості продукції, та, у разі потреби, вносять корективи до графіку роботи всіх підсистем, отже, координують їх роботу.

Блоки управління нижнього рівня безпосередньо керують технологічними процесами на деяких технологічних операціях. На цьому рівні здійснюється поточний контроль за відбуттям фізичних процесів, а також виробляється пряме управління.



уровни экспертной оценки

Мал. 1.3 Вертикальний розподіл завдань управління виробництвом кондитерської продукції

На сьогодні кондитерські підприємства переживають складний момент у розрізі автоматизації управління. Безліч підрозділів використовують у роботі логічно та технічно розрізнене програмне забезпечення. Вони

використовуються, наприклад, для введення рецептур, розрахунку потреб сировини, планової собівартості або складання звітів, але не призначені для роботи в мережі. Виникає проблема оперативного управління складськими запасами, тому що вони випускають продукцію з обмеженими термінами придатності, й тому процеси логістики для управління закупівлями, також складом та реалізацією мають бути автоматизовані. Блоки управління закупівлями, складом і реалізацією відіграє важливу роль в системі управління контролем якості продукції, так як забезпечує підготовку інформації для контролю термінів придатності готової продукції, а також залишків сировини, тари й упаковки. Автоматизований виробничий облік у основних цехах: шоколадному, цукерковому й роздрібному, облік вироблення готової продукції та напівфабрикатів.

На окремих кондитерських підприємствах вже автоматизовані різні технологічні лінії. Як правило, така автоматизація ут стосується здебільшого ланок конкретного технологічного процесу, викликаючи при цьому якісні зміни та збільшуючи випуск продукції. Також були проведені дослідження технологічних процесів приготування кондитерських виробів на окремих етапах. На сьогодні розроблені математичні моделі окремих операцій: дозування, змішування, отминки, темперування, формування джгутів й ін. Визначені передавальні функції за основними каналами керування, розроблено декілька законів регулювання. Найбільша автоматизація торкнулась таких технологічних операцій: глазурування, загортання й упаковка. На кондитерських фабриках нашої країни використовують в основному окремі готові імпорتنі автоматизовані комплекси та поточкові лінії, які побудовані на локальних засобах автоматики, що виробляють керування технологічним процесом відповідно до чіткого заданого регламенту кожної технологічної операції без врахування впливу зовнішніх збурюючих дій на якість отриманої продукції. Такі автоматизовані лінії за класифікацією АСУТП, за функціонально-алгоритмічними ознаками відносять до систем логіко-програмного управління групою однотипних технологічних операцій [8]. Основною функціональною ознакою їх є пряме цифрове керування за жорсткою або напівжорсткою програмою в режимі

розділення часу між керованими операціями. Такі лінії володіють високою надійністю технологічного устаткування, задовільною організацією обслуговування. Оператор управляє такими лініями на основі завдань, які отримуються від планового відділу але при цьому не мають можливості коректувати хід процесу в разі відхилення, а перебір й коректування дій, які керують, займає значний час.

Характерна особливість сучасної автоматизації кондитерських ліній – це розширення арсеналу технічних засобів й, як наслідок, багатоваріантність вирішення завдань автоматизації технологічних процесів.

Продукція кондитерського виробництва є досить складною, для виробництва яких потрібно виконати великий об'єм технологічної роботи [1]. Для підвищення конкурентоспроможності кондитерські підприємства постійно розширюють асортимент продукції, яка випускається, у зв'язку з чим, очевидно, збільшується об'єм підготовки виробництва. Прискорення розробки нових рецептур вимагає впровадження систем автоматизованого проектування.

Традиційно кондитери спочатку виробляли цукерки, а потім займалися їх реалізацією. В умовах ринкових стосунків такий процес відбувається інакше: економічний ефект існування підприємства орієнтований на споживача. Отож, основним напрямом є автоматизація планування виробництва [2]. Плани формуються як за номенклатурою продукції, так і в об'ємному виразі. На основі виробничих планів, структури виробів й карт технологічних маршрутів повинен здійснюватися розрахунок виробничої програми для всіх цехів й кондитерських ліній підприємства. Планування потреби у вихідній сировині та напівфабрикатах відбувається на основі виробничих планів, маршрутних технологічних процесів й післяопераційних норм витрати сировини з урахуванням існуючих запасів. На основі такої інформації проводиться розрахунок потужностей кондитерських ліній, що використовується для оцінки виробничих можливостей у процесі номенклатурного планування виробництва. Також визначаються коефіцієнти завантаження устаткування, потужності на початок й кінець планового періоду з урахуванням заходів щодо ліквідації «вузьких місць».

При відсутності координації продуктивність технологічних ліній, при максимальному завантаженні, може бути вищою, ніж попит на готову продукцію. У такому разі неминуче виникають розбіжності між заздалегідь складеним планом та його фактичним виконанням. Відсутність координації може призвести до часткових зривів випуску визначених партій готової продукції (при відхиленні параметрів від заданих) або до надмірного збільшення складських запасів.

Підвищення ефективності виробництва може відбуватись за рахунок зростання продуктивності технологічних ліній та збільшення обсягу виробництва, поліпшення якості готової продукції, зниження обсягу незавершеного виробництва та страхових запасів завдяки локалізації й синхронізації постачальників вихідної сировини та регламентованого випуску товару на базі маркетингових досліджень попиту ринку.

Для забезпечення конкурентоспроможності кондитерського підприємства слід випускати кондитерську продукцію вищої якості. Така робота, що виконується підприємством, має розглядатися як сукупність взаємопов'язаних процесів й здійснюватися за допомогою керування сукупністю таких процесів.

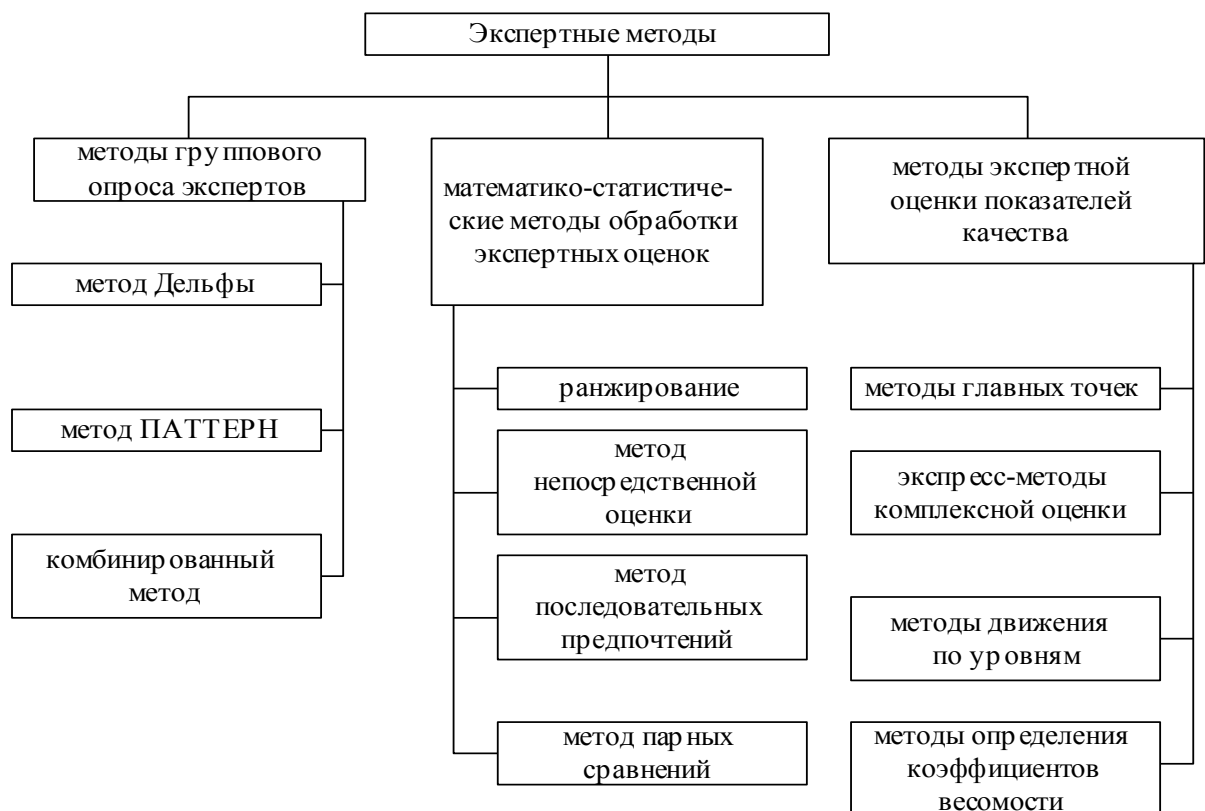
На сьогодні кожне з вищеперерахованих завдань вирішується окремою організаційною структурою, при цьому вхідні та вихідні дані є певною галуззю знань відповідних експертів (мал. 1.3). Особи, які приймають рішення, проводять експертну оцінку на окремих рівнях керування, забезпечують при цьому злагоджену роботу всіх проміжних структур.

Експертний аналіз й контроль за якістю продукції [2], яка випускається, проводяться різними методами. Органолептичний метод заснований на аналізі сприйняття органами чуття експерта, при цьому не застосовуються технічні вимірювальні або реєстраційні засоби. На основі накопиченого досвіду проводиться аналіз таких відчуттів й знаходиться значення показника якості продукції. Точність такого методу залежитиме від кваліфікації, досвіду та здібностей осіб, які проводять оцінку. Соціологічний метод заснований на зборі та аналізі думок фактичних споживачів продукції. Для реалізації такого методу розроблена ціла система опиту й обробки

результатів. Соціологічний метод також використовують для визначення коефіцієнта вагомості показників якості продукції. Експертний метод заснований на обліку думок групи фахівців-експертів, в яку можуть входити різні експерти: товарознавці, дегустатори й ін. Цей метод у поєднанні з органолептичним застосовують для ухвалення рішення при атестації якості продукції, визначенні коефіцієнта вагомості показників якості, тощо.

Класифікація експертних методів наведена на мал. 1.4. Експертні методи засновані на ухваленні евристичних рішень, базою для яких служать знання та досвід, що накопичені експертами в конкретній області. Основною перевагою таких методів є те, що вони дозволяють приймати рішення, коли об'єктивні методи неприйнятні. До основних недоліків експертних методів відносять: суб'єктивізм, обмеженість вживання, високі витрати.

Такі недоліки можна усунути шляхом використання засобів автоматизації рішень, які приймаються, тобто за рахунок створення бази знань ЕС, яка формується на основі досвіду відповідних фахівців. Особливо якісні результати дають ЕС, які працюють в комплексі з економічним та математичним моделюванням ситуацій [6].



Мал. 1.4 Класифікація експертних методів

Отже, метою розвитку й удосконалення сучасної автоматизованої системи керування кондитерськими технологічними процесами є підвищення ефективності керування підготовкою асортименту та виробництвом на взаємопов'язаних технологічних лініях на підставі логічно єдиного інформаційного потоку ухвалення рішень на кожному рівні керування за рахунок автоматизації методів експертної оцінки.

### 1.3. Аналіз технологічного процесу приготування кондитерських мас

Праліне являє собою тонко подрібнену кондитерську масу, яка містить: жир (кондитерський), горіхи (мигдаль, фундук або арахіс), цукрова пудра та різні добавки (какао-масло, какао-порошок, молоко, борошно, смакові есенції й т. ін.). Аналіз технології та техніки виробництва пралінових цукерок на кондитерських підприємствах свідчить, що приготування пралінових цукерок здійснюється періодичним й безперервним способами.

Виробництво таких цукерок, зазвичай, здійснюється за наступною технологічною схемою: підготовка сировини та напівфабрикатів до виробництва; приготування рецептурної суміші з часткою твердого жиру; помел рецептурної суміші на п'ятивалкових млинах; охолодження подрібнених мас у великих ємностях до температури маси 23-34 градусів за Цельсієм; отминка охолоджених пралинових мас з часткою жиру, яка залишилася; формування пралінових мас випресуванням на механізованих потокових лініях з подальшим охолодженням відформованих цукеркових джгутів; поперечне різання на корпуси та глазурування корпусів.

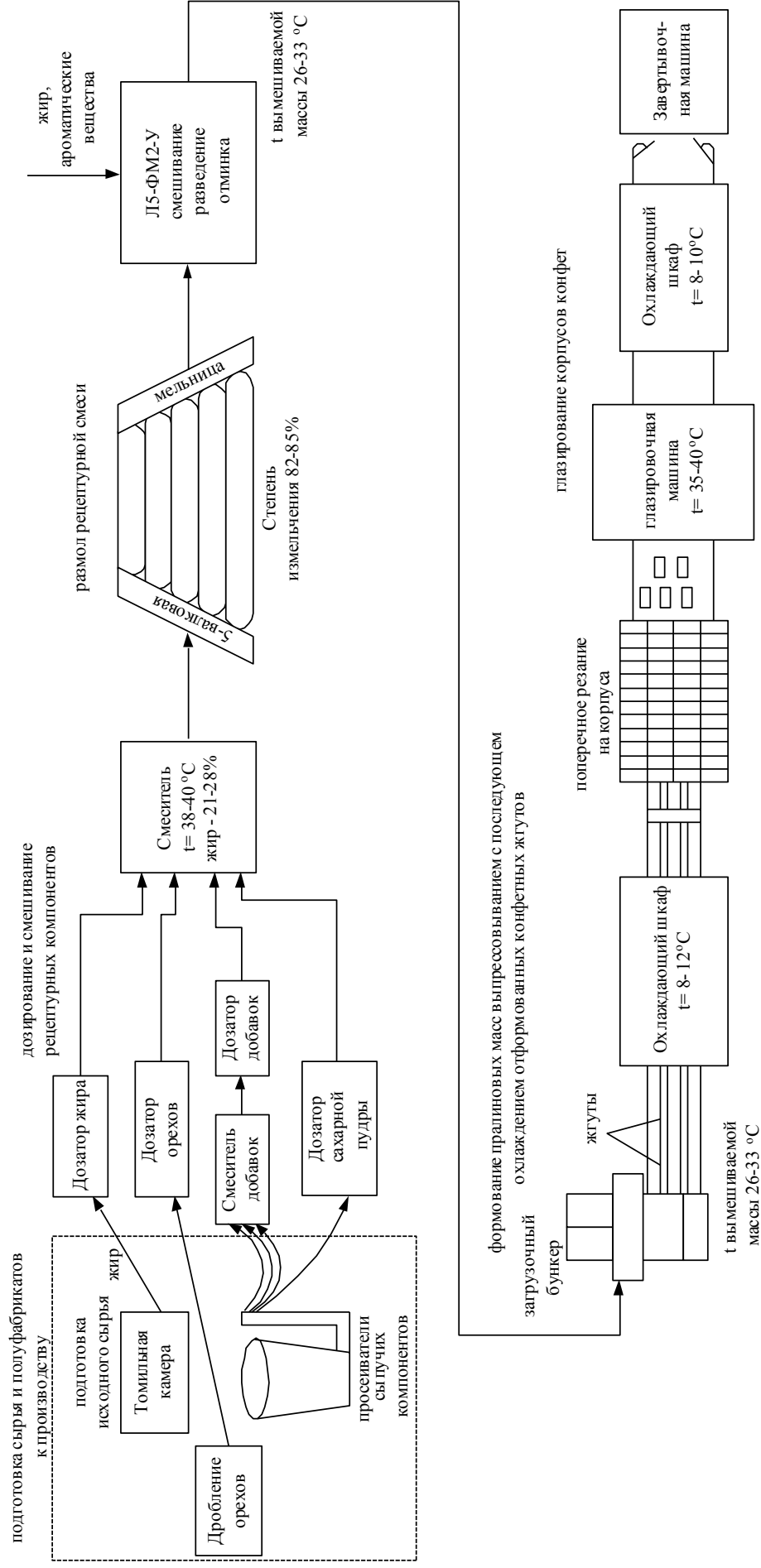
До сьогодні розроблено декілька способів приготування пралінових мас, які містять типові операції, що перераховані вище. Способи розрізняються механізмами, які беруть участь на різних етапах. Укрупнено будь-яку технологічну лінію даного типу можна представити на мал.1.5.

Рецептури є одним з основних технологічних документів, які регламентують виготовлення кондитерських виробів. Рецептури мають містити нормовану розкладку всіх видів сировини для виробництва одиниці продукції.

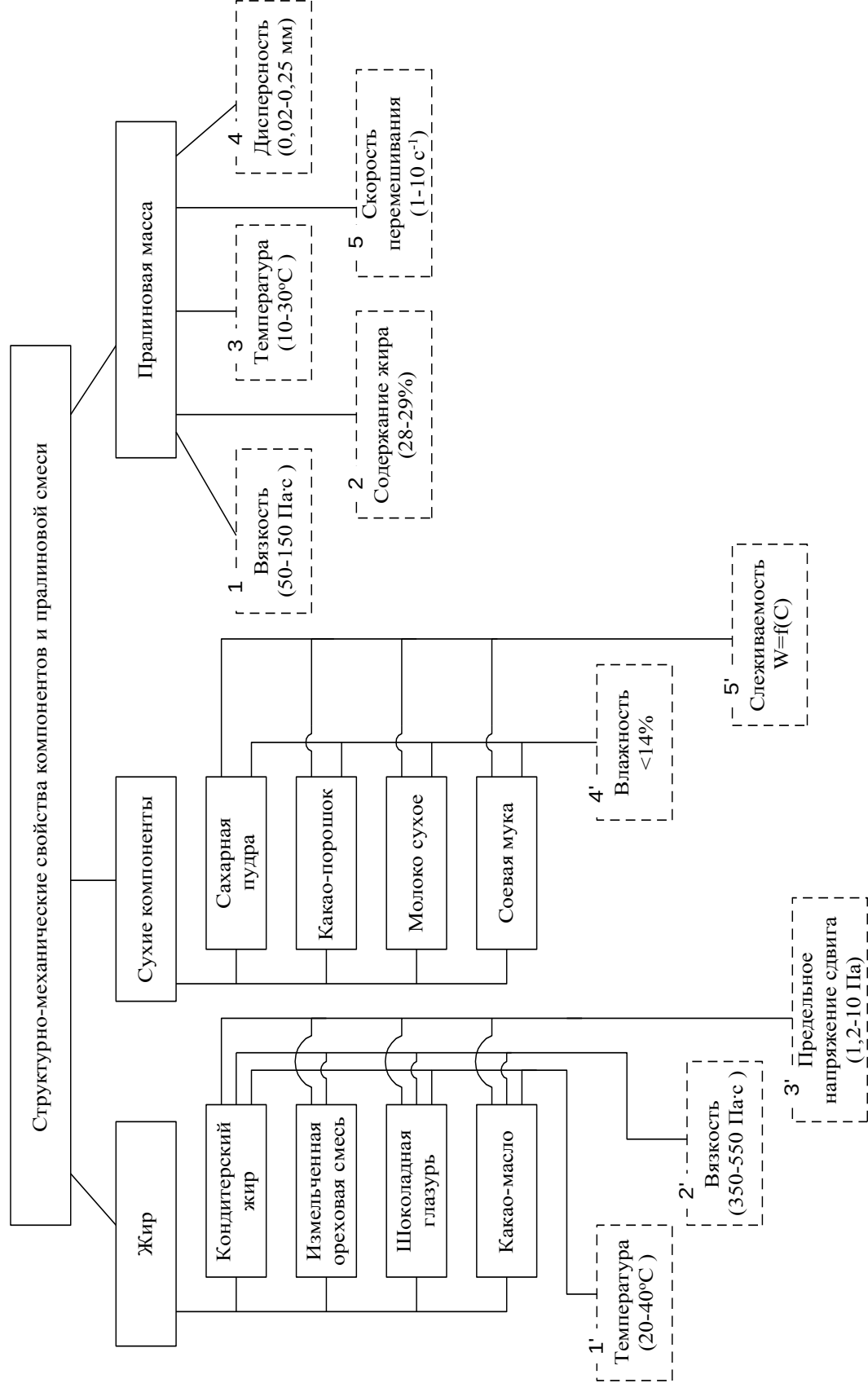
Рецептури кондитерських виробів містять, окрім власне рецептур, спеціальні вказівки, що передбачають цілий ряд заміन одного вигляду сировини на інший [2]. З урахуванням існуючого виду сировини майстром-технологом на підставі допустимих замінів, що не є порушенням точного дотримання рецептури, виконується відповідне корегування заданого виробничим відділом виробу. Взаємній заміні підлягає корегування на вміст цукру, жиру, молочних продуктів або ароматичних добавок. Какао терте можна замінити какао-порошком або какао-маслом з перерахунком у відповідності за масовою долею жиру. Вказівки до рецептур також допускають деякі зміни у співвідношенні окремих видів сировини в залежності від його якості. Заміни здійснює технолог-кондитер відповідно до існуючого запасу вихідної сировини та попиту на готову продукцію, формує тим самим нові рецептури для випуску їх на технологічних лініях.

Процес формування нових рецептур можна автоматизувати шляхом створення бази знань, яка містить уніфіковані заміни, які формуються на підставі особистого досвіду інженера-технолога кондитерського виробництва.

Пралінові маси можуть бути віднесені до структурованих пластичнов'язких систем. Основними фізичними характеристиками для таких мас є пластична міцність й в'язкість, що залежать здебільшого від кількості жиру, міри дисперсності, концентрації твердої фази. Структурна схема параметрів, які визначають якість складених компонентів вихідної сировини, наведена на мал. 1.6.



Мал. 1.5 Укрупнена схема технологічної лінії приготування пралинових цукерок



Мал. 1.6 Структурна схема параметрів, що визначають якість складених компонентів вихідної сировини

При змішуванні жири перетворюються, утворюючи суміші з новими фізичними характеристиками. Якщо при приготуванні рецептурної суміші внаслідок короткочасності процесу або низької швидкості перемішування попередньої суміші не забезпечується рівномірний розподіл компонентів, тоді при подрібненні маса також виходить з дуже нерівномірною структурою: або суха, або дуже жирна.

