

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 магістра

студента Перепелиця Андрій Олександрович

(П.І.Б.)

академічної групи 151М-19-1.

(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 Синтез та дослідження системи керування процесом кондиціонування та вентиляції повітря на судні

(назва за наказом ректора)

Консультанти	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинг.	інституційною	
Керівник кваліфікаційної роботи	доц. Соснін К.В.			
Провідний консультант	ст. викл. Надточий В.В.			
Синтез системи керування	доц. Бубліков А.В.			
Експериментальний розділ	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  
2020

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

\_\_\_\_\_ Ткачов В.В.  
(підпис) (прізвище,  
ініціали)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020 року

**ЗАВДАННЯ**  
**на кваліфікаційну роботу**  
**ступеня магістра**

студенту Перепелиця А.О. академічної групи 151М-19-1  
(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 Синтез та дослідження системи керування процесом кондиціонування та вентиляції повітря на судні

затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від 20.11.2020 № 965-с

Розділ	Зміст	Термін виконання
Стан питання та постановка завдання. Теоретичний розділ	Вступ. Опис технологічного процесу для об'єкта автоматизації. Огляд існуючих систем автоматизації. Стан питання. Вибір напрямку створення автоматизованої системи. Визначення моделі об'єкта керування.	12.10.2020
Синтез системи керування	Обрання структури системи керування та регулятора. Розрахунок параметрів регулятора. Дослідження функціонування системи керування на базі обраного регулятора.	02.10.2020
Експериментальний розділ	Розробка програмного забезпечення системи керування на підставі обраного регулятора та його налаштувань.	23.11.2020
Економічна частина	Економічне обґрунтування доцільності витрат на створення системи керування.	30.11.2020
Охорона праці	Розробка організаційно-технічних заходів, щодо реалізації правил безпеки при експлуатації системи.	07.12.2020

**Завдання видано**

\_\_\_\_\_ (підпис п.конс.)

ст. викл. Надточий В.В.  
(прізвище, ініціали)

**Дата видачі** 01.09.2020

**Дата подання до атестаційної комісії** 14.12.2020

**Прийнято до виконання**

\_\_\_\_\_ (підпис студента)

Перепелиця А.О.  
(прізвище, ініціали)

## РЕФЕРАТ

**Об'єкт дослідження** – система автоматичного керування кондиціонером судна.

**Предмет дослідження** – розробка моделі системи забезпечення клімату у каютах судна та розробка системи керування системи забезпечення клімату.

**Актуальність роботи** - необхідність модернізації систем керування які використовуються, що стали морально та фізично застарілими.

Виходячи з отриманих результатів можливо зробити висновок, що модель відповідає об'єкту керування та може бути використана для подальшої розробки системи керування. Наявність різкої зміни за лінійним законом відповідає повному заміщенню повітря у каютах судна. Усі використані моделі впливів відповідають фізичним закономірностям. Подальше вдосконалення моделі можливе у рамках більш детального аналізу впливів збурення та модифікації програмного коду з метою підвищення швидкодії.

Виконано розробку алгоритму керування системою забезпечення клімату, розроблено програмне забезпечення регулятора. На підставі отриманого регулятора синтезована системи керування та розроблена її модель в графічному середовищі Simulink математичного пакета MATLAB. Перевірка функціонування регулятора показала, що він відповідає поставленим вимогам та забезпечує підтримку температури на рівні  $+24^{\circ}\text{C}$  в межах відхилення для другого класу кают пасажирських суден. Отримана модель може бути використана за для розробки програмного забезпечення системи керування. Подальший розвиток отриманої моделі може бути пов'язаний з реалізацією безперервного керування компресором (використання інвертора) та використання нечіткого регулятора. Із використанням SCADA-програми Zenon створено програмне забезпечення системи автоматичного управління та людино-машинного інтерфейсу з перевіркою коректності його функціонування.

**Ключові слова:** *система керування,, температура, синтез системи автоматичного управління, імітаційна модель, SCADA-програма Zenon.*

## REPORT

**The object of study** - the system of automatic control of the ship's air conditioner.

**The subject of research** is the development of a model of the climate system in the ship's cabins and the development of the control system of the climate system.

**The urgency of the work** - the need to modernize the control systems used, which have become morally and physically obsolete.

The presence of dramatic change on a linear law answers the complete substitution of air in a carriage. All used models of influences answer physical conformities to law.

Further perfection of model is possible within the framework more detailed analysis of influences of indignation and modification of programmatic cod with the aim of increase of fast-acting. Development of algorithm of management of providing of climate the system is executed. In accordance with an algorithm regulator, software is worked out. On the basis of the got regulator synthesized control system and her model is worked out in the graphic environment of Simulink of mathematical package of MATLAB.

Verification of functioning of regulator showed that he answered laid down demand and provides support of temperature at the level of +24 °C within the limits of rejection after for the second class of passenger carriages. The got model can be used after for control system software development. Further development of the got model can be related to realization of continuous management and use of unclear regulator a compressor (use of negator). With the use of SCADA- of the program Zenon system of automatic control and human-machine interface software is created with verification of correctness of his functioning.

**Keywords:** *control system, temperature, synthesis of the system of automatic control, simulation model, SCADA- Zenon.*

## ЗМІСТ

Перелік скорочень.....	8
ВСТУП .....	9
1 Стан питання та постановка завдання .....	11
1.1 Галузь промисловості .....	11
1.1.1 Загальні відомості .....	12
1.2 Технологічний процес .....	16
1.2.1 Класифікація судових систем кондиціонування повітря .....	17
1.3 Об'єкт керування .....	20
1.3.1 Принцип роботи судової системи вентиляції та кондиціонування повітря .....	20
1.3.2 Суднова система кондиціонування .....	21
1.3.3 Структура об'єкту керування .....	22
1.3.4 Принцип функціонування об'єкту керування.....	27
1.4 Структура системи керування .....	29
1.5 Формулювання задачі дослідження .....	30
1.6 Висновки по розділу .....	31
2 Теоретичний розділ.....	32
2.1 Модель об'єкта керування .....	32
2.1.1 Складові моделі змішувача повітря .....	32
2.1.2 Модель охолодження повітря.....	39
2.1.3 Модель кают судна .....	48
2.2 Модель об'єкта керування .....	52
2.3 Висновки за розділом .....	56
3 Синтез системи управління.....	57

	6
3.1 Алгоритм праці системи керування .....	57
3.2 Розробка регулятора .....	58
3.3 Перевірка роботи регулятора.....	60
3.4 Висновки за розділом .....	61
4 Експериментальний розділ .....	62
4.1 Цифрова модель системи керування.....	62
4.2 Розробка програмного забезпечення системи управління .....	62
4.3 Розробка програмного забезпечення людино-машинного інтерфейсу.....	65
4.4 Перевірка функціонування програмного забезпечення.....	67
4.5 Висновки по розділу .....	68
5 Економічна частина .....	69
5.1 Загальні відомості .....	69
5.2 Техніко-економічне обґрунтування розробки .....	69
5.3 Розрахунок капітальних витрат .....	70
5.4 Техніко-економічне обґрунтування створення і використання програмного продукту .....	74
5.4.1 Визначення трудомісткості розробки програмного продукту	75
5.4.2 Розрахунок затрат на створення програмного продукту .....	78
5.5 Визначення річних експлуатаційних витрат в загальному вигляді	79
5.6 Висновок по розділу .....	85
6 Охорона праці, промислова безпека та цивільний захист .....	86
6.1 Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих чинників.....	86
6.2 Інженерно-технічні заходи по охороні праці.....	87
6.3 Пожежна профілактика .....	91
6.4 Висновки по розділу .....	93

Висновки .....	94
Перелік посилань .....	95
ДОДАТОК А – Програмні модулі системи керування .....	97
А.1 Модуль регулятора.....	97
ДОДАТОК Б – Програмне забезпечення системи керування .....	102
Б.1 Програмне забезпечення регулятора .....	102
Б.1.1 Перелік програм.....	102
Б.1.2 Головна програма .....	102
Б.1.3 Користувацький функціональний блок.....	102
В.1 Драйвера.....	105
В.2 Перелік змінних.....	105
В.3 Шаблони зображень .....	105
В.4 Функції .....	106
В.5 Зображення.....	106
Відгуки консультантів .....	107
Відгук .....	109
Рецензія .....	110

## ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

ОК – об'єкт керування

САК – система автоматичного керування

ПЛК – програмований логічний контролер

ПД-регулятор – пропорційно-інтегрально-диференційний регулятор

ЕОМ – електронна обчислювальна машина

SCADA – Supervisory Control And Data Acquisition



## ВСТУП

Українське суднобудування активно почало розвиватися в часи козаччини, коли запорозькі козаки почали здійснювати морські походи. Будувалися як малі човни - чайки, так і великі одномачтові кораблі. Оскільки море контролювалося Османською імперією, то суднобудування розвивалося в районі дніпровських плавнів біля самарських лісів, які були основним джерелом постачання деревини.

В Україні першу суднобудівельну верф для будування військових суден споруджено у 1788 році в Миколаєві. У 1862 у Києві засновано машинобудівне підприємство, яке пізніше перетворено на суднобудівний завод. У 1895-1897 роках збудовано два суднобудівних заводи у Миколаєві. Всього в Україні 1913 року діяло 7 суднобудівельних і судноремонтних підприємств (у Миколаєві, Херсоні, Одесі та ін.), крім того, у Таганрозі й Новоросійську.

