

Міністерство освіти і науки України
 Національний технічний університет
 «Дніпровська політехніка»

Навчально-науковий інститут електроенергетики
 (інститут)

Електротехнічний факультет
 (факультет)

Кафедра кіберфізичних та інформаційно-вимірювальних систем
 (повна назва)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
кваліфікаційної роботи ступеню бакалавра

студента Флік Денис Васильович

(П.І.Б.)

академічної групи 151-18-1

(шифр)

спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

(код і назва спеціальності)

за освітньо-професійною програмою 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

(офіційна назва)

на тему Автоматизація технологічного процесу заморожування риби

(назва за наказом ректора)

Консультанти	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинг.	інституційною	
Керівник кваліфікаційної роботи	ас. Карпенко О.В.			
Провідний консультант	ас. Карпенко О.В.			
Розробка апаратного забезпечення системи керування	ст. викл. Проценко С.М,			
Визначення моделі об'єкта керування	ст.викл. Бойко О.О.			
Економічна частина	ст. викл. Яремчук І.О.			
Охорона праці	проф. Чеберячко Ю.І.			
Рецензент				
Нормоконтролер	ас. Славінський Д.В.			

Дніпро
 2022

ЗАТВЕРДЖЕНО:
завідувач кафедри
кіберфізичних та інформаційно-
вимірювальних систем
(повна назва)

_____ Бублік О.В.
(підпис) (прізвище, ініціали)
« _____ » _____ 2022 року

ЗАВДАННЯ на кваліфікаційну роботу ступеня бакалавр

студенту Флік Д.В. _____ академічної групи 151-18-1 _____
(прізвище та ініціали) (шифр)

спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології _____

за освітньо-професійною програмою 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології _____
(офіційна назва)

на тему Автоматизація технологічного процесу заморожування риби _____

затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від 26.04.2022 №217-с

Розділ	Зміст	Термін виконання
Стан питання та постановка завдання	Вступ. Опис технологічного процесу для об'єкта автоматизації. Огляд існуючих систем автоматизації. Стан питання. Вибір напрямку створення автоматизованої системи.	11.05.2022
Розробка апаратного забезпечення системи керування	Обрання датчиків, виконавчих пристроїв та пристрою керування, розробка структурних схем, функціональної схеми автоматизації та принципової схеми електричної.	18.05.2022
Визначення моделі об'єкта керування	Виконання експерименту. Обробка результатів експерименту. Створення моделі об'єкта керування. Перевірка отриманої моделі на адекватність.	25.05.2022
Економічна частина	Економічне обґрунтування доцільності витрат на створення системи керування.	01.06.2022
Охорона праці	Розробка організаційно-технічних заходів, щодо реалізації правил безпеки при експлуатації системи.	05.06.2022

Завдання видано _____
(підпис керівника)

Дата видачі

Дата подання до екзаменаційної комісії

Прийнято до виконання _____
(підпис студента)

ас. Карпенко О.В.
(прізвище, ініціали)

04.05.2022

10.06.2022

Флік Д.В.
(прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Об'єкт розробки – система автоматичного керування технологічним обладнанням - камерою шокової заморозки Frios Winter SF-2300.

Об'єкт дослідження – процес заморозки, зберігання, розморожування риби у камері шокової заморозки.

Предмет дослідження – розробка моделі камери шокової заморозки, регульованій по каналу «тиск компресора → температура випарника».

Холодоагент під тиском 5...26 бар, в залежності від необхідної температури у випарнику, через дросельний отвір надходить у випарник, де через різке зниження тиску рідина випаровується і перетворює її в пару, який бере тепло з внутрішніх стінок випарника, за рахунок чого охолоджується внутрішній простір холодильної камери. Номінальний режим температури може бути в діапазоні -35...-12 °С, що залежить від технологічної карти зберігання конкретного продукту.

Оскільки Frios Winter SF це серія промислових камер шокової заморозки модульного типу, вільної комплектації, що дозволяє дуже гнучка варіювати технічними та економічними параметрами кінцевих морозильних камер – вартість технологічного обладнання, об'єм камери, часові параметри заморозки продукту та розморожування, кінцевими температурами заморозки та розморожування та ін. Таким чином є гостра потреба в створенні системи керування та ідентифікації отриманого об'єкту керування.

Виходячи з отриманих результатів можливо зробити висновок, що модель відповідає об'єкту керування, та може бути використана для подальшої розробки підсистеми керування. Подальше вдосконалення моделі можливе у рамках більш детального аналізу впливів збурення. Отримана модель може бути використана для розробки програмного забезпечення підсистеми керування.

ШОКОВА ЗАМОРОЗКА, РИБА, ПЛИТКОВИЙ АПАРАТ, КОМПРЕСОР, ТИСК, ТЕМПЕРАТУРА, ДАТЧИК, СИСТЕМА КЕРУВАННЯ, ВИКОНАВЧИЙ ПРИСТРІЙ, СИНТЕЗ СИСТЕМИ, ІМІТАЦІЙНА МОДЕЛЬ

ЗМІСТ

Зміст	4
Перелік скорочень	7
Вступ	8
1 Стан питання та постановка завдання	10
1.1 Застосування холоду в рибній промисловості	10
1.2 Технологічний процес	13
1.2.1 Горизонтально-плиткові апарати	15
1.3 Об'єкт керування	17
1.3.1 Загальна інформація	17
1.3.2 Характеристика об'єкта керування	19
1.3.2 Структура об'єкту керування	19
1.3.3 Принцип функціонування об'єкту керування	21
1.4 Структура системи керування	21
1.5 Формулювання задачі дослідження	21
1.6 Висновки за розділом	22
2 Розробка апаратного забезпечення системи керування	23
2.1 Розробка структурної схеми підсистеми керування	23
2.2 Розробка структурної схеми інформаційних потоків	25
2.3 Вибір апаратного забезпечення підсистеми керування	26
2.3.1 Вибір датчиків	26
2.3.2 Вибір виконавчих пристроїв	29
2.3.3 Вибір пристроїв керування	31
2.3.4 Вибір джерел живлення	36
2.4 Розробка функціональної схеми автоматизації	38
2.5 Розробка схеми електричної принципової	39
2.6 Висновки за розділом	40
3 Визначення моделі об'єкта керування	42

3.1 Розробка структурної схеми інформаційних потоків дослідницької системи	42
3.2 Розробка методики дослідження об'єкта керування	44
3.3 Виконання експерименту	46
3.4 Обробка результатів експерименту	49
3.4.1 Підготовка даних	49
3.4.2 Структурна ідентифікація	51
3.4.3 Параметрична ідентифікація	55
3.4.4 Розробка моделі об'єкта керування в Simulink	59
3.4.5 Перевірка моделі на адекватність	61
3.5 Висновки за розділом	63
4 Економічна частина	65
4.1 Техніко-економічне обґрунтування впровадження системи керування	65
4.2 Розрахунок капітальних витрат пов'язаних з впровадженням системи керування	65
4.3 Розрахунок капітальних витрат на програмне забезпечення	67
4.3.1 Розрахунок часу на розробку програмного забезпечення	67
4.3.2 Розрахунок витрат на розробку програмного забезпечення	69
4.4 Розрахунок експлуатаційних витрат	70
4.4.1 Амортизація основних фондів	71
4.4.2 Розрахунок фонду заробітної плати	72
4.4.3 Відрахування на соціальні заходи	73
4.4.4 Розрахунок витрат на технічне обслуговування та ремонт	73
4.4.5 Витрати на електроенергію	73
4.4.6 Інші витрати	74
4.5 Висновки за розділом	74
5 Охорона праці	75
5.1 Шкідливі та небезпечні фактори	75
5.1.1 Повітря робочої зони	75
5.1.2 Вентиляція	77

	6
5.1.3 Виробниче освітлення	78
5.1.4 Виробничий шум і вібрація	79
5.1.5 Випромінювання	81
5.1.6 Електробезпека	82
5.2 Пожежна безпека	84
5.3 Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях	85
5.4 Висновки за розділом	86
Висновки	87
Перелік посилань	89
Додаток А	93
Додаток Б	94
Відгуки консультантів кваліфікаційної роботи	95
Відгук	97
Рецензія	98

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

АСК ТП	- автоматизована систему керування технологічним процесом
БП	- біологічне паливо;
ВВП	- внутрішній валовий продукт;
ЕОМ	- електронна обчислювальна машина;
ОУ	- об'єкт керування;
САК	- система автоматичного керування;
ПЛК	- програмований логічний контролер;

ВСТУП

Риба – це джерело необхідних речовин таких як Омега-3, жирні кислоти та вітаміни D і B2 (рибофлавін). Риба багата кальцієм і фосфором, а також є прекрасним джерелом мінералів, таких як залізо, цинк, йод, магній і калій. Вченими рекомендовано вживати рибу принаймні два рази на тиждень, щоб збагатити організм поживними речовинами. М'ясо риби також багате на незамінні амінокислоти, вітаміни та інші речовини, які можуть знизити кров'яний тиск і допомогти знизити ризик серцевого нападу або інсульту [6, 7].

Рибна галузь стрімко розвивається та не стоїть на місці, попит на рибу та рибні продукти невпинно зростає, тому виникає необхідність у довготривалому її зберіганні. Основним методом консервування риби є заморожування. Але при недоброякісному зберіганні заморожена риба та рибні продукти можуть втратити свою цінність та якість. Неналежне зберіганні та реалізація цих продуктів у торгівельних мережах чи на ринках призводить до їх псування. Вживання зіпсованих і неякісних продуктів може викликати захворювання у людини, зокрема ботулізм, сальмонельоз та ін. Для запобігання цього необхідний постійний контроль за виробництвом, зберіганням і умовами реалізації рибної продукції.

Рибальство – це важлива галузь виробництва, в якій виловлюють і розводять рибу та інших гідробіонтів для виробництва різноманітних продуктів [3, 29]. Риба здавна є важливим джерелом задоволення потреб людини в білковій їжі та різних елементах водного походження, що відсутні у інших продуктах тваринництва. Відомо, що саме в морській рибі найвищій уміст вітамінів А і Д, фтору і йоду і сама головна її цінність – це поліненасичені жирні Омега-3 кислоти, які регулюють рівень ліпідів і холестерину в крові та попереджують розвиток порушення обміну речовин та виникнення різних захворювань, зокрема атеросклерозу. Вони позитивно впливають на роботу головного мозку, серця і кровоносних судин. У зв'язку з тим, що риба і продукти її переробки – це джерело багатьох необхідних поживних речовин для людини, то й вилов риби, її реалізація

в свіжому, замороженому і консервованому вигляді у світі постійно зростають [6, 23].

У кваліфікаційній роботі розглядаються питання по створенню автоматизованої системи керування технологічним процесом з заморожування риби.

Заморожування - це зниження температури продукту нижче його криоскопічної температури. Для кожного продукту температура заморожування та характер процесу заморожування специфічні, тому продукт вважається замороженим, якщо температура в глибині продукту досягла -8°C .

На сучасному рівні заморожування є основним засобом консервування харчових продуктів, що швидко псуються. Харчові продукти заморожуються з метою підготовки їх до тривалого зберігання. Заморожування здійснюється в повітрі та рідких середовищах. Під час заморожування харчових продуктів значна частини вологи, яка міститься в продукті, перетворюється в лід. При цьому знижуються органолептичні показники продукту, але при правильній.

Шокова заморозка – один з найбільш сприятливих та ефективних методів збереження харчових продуктів. Технологія швидкісної заморозки полягає у фазовому переході внутрішньоклітинної рідини в мікро-кристали льоду. Миттєва рівномірна заморозка дозволяє зберегти всі корисні і смакові якості продукту, зробити термін зберігання максимально довгим. Завдяки перевагам такого способу заморожування, цей метод економічно вигідний і актуальний для всіх малих і великих «харчових» підприємств.

Основне завдання – зберегти корисні властивості продукту і збільшити термін його придатності, що є одним з основних критеріїв вибору холодильного обладнання.

Камери шокової заморозки дозволяють заощадити часові та виробничі ресурси, скоротити необхідну робочу площу і підвищити якість продукції, роблячи її більш безпечною для масового споживання [16].

1 СТАН ПИТАННЯ ТА ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ

1.1 Застосування холоду в рибній промисловості

Риба є продуктом швидкого псування. Тому з моменту вилову до остаточної обробки вона повинна перебувати в умовах, що гальмують розвиток автолітичних та бактеріальних процесів. Швидкоплинність цих процесів залежить від температури навколишнього середовища, а також від виду риби. Підтримуючи низьку температуру тіла свіжої риби, можна значно сповільнити процеси розкладання. Швидке охолодження риби до криоскопічної температури (при якій замерзає основна маса води) відстрочує терміни обмерзання, за яким відбуваються вже руйнівні мікробіологічні процеси. При повільному охолодженні риби темп розвитку мікробіологічних і біохімічних процесів виявляється вище темпу охолодження, тож небажані зміни у рибі можуть відбутися раніше, ніж вона встигне охолотитися.

Оскільки переробка риби та морепродуктів відбувається і на судах, які здійснюють їх вилов, і на берегових підприємствах, асортимент пристроїв заморозки широкий, а конструкції доволі різноманітні, що обумовлено необхідністю їх адаптації до тих чи інших умов. Як тільки рибу вловили, її потрібно якнайшвидше піддати низькотемпературній обробці. В іншому випадку неминуче почнеться її псування, і продукція буде незворотно втрачена.



Рисунок 1.1 – Переробка риби на судах

Велика частина морської риби надходить у торгівлю у вигляді блоків стандартного розміру (800 x 250 x 60 міліметрів).

Оскільки у такий спосіб цю продукцію легше зберігати і транспортувати, на виробництві заморозка риби здійснюється на вертикальних або горизонтальних плиткових швидко-морозильних апаратах, які мають дещо різну конструкцію, але те ж саме призначення. Принцип їх роботи досить простий: риба розміщується між металевими плитами, всередині яких циркулює холодоагент.

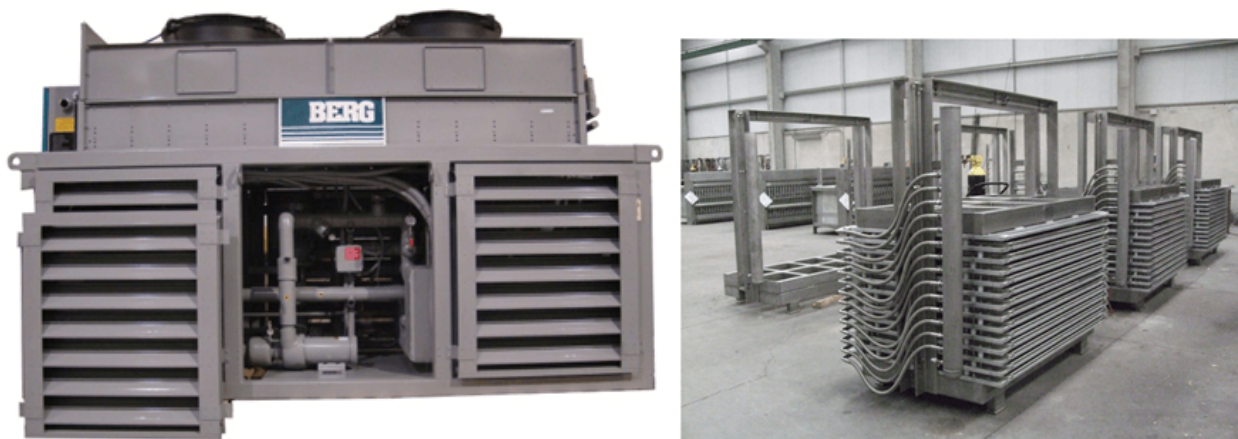


Рисунок 1.2 – Технологічне обладнання для горизонтальних плиткових швидко-морозильних апаратів

Таким чином, забезпечується високий ступінь теплообміну, внаслідок чого шокова заморозка відбувається дуже швидко, і тому плиткові швидко-морозильні апарати мають високою продуктивністю.

Холодильна техніка в рибній промисловості будується за принципом безперервності холодильного кола. Це означає, що харчові продукти від моменту заготівлі сировини до моменту надходження до споживача перебувають під безперервним впливом холоду.

Термін зберігання охолоджених продуктів головним чином залежить від якості риби-сирцю, способу і тривалості охолодження та умов зберігання. При охолодженні риби в ній відбуваються істотні зміни: збільшення щільності тканин та в'язкості тканинних соків і крові, зменшення маси риби за рахунок часткового випаровування вологи з її поверхні при охолодженні в повітряному середовищі (усушка риби). Ступінь усушки визначається властивостями риби і

охладжуючим середовищем та умовами охолодження. Серед властивостей риби, які впливають на ступінь усушки, важливими є щільність, розміри, наявність і характер упаковки в процесі охолодження і зберігання.

Охолодженням у холодній морській воді (імерсійне охолодження) досягається ефективне збереження якості риби. Однак при тривалому (понад добу) зберіганні в морській воді спостерігається набухання покривних тканин, внаслідок чого шкірка риби стає нестійкою до механічних і теплових впливів.

Охолодження риби льодово-соляною сумішшю дозволяє досягти більш швидкого і глибокого (до $-2...-3$ °C) охолодження тіла риби. Однак при цьому виникають дифузійно-осмотичні процеси, внаслідок чого збільшується вміст солі у поверхневих шарах тканин тіла риби.

Охолодження риби подрібненим льодом відбувається пересипанням шарів риби у будь-якій тарі мілко подрібненим льодом. Для охолодження риби використовують водний прісний лід і лід з морської води (природний і штучний). Штучний лід виробляється в льодогенераторах. Для охолодження свіжоспійманої риби необхідно 75 % льоду від її маси. Для збільшення термінів зберігання в лід вводять антибіотики (зазвичай хлор-тетрациклін і окситетрациклін).



Рисунок 1.3 – Охолодження риби подрібненим льодом

Іноді використовується підморожування риби, що дозволяє збільшити термін її зберігання до 20...25 діб. Для цього рибу витримують дві години на холодному повітрі з температурою -30 °C або 15...20 хвилин у розсолі з температурою -10 °C. При перевезенні та зберіганні підмороженої риби температура навколишнього середовища повинна бути не вище -1 °C.

Для тривалого зберігання застосовують заморожування риби. Процес заморожування риби характеризується перетворенням на лід більшої частини вологи, що в ній міститься. Заморожування риби супроводжується суттєвими біохімічними та хімічними змінами. Біохімічні зміни зводяться до придушення життєдіяльності мікроорганізмів, що знаходяться на поверхні і всередині риби, і навіть до зниження кількості бактерій на її поверхні відразу ж після заморожування [15].

1.2 Технологічний процес

На судах рибу, як правило, заморожують блоками стандартних розмірів (800 x 250 x 60 мм) для кращого використання вантажних обсягів і простоти складування. Застосовуються повітряні морозильні апарати (шафового типу, конвеєрні, гравітаційні), а також плиткові (у них блок-форми заморожуються між плитами, в яких циркулює холодоагент). На берегових установках застосовують штучне і блочне заморожування, використовуючи стелажні, конвеєрні та плиткові апарати. Риба і рибопродукти (наприклад, рибне філе) заморожуються у потоці холодного повітря з температурою $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$. Більш висока температура призводить до погіршення якості риби: при повільному заморожуванні у тілі риби ростуть великі кристали льоду, що розривають клітини, погіршують товарний вигляд і смакові якості.

Для зберігання замороженої риби застосовують камери з температурою $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ (короткочасне зберігання) і $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ (тривале зберігання). При температурі $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$ і нижче розвиток мікроорганізмів в припиняється, тому мікробіологічні зміни мороженої риби в період зберігання незначні. Водночас слід враховувати, що мікроорганізми переносять низьку температуру краще, ніж високу, тому за несприятливих умов зберігання (наприклад, зараженість навколишнього повітряного середовища мікроорганізмами, висока вологість повітря, значна первинна зараженість продукту мікроорганізмами) може з'явитися цвіль. Що нижче температура в камері, тим повільніше відбувається псування риби.

Забезпечити тривале зберігання риби дозволяє застосування сучасних холодильних камер [15].

Апарати безконтактного заморожування призначені для заморожування блочних та дрібно-штучних продуктів як упакованих в тару, так й не упакованих.

Такі апарати компактні, інтенсивні та мають більш гарні в порівнянні з повітряними морозильними апаратами порівняльні показники.

До апаратів з безконтактним заморожуванням відносять плиткові морозильні апарати та апарати для заморожування упакованих продуктів рідкими холодоносіями.

Плиткові морозильні апарати призначені для заморожування різноманітних харчових продуктів в блоках: м'яса, субпродуктів, промислової риби, рибного філе та фаршу, творогу в блоках та брикетах дрібної розфасовки, овочевих та фруктових пюре.

Продукти, які заморожені в плиткових морозильних апаратах, мають правильну форму та легко упаковуються. При транспортуванні та подальшому зберіганні таких продуктів ефективно використовується вантажна місткість транспортних засобів та камер зберігання стаціонарних холодильників.

В плиткових морозильних апаратах упакований або не упакований продукт заморожується, знаходячись в контакті з рухомими морозильними плитами або з барабанами, які обертаються.

Морозильні плити переміщуються гідравлічним або електричним приводом, а також енергією рідини, щільно (під тиском 10...100 кПа) притискаються до продукту, що забезпечує формовку та підпресовку продукту, його гарний тепловий контакт з площею поверхні морозильних плит. Плити та барабани апарата охолоджуються киплячим холодильним агентом (випарна система) або холодоносієм, який охолоджується в випарнику. У випарну систему плиткового морозильного апарату холодильний агент може подаватися під різницею тисків конденсації та кипіння або циркуляційними насосами.

Апарати можуть обслуговуватися індивідуальними або центральними холодильними установками. Відсутність проміжного повітряного середовища в

плиткових морозильних апаратах дозволяє зменшити перепад температур та інтенсифікувати теплообмін між продуктом, що охолоджується, та холодильним агентом (холодоносієм), а також відмовитись від громіздких та метало-ємних повітроохолоджувачів та енергоємних вентиляторів. Тому плиткові морозильні апарати інтенсивні, компактні та економічні. В порівнянні з повітряними морозильними апаратами знімання замороженого продукту з 1 м² площі полу, яку займають плиткові морозильні апарати, приблизно в 1,5...2 рази більше, а енерговитрати та маса цих апаратів на 30...40 % менша.

В залежності від розташування морозильних плит та їхньої конструкції апарати бувають горизонтально-плиткові (апарати з горизонтальним розташуванням плит), вертикально-плиткові (апарати з вертикальним розташуванням плит), роторні (апарати з радіальним розташуванням плит), а також апарат барабанного типу.

1.2.1 Горизонтально-плиткові апарати

Горизонтально-плиткові апарати застосовують для заморожування філе. В таких апаратах продукт, що знаходиться між плитами, заморожується в листах. Більшість горизонтально-плиткових морозильних апаратів – пристрої періодичної дії з ручним і механізованим завантаженням і вивантаженням продукту. Деякі апарати виконуються з періодичним переміщенням блок-форм з продуктом по морозильних плитах. Горизонтально-плиткові морозильні апарати випускаються з числом плит від 6 до 21 од. Горизонтально-плиткові морозильні апарати складаються з ізольованого контуру (шафи) з дверцями, рами (каркаса), морозильних плит, гідравлічного або механічного приводу, призначеного для переміщення морозильних плит. Привод може розміщуватися у верхній або в нижній частині апарату. В деяких апаратах гідравлічний привод (гідравлічні циліндри) розміщують збоку (поряд з морозильними плитами), що дозволяє виконувати апарат компактним. Тиск підпресування на продукт підтримується постійним за допомогою спеціального клапана, який автоматично перепускає масло з гідравлічних циліндрів в місткість. Такий клапан не допускає збільшення

тиску на продукт при зростанні його об'єму в процесі заморожування. Горизонтально-плитковий апарат з ручним завантаженням і вивантаженням продукту (рис. 1.4) складається з ізолюваного контуру, морозильних плит, знімних щитів, двошарової штори, гідравлічних циліндрів, призначених для переміщення морозильних плит, і вертикальних колекторів, які потрібні для подачі рідкого холодильного агента в плити і відведення парорідинної суміші з них.

