

НУБІП України

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
УКРАЇНИ

ННІ ЕНЕРГЕТИКИ, АВТОМАТИКИ І ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

НУБІП України

УДК 637.523:634.51:664.012

ПОГОДЖЕНО

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

Директор ННІ енергетики,
автоматики і енергозбереження

Завідувач кафедри автоматики та
робототехнічних систем
ім. акад. І. І. Мартиненка

В. В. Каплун

В. П. Лисенко

2022 р.

2022 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

НУБІП України

02.06.- КМР. 2067"С".22.12.08.004.ПЗ

на тему: **«ДОСЛІДЖЕННЯ ТА УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ
АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ТЕМПЕРАТУРНИМ
РЕЖИМОМ ПІД ЧАС ЗБИВАННЯ ВЕРШКОВОГО МАСЛА ІЗ
ВИКОРИСТАННЯМ КТЗОВЕН»**

НУБІП України

Спеціальність: 151 – «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Магістерська програма: Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані
технології

НУБІП України

Гарант освітньої програми

В. П. Лисенко, д.т.н., професор

(підпис)

Виконав

Н. О. Кравченко

(підпис)

Керівники магістерської роботи _____ В. О. Мірошник, к.т.н., доцент

(підпис)

НУБІП України

КИЇВ – 2022

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

ННІ ЕНЕРГЕТИКИ, АВТОМАТИКИ І ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри автоматичних та
робототехнічних систем
ім. акад. І. І. Мартиненка
проф., д.т.н. В. П. Лисенко

” _____ ” _____ 2022 р.

ЗАВДАННЯ ДО ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ СТУДЕНТУ Кравченку Назару Олександровичу

(прізвище, ім'я, по-батькові)

Спеціальність: 151 – «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Магістерська програма: Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

Програма підготовки: Освітньо-професійна

Тема магістерської роботи: Дослідження та удосконалення системи
автоматичного керування температурним режимом під час збивання
вершкового масла із використанням КТЗ ОВЕН

Затверджена наказом ректора НУБіП України від «08» _____ 12 2022 р. № 2067 «С»

Термін подання завершеної роботи на кафедру «28» _____ 10 _____ 2022 р.

Вихідні дані до магістерської роботи: Завдання кафедри на виконання кваліфікаційної
магістерської роботи. Нормативні документи по проектуванню об'єктів автоматизації.

Матеріали дослідження і аналізу. Наукова література з тематики кваліфікаційної
магістерської роботи.

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

1. Аналіз технологічних характеристик виробничого об'єкта.
2. Моделювання та дослідження технологічного процесу.
3. Вибір регулятора та обґрунтування параметрів його налаштування.
4. Дослідження системи автоматизації.
5. Схеми системи автоматизації.
6. Оцінка економічної ефективності САК
7. Техніка безпеки та охорона праці.

Перелік графічного матеріалу: Графічна презентація

Дата видачі завдання

«08» _____ 12 _____ 2022 р.

Керівники магістерської роботи

Мірошник В. О.

Завдання прийняв до виконання

(підпис)

Кравченко Н. О.

АНОТАЦІЯ

У кваліфікаційній магістерській роботі розглядається процес виробництва вершкового масла в масловиробнику на предмет визначення енергоефективних технологічних режимів виробництва, технічних параметрів системи охолодження вершків при виробництві масла.

Метою кваліфікаційної магістерської роботи є удосконалення системи автоматичного керування температурним режимом під час збивання вершкового масла із використанням комплексу технічних засобів ОВЕН, що забезпечить зниження енерговитрат на його створення та покращити якість продукції, шляхом більш точної стабілізації температури вершків під час маслоутворення в масловиробнику.

У роботі використовуються наступні задачі:

- побудовано математичну модель досліджуємого об'єкту та проведено імітаційне моделювання;
- отримано передатну функцію об'єкту керування;
- обрано сприймаючі елементи, виконавчий механізм та регулюючий орган розроблюваної САК температурним режимом під час збивання вершкового масла;
- розроблено алгоритм роботи системи та обрано програмне забезпечення;
- досліджено отриману САК температурним режимом під час збивання вершкового масла на стійкість та отримані показники якості, які задовольняють вимогам до розроблюваної САК;
- розроблено схеми підключень (з'єднань) засобів КВПіА та технологічного обладнання;
- обраховано доцільність монтажу системи автоматизації.

НУБІП України

ЗМІСТ

ВСТУП..... 6

РОЗДІЛ 1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА..... 7

1.1. Інформаційний аналіз технології виробництва..... 7

1.2. Фізико-хімічні основи перетворення високожирних вершків в масло..... 9

1.3. Класифікація обладнання для отримання вершкового масла..... 20

1.4. Виробництво масла у масловиробниках періодичної дії..... 21

1.5. Виробництво масла в маслоутворювачі типу ОМ-2ТМ..... 31

РОЗДІЛ 2 ДОСЛІДЖЕННЯ МОДЕЛІ ТЕПЛООБМІННИХ ПРОЦЕСІВ В МАСЛОУТВОРЮВАЧІ..... 37

2.1. Фактори, що впливають на збивання вершків в масло..... 37

2.2. Інформаційний аналіз процесу збивання масла..... 41

2.3. Розробка та дослідження математичної моделі теплообмінних процесів в масловиробнику..... 42

2.4. Визначення передатної функції об'єкта керування..... 53

РОЗДІЛ 3 ВИБІР РЕГУЛЯТОРА ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ЙОГО НАЛАШТУВАНЬ..... 56

3.1. Вибір регулятора..... 58

3.2. Вибір сприймаючих елементів системи автоматичного керування температурним режимом під час збивання вершкового масла..... 61

3.3. Вибір виконавчого механізму системи автоматичного керування температурним режимом під час збивання вершкового масла..... 63

3.4. Вибір алгоритму управління та визначення показників якості управління..... 67

РОЗДІЛ 4 ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ..... 71

РОЗДІЛ 5 РОЗРОБКА СХЕМ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦІЇ..... 73

5.1. Вибір апаратів захисту та керування..... 73

5.2. Вибір провідів та кабелів..... 77

5.3. Розробка принципової схеми..... 77

5.4. Вибір щита керування..... 86

5.5. Розробка схеми з'єднань та підключень	86
5.6. Розробка комп'ютерно-інтегрованої системи керування температурним режимом під час збивання вершкового масла.....	88
5.7. Розрахунок надійності системи автоматичного керування.....	89

РОЗДІЛ 6 РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

ВІПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ..... 91

РОЗДІЛ 7 ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ І ОХОРОНА ПРАЦІ..... 93

7.1. Вимоги до обладнання та приміщень молокопереробних підприємств 93

7.2. Монтаж і ремонт технологічних ліній..... 100

7.3. Електробезпека..... 104

ВИСНОВКИ..... 107

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ..... 108

ДОДАТОК А.....110

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

ВСТУП

НУБІП України

Використання молочних продуктів тваринного походження є важливою складовою в раціоні людини. З молока та продуктів його переробки людина отримує легкозасвоювані білки, жири, вуглеводи і мінеральні речовини, які є важливими харчовими складовими в раціоні людини. Молочні продукти можуть досягати 30 % в складі загальної кількості раціону, що споживає людина.

Молокопереробні підприємства є важливою складовою в забезпеченні населення України якісними молочними продуктами. Аналіз молокопереробної галузі дозволяє зробити висновок, що наявне устаткування не завжди задовольняє сучасним вимогам до технологічного обладнання так і до засобів автоматизації їх.

Технологічне обладнання на підприємствах з переробки молока є швидкодіючим, в зв'язку з тим що молоко після доїння необхідно швидко охолодити та транспортувати до підприємства з переробки молока. Термін зберігання молока дуже короткий, що впливає на технологічні аспекти роботи підприємств з молоко переробки. Виробництво вершкового масла є дуже енергоємним процесом та дуже вимогливим до технологічних вимог. Тому розробка систем автоматизації з використанням сучасних технічних засобів є актуальною проблемою.

Метою роботи є забезпечення норм та стандартів при виготовленні вершкового масла шляхом удосконалення системи автоматичного керування процесом збивання вершкового масла із використанням комплексу технічних засобів ОВЕН.

Об'єктом дослідження є апарат з виробництва вершкового масла (масловиробник).

Предметом дослідження є алгоритм, температурні режими та швидкість роботи апарату з виробництва вершкового масла (масловиробник).

НУБІП України

РОЗДІЛ 1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

1.1. Інформаційний аналіз технології виробництва

Молокопереробна та олійно-жирова промисловість України – це складна галузь харчової індустрії, що складається з взаємопов'язаних виробництв молока, сливок, рослинних жирів, рослинної олії, майонезу,

маргарину та процесу реалізації продукції.

В Житомирській області в смт. Брусилів розташовані основні виробничі потужності ТОВ «Брусилівський маслозавод».

Історія заводу починається з 1936 року з виготовлення вершкового масла.

З 1936 по 2012 роки проходив активний розвиток заводу, збільшення потужностей, розширення асортименту. Цьому сприяла наявність потенціалу сировинної бази: природне середовище цієї частини Житомирської області є оптимальною для випасу корів і при СРСР Брусилівський район був найпродуктивнішим районом союзу по тваринництву.

Зараз завод йде в ногу з часом, проведена повна реконструкція цехів, побудовано нове приймальне відділення молока, новий сироробний цех (рис. 1.1). Для якісного збору молока для нашої продукції, організовано транспортний підрозділ для збору, тестування і доставки молока на завод.

На заводі є склади для дозрівання і витримки сиру відповідають всім вимогам і стандартам якості (рис. 1.2).

На сьогодні, Брусилівський маслозавод випускає продукцію під ТМ «Поліська сироварня», «3 + 3 корови».

– масло вершкове традиційного асортименту, масло бочное;

– сири традиційного асортименту: Російський, Голландський, Буковинський, Український;

– сири спеціальних сортів: ементальського, Чеддер, Класичний,
Моцарела, Брінза;
– постійно ведеться розробка власних унікальних сортів сиру.

У планах виробництво рікоти та сиру з козиного молока.



Рис. 1.1. Цех з виготовлення сирів на Брусилівському маслозаводі



Рис. 1.2. Склади для визрівання сирів на Брусилівському маслозаводі



Рис. 1.3. Продукція ТОВ «Брусилівського маслозаводу» – масло ТМ «Полівка сироварня»

З метою поліпшення якості продукції на Брусилівському маслозаводі встановлено сучасне високотехнологічне обладнання закритого циклу від світових виробників, яке виключає безпосереднє втручання людини в виробничий процес, починаючи від забору сировини і закінчуючи фасуванням готової продукції. Це гарантує безпеку і якість продукту.

Вершкове масло – це концентрат жиру. Крім нього в вершковому маслі є невелика кількість вуглеводів, білків і мінеральних компонентів, які розчинені у воді. Ця частина вершкового масла називається молочною плазмою, вона залишається в жировому концентраті після видалення сколотин при сепарування вершків або збиванні вершків. Залежно від жирності вершкового масла кількість білків, вуглеводів, мінеральних компонентів і води може варіюватися. У «Селянському» вершковому маслі з жирністю 72.5 % їх порівняно більше, ніж в вершковому маслі «Традиційному», 82.5 %.

1.2. Фізико-хімічні основи перетворення високожирних вершків в масло

Розробка методу виробництва масла шляхом перетворення високожирних вершків задала поглибленого вивчення процесів

структуроутворення в дисперсній системі, обігу фаз, а також фазових змін гліцеридів молочного жиру при термомеханічній обробці високожирних вершків, з'ясування їх сутності та ролі в маслоутворенні, формуванні

структури та консистенції готового продукту. Дослідження радянських

вчених (М. М. Казанського, Г. В. Твердохліб, А. Д. Грищенко, Ф. А.

Вишнемірського та їх учнів) дозволили внести певну ясність у трактування

фізико-хімічних процесів, що відбуваються при виробленні масла методом

перетворення високожирних вершків.

Узагальнемо сучасні дані, розглянемо, як відбуваються фазові зміни

гліцеридів молочного жиру, обіг фаз, утворення структури та консистенції

вершкового масла, що отримується із високожирних вершків. Ці процеси

протікають як в маслоутворювачі, так і після виходу з нього – в моноліті, в

умовах спокою.

Для утворення масла необхідно провести концентрацію та зближення

жирових кульок, кристалізацію в них гліцеридів під впливом низьких

температур, обіг фаз та утворення структури. При отриманні високожирних

вершків досягаються максимальна концентрація та зближення жирових

кульок. Між ними утворюється дуже тонкий адсорбційно-гідратний

прошарок. Незважаючи на максимальне зближення поверхонь жирових

кульок, мимовільного руйнування їх ліпопротеїнових оболонок не

відбувається, поки вони перебувають при температурі вище точок твердіння

молочного жиру і поки зберігаються міцні структурні зв'язки між

гліцеридним ядром та оболонкою. Високожирні вершки зберігають

властивості висококонцентрованих емульсій прямого типу, маючи

коагуляційну структуру.

Процеси звернення фаз та утворення первинної структури масла

проходять в маслоутворювачах при охолодженні та перемішуванні вершків у

тонкому шарі. Швидкість цих процесів зростає з підвищенням швидкості

охолодження та інтенсивності перемішування високожирних вершків.

В маслоутворювачі охолодження вершків та звернення фаз проходять одночасно. Процес обігу фаз здійснюється за умови подолання енергетичного бар'єру – сили відштовхування жирових кульок одна від одної, яка зменшується при їх зближенні, та подолання структурно-механічного бар'єру

руйнування оболонок жирових кульок. Тому процес обігу фаз знаходиться в прямій залежності від товщини адсорційно-гідратного прошарку між жировими кульками, від величини притискної сили на кульці при перемішуванні вершків і від стійкості оболонок, яка різко зменшується при кристалізації гліцеридів у жировій кульці.

Охолодження та механічна обробка високожирних вершків у масоутворювачах проходять одночасно, тому процес кристалізації гліцеридів пришвидшується.

При дотику тонкого шару вершків з дуже холодною стінкою маслоутворювача (від -3 до -7 °C) швидко охолоджуються і утворюють на ній шар, що затвердів. При такому швидкому охолодженні виникає велика кількість центрів кристалізації всередині жирових кульок, що створюють передумови для утворення змішаних кристалів. У жирових кульках з'являється близько 25...35 % затверділого жиру з диференціюванням двох основних груп гліцеридів: легкоплавких (максимум плавлення при 14 °C) та високоплавких (29.7 °C) зі значним превалюванням першої. Таке затвердіння гліцеридів молочного жиру викликає структурні зміни в гліцеридному ядрі та оболонці, різко знижується її стійкість і вона руйнується. Цьому сприяють також швидке охолодження та нижча температуропровідність гліцеридного ядра порівняно з його ліпопротеїновою оболонкою. Тому речовина оболонки стискається швидше, ніж гліцеридне ядро, через що на оболонці можуть утворитися тріщини.

Виникаючі сили тертя між щільно упакованими кульками, напруга всередині них внаслідок кристалізації гліцеридів сприяють вичавленню через тріщини та гідрофобізовані ділянки оболонок рідкого жиру з підвищеним вмістом легкоплавких гліцеридів. Рідкий жир сприяє утворенню агрегатів

жирових кульбок з жиром, що частково затвердів. Зняті ножами затверділі шари дестабілізованих високожирних вершків, в яких значною мірою пройшли обіг фаз і агрегація, перемішуються з теплими і нагріваються. При

цьому більшість легкоплавкого затверділого жиру розплавляється. Жир, виділений з дестабілізованих жирових кульбок і при частковому розплавленні затверділого жиру, знову утворює емульсію.

У процесі термомеханічної обробки високожирних вершків утворюються два типи емульсій: пряма – молочний жир у плазмі вершків та зворотна – плазма вершків у молочному жирі. Спочатку переважає перший тип емульсії, у міру механічної обробки та проходження обігу фаз вони врівноважуються, в кінці маслоутворення друга практично залишається єдиною.

Так, багаторазове перемішування різко охолоджених пристінних верств вершків з теплими призводить до зниження температури всієї їх маси в робочому об'ємі нижнього циліндра маслоутворювача до 18...22 °С, що сприяє масовому утворенню центрів кристалізації переважно з високоплавких гліцеридів.

Для отримання масла хорошої консистенції вирішальну роль грає не загальний механічний вплив на високожирні вершки в маслоутворювачі, а тривалість їх перемішування в зоні кристалізації. Період до досягнення температури нижче від точок масової кристалізації в обсязі вершків можна умовно назвати зоною охолодження, а період після – зоною кристалізації.

Але треба враховувати, що це вельми умовний поділ, оскільки процеси кристалізації в пристінному шарі протікають з перших миттєвостей надходження вершків в маслоутворювач. Саме в зоні кристалізації регулюються структура та консистенція масла. Чим раніше настає зона кристалізації, чим нижче температура і довше їх перемішування в зоні кристалізації жиру, тим вище його дисперсність, тим кращі умови для утворення в регульованих умовах структури коагуляційного типу та пластичної консистенції масла.

З підвищенням температури та тривалості обробки вершків у зоні кристалізації зменшуються утворення центрів кристалізації гліцеридів жиру та ступінь їх затвердіння. Основне затвердіння жиру та формування

структури масла пройде після його виходу з апарату в умовах спокою та

повільного охолодження моноліту масла з утворенням великих багат шарових кристалів, що зростаються один з одним. Така

кристалізаційна структура характеризується зайвою твердістю при знижених

температурах (5...7 °C) і нетерmostійкістю при підвищених температурах

(вище 17 °C). Консистенцію масла також можна регулювати інтенсивністю

механічної обробки.

Оскільки затвердіння відбувається в умовах перемішування, то в затверділі групи включаються крім високоплавких середньоплавких і

частково легкоплавких гліцеридів. Пристінні шари вершків з великою

кількістю центрів кристалізації перемішуючи з рештою маси, грають роль

затравки і тим самим прискорюють процеси затвердіння. Настає критичний

момент лавинної дестабілізації оболонки жирових кульок і відбувається

звернення фаз. Зміна фаз найбільш інтенсивно проходить за температури від

18 до 22 °C.

Чим швидше вершки досягають термічної зони затвердіння і чим довше вони обробляються в цій зоні, тим більше утворюється центрів

кристалізації, тим більше твердіє гліцеридів жиру, тим дрібніші кристалічні

утворення, тим гомогеннішою буде структура і пластичніша консистенція.

При зверненні фаз рідкий жир утворює безперервне середовище.

Адсорбційно-гідратні прошарки під дією поверхневих сил натягу утворюють дрібні крапельки плазми, які розподіляються в рідкому жирі поряд з

кристалами та кристаліти жиру. До крапельок плазми можуть включатися

окремі жирові кульки з неруйнованими оболонками.

Таким чином, процеси дестабілізації жирової дисперсії та емульгування рідкого жиру, кристалізація гліцеридів у жирових кульках і з

розплаву вільного жиру в об'ємі маси, що перемішується, проходять

одночасно. Спочатку при підвищених температурах у вершках кристалізація проходить переважно в пристінному шарі, і в основному в жирових кульках, а при зниженні температури вершків до точок затвердіння жиру (18...20 і 12...14 °С) кристалізація в обсязі наростає і після обігу фаз переважно проходить з розплаву жиру.

Підвищення температури вершків у нижньому циліндрі маслоутворювача призводить до переважання в затвердлому жири високоплавких і середньоплавких гліцеридів у стабільніших кристалічних формах β' -2, β і частково α -2. Хоча затвердіння гліцеридів у пристінному шарі відбувається з переважанням легкоплавких груп і метастабільних α -3 форм, перемішування з вершками вершків більш високої температури викликає те, що найбільш легкоплавкі з них розплавляються, а інші сокристалізуються з більш високоплавкими, а форми α -3 при перемішуванні швидко перетворюються на більш стабільні α -2 і (β' -2).

Термомеханічна обробка кристалізується маси у другому і третьому циліндрах маслоутворювача при температурі 12...16 °С сприяє подальшому затвердінню гліцеридів у вигляді дрібних змішаних кристалів, стабілізації поліморфних форм, утворенню агломератів кристалізаційної структури, утворенню їх і рідкого жиру.

У другому циліндрі термомеханічна обробка продукту здійснюється за нормальної температури 10...13 °С; тут найінтенсивніше проходять процеси затвердіння жиру з виділенням значної кількості теплоти. Тому необхідно особливо інтенсивно охолоджувати другий циліндр, а також ретельно контролювати температуру і кількість розсоду, що подається.

У третьому циліндрі, де затвердіння, поліморфні та інші фазові зміни гліцеридів молочного жиру проходять особливо активно, в'язкість вершків різко підвищується. На перемішування таких вершків витрачається велика механічна енергія. При цьому виділяється значна кількість теплоти, а якщо не забезпечити її своєчасного відведення, температура продукту підвищиться на 3...4 °С. У той же час висока в'язкість перешкоджає інтенсивному

проходженню фазових змін гліцеридів жиру та структуроутворенню олії. Щоб зменшити в'язкість системи, третій циліндр подають утеплений розсіл з другого циліндра або крижану воду.

Параметри термомеханічної обробки маси, що кристалізується, визначають повільну обігу фаз, фазовий стан і характер утворення первинної структури масла по виході з маслоутворювача. Характер первинного структуроутворення регулюється температурними режимами, інтенсивністю і тривалістю термомеханічної обробки високожирних вершків в маслоутворювачі з урахуванням хімічного складу жиру.

Від максимально можливої завершеності фазових змін гліцеридів молочного жиру, характеру утворення первинної структури залежить формування вторинної структури спокою. Підвищення температури, посилене механічне перемішування можуть спричинити значне розплавлення легкоплавких поліморфних форм та груп затверділих кристалів гліцеридів, які не встигають пройти перекристалізації та диференціації з утворенням більш стабільних та високоплавких форм.

У цих умовах процеси фазових змін, структуроутворення значною мірою пройдуть після маслоутворювача, в моноліті при повільному охолодженні його в стані спокою з утворенням вторинної структури кристалізаційного типу. У такому продукті після холодильного зберігання переважатиме кристалізаційна структура з дефектами консистенції.

Масло на виході з апарата має рідку консистенцію переважно коагуляційної структури, тому що затверділого жиру в ньому міститься всього близько 9...12 % у вигляді зародкових кристалів та дрібних кристалітів. У ящику воно швидко твердне завдяки бурхливим екзотермічним процесам групового затвердіння гліцеридів на базі наявних зародкових кристалів і знову утворюються, внаслідок чого температура в моноліті підвищується на 0.5...4 °С, відбуваються процеси вторинного структуроутворення з переважанням контактів кристалізації.

У разі спокою вторинна структура проходить дві стадії освіти: стадію вторинного кристалізаційного структуроутворення протягом 15–3 год і стадію остаточного формування структури масла. На першій стадії

протікають процеси кристалізації на базі численних зародкових кристалів

молочного жиру, виникає велика кількість нових контактів дисперсних частинок і відбувається тиксотропне ущільнення структури. Ця стадія обмежується періодом термостатування масла, стадія остаточного

формування вторинної структури протікає в процесі охолодження та зберігання в холодильних камерах при негативних температурах (-12...-24 °C).

Високожирні вершки можна отримати одноразовим сепаруванням безпосередньо з молока, але зазвичай користуються повторним сепаруванням

вершків середньої жирності (32...35 %). Їх попередньо пастеризують при

температурі 85...87 °C і при виробленні вологодського масла – 93...95 °C і

відразу ж направляють на повторне сепарування. Високі температури (70...90 °C), знижуючи в'язкість вершків, полегшують отримання та

витікання із сепаратора високожирних вершків.

Процес отримання високожирних вершків можна розділити на дві стадії, які розрізняються за механізмом конденсації жирових кульок і витратами механічної енергії. На першій стадії під дією відцентрової сили жирові кульки, долаючи опір плазми, концентруються до вмісту жиру 62...64 % і максимально наближаються одна до одної.

При високих температурах сепарування жир у жирових кульках повністю рідкий, тому оболонки глобул перебувають у стані граничної гідратованості та, незважаючи на максимальне зближення їх поверхонь, мимовільного руйнування оболонок під час сепарування не відбувається.

Однак концентрація жиру в вершках до 62...65 % є граничною, вище за яку відбувається видалення в плазму найбільш гідратованих ліпопротеїнових комплексів, в першу чергу фосфатидів. На першій стадії витрачається енергії менше та концентрування жиру протікає швидше.

При ущільненні та витісненні плазми з просвітів відбувається тертя кульок один про одного, вони деформуються та їх оболонки у зв'язку з цим розтягуються. Жирові кульки ще більше втрачають оболонкову речовину,

оболонки стають тоншими, зменшуються стабільність і міцність оболонок, відбувається процес гідрофобізації жирових кульок. Критична товщина оболонки жирової кульки, коли зберігається стабільність жирової емульсії, становить 40 мкм.

Оболонкова речовина, що перейшла в плазму, сягає пахти або осаджується на стінках разом із сепараторним слизом. На другій стадії витрачається значно більше енергії, ніж на першій. У міру збільшення вмісту жиру у високожирних вершках підвищуються витрати енергії на концентрування жиру у зв'язку зі збільшенням опору плазми руху по вузьких капілярах і збільшенням поверхні розділу плазма – жир внаслідок додаткової

деформації жирових кульок. Процес фільтрації плазми через вузькі капіляри проходить повільно, і в міру концентрації жиру він уповільнюється та продуктивність сепаратора знижується.

Максимальна концентрація жиру у вершках, якої можна досягти без дестабілізації жирових кульок, становить 83.5 %. Подальше збільшення жирності вершків може призвести до втрати жировими кульками оболонок і витоплювання жиру, з рідка сепаратора витікатиме жовтий молочний жир, сепаратор швидко заб'ється сепараторним слизом, різко знизиться його продуктивність і підвищиться відхід жиру в знежирене молоко.

В результаті видалення дисперсійного середовища та щільного пакування жирових кульок при сепаруванні між ними утворюються дуже тонкі адсорбційно-гідратні плівки, від властивостей яких залежить стійкість жирової емульсії. Важливо забезпечити якомога більш повне збереження оболонок жировими кульками в вершках, оскільки в подальшому при охолодженні емульсії в маслоутворювачі оболонки обмежують розміри кристалів жиру, що утворюються, сприяючи утворенню пластичної і гомогенної консистенції в готовому продукті.

Для забезпечення стійкості процесу, необхідно на сепарування спрямовувати вершки однакової жирності, свіжі, з кислотністю плазми не вище 24°T , чисті, підтримувати однакову температуру сепарування, постійну частоту обертання барабана сепаратора. Продуктивність сепаратора

регулюють так, щоб жирність склоти була не більше 0.4%. Зі зменшенням вмісту жиру у високожирних вершках полегшується процес сепарування, знижується відхід жиру в пахту, підвищується продуктивність сепараторів.

Продуктивність сепаратора регулюють зміною припливу вершків барабан. Зі зростанням припливу вершків у барабан сепаратора ефективність сепарування знижується, збільшується жирність пахти та зменшується жирність вершків. Зі збільшенням жирності вершків, що сепаруються, підвищується продуктивність сепаратора, зростає жирність пахти при одночасному зменшенні її кількості, тому сумарний відхід жиру в пахту не

збільшується. Крім того, знижується вміст сухого знежиреного молочного залишку та збільшується ступінь дестабілізації жирової емульсії. З підвищенням жирності вихідних вершків із 30 до 41% масова частка сухого

знежиреного молочного залишку зменшувалася з 1.92 до 1.66%, а ступінь дестабілізації збільшувалася на 6.5%. Також вміст сухого знежиреного молочного залишку у високожирних вершках збільшувався з 1.87 до 2.4% при сепаруванні вершків, витриманих на добу при $0 \dots 2^{\circ}\text{C}$.

Щоб забезпечити високу якість сепарування, необхідно проводити його при температурах нижче 70°C , не використовувати подвійну пастеризацію, що викликає дестабілізацію жирових кульок, підтримувати постійний приплив вершків, використовуючи для цього поплавкову камеру, так як зменшення подачі вершків може призвести до дестабілізації жирової емульсії, своєчасно звільняти сепаратор від сепараторного слизу.

При зниженні температури вершків, що сепаруються, у зв'язку зі збільшенням їх в'язкості незалежно від жирності вершків в них знижується кількість сухого знежиреного молочного залишку, підвищується вміст газової фази, зростає жирність пахти. З підвищенням температури

сепарування з 80 до 90 °С, навпаки, масова частка сухого знежиреного молочного залишку у високожирних вершках збільшується на 0,1...0,15% і підвищується ступінь дестабілізації на 12...17% жирової емульсії у зв'язку зі

зниженням стабільності оболонок жирових кульок. З підвищенням

температури вершків, що сепаруються, збільшується денатурація сироваткових білків: при 85 °С денатурує 22...30%, а при 90 °С повністю коагульовані сироваткові білки переходять на поверхні оболонок жирових

кульок, тому при отриманні високожирних вершків підвищується вміст в них сухого знежиреного молочного залишку.