Вага суднобудування України в Російській імперії була незначна (13 %). Суднобудування в Україні розвинулося у 1920 – 1930 р.р.; у 1928 - 29 воно давало 14 % продукції всього машинобудування, а його вага в СРСР збільшилася. Побудовано ряд нових заводів і реконструйовано старі; після Другої світової війни вдруге відбулася відбудова і реконструкція зруйнованих заводів і побудова нових.

В УРСР основні підприємства суднобудівної промисловості були розташовані у Миколаєві, Одесі, Херсоні, Києві; менші (переважно судноремонтні) у Севастополі, Жданові, Керчі, а за межами УРСР - у Таганрозі, Новоросійському, Туапсе; річкові судноремонтні у Запоріжжі, Дніпропетровську, Кілії, Чорнобилі тощо.

Чорноморський суднобудівний завод у Миколаєві, виник 1907 з об'єднання двох суднобудівних заводів (збудованих 1895-1897), випускає океанські судна, танкери, суховантажні судна, дизель-електроходи (до 1914 на ньому збудовано серед ін. перший у світі підводний мінний загороджувальний «Краб», перші в Рос. Імперії турбінні міноносці; 1957 р. - 61 китобійні бази «Радянська Україна» і «Советская Россия», з водотоннажем понад 20 000 т кожна, науково-дослідне судно «Академік Сергій Корольов», газотурбохід «Паризька Комуна» та ін.);

Херсонський суднобудівний завод, збудований у 1951 - 1953, випускає океанські судна, а також річкові катери, теплоходи тощо;

Київ. суднобудівний завод «Ленінська кузня», заснований 1862 як машинобудівне підприємство, з 1913 (гол. після 1945) перетворений на суднобудівний завод, випускає річкові судна, сер. морські риболовні траулери та ін. Статистика суднобудування в СРСР не оприлюднювалася, немає також інформації про будову військових кораблів на суднобудівних заводах України. Є припущення, що до 1941 на заводах України випускалося щороку 15-20 військових кораблів (до 1914 суднобудування України випускало переважно військові судна; на миколаївських заводах станом на 1914 працювало на військовому суднобудівництві 8 300 осіб).

Тепер в Україні будують судна різних типів, серед ін.: суховантажні, наливні танкери, китобійні бази, морозильні риболовні траулери, приймально-транспортні, рефрижератори, лісовози, сейсморозвідувальні, пасажирські судна на підводних крилах, вантажопасажирські та ін.; значно збільшено будову військ. суден. Крім суднобудівних, діють судноремонтні підприємства.

Особливе значення має збір інформації про стан роботи електроустаткування суден. Це дало поштовх до розробки і впровадження засобів контролю і управління, що на практиці дало відчутний технічний і економічний ефект. При цьому кожна система контролю управління і управління повинна передавати свою інформацію в загальний мережевий інтерфейс в єдиному форматі повідомлення. При виконанні цих умов комплекс облаштувань контролю і управління відкритий для розширення приладами будь-яких розробників і виробників.

У єдиному інформаційному просторі з'являється можливість не лише виявляти несправності роботи вузлів і електроустаткування, але і прогнозувати зміну їх стану в часі на цій основі розробляти політику технічного обслуговування і ремонту.

## 1 СТАН ПИТАННЯ ТА ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ

### 1.1 Галузь промисловості

Ефективне функціонування економіки, ринків товарів і послуг в суспільстві, а також динамічний розвиток регіонів, міжнародних економічних, культурних зв'язків і розширення торгівлі з іншими державами забезпечується розвиненою, розгалуженою, надійно і стабільно працюючої транспортною системою, яка служить міцною базою соціально-економічного розвитку держави. Мобільність економіки будь-якої держави, його здатності адаптуватися до мінливих умов ринку можливо за наявності розвиненої виробничої інфраструктури з усіма її складовими (однією з складових є транспортна система), яка виступає як фактор, що сприяє раціональній організації життєзабезпечення економічного простору, реалізації регіонального поділу праці, з передбаченням змін географічного розміщення не тільки різних товарів, а й людей, тобто – перевезень великої маси вантажів і пасажирів.

В транспортну систему України, яка забезпечує перевезення пасажирів у міжміському, міжнародному, внутріміському і приміському сполученнях, входять різні види транспорту загального користування:

- наземні: залізничний, автомобільний (автобусний), трамвайний, тролейбусний, метрополітенівський;
- водний: морський, річковий;
- авіаційний.

Всі види транспорту в різні історичні періоди соціально-економічного розвитку держави при здійсненні пасажирських перевезень вносили свій внесок у формування галузевої територіальної структури господарства. В економічно розвинених країнах світу транспорт є однією з базових галузей економіки, розвитку якої приділяється пріоритетна увага, щоб забезпечити їй динамічний розвиток.

Україна має розвинену, розгалужену, потужну транспортну систему, яка при відповідному її розвитку повинна задовольнити в повному обсязі всі потреби населення держави. Транспортні лінії (в основному залізничного та автомобільного транспорту) пронизують практично всю територію держави.

Транспорт України представляє собою систему транспортних комунікацій, яка об'єднує всі види транспорту. Розміщення їх регіонами держави, а також їх структура повністю відповідають вимогам щодо здійснення пасажирських перевезень у внутрішньому і міжнародному сполученнях.

Однак з метою підвищення якості транспортних послуг всі складові транспортної системи потребують істотного вдосконалення та модернізації. Крім того, транспортна система відповідає вимогам стратегічного розвитку держави, пов'язуючи в єдине ціле територію країни, забезпечуючи необхідну мобільність населення, реалізацію транзитних можливостей держави, безпеку і стабільність пасажирських перевезень. Внесок транспортної системи в валовий внутрішній продукт становить близько 10%, що вказує на важливість галузі для подальшого розвитку економіки.

### **1.1.1 Загальні відомості**

У першому півріччі 2002 р. заводи Укрсудпрому випустили продукції на суму 270 млн гривень (\$51 млн.), що на 14,8 % більше, ніж за аналогічний період минулого року.

Поліпшення ситуації в суднобудівельній галузі багато в чому пов'язане з її структурною перебудовою. У відкриті акціонерні товариства перетворено переважну більшість підприємств. Від заводів відокремилися непрофільні виробництва і перетворилися в самостійні господарські суб'єкти. Заводи позбавилися соціальної сфери, яка вимагала значних витрат на утримання.

Сприятливим чинником стала кооперація ряду українських заводів, що налагодилася, з європейськими суднобудівниками: у Україні будують корпуси суден, а добудовують їх в Європі. Завдяки такій схемі замовлення на будівництво корпусів судів різних типів сьогодні мають «Damen Shipyards Okean», суднобудівельні заводи «Затока» (Керч), «Ленінська кузня» (Київ), Київський і Кілійській суднобудівні і судоремонтні заводи.

Проте чимало проблем залишається. На ряді підприємств продовжується будівництво суден за раніше укладеними збитковими контрактами. Заводи зазнають величезних труднощів з отриманням кредитів для модернізації виробництва, з браком оборотних коштів, із завантаженням потужностей.

У 2006 р. обсяги виробництва суднобудівних підприємств України досягли 2303 млн грн., при цьому зростання виробництва відносно 2005 р. склало 11,1 %. Портфель замовлень на 2007 р. становить 42 судна на суму 248 млн дол., зокрема 14 повнокомплектних на суму 156 млн дол. (для порівняння: у 2006 р. портфель замовлень становив 52 одиниці на суму 329,7 млн дол.).

В цілому, за 2000–2006 рр. в суднобудуванні України намітилися позитивні тенденції. Як свідчать дані, впродовж 2006 р. суднобудівними заводами було побудовано та передано замовникам 26 суден і плавзасобів, дедвейтом 206,9 тис. т, на суму \$135 млн в тому числі на експорт — \$99,6 млн, на внутрішній ринок — \$35,9 млн.

Асоціація «Укрсудпром» зробила аналіз ситуації в галузі за 2017 рік, який свідчить, що починаючи з 2016 року, українське суднобудування пододало процес стагнації та почалося поступове зростання виробництва. Зокрема продукція суднобудування у 2017 році зросла вдвічі порівняно з 2016 роком. Зрозуміло, що таке значне підвищення обумовлене ефектом низької бази і поки що зарано говорити про будь-яку усталену позитивну динаміку. Але отримані дані - це явний привід для надії та оптимізму. [1]

23 травня 2018 року Президент підписав зміни до Митного кодексу, спрямовані на підтримку та розвиток вітчизняного суднобудування. Закон, зокрема збільшує до 730 днів максимальний загальний термін безмитного ввезення імпортової продукції для її переробки на митній території України. Це створить додаткові можливості для розвитку вітчизняної суднобудівної та судноремонтної галузі, зростання її конкурентоспроможності на зовнішньому ринку. Очікується, що Закон сприятиме розвитку водного транспорту України, суднобудівної та судноремонтної галузі та створенню нових робочих місць, внаслідок збільшення кількості замовлень на суднобудування та судноремонт. [2]

На міжнародній виставці KADEX-2018, яка завершилася 26 травня в Астані (Казахстан), на стенді ДК «Укроборонпром» представили проект модернізації ракетно-артилерійських катерів пр. 250 типу «Барс». Вони були побудовані в 2012-2017 р.р. на казахському АТ «Уральський завод «Зеніт» за участі України. [3]

Господарський суд Миколаївської області 3 липня 2018 року визнав банкрутом Публічне акціонерне товариство «Чорноморський суднобудівний завод» [4].