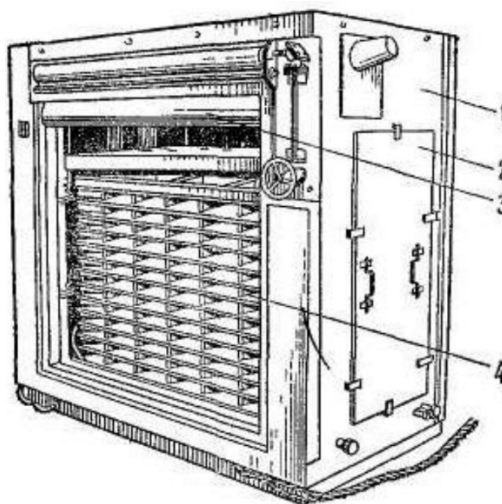


Рисунок 1.4 – Горизонтально-плитковий апарат з ручним завантаженням і вивантаженням продукту:

- | | |
|------------------------|-----------------------|
| 1 – ізолюваний контур; | 2 – знімні щити; |
| 3 – двошарова штора; | 4 – морозильна плита. |

Рисунку 1.4 показано горизонтально-плитковий апарат з ручним завантаженням і вивантаженням продукту. В апараті розміщено 14 морозильних плит (розміром (800 x 250 x 60 мм), відстань між якими може мінятися від 60 до 100 мм У внутрішніх каналах морозильних плит циркулює холодильний агент, який підводиться до плит і відводиться від вертикальних колекторів за допомогою сифонних метало-рукавів. До подаючого вертикального колектору апарату холодильний агент прямує з ресивера циркуляційним насосом. Знімні щити призначені для огляду і ремонту окремих вузлів апарату (сифонних метало-рукавів, обмежувальних болтів, що фіксують відстань між морозильними плитами, і ін.). Ізолюваний контур закритий двошаровою шторою, один край якої жорстко прикріплений до апарату, а інший – сполучений з барабаном

ручного приводу підйому штори. Між шарами штори вільно укладений натяжний порожнистий вал, що забезпечує рівномірне натягнення штори і постійний повітряний зазор між її шарами. Поршні гідравлічних циліндрів, пов'язані з траверсою, передають зусилля морозильним плитам через завантажувальну раму з сферичним шарніром. Продукт, що підлягає заморожуванню, укладається на листи, які вручну встановлюють на морозильні плити апарату. Після заморожування продукту листи вручну витягуються з апарату, щоб видалити заморожені блоки. Перевагами апарату є його компактність, інтенсивність процесу заморожування, рівномірне підпресування блоків з продуктом, а недоліком – необхідність застосування ручної праці при завантаженні апарату і вивантаженні листів з продуктом.

1.3 Об'єкт керування

1.3.1 Загальна інформація

Технологічне обладнання Frios Winter SF модульного типу застосовується для швидкого заморожування м'яса, риби, ягід, фруктів, овочів, напівфабрикатів та іншої продукції харчової промисловості.

Основні переваги обладнання:

- оптимальне споживання електроенергії (до 45 % економії);
- істотно зменшується усушка продукції;
- не утворюються великі кристали льоду, які характерні при традиційному заморожуванні;
- набагато краще зберігається структура тканин продукції;
- підвищується термін зберігання продуктів;
- при подальшому розморожуванні продукція не втрачає своїх властивостей;
- продукція не втрачає своїх смакових властивостей;
- просте управління і експлуатація обладнання;
- поліпшується товарний вид продукції.



Рисунок 1.5 – Технологічне обладнання Frios Winter SF модульного типу

Основна (базова) комплектація Frios Winter SF:

- потовщена теплоізоляція стін камери – 150 мм;
- алюмінієва рифлена підлога;
- удосконалена система обдуву продукції;
- енергоефективний напів-герметичний компресор інверторного типу;
- система енергозбереження;
- розпашні двері з пандусом;
- датчик температури продукції;
- високоефективний повітроохолоджувач, шаг ламелі – 10...12 мм;
- компресорний агрегат в корпусному виконанні;
- освітлення в камері.

На відміну від традиційного способу заморозки, камера шокової заморозки демонструє кращу холодопродуктивність з рівномірним впливом на об'єкти заморозки (всередині і зовні), запобігаючи розмноженню бактерій. Миттєва шок заморозка відмінно зберігає продукт, підтримуючи його високу якість. Метод вигідний і з економічної позиції. Кінцева собівартість товару відчутно знижується одночасно за кількома параметрами.

Додаткові опції:

- відтайка гарячим газом;
- сенсорна панель управління;
- система моніторингу роботи камери 24/7;
- камера з нержавіючої сталі;
- система енергозбереження;
- відкотні двері;
- озонобезпечний фреон;
- режим шокового охолодження;
- підлога з нержавіючої сталі типу «ванна».

1.3.2 Характеристика об'єкта керування

В таблиці 1.1 – наведені основні параметри камери шокової заморозки Frios Winter SF-2300.

Таблиця 1.1 - Технічні характеристики камери шокової заморозки Frios Winter SF-2300

Тип технологічного процесу	Параметри
Споживана потужність, кВт	120
Кількість заморожуваної продукції, кг/год	2 300
Температура всередині камери, °С	-36
Цикл заморозки, хв	від 30
Температура навколишнього середовища, °С	-25...+40
Кількість палет, од	24
Габаритні розміри палети, мм	1 200 x 800 x 1 900
Вага продукції на палеті, кг	50...750
Габаритні розміри камери, мм	11 200 x 4 500 x 3 220
Габаритні розміри компресорного агрегату, мм	3 000 x 1 400 x 2 350

1.3.2 Структура об'єкту керування

У загальному вигляді структурна схема холодильного апарату показана на рисунку 1.6. Основними складовими частинами апарату є:

- конденсатор, розташований поза апаратом 1;
- термостатична-регулюючий розширювальний клапан 2 (ТРК), який є дросельним пристроєм;
- випарник, розташований всередині холодильника 3;

– компресор, який отримує енергію з електричної мережі 4.

Холодоагент - циркулюючий в системі, це речовина з певними фізичними характеристиками.

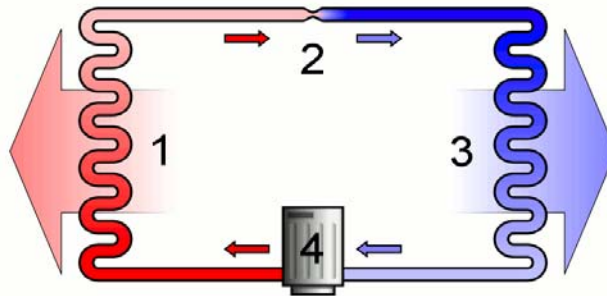


Рисунок 1.6 - Структурна холодильного апарату

Холодоагент під тиском через дросельний отвір (капілярний або ТРК) надходить у випарник, де через різке зниження тиску рідина випаровується і перетворює її в пару. При цьому холодоагент бере тепло з внутрішніх стінок випарника, за рахунок чого охолоджується внутрішній простір холодильника.

Компресор висмоктує холодоагент у вигляді пари з випарника, стискає його, за рахунок чого підвищується температура холодоагенту і штовхає його в конденсатор.

У конденсаторі холодоагент, нагрітий в результаті стиснення, охолоджується, віддаючи тепло зовнішньому середовищу, і конденсується, тобто перетворюється в рідину. Процес повторюється знову.

Так, в конденсаторі холодоагент під впливом високого тиску конденсується і переходить в рідкий стан, виділяючи тепло, а в випарнику, під впливом низького тиску, кипить і перетворюється в газоподібне, що поглинає тепло.

Термостатичний клапан (ТРК) необхідний для створення необхідної різниці тиску між конденсатором і випарником, при якому відбувається цикл теплообміну. Вона дозволяє правильно (найбільш повно) заповнити внутрішній обсяг випарника киплячим холодоагентом. Прохідна секція ТПВ змінюється в міру зниження теплового навантаження на випарник, в міру зниження температури в камері зменшується кількість циркулюючого холодоагенту.

Капіляр є аналогом ТРК. Він не змінює свій поперечний переріз, а дроселює певну кількість холодоагенту, в залежності від тиску на вході і виході капіляра, його діаметра і типу холодоагенту.

При досягненні необхідної температури датчик температури відкриває електричний ланцюг і компресор зупиняється. При підвищенні температури (через зовнішніх факторів) датчик знову включає компресор.

1.3.3 Принцип функціонування об'єкту керування

Згідно рисунку 1.6, де наведена структурна холодильного апарату, можна визначити наступні канали керування:

- «діаметр термостатично-регульованого клапана (ТРК) → температура випарника»;
- «тиск компресора → температура випарника».

1.4 Структура системи керування

Роботою камери шокової заморозки Frios Winter SF-2300 керує автоматичний регулюючий прилад, який має автоматично підтримувати вихідні параметри за усіма визначеними каналами управління.

1.5 Формулювання задачі дослідження

В нашому випадку, створення підсистеми автоматизації технологічного процесу заморожування риби, обрано один з каналів, це головний контур - «тиск компресора → температура випарника».

З метою побудови підсистеми керування за обраним каналом керування, необхідно провести активний експеримент для визначення параметрів передавальної функції об'єкту керування – камери шокової заморозки Frios Winter SF-2300.

Підсистема керування має підтримувати задану температуру $-35...-12$ °C в зоні заморожування плиткового апарату технологічного обладнання Frios Winter SF-2300.

1.6 Висновки за розділом

Оскільки Frios Winter SF це серія промислових камер шокової заморозки модульного типу, вільної комплектації. Ці параметри поставки технологічного обладнання дозволяють дуже гнучка варіювати технічними та економічними параметрами кінцевих морозильних камер – вартість технологічного обладнання, об'єм камери, часові параметри заморозки продукту та розморожування, кінцевими температурами заморозки та розморожування та ін.

Таким чином є гостра потреба в створенні системи керування та ідентифікації отриманого об'єкту керування.

Актуальність роботи пояснюється необхідністю модернізації систем керування, яка використовуються на судах для процесу заморозування, збереження та розморожування риби. Сучасна система керування дозволить контролювати зазначені параметри, дозволяючи отримувати режими роботи технологічного обладнання з заданими технічними характеристиками. Також ця система керування матиме можливість фіксації та збереження параметрів роботи технологічного обладнання.

2 РОЗРОБКА АПАРАТНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ

2.1 Розробка структурної схеми підсистеми керування

У кваліфікаційній роботі, в якості об'єкту керування, обрано технологічне обладнання - камера шокової заморозки Frios Winter SF-2300.

До мінімального складу структури підсистема керування, за вхідними і вихідними сигналами, мають входити наступні сигнали.

Вхідні сигнали:

– температура випарнику у камери, °С	-36...-12;
– температура радіатора, °С	5...80;
– температура навколишнього середовища, °С	5...+40;
– вага продукції на палетах, кг	1 200...18 000;
– тиск фреону у випарнику, бар	-0,2...5;
– тиск фреону з компресора, бар	5...26;
– Вихідні сигнали керування:	
– двигун компресор, В /кВт	~380 / ~120;
– вентилятор охолодження радіатора, В /кВт	~380 / ~12.

Слід окремо відзначити, що для організації економічної роботи камери шокової заморозки Frios Winter SF-2300 треба забезпечити регульовану потужність компресора, тобто забезпечити «інверторний» режим компресора – застосувати для його роботи частотний перетворювач.

Роботою технологічного обладнання, камерою шокової заморозки Frios Winter SF-2300 керує програмований логічний контролер (рис. 2.1).

Принцип роботи об'єкту керування полягає в тому, що холодоагент під тиском через дросельний отвір (капілярний або ТРК) надходить у випарник, де через різке зниження тиску рідина випаровується і перетворює її в пару. При цьому холодоагент бере тепло з внутрішніх стінок випарника, за рахунок чого охолоджується внутрішній простір холодильного апарату.

Компресор висмоктує холодоагент у вигляді пари з випарника, стискає його, за рахунок чого підвищується температура холодоагенту і штовхає його в конденсатор.

У конденсаторі холодоагент, нагрітий в результаті стиснення, охолоджується, віддаючи тепло зовнішньому середовищу, і конденсується, тобто перетворюється в рідину. Процес повторюється знову.

Так, в конденсаторі холодоагент під впливом високого тиску конденсується і переходить в рідкий стан, виділяючи тепло, а в випарнику, під впливом низького тиску, кипить і перетворюється в газоподібне, що поглинає тепло.

При досягненні необхідної температури компресор зменшує продуктивність, а при підвищенні температури навпаки - компресор підвищує свою продуктивність.

Вентилятори охолодження радіатора обмежують температуру його нагріву, яка не має перевищувати 60 °С.

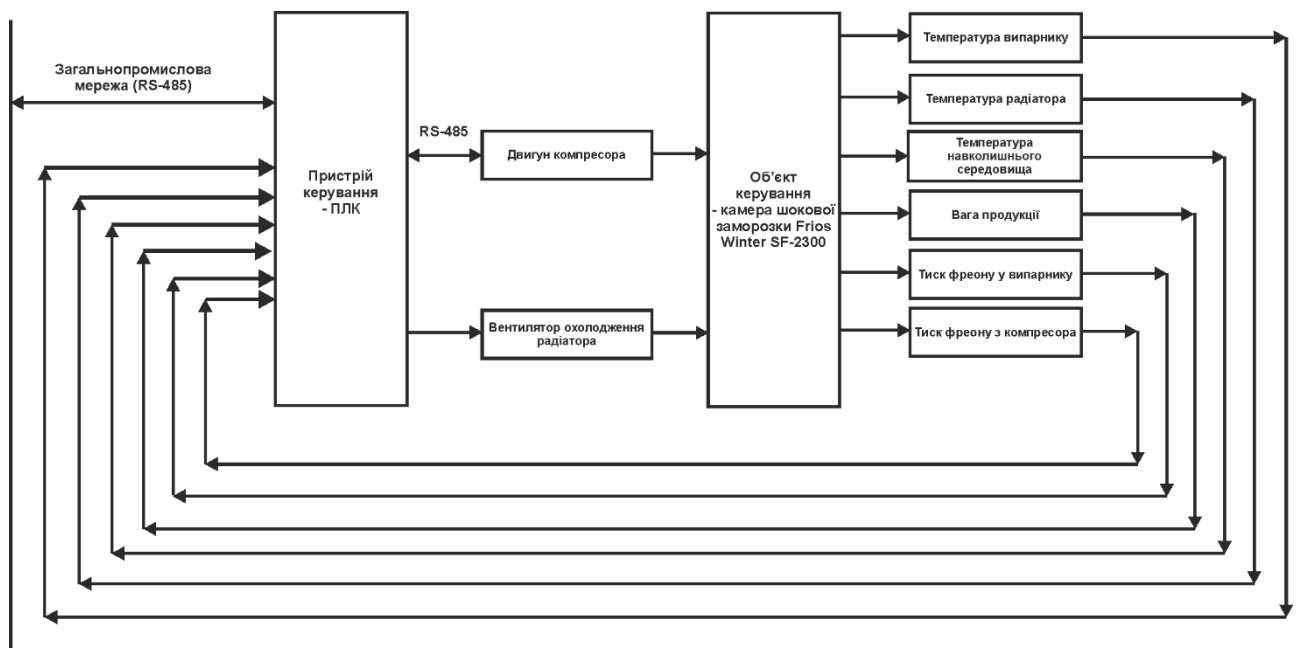


Рисунок 2.1 – Структурна схема підсистеми керування

Датчики температури навколишнього середовища, ваги продукції на палетах, тиску фреону у випарнику і тиску фреону з компресора забезпечують необхідної інформацією систему керування з метою організації заданої за

технологічними параметрами роботи з урахуванням можливої економічної роботи технологічного обладнання.

Підсистема керування має підтримувати задану за технологічними параметрами температуру $-35\dots-12\text{ }^{\circ}\text{C}$ в зоні заморожування / розморожування риби у плитковому апараті, який входить до складу технологічного обладнання Frios Winter SF-2300.

Таким чином система керування має два канали керування:

Роботою камерою шокової заморозки Frios Winter SF-2300 керує автоматичний регулюючий прилад, який має автоматично підтримувати вихідні параметри за усіма каналами управління:

- «діаметр термостатично-регульованого клапана (ТРК) → температура випарника»;
- «тиск компресора → температура випарника».

2.2 Розробка структурної схеми інформаційних потоків

Підсистема керування обладнанням відповідає класичним вимогам до підсистем автоматизованого керування технологічним обладнанням. До неї входять пристрої збору інформації (датчики температури, тиску, маси), еталони стану обладнання (температура, тиск), система автоматичного контролю стану обладнання, програма керування, яка повинна реалізувати формування керуючих впливів для підтримки температурного режиму у холодильному апараті на заданому рівні, мати протиаварійний захист та блок переводу до ручного режиму керування, виконавчі пристрої - електродвигуни (компресору, вентилятору).

Розроблена структурна схема інформаційних потоків наведена на рисунку 2.2.



Рисунок 2.2 – Структурна схема інформаційних потоків

2.3 Вибір апаратного забезпечення підсистеми керування

2.3.1 Вибір датчиків

За технічними параметрами необхідно вимірювати температуру випарнику у діапазоні $-36\dots-12$ °С, радіатора – діапазон $5\dots80$ °С, навколишнього середовища – діапазон $5\dots+40$ °С, тобто можна мати один тип датчика температури з діапазоном вимірювання $-36\dots80$ °С.

Крім того датчик виміру температури повинен мати стандартний струмовий інтерфейс для підключення до програмованого логічного контролера.

Виходячи з цього, для вимірювання температури обрано датчик Т.ХА-420-Кл1-1 (рис. 2.3), який є термоелектричним перетворювачем з діапазоном вимірювання $-50\dots100$ °С, та який має вбудований перетворювач напруги на виході термопари до стандартного струмового сигналу $4\dots20$ мА. Технічні характеристики датчика наведені в табл. 2.1 [18].



Рисунок 2.3 – Датчик температури Т.ХА-420-Кл1-1

Таблиця 2.1 – Технічні характеристики датчика температури Т.ХА-420-Кл1-1

№	Найменування параметра	Значення
1	Тип	НСХ: Pt100
2	Діапазон вимірюваних температур, °С	0...100
3	Клас допуску	1
4	Точність, °С	±1,5t
5	Діапазон вихідного сигналу, мА	4...20
6	Напруга живлення, В	12...36
7	Потужність споживання, Вт	1

Для вимірювання ваги продукції на палетах у діапазоні 1 200...18 000 кг будемо використовувати цифровий датчик ваги НВМ С16і3-С3-30t [18].

Датчик ваги НВМ С16і3-С3-30t має стандартний канал зв'язку RS-485 з протоколом MODBUS для підключення до програмованого логічного контролера, та струмовий сигнал 4...20 мА.



Рисунок 2.4 – Датчик ваги НВМ С16і3-С3-30t

Таблиця 2.2 – Технічні параметри датчик ваги НВМ С16і3-С3-30t

№	Найменування параметра	Значення
1	Тип	тензо
2	Діапазон вимірювання, т	0...30
3	Похибка вимірювання, %	±0,01%
4	Частота відгуку, кГц	1
5	Напруга живлення, В	12...24
6	Потужність споживання, Вт	5
7	Діапазон температур, °С	-40 до 80
8	Вихідний сигнал, мА	4...20
9	Канал зв'язку	RS-485, MODBUS

Для вимірювання тиску фреону у випарнику у діапазоні 0,2...5 бар та фреону з компресору у діапазоні 5...30 бар будемо використовувати датчик тиску серії MBS 3000 з відповідними діапазонами вимірювання (рис. 2.5).



Рисунок 2.5 – Датчик тиску серії MBS 3000

Датчик тиску має відповідно два стандартний вихід 4...20 мА для підключення до програмованого логічного контролера [19].

Таблиця 2.3 – Технічні параметри датчику тиску серії MBS 3000

№	Найменування параметра	Значення
1	Тип	Комплексне вимірювання
2	Діапазон вимірювання, бар	0,2...8 / 0...40
3	Похибка вимірювання, %	±0,5%
4	Частота відгуку, Гц	0,1
5	Напруга живлення, В	12...24
6	Потужність споживання, Вт	4
7	Діапазон температур, °С	-40 до 85
8	Вихідний сигнал, мА	4...20

На підставі обраних датчиків та їх технічних характеристик складена табл. 2.4.

Таблиця 2.4 – Датчики

№	Назва параметру	Принцип дії	Тип	Діапазон змінення	Точність	Значення виходу	Період оновлення	Напруга живлення	Потужність споживання
1	Температура випарнику	НСХ: Pt100	Аналог овий	-50...10 0°С	±1,5	4...20 м А	0,1 с	12...36 В	1 Вт
2	Температура радіатора	НСХ: Pt100	Аналог овий	-50...10 0°С	±1,5	4...20 м А	0,1 с	12...36 В	1 Вт
3	Температур навколишнього середовища	НСХ: Pt100	Аналог овий	-50...10 0°С	±1,5	4...20 м А	0,1 с	12...36 В	1 Вт
4	Датчик ваги	Тензо	Аналог овий	0...30 т	±0,01 %	4...20 м А, RS-485	0,001 с	12...24 В	5 Вт
5	Датчик тиску у випарнику	Тензо	Аналог овий	0,2...8	±0,5 %	4...20 м А	0,1 с	12...24 В	4 Вт
6	Датчик тиску з компресору	Тензо	Аналог овий	0...30	±0,5 %	4...20 м А	0,1 с	12...24 В	4 Вт

2.3.2 Вибір виконавчих пристроїв

В системі керування мають бути вихідні ланцюг узгодження з наступним технологічним електрообладнанням:

- двигун компресор, В /кВт ~380 / ~120;
- вентилятор охолодження радіатора, В /кВт ~380 / ~12.

Для приводу компресору у дію використовується асинхронний трьох фазний електропривод потужністю 120 кВт. Згідно з завданням система керування повинна реалізовувати плавне регулювання продуктивності подачі тику. Таким чином управління електроприводом повинно бути лінійним (безперервним) – треба забезпечувати пропорційне керування. Таким чином для керування електроприводом обрано трьох фазний частотний перетворювач FRECON FR500A-4T-110G/132P-H на потужність 130,0 кВт з аналоговим входом 4...20 мА, та RS-485 (рис. 2.5) [20].

Технічні характеристики частотного перетворювача наведені в таблиці 2.5.



Рисунок 2.6 – Частотний перетворювач FRECON FR500A-4T-110G/132P-H

Таблиця 2.5 – Технічні характеристики частотного перетворювача FRECON FR500A-4T-110G/132P-H

Найменування параметра	Значення
Тип	Скалярний
Напруга живлення, В	~320...~550
Потужність, кВт	130,0
Діапазон частот, Гц	0...240
Діапазон аналогового сигналу управління, мА	4...20
Ступінь захисту	IP20

Трифазний двигун вентилятора охолодження радіатора потужністю 12 кВт має дискретний тип керування. Тому для його управління використаємо трифазне твердотільне реле змінного струму Jotta SSR 25DA, 480 В змінного струму, з керуванням 0...24 В постійної напруги, яке будемо використовувати у дискретному режимі керування [21].



Рисунок 2.7 – Трифазне твердотільне реле Jotta SSR 25DA (3х~380 В, 0...24 В)

Таблиця 2.6 – Технічні характеристики трифазного твердотільне реле Jotta SSR 25DA

Найменування параметра	Значення
Тип	NBR
Напруга навантаження, В	~600 В
Струм навантаження, А	0...25
Струм керування, мА	0...20

На підставі наведеного вище для виконавчих пристроїв, та їх технічних характеристик складена табл. 2.7.

Таблиця 2.7 – Виконавчих пристроїв

№	Назва параметру	Принцип дії	Тип	Діапазон змінення	Лінійність	Значення входу	Період оновлення	Напруга живлення	Потужність споживання
1	Тиск компресора	RS-485 (MODBUS)	Аналоговий	5...30 бар	Лінійний	-	115 кбод/с	-	-
2	Вентилятор радіатора	Твердотільне реле	Дискретний	вимк./вкл..	Не лінійний	0...24 В	0,1 с	24 В	1,0 Вт

2.3.3 Вибір пристроїв керування

Відповідно вимогам до підсистеми керування, що розробляється, в якості пристрою керування, треба використовуватися програмований логічний контролер компанії VIPA. Цикл роботи контролера повинен бути не більше 100 мс, для забезпечення необхідної реакції на змінення стану технологічних датчиків. Крім того контролер повинен мати не менш 1 кбайт вільної робочої пам'яті для реалізації програми керування.

Контролер повинен мати модульну структуру, що забезпечить підключення тільки обраного обладнання, та забезпечить легке розширення подальшого функціоналу.

До контролеру повинні бути підключені шість датчиків, які мають уніфікований стандартний тип виходу 4...20 мА – температури випарнику, температура радіатора, температур навколишнього середовища, ваги, тиску у випарнику та тиску з компресору.

До контролеру повинні бути підключено канал дискретного керування (тип виходу 0, +24 В) для керування вентилятором охолодження радіатора.

Трьох фазний частотний перетворювач FRECON FR500A-4T-110G/132P-N за допомогою аналогового входу 4...20 мА керує продуктивністю тиску компресора.

Так як підсистема керування технологічним обладнанням - камери шокової заморозки Frios Winter SF-2300, повинна інтегруватися у загально-заводську автоматизовану систему керування технологічним обладнанням (АСК ТП), то вона повинна мати стандартний послідовний канал зв'язку, визначений раніше - RS-485 з протоколом MODBUS, або мережевий канал Ethernet.

Наведеним вимогам відповідає програмований логічний контролер VIPA 214-2BS33. Контролер має час арифметичної операції над речовим числом 40 мкс, об'єм пам'яті програм 144 кбайт, об'єм робочої пам'яті 96 кбайт та інтерфейс RS-485 (рис. 2.8). Технічні характеристики контролеру наведені в таблиці 2.8.