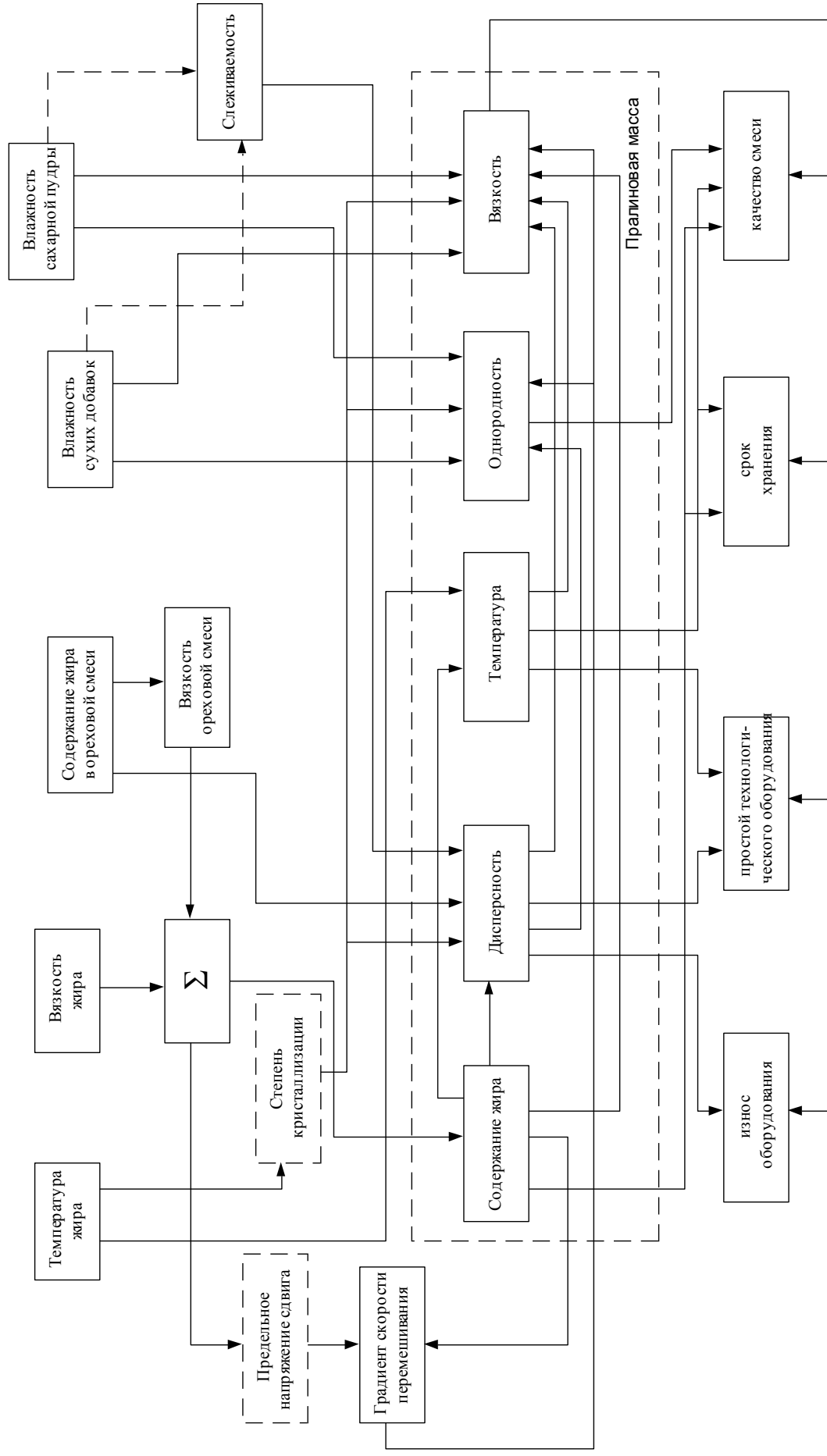
Всі показники якості пралінової суміші володіють властивістю взаємовпливу, як наведено на мал. 1.7, й тому технологічний процес приготування пралінової суміші повинен проходити в межах суворо витриманого регламенту проходження кожної технологічної операції.

Отже, задана якість готового виробу може бути досягнута тільки з урахуванням всіх властивостей компонентів. На сьогодні контроль за всіма показниками здійснюється експертами-харчовиками зазвичай за допомогою лабораторного аналізу, які ґрунтуються на методі відбору вибірок й проб і застосовні або до вихідної сировини або до вже готового продукту. Такі методи та тривалість визначення, яка інколи може сягати декількох годин, виключають його застосування в безперервно-потоківих технологічних процесах. Але в процесі приготування, може відбуватися погіршення якості пралінових цукерок, тоді виникає завдання автоматичного експрес-контролю показників якості на кожному етапі технологічного процесу.

Порівняльний аналіз технологічних параметрів пралінової маси на різних стадіях (мал. 1.5) свідчить, що одним із шляхів вирішення проблеми набуття пралінової маси заданої якості є забезпечення якості розподілу компонентів при здобутті попередньої рецептурної суміші, її кінцевої температури й кількості в ній суміші жирів. Отже, операції дозування та змішування компонентів є найважливішими в технологічних процесах виробництва цукерок, тому що власне на цій стадії формується структура цукеркових мас й зумовлюється якість готових виробів: коли подрібнена пралінова маса поступає на отминку зі структурою жирової фази, яка вже частково закристалізувалася, її можливо подавати без попереднього охолодження маси безпосередньо на стадію формування. Одночасно неможливо забезпечити рівномірний розподіл жиру в праліновій масі з

жировою фазою, яка вже закристалізувалася, а тому якість готових виробів значно погіршується.

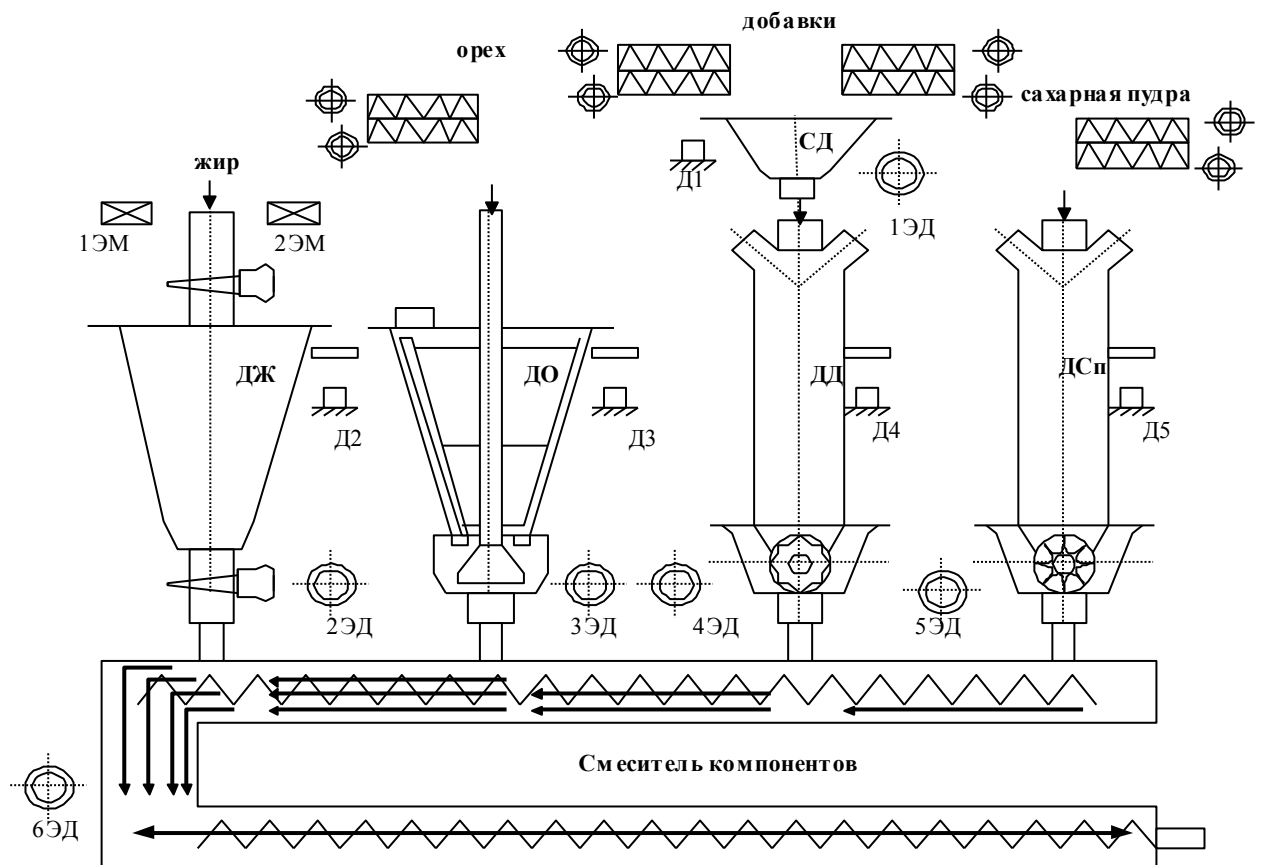
На сьогодні в приготуванні рецептурної суміші використовуються станції рецептурних змішувачів безперервної дії, які працюють за принципом порційного зважування рецептурних компонентів.



Мал. 1.7 Структурна схема зв'язків по технологічних параметрах базового об'єкту управління

Рецептурна станція для приготування суміші сипких та рідких компонентів, яка складається з бункерів із дозуючими пристроями та змішувача, який містить передкамеру, камеру та розташовані уздовж їх повздовжніх вісей ротори зі шнеками та поворотними лопатками, додатково забезпечують аналоговими механізмами, які зважують та дозволяють забезпечити задану точність дозування. На них розміщують бункери, при цьому дозуючий пристрій рідких компонентів з'єднаний з камерою за допомогою розпилюючого пристрою.

Така установка складається з "Дозомеса" й "дозатора-змішувача добавок" (мал. 1.8). "Дозомес" включає в себе: дозатор жиру (ДЖ), дозатор горіхів (ДО), змішувач добавок (СД), дозатор добавок (ДД) та дозатор цукрової пудри (ДСП). В середині обох камер, концентрично на підшипниках кочення встановлені вали зі шнеками та лопатками, що служать для перемішування й переміщення уздовж камер праліно-



Мал. 1.8 Складені компоненти установки

вих мас. Робота рецептурної станції для приготування суміші сипких й рідких компонентів відбувається наступним чином. Компоненти за

допомогою живильників завантажуються у дозатори. Починається вивантаження сипких компонентів у передкамеру з заданою швидкістю, а потім переміщаються шнеком уздовж передкамери та заздалегідь перемішуються. Потім суміш потрапляє в камеру, там за допомогою лопаток інтенсивно перемішується й переводиться у зважений стан. Сюди ж одночасно з бункера через розпилювач подаються рідкі компоненти, вони перемішуються з сипкими компонентами та утворюють однорідну суміш.

Така станція може використовуватися не тільки для приготування пралінових мас. Тобто конструктивно можна готувати вихідну суміш для начинок будь-яких видів або напівфабрикат для шоколадної глазурі і т.д.

Основна роль процесу приготування пралінових мас у керуванні якістю кінцевої продукції обумовлює необхідність комплексної автоматизації подібного технологічного процесу з урахуванням моделей протікаючих фізичних процесів й ефективного керування цими процесами в загальній структурі керування.

Отже, виникає завдання синхронізації регламентів роботи всіх виконавчих механізмів та контролю за параметрами пралінової суміші відповідно заданої рецептури в контрольних точках кондитерського технологічного процесу приготування пралінової суміші. При визначенні оптимальних параметрів доцільно використовувати можливості імітаційного експерименту у поєднанні з методами аналітичного моделювання та технологією експертних систем. Для реалізації таких завдань слід враховувати досвід фахівців-технологів, отже, можна використовувати методи експертної оцінки показників якості продукції та формувати базу знань для ухвалення рішень, що дозволяє забезпечити набуття пралінової суміші заданої якості й в критичних ситуаціях.

#### 1.4. Аналіз методів й засобів автоматизації систем керування на основі експертних оцінок

Методи експертних оцінок застосовуються у випадках, коли завдання повністю або частково не підлягає формалізації й не може бути вирішена відомими математичними методами [4].

Експертиза являє собою дослідження складних спеціальних питань на стадіях вироблення управлінського рішення фахівцями, які володіють спеціальними знаннями та досвідом з метою здобуття висновків та думок, рекомендацій та оцінок. Вплив експертних досліджень використовують передові відповідні досягнення науки й техніки. Основне завдання експерта полягає в тому, аби, використовуючи спеціальні знання в різних областях, досвід минулого й інтуїцію, застосувати загальні закони й приватні закономірності для розробки конкретних управлінських рішень та забезпечити цим їх оптимальність.

Найбільш ефективним є використання методів експертних оцінок у вирішенні наступних завдань керування технологічними лініями та виробництвами:

1. Аналіз складних процесів, систем, явищ, ситуацій, які характеризуються здебільшого якісними характеристиками, які не формалізуються.
2. Визначення та ранжирування за заданим критерієм найбільш істотних чинників, які впливають на функціонування технологічного процесу.
3. Підвищення ефективності математичних, статистических й інших формальних методів за рахунок точного визначення й оцінки якісних аспектів, чинників, що не підлягають формалізації.
4. Виявлення й оцінка якісних та кількісних критеріїв, що необхідні для вибору управлінського рішення.
5. Оцінка альтернативних варіантів рішення та виділення деяких найбільш кращих варіантів.

Зведення до мінімального рівня негативного впливу суб'єктивного елементу на якість управлінських рішень, які приймаються, – це одне з

головних завдань оптимізації процесів ухвалення рішень при керуванні технологічними лініями та виробництвом. Одна з основних умов подолання суб'єктивізму при підготовці управлінських рішень - це створення методів дослідження операцій й експертних оцінок.

Досвід експертів виявляється необхідною умовою при вирішенні наступних управлінських завдань: вказівка обмежень, або тих значень параметрів, що не можна перевершувати з міркувань безпеки або економічності і т.п.; виявлення чинників, які виробляють визначальний вплив на технологічний процес; призначення коефіцієнтів значущості параметрів, які входять до комплексного критерію якості.

Надійність й достовірність рішень, які приймаються на основі досвіду групи експертів, значною мірою залежать від організації процедури збору, аналізу та статистичної обробки такого досвіду. Тому для зменшення психологічного впливу експертів один на одного й здобуття достовірніших оцінок «людський чинник» необхідно замінити впровадженням автоматизованих систем, які функціонують на основі методів експертного оцінювання.

Поетапне керування періодичним процесом закладене в модель процесу й виключає необхідність написання власної програмної коди, при цьому різко зменшує об'єм інженерних робіт по супроводу системи при їх експлуатації. До конкретних функцій відносять: короткострокове планування, ініціалізація партій, керування циклами й етапами періодичного процесу, статистика періодичних процесів й складання звітів.

Багатофункціональність автоматизованих систем керування на базі експертних оцінок забезпечується за рахунок сучасного підходу до зберігання та використання знань експертів. Основний принцип такого підходу полягає в тому, що завдання вирішуються на основі комплексу знань.

Автоматизовані системи керування на базі експертних оцінок є складовою частиною загального комплексу ЕС. ЕС являє собою набір програм, які виконують функції експертів при вирішенні завдань з будь-якої області. ЕС видають поради, проводять аналіз, дають консультації, ставлять діагноз. Практичне вживання ЕС на кондитерських підприємствах сприяє зростанню

ефективності роботи та підвищенню кваліфікації фахівців. Головною перевагою ЕС є можливість накопичення знань й збереження їх на довгий час. На відміну від людини експертні системи до будь-якої інформації ставляться об'єктивно, це покращує якість експертизи, яка проводиться.

У загальному випадку, ЕС, що застосовуються у вказаних вище галузях можна умовно розбити на два класи: системи, які працюють у режимі реального часу; системи, які працюють в інтерактивному режимі. Автоматизовані системи керування, які функціонують на базі експертних оцінок, відносяться до першого класу.

Наведений огляд автоматизованих експертних систем дозволяє зробити висновок про те, що автоматизовані системи, які побудовані на основі ЕО, здатні вирішувати широкий круг завдань в області управління технологічними лініями та виробництвами. Постійно удосконалюються способи представлення знань, використовуються новітні досягнення в області інформаційних технологій. Аналіз використання автоматизованих систем керування технологічними процесами на основі експертних оцінок свідчить, що:

- методи ЕО та системи штучного інтелекту знаходять широке вживання при управлінні ТП в реальному часі;
- такі системи можуть функціонувати на всіх рівнях керування багаторівневих ієрархічних технологій та виробництв;
- автоматизація ЕО підвищує ефективність функціонування ТП та економічну рентабельність виробництва;
- при розробці систем такого типу застосовуються різні способи представлення знань, а саме: продукційний, фреймовий, семантичний, логічний; та механізми виводу: нейронні мережі, об'єктно-орієнтований підхід та ін.;
- для керування ТП кондитерського виробництва автоматизовані системи керування, які функціонують на основі ЕО раніше не використовувалися.

Отже, виникає завдання розробки структури автоматизованої системи керування технологічним процесом приготування пралінових мас на основі експертних оцінок, принципу побудови системи ухвалення рішень на

кожному з рівней виробництва, вибору методу представлення знання, створення алгоритму функціонування та взаємодії всіх рівнів системи керування.

## РОЗДІЛ 2

### РОЗРОБКА АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ КОНДИТЕРСЬКИМИ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ

#### 2.1. Технологічні кондитерські процеси як об'єкт управління

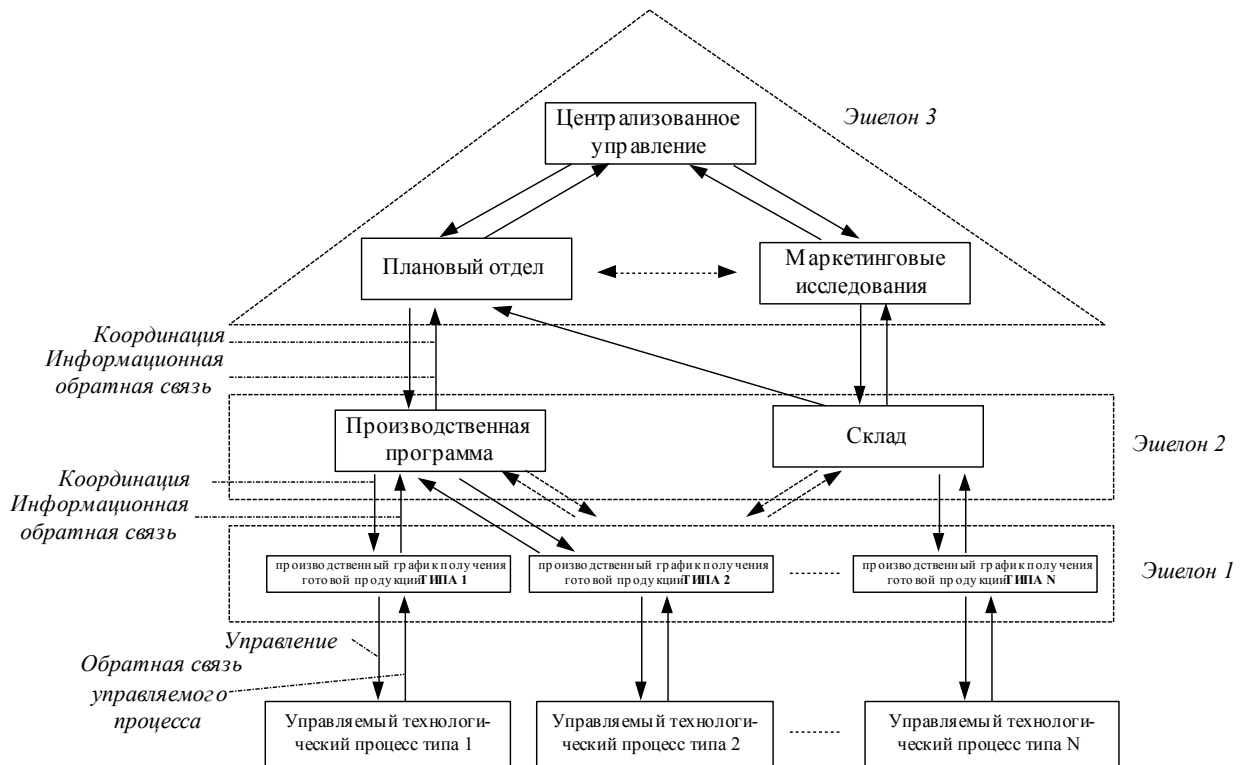
Структура керування технологічними процесами кондитерського виробництва являє собою складну багаторівневу ієрархічну систему. Для вдосконалення системи керування слід розробити інтегровану автоматизовану систему, що використовує ЕОМ на всіх аспектах виробництва, в тому числі керування технологічними процесами на базі експертних оцінок для отримання продукції заданої якості, злагоджену роботу устаткування паралельних технологічних процесів й поліпшення планування виробництва в цілому.

Експертна оцінка необхідна для:

- формування плану завдання на випуск продукції та централізованого керування продуктивністю ТП, враховуючи їх пристосованості до ринку збуту;
- зниження витрат виробництва за рахунок обліку взаємодій між однотипними операціями паралельних ТП;
- отримання готової продукції заданої якості.

Для вирішення таких завдань структуру системи керування сукупністю ТП кондитерського виробництва представляють як багатоешелонну [10]. Таке поняття ієрархії має на увазі, що: система складається з декількох чітко виділених взаємодіючих підсистем; окремі підсистеми при цьому є елементами, які ухвалюють рішення; такі елементи можуть розташовуватись в ієрархічному порядку: деякі з них керуються іншими вирішальними елементами.

Структурна схема багаторівневої організаційної ієрархії системи керування наведена на мал. 2.1. Рівень в такій системі називають ешелоном. Така система класифікується як багатоешелонна, багаторівнева або багатоцільова в зв'язку з тим, що різні входні елементи, які володіють правом ухвалення рішень, можуть мати суперечливі цілі. Така суперечність є результатом об'єднання різних підсистем в одну: це необхідне для ефективного керування системою в цілому.