Державна установа «Укргідрографія» запланувала на 2019 рік будівництво нового гідрографічного судна орієнтовною вартістю близько 110 млн грн. На судні передбачається встановити економічний енергетичний комплекс. Витрати на утримання нового судна в порівнянні з витратами на діяльність наявного судна ГС-82 зменшаться приблизно на 30-40%. На 2018 рік на балансі «Держгідрографії» перебувають 65 суден. Їх середній вік – 36 років. Гідрографічних лоцмейстерських суден морського класу, які обладнані підйомним пристроєм для роботи з буями, в установі вісім одиниць, а здатних піднімати вантажі більше 3 тонн, тільки одне, яке було побудовано у 1968 році. [5]

Єдиний в українському флоті криголам «Капітан Білоусов» був поставлений Адміністрацією морських портів України на ремонт у плавучому доку. Криголам здійснює проводку караванів суден в умовах зимової навігації на Азовському морі. [6]

В жовтні 2018 року стало відомо, що Херсонський державний завод «Палада» почне випуск малих пасажирських суден для річкових перевезень. На жовтень 2018 конструктори підприємства завершували роботу над запланованим до випуску судна на 45 пасажирських місць. Орієнтовна вартість «річкового трамвайчика» складе близько 3,5 млн грн. Активізація судноплавства річками України потребує значного оновлення рухомого складу, при чому, як вантажного, так і пасажирського. Останнє пасажирське річкове судно зійшло зі стапеля українських підприємств ще на початку 90-х років. [7]

У жовтні 2018 року ДПЦК виконав та успішно захистив дві науково-дослідні роботи - "Опрацювання можливості створення корабля протимінної оборони. Обґрунтування вибору тактико-технічних характеристик», шифр "Бурштин", та "Мобільний вимірювальний комплекс", шифр "Октагон". Роботи виконані в інтересах до відповідних планів розвитку ВМС України. [8]

В травні 2019 року в рамках підготовки до створення Миколаївського суднобудівного кластеру обговорили створення навчального центру нового типу з підготовки судноскладальників та зварювальників для спільної користі

підприємств кластеру. Планується створення високотехнологічного навчального цеху, насиченого сучасним обладнанням – машинами теплового різання з ЧПК, гибочними вальцями, кран-балками, зварювальним обладнанням, що дозволить не просто готувати фахівця високого рівня, а підняти сам процес підготовки на новий рівень – повністю моделювати в навчальному процесі технологію роботи бригад по складанню суднових секцій. Таким чином кваліфікація підготовлених складальників та зварювальників буде відповідати потребам ринку. Під створення цього навчального центру залучаються гранти та інвестиції під егідою ЄБРР. [9]

18 травня 2019 року було спущене на воду перший самохідний перевантажувач проекту П-140 Nibulon Max. [10] Це перше судно таких розмірів, яке будується на заводі «Нібулон», і найдовше кранове судно класу “ріка-море” за останні 25 років, побудоване в Україні. [11]

В травні 2019 року КБ «Гранд Інжиніринг» завершило проект нового гідрографічного судна проекту 50421. Попередній флагман ДУ «Держгідрографія» пр. 54020 “Одеса” був побудований у 2007-му році і залишився в окупованому Криму. Як і на попереднику, головним робочим інструментом новобудови стане гідравлічний кран «Palfinger», встановлений на верхній палубі. [12] [13]

Загальні обсяги реалізованої продукції суднобудівних підприємств України у 2018-му році становили майже 3 млрд грн. Це на 32% більше ніж у 2017-му році. У той же час послуг з судноремонту виконано на 501 млн грн, що на 47% більше ніж у попередньому році. Відрахування до бюджетів всіх рівнів зросли на 24% та становили близько 952 млн. грн. Прибутковими були майже всі підприємства.

Кількість зайнятих в суднобудуванні/судноремонті зросла на 442 особи. Всього, на суднобудівних підприємствах працює понад 5 000 осіб. Середня мінімальна зарплата на підприємствах становила € 5000, а максимальна – € 19400.

Трійку лідерів галузі становлять ССЗ «Нібулон», ПрАТ «Завод «Кузня на Рибальський», та ТОВ «Смарт Мерітайм груп». [14]

## 1.2 Технологічний процес

Наявність системи кондиціонування повітря на судні є важливою умовою забезпечення комфортного перебування на ньому екіпажу і пасажирів, так як вона дозволяє очистити повітря від газів, пилу і зайвої вологи в приміщенні.



Рисунок 1.1 – Загальний вигляд сучасного судна

Кондиціонування повітря на судах - це процес забезпечення і підтримки за допомогою спеціального обладнання комфортних параметрів повітряного середовища на судні, що включають оптимальну температуру, вологість і очищеність.

У більшості випадків фільтрацію забрудненого повітря здійснює система вентиляції на судах. Однак створення комфортної температури, вологості, рухливості повітря, а також його оптимального тиску, гарантує система вентиляції і кондиціонування повітря (ВКП) на судах, що дозволяє більш ефективно керувати даними параметрами. Так, установка ВКП виключає необхідність застосування вентиляційних систем.



ВКП вивільняє зайва кількість тепла і вологи з кают в літню пору, а також спричиняє підвищення температури повітря і висновок накопичилася вологи в зимовий період. Це дозволяє відмовитися від застосування додаткових опалювальних систем на судні.

Крім ВКП, що застосовуються в приміщеннях для пасажирів і екіпажу, на судах встановлюються системи технічного кондиціонування, підтримують оптимальну температуру повітря приладів і вантажів. Це дозволяє в значній мірі знизити ризики виникнення небезпечних ситуацій, пов'язаних з експлуатацією обладнання, виключається ймовірність пошкодження вантажу, а також корпусу корабельного судна.

### **1.2.1 Класифікація суднових систем кондиціонування повітря**

ВКП на судні класифікуються залежно від різних параметрів.

За принципом дії розрізняють:

Природну вентиляцію, що представляє собою процес проникнення потоків свіжого повітря і витіснення ними забруднених повітряних мас з приміщення через ілюмінатори, люки або двері.

- штучну вентиляцію, що припускає застосування вентиляторів, які створюють рухливість повітряних потоків.

За призначенням бувають:

- комфортні ВКП, які застосовуються для створення оптимальних умов перебування людей в різних приміщеннях судна шляхом забезпечення нормальної температури повітря;
- технічні ВКП, використовувані для підтримки нормальних температур обладнання катерів або яхт, і виключають заподіяння шкоди транспортуються вантажів, а також підтримують корпус корабельного судна в справному стані.

За кількістю регульованих параметрів виділяють:

- повне кондиціонування, що припускає управління всіма показниками повітря в каюті: вологість, температура, забрудненість;
- неповне кондиціонування, яка передбачає регулювання основних параметрів повітря.

За періодичністю роботи класифікують:

- цілорічні системи, постійно функціонують протягом всього року, незалежно від сезону;
- сезонні системи, які використовуються виключно в певні сезони, і виконують функції обігріву або охолодження.

За способом обробки і подачі повітря ВКП бувають:

- замкнені: функціонують за принципом циклічного поводження повітряних мас - повітряні потоки збираються з каюти яхти або катера, переробляється системою і передається назад вже в обробленому вигляді;
- прямоточні: приймаючі повітря, який знаходиться за межами судна, обробні і передають в каюту чистий і свіжий повітряний потік;
- прямоточні з рециркуляцією: являють собою комбінацію функцій вище-перелічених ВКП.

За місцем обробки вологого повітря розрізняють:

Центральні системи, які обробляють повітряні маси в головному загальному кондиціонері, а потім розподіляють його по кондиціонованих приміщеннях.

- місцеві системи, які обробляють повітряні маси конкретного приміщення, однак тепло або холод вони споживають з одного контрольного пристрою;
- автономні системи, які обробляють повітряні маси однієї каюти або декількох, при цьому мають власний холодильний агрегат, який є джерелом подачі холоду або тепла.

За способом подачі холодоносія прийнято виділяти:

- одно-канальні ВКП, що подають перероблені повітряні маси в каюту в заданій кількості, але характеристики повітря регулюються в головному апарату;
- двоканальні і триканальні ВКП, що подають повітряні маси, які розрізняються за температурними показниками, в каюти і приміщення на борту судна, у цей момент здійснюється змішання потоків повітря з різною температурою в каютного змішувальному розподільнику.

За тиском, що розвивається в повітроводах за кондиціонером розлічують наступні типи:

- низьконапірні ВКП;
- середньо-напірні ВКП;
- високо-напірні ВКП.

За швидкістю потоку холодоносія в повітроводах бувають:

- низько-швидкісні ВКП;
- середньо-швидкісні ВКП;
- високо-швидкісні ВКП.