Рисунок 2.8 – Програмований логічний контролер VIPA 214-2BS33

Таблиця 2.8 – Технічні характеристики програмованого логічного контролеру VIPA 214-2BS33

№	Найменування параметра	Значення
1	Тип	CPU 214SER
2	Пам'ять, кбайт	144
3	Робоча пам'ять, кбайт	96
4	Максимальна кількість модулів, штук	32
5	Час виконання команди над бітом, мкс	0,18
6	Час виконання команди над байтом, мкс	0,78
7	Час виконання команди над словом, мкс	1,8
8	Час виконання команди над двійним словом, мкс	40,0
9	RS-485 інтерфейс	Присутній
10	Напруга живлення, В	24
11	Споживана потужність, Вт	5

Для підключення усіх шести датчиків, які мають стандартний струмовий сигнал 4...20 мА, обрано два модулі аналогового вводу VIPA 231-1BD40, кожних з яких який має по чотири аналогові входи (рис. 2.9). Технічні характеристики модуля наведені в таблиці 2.9.



Рисунок 2.9 – Модуль аналогового вводу VIPA 231-1BD40

Таблиця 2.9 – Технічні характеристики модуля аналогового вводу
VIPА 231-1BD40

№	Найменування параметра	Значення
1	Тип	SM 231, ECO
2	Кількість каналів	4
3	Тип каналу	Аналоговий
4	Діапазон вхідного сигналу, мА	4...20
5	Довжина екранованого провідника, м	200
6	Споживана потужність, Вт	0.6

Приклад схема підключення датчика з типом вихідного сигналу 4...20 мА до модуля аналогового вводу наведена на рисунку 2.10.

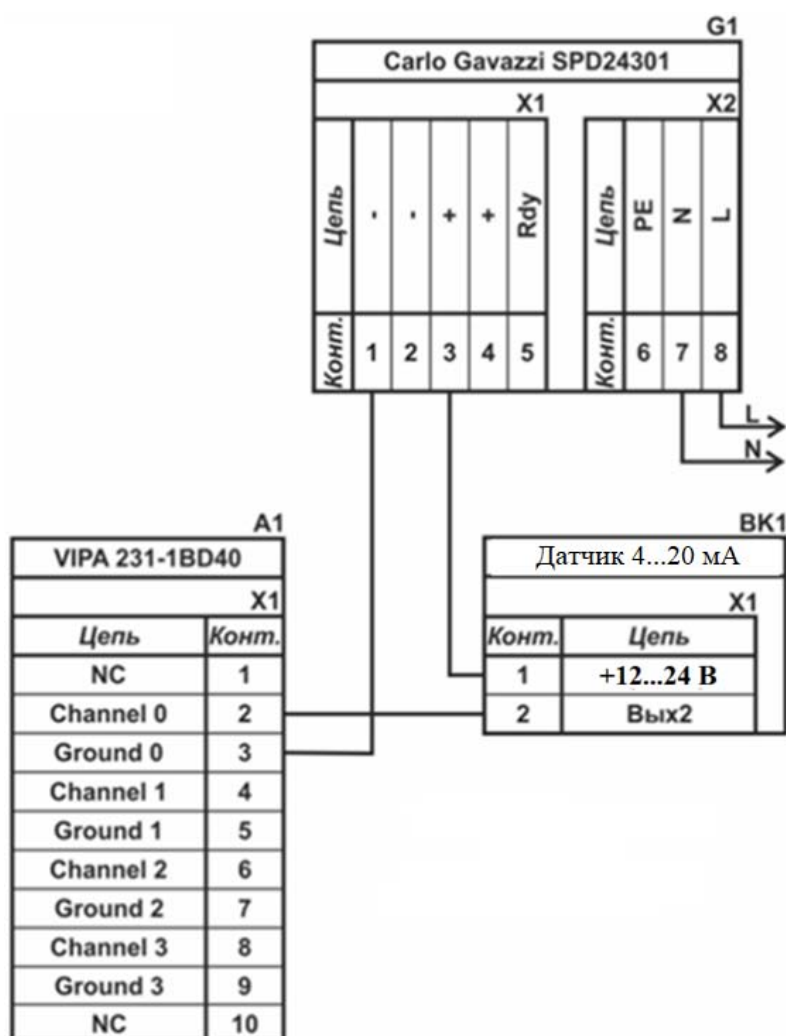


Рисунок 2.10 – Схема підключення датчика з типом вихідного сигналу
4...20 мА

До контролеру повинно бути підключений один дискретний канал керування (тип виходу 0, +24 В), тому для підключення цього пристрою обрано

модуль дискретного вводу VIPA 222-1BF00 який має вісім каналів (рис. 2.11). Технічні характеристики модуля наведені в таблиці 2.10.



Рисунок 2.11 – Модуль дискретного виводу VIPA 222-1BF00

Таблиця 2.10 – Технічні характеристики модуля дискретного виводу VIPA 222-1BF40

№	Найменування параметра	Значення
1	Тип	SM 222
2	Кількість каналів	8
3	Тип каналу	Дискретний
4	Діапазон вихідного сигналу, В	0...24
5	Максимальний струм вихідного сигналу, А	1
6	Довжина екранованого провідника, м	600
7	Споживана потужність, Вт	2

Схема підключення до модуля дискретного виводу наведена на рисунку 2.12.

Відповідно до схеми підключення модуль має вісім незалежних каналів, кожний з яких може бути використаний для керування дискретним виконавчим пристроєм з напругою +24 В. Блок живлення підключено до 1 та 10 входів модуля. На рис. 2.12 показана схема підключення умовного ланцюга 1. Відповідний вихід модуля 2 підключено до входу пристрою узгодження (Ланцюг 1). Земляний вихід пристрою узгодження підключено до земляного входу блока живлення.

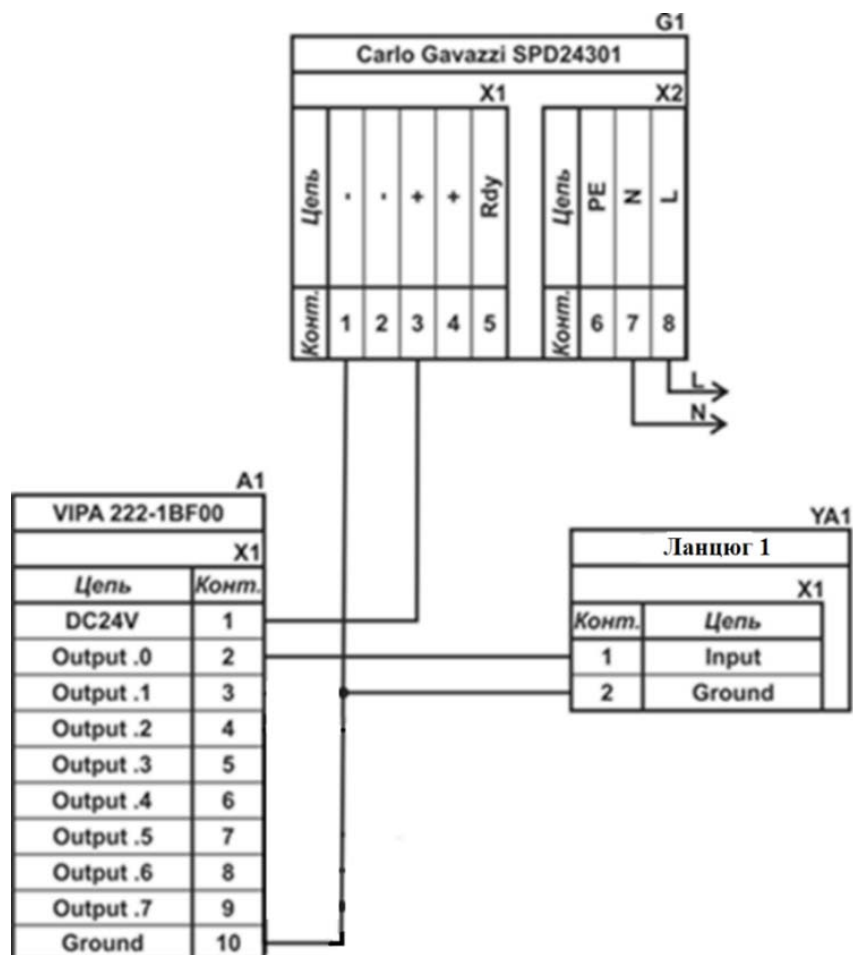


Рисунок 2.12 – Схема підключення дискретних пристроїв узгодження

Згідно з вимогами до підсистеми керування, в якості котрого виступає програмований логічний контролер, локальна автоматична вакуумна установка, пультом оператора, в якості якого виступає персональний комп'ютер, повинна бути організована мережа за допомогою інтерфейсу RS-485. Обраний програмований логічний контролер VIPA 214-2BS33 має інтерфейс RS-485. Схема підключення персонального комп'ютеру до програмованого логічного контролеру наведена на рисунку 2.13.

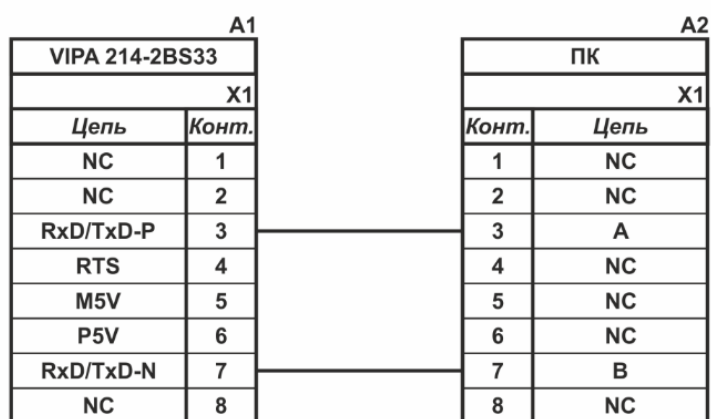


Рисунок 2.13 – Схема підключення по інтерфейсу RS-485

На підставі обраного програмованого логічного контролера та його модулів складена таблиця 2.11.

Таблиця 2.11 – Пристрій керування та його модулі

№	Назва модуля	Пристрій	Напруга живлення	Потужність споживання
1	VIPA 214-2BS33	Центральний процесорний модуль	24 В	5.00 Вт
		Зв'язок з АСК ТП		
		Зв'язок тиск компресора		
2	VIPA 231-1BD40	Модуль аналогового вводу	24 В	0.60 Вт
		Температура випарнику	24 В	1.00 Вт
		Температура радіатора	24 В	1.00 Вт
		Температур навколишнього середовища	24 В	1.00 Вт
3	VIPA 231-1BD40	Модуль аналогового вводу	24 В	0.60 Вт
		Вага	24 В	1.00 Вт
		Тиск у випарнику	24 В	1.00 Вт
		Тиску з компресору	24 В	1.00 Вт
4	VIPA 222-1BF00	Модуль дискретного виводу	24 В	2.00 Вт
		Вентилятор радіатора	24 В	1.0 Вт

2.3.4 Вибір джерел живлення

Програмований логічний контролер та його модулі мають напругу живлення +24 В. Загальна потужність споживання програмованого логічного контролера та його модулів:

$$P = 5,0 + 2 * 0,6 + 1 * 2,0 = 8,2 \text{ Вт.} \quad (2.1)$$

Виходячи з потужності споживання контролеру та його модулів у якості джерела живлення обрано блок живлення SPD24301 з вихідною напругою +24 В та потужністю 30 Вт (рис. 2.14). Технічні характеристики блока живлення наведені в таблиця 2.12.



Рисунок 2.14 – Блок живлення Carlo Gavazzi SPD24301

Таблиця 2.12 – Технічні характеристики блока живлення Carlo Gavazzi SPD24301

№	Найменування параметра	Значення
1	Напруга живлення, В	~85...~264
2	Вихідна напруга, В	24
3	Потужність, Вт	30
4	Максимальний вихідний струм, А	1,25

Схему підключення програмованого логічного контролера до блока живлення наведена на рисунку 2.15.

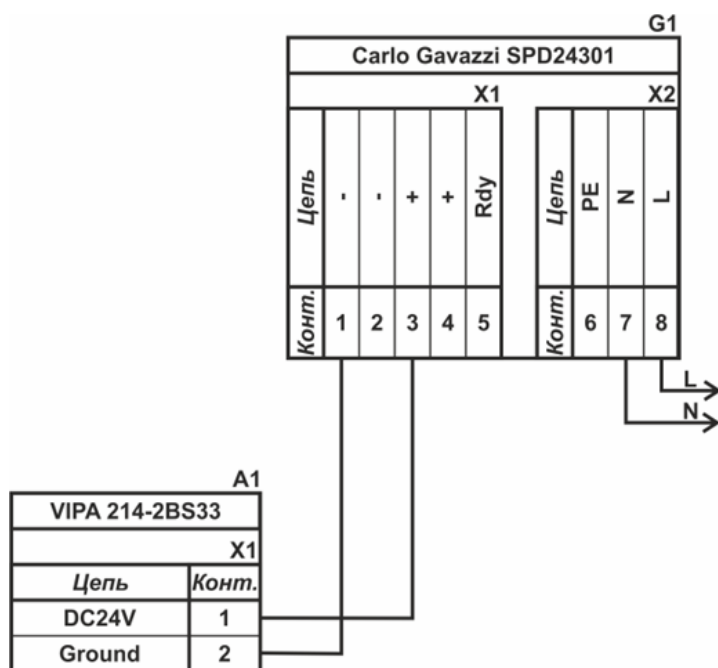


Рисунок 2.15 – Схема підключення програмованого логічного до блока живлення

Виконавши аналіз обраного обладнання можливо зробити вивід, що зовнішній блок живлення потрібен для датчиків б: температури, диференційного

тису, витратоміру та чотирьох трифазних твердотільних реле, які мають напругу живлення +24 В та потужність споживання:

$$P = 6 * 2,0 + 2 * 1 = 14,0\text{Вт.} \quad (2.2)$$

Виходячи з потужності споживання датчиків та виконавчого пристрою у якості джерела живлення обрано блок живлення такий самий як і для програмованого логічного контролера SPD24301 з вихідною напругою +24 В та потужністю 30 Вт.

2.4 Розробка функціональної схеми автоматизації

Виходячи з вимог до підсистеми керування технологічним обладнанням - камери шокової заморозки Frios Winter SF-2300 розроблена функціональна схема автоматизації, яка наведена на рисунку 2.16.

У якості пристрою керування мембранною колоною використовується програмований логічний контролер (UY 9) – VIPA 214-2BS33. Програмований логічний контролер підключено до технологічного обладнання АСУ ТП, за що відповідає система автоматизації більш високого рівня (UY 10), зв'язок між ними реалізовано за допомогою інтерфейсу RS-485.

Для вимірювання трьох параметрів температури: у випарнику, радіатора, навколишнього середовища використовуються три датчика (ТЕ 1-1, ТЕ 2-1, ТЕ 2-1 - Т.ХА-420-Кл1-1) та перетворювачів 4...20 мА (ТТ 1-2, ТТ 1-2, ТТ 1-3 - Т.ХА-420-Кл1-1).

Для вимірювання ваги продукту використовується датчик (WE 4-1 - НВМ С16і3-С3-30t) та перетворювачів 4...20 мА (WT 4-2 - НВМ С16і3-С3-30t).

Для вимірювання тиску у випарнику використовується датчик тиску (PE 5.1 - MBS 3000-0,2-8) та перетворювачів 4...20 мА (PT 5.2 - MBS 3000-0,2-8).

Для вимірювання тиску з компресору використовується датчик тиску (PE 6.1 - MBS 3000-0-30) та перетворювачів 4...20 мА (PT 6.2 - MBS 3000-0-30).

На підставі отриманих первинних значень з відповідних датчиків програмований логічний контролер (UY 9 – VIPA 214-2BS33) формує керуючі

впливи по підтримці заданого температурного режиму роботи камери шокової заморозки Frios Winter SF-2300.

Для керування продуктивністю компресором використовується трьох-фазний частотний перетворювач (NS-7 FRECON FR500A-4T-110G/132P-H) з каналом зв'язку та RS-485.

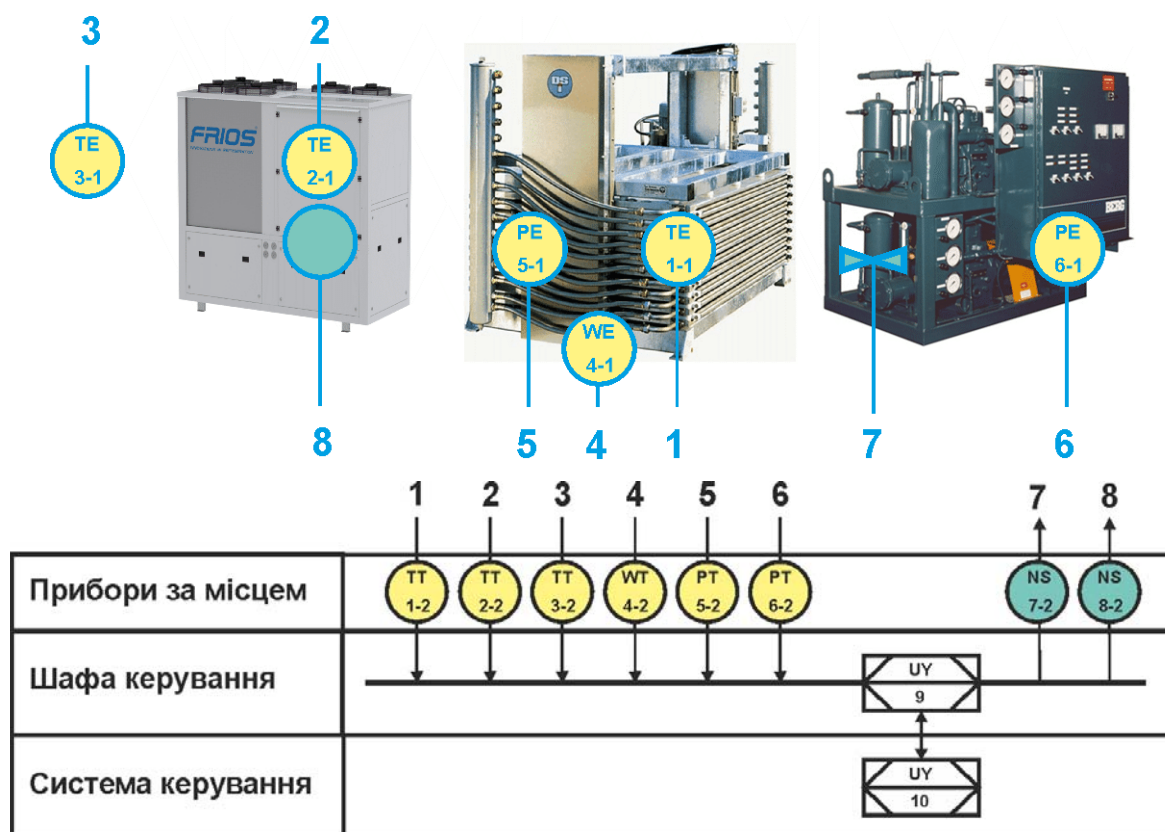


Рисунок 2.16 – Функціональна схема автоматизації камерою шокової заморозки Frios Winter SF-2300

Для керування вентилятором використовується твердотільне реле (NS-8 Jotta SSR 25DA).

2.5 Розробка схеми електричної принципової

На основі функціональної схеми автоматизації та обраного апаратного забезпечення розроблена схема електрична принципова підсистеми технологічним обладнанням - камерою шокової заморозки Frios Winter SF-2300 (рис. 2.17).

В підсистемі використовуються два блока живлення. Блок живлення Carlo Gavazzi SPD24301 (G1) підключено до програмованого логічного контролеру

VIPA 214-2BS33 (A1). Блок живлення Carlo Gavazzi SPD24301 (G2) підключено до модулю дискретного виводу VIPA 222-1BF00 (A1 – X5), к датчикам температури випарника (BK1), радіатора (BK2), навколишнього середовища (BK3), ваги продукту (BK4), тиску у випарнику (BK5) та компресора (BK6).

Усі сім аналогових датчиків підключені до двох модулів аналогового вводу VIPA 231-1BD53 (A1 – X3) до каналів 0, 1, 2 та (A1 – X4) до каналів 0, 1, 2, допомогою стандартного сигналу 4...20 мА.

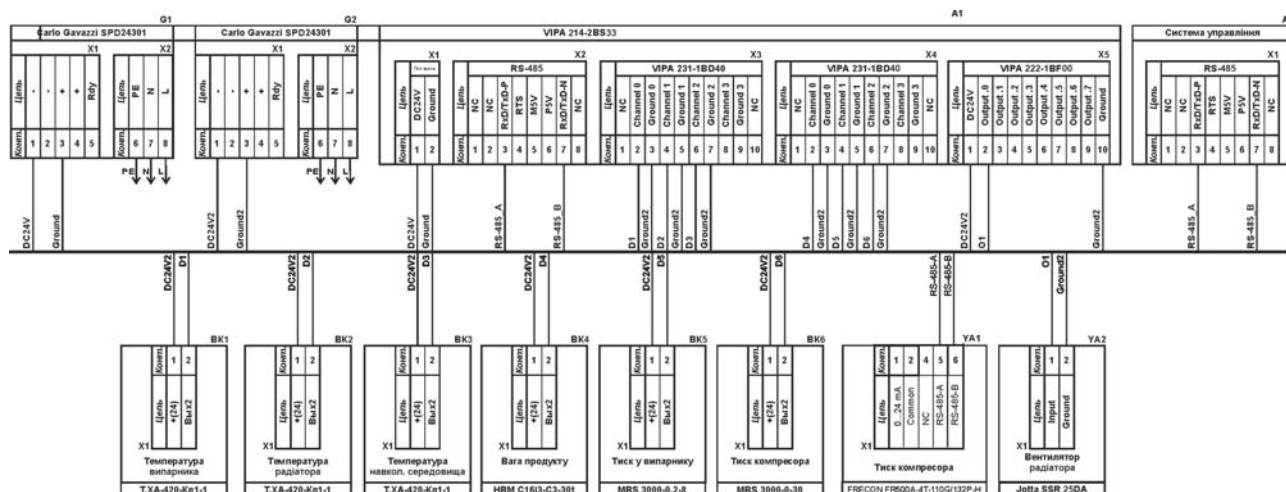


Рисунок 2.17 – Схема електрична принципова підсистеми керування

Керування продуктивністю компресором використовується за допомогою трьох-фазного частотного перетворювача YA по каналу зв'язу RS-485.

Керування електродвигуном вентилятора радіатора здійснюється через модуль дискретного виводу VIPA 222-1BF00 (A1 – X5) через ланцюжок) O1 (YA2). При наявності на вході напруги +24 В вони підключають відповідні пристрої керування до трифазної мережі ~380 В, а при вимиканні напруги вони самостійно повертається до виключеного стану.

Зв'язок між програмованим логічним контролером VIPA 214-2BS33 (A1) та АСК ТП верхнього рівня (A2) реалізовано за допомогою інтерфейсу RS-485 (A1 – X2).

2.6 Висновки за розділом

У якості об'єкта керування виступає технологічне обладнання - камера шокової заморозки Frios Winter SF-2300.

У цьому розділі вибрано апаратно-програмні засоби для створення підсистеми, розроблена функціональна схема автоматизації, розроблена схема принципова підсистеми керування, складено перелік елементів до схеми електричної принципової.

3 ВИЗНАЧЕННЯ МОДЕЛІ ОБ'ЄКТА КЕРУВАННЯ

У кваліфікаційній роботі, в якості об'єкту керування, обрано технологічне обладнання – камери шокової заморозки Frios Winter SF-2300.

В нашому випадку, створення підсистеми автоматизації технологічного процесу заморожування риби, обрано один з каналів, це головний контур - «тиск компресора → температура випарника».

Холодоагент під тиском 5...26 бар, в залежності від необхідної температури у випарнику, через дросельний отвір (капілярний або ТРК) надходить у випарник, де через різке зниження тиску рідина випаровується і перетворює її в пару. При цьому холодоагент бере тепло з внутрішніх стінок випарника, за рахунок чого охолоджується внутрішній простір холодильної камери.

Номінальний режим температури в зоні заморожування для плиткового апарату з технологічного обладнання Frios Winter SF-2300 може бути в діапазоні -35...-12 °С, що залежить від технологічної карти зберігання конкретного продукту.

Таким чином, попередньо можна стверджувати, що тиск фреону з компресора у 5 бар створе охолодження у випарнику у -12 °С, а відповідно тиск 26 бар – температуру -35 °С.

Таким чином для визначення параметрів в моделі об'єкту керування за керуючий вплив обрано перепад тиск з компресора, а дійсним значенням - температура у холодильній камері (температура випарника).