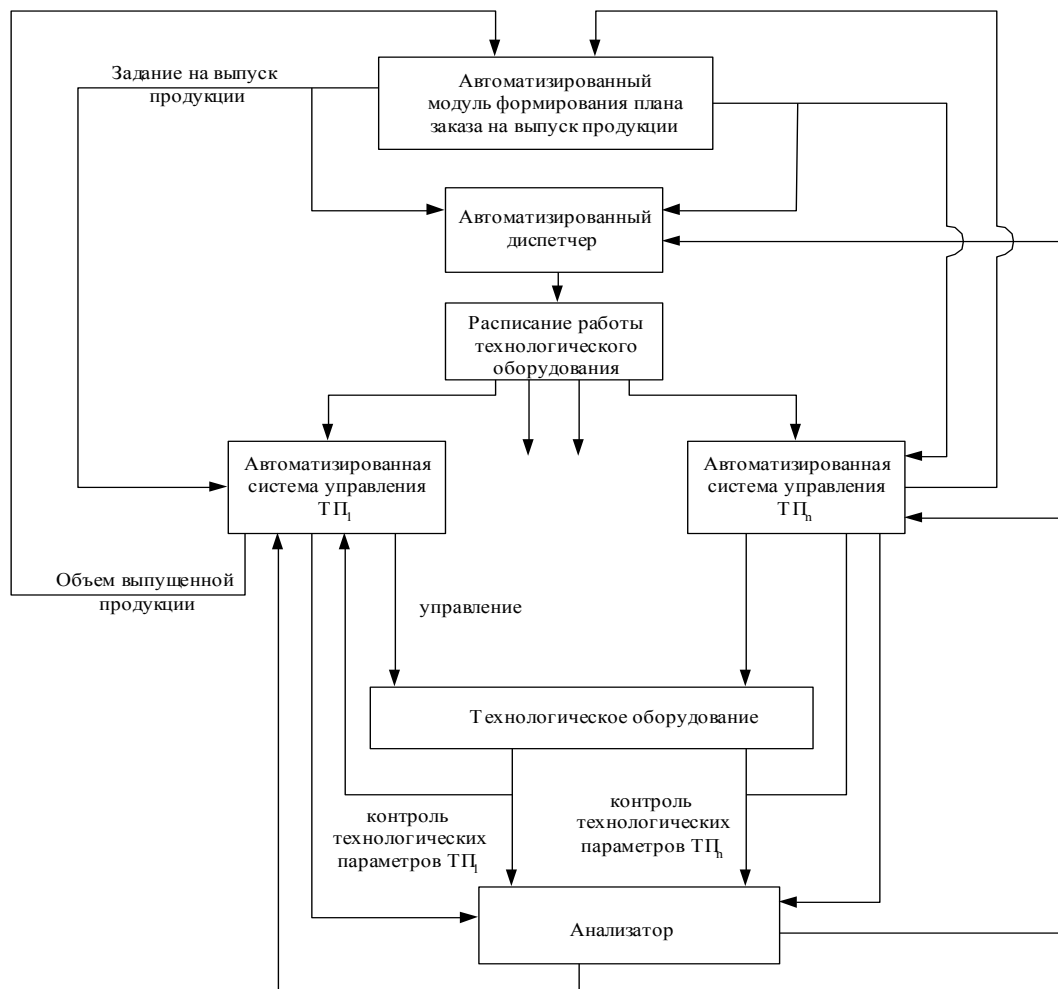
Мал. 2.1 Структурна схема багаторівневої організаційної ієрархії системи управління

Елементи нижче підпорядкованого рівня можуть впливати на дії вище підпорядкованого елементу – як безпосередньо, забезпечуючи його при цьому всією необхідною інформацією, так і побічно, за допомогою ухвалюючих ними рішень, оскільки кінцеве рішення вище підпорядкованого елементу залежить від того, як працюють системи нижче підпорядкованого рівня. В процесі обміну інформацією вище підпорядкований елемент має перевагу й може вимагати інформацію потрібного йому вигляду. Як правило, така інформація пов'язана з оцінкою процесу ухвалення рішення нижче підпорядкованими елементами.

Відповідно до поставлених вище завдань автоматизована система керування повинна бути побудована за модульно-ієрархічним принципом, при цьому відповідати наступним вимогам:

- математична модель кожного модуля має адекватно відображати функції відповідного ешелону ієрархічної системи керування;
- процес функціонування кожного ешелону має бути побудований з урахуванням принципів взаємодії з нижче та вище підпорядкованими;
- кожен модуль повинен мати достатній ступінь деталізації та чутливість до зміни технологічних або організаційних параметрів функціонування кондитерських технологічних процесів.

Структурна схема автоматизованої системи керування комплексом ТП на основі ЕО наведена на мал. 2.2.

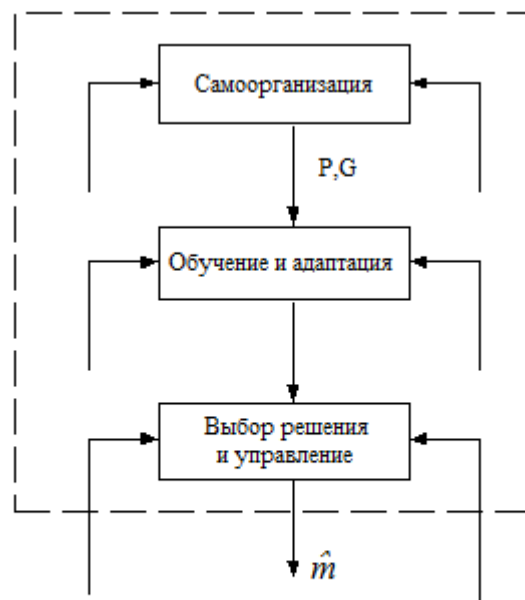


МАЛ. 2.2 Структурна схема автоматизованої системи керування

Основними модулями при цьому є: автоматизований модуль формування плану завдання на випуск кондитерської продукції, автоматизований диспетчер, який формує розклад завантаження

устаткуванням на основі даних з аналізатора про хід кожного технологічного процесу та відповідно до завдання на випуск кондитерської продукції кожного типу; автоматизовані модулі керування технологічними процесами, які відпрацьовують завдання на випуск готової кондитерської продукції за розкладом, який формується автоматизованим диспетчером.

На кожному такому рівні має бути своя багатошарова ієрархія ухвалення рішень, яка передбачає рух вгору або вниз за ієрархією, щоб уникнути безвиході, якщо в заданий проміжок часу будь-яке рішення не може бути ухвалене. Така ситуація називається функціональною ієрархією ухвалення рішень і керування [5]. Така ієрархія виникає природним чином внаслідок існування трьох головних аспектів проблеми ухвалення рішення при умові повної невизначеності: вибір стратегії, яка використовується в процесі рішення; зменшення або усунення невизначеності; пошук переважного або допустимого способу дій, який задовольняє заданим обмеженням. Схема вертикального рішення задач з функціональною ієрархією ухвалення рішень наведено на мал. 2.3. Функціональна ієрархія складається при цьому з трьох шарів:



Мал. 2.3 Функціональна ієрархія  
елементу, що ухвалює рішення

1. Шар вибору: завдання якого – вибір способу дій  $t$ . Елемент, який ухвалює рішення, на цьому шарі отримує зовнішні дані (інформацію)  $i$ , застосовуючи той або інший алгоритм (що визначається на верхніх шарах), знаходить

потрібний спосіб дій. Тут  $P$  – вихідна функція,  $G$  – функція оцінки,  $\hat{m}$  – вибір дії, заснований на застосуванні функції оцінки  $G$  до  $P$ .

2. Шар навчання, або шар адаптації. Його завдання – кокретизація- безлічі невизначеностей  $U$ , з якою має справу цей шар.

3. Шар самоорганізації. Він повинен обирати структуру, функції та стратегії, що використовуються на нижче підпорядкованих шарах, так, щоб за можливістю наблизитися до основної мети.

Кожний ешелон є певною областю знань експерта, її можна представити у вигляді моделі, яка відображає експертний аналіз ситуації та ухвалення рішень на кожному рівні. Комп'ютерну модель реалізують у вигляді інтелектуальної системи, що, незалежно від прийнятого способу реалізації, буде виконувати функції координації та синхронізації взаємодії між модулями автоматизованої системи керування.

## 2.2. Аналіз показників автоматизації технологічного процесу приготування кондитерських мас

Аналіз діяльності кондитерського підприємства, включає зазвичай декілька різнорідних кондитерських ліній, ґрунтується на системі показників, які включають [5]:

- аналіз виробництва та реалізації продукції, тобто: коефіцієнти ритмічності та варіації, показники якості продукції;
- аналіз собівартості продукції, тобто: рівень витрат на одну гривну товарної продукції; відхилення від фактичного рівня витрат.

Основними завданнями аналізу виробництва та реалізації продукції являються: оцінка динаміки об'єму, структури та якості продукції; перевірка збалансованості та оптимальності завдань, які приймаються, планових показників, їх напруженості та реальності; виявлення основних чинників й ступінь їхнього впливу на показники об'єму виробництва.

Функція корисності кондитерського підприємства була визначена в першому розділі 1 виразом (1.1). Для підприємства, що випускає  $n$  видів

готової продукції визначається, – індексом якості  $K_{\text{ГО}}$  виду продукції  $i$ – об'ємом випуску  $K_{\text{ГО}}$  виду продукції.

Мета діяльності системи управління – максимізувати функцію корисності  $D$ , за рахунок координації випуску продукції  $K_{\text{ГО}}$  вигляду за період  $T$ , регламентації асортименту товарів, які випускаються, на основі маркетингових досліджень ринку збуту, тобто

$$D = \sum_{k=1}^n C_k C_k Q_k - \sum_{i=1}^m Z_i \rightarrow \max \quad (2.1)$$

Аналіз виразу (2.1) показує, що для оптимального управління при стабільному ринку збуту основним шляхом збільшення приведенного доходу  $D$  є зниження сумарних витрат  $\sum Z_i$  при управлінні на інтервалі оптимізації  $T_{\text{опт}}$ .

Виробництво продукції оцінюється за допомогою натуральних й умовно-натуральних показників, в одиницях трудомісткості та за вартістю. Об'єм виробництва в промисловості при цьому характеризується валовою та чистою продукцією, об'єм випуску – готовою та товарною продукцією, об'єм реалізації – реалізованою товарною продукцією.

Наведемо основні індикатори, які характеризують ефективність виробництва та реалізації продукції.

Коефіцієнт ритмічності ( $K_p$ ) (за  $i$ -тим видом продукції):

$$K_p = \frac{\sum_{i=1}^n Q_{\text{пл}}^i}{\sum_{i=1}^n Q_{\text{н}}^i} \quad (2.2)$$

де  $Q_{\text{пл}}^i$  – план реалізації протягом заданого періоду;

$Q_{\text{н}}^i$  – недовиконання плану реалізації (попиту) протягом заданого періоду.

Такий коефіцієнт характеризує рівномірність випуску продукції відповідно передбаченого плану. На підставі даних аналізу ритмічності визначаються конкретні заходи щодо усунення причин неритмічної роботи, якими можуть бути:

невчасне постачання сировини або матеріалів постачальниками, інші порушення постачальниками договірних умов (зміна ціни або якості матеріалів, які поставляються), відсутність енергії не за провиною підприємства, простої устаткування, втрати робочого часу і т. д.

При оцінці ритмічності враховують і негативні, і позитивні відхилення

від плану. Аналіз ритмічності являється одним з елементів експертної оцінки управління, це дозволяє забезпечити випуск продукції відповідно до попиту, зменшити кількість незатребуваної продукції а, отже, скоротити витрати підприємства за її випуском.

Коефіцієнт варіації ( $K_{var}$ ) визначається відношенням середньоквадратичного відхилення від планових завдань (за добу) до середньодобового планового випуску:

$$K_{var\ i} = \frac{\sqrt{(Q_i^{\phi})^2 - (Q_i^{пл})^2}}{Q_i^0} \quad (2.3)$$

де  $Q_i^{\phi}$  – фактичний випуск  $i$ -го виду продукції;

$Q_i^{пл}$  – плановий випуск  $i$ -го виду продукції;

$Q_i^0$  – середньодобовий плановий випуск.

Такий коефіцієнт визначає фактичну продуктивність кондитерських ліній й у поєднанні з коефіцієнтом ритмічності, дозволяє регламентувати плановий випуск продукції.

У процесі аналізу якості готової продукції вирішуються наступні завдання [6]:

- оцінюють технічний рівень продукції;
- аналізують структура випуску за параметрами, які характеризують якість її виготовлення та постачання;
- виявляються чинники, що стримують зростання технічного рівня продукції;
- обґрунтовують можливості підвищення якості продукції.

Основні завданнями аналізу собівартості продукції:

- перевірка обґрунтованості завдань, які приймаються, за собівартістю, витратами виробництва та звернення до аналітичних розрахунків;
- встановлення динаміки виконання плану за зниженням собівартості;
- аналіз собівартості різноманітних видів продукції та встановлення впливу на рентабельність продукції в цілому;
- виявлення скритих резервів зниження собівартості.

При випуску готової продукції декількох типів  $S$  для кожного  $j$ -го типу при цьому визначається комплексний показник якості продукції –  $K_{0j}$ , що розраховується, зокрема, за методом середнього зваженого за формулою

$$K_{0j} = \sum_m K_{i_j} \alpha_{i_j} \quad (2.4)$$

де  $K_{i_j}$  – показник  $i$ -го властивості оцінюваної продукції  $j$ -го типу;

$\alpha_{i_j}$  – коефіцієнт ваговитості показника  $K_{i_j}$ .

З формули (2.4) випливає, що характеризує  $m$  різних властивостей продукції. Подібно до всіх комплексних показників, які обчислюються за методом середнього зваженого (арифметичного, геометричного, гармонійного і т. д.),  $K_0$  є умовною величиною, яка виражається в умовних одиницях, як приклад, в балах, і реального фізичного змісту не має.

Окрім цього, для кожного з  $S$  різних видів готової продукції в даному періоді визначають одночасно відповідні базові значення показників  $K_{i0}$  й обчислюють коефіцієнт ваговитості продукції  $\beta_i$  по формулі

$$\beta_i = \frac{S_i}{\sum_{i=1}^S S_i},$$

де  $S_i$  – вартість продукції  $i$ -го вигляду в даний період.

Індекс якості продукції ( $C$ ) за цей період обчислюють по формулі

$$C = \sum_{i=1}^S \beta_i \frac{K_i}{K_{i0}}.$$

Вищеперераховані коефіцієнти та показники є такими, що визначають при винесенні експертної оцінки рентабельності виробництва та при плануванні об'єму  $Q^0_i$   $i$ -го виду продукції.

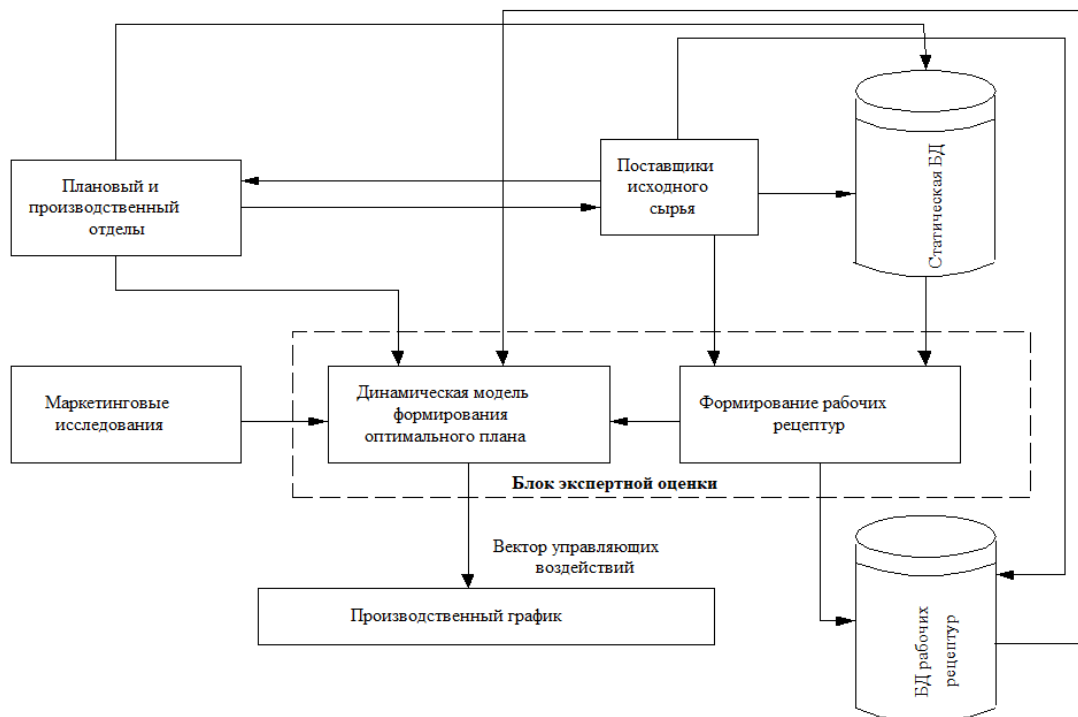
2.3. Дослідження модуля автоматизованого оптимального формування плану на випуск продукції

Аналіз господарської діяльності кондитерського підприємства базується на основних показниках: коефіцієнтах варіації та ритмічності. Такі

показники є базовими при експертній оцінці продуктивності кондитерських ліній та збуті готовій кондитерської продукції.

За допомогою математичних моделей розроблюють автоматизований модуль формування плану замовлення на випуск продукції, що функціонує на принципах ЕО господарської діяльності та формуватиме вектор дій, які управляють (задаючих), на продуктивність ТП, а також формувати «портфель замовлень» початкової сировини за інформацією про ціни на сировину, яка поставляється.

При цьому в основі модуля лежить цільова функція, яка забезпечує досягнення максимального прибутку за мінімального рівня витрат й витрат на виробництво. Структурна схема такого автоматизованого модуля формування оптимального плану завдання на випуск готової кондитерської продукції на основі експертних оцінок неведена на мал. 2.4.



МАЛ. 2.4 Структурна схема автоматизованого модуля формування оптимального плану завдання на випуск готової кондитерської продукції

Продукція, яка випускається на кожній кондитерській лінії, характеризується своєю оригінальною рецептурою, яка включає сировину, що поставляється відповідними організаціями. Ціни на сировину змінюються залежно від сезонності та попиту. ЕО цінової політики постачальників у сукупності з оцінкою попиту на готову кондитерську продукцію утворюють блок ЕО

господарської діяльності, яка включає також модуль формування робочих рецептур. Критерієм функціонування останнього при цьому є досягнення мінімальних витрат на виробництво готових виробів. В основу автоматизованого модуля оптимального планування випуском продукції покладені математичні моделі та статична база даних, яка включає інформацію про всі види продукції, які виготовляється, початкову сировину, класифікатор постачальників початкової сировини, статичні рецептури і т.ін. Структурна схема взаємозв'язку елементів статичною базою даних наведена на мал. 2.5.



Мал. 2.5 Структурна схема взаємозв'язку елементів статичною БД

Таким чином виникає проблемаа автоматизованого проектування робочих рецептур.

## 2.4. Дослідження методики автоматизованого проектування робочих рецептур

Рецептури кондитерських виробів містять, як правило, окрім власне рецептур, ще й спеціальні вказівки, які є їх невід'ємною частиною. Такі вказівки передбачають цілий ряд заміन одного вигляду сировини на інший з відповідними перерахунками. Такі заміни не являються порушеннями точного дотримання рецептури [1].

Вказівки щодо рецептур також допускають окремі зміни у співвідношеннях деяких видів сировини залежно від їх якості. Одночасно зменшення або збільшення витрати сухої речовини одного компоненту компенсується відповідними змінами витрати в тій же кількості сухої речовини іншого. Така зміна рецептури дозволяє не змінювати закладку інших компонентів або їх співвідношень між собою.

Виконувані постійно у виробничих умовах спрощені розрахунки вагових співвідношень компонентів пралінових мас, які є вхідними параметрами настроювання системи дозування та перемішування, зводяться до вирішення системи лінійних рівнянь аналітичними або графічними методами [2]. Також використовують для таких цілей метод перебору, який полягає в тому, що на підставі досвіду роботи кондитерського цеху з близькими за смаковими характеристиками сировиною реології, орієнтовно підбирають склад початкової сировини. Однак такі методи не завжди ефективні з погляду скорочення загальних витрат на виробництво кондитерської продукції, оскільки вони не дають оптимального рішення для кожного даного моменту виробництва та не забезпечують якості готової продукції.

На підставі таких даних виникає завдання автоматизованого проектування робочих рецептур, що буде передбачати можливість проводити в ході розрахунку зміну подібних видів сировини. Це дає можливість обрати найбільш економічний варіант заміни сировини в залежності від сезонності та кон'юнктури. При цьому виконувати розрахунки всіх варіантів заміни повинні відповідно до нормативної документації.

Статичні бази даних, вхідні дані, які необхідні для формування робочої рецептури, містять інформацію про рецептури кондитерських виробів. Відсотковий вміст компонентів виробів приведений в табл. 2.1.

Таблиця 2.1

Відсотковий вміст компонентів виробів

| Найменування цукерок | Цукрова пудра % | Жир % | Кондитер. жир2 % | Горіх % | Добавки % |
|----------------------|-----------------|-------|------------------|---------|-----------|
| Слоєнка              | 34,6            | 13,3  | 8                | 31      | 13,1      |
| Кубанський аніс      | 34,6            | 1,7   | 19,8             | 15      | 27,1      |
| Червона шапочка      | 56,3            | 0     | 0                | 28,1    | 15,6      |
| Гуллівер             | 44,1            | 15,5  | 0                | 22,1    | 18,3      |
| Спартакіада          | 45,8            | 4,2   | 12,6             | 20,7    | 16,7      |
| Кіт в чоботях        | 60              | 4     | 12               | 22      | 2         |
| Батончики «Балада»   | 46,6            | 6,1   | 18,5             | 8,9     | 19        |
| Батончик «Зірниця»   | 48,5            | 6,7   | 20,6             | 4,7     | 19,5      |

Методика вибору замінюваних компонентів відбувається наступним чином:

1. Для заданої маси готової продукції  $M$  визначають, який з компонентів відсутній на складі. Для цього визначають число

$$Km = M/100.$$

2. За базою знань можливих замінів визначають класифікаційний розділ, до якого відноситься даний компонент. Далі обирають переходи можливих замінів.