Система повинна забезпечувати рівномірне температурне поле в каютах. Для кают «люкс» і 1-го класу різниця температур в сталому режимі не повинна перевищувати 2°C, для кают 2-го і 3-го класів величина повинна бути не більше 3 °С. Номінальне значення температури повітря має відповідати даним, представленим в табл. 1.1.

Таблиця 1.1 – Діапазон необхідних температур повітря в каютах в залежності від температури зовнішнього повітря

№	Діапазон температур зовнішнього повітря, ° С	Температури повітря в приміщенні, ° С
1	-0÷+20	+22
2	+20÷+40	+22÷+26
3	+40÷+48	+26÷+28

Повинна бути передбачена можливість зміни температури по відношенню до номінального значення в діапазоні  $\pm 2$  °С з кроком 1 °С.

У каютах «люкс» і 1-го класу повинна бути передбачена можливість індивідуального регулювання температури повітря всередині каюти в діапазоні від +18 до +28°C з кроком не більше 1 С.

Для кают «люкс» і 1 го класу при роботі системи в автоматичному режимі температура повітря в каюті (на висоті 1 м від підлоги) може відрізнятись (за часом) від заданої величини не більше ніж на  $\pm 1$ °С. Для кают 2 го і 3 го класів ця величина не повинна відрізнятись більш ніж на  $\pm 2$ °С. Середня температура повітря в коридорах може відрізнятись від середньої температури повітря в каютах не більше ніж на  $\pm 2$ °С.

У каютах повинен бути забезпечений підпір повітря (перевищення статичного тиску повітря всередині каюти над статичним тиском повітря зовні). Його величина повинна бути позитивною при розрахункових швидкостях руху і роботі припливної системи вентиляції на всіх режимах подачі зовнішнього повітря, а на стоянці складати величину не менше 30 Па.

Швидкість руху (рухливість) повітря (для кают всіх класів) повинна бути не більше 0,2 м/с в осінньому та весняному періодах, а при роботі кондиціонера у літньому періоді не більше 0,25 м/с.

### 1.3 Об'єкт керування

#### 1.3.1 Принцип роботи судової системи вентиляції та кондиціонування повітря

Судова ВКП в каютах функціонує за наступним принципом: повітряні потоки через вентилятори надходять з атмосфери в повітропровід, де він очищається належним чином, завдяки наявності фільтрів, а також охолоджується, або нагрівається за допомогою повітроохолоджувачів і повітронагрівачів.

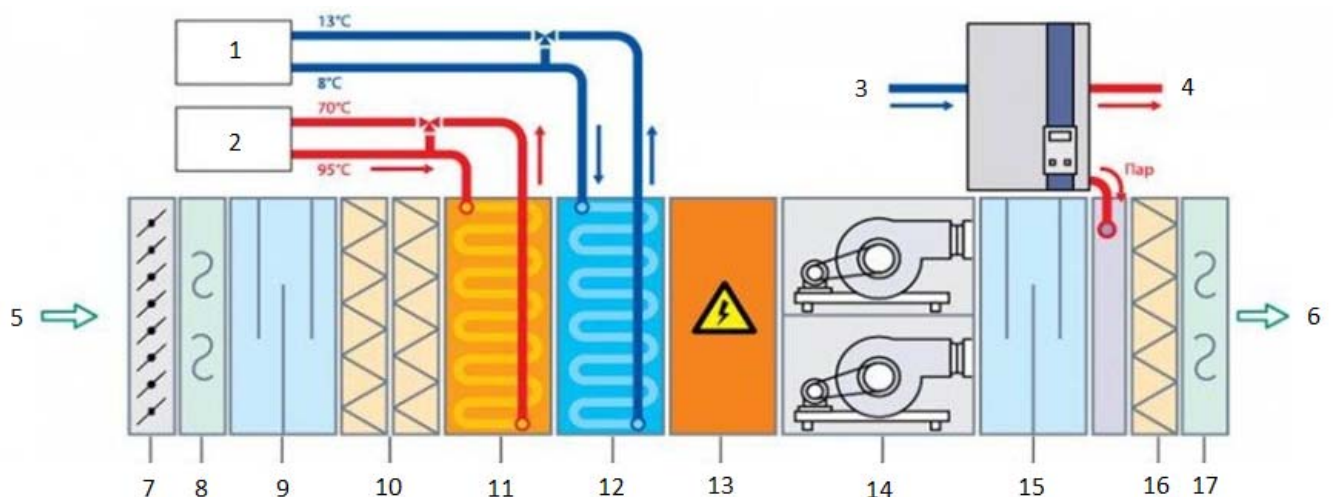


Рисунок 1.2 – Принципова схема вентиляції і кондиціонування повітря

- |   |  |
|---|--|
| 1 - холодильна машина;                    | 2 - тепловий вузол судна;                      |
| 3 - від системи холодного водопостачання; | 4 - скидання за борт;                          |
| 5 - паркан зовнішнього повітря;           | 6 - подача підготовленого повітря в каюти;     |
| 7 - заслінки зовнішнього повітря;         | 8 - м'яка вставка;                             |
| 9 - шумопонижувач;                        | 10 - фільтри;                                  |
| 11 - секція підігріву повітря;            | 12 - секція охолодження повітря;               |
| 13 - електрокалорифер;                    | 14 - основн. і резервн. припливні вентилятори; |
| 15 - шумоглушник;                         | 16 - фільтр;                                   |
| 17 - м'яка вставка;                       |  |

Після цього оброблене повітря оптимальної температури подається через повітропровід в каюти і рівномірно розподіляється. Аналогічна ВКП застосовується на яхтах. При функції охолодження повітря надходить в повітропровід і далі проходить через випарники, де охолоджується за допомогою фреону, що знаходиться в рідкому стані, що подається компресором, шляхом зниження його температури і переходу з рідкої фази в газоподібну.

### **1.3.2 Суднова система кондиціонування**

ВКП для приміщень яхти або катера вибирається з урахуванням їх розмірів і призначення. Для невеликих кают побутового призначення з високою ймовірністю виникнення неприємних запахів і забруднення повітря, найбільш підходящою буде витяжна вентиляція. Вдувна ВКП зазвичай використовується для житлових і службових приміщень. У каютах більшої площі встановлюють комбіновану систему кондиціонування. Варто розуміти, чим більше кают на судні, яхті або катері, тим потужніше повинна бути ВКП. Як відмінний варіанти ВКП для кают морського чи річкового судна прекрасно підходить судновий кондиціонер моноблок Vitrifrigo WMC007C001. Система складається з компресора, конденсатора морської води і вентилятора, і забезпечує проходження потоків повітря через окремий канал в каюту через вентиляційні решітки.

Виходячи з технологічного процесу у якості об'єкта керування системи забезпечення клімату в каюти судна (рис. 1.3).

Кондиціонер виконує функції обігріву, вентиляції та охолодження повітря.

Частина повітря забирається зовні та змішується з повітрям з кают судна. Забір повітря виконується вентилятором (5) через жалюзі з зовні (10) та забірну решітку (4) з кают.

Повітря змішується (8) очищається (7) та подається до повітря нагнітача (11). Кількість повітря, яке забирається зовні, встановлюється засувкою (9).