З підвищенням кислотності вершків збільшуються їх в'язкість та ступінь переходу оболонкової речовини з жирових кульок у плазму, що, у свою чергу, викликає зниження ефективності сепарування, помітне

збільшення вмісту жиру в пахті, підвищується ступінь дестабілізації жирової

фази, сепаратор швидко забивається сепараторним сливом та значно скорочується тривалість його роботи. Зі збільшенням кислотності плазми вихідних вершків з 18,4 до 23,8 °Т ступінь дестабілізації емульсії жиру

збільшується на 37,8%.

Високожирні вершки після сепаратора надходять у двостінну ванну з мішалкою, де за необхідності їх нормалізують за вмістом вологи пахтою або пастеризованими вершками, останні покращують смак олії. Якщо вміст вологи у високожирних вершках завищено, їх нормалізують жиром або

високожирними вершками з нижчим вмістом плазми. Лінію зазвичай комплектують трьома такими ваннами, ніж забезпечується поточність виробництва.

Частина вологи у високожирних вершках знаходиться у зв'язаному стані з білком оболонок жирових кульок і аналітично не визначається. Але

після перетворення високожирних вершків в олію оболонки жирових кульок руйнуються і зв'язана вода вивільняється. Фактичний вміст зв'язаної води емпірично уточнюють шляхом порівняння аналізів вмісту вологи у

високожирних вершках та в олії. Але щоб її виробити масло з завищеним

проти стандарту, вмістом вологи, приймають кількість зв'язаної води 0.5...0.6 %, а нормалізацію високожирних вершків проводять на 0.2...0.3 % нижче стандарту. Якщо нормалізацію проводять пахтою, то підвищення вологості 100 кг вершків на 1 % додають 1.33 кг пахти.

Після нормалізації вершки ретельно перемішують. При нормалізації не слід витримувати вершки у ваннах, щоб не допустити випаровування вологи, що послаблює аромат олії та може призвести до різного вмісту вологи в окремих ящиках; крім того, у процесі витримки може статися витоплювання жиру, що надалі може призвести до утворення готового продукту борошнистої консистенції. Тому ванни заповнюють високожирними вершками по черзі і в тому порядку їх звільняють. Після нормалізації ванни закривають кришками, щоб уникнути випаровування і забруднення, і відразу вершки направляють в маслоутворювач, періодично їх через кожні 10...15 хв перемішуючи, щоб уникнути відстію.

1.3. Класифікація обладнання для отримання вершкового масла

У відповідності від зазначеного процесу отримання масла, можна відокремити два загальних способів виробництва масла з високожирних вершків, це маслоутворювачі безперервної дії призначені для виробництва в неперервних потікових лініях переробки молока і маслоутворювачі періодичної дії, що використовуються в малих фермерських та аграрних виробництвах в яких відбувається періодична переробка вершків в масло (рис. 1.4). Для кожного способу виробництва розроблено багато конструкції апаратів, які мають відповідні переваги та недоліки.



Рис. 1.4. Класифікація обладнання для отримання вершкового масла

1.4. Виробництво масла у масловиробниках періодичної дії

Масловиробники, що застосовуються для виробництва масла, бувають дерев'яні, металеві, вальцьові і безвальцеві. Переважно використовують безвальцеві металеві масловиготовувачі різної форми – циліндричні, конусні, кубічні, грушоподібні. Їхні внутрішні стінки мають лусчато-пористку поверхню, що дозволяє утримувати вологу; кути та ребра в них закруглені. Над масловиробником встановлюється труба з отворами для зрошення апарату водою потрібної температури залежно від вимог технологічного процесу, що дозволяє регулювати температуру збивання та обробки масла. У циліндричних масловиробниках замість вальців уздовж стінок радіально до центру бочки встановлені нерухомі полиці. У деяких конструкціях безвальцевих масловиробників полиці замінені чотирма (по обидва боки від кожного днища) вигнутими лопатями, розташованими в шаховому порядку. У середині масловиробника встановлена центральна осьова балка.

У масловиробниках здійснюються збивання вершків, промивання масляного зерна, посолка та обробка масла.

Збивання вершків. Збивання в циліндричних масловиробниках триває

30...40 хв із постановкою зерна розміром 3...4 мм у діаметрі, у конусних та кубічних – 50...60 хв (із зерном 3...6 мм). Високий вміст жиру в пахті

свідчить, що процес маслоутворення не закінчено. Щоб запобігти засолюванню зерна, для вершків зниженої жирності зерно ставлять дрібніше.

При використанні вершків підвищеної жирності тривалість збивання збільшують до утворення великого зерна, що дозволяє зменшити відхід жиру

в пахту. Слід, однак, враховувати, що з дуже дрібних і великих зерен важко видаляти пахту внаслідок великої сумарної поверхні зерен у першому випадку і включення великої кількості вологи всередині зерна в другому.

Характер розподілу плазми залежить від величини зерна (табл. 1.1).

Таблиця 1.1
Розподіл плазми в зернах різної величини

Розмір зерна, мм	Поверхностна плазма, %	Диспергована плазма, %	Масова доля вологи в зерне, %
1-2	60	40	32
2-3	44	66	29
3-4	40	60	25
4-5	32	68	21
5-6	25	75	15

Великі зерна містять мало поверхневої сколоти. Більшість її включена в зерна у вигляді дрібних крапель, захоплених грудочками жиру при формуванні зерна. Таку пахту називають високодисперговою плазмою.

Ступінь використання жиру при збиванні служить оцінкою якості цього процесу. Вона показує, яка частина жиру переходить із вершків у масло. Деяка кількість жиру втрачається з пахтою. При нормальному процесі

НУБІП УКРАЇНИ

маслоутворення ступінь використання жиру залежить від розмірів жирових кульок (табл. 1.2)

Таблиця 1.2

Залежність ступеню використання жиру від розміру жирових кульок

Діаметр жирових кульок, мкм	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-8	Понад 8
Ступінь використання жиру, %	0	33	68	78	95	97	99	100

На ступінь використання жиру впливають умови отримання масла. Підвищені температури збивання, недостатнє дозрівання вершків, постановка дрібного зерна збільшують відхід жиру в пахту. Певну роль відіграє і стан масляної фази. Жирність пахти обернено пропорційна вмісту казеїну в сквашених вершках. Так, підвищення його від 0.84 до 5.24 при рН 4.48...4.5 призводить до зниження жирності пахти з 0.85 до 0.32%. Появляється це тим, що суспензований білок захищає грудочки жиру від подрібнення.

Підвищений вміст альбуміну не надає помітного впливу на жирність пахти, але з введенням лецитину та інших фосфатидів у вершки вміст жиру в пахту піднімається до 6% і більше. Соли цитрату та фосфату натрію, що збільшують негативний заряд жирової кульки, сприяють стабільності жирової емульсії та сприяють підвищенню жирності пахти. Протилежний вплив мають іони двовалентних металів, зокрема кальцію, що зменшують заряд жирової кульки.

У нормальних умовах при використанні вершків середньої жирності пахта повинна мати масову частку жиру не більше 0.3%. Ступінь використання жиру має бути не нижче 99.3%.

Пахту з високим вмістом жиру можна сепарувати, отримані вершки рекомендується збивати разом із звичайними, оскільки одні вершки з склотин збиваються дуже повільно і з низьким ступенем використання жиру. Більше доцільно пахту використовуватиме молочних напоїв.

Промивання масла. Поверхнева плазма зерен утворює маслі макрокраплі, з'єднані широкими протоками, якими можуть здійснюватися дифузія поживних речовин, і просування мікробів. При промиванні

масляного зерна водою поверхнева пахта, багата на поживні речовини для мікробів, видаляється, чим підвищується стійкість масла при зберіганні.

Сильно диспергована пахта, що знаходиться всередині зерна, не відмивається, але вона недоступна для мікроорганізмів. При

найретельнішому промиванні можна видалити лише половину молочного цукру, що міститься в зерні, і 15...27 % білка. Чим м'якше і крупніше зерно, тим гірше відмивається пахта.

З промивною водою видаляються смакові та ароматичні речовини плазми, послаблюються смак та аромат масла, надається йому порожній присмак. Крім того, плазма масла має антиокислювальні властивості

внаслідок сульфгідрильних груп (-SH), токоферолу (вітаміну E), β -каротину, фосфатидів, що містяться в ньому. Тому промивка масла виправдана для бактеріально забруднених вершків та при зберіганні масла при температурах,

близьких до позитивних. Якщо масло виготовлене з першосортної сировини при ретельному дотриманні санітарно-гігієнічних умов, плазма добре диспергована при обробці масла, то немає потреби в її промиванні.

У непромитому маслі сухого знежиреного молочного залишку вище на 0.2...0.5 %. При дотриманні цих умов промивання, як правило, виключають або проводять мінімально шляхом зрошення зерна промивною водою.

При позитивних температурах зберігання, коли перше місце виступають бактеріальні процеси псування, промивання сприяє підвищенню безпеки масла, та навпаки, збереження здатності непромитого масла вище в порівнянні з промитим в умовах негативних температур, що майже виключають бактеріальні процеси псування.

Вода, що застосовується для промивання, повинна бути цілком доброякісною (прозорою і бактеріально чистою) і відповідати вимогам, що

висуваються до питної води. Непридатна для промивання вода з показником окислюваності понад 8 мг/л. Гранична концентрація заліза має перевищувати 0.3 мг/л, оскільки іони заліза, переходячи у масло, каталізують окислювальні

процеси. Воду, яка не відповідає встановленим вимогам, спеціально обробляють.

При промиванні хлоровану воду вливають приблизно в кількості 50...60 % маси вершків (щоб усе зерно було оточене водою) і витримують 2...3 хв. Роблять 2 обороти на швидкості збивання, потім воду видаляють.

При використанні низькосортних вершків масло промивають 2-3 рази.

Зрошення проводять при відкритих кранах для стоку пахти і продовжують до виходу прозорої води. Температура промивної води повинна дорівнювати кінцевій температурі збивання, а при другому промиванні на 1...2 °С нижче.

Для м'якого зерна, що злипається, температуру першої і другої промивки

знижують на 2 °С і доводять витримку до 10 хв. Щоб поліпшити консистенцію грубого, крихлого зерна, температуру промивної води беруть на 1-2 °С вище за температуру зерна.

Посолка масла. Сіль надає маслу помірно солоний смак, а також

підвищує її стійкість за низьких позитивних температур зберігання.

Розчиняючись у плазмі масла, вона підвищує її осмотичний тиск (до 5 МПа), що призводить до плазмолізу бактеріальних клітин. Більшість гнильних мікроорганізмів припиняють своє зростання при концентрації розсолу в

межах 7...10 %, ліполітичні – 10...15, молочнокислі та молочна пліснява –

15...20, плісняви та дріжджі – 20...25%. Консервуюча дія солі позначається

при її концентрації у плазмі масла, що дорівнює 15 %, що відповідає масовій частці солі 2.5 %. Таке масло має надмірно солоний смак. Допустима

кількість солі (не негативно впливає на смак продукту) становить 1.5 %;

влітку, коли температура зберігання може підвищитись, зазвичай вносять

1...1.2; взимку – 0.8...1 %. Посолка, однак, не здатна повністю забезпечити

збереження масла, так як мікроорганізми поступово набувають стійкості до високих концентрацій розсолу.

НУБІП УКРАЇНИ

Девною мірою консервуюча дія солі зменшується від дії її як хімічного агента, що бере участь у процесах розкладання компонентів масла. Посолка може стати причиною пороків хімічного походження – олеїстого та рибного присмаків.

НУБІП УКРАЇНИ

При позитивних температурах краще зберігається солоне масло, при негативних – несолоне, оскільки в першому плазма залишається незамерзлою і в ній можуть відбуватися ферментативні та хімічні процеси, а також розвиватися мікрофлора, малочутлива до солі та низьких температур. При позитивних температурах зберігання мікрофлора швидше розвивається в несолоному маслі, а при негативних – в солоному.

НУБІП УКРАЇНИ

Посолку виконують високосортною сіллю вакуумного вироблення з розміром кристалів до 0.8 мм. Вона повинна мати чистий білий колір і в 5 % розчині солоний смак без гіркоти, не повинна містити хлоруватих сполук.

НУБІП УКРАЇНИ

Найбільш поширена посолка масла сухою сіллю. Її вносять на поверхню пухкого шару масла при одночасному вливанні води, що бракує, і ведуть обробку до готовності.

НУБІП УКРАЇНИ

Посолку можна проводити прокип'яченим та охолодженим розсолом, вносячи його в зерно або в пухкий пласт масла.

НУБІП УКРАЇНИ

Механічна обробка масла. Мета обробки – отримання пласта однорідної консистенції, регулювання вмісту вологи, диспергування її до мінімальних розмірів та рівномірний розподіл.

НУБІП УКРАЇНИ

Структура масляного зерна, його консистенція та розміри суттєво впливають на процеси механічної обробки. На відміну від масла воно має більш пухку структуру і в ньому міститься велика кількість окремих і злиплених жирових кульок з частково зруйнованими оболонками. Зерно має бути оформлене, мати вигляд розсипчастої маси, достатньо твердої та пружної консистенції. Структура, консистенція та розміри зерна залежать від конструкції масловиробника, режимів підготовки та збивання вершків, їх жирності. При підвищених температурах підготовки та збивання вершків, їх жирності зерно утворюється більш рихлою, м'якою консистенцією,

підвищеною вологоємністю. У пласт такого зерна швидко втрачається волога без достатнього ступеня диспергування. І навпаки, при знижених температурах – надмірно твердої консистенції, округлої форми і навіть з дефектом засоленості, який може посилитися при тривалій механічній обробці.

Кінцевий вміст вологи в маслі визначається початковою вологоємністю зерна (від 15 до 50 %), що залежить від його розмірів. Більша питома вага посідає поверхневу вологу як макрокапілярів між зернами, менше укладено всередину зерна. Регулювання або опрацювання вологи та її диспергування йдуть за рахунок поверхневої вологи. Велике зерно містить менше вологи, ніж дрібне із відносно розвиненою поверхнею. Вологи, укладеної всередині зерна, більше у великому зерні.

Масло обробляють за допомогою вальців, лопатей, а без-вальцових – за рахунок ударів об стінки. При обертанні маслозготовителя масло лопатями або стінками піднімається вгору, а потім відривається і падає, ударяючись об стінки резервуара, спресовується. Спочатку обробку кілька хвилин ведуть при закритих кранах, а потім, не зупиняючи масловиробник, при відкритих. Після припинення виділення вологи масловиробник зупиняють, відбирають з різних місць моноліту середню пробу, визначають вміст вологи, за розрахунками вносять недостатню її кількість і ведуть обробку при закритих кранах до повного її втрацювання і диспергування.

Температура обробки масла в металевих масловиробниках регулюється зрошенням його водою.

Весь процес обробки масла за М.М. Казанським можна поділити на три стадії. На першій – зерна об'єднуються в пухкий пласт масла, при цьому вони тиснуть один на другий, поверхнева волога стікає і випресовується з масла, від чого вміст її знижується до 11...14 %. Момент, що відповідає мінімальному вмісту вологи, називається критичним. Вміст вологи в цей момент підвищується зі збільшенням вологості зерна та зменшенням його

твердості. При утворенні пласта руйнуються протоки між зернами, які розпадаються на дрібні краплі та капсулюються.

При стисканні зерен завершується руйнування оболонки гідрофобізованих жирових кульок з виділенням з них рідкого жиру, який

сприяє капсулюванню великих крапель вологи. Руйнується пухка структура масляних зерен, виходить компактніша структура зі зростанням коагуляційних контактів між частинками дисперсної фази. Після досягнення

критичного моменту припиняється різке випресовування вологи з пласта масла.

У другій стадії під дією механічної обробки руйнується структура масла, воно стає більш вологоємним і починає втрачувати вологу поряд з її випресовуванням. Випресовування відбувається через наявні капіляри, а видалення великих крапель через вільну поверхню моноліту.

Спочатку процеси втрачування та випресовування вологи врівноважені, а потім з посиленням розм'якшення масла починає переважати втрачування води. Одночасно відбувається посилене диспергування великих крапель, які при обробці витягуються, і, коли довжина їх перевищує діаметр у 3...4 рази, вони поділяються на кілька дрібних.

Щоб дрібні краплі, що утворилися, були досить стійкими, необхідно мати оптимальне співвідношення в маслі твердої і рідкої фаз жиру, досить ефективну в'язкість консистенції. Під час обробки відбувається поступове

зменшення рівня безперервності водної фази. Відбувається подальше

формування структури масла: часткове руйнування елементів кристалічної структури затверділого жиру, завершується зміна фаз, рівномірний розподіл у моноліті рідкої та твердої фаз жиру, подальше виділення рідкого жиру,

деяке опрацювання та диспергування газової фази. Структура набуває гомогенності, збільшується кількість коагуляційних зв'язків, масло набуває більш пластичної консистенції.

На третій стадії обробки значно підвищується вологість місткості масла, тому збільшується втрачування вологи і майже повністю

припиняється її випресовування. Посилено відбувається диспергування крапель. Процес обробки припиняють після досягнення в олії бажаного вмісту вологи та утворення сухої поверхні моноліту. Одночасно з вологою

відбувається впрацювання газу з диспергуванням. У літньому маслі вміст повітря вищий, ніж у зимовому, що пов'язано з великим вмістом у ньому рідкого жиру. У процесі обробки відбувається перехід колоїдних речовин плазми та поверхню розділу плазми з жировою фазою.

Тривалість кожної стадії обробки залежить від хімічного складу та фазового стану жиру, консистенції зерна, температури та факторів механічного впливу. Чим більше легкоплавких гліцеридів входить до складу жиру, тим важче отримати масляне зерно достатньої твердості, і, навпаки, чим більша питома вага тугоплавких гліцеридів, тим вища твердість зерна.

Тому для нівелювання сезонних змін у хімічному складі жиру та отримання зерна хорошої консистенції необхідно застосовувати ступінчасті режими підготовки вершків, регулювати температуру та ступінь механічного впливу при обробці масла. Для зерна із літніх вершків потрібна менша механічна дія при обробці масла, ніж для зерна із зимових вершків.

З підвищенням кислотності вершків і наближенням її до ізоелектричної точки білка зменшується ступінь його набухання, а отже, і кількість вологи в маслі, що утримується білковою фазою. Знижується вологоємність олії також у разі підвищення температури пастеризації у зв'язку з зміною гідrataції білка.

У циліндричних безвальцових масловиробниках обробка триває 15...25 хв влітку і 30...50 хв взимку. У конусних і конічних масловиробниках після критичного моменту обробки спочатку підтримують температуру зрошення 18...20, а потім 20...22 °С. Обробку починають на малій швидкості, а потім у міру розм'якшення масла її збільшують.

З циліндричних безвальцових масловиробників масло вивантажують у спеціальні візки з високими бортами, які підставляють під люк масловиробника. Вивантажувати масло можна також пневматично. Для цього

до кінця обробки температуру масла підвищують до 18...20 °С і масловиробник нагнітають повітря тиском 0.02 МПа, під дією якого розм'якшене масло легко витісняється через кран для спуску пахти. При

такому вивантаженні продукт містить менше повітря саме розвантаження здійснюється швидше.

Вплив обробки на стійкість масла пов'язано з розподілом водною фази. Масло з добре диспергованою вологою недоступна для розвитку мікроорганізмів, плісняви.

При диспергуванні краплі плазми одночасно освітлюються внаслідок тяжіння частинок альбуміну та колоїдного казеїну жировою фазою. Нове освітлення настає при дуже малих розмірах крапель, коли утворюються тонкі мембрани і суспензовані речовини стикаються з межею розділу вода – жир.

Одночасно з освітленням плазма звільняється від мікрофлори.

У той самий час тонке диспергування вологи призводить до збільшення поверхні поділу фаз волога – жир, де активізуються хімічні процеси. Крім того, при досягненні тонкого диспергування вологи, пов'язаного з тривалою обробкою олії, воно збагачується повітрям, що сприяє прискоренню окисних процесів і може стати причиною засоленості, олеїстості та інших дефектів.

Плазма містить природні захисні речовини – антиокислювачі. Тому тонке диспергування плазми при обробці значною мірою зменшує небезпеку виникнення в маслі окислювальних процесів. Антиокислювачі проявляють себе тим активніше, що більша поверхня розділу між фазами. Однак слід враховувати, що при використанні низькоякісної сировини і особливо при наявності в плазмі металів – каталізаторів окисних процесів – високий рівень її дисперсності позначається негативно.

Одним з прогресивних методів є застосування обробки мала під вакуумом чи атмосфері інертних газів. Зміст повітря в продукті при цьому знижується до 0.1 %, завдяки чому він набуває більш щільної консистенції. Це сприяє підвищенню стійкості масла проти хімічних процесів та

пліснявіння, особливо якщо така обробка поєднується надалі з герметичною упаковкою. Однак при надто високому вакуумі на третій стадії обробки в маслі можуть утворитися краплі вільного жиру, так як рідкий жир, який утримується поверхнею повітряних бульбашок, після видалення повітря стає вільним і збирається в краплі.

1.5. Виробництво масла в маслоутворювачі типу ОМ-2ТМ

Конструкцію та принцип роботи масловиготовувачів з суміщеними процесами маслоутворення і обробки розглянемо на прикладі маслоутворювачів ОМ-2ТМ та Т1-ОМ-2Т (рис. 1.5, 1.7).

Маслоутворювач типу ОМ-2ТМ (рис. 1.5, табл. 1.1) призначений для механічної та термічної обробки високожирних нормалізованих вершків і виготовлення в ньому вершкового масла. Маслоутворювач типу ОМ-2ТМ складається з трьох уніфікованих за конструкцією циліндрів (рис. 1.6), які відрізняються лише розміщенням кранів для входу і виходу продукту та оснащених індивідуальними приводами.

Конструктивно циліндр (рис. 1.6) складається із зовнішньої обичайки і внутрішнього робочого циліндра. Відповідно на зовнішній поверхні робочого циліндру розміщена спіраль із 10 витків дроту, діаметром 10 мм, що забезпечує ефективний теплообмін з холодоагентом (льодяної води чи розсолу).

Вдосконалена модель маслоутворювача ОМ-2ТМ є Т1-ОМ-2Т (рис. 1.7) він служить для механічної обробки і охолодження високожирних вершків в лінійх продуктивністю 700...800 кг/год. За принципом дії та за конструкцією вони схожі але в останньому можна виробляти більш ширший асортимент продукції (масло, маргарин). В маслоутворювачі Т1-ОМ-2Т під дією температури і механічного впливу емульсія типу "жир у воді" перетворюється в "вода в жирі".



Рис. 15. Маслоутворювач OM-2TM

Таблиця 1.1

Технічна характеристика маслоутворювача OM-2TM

Параметр	OM-2TM	OM-3TM
Продуктивність по маслу, кг/год		
-солодковершковому	700	800
-любительському	650	750
-селянському	550	650
Встановлена потужність, кВт	7,4	7,4
Кількість теплообмінних циліндрів	3	3
Витрата холоду, кВт	35	35
Температура, °C		
-вершків на вході	+75	+75
-масла на виході	+16	+16
-холодоносія (розсолу/води)	-3,5	-3,5
Тиск в апараті, МПа	0,3	0,3
Габаритні розміри, мм	1580x600x1500	1580x600x1500
Маса, кг	740	740

Конструкція маслоутворювача складається із трьох циліндрів верхнього, середнього і нижнього, які мають окремі приводи з електродвигунами. Ці циліндри закріплені на зварній станині і з'єднані між собою планками. Конструкція циліндрів ідентична (всі мають теплообмінну сорочку) за виключенням патрубків, до нижнього циліндра приєднаний патрубок для подачі високожирних вершків а до верхнього патрубок відведення масла. Також є патрубки що з'єднують їх між собою.

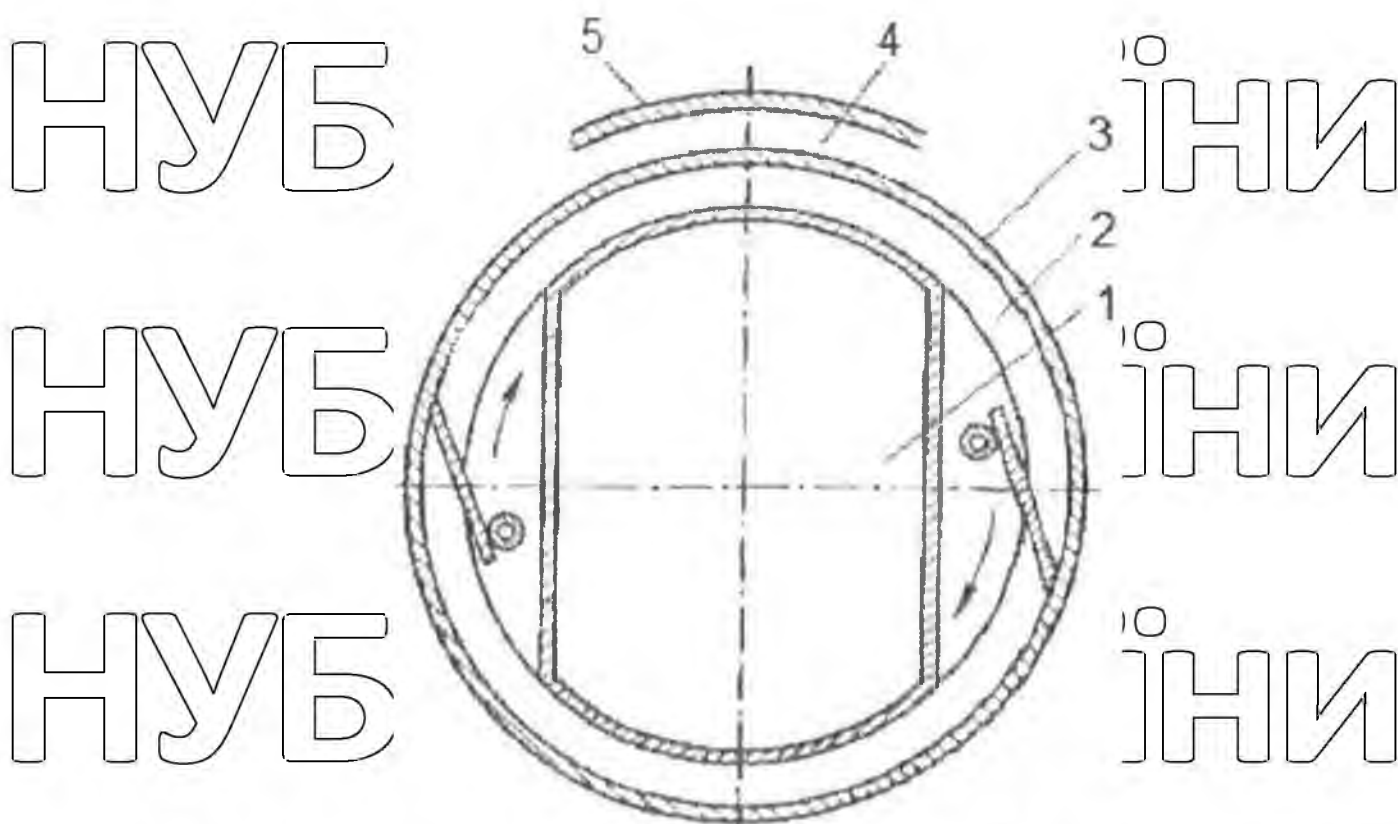


Рис. 1.6. Схема циліндра: 1 – барабан-витискувальний; 2 – робочий простір; 3 – циліндр; 4 – кільцевий канал для холодоагенту; 5 – рубашка

Тобто принцип роботи полягає в тому що барабан обладнаний ножами

(1) (ножі закріплені шарнірно) витісняє продукцію до стінок (3) створюючи відповідний тиск та підвищуючи теплообмін між продукцією та кільцевим каналом холодоагенту (4). Барабан обертається зі швидкістю 150 об/хв.

Теплоносій подається в сорочки циліндрів за допомогою системи трубопроводів з арматурою. В сорочки циліндрів, вздовж циліндра по спіралі, намотаний дріт діаметром 12 мм та вкритий шаром теплоізоляції зверху.

Спереду циліндр закрито шарнірною кришкою 6 з різьбовою втулкою. Вісь витиснювального барабану 11 обертається у втулці яка розміщена в підшипнику ковзання.

Необхідний зазор барабана в циліндрі можна відрегулювати різьбовою втулкою.

Циліндр герметизується фланцем та ущільнювальним кільцем які фіксуються трьома планками до кришки. Барабан для витиснення є зварною конструкцією з неіржавіючої сталі 3 з двох боків барабан має лиски, на яких закріплені ножі 2, що виготовляють з полімерів (поліамідної смоли). Барабан

для витиснення під час обертання під дією відцентрової сили 1 стиску вершків до внутрішньої поверхні циліндра та зрізають шар охолоджених вершків ножі притискаються.

Барабан для витиснення обладнано привідним механізмом конструкція якого складається з двоступеневого із зубчастою циліндричною передачею редуктора і фланцевого електродвигуна.

Для фіксації привідного валу барабану для витиснення вал фіксується шпонкою що розміщена у задній стінці циліндра.

Принцип дії масловиготовлювача полягає в виконанні ряду операцій.