3.1 Розробка структурної схеми інформаційних потоків дослідницької системи

Система дослідження призначена для збору інформації про об'єкт керування. Основними функціями системи є формування, або реєстрування керуючого впливу, який подається на об'єкт керування, реєстрування дійсного

значення на виході об'єкта, візуалізація отриманих даних та їх надання у зручному для подальшої обробки виді.

У кваліфікаційній роботі, в якості об'єкту керування, обрана камера шокової заморозки Frios Winter SF-2300 з метою побудови підсистеми керування за обраним каналом керування «тиск компресора → температура випарника».

Згідно з завданням та розробленим апаратним забезпеченням підсистеми, до контуру керування входить камера шокової заморозки Frios Winter SF-2300, а в якості пристрою керування обрано програмований логічний контролер VIPA 214-2BS33 з цифровим каналом передачі даних типу RS-485, який необхідний для керування компресором за допомогою частотного перетворювача з інформаційним каналом RS-485.

Візуалізація процесу керування відбувається за допомогою персонального комп'ютера з SCADA системою zenon. Така підсистема дозволяє, крім функцій керування, виконувати функції дослідження об'єкта - для чого достатньо використати дослідницьке програмне забезпечення.

Виходячи з цього розроблена структурна схема інформаційних потоків дослідницької системи, яка наведена на рисунку 3.1.

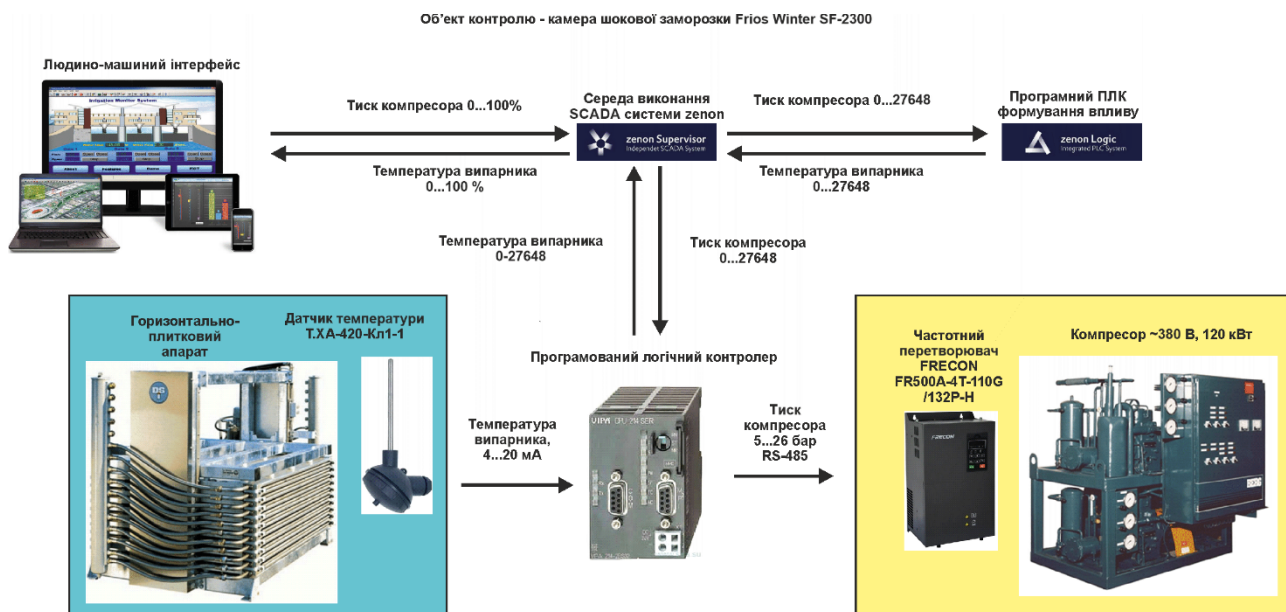


Рисунок 3.1 – Структурна схема інформаційних потоків дослідницької системи

Згідно зі структурною схемою, система дослідження може формувати керуючий вплив, в якості якого виступає перепад тиск компресора у межах

діапазону 5...26 бар(кг/см²), тобто фактичне регулювання здійснюється у діапазоні 0...21 бар(кг/см²) (0...100 %), за рахунок якого виконується охолодження випарника. Можливий діапазон температур випарника -35...-12 °С.

Програмований логічний контролер виконує керування активним експериментом з метою отримання необхідних даних для побудови математичної моделі камери шокової заморозки Frios Winter SF-2300 за обраним каналом - «тиск компресора → температура випарника».

Зв'язок між програмованим логічним контролером та персональним комп'ютером зі SCADA системою zenon також реалізується за допомогою інтерфейсу RS-485.

3.2 Розробка методики дослідження об'єкта керування

Система дослідження дозволяє формування різноманітних керуючих впливів, та поданнях їх на підсистему керування камера шокової заморозки Frios Winter SF-2300. При цьому об'єкт керування не накладає ні яких обмежень на керуючий вплив. Виходячи з цього об'єкт керування можливо дослідити за допомогою метода активного експерименту.

З метою виконання ідентифікації об'єкта керування, використовуючи метод активного експерименту, необхідно отримати його динамічну характеристику, данні для побудови статичної характеристики, характеристику при П-образному керуючому впливі, та перевірочні данні. Виходячи з цього складено план експерименту:

1. Налаштувати систему дослідження.
2. Отримати динамічну характеристику.
 - 2.1. Привести об'єкт керування до початкових умов, дочекатися досягнення усталеного режиму – керуючий сигнал дорівнює мінімальному значенню.
 - 2.2. Запустити процес реєстрування.
 - 2.3. Задати керуючий сигнал на рівні 100 %, дочекатися досягнення усталеного режиму.

2.5. Зупинити процес реєстрації.

3. Отримання даних за для побудови статичної характеристики.

3.1. Привести об'єкт керування до початкових умов (дивись п. 2.1).

3.2. Запустити процес реєстрування.

3.3. Задати керуючий сигнал на рівні 0 %, дочекатися досягнення усталеного режиму.

3.4. Задати керуючий сигнал на рівні 20 %, дочекатися досягнення усталеного режиму.

3.5. Задати керуючий сигнал на рівні 40 %, дочекатися досягнення усталеного режиму.

3.6. Задати керуючий сигнал на рівні 60 %, дочекатися досягнення усталеного режиму.

3.7. Задати керуючий сигнал на рівні 80 %, дочекатися досягнення усталеного режиму.

3.7. Задати керуючий сигнал на рівні 100 %, дочекатися досягнення усталеного режиму.

3.8. Зупинити процес реєстрації.

4. Отримання даних при П-образному впливі.

4.1 Привести об'єкт керування до початкових умов (дивись п. 2.1).

4.2 Запустити процес реєстрування.

4.3. Задати керуючий сигнал на рівні 100 %, дочекатися досягнення усталеного режиму.

4.4. Задати керуючий сигнал на рівні 0 %, дочекатися досягнення усталеного режиму.

4.5. Зупинити процес реєстрації.

5. Отримання перевірочних даних.

5.1. Привести об'єкт керування до початкових умов (дивись п. 2.1).

5.2. Налаштувати псевдовипадковий керуючий вплив таким чином, щоб період зміни впливу бажано був у п'ять разів менший за час перехідного процесу

та плюс два інтервали затримки, а амплітуда впливу змінювалася (бажано випадково) в дискретно на рівні 0...100 %.

5.3. Запустити процес реєстрування.

5.4. Запустити формування псевдовипадкового впливу.

5.5. Виконувати реєстрацію бажано на протязі часу не менш ніж за десяти перехідних процесів.

5.6. Зупинити процес реєстрації.

3.3 Виконання експерименту

Початкова температура випарнику становить $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$ при керуючому сигналі тиску компресору 5 бар (0 %).

Кінцева температура випарнику становить $-36\text{ }^{\circ}\text{C}$ при керуючому сигналі тиску компресору 26 бар (100 %).

На першому етапі проведення експерименту виконано налаштування системи дослідження таким чином, що керуючий вплив може знаходитися дискретно 0 % або 100 %, а фактичне значення тиску компресору 0 бар або 21 бар.

На другому етапі було виконано отримання динамічної характеристики об'єкта керування (рис. 3.2).

Для цього було встановлено керуючий сигнал 0 бар (0 %). Після досягнення усталеного режиму – температура $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$, керуючий сигнал було встановлено на 21 бар (100 %). Після досягнення усталеного режиму – температура $-36\text{ }^{\circ}\text{C}$ експеримент було закінчено.

На третьому етапі було виконано отримання даних для побудови статичної характеристики (рис. 3.3).

Для цього було встановлено керуючий сигнал 0,0 бар² (0 %).

Після досягнення усталеного режиму керуючий сигнал було встановлено на значення 4,2 бар (20 %).

Після досягнення усталеного режиму керуючий сигнал було встановлено на значення 8,4 бар (40 %).

Після досягнення усталеного режиму керуючий сигнал було встановлено на значення 12,6 бар (60 %).

Після досягнення усталеного режиму керуючий сигнал було встановлено на значення 16,8 бар (80 %).

Після досягнення усталеного режиму керуючий сигнал було встановлено на значення 21,0 (100 %).

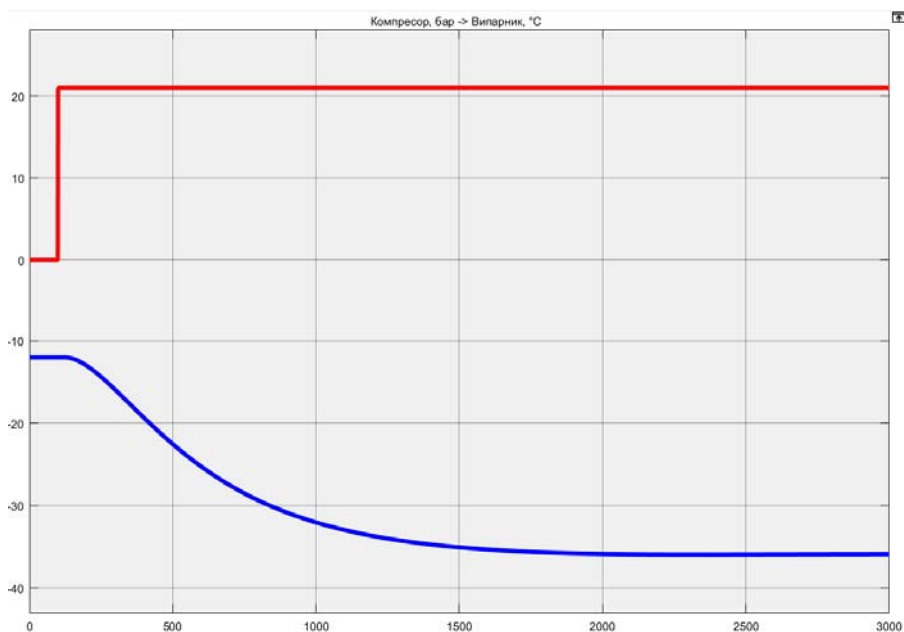


Рисунок 3.2 – Отримання динамічної характеристики

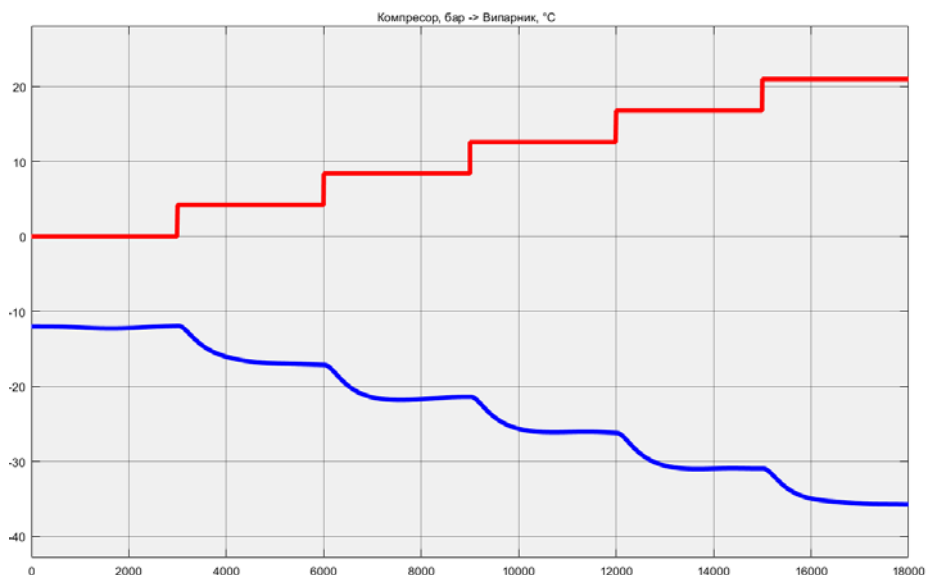


Рисунок 3.3 – Отримання даних для побудови статичної характеристики

Після досягнення усталеного режиму експеримент було закінчено.

На четвертому етапі було виконано отримання даних П-образному керуючому впливі (рис. 3.4). Для цього було встановлено керуючий вплив на значення 0 бар (0 %). Після досягнення усталеного режиму було встановлено керуючий вплив на значення 21 бар (100 %). Після досягнення усталеного режиму було встановлено керуючий вплив на значення 0 бар² (0 %). Після досягнення усталеного режиму експеримент було закінчено.

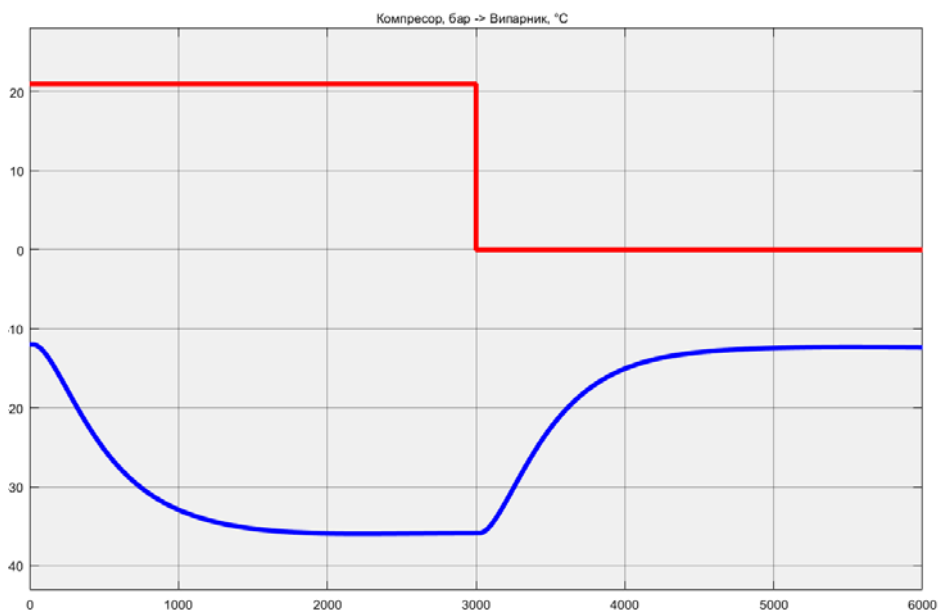


Рисунок 3.4 – Отримання даних при П-образному керуючому впливі

На п'ятому етапі було виконано отримання перевірочних даних (рис. 3.5).

Для цього було встановлено керуючий вплив на значення 0 бар (0 %). Після досягнення усталеного режиму було встановлено керуючий вплив на випадкову в діапазоні 0...21 бар (0...100 %), з інтервалом зміни близько 120 с (з попереднього аналізу рисунку 3.2 маємо - перехідний процес 600 с, тобто постійна часу близько $600 / 5 \approx 100$ с, затримка ~ 20 с), а сама реєстрація відбувалася на протязі 22 000 с.

У результаті виконання плану експерименту проведено всеосяжне дослідження об'єкта керування та отримані динамічна характеристика, дані для побудови статичної характеристики, дані при П-образному керуючому впливі та перевірочні дані.

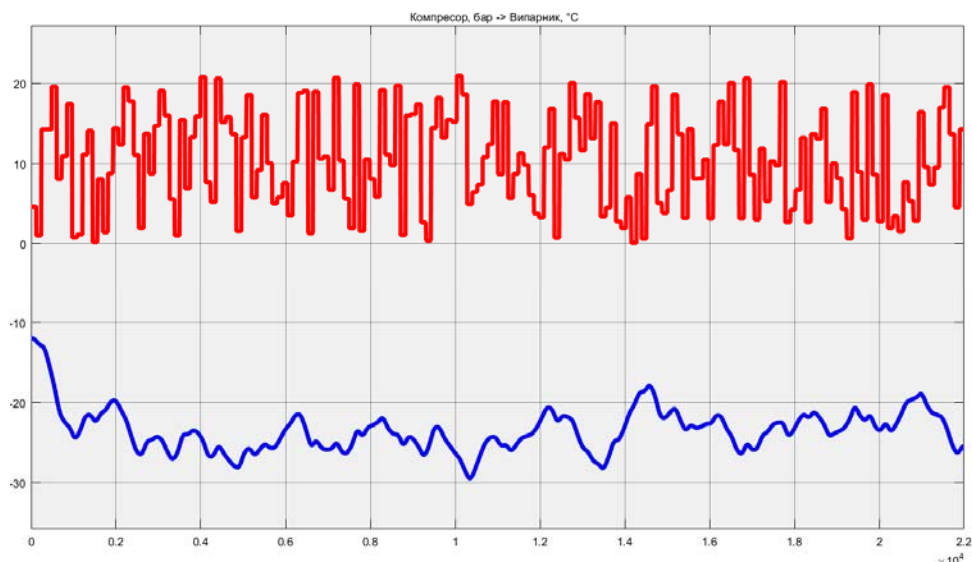


Рисунок 3.5 – Отримання перевірочних даних

3.4 Обробка результатів експерименту

3.4.1 Підготовка даних

Дані отримані в SCADA системі zenon було імпортовано до математичного пакета MATLAB з метою подальшої обробки (рис. 3.6). Змінні які відповідають даним динамічної характеристики “Dynamic_Input”, “Dynamic_Output”, даним для побудови статичної характеристики “Static_Input”, “Static_Output”, даним отриманим при П-образному керуючому впливі “P_Input”, “P_Output”, перевірочним даним “Check_Input”, “Check_Output”. Суфікс “_Input” позначає керуючий вплив, а суфікс “_Output” дійсне значення.

Name	Value
Check_Input	22001x1 double
Check_Output	22001x1 double
Dynamic_Input	3001x1 double
Dynamic_Output	3001x1 double
P_Input	6001x1 double
P_Output	6001x1 double
Static_Input	18001x1 double
Static_Output	18001x1 double

Рисунок 3.6 – Імпортовані данні

Для спрощення подальшого аналізу дані були конвертовані до об’єктів типу “iddata”:

```
Dynamic_Raw=iddata(Dynamic_Output, Dynamic_Input, 1);
Static_Raw=iddata(Static_Output, Static_Input, 1);
```

```
P_Raw=iddata(P_Output, P_Input, 1);
Check_Raw=iddata(Check_Output, Check_Input, 1);
```

З отриманих даних була видалена статична складова:

```
offset = max(Dynamic_Raw.OutputData);
trend = getTrend(Dynamic_Raw);
trend.OutputOffset = offset;
Dynamic = detrend(Dynamic_Raw, trend);

offset = max(Static_Raw.OutputData);
trend = getTrend(Static_Raw);
trend.OutputOffset = offset;
Static = detrend(Static_Raw, trend);

offset = max(P_Raw.OutputData);
trend = getTrend(P_Raw);
trend.OutputOffset = offset;
P = detrend(P_Raw, trend);

offset = max(Check_Raw.OutputData);
trend = getTrend(Check_Raw);
trend.OutputOffset = offset;
Check = detrend(Check_Raw, trend);
```

На рисунку 3.7 показані результати з видалення статичної складової для динамічної, статичної, П-образної та перевірконої характеристик.

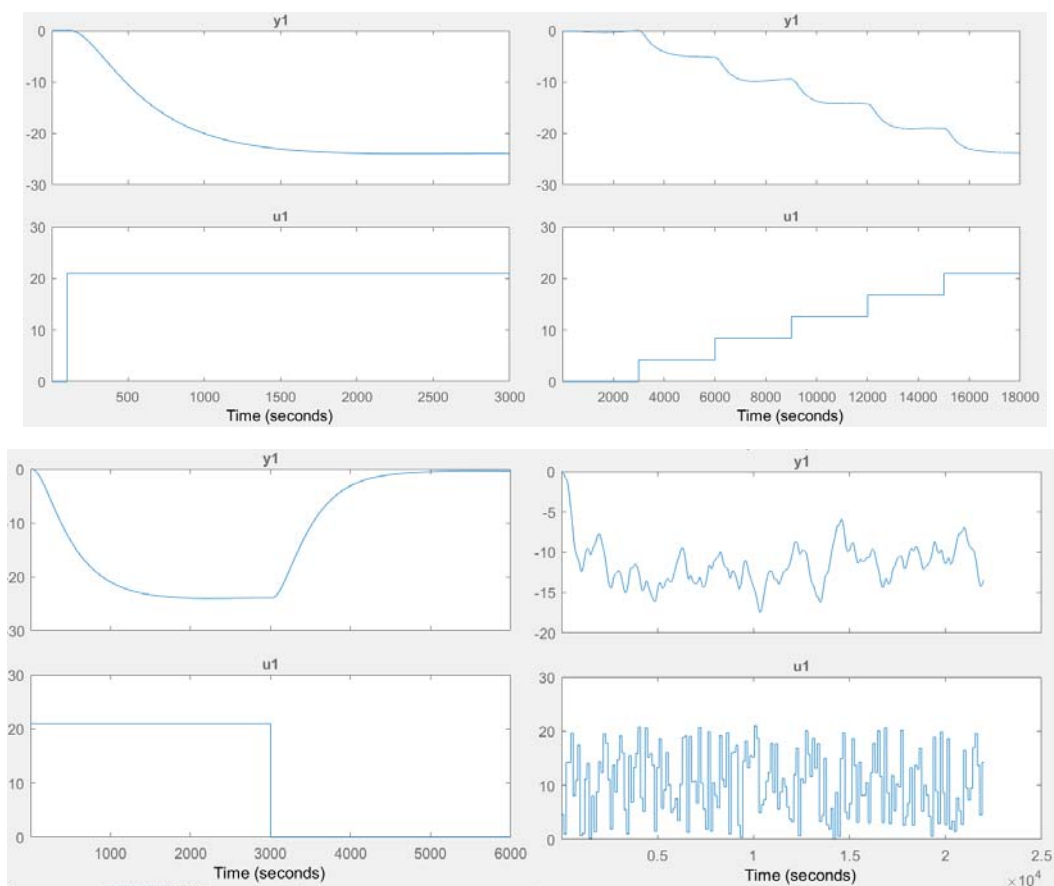


Рисунок 3.7 – Динамічна, статична, П-образна та перевірочна характеристики з видаленими статичними складовими

3.4.2 Структурна ідентифікація

З метою оцінки структури моделі об'єкта керування проаналізуємо динамічну характеристику об'єкта керування (рис. 3.8).

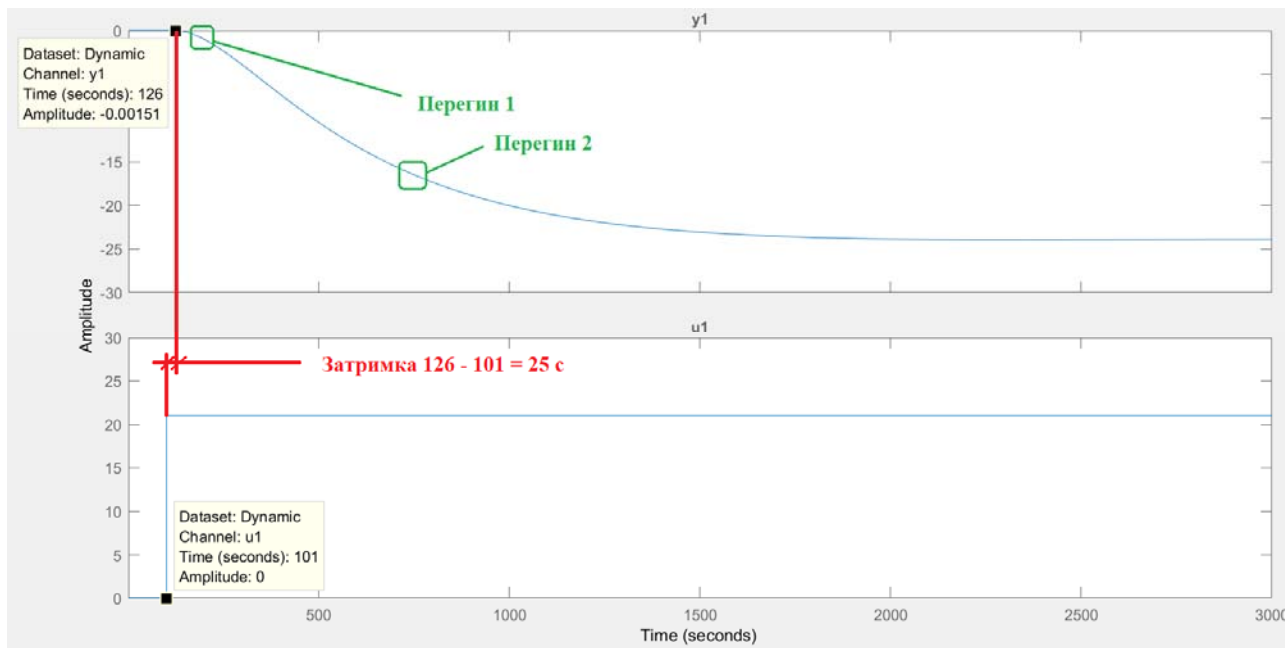


Рисунок 3.8 – Динамічна характеристика

Після подачі керуючого впливу 21 бар² (100 %) вихідний сигнал - температура не зразу змінюється, виходячи з цього можливо зробити висновок, що об'єкт володіє запізненням приблизно 25 с, це може бути пов'язано з інерційністю датчика температури, та інерційністю процесу теплообміну у технологічному обладнанні.