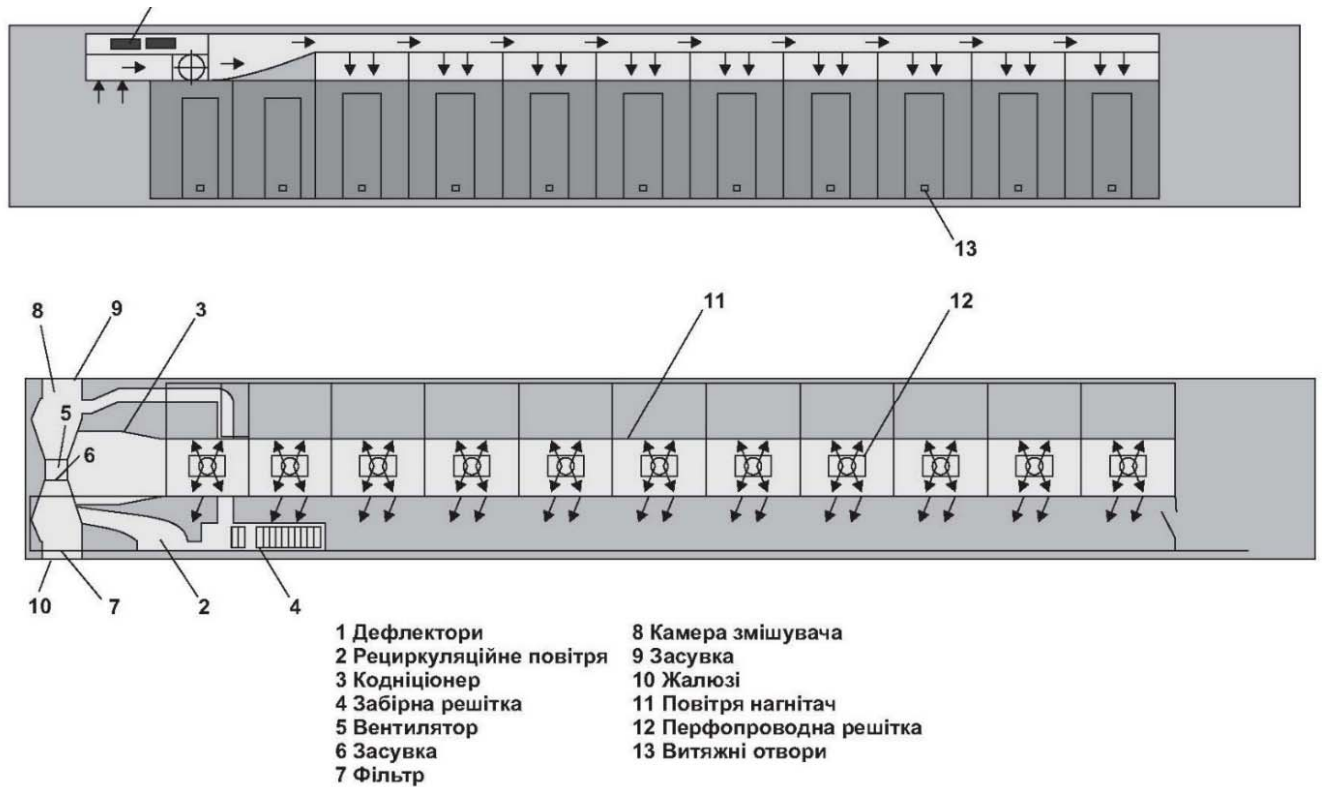


Рисунок 1.3 – Розподіл повітря по каютам

Повітря з повітряна нагнітача поступає до каюти через решітку (12), змішується з повітрям у каюті та частково витісняє повітря через витяжні отвори (13) до коридору. Повітря з коридору частково виходить на зовні за рахунок дефлектор. Більша його частина повертається до кондиціонера через забірну решітку (4).

### 1.3.3 Структура об'єкту керування

Кондиціонер судновий являє собою сукупність елементів, що виконують певну функцію для забезпечення якісного охолодження, очищення і зволоження повітря, а також його рівномірного поширення в приміщеннях (наприклад, каютах).

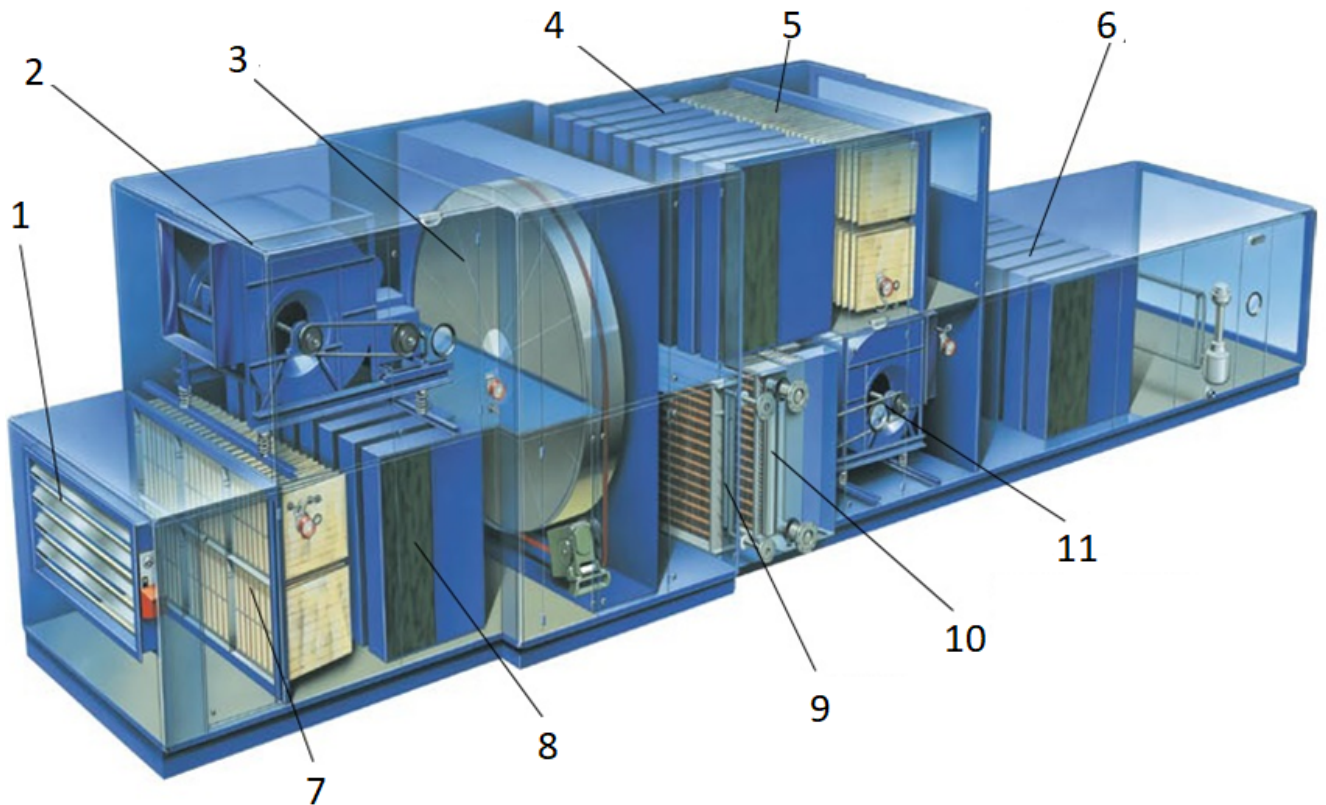


Рисунок 1.4 – Суднова системи комфортного кондиюнування повітря і їх елементи

- |  |                           |
|--|---------------------------|
| 1 - повітряний клапан;                             | 2 - секція вентилятора;   |
| 3 - секція утилізації тепла (роторний утилізатор); | 4 - секція шумоглушників; |
| 5 - секція фільтрів;                               | 6 - секція шумоглушників; |
| 7 - секція фільтрів;                               | 8 - секція шумоглушників; |
| 9 - секція тепло-нагрівача (теплообмінник);        | 10 - секція охолоджувача; |
| 11 - секція вентилятора.                           |                           |



Рисунок 1.5 – Фільтри очищення повітряних потоків

Фільтри очищають повітряні потоки від частинок пилу і інших забруднень. За принципом очищення повітря бувають:

- механічні;

- сухі;
- масляні;
- електростатичні;
- повітроохолоджувачі.



Рисунок 1.6 – Повітроохолоджувач

Повітроохолоджувачі забезпечують охолодження повітряних потоків під впливом холодильного агенту (повітроохолоджувачі безпосереднього випаровування), або охолоджуючої рідини (водяні повітроохолоджувачі).

Призначені для підігріву повітряних мас. Вони класифікуються на:

- парові повітронагрівачі;
- водяні повітронагрівачі;
- електричні повітронагрівачі;
- зволожувальні пристрої.



Рисунок 1.7 – Повітронагрівачі



Дані пристрої забезпечують зволоження повітря бувають:

- водяні;
- парові атмосферного тиску;
- парові підвищеного тиску;
- регенеративні теплообмінники.

Ці елементи виробляють збір тепла або холоду від повітряних мас, що витісняються надходять повітряними потоками. Таким чином відбувається економія споживання електроенергії ВКП.



Рисунок 1.8 – Каютні розподільників повітря

Каютні розподільників повітря призначені для рівномірного поширення повітряних потоків в каютах. Забезпечують однакову комфортну температуру в усіх зонах каюти.

Як було вказано раніше система забезпечення клімату базується на кондиціонері Vitrifrigo WMC007C001 (табл. 1.2), який виконує функції провітрювання, нагріву повітря та охолодження повітря.

Розглянемо функціонування системи забезпечення клімату більш детально з урахуванням потоків усіх носіїв енергії (рис. 1.9).

Таблиця 1.2 – Основні технічні характеристики кондиціонера Vitrifrigo WMC007C001

№	Найменування параметра	Значення
1	Кондиціонер при роботі в режимі охолодження	
2	Параметри зовнішнього повітря, °C	32,0
3	Параметри повітря всередині каюти, °C	24,0
4	Холодоагент	R12
8	Охолодження, кВт	31,0
9	Температуру випаровування, C	7,0
10	Температуру конденсації, C	55,0
11	Кондиціонер при роботі на режимі опалення і на перехідному режимі	
12	Зовнішня температура, °C	0,0÷+5,0
13	Внутрішні. температура каюти, °C	22,0
15	Теплопродуктивність електричного нагрівача, кВт	6,0
16	Додаткове електричне опалення, кВт	0,25/0,50