3. Перелік можливих замінів ранжирують у пріоритетний ланцюжок. Пріоритет при цьому віддається таким переходам, коефіцієнт відповідності яких максимально наближаються до 100 відсотків, тобто пріоритетний ланцюжок ранжирують за убутанням.

Пошук коефіцієнта відповідності здійснюють наступним чином.

Визначаються значення  $N1$  – номери поля змінюваного компоненту,  $N2$  – номери поля компоненту, на який планується зміна.

По коду підгрупи за класифікатором композиційних класів визначаються порядковий номер класу. Далі проводяться вибір необхідної матриці процентної відповідності. За матрицею процентної відповідності визначаються з коефіцієнтом перерахунку. Коефіцієнт знаходиться на

перетині *N1* рядка та *N2* стовпця, тому що по рядках розташовані компоненти, які змінюють, а по стовпцях, компоненти, на які змінюють.

4. Одночасно послідовно перевіряють наявність на складі початкової сировини пріоритетних компонентів й аналіз можливих постачань. Перевага віддається такій заміні, початкова сировина якої або в повному об'ємі присутня в наявності, або має мінімальну ціну постачання.

### РОЗДІЛ 3

## РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ УХВАЛЕННЯ РІШЕНЬ ЗА ВИГЛЯДОМ КЕРУЮЧОЇ ДІЇ

Головним моментом, який визначає якість готового продукту, є процес отримання початкової пралінової суміші, яка включає попередню підготовку первинної сировини, дозування та змішування первинних компонентів відповідно за рецептурою.

Виділяють при цьому основні завдання: аналіз технологічного процесу виробництва кондитерських пралінових мас; виявлення параметрів якості такої суміші, розробка математичних моделей та їх взаємовпливу; розробка БЗ АСУТП на основі ЕО, що дозволяє забезпечити отримання кондитерської суміші заданої якості в критичних ситуаціях.

Технологічний процес виробництва кондитерських мас являється процесом дискретно-безперервного типу та характеризуються багатостадійністю, багатопараметричністю, наявністю зовнішнього збурення за сировиною, великою інертністю, складним взаємозв'язком параметрів процесу. Оцінка якості готової суміші відбувається лабораторними та експертними органолептичними методами, вони є достатньо суб'єктивними, трудомісткими та тривалими аналізами, які не гарантують достовірність отриманих результатів.

Аналіз існуючої системи керування свідчить про неповну узгодженість керування процесом, відсутність автоматизованого керування процесом у цілому, важкість вибору однозначних дій, які керують, відсутність оперативності при їх реалізації та оптимізації процесу, формалізованого аналізу впливу якості сировини та значень режимних параметрів деяких стадій процесу на вихідну якість готової продукції.

У системі керування технологічним процесом отримання готової суміші заданої якості можна виділити наступні три основні математичні моделі [9]:

- модель формування первинного опису пралінової суміші, яка здійснює вибір початкової, достатньо повної системи ознак на основі апіорної інформації про склад пралінової суміші;
- аналіз чинника та розробка математичної моделі якості пралінової суміші для виділення найбільш інформативних ознак з огляду на їхній вплив на якість готової продукції;
- модель керування технологічним процесом, що побудована на основі експертних оцінок, та яка функціонує на підставі аналізу й оцінки поточних ситуацій, вона дозволяє генерувати керуючі дії у вигляді екранних, світлових або мовних повідомлень, а також ухвалювати рішення на нетривалі корегуючі дії, які направлені на відновлення заданої швидкості дозування та подальшим корегуванням величини маси готової суміші.

### 3.1. Математична модель формування первинного опису пралінової суміші

Згідно з держстандартами, рівнем якості продукції вважається відносна характеристика якості продукції, базована на порівнянні сукупності показників її якості з відповідною сукупністю базових показників [9]. Отримання пралінових сумішей заданого ступеня однорідності є достатньо складним динамічним процесом, який протікає під впливом багатьох збурюючих дій. До них, перш за все, відносять неоднорідність первинної сировини, похибку дозування, зміну вологості та температури навколишнього середовища, налипання компонентів у дозаторах, взаємодію розплавленого кондитерського жиру з жиром горіхової маси та ін. Такі дії мають випадковий характер. Діапазон при цьому можливих відхилень параметрів якості пралінової суміші може перебільшувати діапазон допустимих, а, отже, виникає необхідність контролю та керування параметрами якості в процесі дозування та перемішування компонентів такої суміші.

Ми знаємо, що найбільш істотними властивостями сировини, які впливають на якість суміші, являються фізичні властивості дисперсних систем у цілому та окремих їх компонентів. До них відносять: щільність рецептурних компонентів й цукеркової маси, міцність, деформативність, дисперсність, агрегатний стан матеріалів (наявність твердих, рідких або газоподібних фаз). Вирішення задачі керування для отримання пралінової суміші заданої якості при заданій продуктивності має за мету побудову такої автоматизованої системи керування, що корегує хід технологічного процесу на базі експертних оцінок.

Наведемо показники якості компонентів пралінової суміші з погляду можливості їх автоматизованого контролю.

Визначальними фізичними характеристиками, які дозволяють встановити оптимальні показники сировини та готових виробів, являються їх структурно-механічні тобто реологічні характеристики, що являються найбільш показовими як за діапазоном можливих змін, так й за винятковою їх чутливістю до механічних дій. Аналіз таких властивостей наведений в табл. 3.1.

Таблиця 3.1.

## Структурно-механічні властивості компонентів пралінової суміші

| № п/п | Властивість                   | Межа зміни   | Характеристика                                                                                                                                                              |
|-------|-------------------------------|--------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1     | 2                             | 3            | 4                                                                                                                                                                           |
| 1     | Температура жиру              | 10-30С°      | Знижена температура приводить до неоднорідності готової суміші.<br>Підвищена – до порушення ступеня кристалізації.                                                          |
| 2     | В'язкість жиру                | 350-550 Па.с | Зумовлюють температуру плавлення і застигання                                                                                                                               |
| 3     | Вологість «сухих» компонентів | < 0,14 %     | Підвищена вологість впливає на масу компоненту і, кінець кінцем, на якість готової суміші.                                                                                  |
| 4     | В'язкість готової суміші      | 20-150 Па.с  | Задані межі зумовлюють якість готової суміші.                                                                                                                               |
| 5     | Температура готової суміші    | 25-40С       | Підвищена температура маси в процесі формування приводить до сповільненого труктуруутворенню.<br>Знижена приводить до кристалізації жирів і погіршенню однорідності змішай. |

|   |                         |              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|---|-------------------------|--------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 6 | Швидкість перемішування | 1-10 с-1     | Розподіл жиру тонкою плівкою навколо частинок твердої фази є важливою передумовою отримання пралінових мас однорідної пластичної консистенції. В цьому випадку створюється можливість зниження температури мас при формуванні до температур, близьких до застигання, що скорочує тривалість структуроутворення цукеркових джгутів у зв'язку з швидкою кристалізацією тонкої жирової плівки. |
| 7 | Дисперсність (ступінь   | 0,02-0,25 мм | Підвищена дисперсність приводить до зменшення в'язкості і зниження якості                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |

|   |                             |        |                                                                                                                                             |
|---|-----------------------------|--------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|   | кристалізації)              |        | готової продукції.                                                                                                                          |
| 8 | Загальний вміст жиру в масі | 28-29% | Визначає консистенцію від напівтвердої до твердої, оскільки впливає на тривалість зміцнення відформованих випресуванням цукеркових джгутів. |

До основних характеристик реологій пралінових мас відносять граничну напругу зрушення, коли починається руйнування структури, а також ефективну в'язкість, пластичну міцність [9]. З аналізу даного технологічного процесу впливає, що якість готового продукту характеризується таким набором параметрів

$$Z = f(\eta, \varphi_1, T, \lambda) \quad (3.1)$$

де  $\eta$  – в'язкість готової суміші, Па.с;  $\varphi_1$  – вологість пралінової суміші %;  $\gamma$  – дисперсність пралінової суміші;  $T$  – температура суміші, З;  $\lambda$  – жирність суміші %.

Пралінові цукеркові маси являються в'язкопластичними структурованими дисперсними системи з характерною аномалією в'язкості [6], характеристики реологій таких мас залежать від вмісту жиру, температури маси, вологості, впливу механічних дій, отже для отримання продукції заданої якості слід враховувати:  $\varphi_2$  – вологість початкової «сухої» сировини;  $\vartheta$  – швидкість перемішування, с-1;  $t$  – тривалість одного циклу приготування готової суміші;  $Do$  – оптимальний склад однорідної суміші.

Прийmemo, що значення мас компонентів, які визначаються у режимі реального часу, відповідатимуть заданій точності, та якість отримання високооднорідної суміші  $Do$  визначатиметься якістю контролю маси доз кожного компоненту. Завдання отримання однорідної суміші тоді представимо у вигляді цільової функції

$$Do = g(P_1, P_2, \dots, P_n) \quad (3.2)$$

де  $P_1, P_2, \dots, P_n$  — масові долі компонентів, які входять до рецептури пралінової суміші за відношенням до відповідного дозатора.

Ступінь досягнення такої мети залежитиме від змінних  $P_i$ , що дозволяють максимізувати функцію узагальненого показника якості за дотриманням всіх вимог технологічного процесу

$$Do(P_1, P_2, \dots, P_n) \rightarrow \max. \quad (3.3)$$

При одержанні деякої кількості пралинової суміші  $A$  з первинної сировини  $P_i$  ( $i=1, 2 \dots n$ ) справедлива наступна рівність:

$$A = \sum_{i=1}^n P_i = 1 \quad (3.4)$$

У свою чергу, окремі складові  $A$  включають деякі компоненти сировини (добавки, жир, горіхи), підготовленої заздалегідь,  $x_j$  ( $j=1, 2 \dots m$ ), які визначають склад рецептури, отже

$$P_i = \sum_{j=1}^m a_{ij} \cdot x_j. \quad (3.5)$$

де  $a_{ij}$  — процентний вміст  $j$ -го компоненту в  $i$ -й складовій змішай (жир, горіхи, добавки).

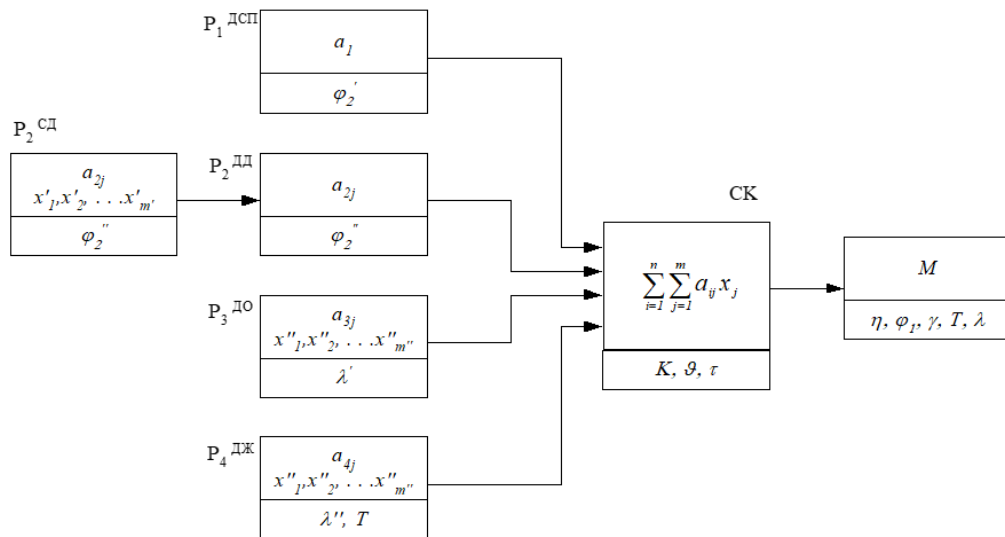
Незалежні змінні  $x_j$ , як відомо, не негативні й для кожної окремої суміші обмежені наступними межами

$$0 \leq x_j \leq b_j. \quad (3.6)$$

Отже, завдання дозування компонентів готової суміші зводиться при цьому до визначення  $x_j$ , які обертають в мінімум лінійну форму (3.3), її з урахуванням умов (3.5) і (3.6) можна представити у виді

$$K(P_1, P_2, \dots, P_n) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m a_{ij} x_j \quad (3.7)$$

Схема приготування пралінової суміші наведена на мал. 3.1.



Мал. 3.1 Схема приготування пралінової суміші автоматизованою рецептурною станцією

На мал. 3.1 прийняті наступні позначення: СК – змішувач компонентів; ДСП – дозатор цукрової пудри; ДД – дозатор добавок; СД – змішувач добавок; ДО – дозатор горіхів; ДЖ – дозатор жиру; М – порція пралінової маси.

Таким чином, у процесі дозування при врахуванні динамічних характеристик виконавчих механізмів,  $K_i$  являють собою деяку безліч значень показника якості  $i$ . Серед них є й такі, що містять допустимі значення, тобто  $K1\partial$  з  $K1$ ; . . .  $Km\partial$  з  $Km$ . Отже  $Ki\partial$  утворює простір допустимих рішень, що призводять до оптимального значення

$$K_{opt} = Do(K1_{opt} \dots Km_{opt}). \quad (3.8)$$

В такому випадку  $K1_{opt}$  з  $K1\partial$ ; ...  $Km_{opt}$  з  $Km\partial$ .

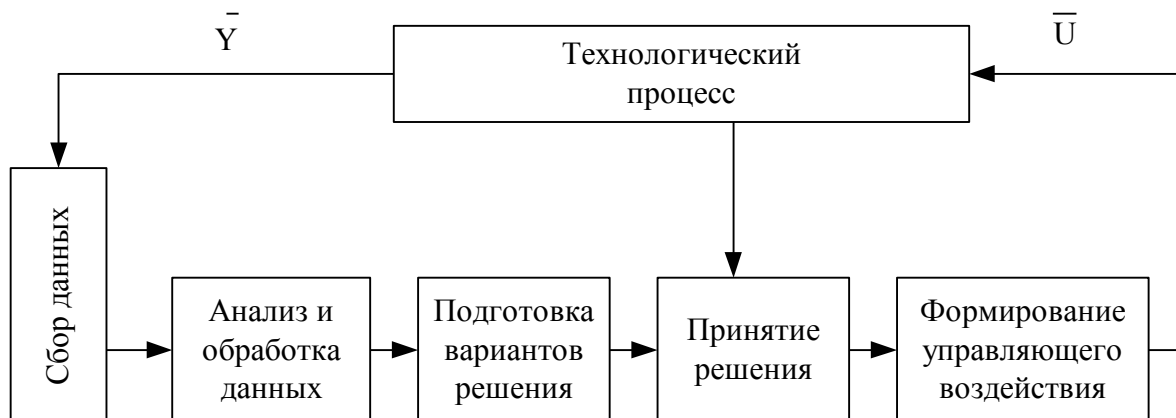
Так як практично підібрати дію, яка керує, відповідно точно заданих показників якості  $Do$  достатньо важко, завжди існує деяке розузгодження  $Kn$  в значеннях показників якості, отже  $K0 = Kn + K\eta$ . Подальше вдосконалення процесу дозування формує завдання оптимізації керування за експертними оцінками основних показників якості кондитерської суміші. До таких показників відносять в'язкість,  $\eta$  дисперсність,  $\gamma$  температура суміші  $T$ . Дисперсність забезпечується за рахунок дотримання всіх основних вимог технологічного процесу ( $K$ ), а температура суміші забезпечується підтримкою температури плавлення в дозаторі жиру. В'язкість забезпечується за рахунок

підтримання контролю параметрів:  $\vartheta$  – швидкості перемішування;  $\lambda$  – % вміст жиру, (вона є складеною величиною та визначається сумою параметрів  $\lambda_i$  і  $\lambda$  (мал. 3.1)) й температури суміші  $T$ .

Необхідно розробити математичну модель керування якістю пралінової суміші та дослідити залежність в'язкості від перелічених чинників.

### 3.2. Розробка математичної моделі керування якістю пралінової суміші

Організація керування в АСУ ТП пов'язана з отриманням інформації про хід ТП та визначення оптимального режиму функціонування об'єкту, а також з реалізацією знайдених оптимальних дій, які керують. Структура основних етапів при реалізації керування ТП наведена на мал. 3.2.



Мал. 3.2 Основні етапи при реалізації керування об'єктом управління

Керування ТП приготування пралінових мас характеризується достатньо великою розмірністю вектора інформації ( $Y$ ) (поточний стан ТП), різноманітними методами її обробки та формами використання отриманих результатів. Забезпечення оптимального протікання процесу в АСУ ТП можливе за рахунок реалізації в системі безлічі взаємозв'язаних операцій, а саме: збір, зберігання, аналіз й переробка інформації про ТП; зняття свідчень, реєстрація та індикація одних змінних й регулювання інших, реалізація набору певних рішень за керуванням ( $U$ ).

Тана АСУТП являється багатофункціональною системою. Результатом виконання характерних інформаційних функцій АСУТП є надання верхньому

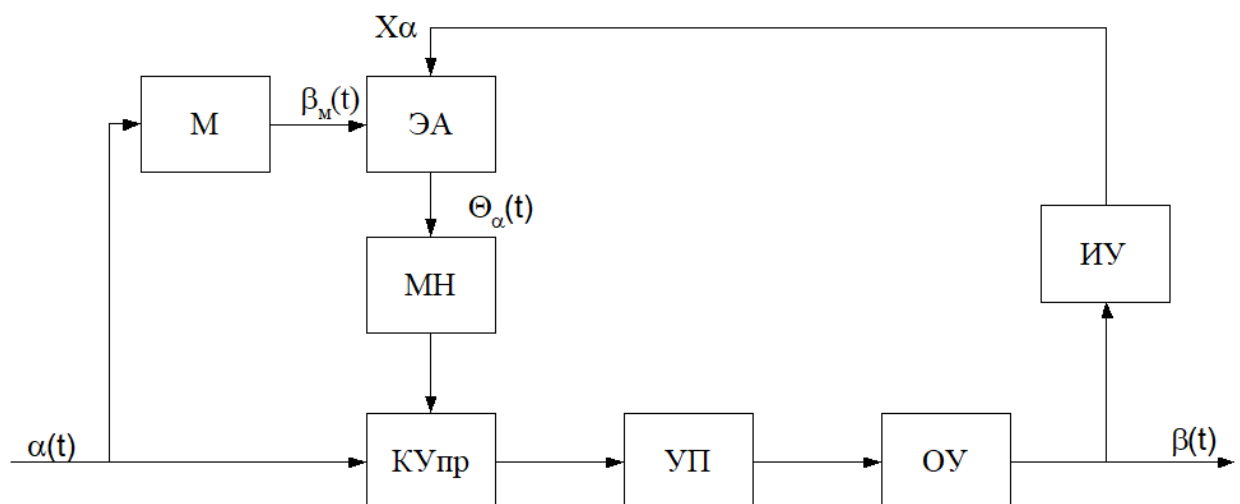
рівню керування інформації за ходом керованого процесу, а саме: контроль плинних значень основних параметрів процесу; перевірка відповідності параметрів допустимим значенням й інформування персоналу про виникнення невідповідності; вимірювання параметрів; обчислення деяких параметрів або комплексних показників, що не підлягають безпосередньому вимірюванню.

З метою забезпечення оперативності керування ТП приготування пралінових мас й адекватності математичної моделі керування якістю автоматизована система повинна базуватися на принципах отримання статичних і динамічних характеристик безпосередньо на об'єкті в процесі керування [10]. При розробці математичної моделі об'єкту виділяють наступні два основні етапи :

- визначення структури моделі або набору функціональних й позиційних обмежень, якісний вигляд останніх;
- розрахунок числових значень всіх коефіцієнтів обмежень.

Зазвичай використовується підхід до побудови моделі об'єкту, який полягає в завданні структури у вигляді залежності вектора вихідних координат комплексу  $Y$  від вектора його вхідних координат  $X$ .

Схема АСУТП на основі ЕО наведена на мал. 3.3.



Мал. 3.3 Структурна схема АСУТП на основі ЕО

До складу такої системи входять: об'єкт керування ОУ (апарат або механізм, які беруть участь у технологічному процесі), вимірювальний

пристрій (ИУ), експертний аналізатор (ЭА), еталона модель (М), яка корегує пристрої прямого ланцюга (Купр), підсилювач – перетворювач (УП), механізм настроювання (МН).

На вхід М та одночасно основної системи поступає одна й та ж задаюча дія  $\alpha(t)$ . Вихідні величини при цьому основної системи  $\beta(t)$  та моделі  $\beta_m(t)$  аналізуються в ЭА контура адаптації. Якщо динамічні характеристики моделі та системи не співпадають, то тоді виникає сигнал розузгодження, що поступає на вхід механізму настроювання параметрів. Він змінює параметри Купр таким чином, що сигнал розузгодження зводиться до 0 [11].

Тобто, при зміні параметрів об'єкту контур самонастроювання з ЭА настроює параметри пристроїв корегування таким чином, що основна характеристика всієї системи буде при цьому близька до характеристики моделі, яка побудована на основі опорної функції.

Алгоритм експертного аналізатора зводиться до визначення оцінки поточного середнього значення показників якості за формулою [11]

$$m_y^*(n) = \frac{1}{S+1} \sum_{k=n-S}^n y(k). \quad (3.9)$$

На аналізатор при цьому поступають значення показника якості готових виробів, вони обробляються за відповідним алгоритмом, і сигнал керування запам'ятовується доти, поки на виході аналізатора не з'являється нове значення сигналу, який керує відповідно новому моменту часу. Якість роботи такого аналізатора оцінюється дисперсією його похибки, що залежить від автокореляційної функції випадкового процесу.

Проведений аналіз надає необхідний матеріал для побудови методики ухвалення рішень за вибором вигляду дії, що керує, при керуванні технологічним процесом приготування пралінових мас на основі експертних оцінок.