Початок роботи масловиготовлювача починають з попереднього охолодження циліндрів шляхом подачі розсолу упродовж 3-5 хв. Відкривають крани патрубків для випуску повітря 1 закривають кран вивідного патрубків. Кран виходу повітря закривають при появі вершків і відкривають кран вивідного патрубків на мінімальну продуктивність. Коли температура масла знижується до 11 °С регулятором збільшують продуктивність агрегату таким чином, щоб вона утримувалась в межах 11-16°C.

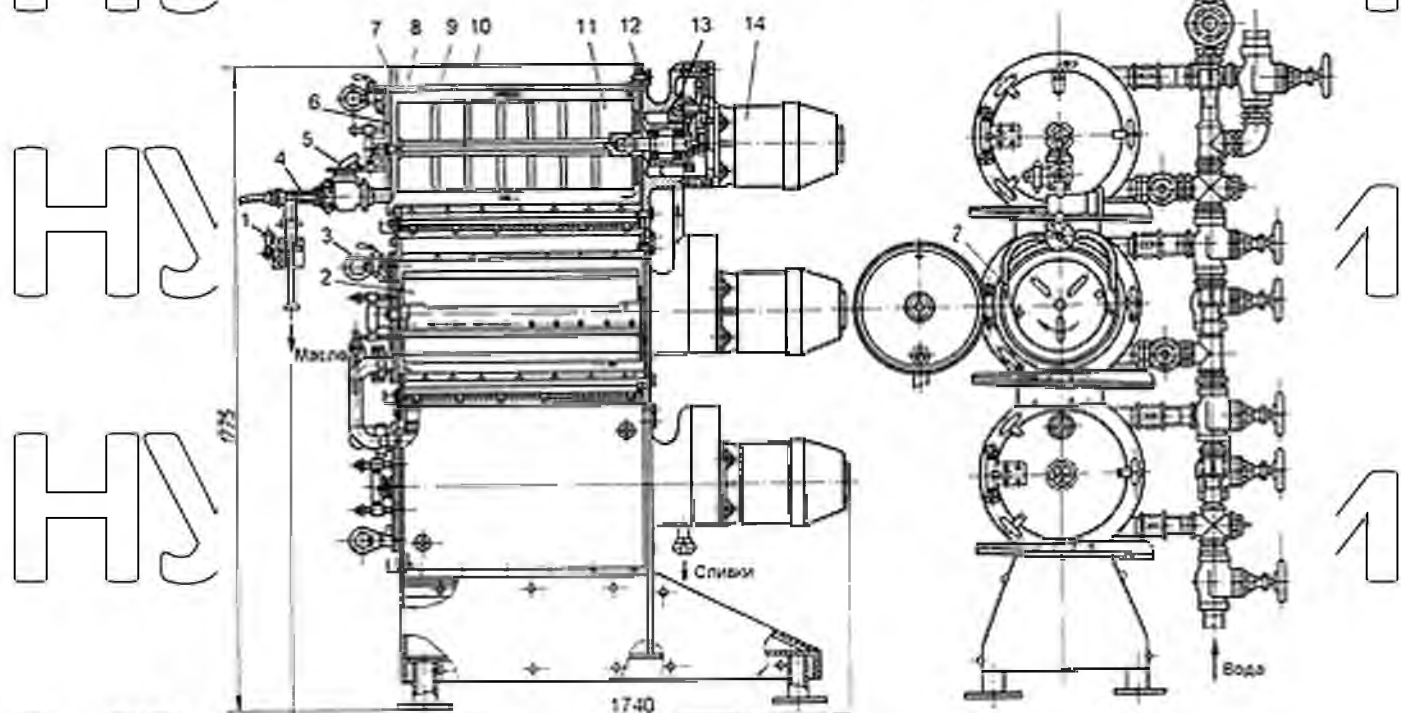


Рис. 1.7 Трициліндровий маслоутворювач Т1-ОМ-2Т

1 – кран для випуску масла; 2 – ніж; 3 – кран повітряний; 4 – місце для термометра опору; 5 – кран для повернення масла в ванну; 6 – кришки; 7 – передній фланець; 8 – робочий циліндр; 9 – зовнішня обичайка; 10 – захисний кожух; 11 – вигієновальний барабан; 12 – задній фланець; 13 – редуктор; 14 – електродвигун

Режим роботи масловиготовлювача повинен забезпечувати консистенцію масла згідно ДСТУ. Коли жир тугоплавкий (осінньо-зимовий період) обробка продукту в зоні кристалізації повинна збільшуватись на 25-30 %.

Результат якісної механічної обробки вершкове масло набуває дрібнокристалічну структуру.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

РОЗДІЛ 2

ДОСЛІДЖЕННЯ МОДЕЛІ ТЕПЛООБМІННИХ ПРОЦЕСІВ В МАСЛОУТВОРЮВАЧІ

2.1. Фактори, що впливають на збивання вершків в масло

Процес збивання вершків залежить не тільки від складу та властивостей жирової фази вершків, а й від умов збивання. Основний вплив на збивання вершків, крім конструкції, надають швидкість обертання масловиробників, ступінь наповнення ємності вершками, температура збивання та характер підготовки вершків.

Швидкість обертання масловиробника. Вона повинна забезпечити підйом вершків відцентровою силою на можливу велику висоту з подальшим їх падінням під дією сили тяжіння. При оптимальній швидкості обертання відцентрове прискорення повинне наближатися, але не досягати прискорення сили тяжіння.

При перевищенні швидкості вершки притискаються відцентровою силою до периферії і обертаються разом з масловиробником, і тому не збиваються.

Ступінь заповнення ємності. Найбільш повне збивання вершків при найменшій витраті часу на одиницю готового масла досягається при наповненні масловиробника на 40...45 % загальної його місткості, оскільки досягається максимальна поверхня повітряної дисперсії. Для вершків високої жирності оптимальна міра наповнення відповідає 35 % місткості. Відхилення від оптимального ступеня наповнення масловиробника підвищують вихід жиру в пахту і погіршують консистенцію масла. З перевищенням допустимого ступеня наповнення бочки зменшується висота падіння вершків, знижується їх епінювання, і в результаті затягується збивання або його зовсім не відбувається, якщо при утворенні пни вершки займуть весь об'єм. Максимальне навантаження за потреби можна допустити до 50 %

наповнення вершками. При зменшенні ступеня наповнення збивання прискорюється і значна частина жирових кульок не встигає агрегуватися і залишається в пахті, що знижує рівень використання жиру. При завантаженні

масловиробника нижче 20 % місткості вершки розтікаються по стінках

масловиробника, що обертається, прилипають до них, обертаються разом з ним і не збиваються. Мінімальне наповнення допускається у розмірі 25 % місткості. Ступінь наповнення масловиробника має бути постійною. Це

полегшує отримання масла постійного складу та однорідної консистенції.

Заповнення масловиробника вершками має бути короткочасним. Для цієї мети використовуються високоефективні насоси-плунжери, ротарійні, гвинтові. У деяких конструкціях масловиробників передбачено створення розрідження для засмокування вершків. Подачу вершків можна проводити і самопливом.

Фізико-хімічні показники вершків. З підвищенням жирності вершків, а отже, і концентрації жирових кульок, значно скорочуються перша стадія збивання та процес утворення масляного зерна. З підвищенням концентрації

жиру в вершках більше значення в процесі маслоутворення мають

гідродинамічні фактори, а при зниженні жирності – поверхневі явища

(флотажія та зміна оболонок жирових кульок). Внаслідок високої в'язкості

вершків підвищеної жирності необхідно знижувати швидкість обертання

масловиробника, щоб вершки встигли відірватися від стінок і не затягнувся

процес збивання. Особливо це важливо в період максимального утворення

піни, коли в'язкість вершків різко підвищується. При збиванні вершків із

підвищеним вмістом жиру потрібна постановка більшого зерна, що полегшує

регулювання складу масла при подальшій обробці. Це забезпечить низький

відхід жиру в пахту.

Ступінь затвердіння гліцеридів жиру сильно впливає на

гідрофобізацію жирових кульок, чим і пояснюється краще використання

жирових кульок при збиванні вершків, що добре дозріли. За даними

А.П. Білоусова коефіцієнт флотації затверділого жиру у кілька разів перевищує коефіцієнт флотації рідкого жиру.

При збиванні недозрілих вершків з недостатнім ступенем затвердіння жиру утворюється малостійка піна, процес злипання жирових грудочок за допомогою рідкого жиру в масляні зерна проходить швидко. Надмірна

кількість вільного рідкого жиру, адсорбуючись поверхнею пінних бульбашок, швидко їх руйнує. В результаті значна частина жирових кульок

відійде в пахту, ступінь використання жиру вершків знизиться; при цьому утворюється нерівномірне за розмірами м'якої консистенції зерно із

захопленням великої кількості пахти всередину. Остання при обробці м'якого зерна важко видаляється з масла, залишається у вигляді великих крапель.

Масло набуває дефекту – м'яке, з великою каламутною сльозою. Таке масло швидко псується при зберіганні.

Недостатньо дозрілі вершки зі знизеним вмістом затверділого жиру слід збивати при знизених температурах.

Перезрілі вершки з надмірно високим ступенем затвердіння жиру мають знижені значення питомої поверхневої енергії та підвищену в'язкість.

При їх збиванні утворюється міцна, дрібнопористої піни, яка менше збагачується рідким жиром і повільно руйнується, процес збивання вершків уповільнюється. Через нестачу рідкого жиру утворення грудочок та зерен

масла також затримується. Вершки збиваються довго, масляне зерно виходить грубої, твердої, іноді засаленої консистенції. Для отримання

нормально протікаючого процесу маслоутворення необхідно підвищити температуру збивання вершків, при якій частина затверділого жиру

розплавляється.

Сквашені вершки збиваються в масло швидше, повніше, з меншим відходом жиру в пахту. При сквашуванні знижується рН і наближається до

ізоелектричної точки білків плазми, але не досягає її. При цьому величина заряду на жирових кульках стає мінімальною, зменшується гідратація

оболонкових білків, а водночас послаблюється адсорбційний зв'язок між

жиром та оболонкою. Процес руйнування оболонок жирових кульок під час збивання прискорюється і проходить повніше з мінімальним відходом жирових кульок у пахту. Питома поверхнева енергія сквашених вершків менша, тому піноутворення проходить інтенсивніше, що також сприяє скороченню тривалості збивання.

Якщо кислотність вершків перевищить ізоелектричну точку білка, рівень використання жиру погіршиться і тривалість збивання збільшиться. З наближенням до ізоелектричної точки і віддаленням від неї стабільність жирової дисперсії в білковому середовищі зростає. Тому, встановлюючи температуру збивання, необхідно керуватися ступенем сквашування вершків. Якщо фізичне дозрівання вершків забезпечило достатній ступінь затвердіння жирової дисперсії, температуру збивання сквашених вершків можна трохи підвищити без побоювання зайвих втрат жиру в пахту.

При збиванні сквашених вершків на самому початку збивання необхідно зупинити масловиробник для випуску газу.

Температурний режим збивання вершків. Його обирають, виходячи з хімічного складу та минулих фазових змін жирової дисперсії вершків та конструкції масловиробника.

Для зимового молочного жиру, зазвичай більш тугоплавкого, з низьким йодним числом і високим жирнокислотним показником, слід застосовувати більш високі температури збивання (близько 12...14 °C в бочкових масловиробниках), що забезпечують оптимальне співвідношення рідкої та твердої фаз жиру. Для легкоплавкого літнього жиру обираються нижчі температури 8...11 °C. Зміною температури збивання можна регулювати ступінь затвердіння жиру у вершках та консистенцію масляного зерна. При підвищених температурах збивання утворюється крупнокоміркова піна, що швидко руйнується і відбувається часткове розплавлення затверділого жиру, при знижених, навпаки, жир твердне, а піна виходить мелкоючестая, міцна.

Якщо температура в процесі збивання вершків підвищується більш ніж на $2\text{ }^{\circ}\text{C}$ або менше ніж на $1.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ це вказує на неправильно обрану початкову температуру збивання або зайвий теплообмін з повітрям приміщення або холодоносієм.

На процес збивання значно впливає характер зміни температури під час збивання. На початку збивання, коли відбувається концентрування жирових кульок на поверхні пінних бульбашок, процес може протікати при досить широких коливаннях температури, при цьому важливо лише зберегти оптимальні ступінь затвердіння жиру та стійкість піни. Але коли флотація жиру завершена і процес переходить у етапи утворення конгломератів, необхідно забезпечити певний температурний режим (кінцеву температуру збивання), що визначає характер маслоутворення, істотно впливаючи на якість масляного зерна, його склад і структуру.

Якщо вершки збивають при дуже низьких температурах (близько $5\text{...}7\text{ }^{\circ}\text{C}$), то масляне зерно не утворюватиметься внаслідок нестачі рідкого жиру доти, поки температуру вершків не підвищать до оптимальної за рахунок механічного впливу та теплообміну з повітрям приміщення.

2.2. Інформаційний аналіз процесу збивання масла

Показником ефективності процесу збивання масла є отримання дрібнокристалічної структури яка визначається нормативними документами (стандартами). Використовуючи загальний опис процесу отримання масла, який розглянули в попередньому розділі, побудуємо інформаційну схему цього технологічного процесу (рис. 2.1).

Основними вхідними параметрами є температурний режим збивання вершків, фізико-хімічні показники вершків, швидкість обертання масловиробника та ступінь заповнення ємності, від них залежить якість отриманого масла. Основним вихідним параметром є температура масла що виходить з циліндра. Збуреннями в даній системі є температура зовнішнього

повітря, фізико-хімічні показники вершків, бо всі ці параметри впливають на якість збивання вершків.

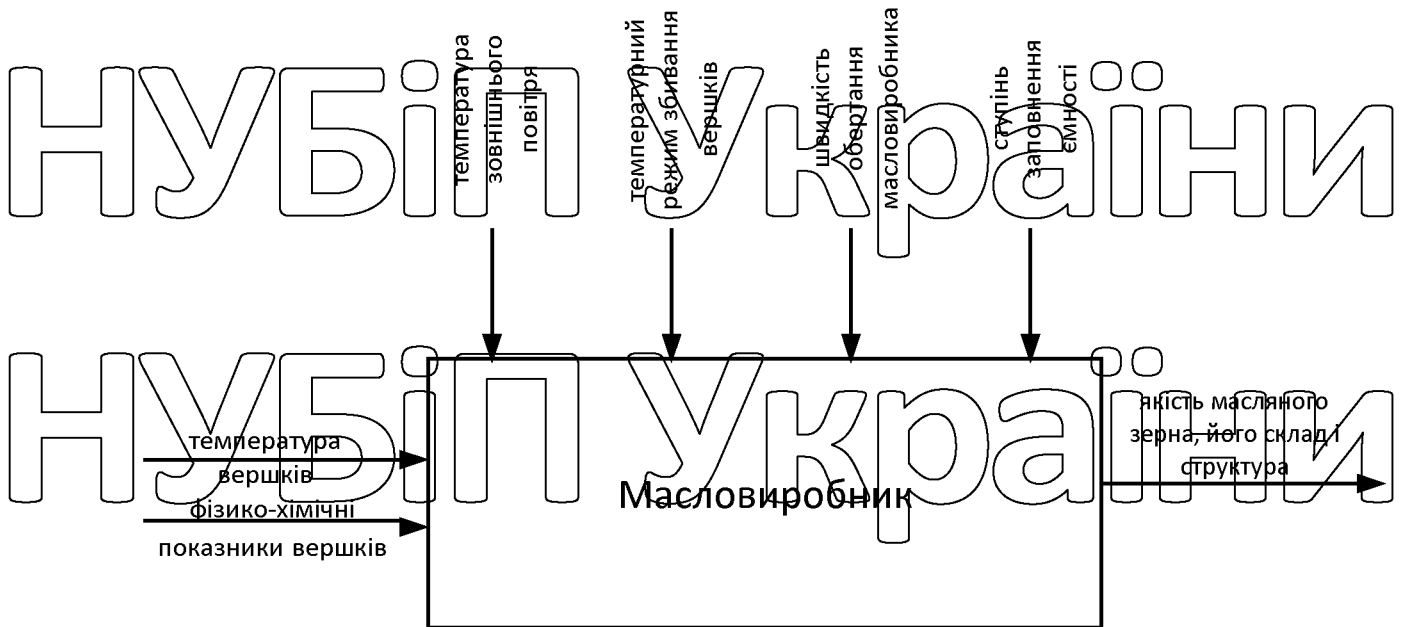


Рис. 2/1. Схема інформаційних потоків установи для збивання вершкового масла

2.3. Розробка та дослідження математичної моделі теплообмінних процесів в масловиробнику

Для дослідження математичної моделі теплообмінних процесів об'єкта керування необхідно проведемо аналіз теплообмінних процесів які протікають при виробництві вершкового масла з високожирних вершків. Для одержання високоякісного продукту має велике значення конструкція обладнання і правильна термомеханічна обробка вершків у циліндричній машині лінії масловиробнику (рис. 2.2).

Конструкція масловиробника складається з секції (циліндрів)

з'єднаних послідовно:

$$m = m_1 = m_2 = m_3 \quad (2.1)$$

де m – кількість продукту, що пройшла через кільцевий простір 2 усіх секцій маслоутворювача, кг;
 m_1, m_2, m_3 – кількість продукту, що пройшла першу, другу і третю секції, кг.

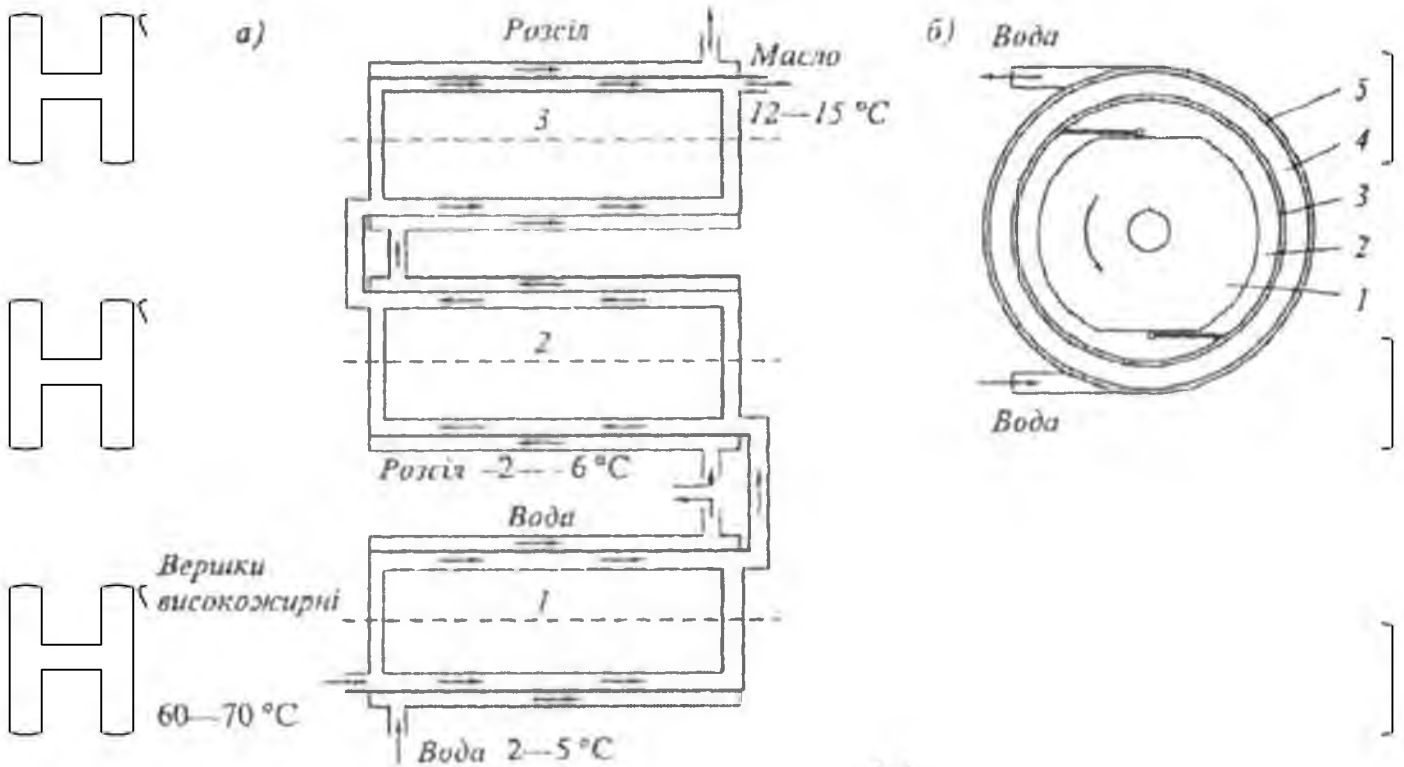


Рис. 2.2. Схема трисекційного масловировника:

а): 1 – секція охолодження і початку кристалізації, 2 – секція кристалізації;
 3 – секція механічної обробки;
 б): 1 – витіснювальний барабан; 2 – кільцевий простір; 3 – внутрішня поверхня охолоджувального циліндра; 4 – теплообмінна сорочка; 5 – кожух

Продуктивність кожної секції (кг/год) можна визначити з рівняння виграє:

$$Q_c = 3600 f_n w_n \rho, \quad (2.2)$$

НУБІП України

де f_n – площа поперечного перерізу потоку продукту відповідної секції, м²;
 w_n – швидкість руху продукту в цій секції, м/с;
 ρ – середня густина продукту в секції, кг/м³.

Щоб отримати площу поперечного перерізу потоку яка приблизно дорівнює площі поперечного перерізу кільцевого простору з урахуванням додаткових порожнин (для кріплення ножів) визначимо з рівняння:

$$f_n = f = \frac{0.785(D^2 - d^2)}{\eta_{ob}}, \quad (2.3)$$

де f – площа кільцевого перетину між циліндрами 3 і 1 з урахуванням додаткових порожнин, м²;

D – внутрішній діаметр охолоджувального циліндра, м ($D = 0.315$ м);

d – зовнішній діаметр барабанної мішалки, м;

η_{ob} – об'ємний К.К.Д., що враховує збільшення кільцевого перетину (додаткові порожнини) і одночасно його зменшення в результаті встановлення ножів та їх кріплень ($\eta_{ob} \approx 0.8 \dots 0.81$).

Діаметри d мішалок беруть: 0.295, 0.275 і 0.255 м. Аналогічно

площу поперечного перерізу потоку можна визначити за формулою:

$$f_n = f = \frac{m\eta'_{ob}}{L\rho}, \quad (2.4)$$

де m – кількість одночасно оброблюваного продукту в секції, кг;

L – довжина барабанної мішалки, м;

η'_{ob} – об'ємний К.К.Д., що враховує кількість продукту, що заповнив простір між циліндром 3 і барабанною мішалкою ($\eta'_{ob} = 0.9$).

Знаючи що всі секції масловировника однотипні та вміщують однакову кількість продукту, то:

$$Q_h = 3600 f_n w_{c,n} \rho_c \quad (2.5)$$

де Q_h – продуктивність маслоутворювача, кг/год;

$w_{c,n}$ – середня швидкість потоку продукту в секції, м/с;

ρ_c – середня густина продукту в маслоутворювачі, кг/м³.

Використання секції масловирівника з різними ножами-мішалками, запишемо відповідні рівняння:

$$Q = 3600 f_1 w_1 \rho_1 = 3600 f_2 w_2 \rho_2 = 3600 f_3 w_3 \rho_3, \quad (2.6)$$

де f_i – площа поперечного перерізу потоку продукту в першій і другій секціях,

м²;

w_i – швидкість потоку і-го барабану, м/с;

ρ_i – середня густина продукту і-го барабану, кг/м³.

Для знаходження середньої швидкості потоку (м/с) сировини в секції:

$$w_{c,n} = \frac{I_n}{\tau_c}, \quad (2.7)$$

де I_n – довжина шляху поступального руху потоку продукту в секції, м;

$$\tau_c = I_n / w_{c,n}, \quad (2.8)$$

τ_c – середня тривалість обробки високожирних вершків в одній секції, с;

L – довжина барабанної мішалки, м.

Для отримання загальної середньої тривалості обробки у всіх секціях запишемо рівняння:

$\tau_z = z\tau_c$, (2.9)
 де z – кількість секцій.

Виходячи з рівняння (2.9) розрахуємо тривалість обробки в одному

циліндрі
 $\tau_c = \frac{\tau_z}{z}$, (2.10)

Розрахункова (статистична) тривалість обробки сировини в масловирівниках наведена в табл. 2.1

Для одержання вершкового масла високої якості вирішальне значення має правильний вибір загальної тривалості обробки продукту. Значення

наведені в табл. 2.1 можна розглядати як орієнтовні, в зв'язку з тим що τ_z

залежить від численних змінних. До яких можна віднести: якість високожирних вершків; способи і температурний режим при їх одержанні; фізико-хімічні властивості вихідного сирого молока за природними зонами і порами року (весна, літо, осінь, зима); діаметр мішалки та розмір кільцевого перетину; температурний режим роботи масловирівника тощо.

Таблиця 2.1.

Тривалість обробки сировини в масловирівниках

Масло- утворювач	Тривалість обробки, с			
	Влітку		Взимку	
	Загальна	Середня в одній секції	Загальна	Середня в одній секції
Двосекційний	300-250	150-125	400-350	200-175
Трисекційний	350-300	117-100	450-400	150-133

Якщо задано температурний режим то можна розрахувати загальну тривалість обробки сировини в масловиробнику за такими формулами:

а) двосекційному масловиробнику

$$\tau_z = \frac{mz(c_v(t_1 - t_2) + c_m(t_2 - t_3)\Delta r)}{(F_1 k_1 \Delta t_1 + F_2 k_2 \Delta t_2)\eta_\tau (N_1 + N_2)}, \quad (2.11)$$

б) трисекційний масловиробнику

$$\tau_z = \frac{mz(c_v(t_3 - t_2) + c_m(t_2 - t_3) + r)}{(F_1 k_1 \Delta t_1 + (F_2 k_2 + F_3 k_3)\Delta t_2)\eta_\tau (N_1 + N_2 + N_3)}, \quad (2.12)$$

де m – кількість одночасно оброблюваного продукту в секції, кг:

z – кількість секцій;

c_v – середня теплоємність високожирних вершків, Дж/(кг·°C):

t_1 – початкова температура високожирних вершків перед входом у першу секцію маслоутворювача, °C:

t_2 – температура високожирних вершків на виході з першої секції, °C:

c_m – середня теплоємність вершкового масла, Дж/(кг·°C):

t_3 – температура вершкового масла на виході з маслоутворювача, °C:

Δr – теплота фазового перетворення масла (при кристалізації) у визначеному інтервалі зміни температури, Дж/кг (за даними Білоусова:

при охолодженні вершкового масла від 23 до 15 °C $\Delta r \approx 25100$ Дж/кг;

при охолодженні від 23 до 13 °C $\Delta r \approx 31400$ Дж/кг):

F_1, F_2, F_3 – внутрішня поверхня охолоджувальних циліндрів, м²;

k_1, k_2, k_3 – коефіцієнти теплопередачі у відповідних циліндрах маслоутворювача, Вт/(м²·°C):

Δt_1 – середньологарифмічна різниця температур у першій секції, °C:

Δt_2 – середньологарифмічна різниця температур в інших секціях, °C:

η_τ – коефіцієнт, що враховує втрати холоду в секціях через кришки і мішалки ($\eta_\tau = 0.9$):

N_1, N_2, N_3 – потужність, що перейшла в теплову енергію в результаті обертання мішалок в оброблюваному середовищі у відповідних циліндрах. Вт.

Продуктивність (кг/год) масловировника можна визначити з рівняння:

$$Q = 3600 \frac{mz}{\tau_z} \quad (2.13)$$

Тривалість обробки високожирних вершків у першій секції визначимо

як:

$$\tau_1 = \frac{m c_v (t_1 - t_2)}{F k \Delta t \eta} = N \quad (2.14)$$

В першій секції охолодження необхідно зменшити температуру високожирних вершків з 60...70 °C до 22...23 °C, для того щоб в наступних секціях відбулось утворення структурованої маси масла.

В другій та третій секції масловировника підтримується температура сировини на рівні 11...12 °C з використанням охолодженого розсолу, бо під час структуроутворення виділяється теплова енергія від тертя яка здатна підігріти масу сировини на 2...3 °C, що може призвести до утворення крупнозернистої консистенції зі зменшеними показниками пластичності

тобто на виході маслоутворювача масло не буде сформовано у вигляді в'язкої маси, а буде витікати як рідина.

Виходячи з розглянутих температурних вимог можна сказати що найбільш важливою операцією яку необхідно контролювати є охолодження високожирних вершків в першій секції, тому необхідно проаналізувати теплообмінні процеси що протікають в ній, щоб розробити відповідну систему автоматичного керування температурою сировини.

Для дослідження процесу охолодження високожирних вершків в першій секції масловиробника скористаємось математичними моделями теплообмінних апаратів [4, 5].