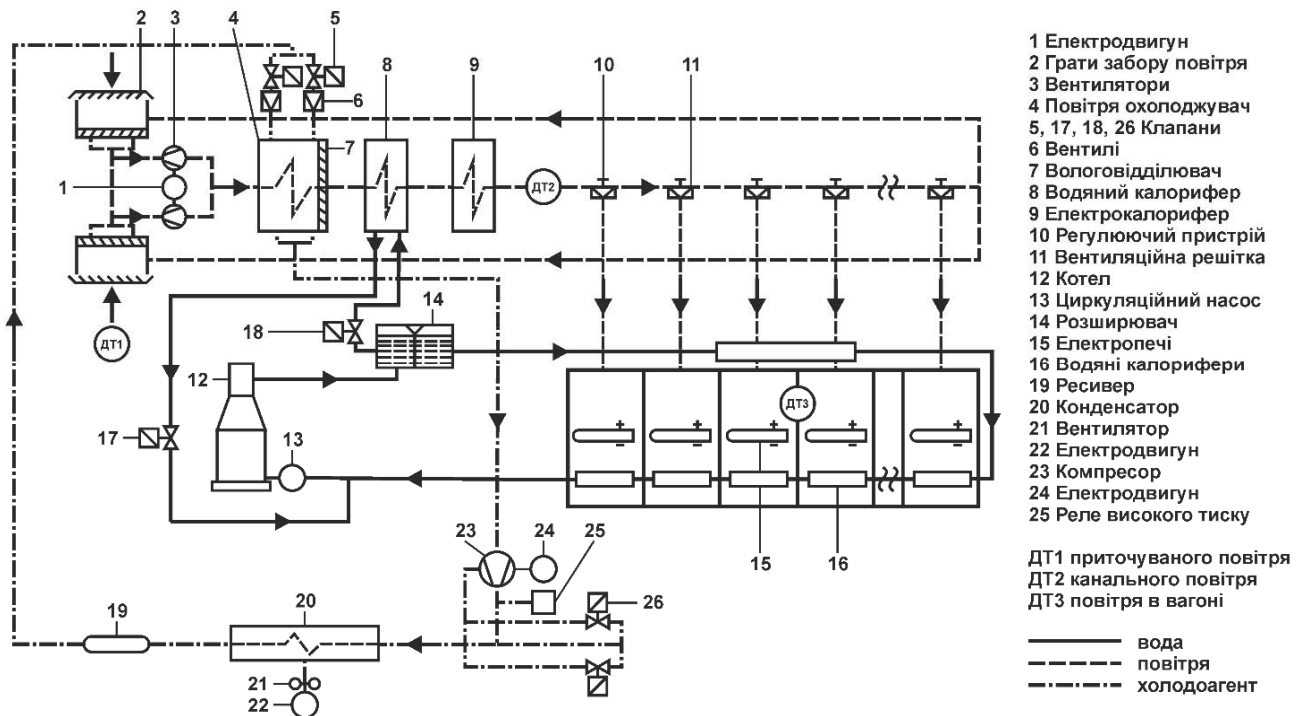


Рисунок 1.9 – Структура системи забезпечення клімату

У систему вентиляції кондиціонера Vitrifrigo WMC007C001 входять відцентровий здвоєний вентилятор (3) з електродвигуном (1) потужністю 1,7 кВт, нагнітальний повітропровід з вентиляційними ґратами (11) типу, які мають регулюючий пристрій (10), рециркуляційні повітроводи, масляні фільтри, ґрати для забору зовнішнього повітря (2). Максимальна подача вентилятора 5 000 м<sup>3</sup>/г повітря влітку (в тому числі зовнішнього 1 000 м<sup>3</sup>/г), взимку – 800 м<sup>3</sup>/г.

Система опалення складається з комбінованого опалення: котел (12) з нагрівальними елементами, розширювач 14, каналний водяний калорифер (4), водяні калорифери (16), циркуляційний насос (13), дросельні заслінки (17, 18); електричне опалення з електродвигунами (15) і електрокалорифером (9). Теплопродуктивність котла при електричному обігріві 50 кВт. Електродвигуни (15) складаються з дев'яти печей по 0,5 кВт та чотирьох по 0,25 кВт.

У перехідний час року при зовнішній температурі +5 °С електродвигуни працюють разом з електрокалорифером (9) потужністю 6 кВт.

Система охолодження складається з компресора (23) типу Vm, який приводиться в дію електродвигуном (24) потужністю 13 кВт, конденсатора (20), який охолоджується вентилятором (21) з електродвигуном (22) потужністю 1,7

кВт, ресивера (19) місткістю 36 л, повітря охолоджувачем (5) з вологовідділювачем (7) і двох терморегулювальних вентилів (5). Захист від підвищеного тиску на нагнітальній стороні компресора забезпечує реле високого тиску (25). Конденсатор має поверхню площиною 185 м<sup>2</sup>, повітря охолоджувач в свою чергу 100 м<sup>2</sup>.

Вологовідділювач призначений для затримки вологи, що захоплюється повітрям. Він складається з вертикально розташованих пластин, на яких водяні краплі затримуються і потім відводяться в піддон, встановлений під повітря охолоджувачем. У систему охолодження заправляється 40 кг хладону R12, а до компресора 4 кг олії марки ХФ-12.

### **1.3.4 Принцип функціонування об'єкту керування**

Розглянемо роботу установки охолодження повітря (рис. 1.10) при повній її холодопродуктивності, тобто при роботі компресора на чотирьох циліндрах (соленоїдні вентиля 22 закриті) і при підключенні двох секцій повітря охолоджувача (соленоїдні вентиля 4 відкриті).

З ресивера (23) рідкий хладон R12, очищений від механічних домішок і вологи в трьох паралельно з'єднаних фільтрах-осушувачах (9), під високим тиском і з високою температурою надходить в повітря охолоджувач (7) через запірний вентиль (12), соленоїдні вентиля (4), теплорегулюючі вентиля (5) і розподільники (6). Після дроселювання хладон в повітроохолоджувачі кипить, віднімаючи теплоту зовнішнього повітря, що подається вентилятором усередину судна. Пари хладону, що образо валися при кипінні по трубопроводу (11) через усмоктувальний вентиль (20) відсмоктуються і стискаються компресором (21), а потім через нагнітальний вентиль (10) і гнучкий патрубок (8) витолкуються в конденсатор (3), в якому вони вентилятором 2 охолоджуються і, конденсуючись, перетворюються в рідину. вентилятор приводиться в дію двигуном (1), а компресор двигуном (19). З конденсатора рідкий хладон знову надходить в ресивер (23), і процес повторюється. При цьому хладон практично не витрачається, можуть лише виникнути витоки внаслідок нещільності в системі.

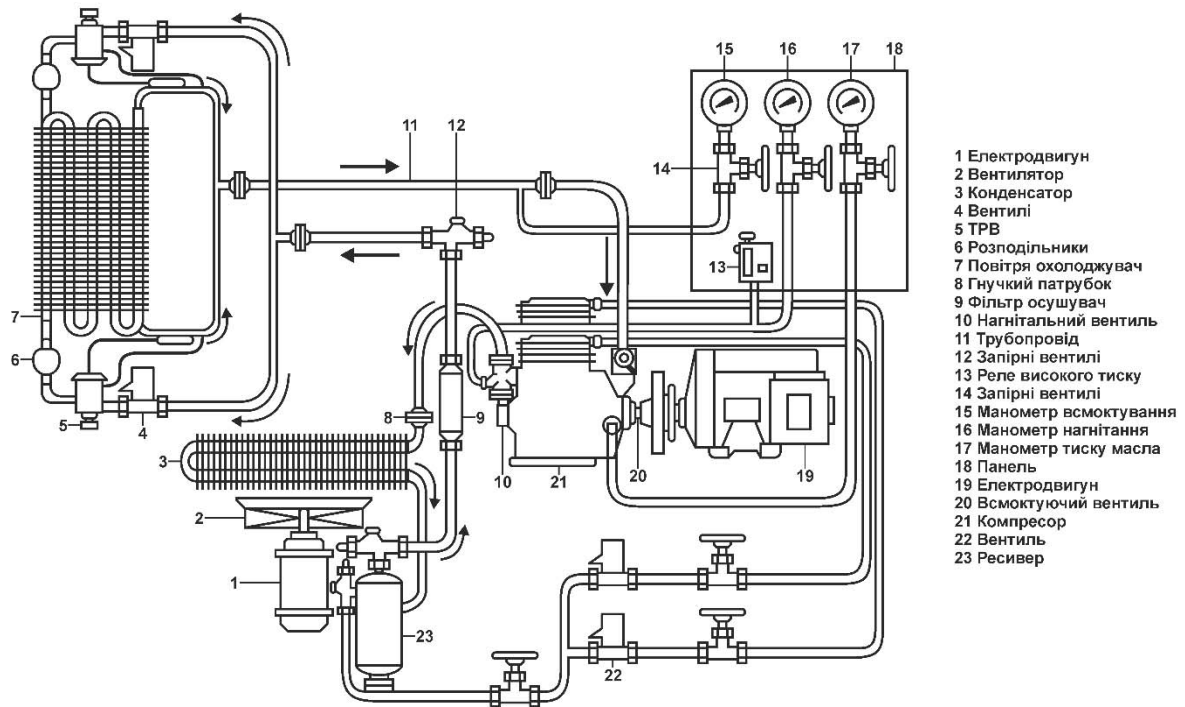


Рисунок 1.10 – Структура установки охолодження повітря

Частина усмоктувального і нагнітального трубопроводів на судні змонтовані в безпосередній близькості і покриті загальним шаром ізоляції. Таке розміщення трубопроводів, по одному з яких з ресивера в повітря охолоджувач направляється зріджений теплий хладон, а по другому назустріч холодні пари хладону, створює своєрідний переохолоджувач, що підвищує холодопродуктивність установки.