### 3.3. Алгоритму ухвалення рішень за вибору керуючих діянь на основі експертних оцінок

При керуванні якістю продукції головними безпосередніми об'єктами керування, зазвичай, виступають процеси, від яких залежить якість продукції, вони організуються та протікають на різних виробничих стадіях створення продукції. Вироблення керуючих рішень при цьому проводиться на підставі співставлення інформації про фактичний стан керованого процесу зі всіма його характеристиками, заданими програмою керування.

За основу програми керування якістю готової продукції обирають таку нормативну документацію, яка регламентує значення необхідних параметрів й показників якості продукції. В залежності від дотримання вимоги програми керування або наявності неприпустимих відхилень від таких вимог, керуючі діяння повинні бути направлені відповідно на збереження фактичного стану такого керованого процесу або на корегування такого стану.

Проведений аналітичний огляд систем автоматизованого контролю й керування рецептурними станціями та майже відсутність автоматизованих систем, які забезпечують керування на основі аналізу поточних ситуацій та стану технологічного процесу дозування та перемішування компонентів для приготування пралінових мас, підтверджує наявність проблеми створення рецептур із заданою точністю. Складність цієї проблеми полягає ще й в тому, що для її вирішення необхідні такі системи контролю та керування, які змогли б забезпечувати процес дозування та перемішування компонентів відповідно до їх теоретичних характеристик і вимог держстандартів.

Однією з проблем при цьому є тимчасова узгодженість оптимальних дій, які керують та визначені в результаті моделювання системи, з реальним фізичним процесом. Цільовою функцією  $Z_{\phi c}$  такої системи керування буде мінімум розбіжностей між заданою  $S_{зад}$  та експертною  $S_{експ}$  оцінками ходу технологічного процесу на заданому інтервалі  $[t_{inz}, t_{ikz}]$  циклу приготування однієї дози  $i$ -го вигляду пралінової маси

$$Z_{\phi c} = \sqrt{S_{експ}^2 - S_{зад}^2} \Rightarrow min. (3.10)$$

Кінцевим результатом роботи автоматизованої системи керування є відробіток циклограми й отримання суміші заданої якості. При цьому керуючі діяння направлені на виключення відхилень ТП на кожному аналізованому етапі функціонування.

Використання автоматизованих експертних оцінок відкриває широкі можливості для підвищення рівня систем контролю та управління ТП. У складному швидкозмінному технологічному процесі приготування пралінової суміші (ТП ППС), необхідний повний поточний аналіз всієї можливої інформації з подальшим виробленням і ухваленням рішень для досягнення заданої мети.

Модель вибору дії, що керує, включає безперервний аналіз відповідності рухомої маси компонентів, яка визначається за поточними свідченнями датчиків за період вивантаження контрольованої величини дози для кожного з видів виробу та порівняння їх з теоретичною швидкістю дозування, яка визначається на підставі динамічних характеристик дозаторів. На основі аналізу й оцінки поточних ситуацій створюється можливість видання дій, що керують, у виді екранних, світлових і мовних повідомлень, а також ухвалення рішення на коректні нетривалі дії, що коректують, направлені на відновлення процесу і ліквідацію порушень з подальшим коректуванням величини маси готової суміші.

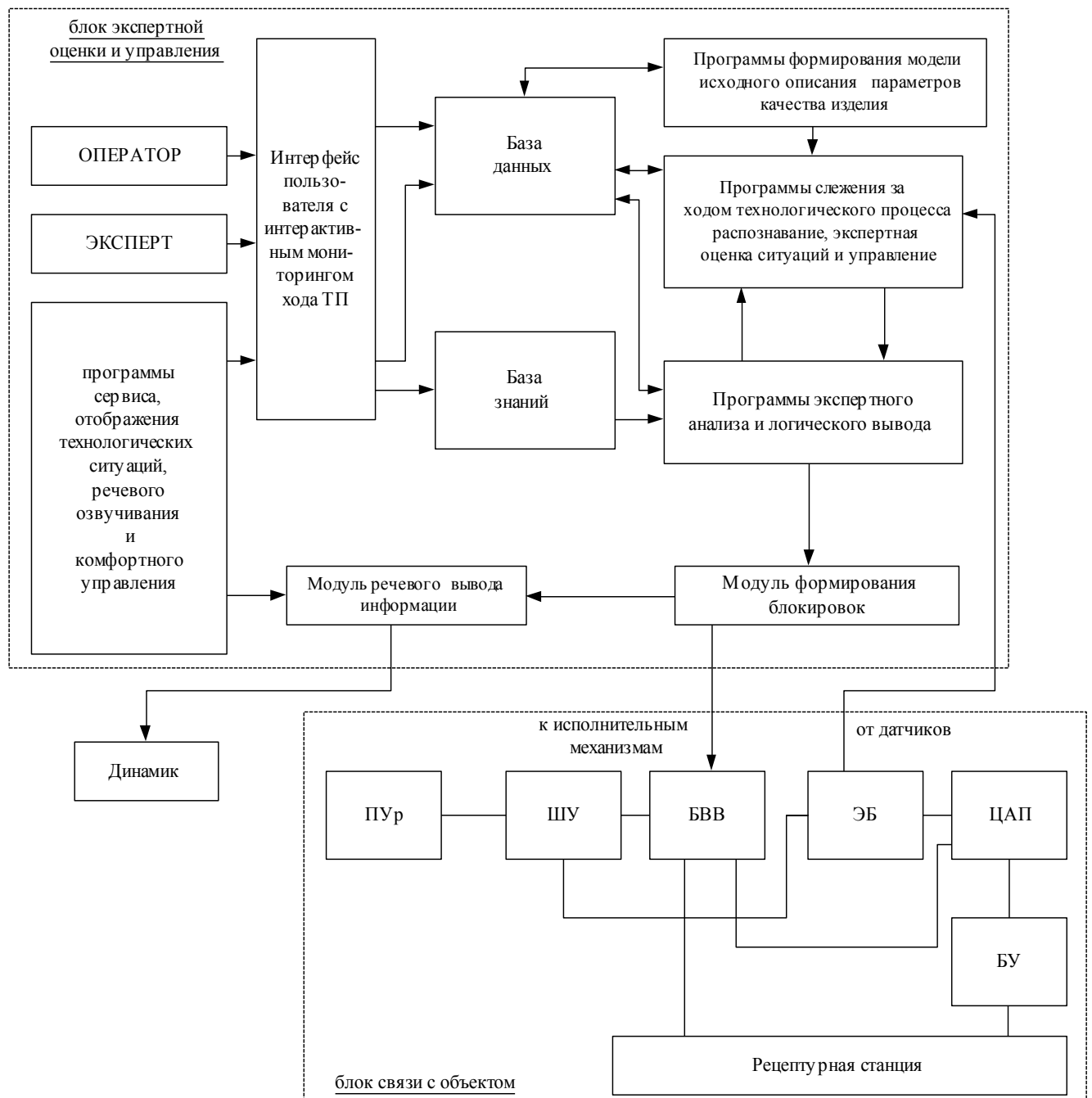
Експертна оцінка інформації, яка отримується з вимірювальних пристроїв являється складовою частиною системи керування ТП ППС й призначена для стеження за плином ТП, своєчасного виявлення відхилень при роботі циклограми процесу, аналізу ситуацій і ухваленні рішень, які забезпечують безперебійне функціонування та керування рецептурною станцією, створюючи при цьому підвищення комфортності експлуатації.

Тана система здійснює: аналіз виробничих ситуацій, а саме: визначення витрати сухих і рідких масляних компонентів, порівняння їх з номінальними характеристиками, встановлення причин збоїв, включення блокувань, пошук оптимальних рішень на основі математичної моделі опису пралінової суміші з подальшим корегуванням вхідних змінних, які забезпечують оптимальне значення основного показника якості; видачу

попереджувальної сигналізації й ухвалення рішень оператора в екстремальних ситуаціях; формування діянь, що керують, з подальшим корегуванням об'єму готової продукції даного циклу, яка призначена для випуску. Функціональна схема автоматизованої системи формування дій, що керують, за управлінням рецептурною станцією на основі експертних оцінок наведена на мал. 3.4.

Така система відрізняється від існуючих наявністю додаткових функцій аналізу, розпізнавання й експертних оцінок та вимагає обробки інформації, яка постійно змінюється, в реальному режимі часі роботи рецептурної станції.

З метою отримання заданої маси готової продукції з модуля керування й планування виробництвом поступає завдання – страта 2 та 3 (див. роз. 2). У ньому містяться найменування виробу, вихід готової продукції, допустимі корегування робочої рецептури. Зміни вносяться до масивів проміжної інформації та одночасно частково в базу даних рецептур.



Пур – пульт керування;

ШУ – шина керування;

БВВ – блок введення-виводу інформації

ЭБ – электронный блок

БУ – блок уставок

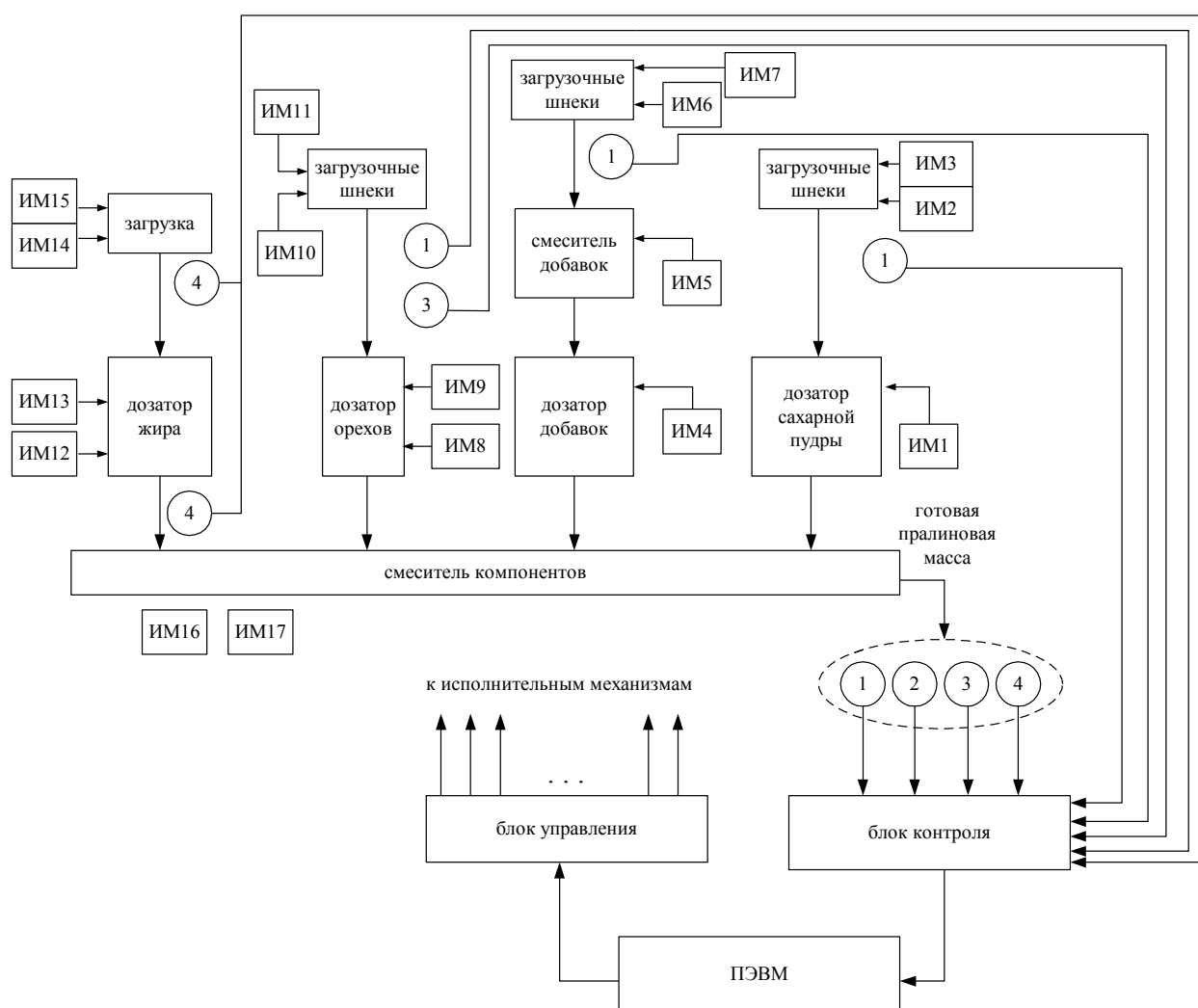
ЦАП – цифро-аналоговий перетворювач.

## РОЗДІЛ 4

# СТВОРЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ

#### 4.1. Вимірювальні засоби оцінки якості готової суміші та первинної сировини

Для функціонування автоматизованої системи керування необхідно забезпечити певну кількість вимірювальних засобів, які працюють в режимі експрес-вимірювання [6]. Структура їх підключення до окремого технологічного вузла кондитерської лінії еаведена на мал. 4.1.



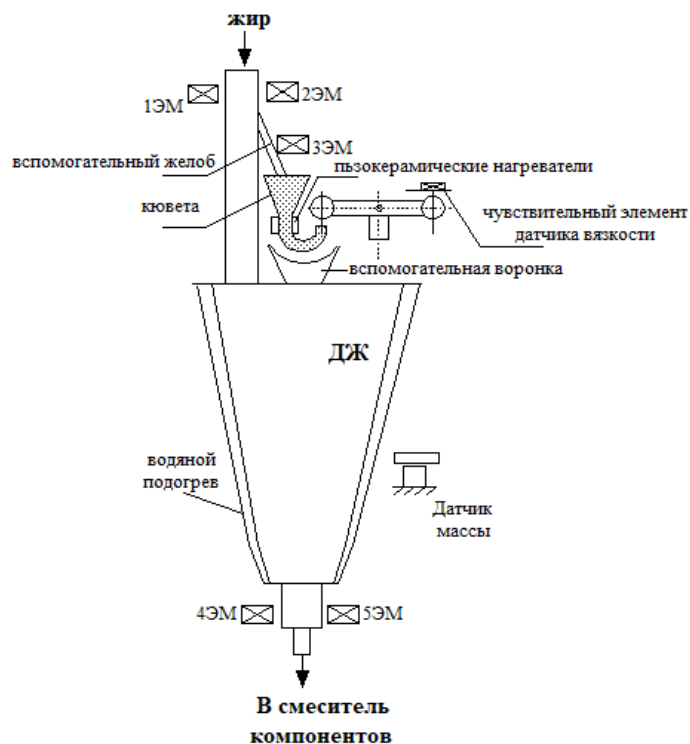
Мал. 4.1 Структура підключення вимірювальних засобів до окремих структурних одиниць рецептурної станції

На мал. 4.1 позначено: 1 – датчики вологості (сухих та в'язких речовин); 2 – лабораторний аналіз дисперсності; 3 – датчики в'язкості жиру; 4 – датчики температури.

Температура, процентний вміст жиру, швидкість перемішування являються керованими чинниками, які впливають на якість готової суміші. Проведений аналіз існуючих вимірювальних засобів [17] свідчить, що для використання їх в розроблюваній системі, вони мають володіти мінімальною похибкою вимірювання. Якщо при цьому врахувати математичні моделі взаємовпливу та залежності в'язкості пралінової маси від перелічених чинників, обраний комплекс вимірювальних засобів, який дозволяє визначити такі чинники в реальному масштабі часу.

Пралінова маса являє собою суміш різних жирів. Показано в [17], що особливості вимірювання полягають у тому, що така суміш є швидкозастиваючою, при цьому залежність в'язкості від температури має нелінійний характер. Отже, виникає потреба контролю в'язкості жиру безпосередньо в точці входу в дозатор.

Структурна схема прикладу установки датчика в'язкості на ДЖ й ДО наведена на мал. 4.2. Представлений спосіб установки передбачає при цьому установку додаткового жолоба (додаткового крана), по якому за допомогою електромагніту ЗЕМ суміші жирів поступає у воронку. ВІДПРАЦЬОВАНИЙ жир стікає в допоміжну воронку і використовується потім при приготуванні готової суміші. Датчик і допоміжні елементи виготовлені з екологічно чистих матеріалів, дозволених для використання при приготуванні харчових продуктів. В'язкість жиру повинна вимірюватися при тій же температурі, при якій він потім дозується в змішувач компонентів. У ДЖ температура підтримується за рахунок централізованого водяного підігріву, а у вимірювальній воронці використовують п'єзокерамічні нагрівачі.



Мал. 4.2 Спосіб установки датчика в'язкості жиру на ДЖ

Однією з головних проблем розроблюваної автоматизованої системи керування являється визначення якості роботи системи, яка заснована на визначенні якості готової пралі нової суміші та виборі пристроїв для проведення експрес-аналізу. З метою визначення відповідності якості отриманій суміші заданим показникам необхідно вимірювати в'язкість пралі нової суміші як одного з основних показників, що задаються в рецептурах й переважно визначаючих якість готової продукції. Результати вимірювання в'язкості та температури представляються, як правило, в цифрових показниках.

#### 4.2. Автоматизована системи керування на основі експертних оцінок

При врахуванні особливостей функціонування кондитерських ліній, можна визначити режими роботи автоматизованої системи на основі ЕО, забезпечуючи такі функціональні можливості системи керування:

- розпізнавання аварійних та режимних ситуацій;
- реєстрація режимних параметрів;
- навчання;
- аналіз ситуації та видача рекомендацій по ухваленню рішення у виробничій ситуації;
- адаптація до конкретного устаткування кондитерських ліній;
- поповнення інформації в базі знань експертної системи.

АСУТП реалізована у виді програмного модуля й може функціонувати в одному з наступних режимів:

- режим навчання та корегування бази знань і бази даних;
- режим керування (аналіз ситуації та вироблення рішень, що керують).

У режимі навчання фахівець по знаннях формує відповідно таблицю навчання, яка містить безліч елементів, які являються опорною безліччю повного набору ознак. В якості ознак при цьому виступають значення властивостей конструкцій, які містяться в базі даних. Оскільки таку ситуацію може характеризувати декілька ознак, всі інші ознаки повного набору істотно не впливають на визначення ситуації експертною системою, отже, їх можна видалити з елементів таблиці навчання.

У відповідності з режимом роботи АСУТП оновлює дані про об'єкт керування для ЕС, яка з певним інтервалом оновлює свою базу даних. Процедура режиму навчання у відповідності з алгоритмом розпізнавання аналізує дані, які надійшли, і, якщо ситуація не ідентифікована, пропонує внести поточний стан властивостей конструкцій до списку правил пріоритетів. За розсудом фахівця ситуацію можна ігнорувати та продовжувати стеження за технологічним процесом. У разі виникнення характерних ситуацій, як приклад, перевищення певної величини деякої властивості, опис ситуації заносяться до списку спостереження.

Загалом робота автоматизованої системи починається з отримання планованих видів й об'ємів кондитерської продукції. Заздалегідь проводиться навчання експертної системи, яка включає наступні етапи:

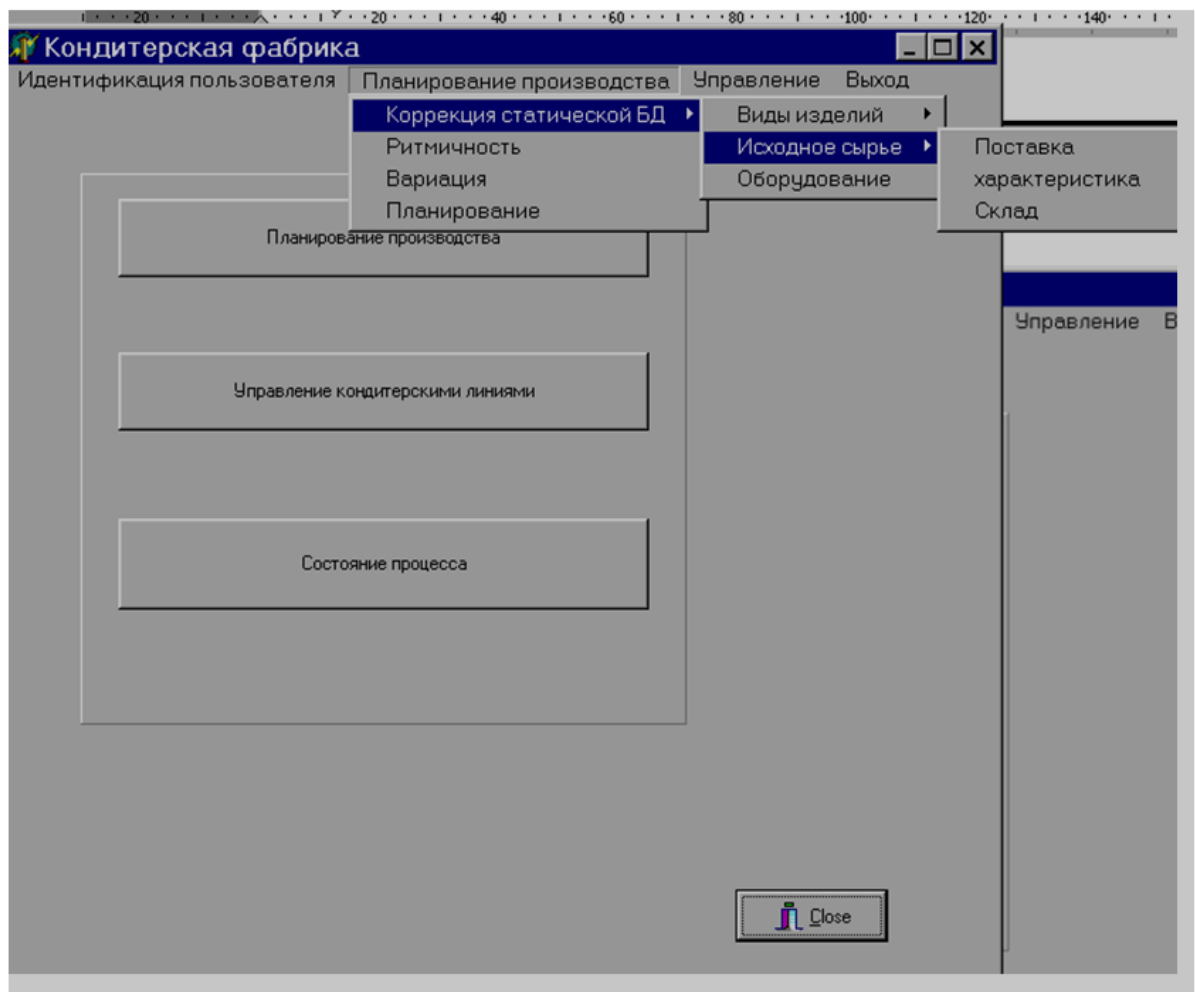
- створення статичних баз даних продукції, яка випускається, вигляду початкової сировини, що використовується, опису технологічних характеристик апаратів, які входять в ТП;
- проведення пасивних експериментів за кожним виглядом продукції згідно стандартним рецептурам для отримання коефіцієнтів регресійних моделей якості готової продукції;
- створення статичних розкладів за кожним видом продукції, що випускається;
- завдання базових пріоритетів за видами продукції, що випускаються.