Рівняннями, що описують динамічні режими теплообміну між двома середовищами в циліндрі є:

– рівняння теплового балансу для високожирних вершків:

$$m_{vv} \cdot c_{vv} \frac{dt_{vv2}}{dt} = Q_{vv1} - Q_{vv2} - Q_s, \quad (2.15)$$

– рівняння теплового балансу для стінок які приймають участь в теплообміні:

$$c_s \frac{d(m_s \cdot \theta_s)}{dt} = Q_{s1} - Q_{s2}, \quad (2.16)$$

– рівняння теплового балансу для крижаної води:

$$m_{cw} \cdot c_{cw} \frac{dt_{cw}}{dt} = Q_{cw1} - Q_{cw2} - Q_{se} \quad (2.17)$$

де $Q_{vv1} = G_{vv} c_{vv} t_{vv1}$ – тепловий потік, що підводиться до стінки циліндру від високожирних вершків, Дж/с (Вт);

$Q_{vv2} = G_v c_{vv} t_{vv2}$ – тепловий потік, що відводиться з вершками з циліндру, Дж/с (Вт);

$Q_{s_1} = k_{o.np} F_{o.n} (t_{vv} - \theta_s)$ – кількість теплоти, переданої поверхнею стінки циліндру за одиницю часу, Вт;

$Q_{s_2} = k_{o.v} F_{o.v} (\theta_s^* - t_{cw})$ – кількість теплоти, відведеної від зовнішньої поверхні стінки циліндра крижаною водою в одиницю часу, Вт;

$Q_{cw_1} = G_{cw} c_{cw} t_0$ – теплота, що відводиться від внутрішньої стінки крижаною водою і витрачається на його нагрівання, Вт;

$Q_{cw_2} = G_{cw} c_{cw} t_{cw2}$ – теплота, що видаляється з водою після нагріву в стінках циліндру охолоджувача, Вт.

Підставляючи значення відповідних скалдових рівнянь (2.15) – (2.17) і розкриваючи диференціал в рівнянні (2.16):

$$c \frac{d(m_s \cdot \theta_s)}{d\tau} = c_s \left(\theta_s \frac{dm_s}{d\tau} + m_s \frac{d\theta_s}{d\tau} \right), \quad (2.18)$$

та маючи на увазі $m_s \equiv m_m$, отримаємо математичну модель динаміки охолодження високожирних вершків, яка представлена системою диференціальних рівнянь:

$$0.5m_{vv} c_{vv} \frac{dt_{vv2}}{d\tau} = G_{vv} c_{vv} t_{vv1} - G_{vv} c_{vv} t_{vv2} - k_{o.np} F_{o.n} (t_{vv} - \theta_s); \quad (2.19)$$

$$c_s m_s \frac{d\theta_s}{d\tau} + \theta_s \frac{dm_s}{d\tau} = k_{o.np} F_{o.n} (t_{vv} - \theta_s) - k_{o.v} F_{o.v} (\theta_s^* - t_{cw}); \quad (2.20)$$

$$m_{cw} c_{cw} \frac{dt_{cw2}}{d\tau} = G_{cw} c_{cw} t_0 - G_{cw} c_{cw} t_{cw2} - k_{o.v} F_{o.v} (\theta_s^* - t_{cw}). \quad (2.21)$$

Використовуючи отримані рівняння (2.19) – (2.21) та паспортні дані маслоутворювача ТІ-ОМ-2Т побудуємо в математичному процесорі MathCAD динамічну характеристику температури вершків в першій секції масловирівника (рис. 2.3).

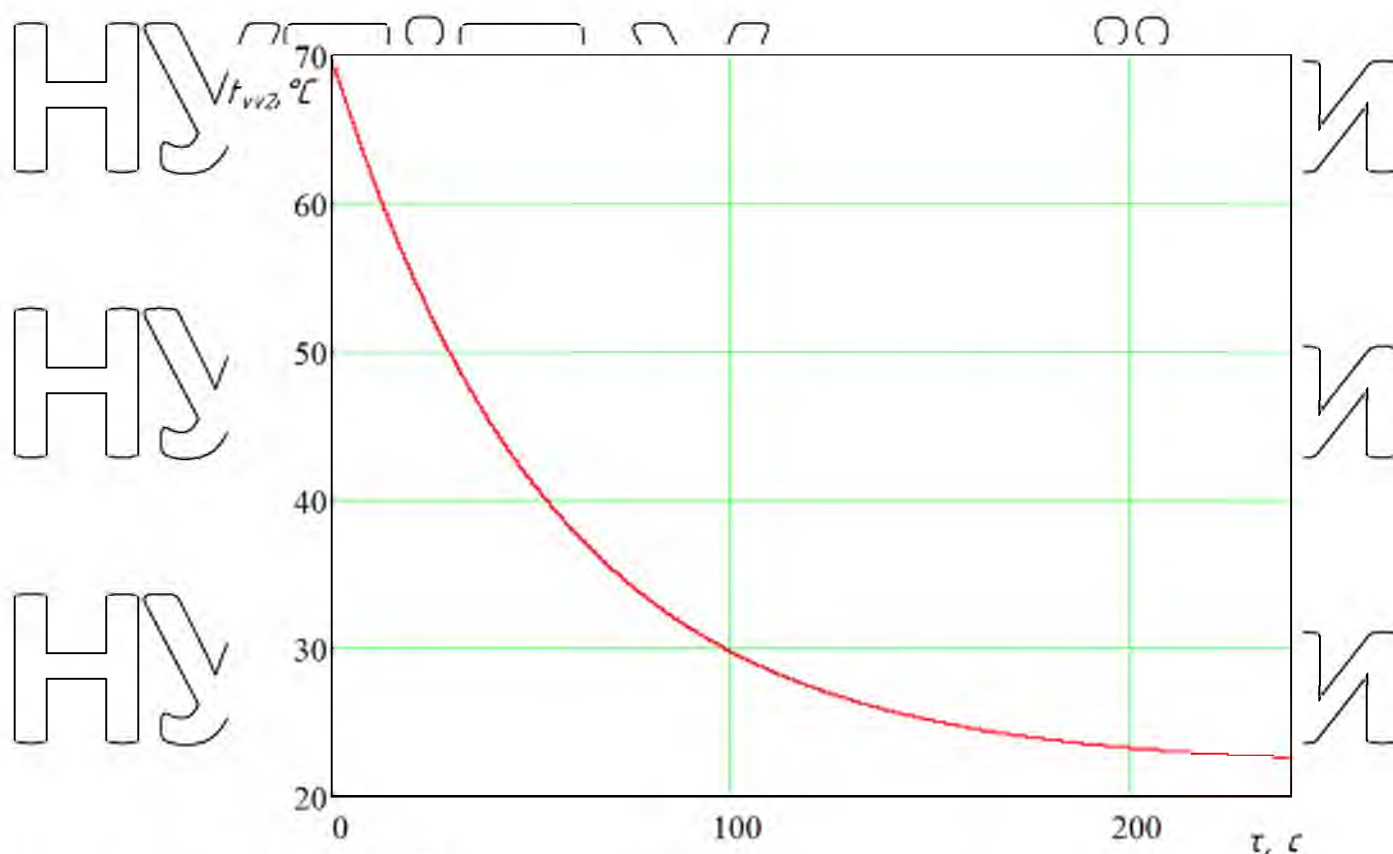


Рис. 2.3. Динамічна характеристика першої секції масловиробника
ЛТ-ОМЗТ

Для подальших досліджень теплообмінних процесів за рівняннями (2.19) – (2.21) в інших секціях маслоутворювача використаємо MATLAB/Simulink. Розробимо схему моделі теплообмінних процесів в масловиробнику (рис. 2.4).

Для подальшого аналізу проведемо моделювання теплообмінних процесів всіх секцій масловиробника. Аналіз динамічної характеристики першої секції дає можливість оцінити швидкість охолодження вершків для кращого утворення зерен масла (рис.2.5), де швидкість обертання при моделюванні залишали незмінною (не використано частотне регулювання обертами вальців), тобто виключено один з факторів впливу на процес утворення зерен масла.

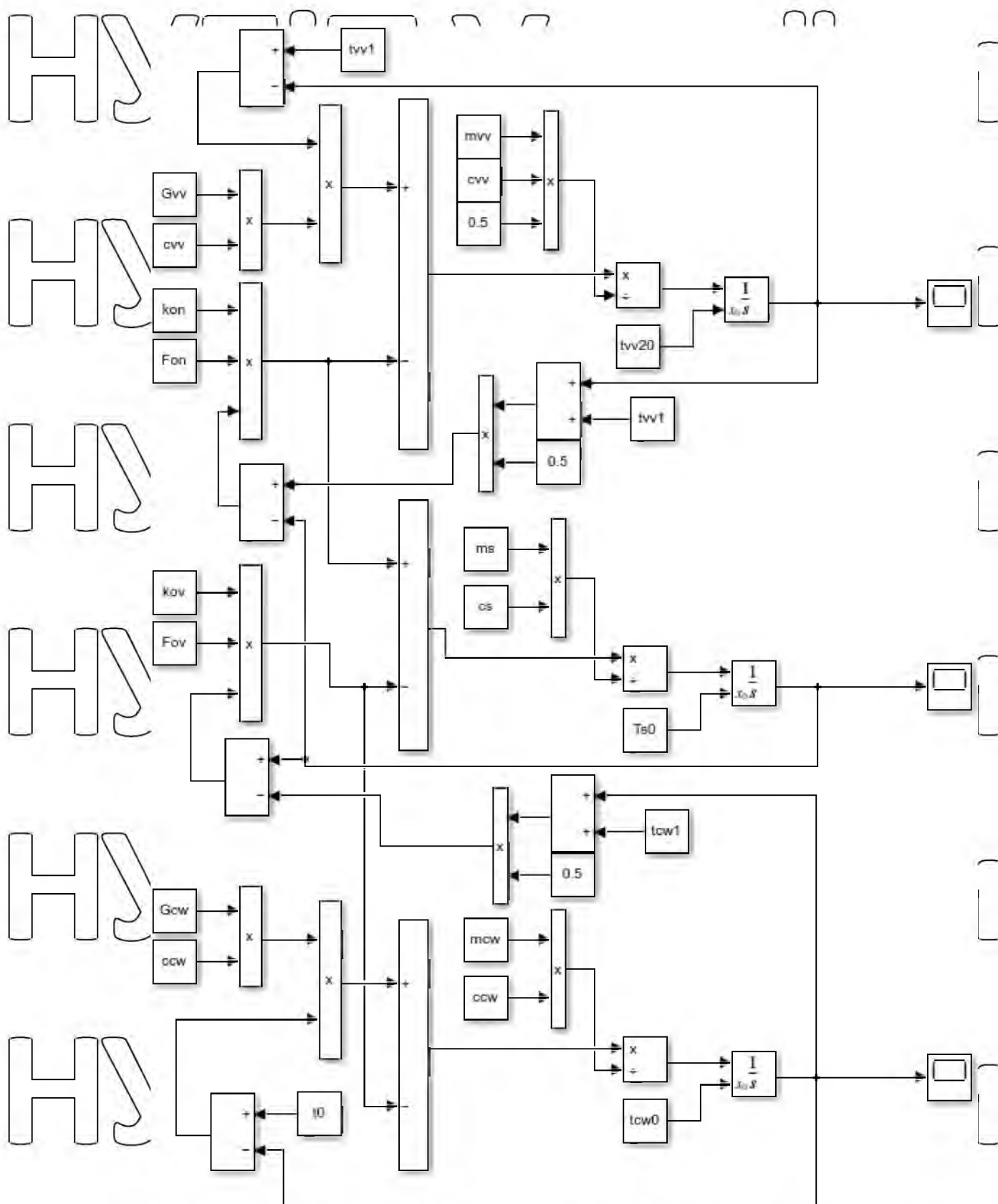


Рис. 2.4. Схеми в MATLAB/Simulink моделі теплообмінних процесів в масловиробнику

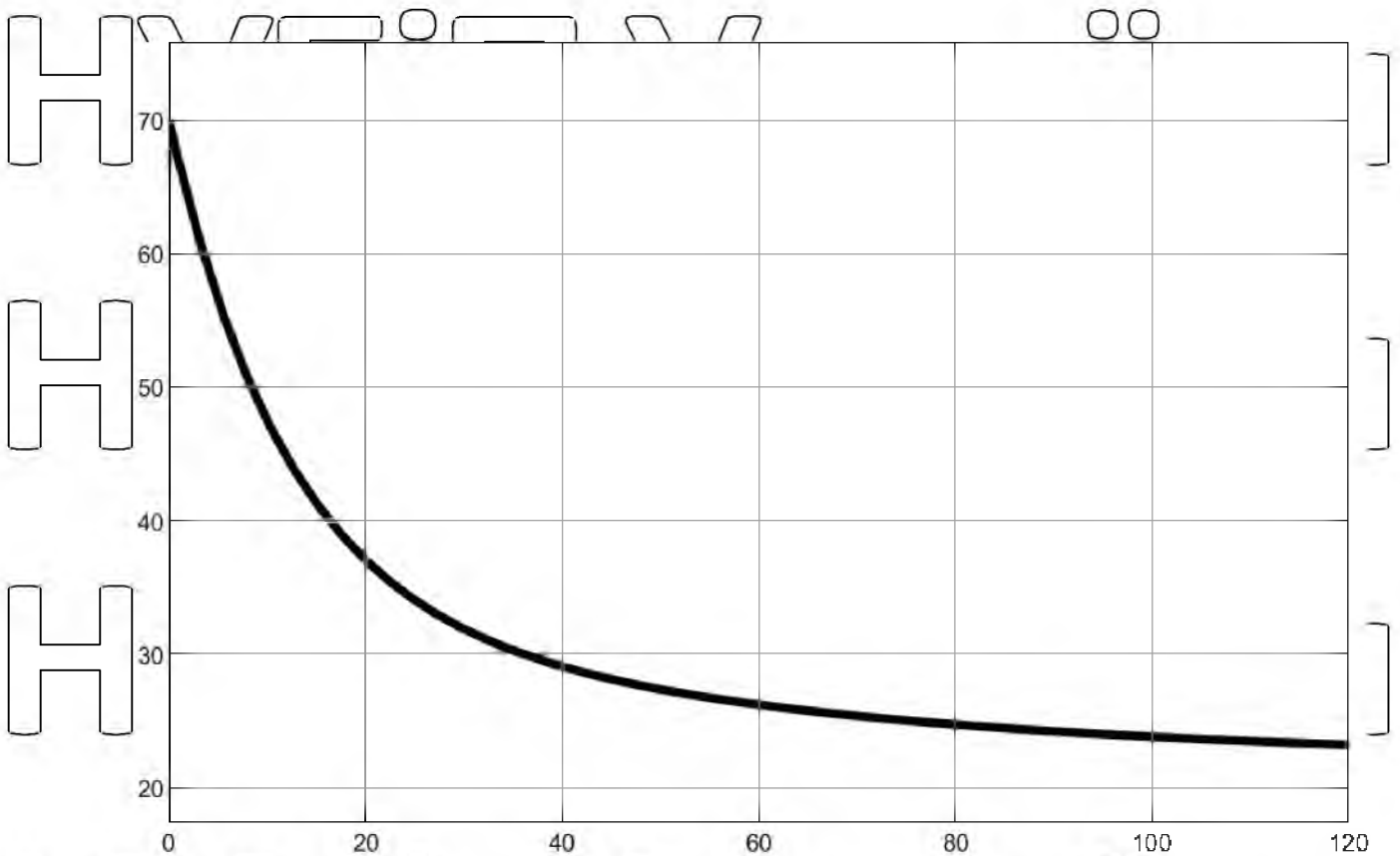


Рис. 2.5. Динамічна характеристика в MATLAB/Simulink моделі теплообмінних процесів в першій секції масловирівника

2.4. Визначення передатної функції об'єкта керування

Для побудови розгінної характеристики масловирівника, як об'єкта автоматизації, скористуємось формулою для розрахунку нормованої кривої розгону:

$$y_0(t) = \frac{y(t) - y(0)}{y(\infty) - y(0)}, \quad (2.22)$$

де $y(t)$ – значення напору за час t , м;
 $y(0)$ – значення напору за час $t = 0$, м;
 $y(\infty)$ – значення напору за час $t = \infty$, м.

Використовуючи данні отриманої розгінної характеристики масловирівника (рис. 2.2) та рівняння (2.22) будемо графік нормованої розгінної характеристики об'єкта керування (рис. 2.3) (САК температурним режимом під час збивання вершкового масла).

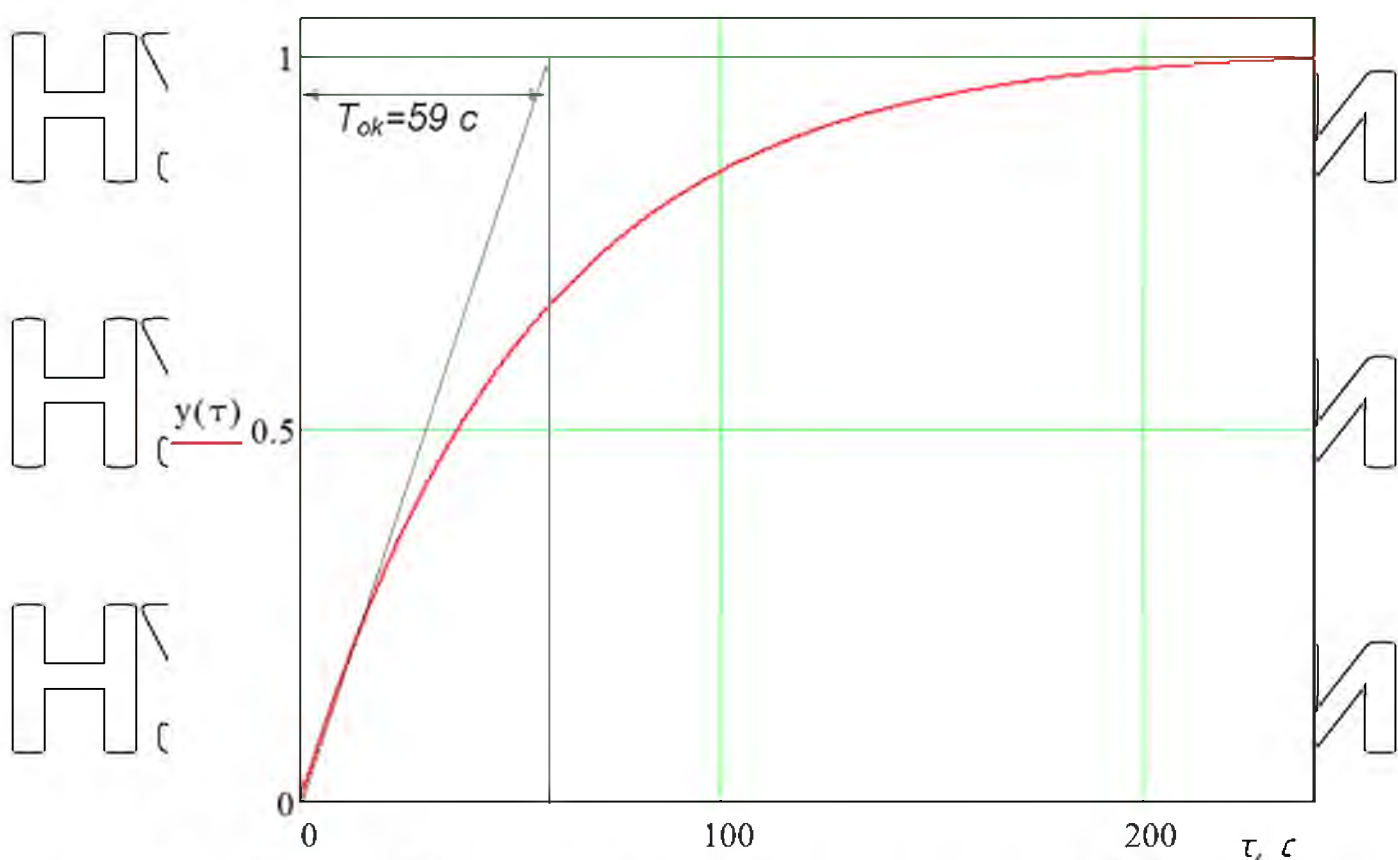


Рис. 2.3. Нормована розгінна характеристика об'єкта керування (масловирівника)

Передатну функцію об'єкта керування (масловирівника) визначаємо

згідно розгінної характеристики (рис. 2.3).

Передатна функція маслоутворювача, як статичного об'єкта керування має вид:

$$W_{ok}(p) = \frac{K_{ok} \cdot e^{-p \cdot \tau_{ok}}}{T_{ok} \cdot p + 1} \quad (2.23)$$

де K_{ok} – коефіцієнт передачі об'єкта керування;

T_{ok} – постійна часу об'єкта керування, с;

τ_{ok} – час запізнення об'єкта керування, с.

Постійна часу об'єкта керування (масловирівника) та час запізнення

визначається графічно, з нормованої розгінної характеристики (рис. 2.3):

$$\tau_{ok} = 0 \text{ с}; T_{ok} = 59.$$

Коефіцієнт передачі об'єкта керування визначається, як відношення приросту температури високожирних вершків до подачі крижаної води в циліндр вираженої як відведена теплова потужність:

$$K_{ok} = \frac{\Delta P}{\Delta T} = \frac{700}{47.5} = 14.7.$$

Запишемо рівняння передатної функції (2.23) температури продукції в першій секції масловирівника з врахуванням отриманих значень.

$$W_{ok} = \frac{14.7}{59p + 1} \quad (2.24)$$

НУБІП України

РОЗДІЛ 3

ВИБІР РЕГУЛЯТОРА ТА ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ЙОГО НАЛАШТУВАНЬ

Аналізуючи технологічний процес збивання масла та існуючі типи масловиробників розробимо функціонально-технологічну схему системи автоматичного керування температурним режимом під час збивання вершкового масла (рис. 3.1) у масловиробнику марки Т1-ОМ-2Т.

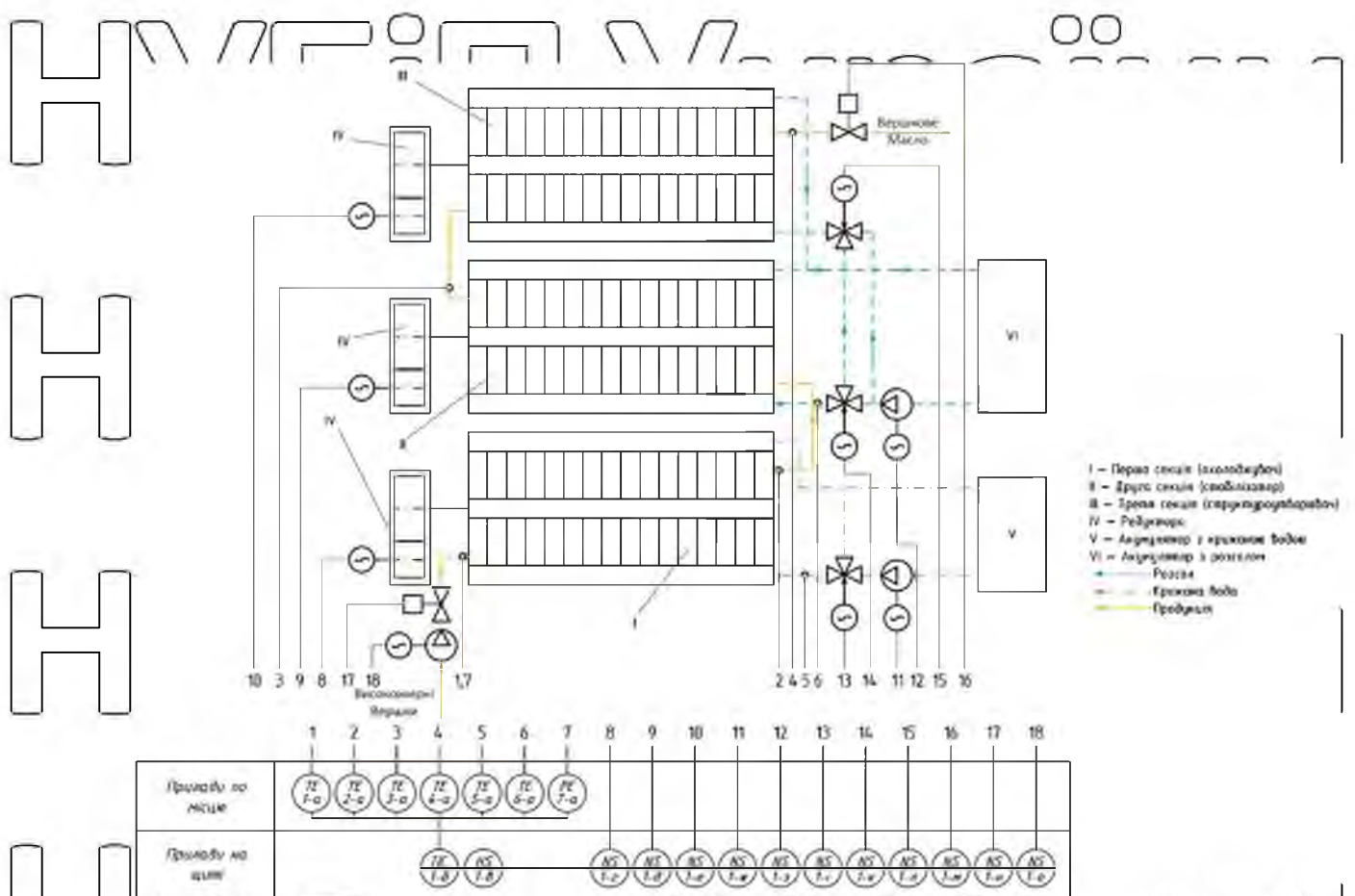


Рис. 3.1. Функціональна схема САК температурним режимом під час збивання вершкового масла у масловиробнику марки Т1-ОМ-2Т

При створенні функціональної схеми САК температурним режимом під час збивання вершкового масла у масловиробнику марки Т1-ОМ-2Т використовувались наступні складові елементи:

TE1-4 – датчики температури сировини (високожирних вершків та масла на виході з масловиробника) на входах та виходах циліндрів масловиробника;

TE5 – датчик температури крижаної води на вході в першу секцію масловиробника;

TE6 – датчик температури розсолу на вході в 2, 3 секцію масловиробника;

PE7 – датчик тиску який вимірює тиск високожирних вершків в системі масловиробника;

TIC – програмований логічний контролер, який керує всім устаткуванням;

NS8-10 – електроприводи валів барабанів витиснення першого, другого та третього циліндрів;

NS11-12 – електроприводи насосних агрегатів для подачі крижаної води та розсолу до системи охолодження масловиробника;

NS13-15 – електроприводи триходових вентилів для регулювання подачі крижаної води та розсолу до системи охолодження масловиробника;

NS16-17 – електромагнітні клапани, що перекривають подачі високожирних вершків та виведення вершкового масла;

NS18 – електропривод насосного агрегату для подачі високожирних вершків в систему масловиробника.

Додатково на функціональній схемі позначено: NS – ручний перемикач; NS – магнітний пускач.

Дана система автоматичного керування передбачає встановлення програмованого логічного контролера (TICA) який буде отримувати відомості про об'єкт керування (масловиробник) використовуючи датчики температури (TE). Керування температурою вершків здійснюється шляхом: зміни масових витрат розсолу для охолодження вершків (з використанням триходової засувки).

Основним каналом керування є температура вершків на виході з секції масловиробника. Вона дає змогу розрахувати температуру вершків в середині кожної секції та відповідно регулювати зміною кута відкриття засувок, що встановлені на подаючих трубопроводах охолоджувача, для регулювання температури вершків у відповідності до технологічних вимог до її температури в кожній секції.

3.1. Вибір регулятора

Аналізуючи передатну функцію об'єкта керування (масловиробника) та загальні вимоги до технологічного процесу приготування вершкового масла, можна сказати, що рекомендовано використовувати регулятор безперервної дії. За технічним завданням для керування охолодженням високожирних вершків в масловиробнику використовуємо триходову засувку для зміни подачі крижаної води до першої секції масловиробника. Для підвищення якості керування використовуємо регулятор більш складної структури. Масловиробник є швидкодіючим пристроєм (процес в кожному циліндрі протікає до 5 хвилин). Підтримання заданих параметрів температури сировини (високожирних вершків) можливо тільки при використанні ПІД-регулятора.

Для реалізації ПІД закону регулювання обираємо програмований логічний контролер (ПЛК) фірми ОВЕН марки ПЛК110-30[M02] (рис. 3.2).

Він може реалізувати за допомогою мов програмування (наприклад FBD) цифровим закон регулювання. Для вимірювання температури використовуються термометри опору які передають аналогові сигнали тому для їх підключення використовуємо додаткові модулі розширення які додатково можуть керувати виконавчими механізмами (рис. 3.3).

В зв'язку з тим, що необхідно додатково ввести до ПЛК 7 аналогових сигналів та керувати 3 виконавчими механізмами обираємо два модулі розширення: модуль аналогового введення MB110-224.8A (рис. 3.4) та модуль аналогового виведення MU110-224.6Y (рис. 3.5).