Контроль за роботою установки здійснюється за манометром всмоктування (15), манометром нагнітання (16) і манометром тиску масла (17), змонтованих на панелі (18), розташованій в службовому відділенні. На цій же панелі встановлені реле високого тиску (13), запірні вентилі (14) манометрів і дистанційний термометр, що вимірює температуру повітря в нагнітальному каналі.

Реле високого тиску спрацьовує при 1,7 МПа, а відновлюється вручну натисканням кнопки після усунення несправності і зниження тиску нижче 1,4 МПа.

## 1.4 Структура системи керування

Роботою установки керують автоматичні регулюючі прилади. У каналі на шляху припливного повітря і в каютах судна встановлені термостати, кожен з чотирма ртутно-контактними термометрами.

Термометри термостата припливного повітря відрегульовані на температуру 12, 14, 18, 20°C, а термостат усередині кают на 22, 24, 26, 28°C. В режимі охолодження повітря і в перехідному режимі електроопалення робота установки кондиціонування повністю автоматизована. При підготовці установки до пуску всі роботи проводять, як і для вентиляційної установки: відкривають заслінки у всмоктувальної і нагнітальної вентиляції, закривають вікна, дефлектори.

Крім того, судновий електромеханік повинен відкрити вентилялі напірних і всмоктуючих трубопроводів компресорного та конденсаторного агрегатів.

Позиція «Перехідне опалення» забезпечує роботу електричного опалення від генератора струму. У цій позиції вентиляційний агрегат працює на першій потужності (з малою подачею повітря), включені електричні печі. Електричний підігрівач повітря автоматично включається при температурі нагнітального повітря нижче 18°C і відключається при температурі 22°C.

У позиції «Основне опалення» робота вентиляції поєднується з роботою основного опалення у каютах судна. У цьому положенні перемикача включені: перший ступінь вентиляційного агрегату, електричне опалення з установкою системи регулювання на 21°C, водяне опалення повітрянагрівача, додаткове опалення печей в каютах. Положення перемикача «Чергове опалення» передбачено для періоду знаходження судна у відстої. Опалення регулюється на 8°C у каютах, вентиляційна установка при цьому не працює.

У позиціях «Основне опалення» і «Чергове опалення» перемикачем режимів опалення можна встановити автоматичне регулювання, або ручний режим роботи високовольтного опалення. Перехід на ручне керування електроопалюванням проводиться при несправності термостатів, регулюючої температури повітря в каютах, при несправності термостата котла. У цьому випадку перемикач «Опалення» з положення Автоматика ставлять в одну з позицій: Група I, Група II

або Група I і II. У цих положеннях проводиться тільки автоматичне відключення котла, якщо температура води в ньому перевищить  $95^{\circ}\text{C}$ .

У літню пору перемикачі «Опалення» та «Охолодження» ставлять в положення «Охолодження», режимний перемикач «Охолодження» ставлять в залежності від температури зовнішнього повітря в одну з позицій автоматичного регулювання роботи холодильної установки: 1, 2, 3, 4. У позиції 1 у каютах автоматично підтримується температура  $20-22^{\circ}\text{C}$ , в позиції 4  $23-25^{\circ}\text{C}$ .

Установку кондиціонування можна перевести на ручний режим керування. На панелі щита аварійний перемикач холодильної установки включають спеціальним ключем, наявними всередині розподільчої шафи, а ручку режимного перемикача охолодження ставлять в один з пунктів: 1/3 (працює один циліндр компресора), 2/3 (працюють два циліндра компресора), 3/3 (працюють чотири циліндра). Температура повітря в каюті при зовнішніх температурах  $30^{\circ}\text{C}$  і вище повинна бути на  $8-12^{\circ}\text{C}$  нижче зовнішньої і при зовнішній температурі нижче  $30^{\circ}\text{C}$  на  $4-6^{\circ}\text{C}$  нижче її.

Робота холодильної установки контролюється за показаннями манометрів на приладовому щиті в службовому відділенні. Провідник повинен знати, що при всіх виявлених ненормованих ситуаціях в роботі холодильної установки її слід відключити і викликати поїзного електромеханіка.

### **1.5 Формулювання задачі дослідження**

Головною задачею дослідження є розробка моделі кают судна яка відображає процеси які протікають в ньому при охолодженні повітря. Виходячи з опису об'єкта модель повинна відображати процеси переміщення повітря в каютах судна: забір, зміщення охолодження, подачі до каюти та рециркуляції.

Крім того повинна відображатися переміщення повітря вентилятором з вимкненим та включеним кондиціонером. Модель кондиціонера повинна враховувати часткове охолодження повітря при проході через повітря охолоджувач.

Також повинно бути реалізовано повну модель теплових потоків які надходять до кают судна від зовнішнього середовища та людей у каюті.

За для отриманої моделі кают судна необхідно розробити систему керування яка відповідає вимогам технологічного процесу наведених раніше при його огляді.

### **1.6 Висновки по розділу**

У якості об'єкта керування виступає система забезпечення клімату у каютах судна. Головною метою роботи є розробка моделі системи забезпечення клімату у каютах судна. Другою метою роботи є розробка системи керування системи забезпечення клімату. Актуальність роботи підтримується необхідністю модернізації систем керування, які використовуються та стали морально, та фізично застарілими.

## 2 ТЕОРЕТИЧНИЙ РОЗДІЛ

### 2.1 Модель об'єкта керування

На підставі проведеного аналізу технічних засобів системи забезпечення клімату у каюти судна було встановлено, що система охолодження повітря виконує функції забору повітря з зовні та з судна, охолодження повітря, подачу його до приміщень (кают) та рециркуляція повітря. На підставі цього було проведено декомпозицію об'єкта керування на три основні елементи: змішувач, охолоджувач та каюти судна.

#### 2.1.1 Складові моделі змішувача повітря

Аналіз процесу змішування повітря буде виконуватися відповідно для стандартних параметрів для літнього періоду: атмосферний тиск 101 325 Па температура у каюті судна +24 °С, відносна вологість 49 %, витрати повітря 3 730 м<sup>3</sup>/г, зовнішня температура +32 °С, відносна вологість 60 %, витрати повітря на людину 15 м<sup>3</sup>/г. Виходячи з того, що максимальна кількість людей у каютах дорівнює 38, то загальні зовнішні витрати повітря складуть 570 м<sup>3</sup>/г.

При змішуванні повітря декількох типів виконується змінення температури повітря, його вмісту вологи, відносної вологості та ентальпії згідно до його кількості. Виходячи з цього модель змішувача повинна розраховувати температуру, вміст вологи, ентальпію та витрати повітря.

Виходячи з наведених даних необхідно визначити значення вмісту вологи та ентальпії. Вміст вологи в повітрі відображає кількість вологи в повітрі на 1 кг повітря та залежить від відносної вологості та тиску насиченого пару:

$$d = 0,623 \frac{\varphi \cdot P_{\text{НП}}}{B - \varphi \cdot P_{\text{НП}}}, \quad (2.1)$$

де  $d$  – вміст вологи в повітрі (кг/кг);

$\varphi$  – відносна вологість повітря;

$B$  – барометричний (атмосферний) тиск (Па);

$P_{\text{НП}}$  – тиск насиченого пара (Па).

У свою чергу тиск насиченого пару відповідає тиску пару в повітрі при вологості 100 % та залежить від температури повітря:



$$P_{\text{НП}} = 479 + (11.52 + 1.62 \cdot t)^2, \quad (2.2)$$

де  $t$  – температура повітря (°C).

Ентальпія повітря залежить від температури сухого повітря та вмісту вологи. Температура сухого повітря є його явною теплотою, а кількість енергії необхідної за для перетворення даної кількості вологи до пару є його прихованою енергією. Таким чином ентальпія є сума енергії необхідної для нагріву одного кілограму сухого повітря до заданої температури та енергії необхідної для перетворення вологи до пару в кількості відповідній вмісту вологи:

$$I_{\text{ВП}} = C_{\text{ВП}} + l_{\text{П}} \cdot t \cdot d, \quad (2.3)$$

де  $I_{\text{ВП}}$  – ентальпія вологого повітря (кДж/кг);

$C_{\text{ВП}}$  – теплоємність вологого повітря;

$l_{\text{П}}$  - питома теплоємність пароутворення (кДж/кг).

Теплоємність вологого повітря залежить від теплоємності сухого повітря та теплоємності водяного пару:

$$C_{\text{ВП}} = C_{\text{СП}} + C_{\text{П}} \cdot d, \quad (2.4)$$

де  $C_{\text{СП}}$  – теплоємність сухого повітря 1,005 (кДж/(кг·°C));

$C_{\text{П}}$  – теплоємність пару 1,8 (кДж/(кг·°C)).