Крім того на динамічній характеристиці відсутня інерція, характер перехідного процесу монотонний, а кількість перегинів дорівнює двом, час перехідного процесу 3 000 с, постійна часу $3\ 000 / 5 = 600$ с. На підставі цього можливо зробити висновок, що модель об'єкта керування може бути представлена у вигляді аперіодичної ланки другого порядку з запізненням.

Проаналізуємо об'єкт керування на лінійність для цього побудуємо його статичну характеристику (рис. 3.9).

```
Static_In = [ 4.2, 8.4, 12.6, 16.8, 21.0];
Static_Out = [-5.24, -9.46, -14.3, -19.2, -23.8];
figure('Name', 'Статична характеристика');
plot(Static_In, Static_Out, 'LineWidth', 2.0, 'Color', 'k',...
     'Marker', 'o', 'MarkerSize', 10.0, 'MarkerEdgeColor', 'k',...
     'MarkerFaceColor', 'k');
```

```

xlabel('Компресор, бар');
ylabel('Випарник, °C');
set(findall(gcf, '-property', 'FontSize'), 'FontSize', 16);
set(findall(gcf, '-property', 'FontName'), 'FontName', 'Times New Roman');
set(findall(gcf, '-property', 'FontWeight'), 'FontWeight', 'bold');

```

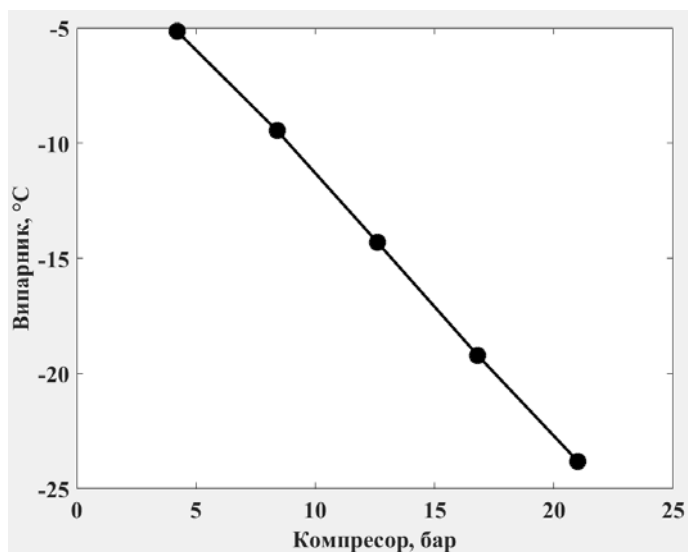
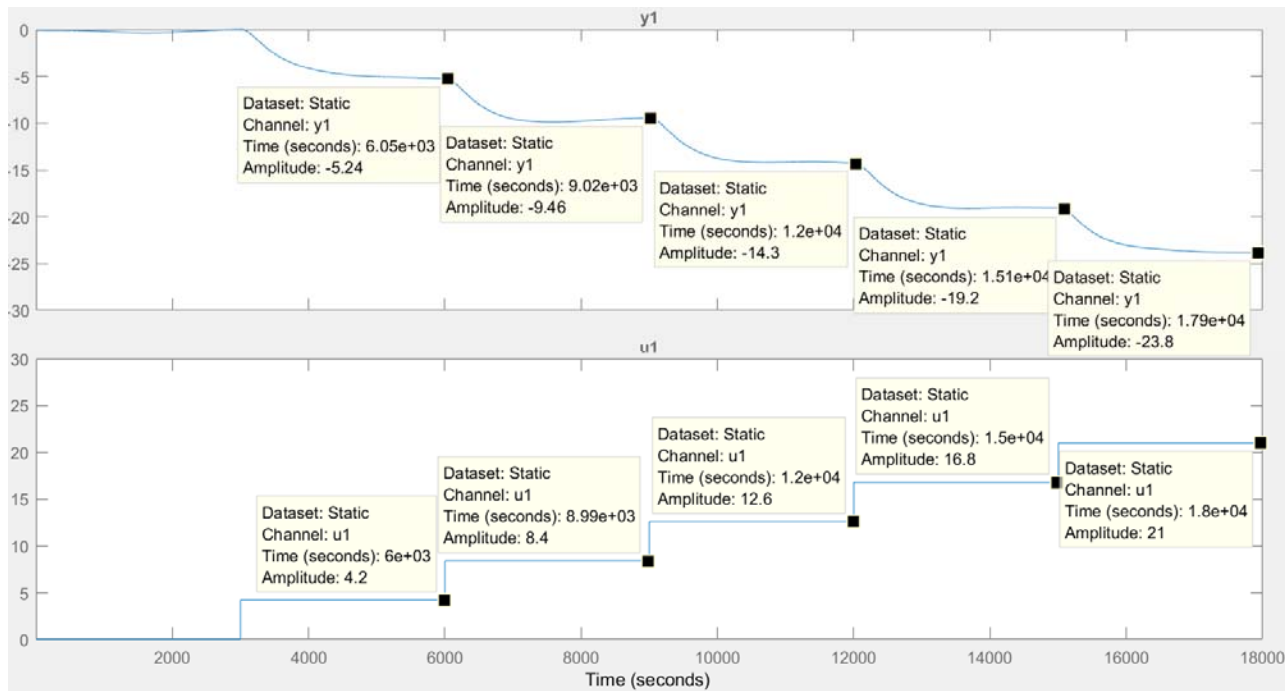


Рисунок 3.9 – Статична характеристика

Для перевірки статичної характеристики на лінійність розраховано коефіцієнти посилення для усіх потужностей крім нульової:

```
>> Static_Gain = Static_Out(2 : end) ./ Static_In(2 : end)
```

Максимальне відхилення коефіцієнту підсилення

```

Static_Gain_min = min(Static_Gain);
Static_Gain_max = max(Static_Gain);
Static_Gain_Compare = abs((Static_Gain_min - Static_Gain_max) /
Static_Gain_max * 100);

```

```
fprintf('\nМаксимальне відхилення коефіцієнту підсилення: %.2f %%\n\n',
Static_Gain_Compare);
    Static_Gain =
    322.5806 333.0579 336.4641 330.5785 333.0000
Максимальне відхилення коефіцієнту підсилення: 8.67 %
```

За статичною характеристикою та отриманими коефіцієнтами посилення об'єкт керування є лінійним в усьому досліджуваному діапазоні керуючих впливів та для його опису можуть бути використані лінійні моделі, так як відхилення коефіцієнту посилення у всьому діапазоні менше ніж величина технічної похибки 10 %.

Проаналізуємо характеристику, отриману при П-образному керуючому впливі (рис. 3.10). Як видно з рисунку, збільшення тиску з 0 бар (0 %) до - 21 бар (100 %) приводить до зменшення температури з -12 °С до -36 °С, а відповідне зменшення цього ж тиску з 21 бар (100 %) до 0 бар (0 %), приводить до відповідного збільшення температури з -36 °С до -12 °С. На підставі цього можливо зробити висновок, що об'єкт не володіє інтегруючими властивостями і є об'єктом з самовирівнюванням.

З метою аналізу симетричності об'єкта керування його характеристика отримана при П-образному впливі була поділена на ділянки підйому та спаду (рис. 3.10):

```
nRiseStart = find(P.InputData ~= 0, 1, 'first');
nRiseStop = find(P.InputData ~= 0, 1, 'last');
nFallStart = nRiseStop + 1;
nFallStop = length(P.InputData);

P_Rise = P.OutputDat(nRiseStart : nRiseStop);
P_Fall = P.OutputDat(nFallStart : nFallStop);

if (length(P_Rise) > length(P_Fall))
    P_Rise = P_Rise(1 : length(P_Fall));
else
    P_Fall = P_Fall(1 : length(P_Rise));
end

figure('Name', 'Аналіз симетричності П-характеристики');
hold('on');
plot(P_Rise, 'LineWidth', 2.0, 'Color', 'g');
plot(P_Fall, 'LineWidth', 2.0, 'Color', 'b');
hold('off');
xlabel('Час, с');
ylabel('Концентрація, %');

set(findall(gcf, '-property', 'FontSize'), 'FontSize', 16);
set(findall(gcf, '-property', 'FontName'), 'FontName', 'Times New Roman');
```

```
set(findall(gcf, '-property', 'FontWeight'), 'FontWeight', 'bold');
```

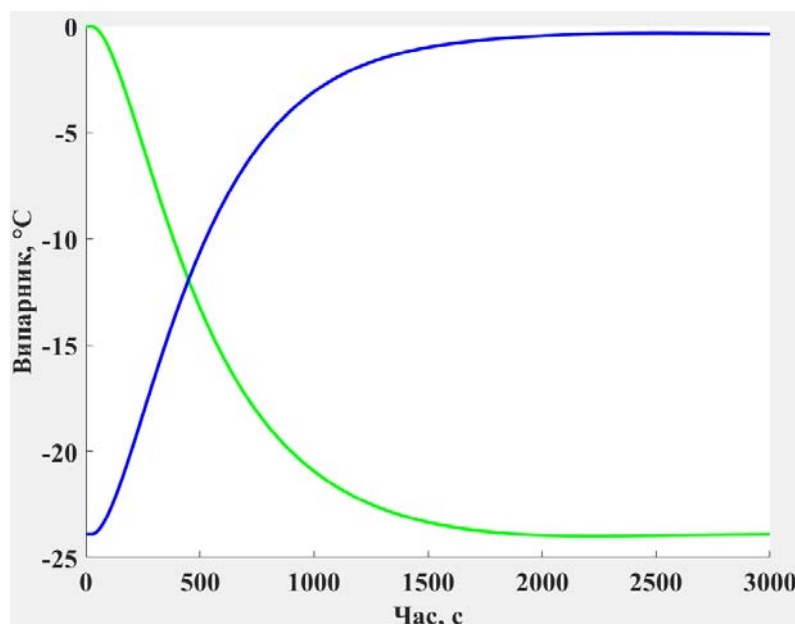


Рисунок 3.10 – Аналіз симетричності характеристика при П-образному керуючому впливі

Порівняння ділянок підйому та спаду виконувалася через порівняння стандартних середнє квадратичних відхилень:

```
compareRiseFall = abs(1 - (std(P_Fall) / std(P_Rise))) * 100;
fprintf('\nПорівняння ділянок підйому та спаду: %.2f %%\n\n',
compareRiseFall);
```

Порівняння ділянок підйому та спаду: 2.33 %

За отриманою П-характеристикою при аналізі симетричності середнє квадратичне відхилення менше ніж величина технічної похибки 10 %. Тобто можна стверджувати, що час перехідного процесу, форма та стандартне середнє квадратичні відхилення ділянок підйому та спаду співпадають, таким чином об'єкт керування є симетричним та може бути представлений однією лінійною моделлю.

За результатами структурної ідентифікації встановлено, що об'єкт керування є лінійним, симетричним, має два дійсні від'ємні домінуючі корені та ланку чистого запізнення. На підставі цього об'єкт керування може бути описано аперіодичною ланкою другого, або більш високого порядку с запізненням:

$$W(s) = \frac{k \cdot e^{-\tau s}}{(T_1 s + 1) \cdot (T_2 s + 1)}, \quad (3.1)$$

де $W(s)$ – передавальна функція моделі об'єкта керування;

s – оператор диференціювання;

k – коефіцієнт посилення;

τ – час запізнення, с;

T_1, T_2 – постійні часу, с.

3.4.3 Параметрична ідентифікація

Параметрична ідентифікація виконувалася у програмному забезпеченні System Identification Toolbox яке входить до складу математичного пакета MATLAB та запускається командою `ident`.

До програмного забезпечення System Identification Toolbox (рис. 3.11) імпортувалися підготовлені дані без статичної складової – «Dynamic». Дані динамічної характеристики використовувалися для розрахунку параметрів моделі об'єкта керування, а перевірочні дані «Check», для оцінки відповідності отриманої моделі до об'єкта керування.

Для визначення параметрів моделі об'єкта керування використано метод «Process Models». Налаштування параметрів ідентифікації наведено на рис. 3.12.

Перевірка результатів розрахунків наведена на рис. 3.12 та в табл. 3.1.

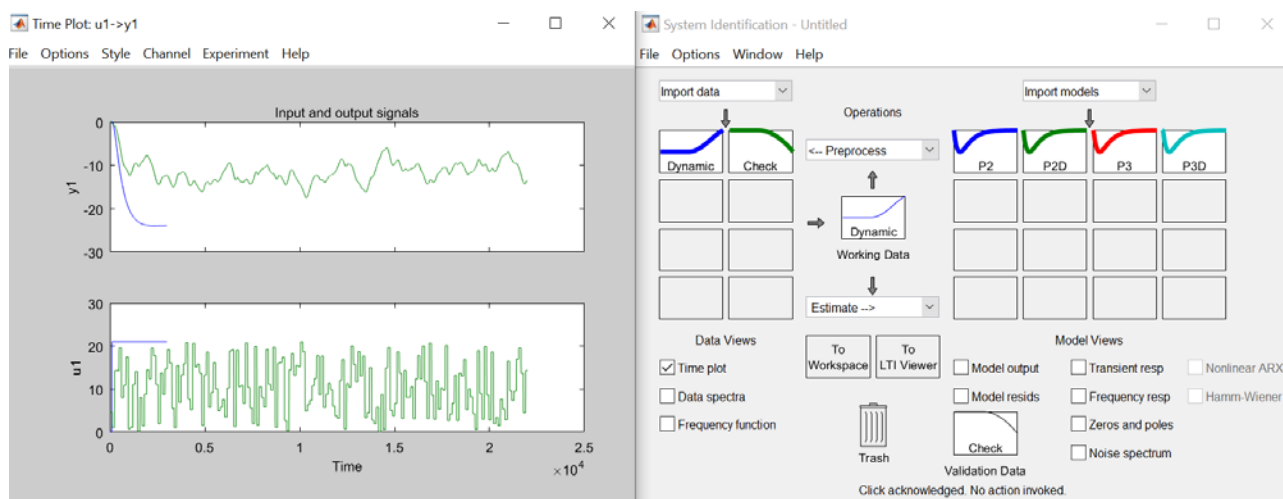


Рисунок 3.11 – Налаштування System Identification Toolbox

Розрахунок параметрів виконувався через метод Process Models для аперіодичних ланок другого та третього порядку без запізнення та з запізненням (рис. 3.12).

Параметри ідентифікації за методом Process Models P2:

$$G(s) = \frac{K_p}{(1+T_{p1}s)(1+T_{p2}s)}$$

$$K_p = -1.1443 \pm 0.00011192$$

$$T_{p1} = 356.01 \pm 0.79947$$

$$T_{p2} = 188.18 \pm 0.78822$$

Fit to estimation data: 99.11%

FPE: 0.004658, MSE: 0.004642

Параметри ідентифікації за методом Process Models P2D:

$$G(s) = \frac{K_p}{(1+T_{p1}s)(1+T_{p2}s)} * \exp(-T_d*s)$$

$$K_p = -1.1446 \pm 0.00011306$$

$$T_{p1} = 361.84 \pm 0.86003$$

$$T_{p2} = 179.72 \pm 1.0088$$

$$T_d = 7.756 \pm 0.70392$$

Fit to estimation data: 99.12%

FPE: 0.004491, MSE: 0.004474

More information in model's "Report" property.

Параметри ідентифікації за методом Process Models P3:

$$G(s) = \frac{K_p}{(1+T_{p1}s)(1+T_{p2}s)(1+T_{p3}s)}$$

$$K_p = -1.1447 \pm 0.00011635$$

$$T_{p1} = 363.82 \pm 0.85937$$

$$T_{p2} = 175.94 \pm 1.0049$$

$$T_{p3} = 13.076 \pm 0.37869$$

Fit to estimation data: 99.1%

FPE: 0.00475, MSE: 0.004737

More information in model's "Report" property.

Параметри ідентифікації за методом Process Models P3D:

$$G(s) = \frac{K_p}{(1+T_{p1}s)(1+T_{p2}s)(1+T_{p3}s)} * \exp(-T_d*s)$$

$$K_p = -1.1415 \pm 0.00062223$$

$$T_{p1} = 190.16 \pm 5.8574$$

$$T_{p2} = 369.42 \pm 5.047$$

$$T_{p3} = 0.84611 \pm 12.651$$

$$T_d = 23.184 \pm 12.633$$

Fit to estimation data: 97.4%

FPE: 0.0393, MSE: 0.03909

More information in model's "Report" property.

За допомогою «Model output» показана відповідність отриманих моделей P2, P2D, P3 та P3D до перевірочних даних отриманих на об'єкті керування Check наведено на рисунку 3.12 та представлена у таблиці 3.1.

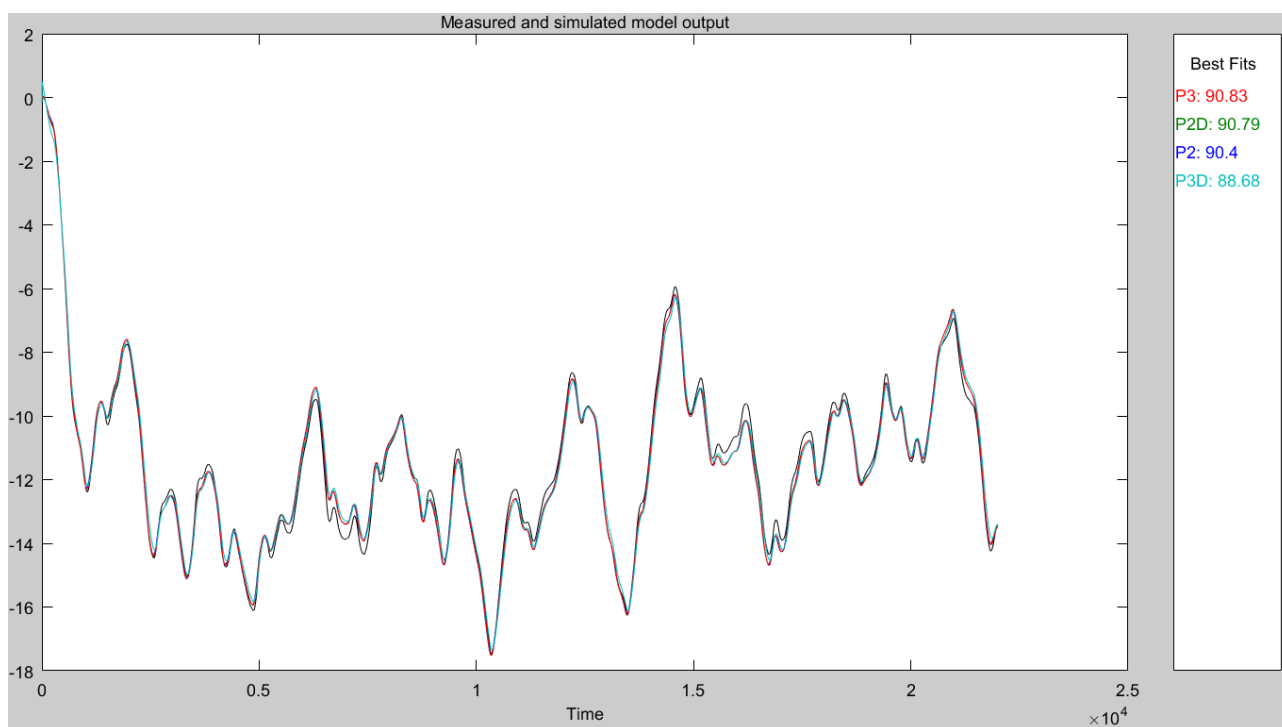


Рисунок 3.12 – Перевірка результатів розрахунків

Таблиця 3.1 – Відповідність отриманих моделей до перевірочних даних об'єкта керування

Назва параметру	P2	P2D	P3	P3D
k	-1,1443	-1,1446	-1,1447	-1,1415
T_1, c	356,01	361,84	363,82	190,16
T_2, c	188,18	179,72	175,94	369,42
T_3, c	–	–	13,076	0,84611
τ	–	7,756	–	23,184
Динамічна характеристика				
НСКП, %	99,11	99,12	99,1	97,4
ПОП	0,004658	0,004491	0,00475	0,0393
СКП	0,004642	0,004474	0,004737	0,03909
Перевірочні данні				
НСКП, %	90,4	90,79	90,83	88,68

Аналіз відмінностей між оцінками моделей P2 – другого порядку без затримки, P2D – другого порядку з затримкою, P3 – третього порядку без затримки та P3D – третього порядку з затримкою, по динамічній характеристиці показав, що за нормалізованим середньоквадратичним похибкам (НСКП), краще всього підходять моделі P2D (99,12 %) та P2 (99,11 %) вони майже не

відрізняються за цим показником, помилка остаточного передбачення (ПОП) для P2D у $0,004658 / 0,004491 \approx 1,04$ рази більша за P3. Тобто на даний момент аналізу найкраща модель P2D.

Головним показником, який впливає на остаточний вибір між цими моделями є розбіжність у відповідності за перевірочними даними НСКП, найкращі показники мають моделі P3 (90,83 %) та P2D (90,79 %), які між собою є дуже близькими.

Виходячи з усього наведеного можна сміливо обрати більш просту і найкращу за всіма показниками модель P2D і стверджувати, що обрана модель має достатню відповідність до перевірочних даних, яка і складає більше ніж граничне неприпустиме значення у 80 %.

Для параметричної перевірки обраної моделі (рис. 3.8) можна звернути увагу на наступне, що за динамічною характеристикою час перехідного процесу складає близько біля $\sim 600 / 5 \approx 120$ с, затримка близько 25 с, а для отриманої моделі другого порядку постійна часу становить $361,84 + 179,72 = 541,56$ с, а затримка 7,756 с, що додатково підтверджує об'єкту керування дійсно краще всього відповідає обрана модель P2D - аперіодична ланка другого порядку з запізненням.

І насамкінець необхідно отримати основні характеристики для моделі об'єкта керування P2D (рис. 3.14) за допомогою «To LTI Viewer», і через меню «Edit / Plot Configurations...» і налаштувати зображення відповідно до рис. 3.13.