Рис. 3.4. Зовнішній вигляд модуля MB110-224.8A фірми OVEN



Рис. 3.5. Зовнішній вигляд модуля MU110-224.6Y фірми OVEN

3.2. Вибір сприймаючих елементів системи автоматичного керування температурним режимом під час збивання вершкового масла

Вимірювальні перетворювачі, що входять до складу регулятора, вибирають, як правило, в два етапи:

- на першому етапі за типом контрольованого параметра об'єкта управління й умовами його роботи визначається різновид перетворювача;

- на другому етапі – після вибору всіх елементів регулятора за каталогами знаходять його типорозмір.

Датчик рекомендується підбирати таким чином, щоб межі його вимірювання охоплювали діапазон зміни контрольованої ним величини і були як найближчими до них, не забуваючи про необхідність забезпечення необхідної перенавантажувальної здатності датчика і про можливість його підключення до обраного електронного пристрою управління регулятора.

При цьому особливу увагу необхідно приділяти швидкодії, чи інерційності вимірювального перетворювача, яка характеризується його постійною часу T_{ce} .

Так, при обґрунтуванні вибору датчика температури для регулятора температури вершків необхідно в першу чергу звернути увагу на те, який діапазон зміни температури вершків відповідно до технічних умов повинна забезпечити проектована система регулювання.

Згідно отриманої передатної функції об'єкту керування (маслоутворювача) $W_{ok} = \frac{14.7}{59p + 1}$ та технічного завдання в якому визначено, що регулювання температури продукції буде здійснюватися за кількістю крижаної води в системі охолодження високожирних вершків першої секції, де нормальний діапазон температури високожирних вершків складає 5-75 °С.

У відповідності до діапазону вимірювання та технічних особливостей виконання та використання (використання в агресивних середовищах, висока

швидкості та значних значеннях тиску середовища використання) об'єктом вимірювання є температура. Для вимірювання температури використано датчик ТСП-1088 АС (рис. 3.6).



Рис. 3.6. Датчик температури ТСП-1088 АС (термометр опору платиновий)

Передатна функція датчика температури високожирних вершків в загальному випадку:

$$W_{ce}(p) = \frac{k_{ce}}{T_d p + 1}, \quad (3.1)$$

де k_{ce} – коефіцієнт передачі сприймаючого елемента;

T_d – час термічної реакції, с.

Коефіцієнт передачі та час демпфирования сприймаючого елемента визначаємо за його технічними характеристиками та з врахуванням (3.1)

отримаємо:

$$W_{ce}(p) = \frac{0,55}{5p + 1}. \quad (3.2)$$

Для вимірювання температури розсолу, високожирних вершків та вершкового масла об'єктом вимірювання є температура. Для вимірювання температури використано датчик температури ТСП-1088 АС (діапазон вимірюємих температур $-50 \dots +150$ °С).

Додатково необхідно вимірювати тиск в трубопроводі високожирних вершків для запобігання аварійних ситуацій. Обираємо датчик тиску XMLG016D21 фірми Шнайдер Електрик (рис. 3.7) з діапазоном вимірювання 0...16 бар, додатковим живленням 24В та вихідним аналоговим сигналом 4...20 мА.

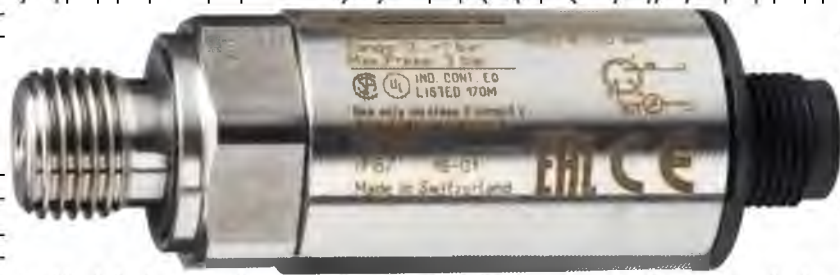


Рис. 3.7. Загальний вид датчика тиску XMLG016D21 фірми Шнайдер Електрик

3.3. Вибір виконавчого механізму системи автоматичного керування температурним режимом під час збивання вершкового масла

Добуток передатної функції електродвигуна до передатної функції регулюючого органу є передатною функцією виконавчого механізму:

$$W_{BM} = W_d \cdot W_{PO}. \quad (3.3)$$

Одним з відповідальних елементів системи автоматичного керування є регулюючий орган. Якість роботи якого впливає на надійність системи автоматичного керування та якість регулювання.

В якості регулюючого органу в САК температурним режимом під час збивання вершкового масла обираємо трьох ходовий клапан який обладнаний електричним приводом фірми Ашоуп ОНО (рис. 3.8). Кульовий електричний триходовий кульовий клапан має L-подібну або Т-подібну форму і

приводиться в дію електричним приводом. Виконується як вибухозахищений електричний привід Г-подібний прохід може застосовуватися для пропорційного регулювання для таких середовищ, як

газ, рідина і пар. Вхідні сигнали моделюючого типу 4–20 мА або 0–10 В

постійного струму в якості керуючого сигналу. Тип керування може бути

ON/OFF або моделюючим та інтелектуальний тип управління в якості опції.

Інтелектуальний тип має панель керування і рідкокристалічний екран для легкого локального управління.



Рис. 3.8. Загальний вид триходового клапану у вибухозахищеному виконанні обладнаний електричним приводом фірми Ashgip ONQ

Для регулюючого органу згідно отриманого перехідного процесу

необхідно забезпечити витрати $q=300$ кг/год. З модельного ряду клапанів

обираємо відповідний діаметр фланця $3/4$ ". Різноманітні технічні

характеристики електричного приводу дозволяють обрати їх за часом

відкриття/закриття який може бути від 5 до 40 с. Для більш

швидкісного процесу обираємо час регулювання 5 с, тоді отримаємо узагальнену передатну функцію виконавчого механізму у вигляді:

$$W_{BM}(p) = \frac{0.032}{5p+1} \quad (3.4)$$

Згідно функціональної схеми передбачено встановлення двох електромагнітних клапанів. Обираємо клапани для роботи з агресивними середовищами марки ACL s.r.l. E110 (рис. 3.9) які живляться напругою 24В.



Рис. 3.9. Двоходовий електромагнітний клапан марки ACL s.r.l. E110

Для приводу вальців секцій масловиробника використовуємо асинхронні електродвигуни AIP80B2U3 обладнані редукторами. Додатково встановимо перетворювачі частоти ОВЕН ПЧВ102-2К2-В для регулювання швидкості обертання в визначених межах (рис. 3.10).

Основні переваги застосування перетворювача частоти:
 — плавний запуск двигуна і його плавну зупинку;
 — захист пристроїв і двигунів від перевантажень і перенадій напруги;

компенсацію ковзань;
 виведення роботи установок на оптимальну потужність;
 – зниження споживання електроенергії і економію витрат.

Перетворювачі частоти регулюють потужність роботи двигуна – так, щоб не було зайвої витрати, і щоб вона була на заданому, необхідному для певного завдання рівні. Меню налаштування цього пристрою просте – тому впоратися з роботою зможе і досвідчений співробітник, і навіть новачок.

ПЧ 380 В дають високу точність регулювання:

– за швидкістю до 0,1%;
 – на момент обертання до 0,5%.

ПЧ мають вбудовані модулі:

– ПІ-регулятор для плавної підтримки температури, швидкості та інших параметрів процесу, які будуть потрібні, на постійному рівні;
 – контролер для налаштування роботи двигуна та встановлення за заданою заздалегідь програмою.

Додаткове обладнання:

– для підключення комп'ютера та сенсорних панелей, що відображають стан процесу та установок – фізичні входи та інтерфейс RS-485;
 – для організації високоточного обертання двигуна на малому діапазоні – зовнішній інкрементальний енкадер;

– дроселі – вбудований мережевий дросель та дросель у схемі постійного струму;
 – для гальмування двигуна в динамічному режимі додатково можна підключати гальмівні резистори.

Частотні перетворювачі ОВЕН ПЧВ102-2К2-В (380В – 2,2 кВт)

працюють за двома алгоритмами:

– векторний (налаштування потужності по напрузі, частоті струму);
 – вольт-частотний (налаштування потужності двигуна тільки по напрузі і частоті).

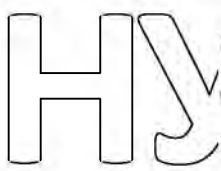


Рис. 3.10. Перетворювач частоти ОВЕН ПЧВ102-В

3.4. Вибір алгоритму управління та визначення показників якості

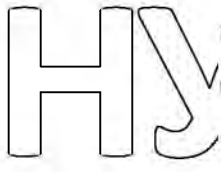
управління

Для дослідження САК температурним режимом під час збивання вершкового масла скористаємось методикою наведеною в курсі «Теорія автоматичного керування». Всі розрахунки проводились в математичній системі MATLAB.


 Передатна функція об'єкта керування

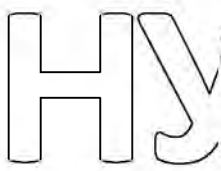
$$W_{ok} = \frac{14.7}{59s + 1}$$

Continuous-time transfer function.


 Передатна функція виконавчого механізму (регулюючого органу)

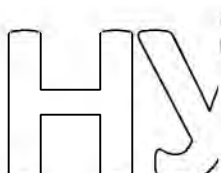
$$W_{vm} = \frac{0.032}{5s + 1}$$

Continuous-time transfer function.


 Передатна функція сприймаючого елемента


$$W_{se} = \frac{0.55}{5s + 1}$$

Continuous-time transfer function.


 Передатна функція розімкненої неперервної частини системи керування

$$W_{nc} = \frac{0.9925}{295s^2 + 64s + 1}$$

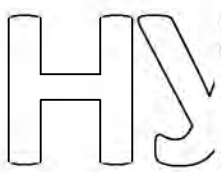
Continuous-time transfer function.


 Передатна функція замкнутої неперервної частини системи керування

$$W_{zam} = \frac{1464s^3 + 610.4s^2 + 68.49s + 0.9925}{435125s^5 + 275825s^4 + 61190s^3 + 5487s^2 + 167.9s + 1.546}$$

Continuous-time transfer function.

-0.016949
0.47829


 Розрахункова частота квантування

$$\omega_c = 0.4783$$
 Розрахунковий період квантування

$$T_k = 6.5685$$

6.5685

їни

їни

їни

їни

їни

України

НУБІП України

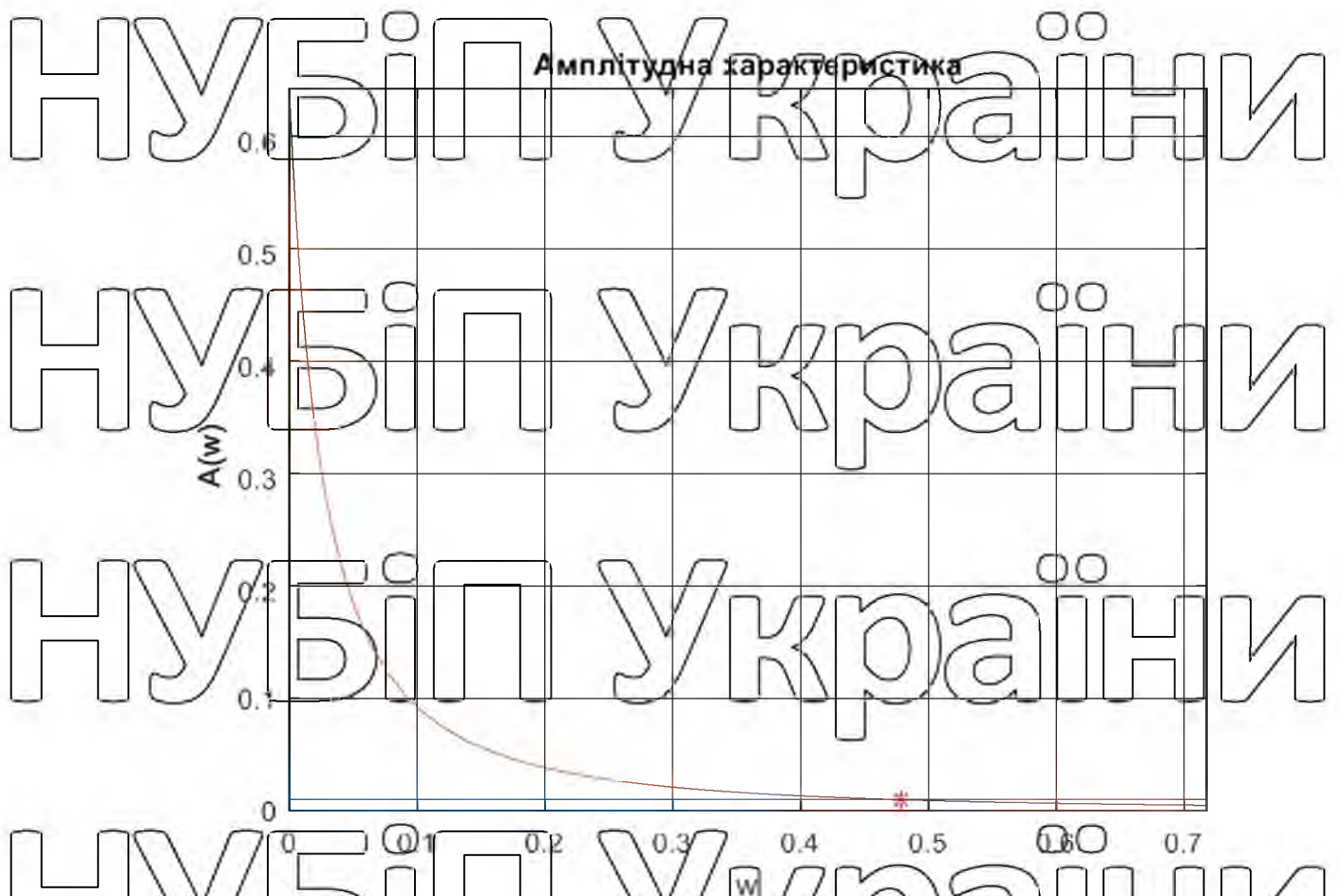


Рис 4.1. Перевірка за теоремою Котельникова

Дискретна передатна функція розімкнутої неперервної частини системи керування
 $W_{ncz} =$

$$\frac{0.04706 z + 0.0294}{z^2 - 1.163 z + 0.2405}$$

Sample time: 6.5685 seconds
 Discrete-time transfer function,

Корені характеристичного рівняння
 $z_k =$

$$\begin{matrix} 0.8946 \\ 0.2688 \end{matrix}$$

Корені характеристичного рівняння
a1 =
-64.0

Корені характеристичного рівняння
b1 =

0

Коефіцієнт помилки системи за швидкістю
C1 =
16.0

Коефіцієнт добротності системи за швидкістю
Kv =

0.062500875149111767863501074101175

Інтегральний параметр складової ПІД-регулятора
Kі =
0.06297

Пропорційний параметр складової ПІД-регулятора
Kp =

3.8712

Диференціальний параметр складової ПІД-регулятора
Kd =
8.4821
>>

3 розрахунків для температурним режимом під час збивання

вершкового масла в MATLAB/Simulink, що приведені вище отримано налаштування для ПІД-регулятора

$$W(p) = \frac{1}{p} \left(1 + \frac{3.8712}{0.06297p} + \frac{8.4821}{p} \right) \quad (3.5)$$

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

РОЗДІЛ 4

ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ

За допомогою критерію Джурі проведемо оцінку стійкості цифрової системи керування температурним режимом під час збивання вершкового масла/ Згідно цього критерію всі корені характеристичного рівняння повинні знаходитися в колі одиничного радіуса на z площині для дійсних коренів $|z_k| < 1$ (рис. 4.1), всі корені знаходяться в колі – тобто система є стійкою.

Показники якості системи отримаємо побудувавши перехідний процес системи в системі MATLAB (рис. 4.2).

Аналізуючи перехідний процес отримали: час регулювання 75 секунд; відсутні помилки регулювання та перерегулювання.



Рис. 4.1. Корені характеристичного рівняння на z -площині

Графіки перехідних процесів цифрових систем



Рис. 4.2. Перехідний процес системи автоматичного керування температурним режимом під час збивання вершкового масла

НУБІП України

РОЗДІЛ 5

РОЗРОБКА СХЕМ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦІЇ

5.1. Вибір апаратів захисту та керування

Обладнання маелюотворювача налічує шість електродвигунів. Три електродвигуна використовуються для привода валів вальців барабанів. Також встановлено три насоси які теж обладнані електродвигунами.

Для захисту електродвигунів обираємо лінійку автоматичних вимикачів фірми Шнайдер Електрик GV2, які призначені для захисту від короткого замикання та перевантаження електродвигунів.

Вибір автоматичного вимикача QPM-3

Згідно технічного завдання в схемі використовуються три електричні двигуни для привода валів вальців барабанів потужністю по 3 кВт, тому для їх захисту обираємо автоматичні вимикачі які розраховані на:

$$U_{nd} = 400V;$$

$$I_{nd} = 10A.$$

Обираємо автоматичний вимикач GV2ME14 (рис. 5.1) з наступними технічними характеристиками: $U_{na} = 400V$; $I_{na} = 10A$; $I_{mr} = 138A$.



Рис. 5.1. Автоматичний вимикач з магнітним розчиплювачем GV2ME14

Вибір автоматичного вимикача QF4-6
 В схемі використовуються електричні двигуни для приводу насосів потужністю 1.5 кВт, тому для його захисту обираємо автоматичний вимикач який розраховано на:

$$I_{nd} = 380V;$$

$$I_{nd} = 3.5A.$$

Обираємо автоматичний вимикач з магнітним розчилювачем

GV2ME08 з наступними технічними характеристиками: $U_{na} = 400V$; $I_{na} = 4A$

$$I_{mr} = 51A.$$

Вибір автоматичного вимикача QF7

В схемі керування в якій основними споживачами є магнітні пускачі,

програмований логічний контролер та виконавчі механізми з живленням від

постійного струму, обираємо двох полюсний автоматичний вимикач iK60N

(рис. 5.2), з наступними технічними характеристиками: $U_{na} = 240V$; $I_{na} = 4A$.



Рис. 5.2. Автоматичний вимикач iK60N C4 2P

Магнітні пускачі для керування електродвигунами розділимо на дві

групи за струмом навантаження.

Вибір електромагнітних пускачів KMI-3.

Електромагнітний пускач для керування електродвигунами привода валів вальців барабан в повинен відповідати наступним вимогам:

$I_n \geq 380V$;
 $I_n > 10A$;
 $U_k = 220V$.

Використовуючи перелічені умови обираємо електромагнітний пускач

LC1D12P7 (рис. 5.3) з наступними основними характеристиками: $U_n = 440V$;
 $I_n = 12A$, $U_k = 220V$.



Рис. 5.3. Електромагнітний пускач LC1D12P7

Вибір електромагнітних пускачів KM4-6.

Електромагнітний пускач для керування електродвигунами приводу насосів повинен відповідати наступним вимогам:

$$U_n \geq 380V;$$

$$I_n > 4A;$$

$$U_k = 220V.$$

Використовуючи перелічені умови обираємо електромагнітний пускач LC1D09P7 (рис. 5.3) з наступними основними характеристиками: $U_n = 440V$;

$I_n = 9A$; $U_k = 220V$. Використовуємо в схемі більш потужні магнітні пускачі

зв'язку з тим що немає в номіналі відповідних.

Для захисту вихідних контактів програмованого логічного контролера використовуємо проміжні реле.

Вибір проміжних реле K1A-7.

Проміжні реле повинні відповідати наступним вимогам:

кількість контактів 3;
малий струм обмотки;

$$U_k = 24V.$$

Використовуючи перелічені умови обираємо проміжне реле MY4-NS 24VDC (рис. 5.4) з наступними основними характеристиками: кількість контактів – 4 групи, $I_n = 5A$ при $U_n = 240V$; $U_k = 24V$.



Рис. 5.4. Проміжне реле MY4-NS 24V DC.

Для перемикання режимів керування три ходовим вентилем використовуємо двопозиційний перемикач.

Вибір двопозиційного перемикача SA1.

Перемикач повинен задовольняти наступним вимогам: $U_s \geq 24V$;

$I_s > 0.5A$. Обираємо двопозиційні перемикачі з нульовим положенням XB5AD33 (рис. 5.5) з наступними основними характеристиками: $U_s = 220V$;

$$I_s = 3A.$$

НУБІП України



Рис. 5.5. Двопозиційний перемикач з нульовим положенням XB5AD33

5.2. Вибір проводів та кабелів

Для підключення електричних двигунів привода валів вальців барабанів при виборі кабелів необхідно виконати наступні умови:

$$U_n \geq 380V; I_n > 10A; n=4.$$

За цими технічними вимогами обираємо кабель КГнв (4x2.5) з площею поперечного перерізу 2.5 мм^2 (відповідає тривалому струму 20А).

Для підключення електричних двигунів приводу насосів при виборі кабелів необхідно виконати наступні умови:

$$U_n \geq 380V; I_n > 4A; n=4.$$

За цими технічними вимогами обираємо кабель КГнв (4x1.5) з площею поперечного перерізу 1.5 мм^2 (відповідає тривалому струму 12А).

Для монтажу в щиті використовуємо однотипний провід, який обираємо за максимальним тривало допустимим струмом 10 А. Обираємо провід ПВ-1 (1x1) з площею поперечного перерізу 0.5 мм^2 .

5.3. Розробка принципової схеми

При розробці принципової електричної схеми САК температурним режимом під час збивання вершкового масла користуємось довідковою технічною інформацією, щодо підключення основних елементів (Рис. 5.6-13).

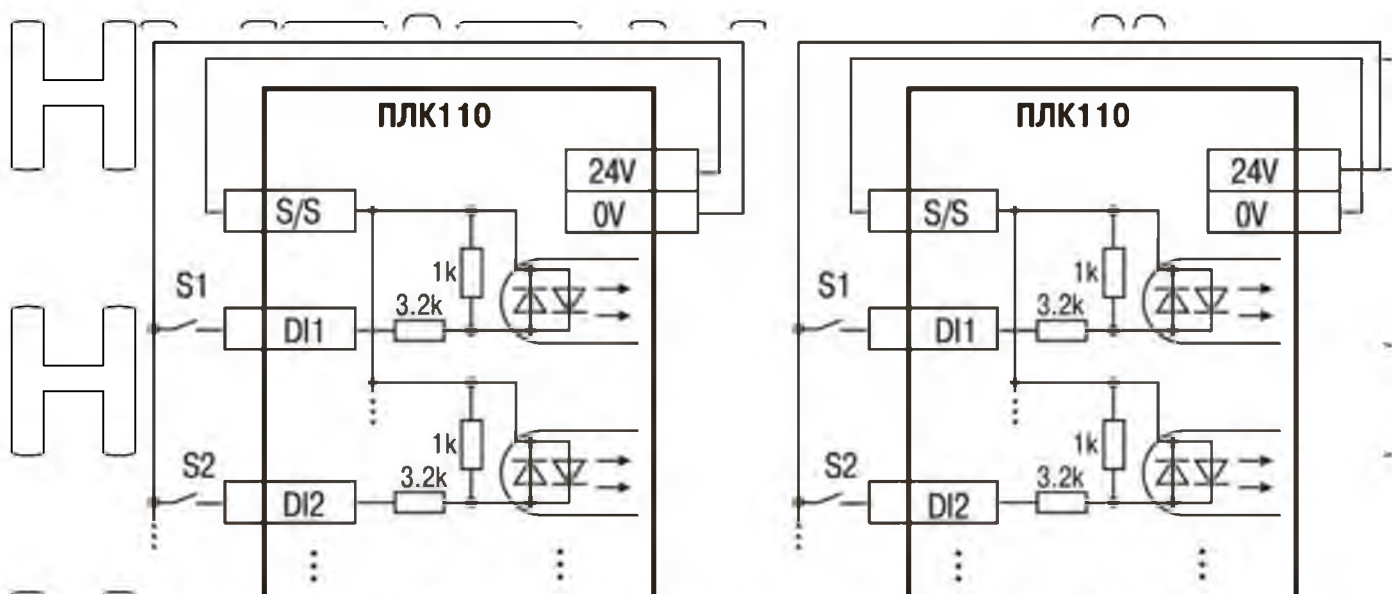


Рис. 5.6. Схема підключення контактних датчиків (S-Sn) до входів ПЛК110

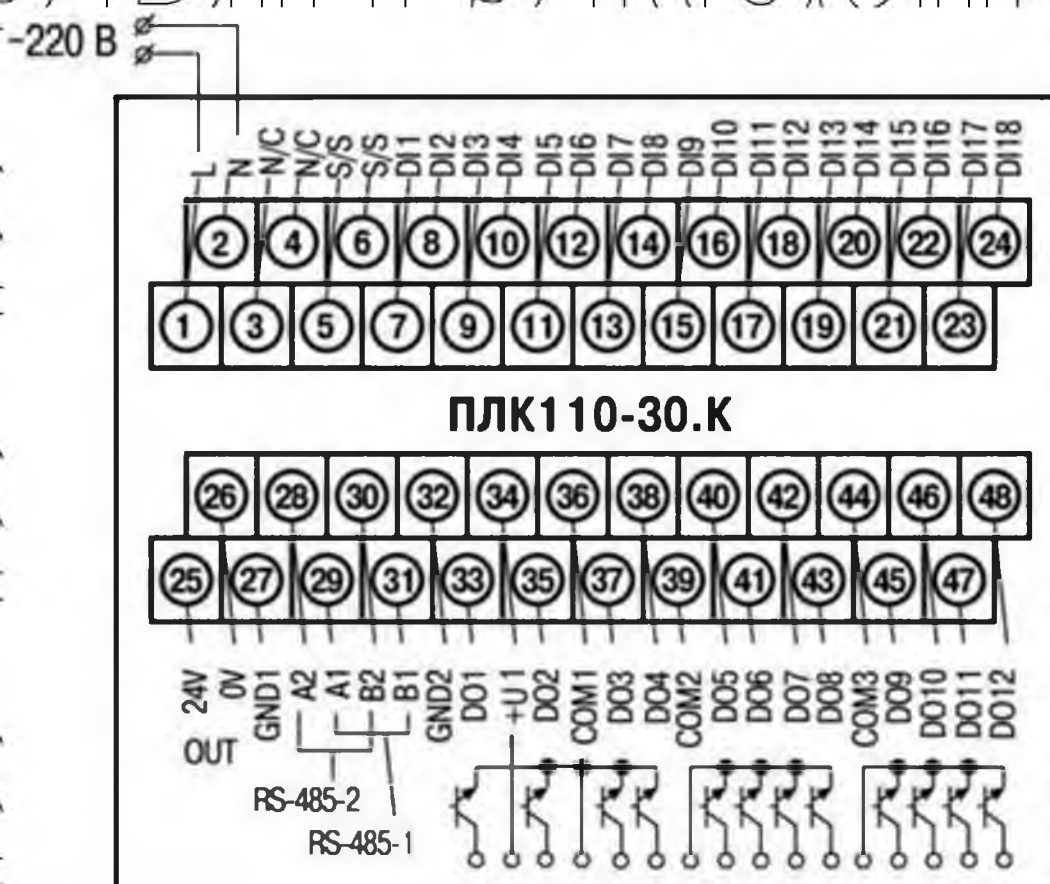


Рис. 5.7. Схема розташування та призначення клем на ПЛК110-30

НУБІП України

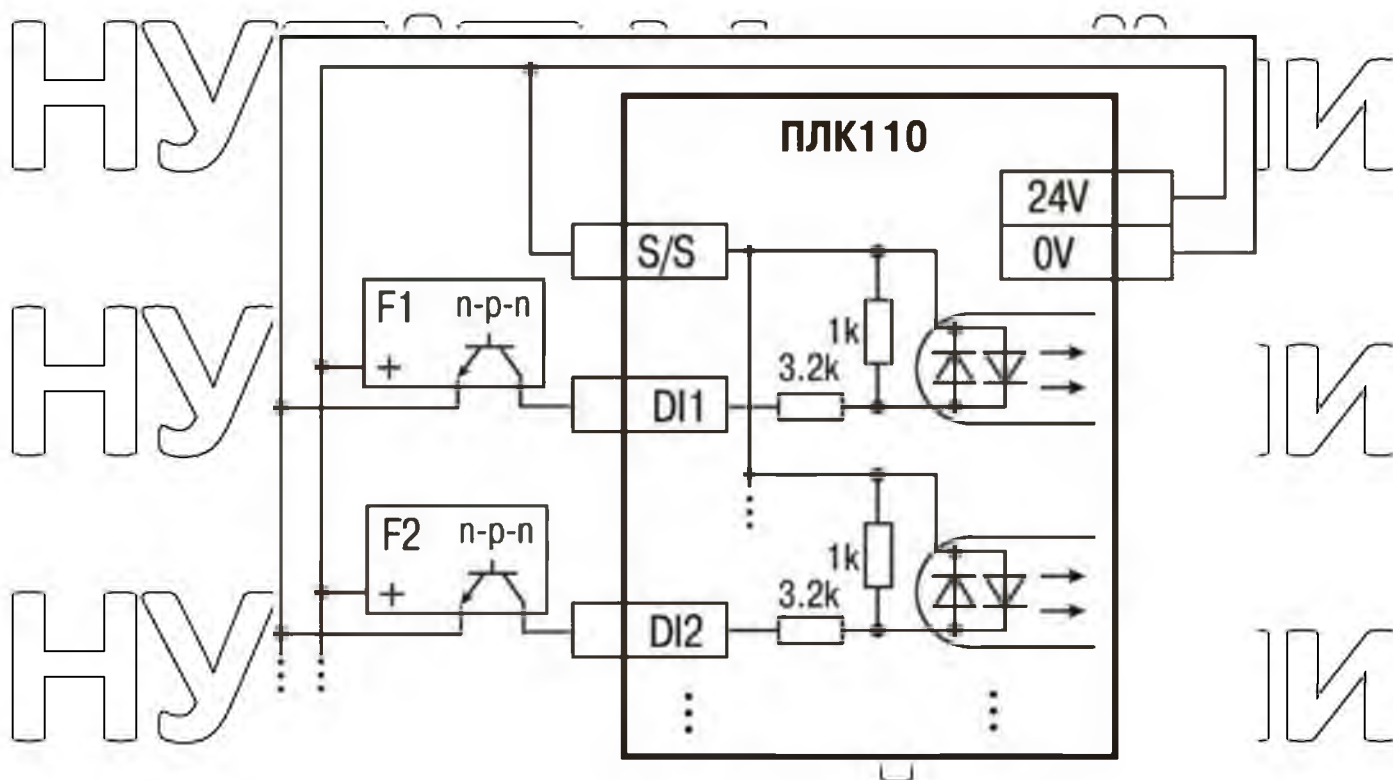


Рис. 5.8. Підключення до дискретних входів датчиків (F1-Fn), що мають на виході транзисторний ключ n-p-n-типу