Якщо для відробітку застосовується нова (модифікована) робоча рецептура, розроблена автоматизована система пропонує план повного експерименту чинника з метою отримання коефіцієнтів моделі якості продукції. Результати експерименту при цьому фіксуються. Витрати обов'язково вносяться до собівартості планового випуску. Результати експерименту, як правило, зберігаються в статичній базі даних, й тому подальший випуск готової продукції протікає з урахуванням математичної моделі супроводу технологічного процесу.

АСУТП на основі ЕО працює в середовищі розробки DELPHI 5.5. З метою її детального опису користуються фрагментом екранної форми, яка відображає ієрархію меню програми (мал. 4.3). Відмінністю пропонованої експертної системи являється те, що вона формує дії, що керують, для корегування ходу технологічного процесу безпосередньо від ЕОМ або найчастіше видає певні рекомендації обслуговуючому персоналу, які можуть бути як мовними або звуковими сигналами, так і у вигляді відеоповідомлень.

ПЕОМ оснащуються стандартним набором пакетів прикладних програм, й одночасно доступною конфігурацією IBM сумісних пристроїв, дозволяють скомпонувати необхідні системи контролю, керування та відображення роботи автоматизованої системи або устаткування, що становлять певні кондитерські лінії. Основний принцип, який покладений в основу створення такої програмної реалізації системи на основі ЕО, полягає в інтерактивному відстежуванні параметрів технологічного процесу. При

цьому поточний контроль за ходом процесу здійснюється операторами або експертами кондитерського виробництва.

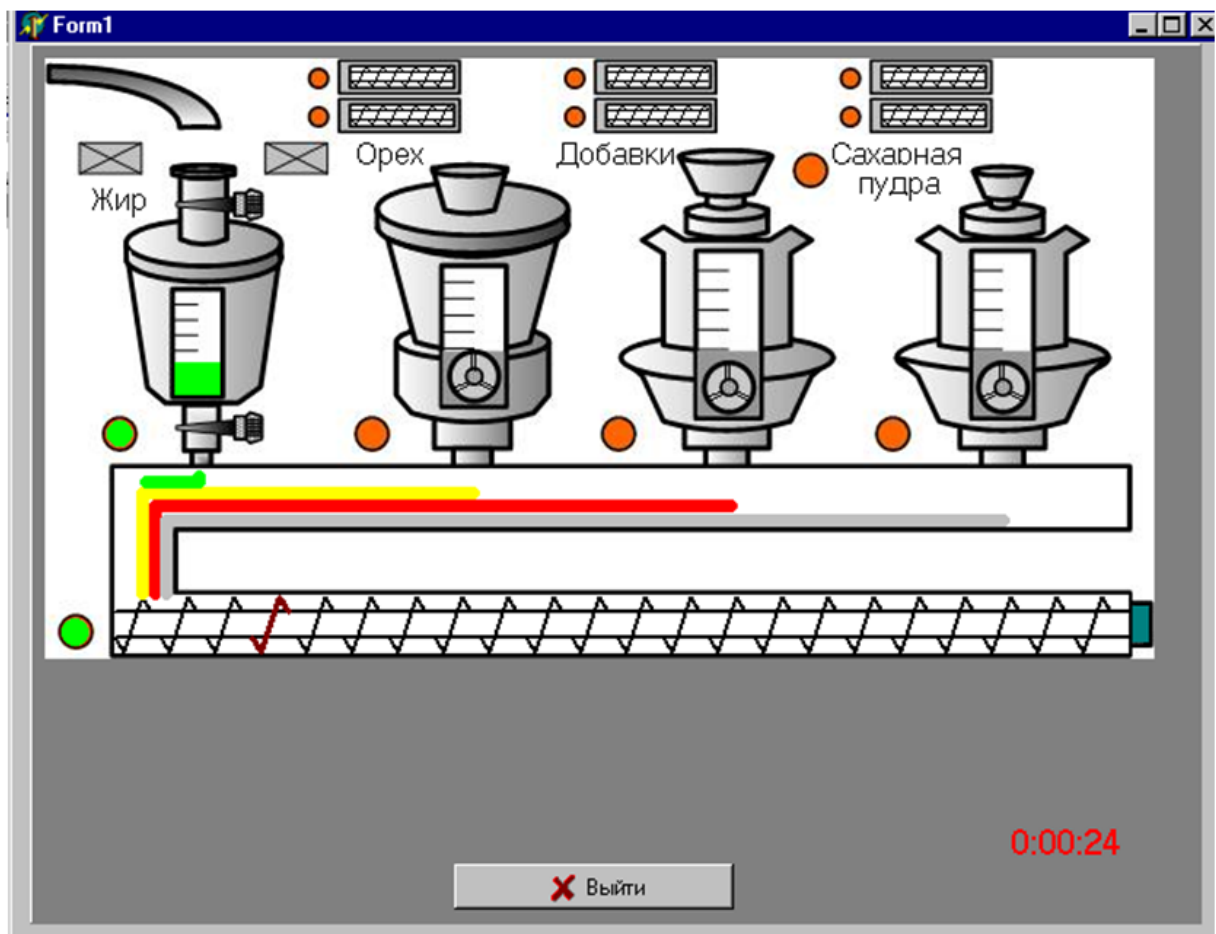


Мал. 4.3 Фрагмент програмної реалізації АСУТП на основі ЕО

Кнопка «Стан процесу» на панелі керування дозволяє запускати систему синхронного візуального відображення. Подібна структура зображення є спрощеною копією ТП. Її представляють, як правило, в схематичному зображенні її складових з одночасним розташуванням елементів звукової та світлової сигналізації. Комп'ютерне відображення ТП здійснюється в режимі реального часу на кожному етапі керування (мал. 4.4) з комфортною фіксованою активізацією уваги оператора. При цьому система діалогового управління є спливаючими меню, яка адаптована під кожен компонент кондитерської лінії.

Комфортність для експертів полягає в максимальній передачі функцій відстежування ходу технологічного процесу комп'ютеру. Мовні повідомлення-рекомендації обираються зазвичай з урахуванням вигляду порушення в ТП, при послабленні уваги оператора і т.п. Відображення

кожного етапу для зручності реального протікання ТП виконане різними кольорами, а це значно покращує візуальне сприйняття побаченого оператором та одночасно відразу акцентує увагу на будь-яких відхиленнях параметрів процесу.



Мал. 4.4 Комп'ютерне відображення технологічного процесу (фрагмент)

Оператор спостерігає за екраном відеодисплейного пристрою та зіставляє зображення режиму розробленої системи, яке формується на основі навчання, тренування або досвіду. Таким чином, можливе порівняння такого зображення із теоретичним відповідно до плинної ситуації. Між отримуваною інформацією та індикацією існує логічний зв'язок і зображення, що спостерігається, зберігає характерні ознаки технологічного процесу, при цьому представляється, отже, воно достовірне, а похибка відтворення - не нижче за похибку обробки інформації, яка надходить від вимірювальних технічних засобів.

Всі операції при цьому проводяться в інтерактивному режимі, існує система контекстної допомоги, яка значно полегшує роботу з програмою.

## ВИВОДИ

1. Аналіз існуючої системи управління технологічним процесом приготування пралінових мас виявив такі недоліки, як неповну узгодженість управління, важкисість вибору однозначних дій, які управляють, відсутність оперативності в узгодженні управління устаткуванням, яке використовується на паралельних кондитерських лініях, відсутність оптимізації процесу планування випуском продукції, відсутність формалізованого аналізу впливу якості сировини та значень режимних параметрів окремих стадій технологічного процесу приготування пралінових мас на вихідну якість продукції.

2. У даній роботі запропонована вдосконалена структура автоматизованої системи управління технологічним процесом приготування пралінових мас, за рахунок включення в контур управління експертних оцінок, тобто за рахунок об'єднання всіх функцій обробки інформації та управління в єдину систему, яка охоплює всі етапи від експертного аналізу попиту на продукцію до управління технологічними операціями. Такий підхід дозволяє забезпечити безперервний зв'язок між формуванням плану випуску продукції та безпосереднім управлінням технологічними операціями.

3. Побудована математична модель, яка описує окремі сторони функціонування технологічного процесу, тобто об'єми продукції, яка випускається в залежності від ресурсів, які використовуються на виробництво одиниці окремого продукту. Така модель містить «спрощуючі» передумови, наприклад: лінійна залежність між об'ємами витрати ресурсів й об'ємами виробництва, припущення про незалежність цін на продукцію від асортименту.

4. Проведений аналіз використання устаткування на паралельних кондитерських лініях. Виявлені технологічні операції, які протікають на однотипному устаткуванні. Сформульована мета оптимального управління та

визначені основні характеристики. Встановлено, що керованими параметрами є тривалість простоїв устаткування, міжопераційне пролежування напівфабрикату, виконання замовлення в плановий термін. Поставлено завдання управління технологічним устаткуванням, яке забезпечує досягнення мети управління в умови обмежень й у випадках «порушуючих» подій.

5. Розроблені також заходи щодо охорони праці і техніки безпеки, розраховані техніко-економічні показники.

## ЛІТЕРАТУРА

1. *Драгилев А.И., Лурье И.С.* Технология кондитерских изделий. – М.: ДеЛиПринт, 2001. – 284 с.
2. Технологические инструкции по производству конфет, ириса и шоколада. – М.: ЦНИИТЭИпищепром, 1971. – 102 с.
3. *Драгилев А.И., Сезанаев Я.М.* Оборудование для производства сахарных кондитерских изделий: Учеб. для нач. проф. образования. – М.: ИРПО; Изд. центр «Академия», 2000. – 272 с.
4. Конфеты / *Истомина М.М., Соколовская Т.А., Талейсник М.А. и др.* – М.: Пищевая промышленность, 1979. – 227 с.
5. *Олейникова А. Я., Магомедов Г. О.* Проектирование кондитерских предприятий: Учебник. – 2-е изд., испр. и доп. – СПб.: ГИОРД, 2003. – 416 с.
6. *Раицкий К.А.* Экономика предприятия: Учебник для вузов. – 3-е изд., перераб и доп. – М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К», 2002. – 1012 с.
7. *Бланк И. А.* Основы финансового менеджмента. – Т 2. – К.: Ника-Центр, 1999. – С. 9-80.
8. *Бутейкис Н.Г.* Технология приготовления мучных и кондитерских изделий. – М.: Академия, 2001. – 380 с.
9. *Апет Т.К., Паишук З.Н.* Технология производства мучных кондитерских изделий. Сырьё, полуфабрикаты, технология, ассортимент. – Минск: Высшая школа, 2002. – 260 с.
10. *Вальков В.М., Вершин В.Е.* Автоматизированные системы управления технологическими процессами. – Л.: Политехника, 1991. – 269 с.
11. *Кузнецова Л.С., Седанова М.Ю.* Технология приготовления мучных кондитерских изделий: Учебник для СПТО. – М.: Мастерство, 2002. – 320 с.
12. *Глуценко В.В., Глуценко И.И.* Разработка управленческого решения. Прогнозирование – планирование. Теория проектирования экспертов: Учебник для ВУЗов. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2000. – 306 с.
13. *Алиев Р.А., Абдикеев Н.М., Шахназаров М.М.* Производственные системы с искусственным интеллектом. – М.: Радио и связь, 1990. – 264 с.

14. Автоматика и автоматизация пищевых производств / *Благовещенская М.М., Воронин Н.О.* – М.: Агропромиздат, 1991. – 239 с.
15. *Трегуб В.Г.* Автоматизация периодических процессов в пищевой промышленности, – К.: Техника, 1984. – 160 с.
16. *Мирошник И. В.* Теория автоматического управления. Линейные системы. – Спб.: Питер, 2004. – 336 с.
17. Жидецкий В. Ц. Основи охорони праці. Підручник. – Вид. 3-є, перероб і доп. / В. Ц. Жидецкий. – Львів: УАД, 2006. – 336 с.
18. Практикум з охорони праці. / [Жидецкий В. Ц., Джигирей В. С., Сторожук В. М., Туряб Л. В., Лико Х. І.]. – Львів: Афіша, 2000. – 352 с.
19. Босов Є. П. Охорона праці при проектуванні систем автоматизації виробництва: Навчальний посібник. / Є. П. Босов, Р. В. Жесан, В. М. Каліч. – Кіровоград: КНТУ, 2007. – 112 с.
20. Конституція України. – К.: Вид-во Паливода А. В., 2019. – 76 с.
21. Закон України «Про охорону праці» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12>.
22. Закон України «Про використання ядерної енергії та радіаційну безпеку» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/39/95-%D0%B2%D1%80>.
23. Кодекс законів про працю України. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/322-08>.

## ДОДАТКИ

## ОХОРОНА ПРАЦІ

### 1 Законодавчі та нормативні акти України з питань охорони праці

Правовою основою вітчизняного законодавства щодо охорони праці є Конституція України, Закони України: «Про охорону праці», «Про охорону здоров'я», «Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення», «Про пожежну безпеку», «Про використання ядерної енергії та радіаційну безпеку», «Про загальнообов'язкове державне соціальне страхування від нещасного випадку на виробництві та професійного захворювання, які спричинили втрату працездатності», а також Кодекс законів про працю України (КЗпП) [17, 18, 19].

В ст. 43 Конституції України записано: «Кожен має право на працю, що включає можливість заробляти собі на життя працею, яку він вільно обирає, або на яку вільно погоджується», «Кожен має право на належні, безпечні і здорові умови праці, на заробітну плату, не нижчу від визначеної законом», «Використання праці жінок і неповнолітніх на небезпечних для їхнього здоров'я роботах забороняється» [20].

Кожен, хто працює, має право на відпочинок (ст. 45 Конституції України) [20]. Це право забезпечується наданням днів щотижневого відпочинку, а також оплачуваної щорічної відпустки, встановленням скороченого робочого дня щодо окремих професій і виробництв, скороченої тривалості роботи у нічний час.

У тексті ст. 46 Конституції України вказано на те, що громадяни мають право на соціальний захист, що включає право на забезпечення їх у разі повної, часткової або тимчасової втрати працездатності, втрати годувальника, безробіття з незалежних від них обставин, а також у старості та в інших випадках, передбачених законом [20].

Основоположним законодавчим документом в галузі охорони праці є Закон України «Про охорону праці» [21], дія якого поширюється на всі підприємства, установи і організації, незалежно від форм власності та видів їх діяльності, на усіх громадян, які працюють, а також залучені до праці на цих підприємствах.

Специфічною особливістю закону України «Про охорону праці» є високий рівень прав та гарантій робітникам. Вперше в історії держави працівникам було надано право відмовитися від роботи у випадку існування на виробництві загрози для їхнього здоров'я і життя. Розширені права робітників у соціальних гарантіях відшкодування збитків у випадку пошкодження їх здоров'я на виробництві. Передбачена система фінансування охорони праці, формування системи страхування від нещасних випадків та професійних захворювань, посилена централізація планування. Договірне регулювання з питань охорони праці поставлено на високий рівень, передбачається участь громадських інституцій у цьому процесі. Працівникам надано право відмовитись від дорученої роботи, якщо створилася виробнича ситуація, небезпечна для його життя чи здоров'я або для людей, які його оточують, і навколишнього природного середовища. За державою закріплено функції управління охороною праці [21].

В системі законодавства щодо охорони здоров'я та гігієни праці ключове місце займають 2 Закони України: «Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення», від 17 грудня 1993 року, та «Про охорону здоров'я», від 3 лютого 1993 року. Вони регламентують, з метою забезпечення здоров'я населення, організацію профілактичних медичних оглядів неповнолітніх, вагітних жінок, працівників підприємств, установ і організацій з шкідливими і небезпечними умовами праці, військовослужбовців та осіб, професійна чи інша діяльність яких пов'язана з обслуговуванням населення або підвищеною небезпекою для оточуючих; передбачають розробку та здійснення адміністрацією підприємств санітарних та протиепідемічних заходів; здійснення в необхідних випадках лабораторного контролю за дотриманням вимог санітарних норм стосовно рівнів шкідливих факторів виробничого середовища; формування органів та установ державної санепідеміологічної служби при надзвичайній події та ситуації, що становлять небезпеку для здоров'я населення; відшкодування в установленому порядку працівникам громадянам збитків, яких завдано їх здоров'ю в результаті порушення санітарного законодавства [17, 19].

Закон України «Про пожежну безпеку», прийнятий 17 грудня 1993 року, проголошує, що забезпечення пожежної безпеки є невід'ємною частиною державної діяльності щодо охорони життя та здоров'я людей, національного багатства і навколишнього природного середовища [17]. Цей Закон визначає загальні правові, економічні та соціальні основи забезпечення пожежної безпеки на території України, регулює відносини державних органів, юридичних і фізичних осіб у цій галузі, незалежно від виду їх діяльності та форм власності.

Законом України «Про використання ядерної енергії та радіаційну безпеку», від 8 лютого 1995 року, передбачені основні вимоги до правил безпеки при використанні ядерних та радіоактивних матеріалів і гарантія захисту населення від наслідків радіоактивних аварій [22]. Він є основоположним у ядерному законодавстві України і встановлює пріоритет безпеки людини та навколишнього природного середовища, права і обов'язки громадян у сфері використання ядерної енергії, регулює діяльність, пов'язану з використанням ядерних установок та джерел іонізуючого випромінювання, а також закріплює правові основи міжнародних зобов'язань України щодо використання ядерної енергії. В ньому сформульовано основні принципи державної політики щодо використання ядерної енергії та радіаційного захисту [17, 22]:

- пріоритет захисту людини й довкілля від впливу іонізуючого випромінювання;
- забезпечення безпеки при використанні ядерної енергії; відкритість і доступність відповідної інформації;
- встановлення відповідальності за порушення правового режиму безпеки в цій сфері; розмежування функцій державного управління в галузі використання ядерної енергії та державного регулювання ядерної й радіаційної безпеки;
- створення правового та фінансового механізму відповідальності експлуатуючої організації перед громадянами та суб'єктами господарювання за заподіяну ядерну шкоду тощо.

Закон України «Про загальнообов'язкове державне соціальне страхування від нещасного випадку на виробництві та професійного захворювання, які спричинили втрату працездатності», який набув чинності з 1 січня 2001 року, відповідно до Конституції України та Основ законодавства України про загальнообов'язкове державне соціальне страхування, визначає правову основу, економічний механізм та організаційну структуру загальнообов'язкового державного соціального страхування громадян від нещасного випадку на виробництві та професійного захворювання, які призвели до втрати працездатності або загибелі застрахованих на виробництві [17]. Страхування від нещасного випадку є самостійним видом загальнообов'язкового державного соціального страхування, за допомогою якого здійснюється соціальний захист, охорона життя та здоров'я громадян у процесі їх трудової діяльності.

Одним із головних юридичних документів, який забезпечує чітке виконання службових обов'язків працівниками, є КЗпП України [17, 23]. Він трактує вимоги до трудової діяльності громадян в Україні і регулює трудові відносини всіх працівників, сприяючи зростанню продуктивності праці і поліпшенню її якості.

В КЗпП зазначені наступні положення [23]: забороняється залучати до надурочних робіт вагітних жінок і жінок, які мають дітей віком до трьох років (ст. 176), а також осіб молодших 18 років (ст. 192); забороняється застосовувати праці жінок на важких роботах і роботах із шкідливими або небезпечними умовами праці, а також на підземних роботах (ст. 174). В ст. 153 КЗпП зазначено про обов'язковість створення безпечних та нешкідливих умов праці. Кодекс спрямований на охорону трудових прав працюючих.

Основою загальнодержавних нормативних документів в галузі охорони праці є Нормативно-правові акти з охорони праці (НПАОП), які до 2003 року носили назву Державні нормативні акти про охорону праці (ДНАОП), – це правила, стандарти, норми, положення, інструкції та інші документи, яким надано чинність правових норм, обов'язкових для виконання [17, 19]. Законодавством передбачено, що, залежно від сфери дії, НПАОП можуть бути міжгалузевими і галузевими. Всі НПАОП вносяться до Державного

Реєстру. Реєстр ДНАОП, які діють на території України, виданий Держнаглядом праці в 1997 році. З 2003 року ведеться реєстр НПАОП, який постійно поповнюється [17].

Крім НПАОП нормативу базу складають Міжнародні (міждержавні) стандарти з питань безпеки праці (ГОСТ ССБТ), Державні стандарти України (ДСТУ), Будівельні норми і правила (СНиП), Санітарні правила і норми (СанПіН), Правила улаштування електроустановок (ПУЕ), Правила технічної експлуатації (ПТЕ) електроустановок споживачів, норми технічного проектування та інші нормативні акти [17, 18].

Забезпечуючи пожежну безпеку, слід також керуватись правилами пожежної безпеки в Україні, стандартами, нормами технологічного проектування та іншими нормативними актами, виходячи із сфери їх дії, що регламентують вимоги пожежної безпеки [17].

Складовою частиною законодавства в галузі гігієни праці є постанови та положення (норми), затверджені Міністерством охорони здоров'я України (наприклад, «Положення про медичний огляд працівників певних категорій», «Перелік важких робіт і робіт з шкідливими і небезпечними умовами праці, на яких забороняється застосування праці неповнолітніх») [17].