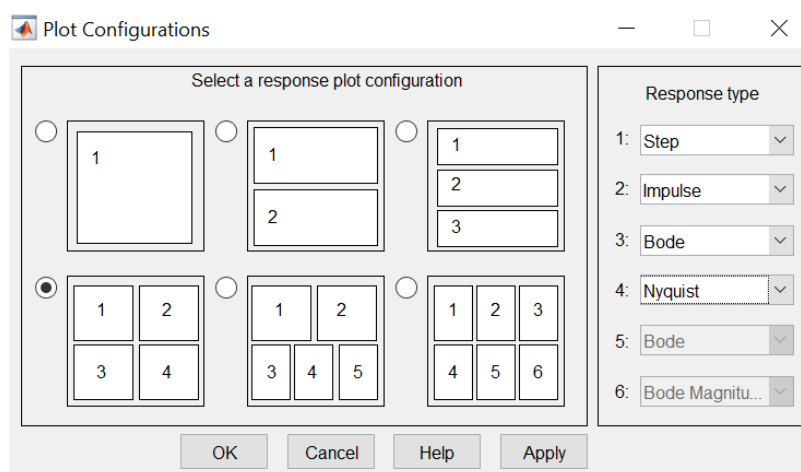


Рисунок 3.13 – Отримання характеристик моделі керування

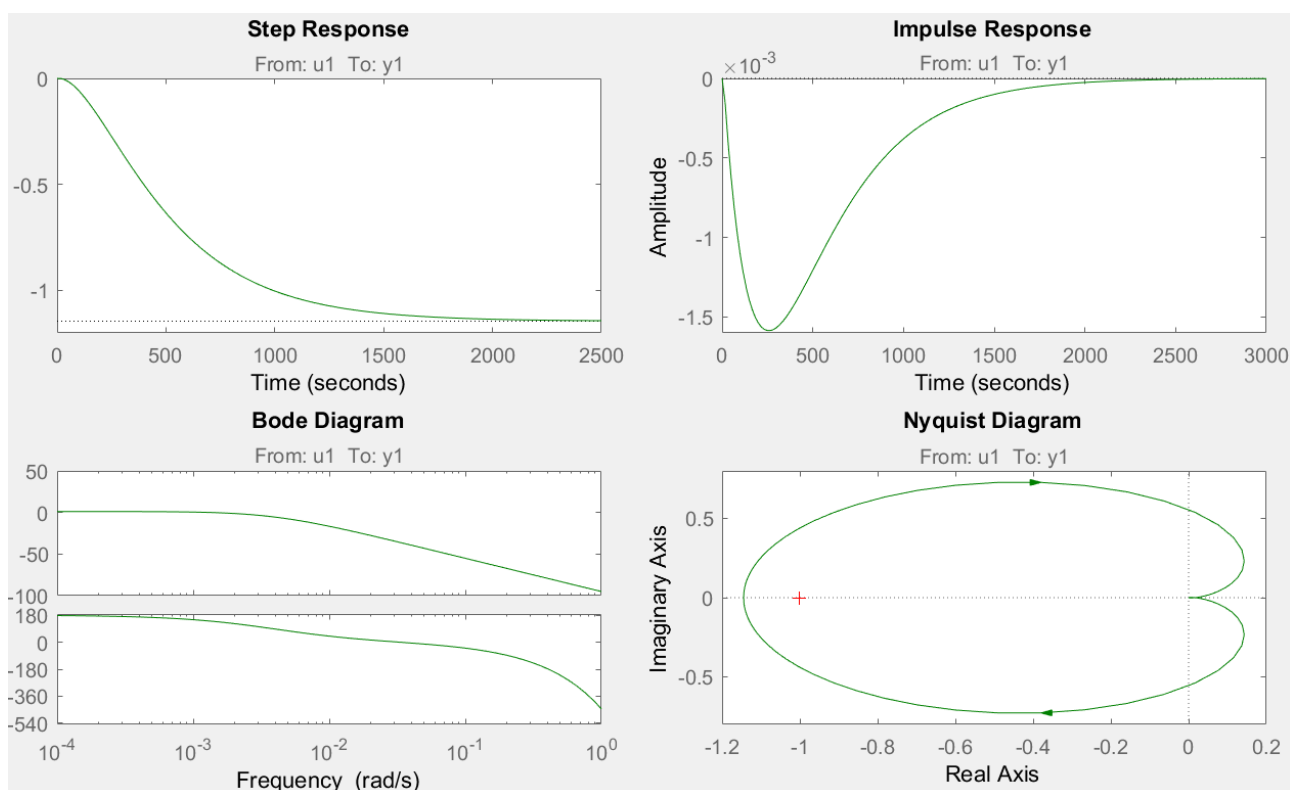


Рисунок 3.14 – Характеристики моделі керування

За результатами параметричної ідентифікації отримана модель P2D у вигляді передавальної функції, яка відповідає об'єкту керування за перевірочними даними на 90,79 % (табл. 3.1):

$$W(s) = \frac{-1,1446 \cdot e^{-7,756 s}}{(361,84s + 1) \cdot (179,72s + 1)} \quad (3.2)$$

3.4.4 Розробка моделі об'єкта керування в Simulink

Використовуючи передавальну функцію (3.2) у графічному середовищі імітаційного моделювання Simulink математичного пакету MATLAB розроблена модель отримання даних для перевірки на адекватність (рис. 3.15).

При налаштуванні час моделювання задано 18 000 с, що дорівнює кількості перевірочних даних. Додані блоки запису перевірочних даних та результатів моделювання до змінних Object і Model відповідно. Крок запису задано 1 с, що відповідає первинним даним.

На рисунку 3.15 показана модель об'єкта керування. На вхід моделі додано статичний зсув величиною 5 бар (мінімальне значення тиску компресору). На

виході додано статичний коригуючий зсув характеристики $-(12-5.7145)$, який корегує вихідну характеристику відповідно до реальних даних, отриманих з об'єкту керування.

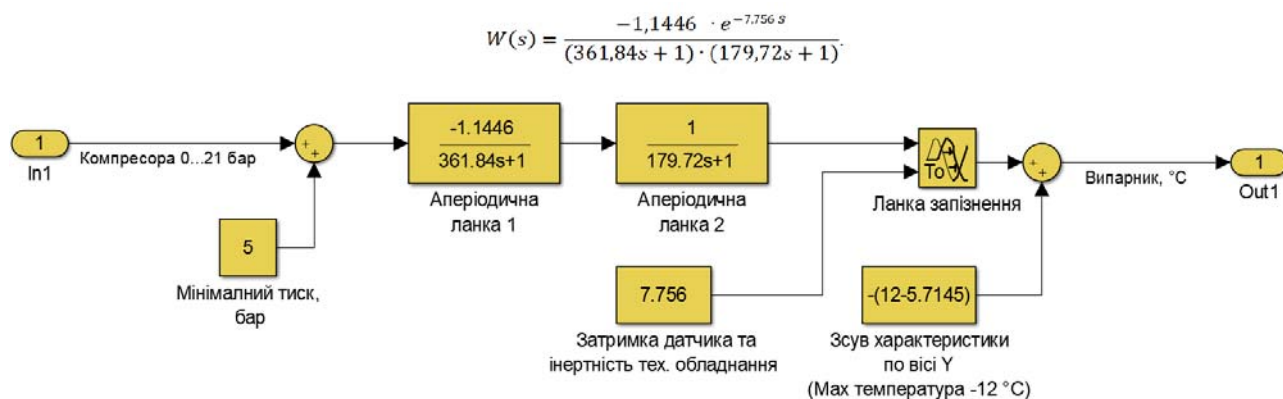


Рисунок 3.15 – Модель об'єкту керування

На рисунку 3.16 показана модель отримання даних для перевірки на адекватність. На вихід моделі P2D доданий статичний зсув характеристики -12 °C , який є корегує вихідну характеристику відповідно до реальних даних, отриманих з об'єкту керування, так як для ідентифікації у System Identification Toolbox вони були видалені.

Порівняння відбувається з чистими перевіроючими даними над якими не виконувалися дії які могли б їх «скомпрометувати».

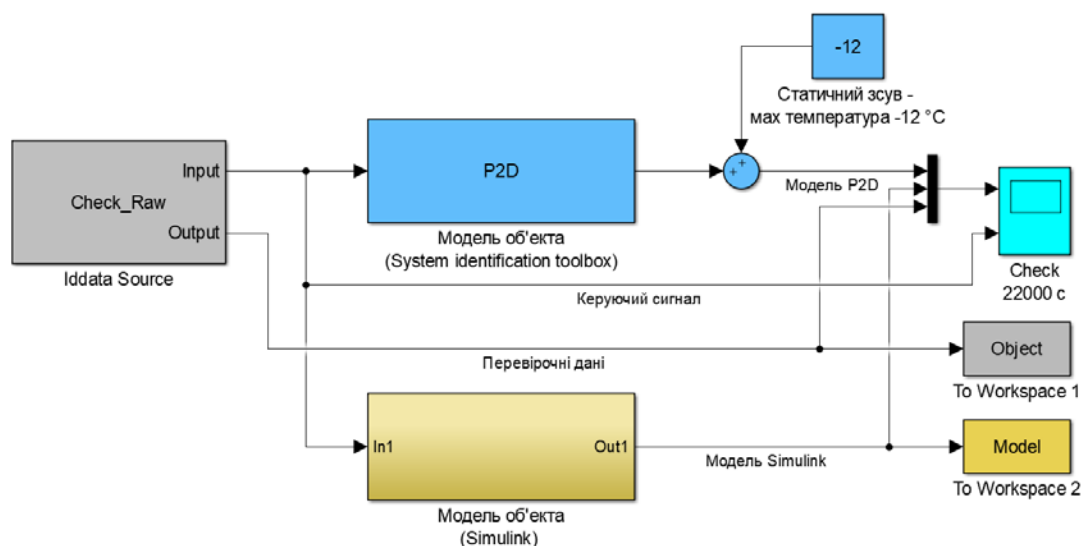


Рисунок 3.16 – Модель отримання даних для перевірки на адекватність

За результатами моделювання бачимо, що дійсні значення отримані на виході моделі System Identification Toolbox (сигнал – «Модель P2D») та моделі

розроблений на базі передавальної функції (сигнал – «Модель Simulink») співпадають з перевірочними даними (рис. 3.16).

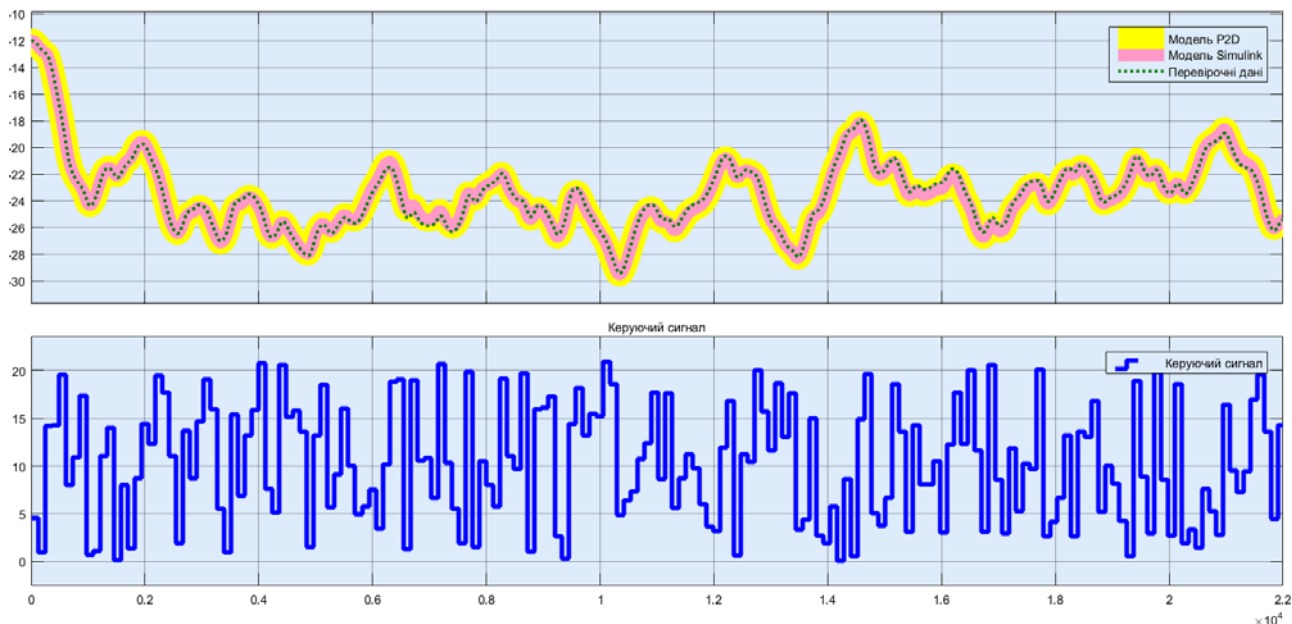


Рисунок 3.17 - Результат отримання даних для перевірки на адекватність
Наступним етапом є перевірка моделі на адекватність.

3.4.5 Перевірка моделі на адекватність

При перевірці на відповідність її значення у більшості випадків повинно бути вище 80 %, при перевірці на адекватність коефіцієнт кореляції повинен бути вище 0,8, а довірчий інтервал відповідати 0,9. У деяких випадках ці значення можуть бути змінені.

Перевірка на адекватність виконувалася за допомогою скрипту GetAdequacy.m, який реалізує відповідний розрахунок перевірки на адекватність:

```
function GetAdequacy(x, y)
    fprintf('\nПеревірка моделі об'єкта керування на адекватність
v1.0\n');
    nSX = sqrt(mean(x.^2) - mean(x)^2);
    nSXref = sqrt(mean(y.^2) - mean(y)^2);
    nR = (mean(x.*y) - mean(x) * mean(y)) / (nSX * nSXref);
    fprintf('\nКоефіцієнт кореляції: %.3f\n', nR);
    nN = size(x, 1);
    nM = size(x, 2);
    nV = nN - nM - 1;
    nF = nR^2 / (1 - nR^2) * nV / nM;
```

```

nP = 0.90;
nFk = finv(nP, nM, nV);
fprintf('Статистичний критерій фішера: %.3f\n', nF);
fprintf('Критичне значення статистики фішера: %.3f\n', nFk);
if (nF > nFk)
    fprintf('\nСтатистичний критерій фішера більший критичного
значення, модель є адекватною до об'єкта керування.\n\n');
else
    fprintf('\nСтатистичний критерій фішера менший критичного
значення, модель не є адекватною до об'єкта керування.\n\n');
end
end

```

Результат виконання статистичного аналізу (виклику функції):

```

>> GetAdequacy(Model, Object)
Перевірка моделі об'єкта керування на адекватність v1.0

Коефіцієнт кореляції: 0.996
Статистичний критерій фішера: 2709291.967
Критичне значення статистики фішера: 2.706

```

Статистичний критерій фішера більший критичного значення, модель є адекватною до об'єкта керування.

Використовуючи скрипт `GetAdequacy.m` встановлено, що між перевірочними даними та результатами моделювання присутній дуже високий зв'язок, коефіцієнт кореляції перевищує 0,99 та задовольняє вимогам, статистичний критерій Фішера перевищує критичне значення за відповідною статистикою, а отримана модель є адекватною до об'єкту керування за цим критерієм.

Статистичний критерій Фішера більший критичного значення, модель є адекватною до об'єкта керування.

Враховуючи аналіз технологічного процесу, структури об'єкта керування, характеристик отриманих за результатами експериментів, результатів структурної та параметричної ідентифікації та перевірки на адекватність зроблено висновок, що розроблена модель є адекватною до об'єкта керування та може бути використана у подальшому при синтезі системи керування в умовах досліджуваного технологічного процесу.

Остаточна модель об'єкта керування у графічному середовищі імітаційного моделювання Simulink наведена на рисунку 3.15, схема моделювання динамічної характеристики наведена на рисунку 3.18, а результат

моделювання динамічної характеристики об'єкта керування наведено на рис. 3.19.



Рисунок 3.18 - Модель об'єкта керування

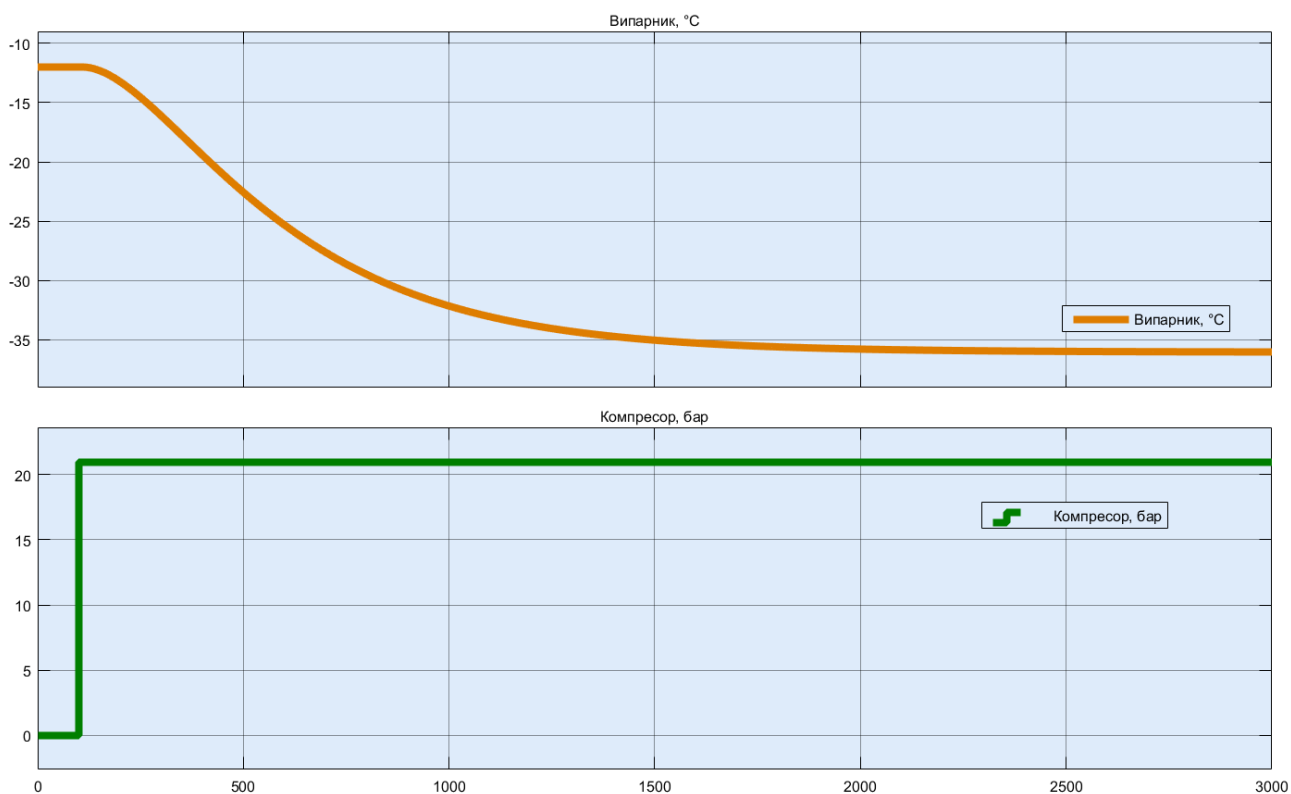


Рисунок 3.19 - Результат моделювання динамічної характеристики об'єкта керування

3.5 Висновки за розділом

При виконанні структурної ідентифікації, яка проведена на підставі експериментальних даних отриманих на об'єкті керування (динамічної характеристики, даних для побудови статичної характеристики, даних отриманих при П-образному керуючому впливі) встановлено, що структурно модель об'єкта керування може бути представлена як аперіодична ланка другого, або більш високого порядку з запізненням.

За результатами параметричної ідентифікації встановлено, що структура моделі об'єкта керування відповідає аперіодичній ланці другого порядку з запізненням та розраховані параметрами моделі: коефіцієнт підсилення $-1,1446$ і постійні часу $361,84$ с та $179,72$ с, а запізнення становить $7,756$ с.

Комплексна перевірка на адекватність моделі до об'єкта керування за перевірочними даними об'єкта керування показала високу відповідність $90,79$ %, сильний кореляційний зв'язок 0.996 та статичний критерій Фішера $2\,709\,291$ значно більшу критичного значення $2,707$.

Враховуючи аналіз технологічного процесу, структури об'єкта керування, характеристик отриманих за результатами експериментів, результатів структурної та параметричної ідентифікації та статистичного аналізу модель є адекватною до об'єкта керування та може бути використана у подальшому при синтезі системи керування в умовах досліджуваного технологічного процесу з шокової заморозки риби на обладнанні Frios Winter SF-2300.

4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

4.1 Техніко-економічне обґрунтування впровадження системи керування

Розвиток технічних, апаратних і програмних засобів, дає можливість підприємствам зменшувати витрати, підвищувати якість продукції, збільшувати швидкість виробництва, автоматизувати процеси та приймати безліч інших рішень.

У кваліфікаційній роботі бакалавра розглядається економічна доцільність розробки підсистеми керування технологічним обладнанням – камери шокової заморозки Frios Winter SF-2300, яка призначена для заморожування, зберігання, розморожування риби на судах.

У цей час на судах більша частина використовуваних систем керування мають у своїй основі морально та фізично застарілу елементної базу яка не забезпечує належні параметри технологічного процесу.

Автоматизована система керування камерою шокової заморозки Frios Winter SF-2300, що розроблена в кваліфікаційній роботі бакалавра, має такі переваги:

- висока інформативність, яка дає гарні передумови для створення повністю автоматизованої системи керування технологічним процесом переробки риби;
- висока надійність обладнання сучасної технічної бази системи керування.

4.2 Розрахунок капітальних витрат пов'язаних з впровадженням системи керування

Розрахуємо капітальні витрати, що пов'язані з виготовленням та впровадженням автоматизованої системи керування. Визначення проектних капітальних витрат виконується відповідно до:

$$K_{ПКВ} = C_{ОБ} + D_{ТР} + M_{МН} + K_{ПЗ}, \quad (4.1)$$

де $K_{ПКВ}$ – проектні капітальні витрати (грв.);

$C_{ОБ}$ – вартість основного та допоміжного обладнання (грн.);

$D_{ТР}$ – транспортно-заготівельні витрати (грн.);

$M_{МН}$ – витрати на монтаж і налагодження системи (грн.);

$K_{ПЗ}$ – витрати на розробку програмного забезпечення (грн.).

Вартість основного та допоміжного обладнання наведена в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Зведення капітальних витрат $C_{ОБ}$ [17...21]

№	Найменування	Одиниці виміру	Кількість	Вартість (грн.)	Сума (грн.)
1	ПЛЛ VIPA 214DPM (214-1BM02)	од.	1	13 774,40	13 774,40
2	Модуль аналогового вводу VIPA 231-1BD40	од.	2	4 740,30	9 480,60
3	Модуль дискретного виводу VIPA 222-1BF00	од.	1	2 335,80	2 335,80
4	Датчик температури Т.ХА-420-Кл1-1	од.	3	690,00	2 070,00
5	Датчик ваги НВМ С16і3-С3-30t	од.	1	19 900,00	19 900,00
6	Датчик тиску серії MBS 3000	од.	2	1 398,22	2 796,44
7	Частотний перетворювач FRECON FR500A-4T-110G/132P-H	од.	1	75 999,00	75 999,00
8	Реле твердотільне Jotta SSR 25DA	од.	1	1 023,00	1 023,00
9	Мережний кабель	м	120	28,50	3 420,00
10	Система керування, виконана на базі ПК	од.	1	31 200,30	31 200,30
11	Блок живлення Carlo Gavazzi SPD24301	од.	2	1 450,00	2 900,00
	Разом				164 899,54

Витрати на транспортно-заготівельні і складські роботи визначаються в залежності від вартості обладнання, як 8 % від загальної вартості:

$$D_{ТР} = C_{ОБ} \cdot 0,08. \quad (4.2)$$

Витрати на транспортно-заготівельні і складські роботи складають:

$$D_{ТР} = 164\,899,54 \cdot 0,08 = 13\,191,97 \text{ (грн.)}.$$

Вартість монтажних-налагоджувальних робіт приймаються на рівні 7 % від вартості обладнання:

$$M_{МН} = C_{ОБ} \cdot 0,07. \quad (4.3)$$

Витрати на монтажні-налагоджувальні роботи складають:

$$M_{\text{МН}} = 164\,899,54 * 0,07 = 11\,542,97 \text{ (грн.)}.$$

4.3 Розрахунок капітальних витрат на програмне забезпечення

4.3.1 Розрахунок часу на розробку програмного забезпечення

Трудомісткість розробки програмного забезпечення розраховується як:

$$t = t_o + t_u + t_a + t_n + t_{\text{OT}} + t_g. \quad (4.4)$$

- де t – трудомісткість розробки програмного забезпечення (люд.-год.);
- t_o – витрати праці на підготовку і опис поставленого завдання (люд.-год.);
- t_u – витрати праці на дослідження алгоритму керування (люд.-год.);
- t_a – витрати праці на розробку схеми алгоритму (люд.-год.);
- t_n – витрати праці на програмування по готовій схемі алгоритму (люд.-год.);
- $t_{\text{н}}$ – витрати праці на налаштування програмного забезпечення (люд.-год.);
- t_g – витрати праці на підготовку документації по завданню (люд.-год.).

Складові витрат праці визначаються на підставі умовної кількості оброблюваних операторів у програмному забезпеченні:

$$Q = q \cdot c \cdot (1 + p), \quad (4.5)$$

- де Q – умовна кількість операторів в програмному забезпеченні;
- q – кількість операторів у програмному забезпеченні;
- c – коефіцієнт складності програми (приймаємо $c = 1,35$);
- p – коефіцієнт корекції програми в процесі її обробки (приймаємо $p = 0,1$).

Виходячи з програмного забезпечення, як правило розробленого на мові Structured Text типове значення для подібних систем керування має діапазон 200... 350, приймаємо $q = 305$);

Таким чином для програмного забезпечення, що розробляється, кількість операторів складає:

$$Q = 305 * 1,35 * (1 + 0,1) \approx 453$$

Витрат праці на підготовку і опис завдання в кваліфікаційній роботі складають $t_o = 50$ (люд. –год.).

Витрати праці на вивчення опису завдання визначаються з урахуванням уточнення опису та кваліфікації програміста як:

$$t_u = \frac{Q \cdot B}{(75 \dots 85) \cdot k}, \quad (4.6)$$

де B – коефіцієнт збільшення витрат праці (приймаємо $B = 1,5$);

k – коефіцієнт кваліфікації програміста (приймаємо $k = 1,2$).