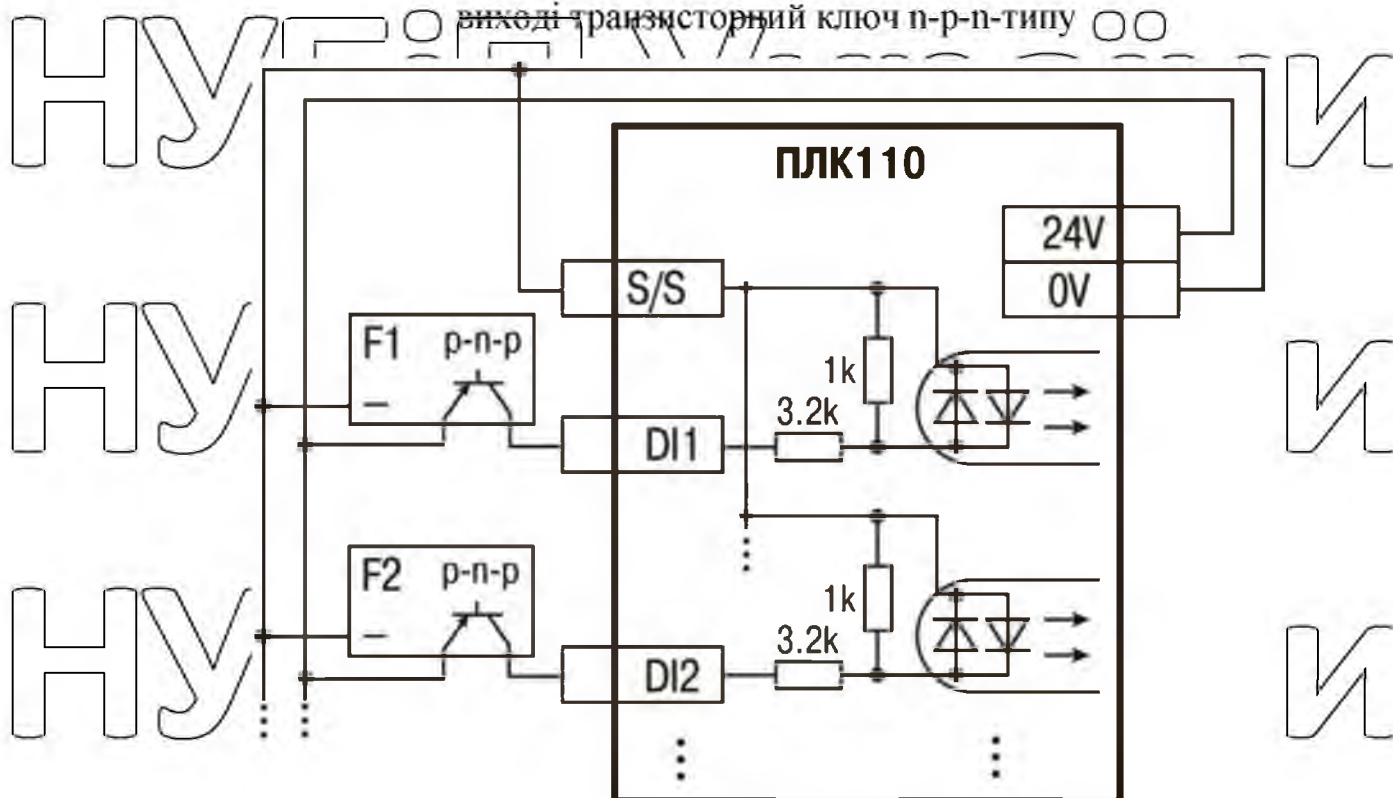


Рис. 5.9. Підключення до дискретних входів датчиків, що мають на виході р-п-р - транзисторний ключ

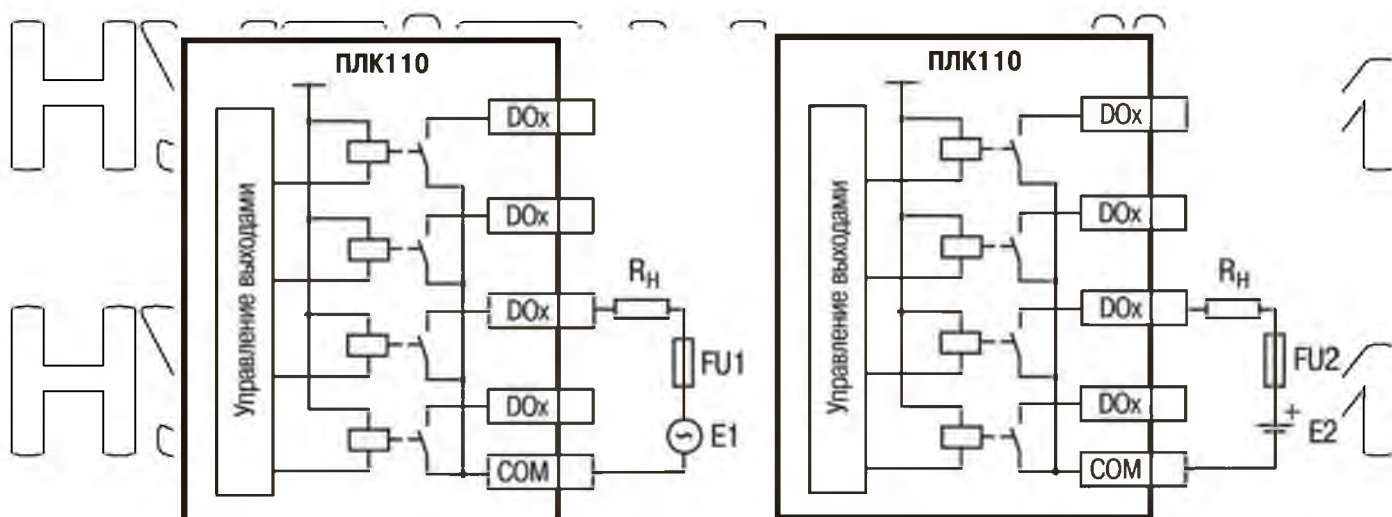


Рис. 5.10. Вихідні елементи типу Р контролера з зовнішніми ланцюгами захисту при активному навантаженні

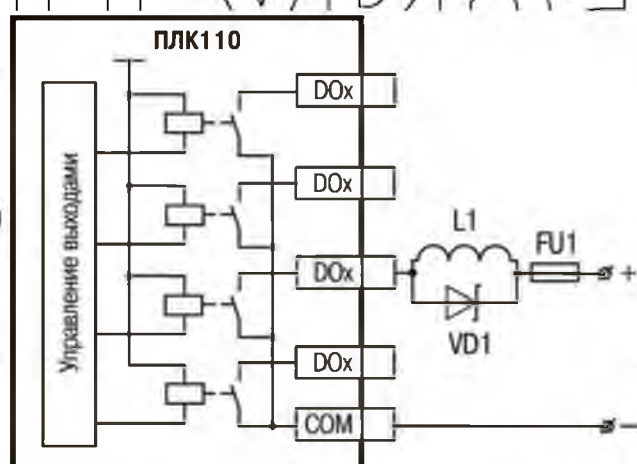


Рис. 5.11. Підключення ланцюгів захисту при реактивній навантаженні

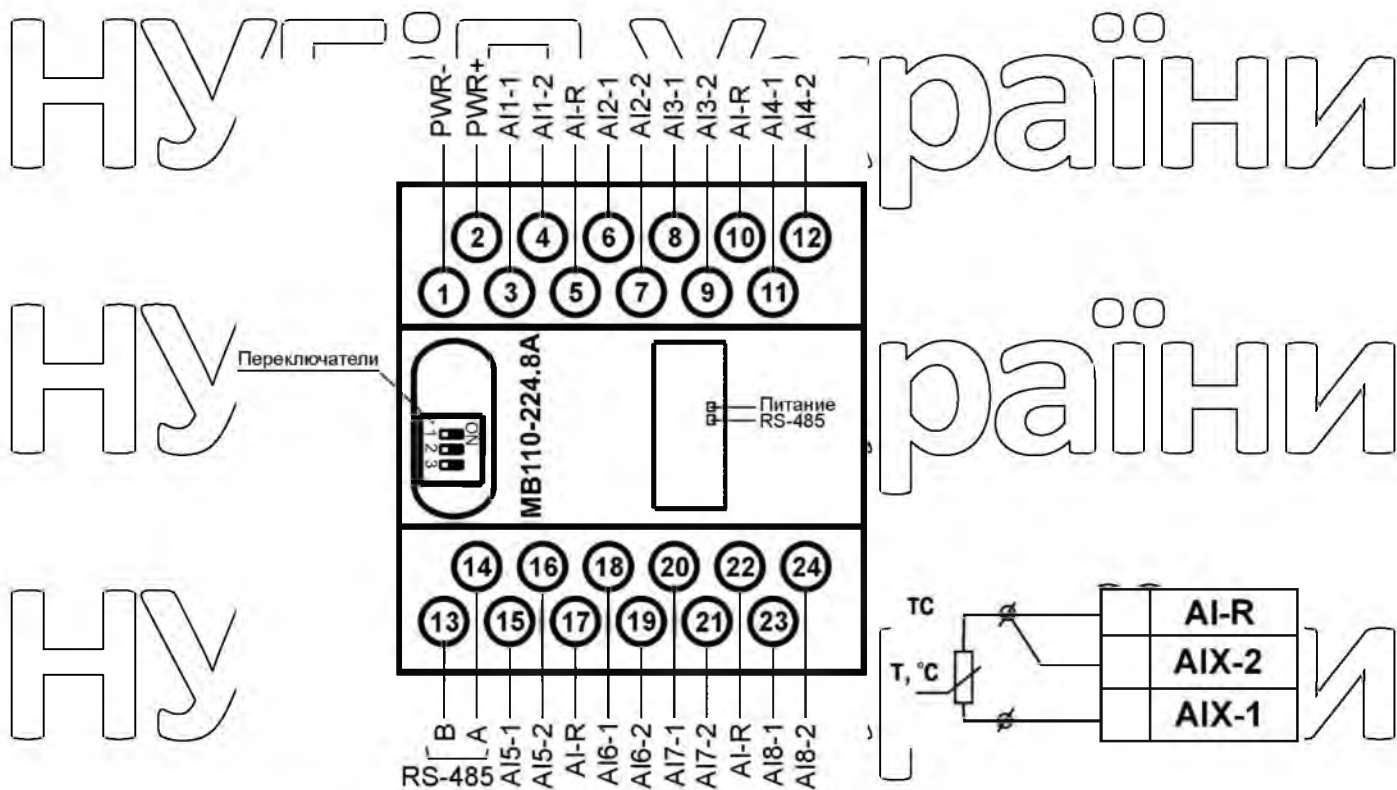


Рис. 5.12. Схема підключень модуля аналогового введення MB110-224.8A

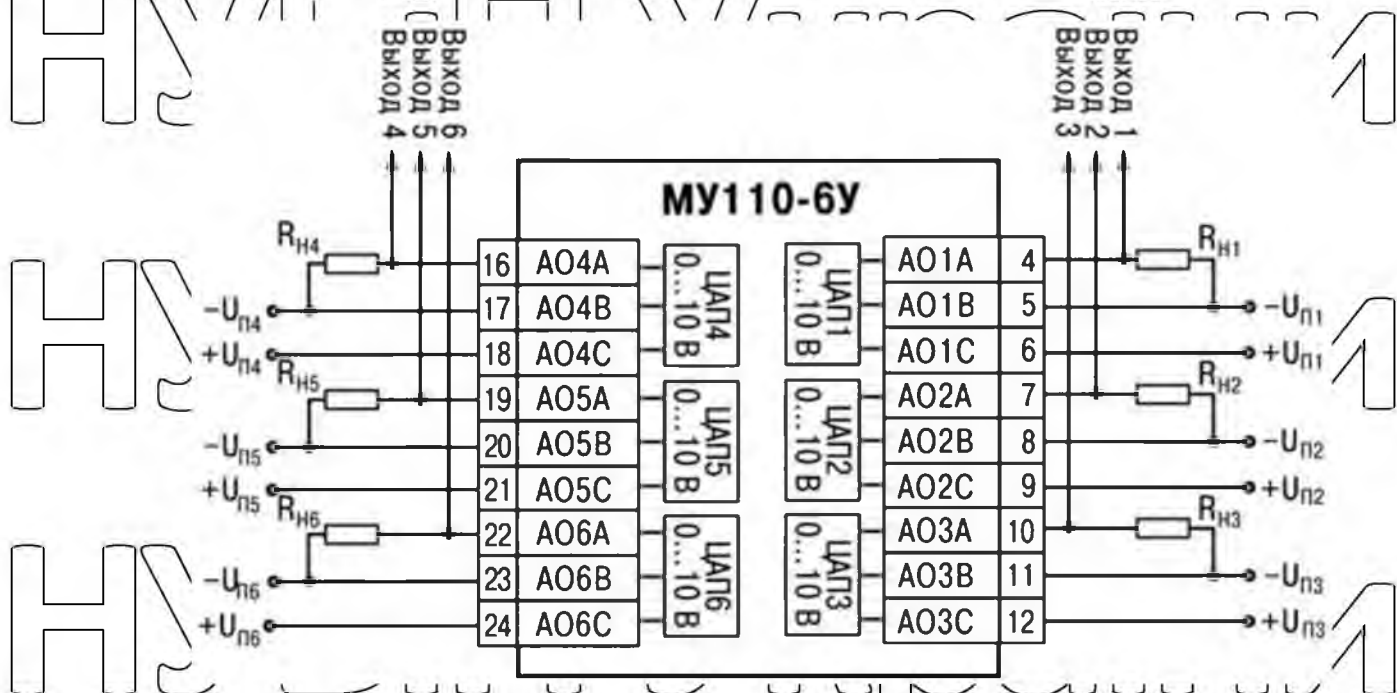


Рис. 5.13. Схема підключень модуля аналогового виведення MU110-224.6U

Для підключення датчиків температури необхідно використовувати перетворювач сигналів PSA-02 (рис. 5.14) та для датчика тиску схему на рис. 5.15.

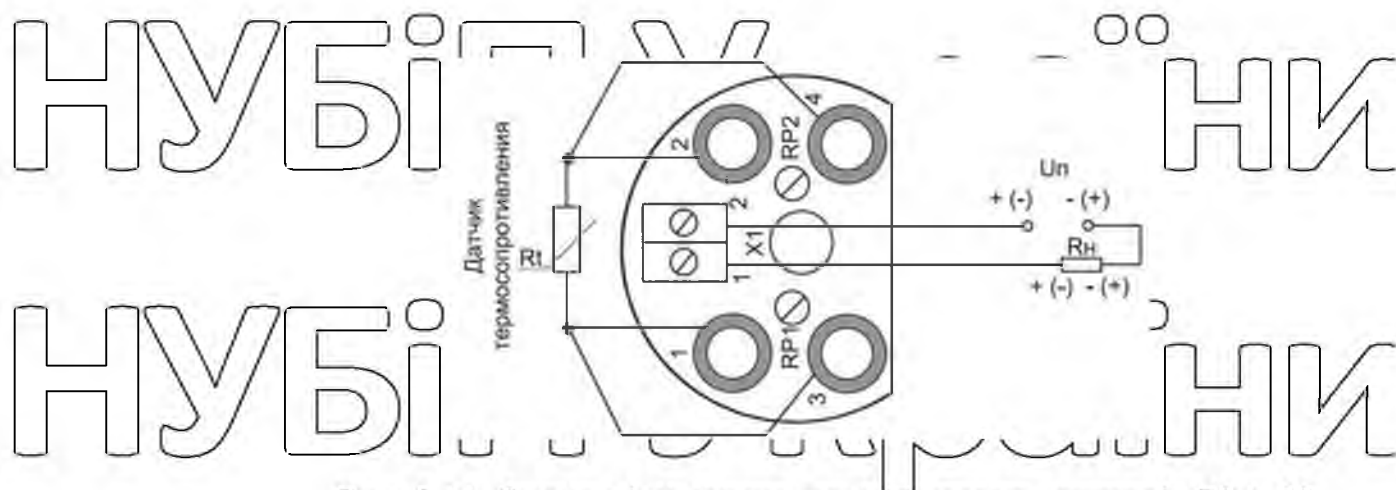


Рис. 5.14. Схема підключень перетворювача сигналів PSA-02

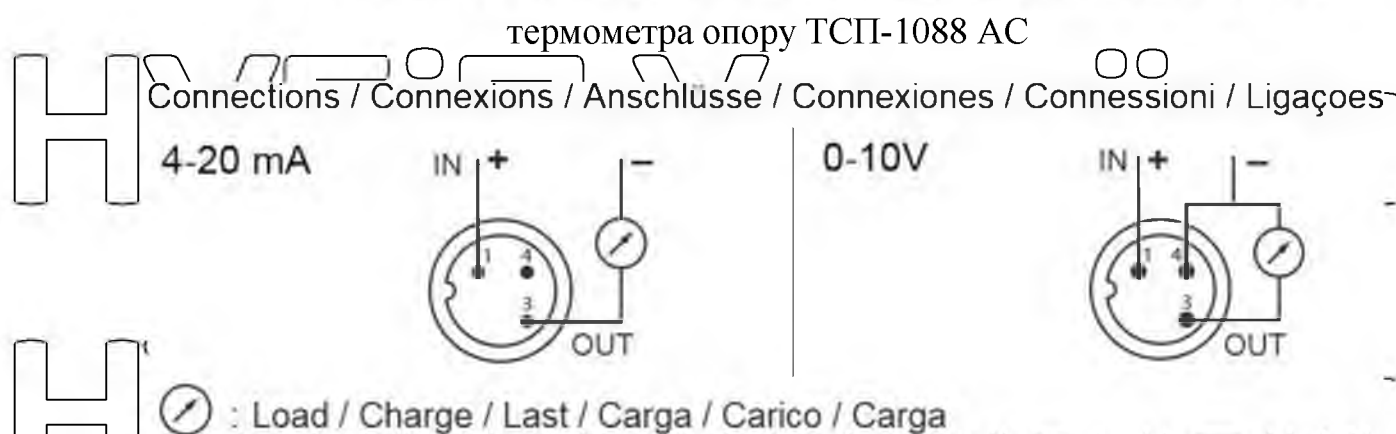


Рис. 5.15. Схема підключень датчика тиску XMLG016D21

Принципову електричну схему САК температурним режимом під час збирання вершкового масла, можна умовно розділити на силову (рис. 5.16) та керування (рис. 5.17).

НУБІП України

НУБІП України

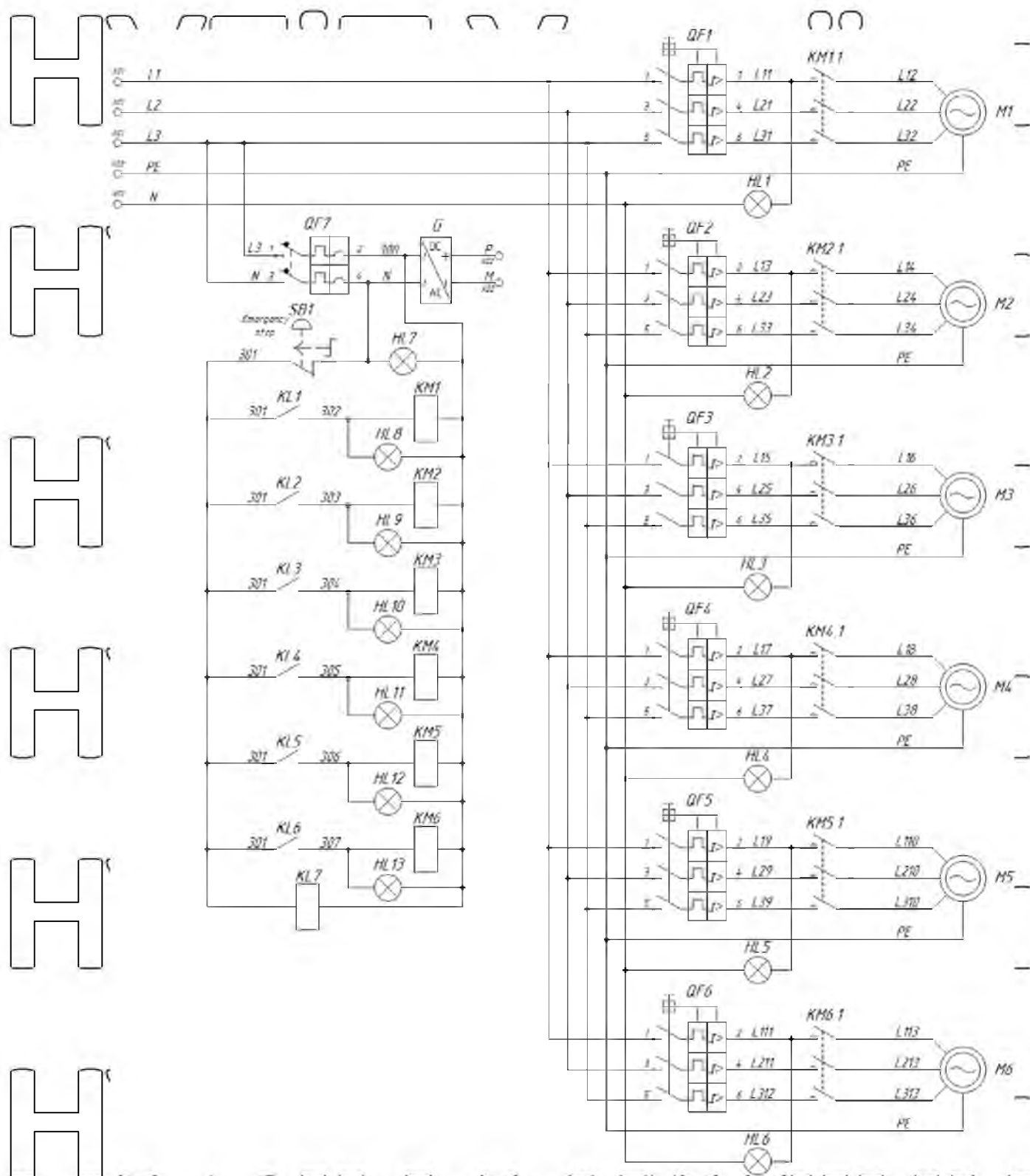


Рис. 5.16. Принципова електрична схема САК температурним режимом під час збивання вершкового масла (силова частина)

НУБІП України

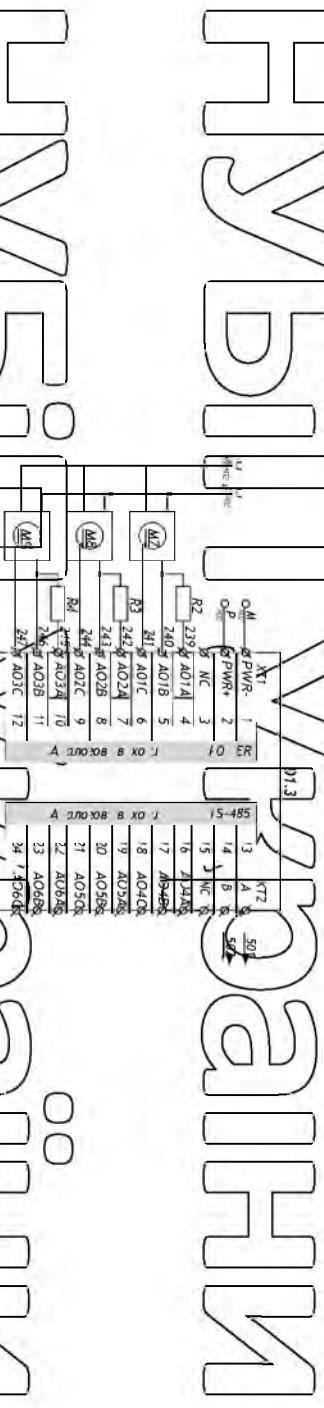
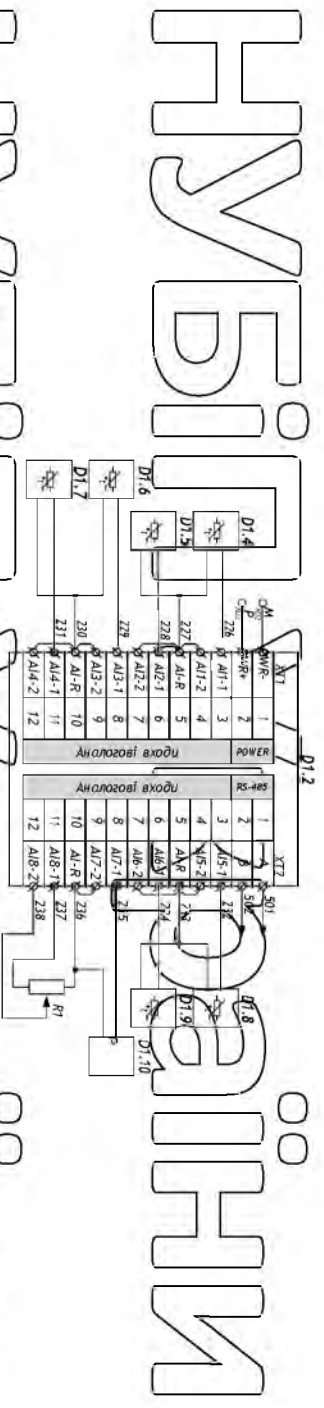
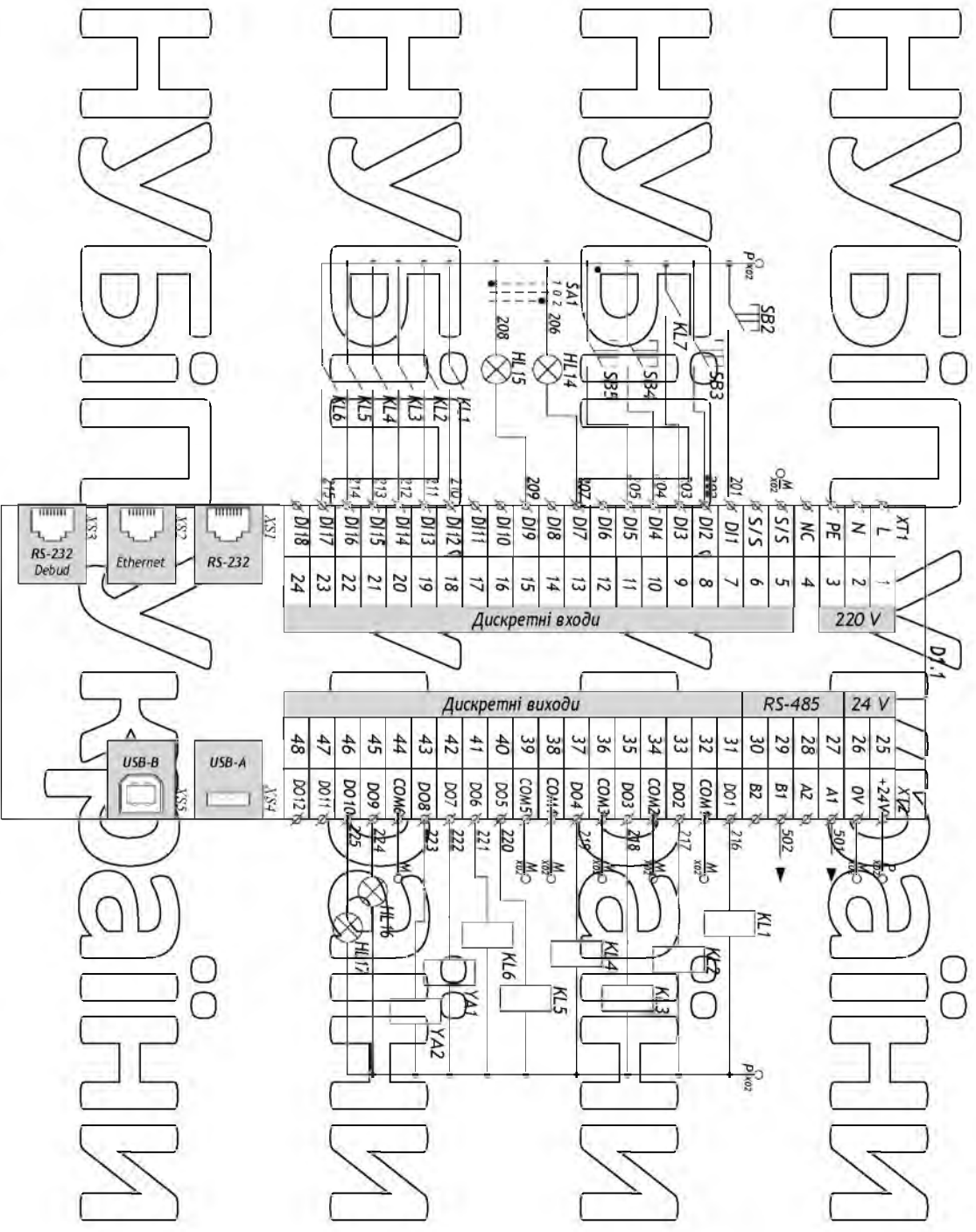


Рис. 5.17. Принципова електрична схема АСК температурним режимом під час збивання вершкового масла (частина керування)

Принципова електрична схема САК температурним режимом під час збивання вершкового масла розроблена з використанням ПЛК ПЛ0-30 [M02] фірми ОВЕН. Програма запрограмована в ПЛК здійснює керування вмиканням/вимиканням електродвигунів, виконавчими механізмами та клапанами за певним алгоритмом.