Власники підприємств, установ, організацій, або уповноважені ними органи, розробляють на основі державних нормативних актів з охорони праці і затверджують власні положення, інструкції, або інші нормативні акти про охорону праці, які діють в межах підприємства, установи, організації [17].

Відповідно до рекомендацій Держнаглядом праці щодо застосування «Порядку опрацювання і затвердження власником нормативних актів про охорону праці, що діють на підприємстві», затвердженого наказом від 12 грудня 1993 року №132 [17], до основних нормативних актів підприємства належать:

- Положення про систему управління охороною праці на підприємстві;
- Положення про службу охорони праці підприємства;
- Положення про комісію з питань охорони праці підприємства;

- Положення про роботу уповноважених трудового колективу з питань охорони праці;
- Положення про навчання, інструктаж і перевірку знань працівників з питань охорони праці;
- Положення про організацію і проведення первинного та повторного інструктажів, а також пожежно-технічного мінімуму;
- Наказ про порядок атестації робочих місць щодо їх відповідності нормативних актів про охорону праці;
- Положення про організацію попереднього і періодичного медичних оглядів працівників;
- Положення про санітарну лабораторію підприємства;
- Інструкції з охорони праці для працюючих за професіями і видами робіт;
- Інструкції про порядок зварювання і проведення інших вогневих робіт на підприємстві;
- Загальнооб'єктові та цехові інструкції про заходи пожежної безпеки;
- Перелік робіт з підвищеною небезпекою;
- Перелік посад посадових осіб підприємства, які зобов'язані проходити попередню і періодичну перевірку знань з охорони праці;
- Наказ про організацію безкоштовної видачі працівникам певних категорій лікувально-профілактичного харчування;
- Наказ про організацію безкоштовної видачі молока або інших рівноцінних харчових продуктів працівникам підприємства, що працюють у шкідливих умовах;
- Наказ про порядок забезпечення працівників підприємства спецодягом, спецвзуттям та іншими засобами індивідуального захисту.

Виходячи із специфіки виробництва та чинного законодавства, власник затверджує нормативні акти із вищезазначеного списку та інші акти, що регламентують питання охорони праці на конкретному підприємстві. При цьому відхилення вимог щодо охорони праці в нормативних актах

підприємства від НПАОП допускається виключно у бік покращення умов для працівника [17].

Відповідно до ст. 49 Закону України «Про охорону праці», за порушення законодавчих та інших нормативних актів про охорону праці, створення перешкод для діяльності посадових осіб органів державного нагляду за охороною праці і представників професійних спілок, винні притягаються до дисциплінарної, адміністративної, матеріальної та кримінальної відповідальності, згідно із законодавством [17, 21].

2 Шкідливі та небезпечні фактори виробництва при управлінні кондитерськими технологічними процесами

Аналіз виробничого травматизму та профзахворюваності дозволяє виявити причини і визначити закономірність їх виникнення. На основі накопиченої інформації розробляються заходи та засоби щодо профілактики останніх.

Шкідливий виробничий фактор – виробничий фактор, вплив якого може призвести до погіршення стану здоров'я, зниження працездатності працівника [17].

Небезпечний виробничий фактор – виробничий фактор, дія якого, за певних умов може призвести до травм або іншого раптового погіршення здоров'я працівника [17].

Залежно від кількісної характеристики (рівня, концентрації тощо) і тривалості впливу, шкідливий виробничий фактор може стати небезпечним.

Оцінка умов праці проводиться на підставі Гігієнічної класифікації умов праці із складними розподіленими системами за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища важкості та напруженості трудового процесу.

Відповідно до ГОСТ 12.0.003 74, небезпечні та шкідливі виробничі фактори за своїм походженням та природою дії поділяються на такі групи: фізичні, хімічні, біологічні та психофізіологічні.

Дія окремих несприятливих факторів виробничого середовища може призвести до виробничої травми – порушення анатомічної цілісності

організму людини або його функцій внаслідок впливу виробничих факторів [17, 18, 19].

Психофізіологічні небезпечні та шкідливі виробничі фактори – це фізичні і нервово-психічні перевантаження різної природи, монотонність праці, негативні взаємовідносини між членами трудового колективу [17].

До хімічних небезпечних та шкідливих виробничих факторів найчастіше належать хімічні речовини й сполуки, що знаходяться в повітрі робочої зони, які за характером дії на організм людини поділяються на: загальнотоксичні; подразнюючі сенсibiliзуючі; канцерогенні; мутагенні; такі, що впливають на репродуктивну функцію [17, 19].

До біологічних небезпечних і шкідливих виробничих факторів належать патогенні мікроорганізми (бактерії, віруси, мікроскопічні гриби та ін.) і продукти їх життєдіяльності, а також макроорганізми (рослини, комахи, тварини) [17, 18].

Найбільшого негативного впливу працівники зазнають від фізичних небезпечних та шкідливих факторів виробництва. Розглянемо їх більш докладно.

Так, суттєвий вплив на стан організму працівника, його працездатність здійснює мікроклімат у виробничих приміщеннях, що визначається діючою на організм людини сукупністю температури, вологості, руху повітря та теплового випромінювання нагрітих поверхонь [17, 18, 19].

Зниження температури може зумовити переохолодження організму; підвищення швидкості руху повітря погіршує самопочуття; при підвищеній температурі значно падає працездатність; недостатня вологість призводить до інтенсивного випарування вологи із слизових оболонок, їх пересихання та розтріскування, забруднення хвороботворними мікробами.

За певних умов може з'явитися гіпертермія (при тривалому впливові високої температури у поєднанні зі значною вологістю) або гіпотермія (вплив зниженої температури, значної рухомості та вологості повітря).

Причиною механічного травмування працівників можуть стати рухомі машини та механізми, пересувні частини виробничого устаткування [17, 18, 19].

Вібрація серед всіх видів механічних впливів для технічних об'єктів найбільш небезпечна [17, 18, 19]. Знакозмінні напруження, викликані вібрацією сприяють накопиченню пошкоджень в матеріалах, появі тріщин та руйнуванню. Найчастіше і досить швидко руйнування об'єкта настає при вібраційних впливах за умов резонансу. Вібрації викликають також й відмови машин, приладів.

Вібрація викликає порушення фізіологічного та функціонального станів людини [17, 18]. Симптоми вібраційної хвороби проявляються у вигляді головного болю, заніміння пальців рук, болю в кистях та передпліччі, виникненні судом, підвищенні чутливості до охолодження, виникнення патологічних змін у спинному мозку, серцево-судинній системі, кісткових тканинах та суглобах, зниженні капілярного кровообігу.

Досить відчутним шкідливим та небезпечним фізичним виробничим фактором є шум.

Шум являє собою хаотичне сполучення звуків різної частоти та інтенсивності. Зростання потужностей сучасного обладнання, машин, швидкий розвиток технологій призвели до того, що людина на виробництві підпадає під вплив шуму високої інтенсивності. Шум буває механічного походження, який виникає внаслідок вібрацій поверхонь машин і обладнання; аеродинамічного походження; гідромеханічного походження; електромагнітного походження, який виникає внаслідок коливань елементів електромеханічних пристроїв під впливом змінних магнітних сил [17, 18, 19].

Об'єктивно дія шуму проявляється у вигляді підвищення кров'яного тиску, прискореного пульсу і дихання, зниження слуху, послаблення уваги, деякі порушення координації руху, зниження працездатності. Суб'єктивно дії шуму можуть виражатися у вигляді головного болю, запаморочення, безсоння, загальної слабкості.

Професійні захворювання, пов'язані із шкідливою дією шуму, виражаються у підвищенні загальної захворюваності, зниженні працездатності, порушенні слухового контролю, зниженні сприйняття звуків звичайної частоти. Комплекс змін, які виникають в організмі під впливом шуму, останнім часом розглядається медиками як «шумова хвороба» [19].

Високий рівень інфразвуку викликає порушення функції вестибулярного апарату, зумовлюючи запаморочення, головний біль, знижується увага. Джерелами інфразвуку є вентилятори, компресори, двигуни внутрішнього згорання, дизельні двигуни [17, 18, 19].

Ультразвук виникає внаслідок роботи генераторів. Він викликає функціональні порушення нервової системи, головний біль, зміну кров'яного тиску та складу і властивостей крові, зумовлює втрату слухової чутливості, підвищує втомлюваність [17, 18, 19].

Вплив пилу та шкідливих речовин, що знаходяться в повітрі робочої зони на організм людини. Внаслідок виробничої діяльності, у повітряне середовища приміщень можуть надходити різноманітні речовини (у вигляді пилу, пари, аерозолів тощо), що використовуються в технологічних процесах. Шкідливими вважаються речовини, які при контакті з організмом людини, за умов порушення вимог безпеки, можуть призвести до виробничої травми, професійного захворювання або розладів у стані здоров'я [17, 18].

Вплив на організм людини електромагнітних полів пов'язаний з частковим поглинанням їх енергії тканинами тіла, що викликає тепловий ефект. Найбільшому впливу піддаються головний і спинний мозок та очі [17, 18].

Дія електричного струму на організм людини своєрідна та несе різнобічний характер. Всі види дії електричного струму на організм людини можна об'єднати в два основних: електричні травми та електричні удари [17, 18, 19].

Також не слід забувати про можливість ураження устаткування і персоналу природною електрикою – блискавкою, яка виникає в періоди підвищеної грозової активності (цьому може сприяти наявність високих виробничих споруд) [17, 19].

Пожежо- та вибухонебезпечність. При недостатній увазі до особливостей виробничого обладнання та технологічного процесу, а також неправильному зберіганні горючих та вибухонебезпечних речовин вони можуть стати джерелом пожежі або вибуху.

Значення виробничого освітлення. Серед факторів зовнішнього середовища, що впливають на організм людини в процесі праці, світло займає одне з перших місць [17, 19]. При поганому освітленні людина швидко втомлюється, працює менш продуктивно; зростає потенційна небезпека помилкових дій і нещасних випадків. До 50% травм можна пояснити недостатнім або нераціональним освітленням [17]. До професійних захворювань, що пов'язані із поганим освітленням відносяться робоча міопія (короткозорість), спазм акомодатції.

Для створення оптимальних умов зорової роботи слід враховувати не лише кількість та якість освітлення, а й кольорове оточення [17, 19].

3 Заходи з усунення чи зменшення впливу шкідливих та небезпечних факторів виробництва при управлінні кондитерськими технологічними процесами

Міри щодо попередження нещасних випадків передбачають роботу з монтажу, технічного обслуговування і ремонту устаткування в суворій відповідності з вимогами правил і інструкцій із техніки безпеки. Виробнича санітарія передбачає комплекс організаційних, гігієнічних і санітарно-технічних заходів, що запобігають впливові шкідливих виробничих факторів на працюючих.

Найбільш дієвим способом захисту від психофізіологічних небезпечних і шкідливих впливів на працівника є правильна організація його робочого часу та місця роботи. Мають бути раціонально сплановані робочі зміни та час відпочинку, надаватись технологічні та гігієнічні перерви, створюватись позитивний моральний клімат у трудовому колективі.

Щоб уникнути негативних реакцій на монотонність праці, необхідно при прийнятті на роботу проводити співбесіду та відповідне тестування, аби пересвідчитись у спроможності працівника здійснювати монотонну роботу протягом усього робочого часу.

Найбільш дієвим заходом боротьби із хімічними впливами на працівників являється забезпечення належного обміну повітря. Загальнообмінна вентиляція повинна розроблятися таким чином, щоби

виключалася можливість надходження повітря із приміщення з більшими концентраціями хімічних сполук в приміщення з меншими концентраціями. Має здійснюватись постійний моніторинг і контроль за вмістом шкідливих хімічних речовин в повітрі робочої зони.

Для захисту працівників від біологічних факторів – вірусів, бактерій та алергенів рослинного і тваринного походження у виробничих приміщеннях застосовуються системи вентиляції та засоби індивідуального захисту – ватно-марлеві пов'язки, респіратори, протигази. Для захисту шкіряних покривів – спецодяг. Періодично і регулярно мають проводитись заходи з дератизації, дезінсекції, дезінфекції [17, 19].

Параметри мікрокліматичних умов повинні підтримуватися за допомогою систем опалення, вентиляції, кондиціонування в наступних межах: температура –  $+20...+25^{\circ}\text{C}$ , відносна вологість – 65...75%, швидкість руху повітря –  $\leq 0,2$  м/с. Це відповідає вимогам ГОСТ 12.1.005 76 «Воздух рабочей зоны. Общие санитарно-гигиенические требования».

Для запобігання механічному травматизму від рухомих частин обладнання та нагрітих елементів конструкцій застосовуються різноманітні капоти, екрани, огороження, що унеможливають безпосередній контакт устаткування із частинами тіла працівника. Для того, щоб запобігти виникненню небезпеки при раптовому вимкненні джерел енергії всі робочі органи, а також пристрої, які використовуються для захоплення, затискування та підймання заготовок, деталей виробів, тощо, повинні оснащуватись спеціальними захисними пристосуваннями. Причому необхідно унеможливити самовільне вмикання робочих органів при відновленні подачі енергії.

Загальні методи боротьби з вібрацією класифікуються наступним чином [18, 19]:

- зниження вібрацій в джерелі виникнення шляхом зниження або усунення збуджувальних сил;
- відлагодження від резонансних режимів раціональним вибором приведеної маси або жорсткості системи, котра коливається;

- вібродемпферування – зниження вібрацій за рахунок сили тертя демпферного пристрою, тобто переведення коливної енергії в тепло;
- динамічне гасіння – введення в коливну систему додаткових мас або збільшення жорсткості системи;
- віброізоляція – введення в коливну систему додаткового пружного зв'язку, з метою послаблення передавання вібрацій, суміжному елементу конструкції або робочому місцю;
- використання індивідуальних засобів захисту.

Зниження вібрації в джерелі її виникнення досягається шляхом зменшення сили, яка викликає коливання. Зниження вібрації може бути досягнуте зрівноваженням мас, зміною маси або жорсткості, зменшенням технологічних допусків при виготовленні і складанні, застосуванням матеріалів з великим внутрішнім тертям. Велике значення має підвищення точності обробки та зниження шорсткості поверхонь, що труться.

Всі, хто працює з джерелами вібрації, повинні проходити медичні огляди перед прийомом на роботу і періодично, не рідше 1 разу на рік [17].

Для боротьби з шумом використовують заходи та засоби колективного захисту, що зменшують шум на шляху його поширення, а саме архітектурно-планувальні та акустичні заходи. До архітектурно-планувальних заходів відносять раціональне розміщення будівель та споруд на території підприємства, технологічного устаткування, створення шумозахисних зон. Звукоізоляція, звукопоглинання, демпфірування, застосування глушників шуму – акустичні засоби. Звукоізоляція реалізується шляхом встановлення звукоізоляційних перешкод (перегородок, кабін, кожухів, екранів) [17, 18, 19].

Індивідуальними засобами захисту від шуму (навушники, беруші, звукопоглинальні шоломи та спецодяг) користуються в тих випадках, коли не вдається усунути шум у джерелі його виникнення. Вони дозволяють знизити рівень сприймаючого звуку на 10...45 дБ, причому більш значне глушіння спостерігається в області високих частот, які найбільш небезпечні для людини.

Дієвими засобами захисту від інфразвуків є [18, 19]:

- збільшення частоти обертання валів до 20 і більше обертів за секунду;
- підвищення жорсткості коливальних конструкцій великих розмірів;
- усунення низькочастотних вібрацій;
- внесення конструктивних змін в будову джерел, що дозволяє перейти з області інфразвукових коливань в область звукових.

Щоб попередити шкідливу дію ультразвуку, який передається через повітря, застосовується метод звукоізоляції.

До загальних заходів та засобів попередження забруднення повітряного середовища на виробництві та захисту працюючих належать [17, 18, 19]:

- вилучення шкідливих речовин у технологічних процесах, заміна шкідливих речовин менш шкідливими і т.п.;
- удосконалення технологічних процесів та устаткування;
- автоматизація і дистанційне керування технологічними процесами, при яких можливий безпосередній контакт працюючих з шкідливими речовинами;
- герметизація виробничого устаткування, робота технологічного устаткування під розрідженням, локалізація шкідливих виділень за рахунок місцевої вентиляції, аспіраційних укрить;
- нормальне функціонування систем опалення загальнообмінної вентиляції, кондиціонування повітря, очистки викидів у атмосферу;
- попередні та періодичні медичні огляди робітників, які працюють у шкідливих умовах, профілактичне харчування, дотримання правил особистої гігієни.

Для захисту персоналу від впливу електромагнітних полів використовують різноманітні способи та засоби [17, 18, 19]: зменшують напруженість та густину потоку електромагнітного випромінювання; екранують робочі місця; віддаляють робочі місця від джерела електромагнітного поля; раціонально розміщують в робочому приміщенні обладнання, що випромінює електромагнітну енергію; встановлюють раціональні режими роботи обладнання та обслуговуючого персоналу;

застосовують засоби попереджувальної сигналізації й засоби індивідуального захисту.

Заходи по захисту від електротравматизму передбачають [17, 18, 19]:

- недоступність струмопровідних частин для випадкового дотику;
- понижені напруги (5 В, 12 В) та струми у частині апаратів і систем;
- наявність одного із способів електрозахисту, або їх комбінації, а саме: заземлення електрообладнання, занулення електрообладнання, автоматичного аварійного відключення; індивідуального захисту та ін.;
- конструкція устаткування повинна запобігати накопиченню статичної електрики в небезпечних кількостях;
- підлоги у виробничих приміщеннях мають бути вкриті струмонепровідним покриттям;
- обов'язково мають бути дотримані терміни огляду та виміру опору заземлюючих пристроїв;
- повинен бути складений і витриманий графік профілактичних оглядів та ремонтів електрообладнання;
- всі працівники мають пройти навчання та перевірку знань з правил електробезпеки.

Для унеможливлення враження блискавкою конструкцій, споруд, устаткування і персоналу підприємства, необхідно передбачити систему блискавкозахисту [18, 19].

Пожежо- та вибухобезпека. Протипожежна профілактика передбачає заходи по попередженню та ліквідації пожеж, включаючи обмеження сфери розповсюдження вогню та забезпечення успішної евакуації людей та майна із приміщень, які горять.

Всі виробничі приміщення обладнуються протипожежними щитами, засобами пожежогасіння планами евакуації, інструкціями та знаками безпеки [17].

Улаштування на території підприємства складів для зберігання горючих та вибухонебезпечних речовин виконуються із суворим дотриманням протипожежних вимог [17, 18, 19].

Регулярно повинні проводитися інструктажі з протипожежної безпеки і об'єктові тренування з евакуації та уміння використовувати засоби пожежогасіння.

Для запобігання шкідливих результатів недостатнього освітлення, необхідна наявність раціонального освітлення приміщень та робочих місць. При проектуванні природного і штучного освітлення в виробничих та допоміжних будівлях і приміщеннях, а також штучного освітлення на території підприємства необхідно враховувати вимоги будівельних норм та правила по проектуванню природного і штучного освітлення, а також вимоги галузевих норм проектування освітлення, розроблених та затверджених у відповідності із встановленим порядком.

Раціональне освітлення робочих місць є одним з найважливіших чинників попередження травматизму і професійних захворювань. Правильно організоване освітлення створює сприятливі умови праці, підвищує працездатність і продуктивність праці. Тому необхідно розрахувати систему штучного виробничого освітлення для приміщення диспетчерів-операторів, що здійснюють контроль над кондитерськими технологічними процесами

4 Розрахунок системи штучного виробничого освітлення для приміщення диспетчерів-операторів, що здійснюють управління кондитерськими технологічними процесами

Початкові дані:

- довжина приміщення – 15 м;
- висота приміщення – 4,5 м;
- глибина приміщення (відстань від стіни з віконними прорізами до протилежної стіни) – 10 м;
- відстань від рівня підлоги до робочого місця оператора – 0,8 м;
- відстань від робочого місця оператора до зовнішньої стіни – 2 м;
- приміщення по виконанню зорової праці відноситься до 1-ї групи;
- характеристика зорової праці – груба, найменший розмір об'єкту розпізнавання – понад 5 мм;
- розряд зорової праці – 6-й;

- при природничому бічному освітленні коефіцієнту природної освітленості Кпо становить  $E_n = 0,5\%$ ;
- при штучному загальному освітленні, освітленість складає 250 лк.

Всі розрахунки проводи тею за методикою, викладеною у [18, 19].

#### 4.1 Розрахунок природного освітлення

Метою розрахунку є визначення площі світлових прорізів, необхідної для досягнення нормованого значення коефіцієнту природної освітленості Кпо  $E_n$ .

При бічному освітленні площа світлових прорізів розраховується за формулою:

$$S_0 = \frac{S_n \cdot E_n \cdot K_3 \cdot O \cdot K_{зд}}{100 \cdot t_0 \cdot r_1}, \quad (1)$$

де  $S_0$  – площа світлових прорізів, м<sup>2</sup>;

$S_n$  – площа підлоги приміщення, що освітлюється, м<sup>2</sup>;

$E_n$  – нормативне значення Кпо ( $E_n = 0,5\%$ );

$K_3$  – коефіцієнт запасу ( $K_3 = 1,2$ );

$O$  – світлова характеристика вікон ( $O = 9,5$ );

$K_{зд}$  – коефіцієнт, що враховує затемнення вікон розташованими навпроти будовами (нехай  $R/H_{зд} \geq 3$ , тоді  $K_{зд} = 1$ , де  $R$  – відстань між будівлею, що розглядається, та проти стоячою;  $H_{зд}$  – висота розміщення корпусу протистоячої будівлі над підвіконням вікна, що розглядається);

$t_0$  – загальний коефіцієнт світлопрониклості, що визначається за формулою:

$$t_0 = t_1 \cdot t_2 \cdot t_3 \cdot t_4 \cdot t_5, \quad (2)$$

де  $t_1$  – коефіцієнт світлопроникності матеріалу ( $t_1 = 0,8$ );

$t_2$  – коефіцієнт, що враховує втрати світла у палітурах світлопрорізу ( $t_2 = 0,6$ );

$t_3$  – коефіцієнт, що враховує втрати світла у конструкціях (при бічному освітленні  $t_3 = 1$ );

$t_4$  – коефіцієнт, що враховує втрати світла у сонцезахисних приладах (для штор, що прибираються,  $t_4 = 1$ );

$t_5$  – коефіцієнт, що враховує втрати світла в оборонній сітці, що влаштовується під світильниками (приймається рівним 0,9);

$r_1$  – коефіцієнт, що враховує збільшення  $K_{\text{по}}$  при бічному освітленні завдяки світлу, відбитому від поверхонь приміщення та підсилюючого слою, що прилягає до будівлі ( $r_1 = 1,1$ ).