Для програмного забезпечення, що розробляється:

$$t_u = 453 * 1,5 / (80 * 1,2) \approx 8 \text{ (люд. –год.)}.$$

Витрати на розробку алгоритму керування визначаються як:

$$t_a = \frac{Q}{(20 \dots 25) \cdot k}. \quad (4.7)$$

Для програмного забезпечення, що розробляється:

$$t_a = 453 / (20 * 1,2) \approx 19 \text{ (люд. –год.)}.$$

Витрати праці на складання програми по готовій схемі алгоритму визначаються як:

$$t_n = \frac{Q}{(20 \dots 25) \cdot k}. \quad (4.8)$$

Для програмного забезпечення, що розробляється:

$$t_n = 453 / (20 * 1,2) \approx 19 \text{ (люд. –год.)}.$$

Витрати праці на налаштування програми розраховуються як:

$$t_H = \frac{Q}{(4 \dots 5) \cdot k}. \quad (4.9)$$

Для програмного забезпечення, що розробляється:

$$t_H = 453 / (4 * 1,2) \approx 95 \text{ (люд. –год.)}.$$

Витрати праці на підготовку документації по завданню визначаються як:

$$t_g = t_{\text{ДР}} + t_{\text{ДО}}, \quad (4.10)$$

де $t_{\text{ДР}}$ – трудомісткість підготовки матеріалів до написання;

$t_{\text{ДО}}$ – трудомісткість редагування, друку та оформлення документації.

Трудомісткість підготовки матеріалів до написання визначається як:

$$t_{\text{ДР}} = \frac{Q}{(15 \dots 20) \cdot k}. \quad (4.11)$$

Для програмного забезпечення, що розробляється:

$$t_{\text{ДР}} = 453 / (15 * 1,2) \approx 26 \text{ (люд. – год.)}.$$

Трудомісткість редагування, друку та оформлення документації визначається як:

$$t_{\text{ДО}} = 0,75 \cdot t_{\text{ДР}}. \quad (5.12)$$

Для програмного забезпечення, що розробляється:

$$t_{\text{ДО}} = 0,75 * 26 = 20 \text{ (люд. – год.)}.$$

Для розробленого програмного забезпечення витрати праці на підготовку документації по завданню:

$$t_g = 26 + 20 = 46 \text{ (люд. – год.)}.$$

Таким чином трудомісткість розробки програмного забезпечення становить:

$$t = 50 + 8 + 19 + 19 + 95 + 46 = 237 \text{ (люд. – год.)}$$

4.3.2 Розрахунок витрат на розробку програмного забезпечення

Витрати на розробку програмного забезпечення (ПЗ) визначається як:

$$K_{\text{ПЗ}} = Z_{\text{ЗП}} + Z_{\text{МІ}}, \quad (4.13)$$

де $Z_{\text{ЗП}}$ – витрати на заробітну плату розробника ПЗ (грн.);

$Z_{\text{МІ}}$ – вартість машинного часу, необхідного для налаштування ПЗ (грн.).

Заробітна плата розробника програмного забезпечення визначається як:

$$Z_{\text{ЗП}} = t \cdot C_{\text{ПР}}, \quad (4.14)$$

де t – час розробки ПЗ, год;

$C_{\text{ПР}}$ – середня годинна тарифна ставка розробника програмного забезпечення (приймаємо $C_{\text{ПР}} = 128,50$ (грн./год.)).

Для програмного забезпечення, що розробляється:

$$Z_{\text{ЗП}} = 237 * 128,50 = 30\,454,50 \text{ (грн.)}$$

Вартість машинного часу, необхідного для налаштування програми визначається як:

$$Z_{\text{МІ}} = t_n \cdot C_{\text{МЧ}}, \quad (4.15)$$

де t_n – час налаштування ПЗ, год;

$C_{\text{МЧ}}$ – вартість машинного часу (приймаємо $C_{\text{МЧ}} = 13,40$ (грн./год.)).

Для програмного забезпечення, що розробляється:

$$Z_{\text{МІ}} = 19 * 13,40 = 254,60 \text{ (грн.)}$$

Витрати на розробку програмного забезпечення системи керування становлять:

$$K_{\text{ПЗ}} = 30\,454,50 + 254,60 = 30\,709,10 \text{ (грн.)}$$

Очікувана тривалість розробки програмного забезпечення:

$$T = \frac{t}{B_k \cdot F_p}, \quad (4.16)$$

де T – тривалість розробки програмного забезпечення (міс.);

B_k – кількість розробників (приймаємо $B_k = 1$);

F_p – місячний фонд робочого часу ($F_p = 176$ (год./міс.)).

$$T = 237 / (1 * 176) \approx 1,5 \text{ (міс.)}$$

Таким чином проектні капітальні витрати:

$$\begin{aligned} K_{\text{ПКВ}} &= 164\,899,54 + 13\,191,97 + 11\,542,97 + 30\,709,10 \approx \\ &\approx 220\,343,58 \text{ (грн.)} \end{aligned}$$

4.4 Розрахунок експлуатаційних витрат

Річні експлуатаційні витрати розраховуються як:

$$C_e = C_a + C_3 + C_c + C_{\text{РО}} + C_{ee} + C_{\text{Інш}}, \quad (4.17)$$

де C_e – річні поточні витрати, пов'язані із застосуванням системи керування (грн.);

C_a – амортизація основних фондів (грн.);

C_z – заробітна плата обслуговуючого персоналу (грн.);

C_c – відрахування на соціальні заходи (грн.);

C_{p0} – витрати на технічне обслуговування та поточний ремонт обладнання (грн.);

C_{ee} – вартість електроенергії (грн.);

$C_{\text{інш}}$ – інші витрати (грн.).

Визначимо експлуатаційні витрати при впровадженні системи керування.

4.4.1 Амортизація основних фондів

Залежно від групи, до якої віднесено той, чи інший об'єкт основних засобів, встановлено мінімально-допустимі строки їх амортизації

Обладнання, розробленої в кваліфікаційній роботі системи керування, належить до 4 групи (машини та обладнання). Передбачуваний термін експлуатації системи становить 5 років.

При використанні методу прискореного зменшення залишкової вартості норма амортизації визначається як:

$$H_a = \frac{2}{T} \cdot 100 \%, \quad (4.18)$$

де H_a – норма амортизації (%);

T – термін корисного використання об'єкта (років).

Амортизація основних фондів визначається як:

$$C_a = \frac{\text{ПВ} \cdot H_a}{100 \%}, \quad (4.19)$$

де C_a – річна амортизація основних фондів (грн.);

ПВ – первинна вартість (ПВ = $K_{\text{ПКВ}}$) (грн.).

Отже, норма амортизації для проектованої системи керування складає:

$$H_a = \frac{2}{5} \cdot 100 \% = 40 \%.$$

Сума амортизації для проекрованої і базової системи становить:

$$C_a = 220\,343,58 \cdot 40/100 = 88\,137,44 \text{ (грн.)},$$

4.4.2 Розрахунок фонду заробітної плати

Номінальний річний фонд робочого часу одного працівника:

$$T_{\text{НР}} = (T_{\text{К}} - T_{\text{ВС}} - T_{\text{В}}) \cdot T_{\text{З}}, \quad (4.20)$$

де $T_{\text{НР}}$ – номінальний річний фонд робочого часу одного працівника (год.);

$T_{\text{К}}$ – календарний фонд робочого часу ($T_{\text{К}} = 365$ (днів));

$T_{\text{ВС}}$ – вихідні дні та свята ($T_{\text{ВС}} = 114$ (днів));

$T_{\text{В}}$ – відпустка ($T_{\text{В}} = 21$ (день));

$T_{\text{З}}$ – тривалість зміни ($T_{\text{З}} = 8$ (год.)).

Таким чином, річний фонд робочого часу працівника складе:

$$T_{\text{НР}} = (365 - 114 - 21) \cdot 8 = 1\,840 \text{ (год.)}.$$

У процесі керування задіяний 1 оператор людино-машинного інтерфейсу та - кожна зміну та 1 інженер-технолог і 1 наладчик електроустаткування - одна зміна на добу. Графік роботи у три зміни, так як процес безперервний.

Розрахунок річного фонду заробітної плати виробничих робітників здійснюється у відповідності з формою, наведеною в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Розрахунок заробітної плати персоналу

№ п/п	Найменування професії робітників	Число працюючих, чол.	Годинна тарифна ставка, грн./год.	Номінальний річний фонд робочого часу (год.)	Пряма заробітна плата, грн.	Додаткова заробітна плата (8%), грн.	Доплати (7%), грн.	Всього заробітна плата, грн.
1	Оператор НМІ	3	86,45	1 840	477 204,00	38 176,32	33 404,28	548 784,60
2	Інженер-технолог	1	102,11		187 882,40	15 030,59	13 151,77	216 064,76
3	Наладчик	1	95,50		175 720,00	14 057,60	12 300,40	202 078,00
Разом								966 927,36

Заробітна плата персоналу проектної системи керування

$$C_3 = 966\,927,36 \text{ (грн.)},$$

4.4.3 Відрахування на соціальні заходи

Відрахування на соціальні заходи визначаються як:

$$C_c = 0,22 \cdot C_3. \quad (4.21)$$

Відповідно до цього відрахування становлять:

$$C_c = 0,22 * 966\,927,36 = 212\,724,02 \text{ (грн.)}.$$

4.4.4 Розрахунок витрат на технічне обслуговування та ремонт

Витрати на технічне обслуговування та поточний ремонт обладнання та мережі приймаємо на рівні 5 % від величини капітальних витрат:

$$C_{PO} = 0,05 \cdot K_{KB} \cdot (K_{PKB}) \quad (4.22)$$

Відповідно до цього витрати становлять:

$$C_{PO} = 0,05 * 220\,343,58 = 11\,017,18 \text{ (грн.)}$$

4.4.5 Витрати на електроенергію

Вартість електроенергії, споживаної системою керування, розробленої у проекті:

$$C_{ee} = K_e \cdot K_{RD} \cdot T_3 \cdot T_e, \quad (4.23)$$

де K_e – кількість електроенергії, спожите проектною системою керування (приймаємо $K_e = 0,43$ (кВт · год.));

T_3 – кількість часу роботи за сутки ($T_3 = 24$ (год.));

K_{RD} – кількість робочих днів у році ($K_{RD} = 365$ (день));

T_e – тариф на електроенергію для підприємств (для користувачів електроенергії 2 класу тариф складає 2,26 грн.·кВт без ПДВ, з урахуванням ПДВ тариф $T_e = 2,712$ (грн.).

Таким чином вартість електроенергії становить:

$$C_{ee} = 0,43 * 365 * 24 * 2,712 = 10\,215,57 \text{ (грн.)},$$

4.4.6 Інші витрати

Інші витрати з експлуатації об'єкта проектування включають витрати з охорони праці, на спецодяг та інше згідно практики, ці витрати визначаються в розмірі 4 % від річного фонду заробітної плати обслуговуючого персоналу:

$$C_{\text{ІНШ}} = 0,04 \cdot C_3. \quad (4.24)$$

Таким чином інші витрати становлять:

$$C_{\text{ІНШ}} = 0,04 * 966\,927,36 = 38\,677,10 \text{ (грн.)}$$

Річні експлуатаційні витрати становлять (4.17), (табл. 4.3):

$$C = 88\,137,44 + 966\,927,36 + 212\,724,02 + 11\,017,18 + 10\,215,57 + 38\,677,10 = 1\,327\,698,67 \text{ (грн.)}$$

Таблиця 4.4 – Експлуатаційні витрати

№ п/п	Назва показника	Сума, грн.
1	Амортизація	88 137,44
2	Фонд заробітної плати	966 927,36
3	Відрахування на соціальні виплати	212 724,02
4	Ремонт та технічне обслуговування	11 017,18
5	Електроенергія	10 215,57
6	Інше	38 677,10
7	Загалом	1 327 698,67

4.5 Висновки за розділом

При впровадженні проекрованої системи капітальні витрати складають 220,4 тис. грн., час розробки ПЗ становитиме 1,5 місяці.

Річні експлуатаційні витрати, пов'язані з впровадженням системи становитимуть трохи більше 1,32 млн. грн.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

У роботі розглядається питання з автоматизації технологічного процесу заморожування риби.

Заморожування - це зниження температури продукту нижче його криоскопічної температури. Для кожного продукту температура заморожування та характер процесу заморожування специфічні, тому продукт вважається замороженим, якщо температура в глибині продукту досягла -8°C .

Шокова заморозка – один з найбільш сприятливих та ефективних методів збереження харчових продуктів. Технологія швидкісної заморозки полягає у фазовому переході внутрішньоклітинної рідини в мікро-кристали льоду. Миттєва рівномірна заморозка дозволяє зберегти всі корисні і смакові якості продукту, зробити термін зберігання максимально довгим. Завдяки перевагам такого способу заморожування, цей метод економічно вигідний і актуальний для всіх малих і великих «харчових» підприємств.

Основне завдання – зберегти корисні властивості продукту і збільшити термін його придатності, що є одним з основних критеріїв вибору холодильного обладнання.

Камери шокової заморозки дозволяють заощадити часові та виробничі ресурси, скоротити необхідну робочу площу і підвищити якість продукції, роблячи її більш безпечною для масового споживання.

Метою даного розділу є аналіз санітарно-гігієнічних умов праці, умов безпеки праці і пожежної безпеки.

5.1 Шкідливі та небезпечні фактори

5.1.1 Повітря робочої зони

Мікрокліматичні умови виробничих приміщень характеризуються такими показниками: температура повітря, відносна вологість повітря, швидкість руху повітря, інтенсивність теплового (інфрачервоного) опромінення, температура поверхні.

Згідно [35] роботи за важкістю у даному приміщенні можуть бути віднесені до категорії середньої тяжкості (II б).

Джерелами додаткового підвищення температури повітря є: технологічне устаткування, яке має високі температури нагріву; нагріті до високих температур деталі; теплова енергія, яка виділяється рухомими механізмами - компресори. Для підтримання нормативних параметрів мікроклімату в приміщенні сортування впроваджено систему вентиляції та кондиціонування повітря, а також теплоізолювані трубопроводи системи тепlopостачання.

Для вимірювання параметрів мікроклімату використовуються різні прилади: ртутні та спиртові термометри (для вимірювання температури), психрометри (для визначення відносної вологості повітря), анемометри й кататермометри (для встановлення швидкості руху повітря).

Таблиця 5.1 - Параметри мікроклімату виробничого приміщення

Період року	Категорія робіт	Температура, °C				Відносна вологість %		Швидкість руху, м/с		
		Оптимальна	допустима				Оптимальна	Допустима на робочих місцях постійних і непостійних, не більш ніж	Оптимальна, не більш ніж	Допустима на робочих місцях постійних і непостійних, не більш ніж
			Верхня межа		Нижня межа					
			На робочих місцях							
Постійних	Непостійних	Постійних	Непостійних	Оптимальна	Допустима на робочих місцях постійних і непостійних, не більш ніж	Оптимальна, не більш ніж	Допустима на робочих місцях постійних і непостійних, не більш ніж			
Холодний	Середньої тяжкості – II-б	17...19	21	23	15	13	40...60	75	0,2	До 0,4
Теплий		20...22	27	29	15	15	40...60	70 (при 25°C)	0,3	0,2-0,5

Також передбачено наступні заходи:

- теплообмінне обладнання оснащується місцевою витяжною вентиляцією у вигляді локальних відсмоктувачів, витяжних зонтів та ін.;

- від перегрівання при попаданні прямих сонячних променів в теплий період року - встановлення жалюзі та ін., від радіаційного охолодження в зимовий період року - екранування робочих місць.

5.1.2 Вентиляція

Вентиляція повинна проходити в зоні шкідливих виділень і направлятися до центру всмоктуючого отвору, до того ж кількість всмоктуючого повітря повинна перевищувати кількість повітря, що поступає з приточним потоком.

Зонти активуються піддувом по периметру, як показано на рисунку 5.1.

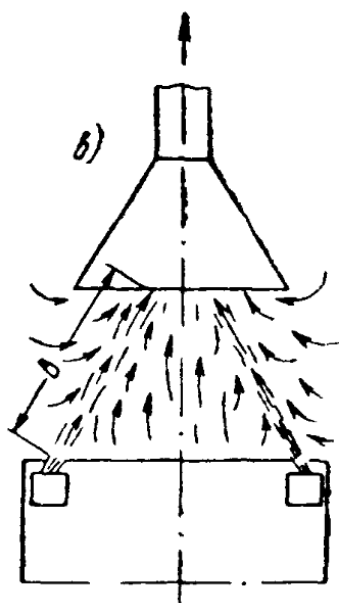


Рисунок 5.1 - Зображення витяжного зонти

Стійкість системи «приточний потік - місцеве відсмоктування» відносно неорганізованих потоків повітря, що виникають в приміщенні, визначається величиною швидкості на осі повітряного потоку в «критичному перерізі», в якому вплив приточного потоку вже послаблений, а дія місцевого відсмоктування ще не значна. Ця швидкість становить 1...2 м/с. Швидкість виходу приточного повітря - не більше 10 м/с.

За [36] виконаємо наступні розрахунки. Вважаємо відсмоктування круглого перерізу.

Відстань від приточного отвору до критичного перерізу:

$$x_{кр} = 0,848 \cdot B, \quad (5.1)$$

де B - довжина потоку, прийємо 1,5 м.

$$x_{кр} = 0,848 \cdot 1,5 = 1,272 \text{ м.}$$

Осьову швидкість приточного потоку в критичному перерізі прийємо $v_{мін} = 2 \text{ м/с.}$

Середню швидкість в приточному отворі беремо $v_1 = 6 \text{ м/с.}$ Швидкість всмоктування $v_2 = 2,5 \cdot v_{кр} = 5 \text{ м/с.}$

Звідси, діаметр приточного отвору:

$$d_1 = 0,138 \cdot B \cdot v_{мін} / v_1, \quad (5.2)$$

$$d_1 = 0,138 \cdot 1,5 \cdot 2 / 6 = 0,069 \text{ м.}$$

Діаметр всмоктуючого отвору:

$$d_1 = 0,196 \cdot B \cdot (v_{мін} / v_2)^{1/2}, \quad (5.3)$$

$$d_1 = 0,196 \cdot 1,5 \cdot (2/5)^{1/2} = 0,186 \text{ м.}$$

Об'єм приточного повітря:

$$L_1 = 55 \cdot B^2 \cdot v_{мін}^2 / v_1, \quad (5.4)$$

$$L_1 = 55 \cdot 1,5^2 \cdot 2^2 / 6 = 81,5 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Об'єм всмоктуючого повітря:

$$L_2 = 100 \cdot B^2 \cdot v_{мін}, \quad (5.5)$$

$$L_2 = 100 \cdot 1,5^2 \cdot 2 = 450 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Виходячи з вище зроблених розрахунків, підбираємо витяжний зонт компанії STARVENT типу острівного нестандартного моделі ЗВО - 4.

5.1.3 Виробниче освітлення

Для нормальної зорової роботи в приміщенні створюються умови, за яких не виникають професійні захворювання або виробничий травматизм. Освітлення має відповідати встановленим нормативам та характеру зорової виробничої діяльності. Для нормальної роботи оператора холодильної установки забезпечується відповідне освітлення приміщення, а саме трьох цехових приміщень, де розташовано обладнання холодильної камери, та, де зберігається вантаж. Для цього визначаємо вид зорових робіт які будуть виконуватися при нормальній роботі обладнання, ремонті та аварійному

режимі. Норми освітленості і КПО цеху, відповідно до [37] занесемо до таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 - Норми освітленості цеху, згідно ДБН В.2.5-28:2018

Розряд і під- розряд зорової роботи	Освітленість, лк		КПО, %	
	Штучне		Природне	Суміщене
	Комбіноване	Загальне	Верхнє і бічне	Верхнє і бічне
IVв	400	200	4 і 1,5	2,4 і 0,9

Для освітлення виробничого приміщення використовуються люмінесцентні лампи з денним світлом типу ЛД – 40(G13) та світильники з світлодіодними лампами LED з потужністю 20 Вт в холодильній камері. В овочесховищі передбачено пристрій аварійного евакуаційного освітлення - мінімальна освітленість 1 Лк на вулиці і 2 Лк в приміщенні.

Для контролю освітленості передбачено люксметр типу Ю-117.

5.1.4 Виробничий шум і вібрація

Одним з головних умов організації роботи промислового підприємства є контроль рівня шуму і вібрацій, які негативно впливають на здоров'я обслуговуючого персоналу. Безперервний шум від працюючих компресорів, охолоджувачів повітря і інших пристроїв можуть викликати порушення в організмі людини: психічні проблеми; зниження працездатності і продуктивності праці персоналу; погіршення слуху і виникнення головного болю; підняття артеріального тиску; нервова і фізична перевтома.

Крім шуму, велику небезпеку несе вібрація, що виникає від обертових механізмів, рідини в трубах і при роботі компресорів, яка передається на будівельні конструкції, викликаючи загрозу їх руйнування.

Рівень шуму на виробництві залежить від одночасної роботи всього обладнання і не повинен перевищувати 80 дБА, згідно [38]. Фактичне значення складає 78 дБА, що відповідає вимогам.

Відповідно до [39] нормуються допустимі величини вібро-швидкості (дб, м/с) або вібро-прискорення (дб, м/с²) відповідна:

- трубопроводи з середньо-геометричною частотою смуг 31,5 Гц відповідно для 1/3 окт: 87 дБ або 0,11 м/с, 57 дБ або 0,224 м/с²;
- для 1/1 окт: 92 дБ або 0,2 м/с, 62 дБ або 0,4 м/с²;
- компресори з середньо-геометричною частотою смуг 40 Гц для 1/3 окт: 87 дБ або 0,11 м/с, 59 дБ або 0,29 м/с².

Заходи щодо віброізоляції знижують коливання від працюючого устаткування, сприяють зменшенню шуму і збільшують надійність будівельних конструкцій.

Віброізолюючі елементи:

а) у вигляді окремих опор:

- пружинні віброізолятори, основним робочим елементом яких є одна або кілька сталевих гвинтових пружин;
- пружні прокладки, нерідко мають складну форму;

б) у вигляді шару пружного матеріалу, що укладається між машиною і фундаментом;

в) у вигляді плаваючої підлоги на пружній основі. Підлога на пружній основі являє собою залізобетонну стяжку, влаштовану на пружній основі поверх несучої плити перекриття будівлі.

Також при установці надпотужних промислових компресорів обов'язковою умовою є організація для них локальних фундаментів, відокремлених від конструкції будівель.

Для поглинання шуму від роботи конденсатора використовується пористий акустичний поролон, який розсіює звукову енергію і перетворює її в теплову. Для збільшення звукоізоляції працюючих компресорів використовується непориста, еластична самоклеюча звукоізоляція на кам'яній основі.

Для контролю шуму і вібрації використовується шумомір і вібратор АСВШ-МГ4.

Якщо в робочій зоні рівень перевищує нормативні значення і заходи щодо віброізоляції і поглинання шуму не знижують його рівень, додатково застосовують індивідуальні засоби захисту від шуму, відповідно до [40].

5.1.5 Випромінювання

В процесі роботи холодильної установки робочий персонал піддається інфрачервоному випромінюванню від теплообмінного обладнання, освітлювання та додаткового устаткування.

Відповідно до [41], інтенсивність теплового опромінення працюючих від нагрітих поверхонь нагріву технологічного обладнання, освітлюючих приладів, інсоляції від зашкленних огорожень не повинна перевищувати: 35 Вт/м² при опроміненні 50 % поверхні тіла і більше; 7 Вт/м² - при величині опромінення поверхні тіла 25-50 %; 100 Вт/м² - при опроміненні не більше 25 % поверхні тіла працюючого.

При наявності відкритих джерел випромінювання (нагрітий метал, скло, відкрите полум'я) допускається інтенсивність опромінення до 140,0 Вт/м². Розмір опромінюючої площі не повинен перевищувати 25 % поверхні тіла працюючого при обов'язковому використанні засобів індивідуального захисту (спецодяг, окуляри, спецвзуття)

Заходи захисту від інфрачервоного випромінювання, передбачені проектом:

- теплоізоляція гарячих поверхонь;
- охолодження тепло-випромінюючих поверхонь (водою, продувка);
- видалення робочих від місця випромінювання (захист відстанню);
- автоматизація (механізація) виробничих процесів (щит управління);
- екранування джерела випромінювання;
- застосування засобів індивідуального захисту (використання спецодягу з бавовняної тканини з вогнестійкою просоченням, спецвзуття, окуляри зі світлофільтрами з жовто-зеленого або синього скла, рукавичок, рукавиць, захисних масок).

5.1.6 Електробезпека

У робочому приміщенні живлення електроустановок здійснюється від 3-х фазної чотирьох-провідної електричної мережі змінного струму промислової частоти з глухозаземленою нейтраллю напругою ~380/220 В.

Згідно ПУЕ - 17 гранично допустимі напруги дотику наведено в таблиці 5.3.

Таблиця 7.3 - Гранично допустима напруга дотику

Тривалість дії, с	до 0,1	0,2	0,5	0,7	0,9	1...5
Напруга дотику, В	500	400	200	130	100	65

Відповідно до [42], холодильна установка відноситься до класу захисту II.