Алгоритм роботи принципової електричної схеми САК температурним режимом під час збивання вершкового масла полягає в наступному:

1. після вмикання автоматичних вимикачів QF1-7 подається живлення в цепі керування та силові цепі;
2. живлення ПЛК автоматично переводить внутрішні програми в стан RUN, що означає виконання запрограмованих програм в циклі;
3. після старту виконання програм в ПЛК натисканням кнопки SB2, всі робочі органи маслоутворювача вмикаються, через проміжні реле KL1-6 подається живлення на магнітні пускачі KM1-6 які подаються живлення на електродвигуни приводів валів вальців барабанів маслоутворювача M1-3, також подається живлення на електроприводи насосів високожирних вершків M4, крижаної води M5 та розсолу M6;
4. подається керуючий сигнал на електромагнітні клапани YA1-2, що подає високожирних вершки в маслоутворювач;
5. високожирні вершки подаються в першу секцію де вони повинні швидко охолонути до температури 11 °С, для цього вимірюючи температури їх на виході секції термометром D1.4 яка надходить до ПЛК програмно за ПІД законом регулювання змінюється кількість крижаної води для їх охолодження триходовим вентилям D1.11 який обладнано серводвигуном M7;
6. отримуючи значення температури вершків на виході другої секції термометром D1.5 та третьої секції термометром D1.5, за допомогою триходового вентиля D1.12 та D1.13 для третьої секції

за допомогою зміни кількості розсолу в системі охолодження температура вершків стабілізується на рівні 11°C ;

7. робота системи може бути зупинена натисканням кнопки SB2 або аварійне вимкнення всіх робочих машин кнопкою SB1;

8. перемикач SA1 дозволяє відключити ПД регулятор та налаштувати температуру вершків вручну за допомогою резистора R1.

5.4. Вибір щита керування

Щит призначено для розміщення засобів контролю та керування технологічними процесами в САК температурним режимом під час збивання вершкового масла. При розрахунку габаритів ящика враховуються сумарний обсяг необхідний для монтажу всіх елементів які в ньому монтуються. У

відповідності до схеми електричної принципової САК температурним режимом під час збивання вершкового масла необхідно розташувати в щиті автоматичні вимикачі, магнітні пускачі, проміжні реле, ПЛК з модулями

розширення, тому вибір розмірів будемо проводити спираючись на розміри всіх елементів. Для щита передбачимо встановлення його на підвісі та ступінь захисту від вологи, бо він буде розміщуватись в приміщенні з підвищеною вологістю.

Обираємо бокс монтажний Бм-80+П (650x800x260) (рис. 5.18-19).

5.5. Розробка схеми з'єднань та підключень

Розробку схем схеми з'єднань виконуємо з використанням ДСТУ «ГОСТ 2.702:2013 Единая система конструкторской документации. Правила выполнения электрических схем» [8]. Для позначень елементів використовуємо ГОСТ 2.710-81, ЕСКД. Обозначения буквенно-цифровые в электрических схемах» (станом на 01.01.2019 не дійсний).

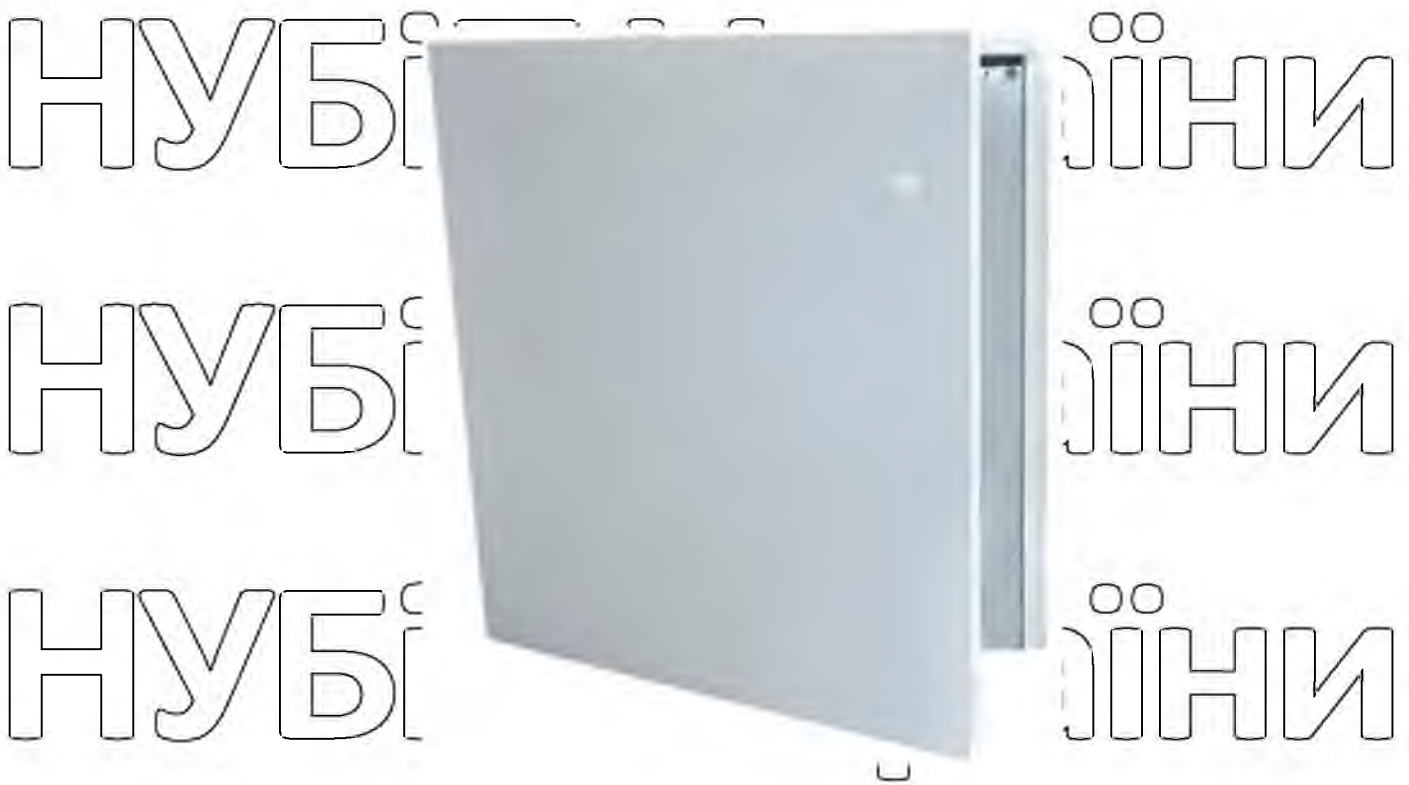


Рис. 5.18. Загальний вигляд бокс монтажний БМ-80+П

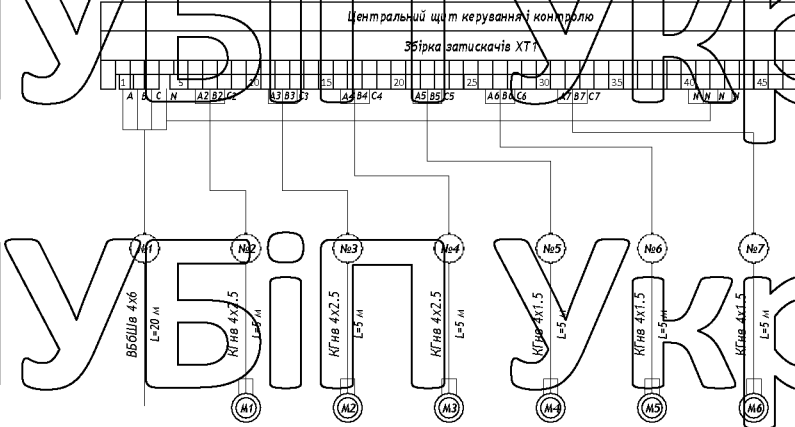


Рис. 5.19. Щит керування САК температурним режимом під час зовиання вершкового масла

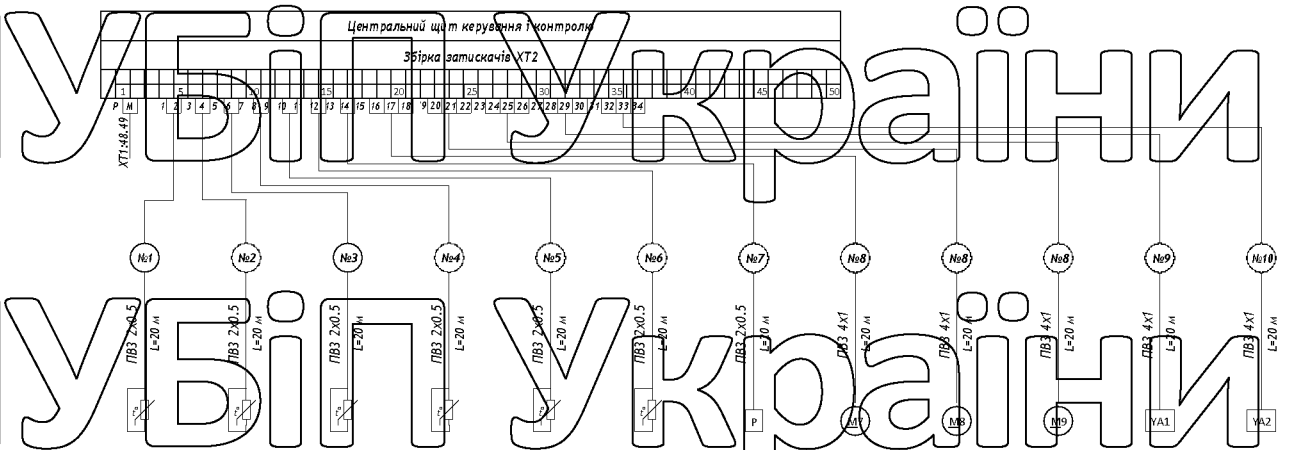
При розробці схеми використовуємо наступні правила:

- схему з'єднань розроблено для щита БМ-80+П;
- усі елементи ОЕ, КМ, КЛ, ДІ буцо розміщено на задній панелі щита керування згідно ДСТУ «ГОСТ 2.702:2013 Единая система

конструкторской документации. Правила выполнения электрических схем»);
 – дотримано маркування кабелів, ліній зв'язку з використанням «ГОСТ 2.710-81, ЕСКД. Обозначения буквенно-цифровые в электрических схемах».



Назва обладнання	Щит живлення	Електродвигун перш. секція	Електродвигун друга секція	Електродвигун третя секція	Електродвигун насоса верхів	Електродвигун насоса розсолу
Тип	Бм-80-П	АМР80В2У3	АМР80В2У3	АМР80В2У3	АМР71А4	АМР71А4



Назва обладнання	Термоопір	Термоопір	Термоопір	Термоопір	Термоопір	Термоопір	Датчик тиску	Виконавчі механізми	Виконавчі механізми	Виконавчі механізми	Електромагнітний клапан	Електромагнітний клапан
Тип	ТСП-1088 АС	ТСП-1088 АС	ТСП-1088 АС	ТСП-1088 АС	ТСП-1088 АС	ТСП-1088 АС	ХМЛ6016021	Autoron OHQ	Autoron OHQ	Autoron OHQ	E110	E110

Рис. 5.20. Схема підключень САК температурним режимом під час збивання верхнього масла

5.6. Розробка комп'ютерно-інтегрованої системи керування температурним режимом під час збивання верхнього масла

При розробці програмного забезпечення комп'ютерно-інтегрованої системи керування температурним режимом під час збивання верхнього масла використовуємо СКАДА Трейс Мод 6.1. Вона містить в своєму складі

модулі підключення для контролерів фірми ОВЕН, що спрощує програмування та налагодження комп'ютерно-інтегрованої системи керування (рис. 5.21).

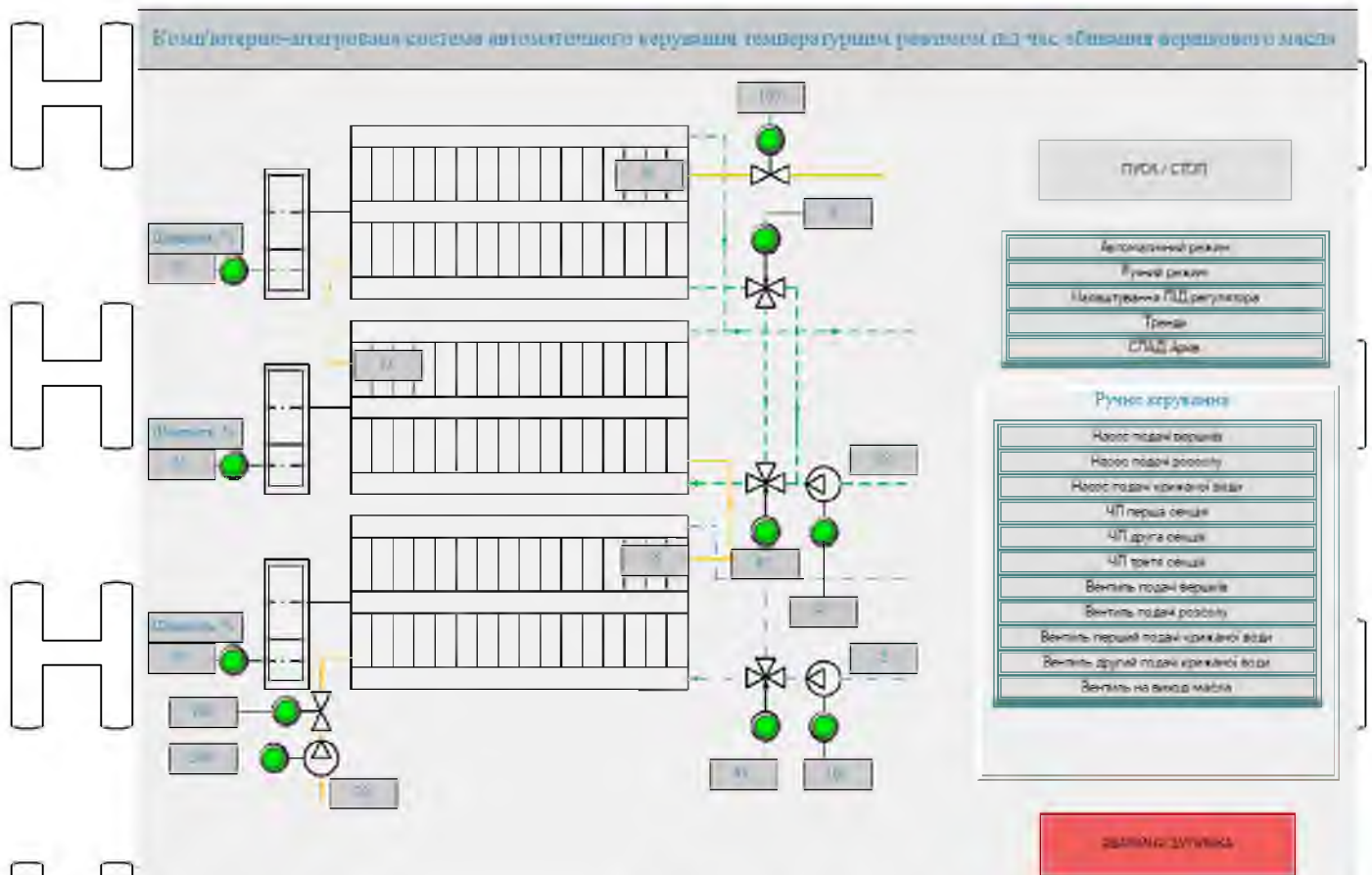


Рис. 5.21. Комп'ютерно-інтегрована система керування температурним режимом під час збивання вершкового масла

5.7. Розрахунок надійності системи автоматичного керування

Для розрахунку надійності САК температурним режимом під час збивання вершкового масла занесемо в таблицю всі елементи схеми електричної принципової з зазначенням інтенсивності їх відмови (табл. 5.1).

Результуюча інтенсивність відмови всіх елементів буде становити:

$$\lambda_p = 60.49 \cdot 10^{-6} \text{ год}^{-1}$$

Беремо, що термін експлуатації системи становитиме $t=1 \cdot 10^3$ год, тобто результуючу ймовірність безвідмовної роботи системи визначимо за виразом:

$$p_{рез}(1000) = e^{-60.49 \cdot 10^{-6} \cdot 10^3} = 0.94.$$

Таблиця 5/1.

Розрахункові параметри САК температурним режимом під час збивання вершкового масла на надійність

№	Найменування	Кількість	Інтенсивність	Рез. інтенсивність
1	Електромеханічне реле	9	0.5	4.5
2	Контакти	3	0.25	0.75
3	Автоматичні вимикачі	7	0.13	0.91
4	Лампи	17	0.625	10.625
5	Трансформатори	1	0.17	0.17
6	Електродвигуни	8	5.24	41.92
7	Інтегральні мікросхеми	13	0.1	1.3
8	Кнопка	5	0.063	0.315
				60.49

РОЗДІЛ 6

РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ

Основним завданням автоматизації технологічних процесів молокопереробних підприємств являється збільшення виробництва продукції, підвищення продуктивності праці (зменшення витрат праці), зменшення енергозатрат та кінцевої вартості продукції, терміну окупності витрат на створення підприємства в цілому.

Для розрахунків використаємо стандартну методику розрахунків терміну окупності, яка була викладена в курсі «Економіка автоматизованих виробництв в АПК» та заносимо формули та результати розрахунків в EXCEL (рис. 6.1-2).

№	Назва обладнання	Тип	Кількість	Ціна/шт	Ціна
1	Вимикач автоматичний	GV2ME14	3	1164	3492
2	Вимикач автоматичний	GV2ME08	3	1066	3198
3	Вимикач автоматичний	IK60N	1	110	110
4	Блок живлення постійного струму	HDR-30-24	1	326	326
5	Програмований логічний контролер	ПЛК110-30[M02]	1	10 000	10000
6	Модуль розширення	MB110-224.8A	1	1 900	1900
7	Модуль розширення	MU110-224.6U	1	4 900	4900
8	Датчик температури	ТСГ-1088	6	2 150	12900
9	Датчик тиску	XMLG616D21	1	6 054	6054
10	Виконавчий механізм	Autarun ONQ	3	3202	9606
11	Пускач електромагнітний	LC1D12P7	3	846	2538
12	Пускач електромагнітний	LC1D09P7	3	737	2211
13	Проміжні реле	MY4-NS 24V DC	7	90	630
14	Кнопка з фіксацією "Стоп" червона	XB2-BS542	1	57	57
15	Кнопка без фіксації "Старт" зелена	ZB5 AA33	4	109	436
16	Перемикач з нульовим положенням	XB5AD33	1	265	265
17	Лампа сигнальна червона	A22-RLF-RT 220 В	7	26	182
18	Лампа сигнальна зелена	AD22-22DS 220 В	6	26	156
19	Лампа сигнальна зелена	AD22-22DS 24 В	4	34	136
20	Резистор	2K - 0,25W ±1%	8	0.5	4
21	Резистор змінний 2 кОм	2K - 0,25W ±1%	1	12.00	12
22	Щит керування	Бм-80+Д	1	2 896.00	2896
	Всього				62009

Рис. 6.1. Загальна вартість технічних засобів автоматизації САК

температурним режимом під час збивання вершкового масла

Аналізуючи отримані дані (рис. 6.2), бачимо, що Прибуток складає 62009 грн., а через 0.98 роки САК температурним режимом під час збивання вершкового масла повністю окупається і вже працюватиме на чистий прибуток. Тому робимо висновок, що установка економічно ефективна і використовувати її доцільно.

Розрахункові значення	Од.	Відповідний коефіцієнт	Значення
1 Загальна вартість технічних засобів автоматизації			62009
2 Торгівельно-транспортні витрати		0.11	6820.99
3 Витрати на монтаж технічних засобів		0.17	10541.53
4 Витрати на прокладення провідок	150	17.67	2650.5
5 Інші капітальні витрати 2%		0.02	1240.18
6 Капітальні витрати			83262.2
7 Відрахування на амортизацію		0.15	12489.33
8 Витрати на поточний ремонт		0.18	14987.2
9 Витрати на енергоресурси		1.3	2733.12
потужність автоматизації	1.46		
кількість годин роботи	1440		
10 Витрати на оплату праці персоналу			84400
кількість персоналу			
ставка оператора	30		
11 Річні експлуатаційні витрати			116609.6
12 Зведені витрати		0.15	129099
13 Чистий прибуток			85233.6
прибуток за рахунок зменшення персоналу			84153.6
прибуток за рахунок зменшення браку			1080
економія за рахунок підвищення якості	0.01%		
14 Термін окупності САК			0.976871

Рис. 6.2. Розрахункова таблиця для знаходження терміну окупності від впровадження САК температурним режимом під час збивання вершкового масла

НУБІП України

РОЗДІЛ 7

ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ І ОХОРОНА ПРАЦІ

7.1. Вимоги до обладнання та приміщень молокопереробних підприємств

Освітлення виробничих приміщень повинно відповідати вимогам СНиП II-4-79, ВСН 645/755-76 та розділу 8 ВСТП 645/1368-86.

В цехах підприємства, в залежності від характеру технологічного процесу (надмірна вологість, висока температура та інш.), повинна бути установлена вентиляція: природня, механічна або змішана відповідно до вимог ГОСТ 12.4.021-75 та СНиП 2.04.05-91.

Метеорологічні умови в робочій зоні виробничих приміщень повинні відповідати вимогам ГОСТ 12.1.005-88, а категорія робіт – ВСТП 645/1368-86.

В цехах з відкритим технологічним процесом (виробництво кисломолочного сиру та твердих сирів, виробництво дитячих продуктів, розфасування сгущеного молока з цукром, стерилізованого молока та інш.) повинно бути передбачене очищення припливного повітря від пилу.

Під час експлуатації обладнання та організації робочих місць, в залежності від важкості та напруженості праці, слід вживати заходи щодо зниження шуму.

Допустимі рівні звукового тиску в октанових смугах частот, рівні звуку та еквівалентні рівні звуку на робочих місцях не повинні перевищувати величин, установлених ДНАОП 0.03-3.14-85 та ГОСТ 12.1.003-83 (п. 2.3 та 2.4).

Категорія напруженості та важкості праці повинна визначатись з урахуванням ергономічних критеріїв оцінки важкості та напруженості праці, приведених в ДНАОП 0.03-3.14-85.

Контроль рівнів шуму на робочих місцях повинен проводитись не рідше одного разу на рік відповідно до вимог ГОСТ 12.1.003-83 та ГОСТ 12.1.050-86.

Машини та агрегати, відповідно до плану періодичного ремонту, повинні оглядатися з метою своєчасного виявлення та усунення всіх дефектів, які можуть визивати підвищення шуму.

Шуми в джерелах їх утворення слід зменшувати шляхом заміни ударних процесів безударними та іншими організаційно-технічними заходами, для чого потрібно:

- слідкувати за спрацьованістю обладнання, особливо підшипників, шестерень та інших з'єднаних деталей, замінити підшипники качання підшипниками ковзання;

- зменшувати амплітуду коливань;

- замінювати металеві деталі деталями з матеріалів, що мають більший акустичний опір;

- замінити пасові передачі клинопасовими;

- замінити зворотно-поступальний рух обертальним;

- перевіряти стан балансування рухомих частин обладнання та динамічно врівноважувати всі деталі, що обертаються;

- застосовувати демпфуючі матеріали з більшим внутрішнім тертям (резина, пластмаси, войлок та інш.);

- застосовувати замість прямих зубчатих передач косозубі або шевронні;

- перевіряти стан кріплення окремих вузлів один з одним і всього обладнання до фундаменту, підлоги та інших будівельних конструкцій;

- влаштовувати екрани, звукоізолюючі кожухи, огороження або звукоізолюючі та вібродемпфуючі покриття, а також звукоізольовані

- кабіни спостереження або дистанційного управління;

- встановлювати глушники аеродинамічних шумів, які створюють вентилятори,

компресори, газодинамічні та інші технологічні установки, а також установлювати глушники вихлопів на ручних механізованих інструментах з пневматичним приводом;

– приміщення, в якому розміщене обладнання з підвищеним рівнем шуму та вібрації, повинно бути ізольоване та обладнане засобами шумо- та віброізоляції (обладнання встановлюється на віброізоляційних та шумопоглинальних підмурках і т. ін.);

– виробництво, під час роботи якого утворюється шум, слід відокремлювати від межі житлового району та інших виробництв шумозахисною зоною з чагарників і дерев листяних або хвойних порід; застосовувати методи та засоби колективного захисту відповідно до вимог ГОСТ 12.1.029-80;

– застосовувати засоби індивідуального захисту відповідно до вимог ГОСТ 12.4.051-87.

Зони з рівнем звуку або еквівалентним рівнем звуку вище, ніж 80 дБА повинні бути позначені знаками безпеки відповідно до вимог ГОСТ 12.4.026

76. Працюючих в цих зонах адміністрація повинна забезпечувати засобами індивідуального захисту відповідно до вимог ГОСТ 12.4.051-87.

Не дозволяється навіть короточасне перебування працюючих у зонах з октановими рівнями звукового тиску понад 135 дБА в будь-якій октановій смузі.

Особи, що зазнають в процесі трудової діяльності впливу шуму, підлягають попереднім, під час приймання на роботу, та періодичним медичним оглядам.

Вібрація на робочих місцях виробничих приміщень не повинна перевищувати гранично допустимий рівень відповідно до вимог ДНАОП 0.03-3.11-84, ДНАОП 0.03-3.12-84 та ГОСТ 12.1.012-90.

Обладнання, що не відповідає вимогам санітарних норм, підлягає заміні.

Періодичний контроль за дотриманням встановленого режиму праці на робочих місцях повинна здійснювати адміністрація підприємства (цеху, дільниці і т. інш.) методами хронометражних спостережень з залученням санітарних служб і служб охорони праці.

Параметри вібрації машин визначаються за даними технічної документації для нових машин, а для тих, які експлуатуються - за даними фактичного виміру, що виконується не рідше одного разу на рік, а також під час заміни технології та заміни обладнання, що впливають на вибір і встановлення режиму праці, з отриманих даних виміру щодо зміни вібраційного навантаження на оператора, а після ремонту для всіх видів обладнання - не рідше двох разів на рік, а за показаннями і частіше.

Маса віброуючого обладнання або його частин, яка утримується руками працюючого в різних положеннях у процесі роботи, не повинна перевищувати 10 кг, якщо технічні вимоги не передбачають інших обмежень.

Вібрація, що створюється ручними машинами, обладнаними двигунами, під час роботи з якими маса рукої машини повністю або частково сприймається руками працюючого, не повинна перевищувати допустимі рівні відповідно до вимог ДНАОП 0.03-3.11-84 та ГОСТ 17770-86.