Підставивши данні у співвідношення (2), одержимо:

$$t_0 = 0,8 \cdot 0,6 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,9 = 0,432$$

З цього витікає, що для забезпечення нормативного рівня освітленості при природному освітленні площа світлових прорізів повинна складати:

$$S_0 = \frac{150 \cdot 0,5 \cdot 9,5 \cdot 1,2 \cdot 12}{100 \cdot 0,432 \cdot 1,1} \approx 13 \text{ м.}$$

#### 4.2 Розрахунок штучного освітлення

Розрахунок штучного освітлення полягає у послідовному вирішенні ряду наступних питань.

1) Вибір типу джерела світла. Оскільки температура у приміщенні не знижується нижче  $10^\circ\text{C}$  та небезпека стробоскопічного ефекту відсутня, треба віддати перевагу більш економічним люмінесцентним лампам.

2) Вибір системи освітлення (загальне чи комбіноване). Оскільки робота, що виконується у даному приміщенні відноситься до 6-го розряду, доцільно застосування загального освітлення, що є більш гігієнічним, так як рівномірно розподіляє світлову енергію.

3) Вибір типу світильника. Обираємо світильник типу ОД, (дві люмінесцентні лампи).

4) Розподіл світильників та визначення їх кількості. При виборі відстані між центрами ліхтарів необхідно керуватися відношенням відстані між центрами світильників до висоти їх підвісу над робочою поверхнею. Для ліхтарів типу ОД ця величина дорівнює 1,4 [18].

Для приміщення, що розглядається  $h_c = 3,7$  м. Таким чином, відстань  $I_c$  між центрами світильників можна розрахувати по формулі:

$$I_c = 1,4 \cdot h_c \quad (3)$$

$$I_c = 1,4 \cdot 3,7 = 5,18 \text{ м.}$$

5) Визначення нормованої освітленості на робочому місці. Виходячи з розряду зорової роботи, що виконується відповідно до обраних джерел світла та системи освітлення, визначаємо  $E_n = 250$  лк.

6) Розраховуємо потужність джерел світла. Світловий потік  $\Phi_l$  групи люмінесцентних ламп одного світильника розраховується по формулі:

$$\Phi_l = \frac{E_n \cdot S_n \cdot L \cdot K_z}{n_c \cdot c} \quad (4)$$

де  $E_n$  – нормативна мінімальна освітленість ( $E_n = 250$  лк);

$S_n$  – площа приміщення, що освітлюється ( $S_n = 150 \text{ м}^2$ );

$L$  – коефіцієнт мінімальної освітленості, який обирається в межах 1,1...1,5 (для люмінесцентних ламп  $L = 1,1$ );

$K_z$  – коефіцієнт запасу (згідно із СНиП-П-4-79,  $K_z = 1,5$ );

$n_c$  – кількість світильників у приміщенні ( $n_c = 10$  шт.);

$c$  – коефіцієнт використання світлового потоку лампи (в межах 0,2...0,6).

Прийmemo  $L = 1,1$ ,  $c = 0,3$ ;

Визначимо за (4) світловий потік  $\Phi_l$ :

$$\Phi_l = \frac{250 \cdot 150 \cdot 1,1 \cdot 1,5}{10 \cdot 0,3} = 12375 \text{ лм.}$$

Після розрахунку величини світлового потоку обираємо найближчу стандартну лампу. Оскільки в обраному типі світильників встановлюється дві лампи, то одна лампа повинна мати світловий потік не менше 3712 лм. Даній умові задовольняє лампа ЛБ65 (4800 лм) [18, 19].

Розташування світильників у приміщенні диспетчерів-операторів, що здійснюють управління наведено на рис. 1.

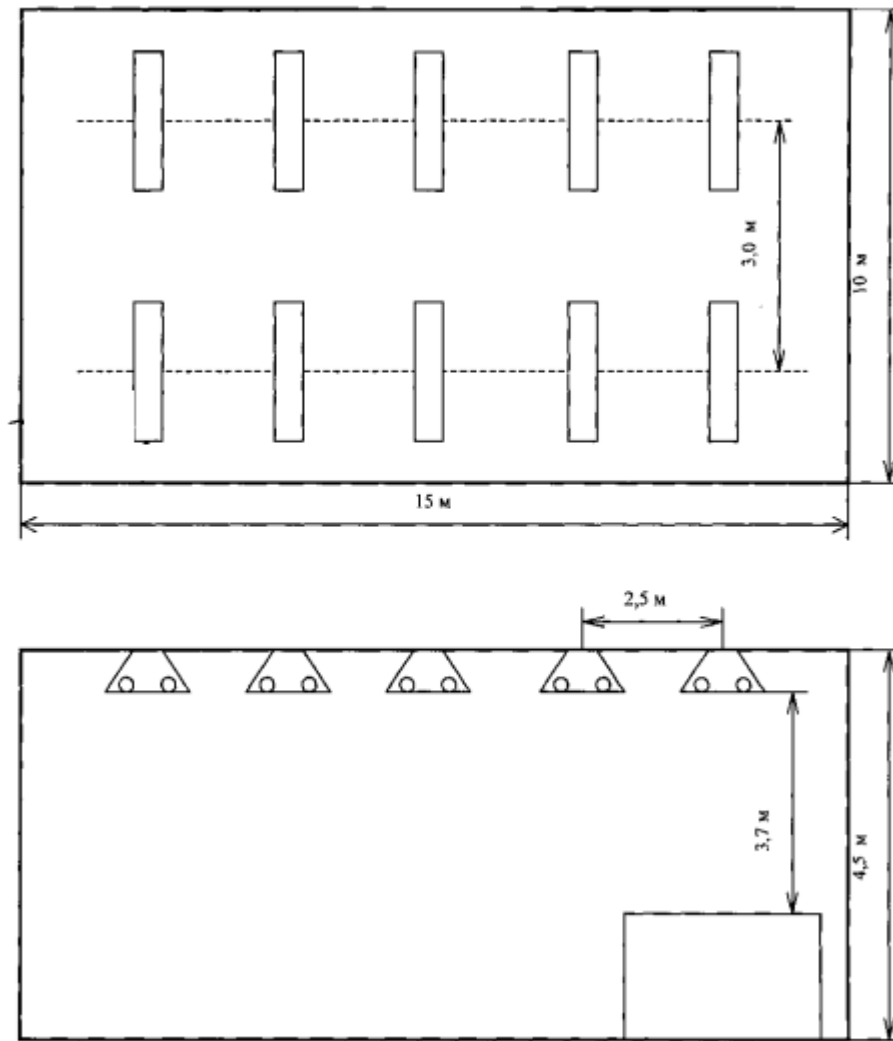


Рисунок 1 – Розташування світильників у приміщенні диспетчерів-операторів, що здійснюють контроль над управлінням кондитерськими технологічними процесами

## ТЕХНІКО – ЕКОНОМІЧНІ РОЗРАХУНКИ

## 1 Характеристика виробу

В ході розробки магістерської роботи була проведено вдосконалення системи керування технологічними процесами в кондитерському виробництві. Вдосконалення було виконано шляхом використання програмного моделюючого комплексу для вирішення завдань управління процесу приготування кондитерських мас.

Таблиця 1.

Технічні характеристики виробу

| Показники, їх одиниці вимірювання                | Позначення | Величина за вартостями |       |
|--------------------------------------------------|------------|------------------------|-------|
|                                                  |            | базовим                | новим |
| Річний об'єм випуску, шт.                        | $N_H$      | 10                     | 10    |
| Нормативний строк служби, років                  | $T_{сл}$   | 10                     | 10    |
| Кількість відмов за рік                          | $n_B$      | 3                      | 1     |
| Кількість годин відновлення після однієї відмови | $t_B$      | 8                      | 4     |

## 2 Витрати на виконання науково – дослідних та дослідно – конструкторських робіт

Витрати на проведення науково – дослідних та дослідно – конструкторських робіт є складовою частиною капітальних вкладень, які передбачаються для виготовлення або вдосконалення систем.

Таблиця 2. – Трудомісткість виконання науково – дослідних та дослідно – конструкторських робіт.

| Статті витрат та зміст робіт                                                     | Трудомісткість в людино-днях | Питома вага в загальному обсягу |
|----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|---------------------------------|
| Постановка задачі, збір інформації, формулювання технічного завдання             | 2,4                          | 8                               |
| Аналіз діючої системи, виявлення недоліків, розробка заходів по її модернізації. | 4,5                          | 15                              |
| Розробка ескізного проекту та блок – схем                                        | 1,8                          | 6                               |
| Розробка принципових електричних схем, виконання розрахунків.                    | 9                            | 30                              |
| Розробка друкованих плат та                                                      | 7,8                          | 26                              |

|                                                         |     |     |
|---------------------------------------------------------|-----|-----|
| монтажних схем                                          |     |     |
| Складання специфікацій та розробка робочої документації | 4,5 | 15  |
| Всього витрат часу                                      | 30  | 100 |

На основі трудомісткості робіт розраховуємо плановий фонд заробітної плати для проведення наукових досліджень :

$$З_{нд} = T_{нд} \cdot O_{нд} \cdot (1 + 0,01 \cdot H_d)(1 + 0,01 \cdot H_c),$$

де :

$O_{нд}$  – середньоденний оклад конструктора ( $O_{нд} = 400$  грн.);

$H_d$  – відсоток додаткової зарплати (15%);

$H_c$  – норматив відрахувань у соціальні фонди (37%)

$$З_{нд} = 30 \cdot 400 \cdot (1 + 0,01 \cdot 15) \cdot (1 + 0,01 \cdot 37) = 18906 \text{ грн.}$$

Величина витрат по кожній статті кошторису НДДКР визначається методом прямого розрахунку і заноситься до таблиці 3.

Таблиця 3. – Кошторис витрат на виконання НДДКР.

| Найменування статей                            | Позначення | Величина, грн. |
|------------------------------------------------|------------|----------------|
| Матеріали, купівельні вироби та напівфабрикати | $M_{нд}$   | 3200           |
| Спеціальне обладнання                          | $O_{нд}$   | 6500           |
| Заробітна плата науково-виробничого персоналу  | $З_{нд}$   | 18906          |
| Витрати на наукові відрядження                 | $B_{нд}$   | 3000           |
| Послуги сторонніх організацій                  | $\Pi_{нд}$ | 1800           |
| Загальногосподарські витрати                   | $H_{ак}$   | 900            |
| Всього                                         | $K_{нд}$   | 34306          |

### 3 Розрахунок матеріальних витрат

Матеріальні витрати (основні і допоміжні матеріали, покупні і комплектуючі вироби) розраховуються в залежності від застосування і норм витрат на один прилад з урахуванням додаткових витрат на транспортно-заготівельні операції.

Результат зводимо в таблицю 4.

Таблиця 4. – Матеріальні витрати

| Найменування витрат     | Позначення | Норма витрат | Вартість одиниці | Затрати на один виріб |
|-------------------------|------------|--------------|------------------|-----------------------|
| 1                       | 2          | 3            | 4                | 5                     |
| 1. Основні матеріали    |            |              |                  |                       |
| Склотекстоліт           | Мо         | 1            | 115              | 115                   |
| Сентетичні матеріали    |            | 1            | 50               | 50                    |
| Кабельні матеріали      |            | 5            | 40               | 200                   |
| Всього                  |            |              |                  | 365                   |
| 2. Покупні матеріали    |            |              |                  |                       |
| Радіодеталі, мікросхеми | Мп         | 150          | 60               | 9000                  |
| клапан електромагнітний |            | 1            | 1200             | 1200                  |
| датчик                  |            | 4            | 750              | 3000                  |
| Всього                  |            |              |                  | 13200                 |
| 3. Допоміжні матеріали  |            |              |                  |                       |
| припій                  | Мд         | 1            | 20               | 20                    |
| каніфоль                |            | 1            | 10               | 10                    |
| розчинник               |            | 1            | 40               | 40                    |
| Всього                  |            |              |                  | 70                    |
| 4. Зворотні відходи     |            |              |                  |                       |
| Всього                  |            |              |                  | 322,02                |

Розрахуємо витрати на матеріали з урахуванням ТЗВ:

$$M_o = \sum_1^n M_{oi} \cdot K_{mз} = 9,50 \cdot 1,2 = 11,40 \text{ грн.},$$

де  $M_{oi}$  – витрати на матеріали по  $i$ -позиції;

$K_{тз}$  – коефіцієнт транспортно-заготівельних витрат.

Витрати на покупні вироби розраховуються за формулою:

$$M_n = \sum_1^n M_{ni} \cdot K_{mз} = 925 \cdot 1,2 = 1110 \text{ грн.}$$

Визначаємо витрати на допоміжні матеріали за формулою:

$$M_{\epsilon} = \sum_1^n M_{\epsilon i} \cdot K_{mз} = 1,10 \cdot 1,2 = 1,32 \text{ грн.}$$

Величини зворотних відходів складають 2% матеріальних витрат

$$B_{зв} = (M_o + M_{\epsilon} + M_n) \cdot 2 \div 100 = 938 \cdot 2 \div 100 = 19 \text{ грн.}$$

Витрати на паливо і енергію для технологічних цілей визначаються з урахуванням витрачання електроенергії для регулювання і випробовування приладу під навантаженням

$$T_{el} = (M \div 1000)(T_{icn} + T_{peg}) \cdot C_{el} = 400 \div 1000 \cdot (0,6 + 0,45) \cdot 0,22 = 0,08$$

грн., де М – потужність системи, Вт;

$T_{рег}, T_{ісп}$  – норма часу для регулювання і випробовування приладу під навантаженням;

$C_{ел}$  – ціна 1кВт·год електроенергії.

#### 4 Планування заробітної плати

Розрахунок зарплати по виготовленню приладу виконується з урахуванням трудомісткості робіт, часових тарифних ставок, а також нормативів доплат до заробітної плати. Основні дані по заробітній платі наведені в таблиці 5.

Таблиця 5. – Основні дані по основній заробітній платі

| Види робіт       | Годинна тарифна ставка, Чтс | Норма трудомісткості в годин | Оплата по тарифу |
|------------------|-----------------------------|------------------------------|------------------|
| 1                | 2                           | 3                            | 4                |
| 1. Заготівельні  | 1,3                         | 5                            | 65               |
| 2. Механообробні | 1,5                         | 10                           | 150              |
| 3. Складальні    | 1,5                         | 10                           | 150              |
| 4. Регулювальні  | 1,9                         | 15                           | 285              |
| Всього по виробу |                             |                              | 650              |

Витрати на основну заробітну плату за виконання даного виду робіт

$$O_z = \Gamma_z \cdot T_z,$$

де  $O_z$  – основна заробітна плата (оплата по тарифу) робітників заготівельної стадії;

$\Gamma_z$  – часова тарифна ставка робочого заготівельної стадії;

$T_z$  – трудомісткість робіт заготівельної стадії, годин.

Основна заробітна плата за виконання одного виробу по всіх стадіях виробництва:

$$Z_o = \sum_1^4 O_i = 65$$

де  $O_i$  – основна заробітна плата за виконання даного виду робіт.

Додаткова заробітна плата за виготовлення одного виробу:

$$З_д = З_о \cdot Н_д \div 100 = 65 \cdot 25 \div 100 = 16,25 \text{ грн.}$$

де  $Н_д$  – норматив (у відсотках) додаткової заробітної плати по даному підприємству (цеху) за відпрацьований час.

Відрахування у соціальні фонди:

$$О_c = (З_о + З_д) Н_c \div 100 = (65 + 16,25) \cdot 37,5 \div 100 = 30,47 \text{ грн.}$$

де  $Н_c$  – норматив (у відсотках) відрахування у соціальні фонди.

#### 5 Визначення непрямих витрат

Витрати на підготовку і освоєння виробництва нових виробів розраховуються по нормативу ( $Н_п$ ) у відсотках від основної заробітної плати:

$$Р_{по} = З_о \cdot Н_п \div 100 = 65 \cdot 3 \div 100 = 1,95 \text{ грн.}$$

Витрати на утримання і експлуатацію устаткування цеху розраховується по нормативу ( $Н_{ye}$ ) у відсотках від основної заробітної плати за виготовлення одного виробу:

$$Р_y = З_о \cdot Н_{ye} \div 100 = 65 \cdot 12 \div 100 = 7,8 \text{ грн.}$$

Цехові витрати визначаються по нормативу  $Н_ц$  (у відсотках) від основної заробітної плати за один виріб:

$$Р_ц = З_о \cdot Н_ц \div 100 = 65 \cdot 60 \div 100 = 39 \text{ грн.}$$

Цехова собівартість одного виробу

$$\begin{aligned} C_ц &= M_o + M_п + M_b - O_b + T_{ел} + З_о + Р_{по} + Р_y + Р_ц + О_c = \\ &11,40 + 1110 + 1,32 - 19 + 0,08 + 65 + 1,95 + 7,8 + 39 + 30,47 = 1248 \text{ грн.} \end{aligned}$$

Загальнозаводські витрати в собівартості одного виробу визначаються по нормативу  $Н_з$  у відсотках від основної заробітної плати:

$$Р_з = З_о \cdot Н_з \div 100 = 65 \cdot 30 \div 100 = 19,5 \text{ грн.}$$

Виробнича собівартість одного виробу:

$$C_b = C_ц + Р_з = 1248 + 19,5 = 1268 \text{ грн.}$$

Позавиробничі витрати на один виріб визначаються по нормативу  $Н_{поз}$

$$З_п = C_b \cdot Н_{поз} \div 100 = 1268 \cdot 6 \div 100 = 76 \text{ грн.}$$

Повна собівартість виготовлення одного виробу:

$$C_п = C_b + З_п = 1268 + 76 = 1344 \text{ грн.}$$

## 6 Розробка калькуляції собівартості виробу

За результатами проведених розрахунків складаємо нормативну калькуляцію собівартості виготовлення вдосконаленого виробу і представимо в таблиці 6.

Таблиця 6. – Нормативна калькуляція собівартості виробу

| Статті витрат                                                                                   | Позначення | Величина витрат |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|-----------------|
| 1                                                                                               | 2          | 3               |
| 1.Сировина та основні матеріали                                                                 | Мс         | 438             |
| 2.Покупні вироби                                                                                | Мп         | 15840           |
| 3.Допоміжні матеріали                                                                           | Мв         | 84              |
| 4.Зворотні відходи                                                                              | Ов         | 322,02          |
| 5.Паливо і енергія для технологічних цілей                                                      | Те         | 0,071           |
| 6.Основна заробітна плата основних робітників                                                   | Зо         | 650             |
| 7.Додаткова заробітна плата                                                                     | Зд         | 162,5           |
| 8.Відрахування в соціальні фонди                                                                | Ос         | 304,7           |
| 9.Затрати на підготовку і освоєння виробництва нових виробів                                    | Рпо        | 19,5            |
| 10.Затрати на утримання і експлуатацію устаткування, транспортних засобів та дорогого оснащення | Ру         | 78              |
| 11.Цехові витрати                                                                               | Рц         | 390             |
| Всього цехова вартість                                                                          | Сц         | 17482,89        |
| 12.Загальнозаводські витрати                                                                    | Рз         | 195             |
| Виробнича собівартість                                                                          | Св         | 17677,89        |
| 13.Позавиробничі витрати                                                                        | Зп         | 1060,67         |
| Всього повна собівартість                                                                       | Сп         | 18738,56        |

За даними нормативної калькуляції виробу ми бачимо, що його повна собівартість складає 18738,56 грн.

## 7 Визначення ціни системи

Проектна ціна нового вдосконаленого виробу ( $C_n$ ) визначається по договору із замовником або з урахуванням попиту на продукцію. При державному регулюванні ціну можна розрахувати за допомогою граничного рівня рентабельності ( $P_n = 30\%$ )

$$C_n = C_n (1 + 0,01 \cdot P_n) = 18738,56 (1 + 0,01 \cdot 30) = 24359,4 \text{ грн.}$$

При цьому ціна приладу повинна сприяти одержанню загального прибутку об'ємом не менше, ніж при реалізації базових виробів.

Балансова вартість системи визначається з урахуванням витрат на транспортування і підготовку до експлуатації.

$$K_{\text{тп}} = 1,1$$

$$B_{\text{ал}}^{\text{н}} = C_{\text{н}} \cdot K_{\text{тп}} = 24359,4 \cdot 1,1 = 26795,34 \text{ грн.}$$

#### 8 Визначення економічної ефективності у виробника системи

Величина економічного ефекту при виготовленні системи управління визначається за формулою:

$$E_{\text{виг}} = (C_{\text{н}} - C_{\text{п}}) \cdot N - E_{\text{н}} \cdot K$$

де  $N = 10$  – кількість систем, які виготовляються за рік;

$E_{\text{н}} = 0,25$  – нормативний коефіцієнт економічної ефективності капітальних вкладень;

$K$  – капітальні вкладення.

$$K = K_{\text{нд}} + C_{\text{н}} + K_{\text{суп}} = 24359,4 + 18738,56 + 1000 = 44098 \text{ грн.}$$

$K_{\text{суп}}$  – супутні капітальні вкладення;

$$K_{\text{суп}} = 1000 \text{ грн.}$$

Тоді отримаємо:

$$E_{\text{виг}} = (1748 - 1344) \cdot 10 - 0,25 \cdot 3229 = 45184 \text{ грн.}$$

Період окупності капітальних вкладень у виробника розраховується за формулою:

$$T_{\text{вир}} = \frac{K}{(C_{\text{н}} - C_{\text{п}}) \cdot N}$$

$$T_{\text{вир}} = 44098 : ((24359,4 - 18738,56) \cdot 10) = 0,78 \text{ року.}$$