Технічні засоби для безпеки працюючого персоналу на холодильній установці, передбачені проектом:

- ізоляція струмопровідних частин;
- мала напруга, вирівнювання потенціалів;
- запобіжна сигналізація, блокування, знаки безпеки;
- засоби індивідуального захисту;
- маркування струмоведучих частин електроустановки, усі струмоведучі частини пофарбовані в яскраво червоний колір;
- недосяжність підвісу живлячого провідника.

Захист людини від ураження електричним струмом в мережі із зануленням здійснюється завдяки тому, що при замиканні однієї з фаз на занулений корпус в ланцюзі цієї фази виникає струм короткого замикання, який впливає на струмовий захист, внаслідок чого відбувається відключення аварійної ділянки від мережі. Крім того, ще до спрацьовування захисту струм короткого замикання викликає перерозподіл напруги в мережі, напругу корпусу, що призводить до зниження, щодо землі. Таким чином, занулення зменшує напругу дотику і обмежує час, протягом якого людина, що доторкнулася до корпусу, може потрапити під дію напруги.

Для захисту від удару струмом у випадку пошкодження ізоляції використовується автоматичне відключення живлення.

Організаційний засіб електробезпеки: дотримання правил улаштування електроустановок і правил техніки безпеки при експлуатації обладнання.

Основні заходи електробезпеки:

- ізоляція струмопровідних частин, які знаходяться під напругою;
- мала напруга в електричних ланцюгах змінного струму, що не перевищує 40 В, і постійного струму - не вище 110 В;
- елементи для захисного заземлення металевих, неструмоведучих частин, які випадково можуть потрапити під напругу (при порушенні ізоляції, режиму робіт і т.п.);
- автоматичні пристрої, які відключають електроспоживачів від мережі, якщо доступні для людського дотику здебільшого потрапляють під напругу;
- засоби контролю ізоляції та сигналізації про їх ушкодження, а також для відключення установки при зменшенні опору ізоляції нижче припустимого рівня;
- попереджувальні написи, знаки, фарбування струмопровідних частин у сигнальні кольори та інші засоби сигналізації про небезпеку;
- використовується знижена напруга (аварійне освітлення 220 В, система місцевого освітлення 42 В, переносне освітлення 12 В);
- світильники розташовуються на висоті не менш 2,5 м над робочими місцями.

В компресорному приміщенні та цеху теплообмінного обладнання передбачена аварійна вентиляція, яка реалізується витяжною вентиляцією для створення розрідження в приміщенні лише з причини аварії. Запуск відбувається вручну і від датчиків газосигналізаторів налаштованих на величину гранично допустиму концентрацію речовин.

Біля вимикачів, контакторів, магнітних пускачів, рубильників та інших пускових пристосувань, а також запобіжників, змонтованих на групових щитах, повинна бути напис і покажчик, до якого двигуну вони належать.

Для захисту електричних ланцюгів від струмів перевантаження та від короткого замикання застосовують запобіжники. Залежно від типу електроспоживача, запобіжники можуть бути пробкових, трубкові, пластинчасті і інших видів.

5.2 Пожежна безпека

Завданням пожежної безпеки є контроль та виконання протипожежних вимог та запобігання нещасних випадків. Усі приміщення, відділи повинні бути обладнані вогнегасником. На кожному поверсі повинні бути розроблені схеми будівлі та евакуації у разі пожежі та зазначені запасні виходи. Відповідальність за пожежну безпеку у лабораторії чи на підприємстві покладається на посадових осіб та керівництво. На підприємстві або лабораторії, повинні бути установлені пожежні сигналізації та автоматичні установки пожежогасіння. Встановлення блискавковідводів повинно складатись з блискавко приймачів, струмовідводів та заземлювачів. Вони можуть бути відокремлені (ізольовані) від споруди (блискавковідводи, що стоять окремо, – стрижневі або тросові, а також сусідні споруди, що виконують функції природних блискавковідводів) або встановленою безпосередньо на об'єкті, що захищається. Пожежна безпека у лабораторії забезпечується шляхом проведення організаційних, технічних та інших заходів відповідно до Правил пожежної безпеки в Україні. Для того щоб запобігти пожежі, потрібно виконувати наступні правила протипожежної безпеки:

- регулярно перевіряється справність електроприладів і електроустаткування;
- ізоляція електропроводів;
- забороняється паління у виробничих приміщеннях;
- не допускається перегрів приладів;

– проходи до щитків і виходу з центру не загороджуються.

Будівля та приміщення забезпечуються необхідною кількістю вогнегасників, згідно з вимогами загальнодержавних Правил пожежної безпеки в Україні, які встановлюються в легкодоступних та помітних місцях (коридорах, біля входів або виходів з приміщень) таким чином, щоб вони не заважали під час евакуації.

Відстань від можливого осередку пожежі (найбільш віддаленого місця у приміщенні) до місця розташування вогнегасника не повинна перевищувати 20 м. Місця знаходження вогнегасників позначаються вказівними знаками, згідно з чинними державними стандартами.

Впроваджено наступні засоби пожежогасіння (згідно з [30]):

- пінні вогнегасники типу ОХП-10, повітряно-пінні вогнегасники типу ОВП-10;
- порошкові ОП-2, ОП-5;
- пісок.

Встановлюється охоронно-пожежна сигналізація автономного типу.

В овочесховищах застосовується розпилена вода як один із способів пожежогасіння. Відповідно до [45], в компресорному цеху встановлюється автоматичне водяне пожежогасіння.

Приміщення захищено від прямого удару блискавки (відповідно до [46]) за допомогою блискавковідводу, що складається з блискавко-приймача (що приймає на себе розряд блискавки), заземлювача і струмо-провідника. Тип одиночний стрижньовий: $h = 100$ м, висота його зони захисту над землею $h_0 = 0,87 * 100 = 87$ м. Радіус зони захисту на рівні землі $r_0 = 1,5 * 100 = 150$ м.

5.3 Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях

Якщо з'явилися несправності в роботі холодильного апарату (іскріння і та ін.) негайно відключити його від електромережі і доповісти про це керівнику і електрику.

В разі загоряння холодильного апарату необхідно відключити його від електромережі, евакуювати людей з приміщення, провести гасіння обладнання первинними засобами пожежогасіння, повідомити про інцидент своєму керівникові.

У випадку ураження електрострумом надати потерпілому першу допомогу, якщо відсутнє дихання і пульс провести штучне дихання і непрямий масаж серця до відновлення дихання і пульсу, викликати медсестру або транспортувати потерпілого в медичний кабінет установи, при необхідності викликати швидку медичну допомогу, доповісти керівнику.

При травмуванні надати першу допомогу потерпілому, викликати медсестру або транспортувати потерпілого в медичний кабінет установи, при необхідності викликати швидку медичну допомогу, доповісти керівнику.

У разі попадання в очі миючих і дезінфікуючих засобів, під час миття холодильника, ретельно промити очі водою і звернутися до медсестри. При подразненні шкіри рук добре помити їх з милом і нанести крем.

5.4 Висновки за розділом

У даному розділі розглянута характеристика об'єкту та умови його експлуатації, проаналізовані небезпечні та шкідливі виробничі фактори, визначені основні заходи з безпеки під час збереження та заморозки продуктів – сформульовані загальні вимоги з безпеки, застосування первинних засобів гасіння пожежі та правил пожежа- і вибухобезпеки, розглянуті питання з охорона довкілля.

ВИСНОВКИ

Оскільки Frios Winter SF це серія промислових камер шокової заморозки модульного типу, вільної комплектації. Ці параметри поставки технологічного обладнання дозволяють дуже гнучка варіювати технічними та економічними параметрами кінцевих морозильних камер – вартість технологічного обладнання, об'єм камери, часові параметри заморозки продукту та розморожування, кінцевими температурами заморозки та розморожування та ін.

Таким чином є гостра потреба в створенні системи керування та ідентифікації отриманого об'єкту керування.

Актуальність роботи пояснюється необхідністю модернізації систем керування, яка використовуються на судах для процесу заморозування, збереження та розморожування риби. Сучасна система керування дозволить контролювати зазначені параметри, дозволяючи отримувати режими роботи технологічного обладнання з заданими технічними характеристиками. Також ця система керування матиме можливість фіксації та збереження параметрів роботи технологічного обладнання.

У якості об'єкта керування виступає технологічне обладнання - камера шокової заморозки Frios Winter SF-2300 для неї розроблена система автоматичного керування. Вибрано апаратно-програмні засоби для створення підсистеми керування, розроблена функціональна схема автоматизації, розроблена схема принципова підсистеми керування, складено перелік елементів до схеми електричної принципової.

При виконанні структурної ідентифікації, яка проведена на підставі експериментальних даних отриманих на об'єкті керування (динамічної характеристики, даних для побудови статичної характеристики, даних отриманих при П-образному керуючому впливі) встановлено, що структурно модель об'єкта керування може бути представлена як аперіодична ланка другого, або більш високого порядку з запізненням.

За результатами параметричної ідентифікації встановлено, що структура моделі об'єкта керування відповідає аперіодичній ланці другого порядку з запізненням та розраховані параметрами моделі: коефіцієнт підсилення $-1,1446$ і постійні часу $361,84$ с та $179,72$ с, а запізнення становить $7,756$ с.

Комплексна перевірка на адекватність моделі до об'єкта керування за перевіроочними даними об'єкта керування показала високу відповідність $90,79$ %, сильний кореляційний зв'язок 0.996 та статичний Фішера $2\ 709\ 291$ значно більшу критичного значення $2,707$.

Враховуючи аналіз технологічного процесу, структури об'єкта керування, характеристик отриманих за результатами експериментів, результатів структурної та параметричної ідентифікації та статистичного аналізу модель є адекватною до об'єкта керування та може бути використана у подальшому при синтезі системи керування в умовах досліджуваного технологічного процесу з шокової заморозки риби на обладнанні Frios Winter SF-2300.

При впровадженні проекрованої системи капітальні витрати складають $220,4$ тис. грн., час розробки ПЗ становитиме $1,5$ місяці.

Річні експлуатаційні витрати, пов'язані з впровадженням системи становитимуть трохи більше $1,32$ млн. грн.

У розділі охорона праці розглянута характеристика об'єкту та умови його експлуатації, проаналізовані небезпечні та шкідливі виробничі фактори, визначені основні заходи з безпеки під час збереження та заморозки продуктів – сформульовані загальні вимоги з безпеки, застосування первинних засобів гасіння пожежі та правил пожежа- і вибухобезпеки, розглянуті питання з охорона довкілля.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Методичні рекомендації для студентів бакалаврів спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» Ткачов В.В., Бубліков А.В., Цвіркун Л.І., Проценко С.М., Бойко О.О., Славинський Д.В., – Д.: «НГУ», 2016. – 27 с.
2. Бойко О.О. Методичні вказівки до лабораторних робіт з проектування систем автоматизації для студентів напрямку підготовки «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / О.О. Бойко – Д.: Державний ВНЗ «НГУ», 2017. – 109 с. – Режим доступу: <https://goo.gl/Ev6J4Z>. – Назва з домашньої сторінки Інтернету.
3. Бойко О.О., Проценко С.М. Методичні вказівки до лабораторних робіт з програмування систем реального часу для студентів напрямків підготовки «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології», «Комп'ютерна інженерія» / О.О. Бойко, С.М. Проценко – Д.: Державний ВНЗ «НГУ», 2017. – 168 с. – Режим доступу: <https://goo.gl/rBf8Zm>. – Назва з домашньої сторінки Інтернету.
4. Бойко О.О. Методичні вказівки до лабораторних робіт з теорії автоматичного управління для студентів напрямку підготовки «Комп'ютерна інженерія» / Укл.: О.О. Бойко – Д.: Державний ВНЗ «НГУ», 2017. – 107 с. – Режим доступу: <https://goo.gl/nUMtFE>. – Назва з домашньої сторінки Інтернету.
5. Голінько В.І., Фрундін В.Ю. Охорона праці в галузі електротехніки та електромеханіки – Д.: Державний ВНЗ «НГУ», 2011. – 235 с.
6. Ветеринарно-санітарна експертиза риби, морських ссавців та безхребетних тварин : навчальний посібник / Фотіна Т. І., Березовський А. В., Петров Р. В., Горчанок Н. В. Вінниця : Нова Книга, 2013. 120 с
7. Експертиза товарів [Електронний ресурс]: навчальний посібник / [А. А. Дубініна, І. О. Дудла, М. Р. Мардар та ін.]. Електрон. дані. Х.: ХДУХТ, 2017.

8. Погребняк О.О. Методи обробки продуктів на сучасному харчовому виробництві. Національний медичний університет ім. Богомольця О.О., Київ. № 4 2015. С. 190.
9. Холодильные машины: Учебник для ВТУЗов Под общ. ред. И.А. Сакуна.- Л.: Машиностроение, 1985.-510 с.
10. Гиль И.М. Устройство, монтаж и техническое обслуживание холодильных установок / И.М. Гиль. - М.: Пищевая промышленность, 1973.-465 с.
11. Чумак И.Г. Холодильные установки / И.Г. Чумак, В.П. Чепурненко. – М.: Агропромиздат, 1991.-495 с.10
12. Арустамов Э.А. Оборудование предприятий торговли, М., 2000.
13. Оборудование торгового предприятия. Под ред. Парфентьева, М. 2000.
14. Улейский Н.Т., Улейская Р.И. Холодильное оборудование. – Ростов-на-Дону: «Феникс», 2000
15. Застосування холоду в рибній промисловості. Режим доступу: <https://primeholod.com.ua/uk/proektuvannya/ribna-promislovist>
16. Frios Winter SF – серія промислових камер шокової заморозки. Режим доступу: <https://frios.ua/produksiya/kameri-shokovoyi-zamorozki>
17. Датчики температуры с токовым выходом 4...20 мА. Режим доступу: <https://mtd-proekt.ru/datchiki-temperatury-s-tokovym-vykhodom-4-20-ma>
18. Цифровой тензодатчик НВМ С16i3-С3-30t. Режим доступу: <https://vis.ua/product/tsifrovoj-tenzodatchik-hbm-c16i3-c3-30t/>
19. Датчик давления MBS 3000. Режим доступу: https://ianv.com.ua/datchik-davlenija-mbs-3000?gclid=Cj0KCQjwjN-SBhCkARIsACsrBz7AokIulIwCUekVbwn67pDtxr5UBbtySZm4neS6U3IZ5GK4OPIMxIMaAtYGEALw_wcB
20. Перетворювач частоти FRECON FR500A-4T-110G/132P-Н. Режим доступу: https://saeron.com.ua/ua/p1002547844-preobrazovatel-chastoty-110132.html?gclid=Cj0KCQjwjN-SBhCkARIsACsrBz7HWJfjLwHnekrlISdIyTK9lKkqMuB12uZn5-0hRDCdmfbmJO629UaAvQwEALw_wcB

21. Електронний ресурс: <https://prom.ua/ua/p1363387438-dtshh5-termsoprotivleniya-kommutatsionnoj.html>
22. Міждержавний стандарт ГОСТ 12.0.003-74 (1999) ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация».
23. ДСН 3.3.6.042-99 „Державні санітарні норми параметрів мікроклімату” - К.: МОЗ України, 2000.
24. ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування.
25. ДСТУ Б.А.3.2-12:2009. Система стандартів безпеки праці. Системи вентиляційні. Загальні вимоги ДНАОП 0.03-33.14-85. Санітарні норми допустимих рівнів шуму на робочих місцях.
26. Правила улаштування електроустановок Мінпаливвугілля України. – 2017 – 617с.
27. «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості на небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу». № 528 - 2001.
28. Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями, затверджені наказом Мінсоцполітики від 14.02.2018 № 207.
29. Методичні рекомендації з виконання заходів стосовно охорони праці при роботі з ПЕОМ та розрахунку освітлення у дипломних проектах студентів усіх спеціальностей/ Уклад. В.І. Голінько, В.Ю. Фрундін, Ю.І. Чеберячко, М.Ю. Іконніков. - Дніпропетровськ: ДВНЗ «Національний гірничий університет», 2013.- 12 с.
30. ДСанПіН 3.3.2-007-98 Державні санітарні правила і норми. Гігієнічні вимоги до організації роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин
31. ДСТУ 7234:2011 Дизайн і ергономіка. Обладнання виробниче. Загальні вимоги дизайну та ергономіки
32. ДСТУ 7950:2015 Дизайн і ергономіка. Робоче місце під час виконання робіт стоячи. Загальні ергономічні вимоги.

33. ДСТУ 8604:2015 Дизайн і ергономіка. Робоче місце для виконання робіт у положенні сидячи. Загальні ергономічні вимоги
34. ДСТУ 3191-95 (ГОСТ 12 2.137-96) Обладнання для кондиціонування повітря та вентиляції
35. ДСН 3.3.6.042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень».
36. Внутренние санитарно-технические устройства / Под ред. И. Г. Староверова: Ч.2. Вентиляция и кондиционирование воздуха. - М.: Стройиздат, 1978.-509.
37. ДБН В.2.5-28-2018 «Природне і штучне освітлення».
38. ДСН 3.3.6.037–99 «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку».
39. ДСН 3.3.6.039-99 «Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації».
40. ДСТУ ГОСТ 26568: 2009 «Вибрация методы и средства защиты».
41. ДСТУ ІЕС 61140: 2015 «Захист проти ураження електричним струмом. Загальні аспекти щодо установок та обладнання».
42. ДБН В.1.1-7-2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва».
43. ДСТУ Б В.1.1-36:2016 «Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухо-пожежною та пожежною небезпекою».
44. ДСТУ 3675-98 «Пожежна техніка. Вогнегасники переносні. Загальні технічні вимоги та методи випробувань».
45. ДБН В.2.5-56-2014 «Системи протипожежного захисту».
46. ДСТУ Б В.2.5-38:2008 «Улаштування блискавкозахисту будівель та споруд».

ДОДАТОК А

Відомість матеріалів кваліфікаційної роботи

№ рядка	Формат	Позначення	Найменування	Кількість аркушів	Шифр документу	Примітка
1			<u>Документація</u>			
2						
3	A4	KIBС.KBP.151.18.19.ПЗ	Пояснювальна записка		ПЗ	
4						
5			<u>Графічна частина</u>			
6						
7	A2	KIBС.KBP.151.18.19.E2	Функціональна схема			
8			автоматизації	1	E2	
9						
10	A2	KIBС.KBP.151.18.19.E3	Схема електрична			
11			принципова	1	E3	
12						
13	A4	KIBС.KBP.151.18.19.ПЕЗ	Перелік елементів	1	ПЕ	
14						
15	A4	KIBС.KBP.151.18.19.Д	Презентація		Д	
16						
17		KIBС.KBP.151.18.19.ВДЕ	Носій інформації	1	ВДЕ	
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						
			Підп.	Дата	KIBС.KBP.151.18.19.ТП	
Зм.	Арк.	№ докум.				
Розробив		Флік		25.05.22	Літ.	Аркуш
П. конс.		Карпенко				1
Н. контр.						1
					Національний ТУ «Дніпровська політехніка», ЕТФ, 151-18-1	

ВІДГУКИ КОНСУЛЬТАНТІВ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

ВІДГУК

кваліфікаційна робота бакалавра: «Автоматизація технологічного процесу
заморожування риби»,

студент гр. 151-18-1 Флік Денис Васильович

Об'єкт розробки – система автоматичного керування технологічним обладнанням - камерою шокової заморозки Frios Winter SF-2300.

Об'єкт дослідження – процес заморозки, зберігання, розморожування риби у камері шокової заморозки.

Предмет дослідження – розробка моделі камери шокової заморозки, регульованій по каналу «тиск компресора → температура випарника».

Холодоагент під тиском 5...26 бар, в залежності від необхідної температури у випарнику, через дросельний отвір надходить у випарник, де через різке зниження тиску рідина випаровується і перетворює її в пару, який бере тепло з внутрішніх стінок випарника, за рахунок чого охолоджується внутрішній простір холодильної камери. Номінальний режим температури може бути в діапазоні -35...-12 °С, що залежить від технологічної карти зберігання конкретного продукту.

Оскільки Frios Winter SF це серія промислових камер шокової заморозки модульного типу, вільної комплектації, що дозволяє дуже гнучка варіювати технічними та економічними параметрами кінцевих морозильних камер – вартість технологічного обладнання, об'єм камери, часові параметри заморозки продукту та розморожування, кінцевими температурами заморозки та розморожування та ін. Таким чином є гостра потреба в створенні системи керування та ідентифікації отриманого об'єкту керування.

Виходячи з отриманих результатів можливо зробити висновок, що модель відповідає об'єкту керування, та може бути використана для подальшої розробки підсистеми керування. Подальше вдосконалення моделі можливе у рамках більш детального аналізу впливів збурення, та модифікації програмного коду з метою підвищення швидкодії. Отримана модель може бути використана для розробки програмного забезпечення підсистеми керування.

Тема кваліфікаційної роботи безпосередньо пов'язана з професійною діяльністю фахівця спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології.

Цілі, поставлені перед кваліфікаційною роботою, повністю виконані. ПЗ і графічна частина кваліфікаційної роботи виконана відповідно до вимог ГОСТ і ЕСКД, зауважень до проекту немає. При виконанні кваліфікаційної роботи і ухваленні рішень проявлена висока міра самостійності, технічної грамотності.

Оцінки по розділах кваліфікаційної роботи - «_____».

Кваліфікаційна робота в цілому заслуговує оцінку «_____», а студент привласнення освітнього рівня «бакалавр».

Керівник кваліфікаційної роботи, _____ ас. Карпенко О.В.

____.06.2022

РЕЦЕНЗІЯ

кваліфікаційна робота бакалавра: «Автоматизація технологічного процесу заморожування риби»,
студент гр. 151-18-1 Флік Денис Васильович

1. Завдання і зміст кваліфікаційної роботи ступеню бакалавра відповідає основній меті - перевірки знань і ступеня підготовленості студента за спеціальністю «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології».
2. Актуальність роботи полягає в тому, що розробка та дослідження нової підсистеми керування дозволить зменшити вплив основних недоліків технологічного обладнання.
3. Отримана модель може бути використана за для розробки програмного забезпечення підсистеми керування.
4. Повнота і глибина вирішення завдань, поставлених в завданні на кваліфікаційну роботу достатня.
5. В рамках кваліфікаційної роботи було визначено структуру об'єкта керування та побудована його модель.
6. В цілому кваліфікаційна робота ступеню бакалавра заслуговує оцінки «_____», за умови відповідного захисту.
7. Студент Флік Д.В. присвоєння йому кваліфікації «бакалавр» за спеціальністю «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології».

Рецензент, _____

____.06.2022

ЗАТВЕРДЖЕНО:
завідувачем кафедри
кіберфізичних та інформаційно-
вимірювальних систем

_____ Бубліковим А.В.

«_____» _____ 2022 року

ВИСНОВОК

Про рівень запозичень у кваліфікаційній роботі бакалавра на тему «Автоматизація технологічного процесу заморожування риби», здобувача вищої освіти, групи 151-18-1, Флік Денис Васильович.

Загальний обсяг кваліфікаційної роботи без переліку посилань складає _____ сторінок. Програмне забезпечення використане для перевірки роботи “<https://unichек.com>”. Рівень запозичень у роботі складає _____ %, що є меншим 40 % запозичень з однієї роботи та відповідає вимогам Положення про систему запобігання та виявлення плагіату у Національному технічному університеті «Дніпровська політехніка».

Нормоконтролер,
посада, ас. каф. КФІВС
ступінь

(підпис)

Славінський Д.В.

(дата)

Ім'я користувача:
Олег Бойко

ID перевірки:
1011439131

Дата перевірки:
02.06.2022 20:08:40 EEST

Тип перевірки:
Doc vs Internet + Library

Дата звіту:
02.06.2022 20:10:34 EEST

ID користувача:
100008838

Назва документа: 01_151_-18_Флік_Д_В_-_ПЗС

Кількість сторінок: 88 Кількість слів: 15332 Кількість символів: 113440 Розмір файлу: 3.05 MB ID файлу: 1011318757

Виявлено модифікації тексту (можуть впливати на відсоток схожості)

34.5% Схожість

Найбільша схожість: 10.2% з Інтернет-джерелом (https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/34388/1/Odudenko_Yuliya_bak..

34.5% Джерела з Інтернету

232

Сторінка 90

Не знайдено джерел з Бібліотеки

0% Цитат

Вилучення цитат вимкнене

Вилучення списку бібліографічних посилань вимкнене

32.6% Вилучень

Деякі джерела вилучено автоматично (фільтри вилучення: кількість знайдених слів є меншою за 8 слів та 0%)

Немає вилучених Інтернет-джерел

32.6% Вилученого тексту з Бібліотеки

21

Сторінка 90

Модифікації

Виявлено модифікації тексту. Детальна інформація доступна в онлайн-звіті.

Замінені символи

116

Підозріле форматування

17
сторінок