Під час роботи з віброуючим обладнанням сумарний контакт з його віброуючими поверхнями не повинен перевищувати 75% тривалості робочої зміни. Понадурочні роботи з таким обладнанням не дозволяються.

Основними організаційно-технічними, санітарно-гігієнічними, лікувально-профілактичними та загальнооздоровчими заходами, що зменшують несприятливий вплив вібрації на працюючих, повинні бути:

- застосування заходів по заміні парку вібронезбезпечних машин і обладнання, що експлуатуються та вдосконалення існуючих технологічних процесів і організації їх таким чином, щоб вібрації на робочих місцях, на робочих площадках, на підлозі робочого приміщення були вилучені або знижені до гранично допустимих величин;

під час організації технологічних процесів слід передбачати заміну операцій, які виконуються віброуючим обладнанням, на процеси, вільні від вібрації, що передаються через руки на організм працюючих;

- при неможливості повністю вилучити застосування віброуючих ручних інструментів і механізмів слід трудові операції, що супроводжуються контактом рук працюючих з віброуючими поверхнями, чергувати з роботами, вільними від вібрації, або з регламентованими перервами та активним відпочинком;

- відповідно до вимог ДНАОП 0.03-8.07-97, до роботи з машинами, що генерують вібрацію, допускаються особи не молодші 18 років, які пройшли попередній медичний огляд, мають відповідну кваліфікацію та пройшли навчання по правилах безпечного ведення робіт;

- на підприємстві повинні бути організовані спеціальні дільниці по планово-переджувальному ремонту віброуючих машин з обов'язковим післяремонтним контролем параметрів генеруючих вібрацій;

для профілактики вібраційної патології підготовку працівників вібронебезпечних професій слід проводити по програмах, які передбачають оволодіння двома спеціальностями рівноцінної кваліфікації, що дозволить в подальшому, під час проявлення віброзахворювання, забезпечити переведення на іншу роботу;

- робота з віброуючим обладнанням повинна проводитись в опалювальних приміщеннях з температурою повітря не менше, ніж 18 °С при відносній вологості його від 40 до 60% та швидкості руху не більше, ніж 0,2 м/с;

- під час роботи в холодний період року в неопалюваних приміщеннях або на відкритому повітрі, для періодичного обігрівання працюючих, повинні передбачатися опалювані приміщення з температурою повітря від 22 до 24 °С при швидкості його руху не більше, ніж 0,2 м/с і

відносній вологості від 40 до 60%, а на робочих місцях рекомендується передбачати місцеве обігрівання працюючих;

- проведення будь-яких робіт, які супроводжуються шумом, під час обідньої перерви в цехах, де застосовується віброінструмент, не дозволяється;

- всі працюючі з машинами, що генерують вібрацію, повинні проходити періодичний медичний огляд відповідно до вимог ДНАОП 0.03-4.02-94;

- працюючі повинні бути забезпечені антивібраційними рукавичками та антивібраційними рукавицями відповідно до вимог ДНАОП 0.00-4.26-96;

- зменшення вібрацій, що передаються на руки працюючих, слід забезпечувати по шляху їх розповсюдження засобами віброізоляції та вібропоглинання, зокрема застосуванням пружинних і резинових амортизаторів, прокладок, облицювання рукояток вібропоглинальними матеріалами, застосуванням динамічних віброгасників, демпфуючих зажимів і т.інш.;

- перевірка наявності вібраційних характеристик (далі - ВХ) в паспортах на новопридбані машини (в технічному паспорті машини повинні бути приведені ВХ і методи їх контролю відповідно до вимог ГОСТ 12.1.012-90), а під час їх відсутності, а також за необхідністю, повинен проводитись вхідний контроль;

- вироби, що обробляються руйнівними інструментами, слід укладати або закріплювати пристроями так, щоб усунути виникнення додаткових вібрацій виробу;

- виключення контакту працюючого з віброуючими поверхнями за межами робочого місця або робочої зони (установлення огорожень, сигналізації, блокування, попереджувальних написів і т.інш.);

не дозволяється знаходитись працюючим на віброючих поверхнях виробничого обладнання під час його роботи.

Контроль за дотриманням гранично допустимих рівнів

електромагнітних полів (далі - ЕМП) радіочастот повинен здійснюватись

вимірюванням напруженості та щільності потоку енергії ЕМП на робочих місцях і в місцях можливого знаходження персоналу, що зазнає в умовах виробництва впливу ЕМП.

Напруженість ЕМП і щільність потоку енергії ЕМП на робочих місцях

і в місцях можливого знаходження персоналу, пов'язаного особисто з

впливом ЕМП, не повинні перевищувати гранично допустимі рівні відповідно до вимог ДНАОП 0.03-3.13-85, ДНАОП 0.03-3.16-86, ДНАОП 0.03-3.21-91 та ГОСТ 12.1.006-84.

Вимірювання напруженості та щільності потоку ЕМП слід проводити

не рідше одного разу на рік у порядку поточного санітарно-гігієнічного нагляду, а також у слідуючих випадках:

- під час введення в дію нових установок, які працюють в режимі випромінювання;

- під час внесення змін у конструкцію, розміщення та режим роботи діючих установок;

- під час і після проведення ремонтних робіт, які супроводжуються зміною випромінюваної потужності;

- під час внесення змін у засоби захисту від ЕМП;

- під час організації нових робочих місць.

Вимірювання напруженості та щільності потоку ЕМП дозволяється не проводити в випадках, якщо: установка не працює в режимі випромінювання

на відкритий хвильовід, антену або інший елемент, який призначений для

випромінювання ЕМП у навколишнє середовище та його номінальна

потужність, відповідно з паспортними даними, не перевищує гранично

допустимі рівні відповідно до вимог ДНАОП 0.03-3.13-85, ДНАОП 0.03-3.16-86, ДНАОП 0.03-3.21-91 та ГОСТ 12.1.006-84.

Особа, що проводить вимірювання, не повинна знаходитися між джерелом випромінювання та вимірювальною антеною. Під час проведення вимірювань обслуговуючому персоналу знаходитись в зоні вимірювання не дозволяється (при неможливості виконання цієї вимоги, в протоколі обстеження робиться відмітка).

Під час введення в експлуатацію нового обладнання, що є джерелом випромінювання ЕМП, воно повинно мати паспорт, в якому вказуються рівні випромінювання для проектного режиму роботи, які заміряні заводом-виготовлювачем.

Для захисту персоналу від ЕМП слід застосовувати наступні способи та засоби:

- зменшення напруженості та щільності потоку енергії ЕМП за допомогою використання погоджених навантажень та поглиначів потужності;
- екранування робочого місця;
- віддалення робочого місця від джерела ЕМП;
- раціональне розміщення в робочому приміщенні обладнання, що випромінює електромагнітну енергію;
- установлення раціональних режимів роботи обладнання та обслуговуючого персоналу;
- застосування засобів попереджувальної сигналізації (світлова, звукова і т. інш.);
- застосування засобів індивідуального захисту.

7.2. Монтаж і ремонт технологічних ліній

Під час компонування технологічних ліній та розміщення обладнання, обслуговування якого пов'язане з переміщенням персоналу, слід забезпечувати наявність місць для безпечних і зручних проходів, а також для пристосувань та пристроїв, які необхідні для безпечного ведення

технологічних процесів виробництва (робочі площадки, переходи, сходи, поруччя та інш.) відповідно до вимог ДНАСНП 0.03-1.07-73 та ГОСТ 12.2.003-91.

Ширина сходів для обслуговування обладнання з площадок повинна бути не менше, ніж 0,6 м, відстань між східцями - 0,2 м, ширина сідця не менше, ніж 0,12 м. Сходи площадки постійного робочого місця, що розташоване на висоті більше, ніж 1,5 м, повинні мати нахил до горизонту не більше, ніж 45°, а при меншій висоті - не більше, ніж 60°. Сходи, що ведуть до площадок розташованих на висоті більше, ніж 3 м, повинні мати перехідні площадки через кожні 3 м.

Технологічне обладнання повинно бути розміщене таким чином, щоб забезпечувалась безпека його обслуговування під час експлуатації та зручність під час проведення огляду та ремонту. Проходи між обладнанням і підходи до нього не дозволяється зашарашувати будь-якими предметами та матеріалами.

Мінімальна відстань між виступаючими частинами обладнання, де не передбачений рух працівників, повинна бути 0,5 м. Мінімальна відстань між виступаючими частинами апаратів, з урахуванням одностороннього проходу, повинна бути 0,8 м. Під час установлення апаратів фронтально один до одного, мінімальна відстань між ними повинна бути не менше, ніж 1,5 м.

Технологічне обладнання повинно бути установлене так, щоб відстань від верху обладнання до низу стельових балок була не менше, ніж 0,5 м. У виключному випадку дозволяється установлювати обладнання в міжбалочному просторі, але в даному разі відстань від верху обладнання до низу плит повинна бути не менше, ніж 0,5 м.

Під час використання для перекачування молока та молочних продуктів плунжерних насосів, слід застосовувати на виході з насосу запобіжні клапани тиску.

В технологічному обладнанні, де використовується місцеве охолодження, повинні бути установлені блокуючі пристрої, що виключають можливість пуску обладнання під час неподання холодоагента.

Всі механізми (привідні) та проміжні передачі повинні бути оснащені відповідними зручними та доступними для обслуговування пусковими та зупиняючими пристроями.

Котельне та машинне відділення, відповідно до вимог ГОСТ 21786-76, повинно мати звуковий та світловий зв'язок (сигналізацію) з апаратними та іншими цехами, а машинне відділення аміачно-холодильної установки - з морозильними та холодильними камерами.

Для запобігання від опіків паропроводи та трубопроводи для гарячої води, приєднані до технологічного обладнання, парові та пароводяні сорочки апаратів, що мають температуру вище, ніж 45 °С, повинні бути теплоізовані відповідно до вимог ГОСТ 12.2.124-90, а трубопроводи, по яких гарячі рідини подаються на охолодження, повинні проходити в безпечних для працюючих місцях.

Виступаючі клинці, болти, гайки, шпонки та інші елементи частин обладнання та проміжних передач, які обертаються, повинні бути закриті круглими та гладкими оболонками або футлярами.

Паси, вали, шківни та інші елементи приводів, які знаходяться на висоті до 2 м від підлоги, робочої площадки або проходять через перекриття повинні мати суцільні загородження висотою не менше, ніж 2 м, крім того, отвори в перекриттях по периметру повинні мати бортики висотою 0,2 м.

Паси, що мають нахил, слід огорожувати на повну висоту. Зшивання транспортних стрічок і пасів повинно бути міцним і гладким.

Бензинові двигуни повинні бути установлені тільки в прибудовах (установлення їх безпосередньо в виробничих приміщеннях переробки молока не дозволяється).

Під час монтажу та ремонту обладнання, для промивання деталей не дозволяється застосовувати органічні розчинники.

Перед ремонтом обладнання повинно бути обезживлене та від'єднане від продуктопроводів і трубопроводів, при цьому слід вивісити попереджувальний напис: «НЕ ВКЛЮЧАТИ, РЕМОНТ!».

Під час демонтажу обладнання деталі та його вузли повинні укладатися так, щоб не захаращувати проходи.

Під час ремонту, миття, очищення технологічного обладнання, парової та водяної арматури на пускачах електродвигунів, вентилях і засувках головних магістралей пару та води повинні бути вивішені таблички з попереджувальними написами: «УВАГА! НЕ ВКЛЮЧАТИ, ПРАЦЮЮТЬ ЛЮДИ!», «РЕМОНТ!», «МИТТЯ!», «ОЧИЩЕННЯ!».

Не дозволяється проводити ремонтні роботи поблизу рухомих механізмів, біля негороджених відкритих люків і отворів у міжетажних перекриттях.

Робочі місця під час ремонту, випробування та експлуатації технологічного обладнання повинні бути забезпечені засобами протипожежного та індивідуального захисту.

Під час технічного обслуговування технологічного обладнання, установок і приладів освітленість робочих місць повинна бути в межах від 110 до 320 лк. Під час виконання робіт середньої складності, освітленість на робочому місці повинна бути не менше, ніж 500 лк. Під час виконання робіт малої точності та грубих робіт освітленість в приміщенні та на робочих місцях повинна бути не менше, ніж 200 лк.

Після ремонту та налагодження обладнання, останнє дозволяється вмикати з дозволу механіка та в його присутності.

Трубопроводи для молока, що прокладені на стінах або біля них і під підлогою, повинні бути закріплені на розбірних спеціальних підвісках, підставках або кронштейнах і монтуватися (магістральні) на висоті від 2 до 2,2 м. По закінченні монтажу молокопроводи повинні підлягати гідралічному випробуванню тиском, збільшеним в 1,5 рази відносно робочого. Тиск при цьому повинен бути постійний протягом 10 хвилин.

7.3. Електробезпека

Побудова, монтаж і безпечна експлуатація електроустановок регламентуються ДНАОП 0.00-1.21-98, ДНАОП 1.1.10-1.01-97, ГОСТ

12.1.019-79 та «Правилами устрою електроустановок (ПУЭ)».

Для вирівнювання електричного потенціалу на території, де встановлене електрообладнання, повинні бути прокладені поздовжні та поперечні горизонтальні елементи заземлення, з'єднані між собою зверху, а також з вертикальними елементами заземлення відповідно до вимог ГОСТ 12.1.030-81.

Занулення повинно виконуватися електричним з'єднанням металевих частин електроустановок з заземленою точкою джерела живлення електроенергією за допомогою нульового захисного провідника відповідно до вимог ГОСТ 12.1.030-81.

Приєднання обладнання, що заземлюється, до заземлюючої магістралі, на якій за допомогою зварювання кріпиться необхідна кількість болтів, повинно здійснюватися за допомогою окремих провідників паралельно.

Відповідно до вимог ГОСТ 12.1.030-81, ГОСТ 12.2.007.0-75 та ГОСТ 10434-82 робити послідовне приєднання обладнання до заземлюючої магістралі не дозволяється.

Значення опору між заземлюючим болтом (гвинтом, шпилькою) і кожною доступною дотику металевою неструмоведучою частиною обладнання, що може виявитись під напругою, відповідно до вимог ГОСТ 12.1.030-81 та ГОСТ 12.2.007.0-75, не повинно перевищувати 0,1 Ом.

Корпус електродвигуна та пускового пристрою повинен бути заземлений.

Заземлення повинно бути приєднане до загальної мережі заземлюючого контуру, а місця з'єднань повинні бути зварені або скріплені болтом.

В стаціонарних електроустановках трифазного струму напругою до 1000 В у мережі з заземленою нейтраллю або заземленим виводом

однофазного джерела живлення електроенергією, а також з заземленою середньою точкою в трьохпровідних мережах постійного струму повинно бути виконане занулення. Під час занулення фазові та нульові захисні

провідники повинні бути вибрані таким чином, щоб під час замикання на корпус або нульовий провідник, виникав струм короткого замикання, що

забезпечує вимикання автомата або плавлення плавкої вставки найближчого запобіжника. В ланцюзі нульових захисних провідників не повинно бути

роз'єднуючих пристроїв і запобіжників. Опір заземлюючого пристрою, до якого приєднуються нейтралі генераторів (трансформаторів) або виводи

однофазного джерела живлення електроенергією, з урахуванням природних заземлювачів або повторних заземлювачів нульового проводу, не повинен

бути більше, ніж 2, 4 та 8 Ом, відповідно, при міжфазових напругах 660, 380 та 220 В трифазного джерела живлення або 380, 220 та 127 В однофазного

джерела живлення. При величині питомого електричного опору «земля» вищому, ніж 100 Ом, дозволяється збільшення вказаних норм у $\times 100$ разів відповідно до вимог ГОСТ 12.1.030-81.

В електроустановках змінного струму напругою до 1000 В у мережах

з ізолюваною нейтраллю або ізолюваними виводами однофазного джерела живлення електричним захисне заземлення повинно бути виконане в

поєднанні з контролем опору ізоляції. Опір заземлюючого пристрою у стаціонарних мережах, відповідно до вимог ГОСТ 12.1.030-81, повинен бути

не більше, ніж 10 Ом.

Металеві частини технологічного обладнання, що внаслідок пошкодження ізоляції можуть виявитися під електричною напругою небезпечної величини, повинні бути заземлені (занулені).

Для запобігання враження електричним струмом не дозволяється

усувати пошкодження в електричній схемі обладнання без попереднього зняття напруги.

Для живлення ланцюгів управління технологічного обладнання та ручного інструменту повинна використовуватись напруга, що не перевищує 42 В.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

ВІСНОВКИ

В кваліфікаційній магістерській роботі було проведено дослідження процесу маслоутворення з високожирних вершків в масловиробнику, як об'єкта керування та розроблено систему автоматичного керування температурним режимом під час збивання вершкового масла із використанням комплексу технічних засобів ОВЕН.

Створено математичну модель для дослідження температурні режими в секціях масловиробника. Використовуючи математичний процесор MATLAB/Simulink проведено аналіз динаміки і визначено передатну функцію об'єкта автоматизації по каналу регулювання температури вершків. На основі проведених досліджень вибрано ПІД закон регулювання температурою вершків в секції масловиробника.

Розроблено проект функціональної схеми автоматизації системи автоматичного керування температурним режимом під час збивання вершкового масла, де центральним пристроєм керування, збору інформації та регулювання служить програмований логічний контролер ПЛК110-30[M02].

Розроблено принципову електричну схему, схему з'єднань та підключень.

Економічні розрахунки показали доцільність впровадження САК мікрокліматом в картоплесховищі, оскільки строк її окупності складає 0.98 року.

НУБІП України

НУБІП України

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Сухенко Ю. Г., Сарана В. В., Сухенко В. Ю. Технологічне обладнання та лінії молокопереробних підприємств: навч. посіб. для підгот. студентів у ВНЗ; за ред. д-ра техн. наук, проф. Ю. Г. Сухенка ; Нац. ун-т біоресурсів і природокористування України. Київ : Комфронт, 2013. 658 с.

2. Беляев М.И. «Оборудование предприятий общественного питания. Т.3 Тепловое оборудование». М.: Экономика, 1990.

3. Стабников В.Н., Лысянский В.Н., Попов В.Л. «Процессы и аппараты пищевых производств». М «Агропромиздат», 1985.

4. Чубик И.А., Маслов А. М. «Справочник по теплофизическим свойствам пищевых продуктов и полуфабрикатов». М.: Пищевая промышленность. 1970.

5. Кук Г.А. «Процессы и аппараты молочной промышленности», М.: Пищевая промышленность. 1976.

6. Богомоллов О. В., Гурський П. В., Богомоллова В. П., Курсове та дипломне проектування обладнання переробних і харчових підприємств : Навч. посіб. для студ. вищ. навч.закл. Х. : Вспада, 2005. 429 с.

7. Сурков В.Д., Липатов Н.Н., Золотин Ю.П. «Технологическое оборудование предприятий молочной промышленности». М. «Легкая и пищевая промышленность», 1983.

8. ГОСТ 21.404-85. СПДС. Автоматизация технологических процессов. Позначення умовні приладів і засобів автоматизації в схемах.

9. Палишкин Н.А. Гидравлика и сельскохозяйственное водоснабжение. М. Агропромиздат. 1990.

Ю.Бородин И.Ф., Недилько Н.М. Автоматизация технологических процессов. М.: Агропромиздат. 1986. 387 с.

11/ДСТУ ГОСТ 2.702:2013 Единая система конструкторской документации. Правила выполнения электрических схем.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

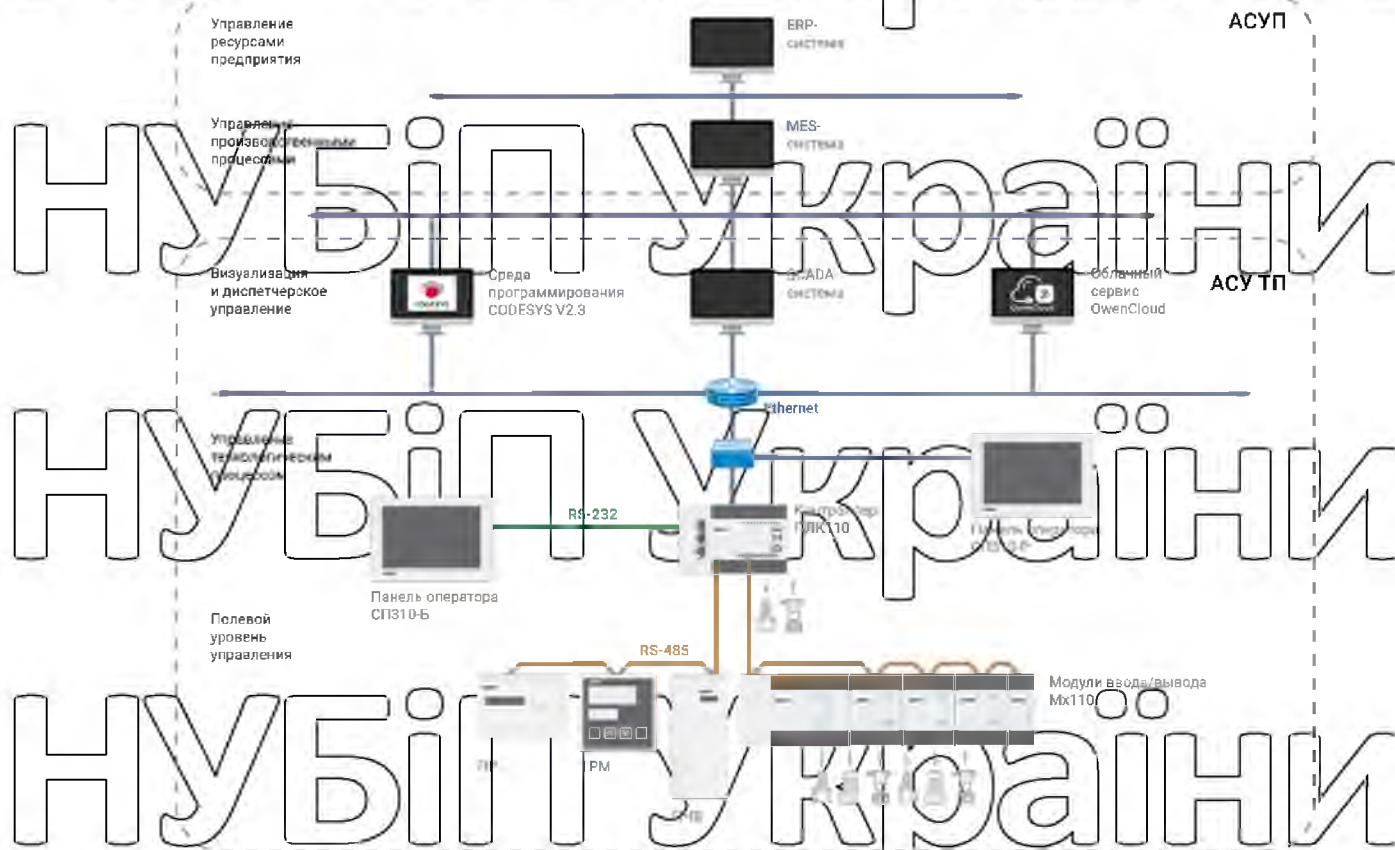
НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

ДОДАТОК А

Схеми з'єднання ПЛК110-30 фірми ОВЕН в склад АСУП



Технічні характеристики контролера ПЛК110-30 фірми ОВЕН

ОВЕН ПЛК110-Х.Х.Х-Х

Напряжение питания:

24 - 9...30 В постоянного тока (номин. =24 В)
220 - 90...254 В переменного тока частотой 47...63 Гц
 (номинальное 120/230 В)

Количество точек ввода/вывода:

30 - 30 точек ввода/вывода
32 - 32 точки ввода/вывода
60 - 60 точек ввода/вывода

Дискретные выходы:

P - 5/1 реле
K - транзисторные р-р-п-ключи с открытым коллектором

Система исполнения ПЛК:

L - ограничение 360 байт
M - ограничение 100 Кбайт
MS4-3 - среда исполнения MasterSCADA 4D
 количество клиентов, подключаемых к ПЛК - 3
MS4-10 - среда исполнения MasterSCADA 4D
 количество клиентов, подключаемых к ПЛК - 10

Параметр	ПЛК110	ПЛК110[M02]
Вычислительные ресурсы		
Процессор	200 МГц	400 МГц
ОЗУ	128 кБайт+2 МБ (размер heap варьируется)	128 кБайт+3 МБ (размер heap варьируется)
FLASH-диск ПЛК	4 МБ	6 МБ
Операционная система	нет	Есть, EmbOS Segger - ОС реального времени
Интерфейсы	RS-232 RS-232 Debug RS-485 (1 или 2) Ethernet USB Device	RS-232 RS-232 Debug RS-485 (1 или 2) Ethernet USB Device USB Host
Работа по беспроводным сетям	SMS, CSD, GPRS	SMS, CSD, GPRS
Питание 5 В в RS-232	Нет	Есть
Температурный диапазон эксплуатации	-10...+50 °С	-40...+55 °С
Источник питания для часов RTC	Встроенный аккумулятор	Заменяемая стандартная батарейка CR2032
Источник питания для Retain	Встроенный аккумулятор	Не требуется, используется MRAM
Ведение архивов на USB Flash	нет	До 8 ГБ
Быстрые входы	Есть, до 10 кГц	Есть, 100 кГц
Быстрые выходы	до 5 кГц	До 100 кГц

Технічні характеристики модулів аналогового введення фірми OVEN

Модификация

MB110-224.2A

MB110-224.8A



Входы

Количество входов

2 AI

8 AI

Типы поддерживаемых сигналов

унифицированные сигналы: 0...5 мА, 0(4)...20 мА, ±50 мВ, 0...1 В
термосопротивления: 50М, Cu50, 50П, Pt50, Ni100, 100М, Cu100, 100П, Pt100, Ni500, 500М, Cu500, 500П, Pt500, Ni1000, 1000М, Cu1000, 1000П, Pt1000
термопары: L, J, N, K, S, R, B, T, A-1, A-2, A-3

сопротивление: 0...5000 Ом
(датчик положения задвижки)

сопротивление: 0...900(2000) Ом
(датчик положения задвижки)

Характеристики аналоговых входов (AI)

Предел основной приведенной погрешности

±0,5 % – для термоэлектрических преобразователей
±0,25 % – для термометров сопротивления и унифицированных сигналов

Разрядность АЦП

16 бит

Н	Время опроса одного входа	Унифицированные сигналы	не более 0,4 с	не более 0,6 с
		Термосопротивления	не более 0,8 с	не более 0,9 с
		Термопары	не более 0,4 с	не более 0,6 с
Н	Входное сопротивление для унифицированных сигналов	тока 0(4)...20 мА	130...250 Ом	
		тока 0...5 мА	130...500 Ом	
		напряжения 0...1 В	не менее 200 кОм	
	Внешний резистор для измерения тока		49,9 Ом (поставляется в комплекте)	
Питание				
	Тип питания		универсальное ~230 В/±24 В	
Н	Напряжение питания	переменное: ~90...264 В (номинальное ~230) частотой 47...63 Гц или постоянное: =18...30 (номинальное =24) В		
	Потребляемая мощность	не более 6 ВА		
	Напряжение встроенного источника питания	=24 ±3 В	-	
	Ток встроенного источника питания	не более 50 мА	-	
Н	Конструктивное исполнение			
	Габаритные размеры	(63×110×75) ±1 мм		
	Степень защиты	IP20		
	Монтаж	на DIN-рейку / на стену		
Условия эксплуатации				
Н	Температура окружающего воздуха	-10...+55 °С		
	Относительная влажность воздуха (при +25 °С и ниже без конденсации влаги)	не более 80 %		
	Комплектность			
	Модуль	1 шт.		
Н	Паспорт / Гарантийный талон	1 экз.		
	Краткое руководство по эксплуатации	1 экз.		
	Резистор 49,9 Ом	2 шт.	8 шт.	

НУБІП України

Технічні характеристики модулів аналогового виведення фірми OVEN

Модифікація

МУ110-224.8И

МУ110-224.6У



Выходы

Количество выходов

8 АО

6 АО

Тип выходов

4...20 мА

0...10 В

Характеристики аналоговых выходов (АО)

Предел основной приведенной погрешности ЦАП

±0,5%

Разрядность ЦАП

10 бит

Сопротивление нагрузки, подключаемой к выходу

0...1300 Ом

не менее 2 кОм

Диапазон напряжений питания выхода

10...36 В

12...36 В

Питание

Тип питания

универсальное ~230 В/±24 В

Напряжение питания

переменное: ~90...264 В (номинальное ~230 В) частотой 47...63 Гц
или
постоянное: =18...30 В (номинальное =24 В)

Потребляемая мощность

не более 6 ВА

Конструктивное исполнение

Габаритные размеры

(63×110×75) ±1 мм

Степень защиты

IP20

Монтаж

на DIN-рейку / на стену

Условия эксплуатации

Температура окружающего воздуха

-10...+55 °С

Относительная влажность воздуха (при +25 °С и ниже без конденсации влаги)

ни более 80 %

Комплектность

Модуль

1 шт.

Паспорт / Гарантийный талон

1 экз.

Краткое руководство по эксплуатации

1 экз.