На підставі наведених виразів може бути отримані значення вмісту вологості та ентальпії для зовнішнього та повітря у каютах. Для чого було розроблено відповідне програмне забезпечення в математичному пакеті MATLAB:

```
function run_railwayData()

fprintf('\nРасчет тепловых параметров воздуха судна\n\n');

fprintf('Параметры рециркулируемого воздуха\n\n');

t1 = 24; % Температура воздуха, °C
fprintf('Температура воздуха в каюте: %.1f °C\n', t1);

В = 101325; % Атмосферное давление, Па
fil = 0.49; % Относительная влажность
fprintf('Относительная влажность: %.2f %%\n', fil * 100);

Pnp1 = getPnp(t1); % Давление насыщенного водяного пара, Па
d1 = getD(В, Pnp1, fil); % Влагосодержание, кг/кг
fprintf('Влагосодержание: %.3f г/кг\n', d1 * 1000);

Iv1 = getIv(d1, t1); % Энтальпия воздуха, кДж/кг
fprintf('Энтальпия воздуха: %.3f кДж/кг\n\n', Iv1);

fprintf('Параметры свежего воздуха\n\n');

t2 = 32; % Температура воздуха, °C
```

```

fprintf('Температура воздуха: %.1f °C\n', t2);

fi2 = 0.60; % Относительная влажность
fprintf('Относительная влажность: %.2f %%\n', fi2 * 100);

Pnp2 = getPnp(t2); % Давление насыщенного водяного пара, Па
d2 = getD(B, Pnp2, fi2); % Влагосодержание, кг/кг
fprintf('Влагосодержание: %.3f г/кг\n', d2 * 1000);

Iv2 = getIv(d2, t2); % Энтальпия воздуха, кДж/кг
fprintf('Энтальпия воздуха: %.3f кДж/кг\n\n', Iv2);

```

Результат работы программного забезпечення:

Расчет тепловых параметров воздуха судна

Параметры рециркулируемого воздуха

Температура воздуха в каютах: 24.0 °C  
Относительная влажность: 49.00 %  
Влагосодержание: 9.231 г/кг  
Энтальпия воздуха: 47.596 кДж/кг

Параметры свежего воздуха

Температура воздуха: 32.0 °C  
Относительная влажность: 60.00 %  
Влагосодержание: 17.030 г/кг  
Энтальпия воздуха: 75.716 кДж/кг

При змішуванні повітря виконується змінення температури повітря, вмісту вологи, відносної вологості та ентальпії. Як було показано раніше ці параметри зв'язані між собою, на підставі температури та вмісту вологи можливо знайти відносну вологість та ентальпію, а на підставі вмісту вологи та ентальпії можливо знайти температуру та відносну вологість. Виходячи з цього значення відносної вологості можливо опустити.

Проаналізуємо змішення повітря, для чого використаємо I-d діаграму (рис. 2.1). Як бачимо з діаграми при змішенні повітря вміст вологи та ентальпія зменшується, при чому їх зменшення залежить від відносної кількості повітря. Таким чином вміст вологи в повітрі:

$$d_{зп} = d_{пв} + (d_{зп} - d_{пв}) \cdot k, \quad (2.5)$$

де  $d_з$  – вміст вологи в змішаному повітрі (кг/кг);  
 $d_{пв}$  – вміст вологи в повітрі кают (кг/кг);  
 $d_{зп}$  – вміст вологи в зовнішньому повітрі (кг/кг);  
 $k$  – коефіцієнт кількості повітря.

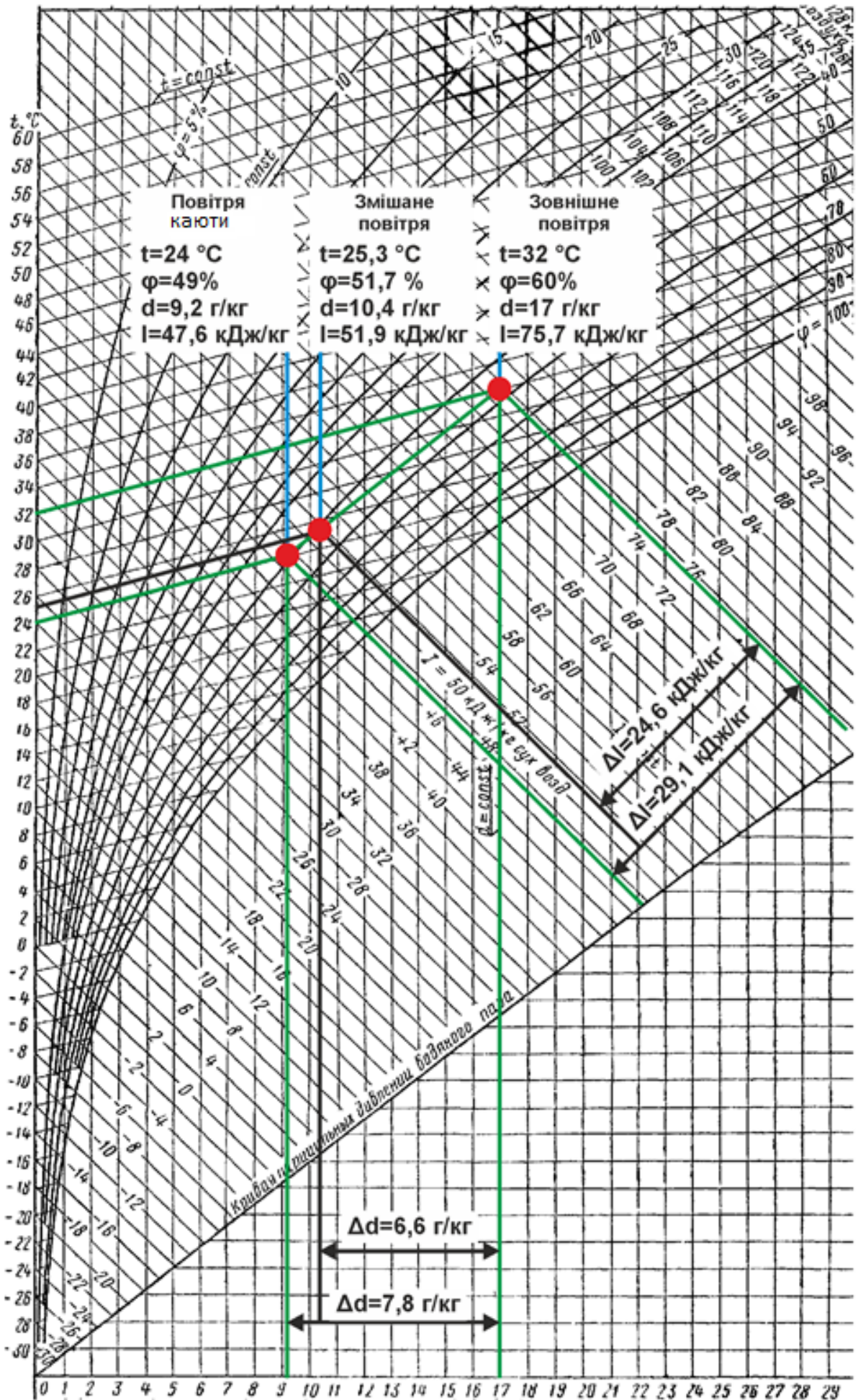


Рисунок 2.1 – I-d діаграма зміщення повітря

Аналогічно ентальпія:

$$I_{3\Pi} = I_{\Pi B} + (I_{3\Pi} - I_{\Pi B}) \cdot k, \quad (2.6)$$

де  $I_3$  – ентальпія змішаного повітря (кДж/кг);

$I_{\Pi B}$  – ентальпія повітря у каютах (кДж/кг);

$I_{3\Pi}$  – ентальпія зовнішнього повітря (кДж/кг).

Коефіцієнт кількості повітря залежить від витрат повітря:

$$k = G_{3\Pi} / G_{\Pi B}, \quad (2.7)$$

де  $G_{3\Pi}$  – витрати зовнішнього повітря (м<sup>3</sup>/Г);

$G_{\Pi B}$  – витрати повітря з кают (м<sup>3</sup>/Г).

На підставі отриманих виразів розроблено програмне забезпечення математичного пакету MATLAB за для розрахунку параметрів змішаного повітря:

```
function run_railwayMix()

В = 101325; % Атмосферное давление, Па

fprintf('\nРасчет тепловых параметров воздуха суда\n\n');

fprintf('Параметры рециркулируемого воздуха\n\n');

t1 = 24; % Температура воздуха, °C
fprintf('Температура воздуха в каютах: %.3f °C\n', t1);

G1 = 3730; % Расход воздуха кают, м3/ч
fprintf('Расход рециркулируемого воздуха: %d м3/ч\n', G1);

fi1 = 0.49; % Относительная влажность
m1 = getRo(В, fi1, t1) * G1 / 3600; % Масса проходящего воздуха, кг/с
fprintf('Масса проходящего воздуха: %.3f кг/с\n', m1);

fprintf('Относительная влажность: %.2f %%\n', fi1 * 100);

Pnp1 = getPnp(t1); % Давление насыщенного водяного пара, Па
d1 = getD(В, Pnp1, fi1); % Влагосодержание, кг/кг
fprintf('Влагосодержание: %.3f г/кг\n', d1 * 1000);

Iv1 = getIv(d1, t1); % Энтальпия воздуха, кДж/кг
fprintf('Энтальпия воздуха: %.3f кДж/кг\n\n', Iv1);

fprintf('Параметры свежего воздуха\n\n');

t2 = 32; % Температура воздуха, °C
fprintf('Температура воздуха: %.3f °C\n', t2);

G2 = 570; % Расход свежего воздуха, м3/ч
fprintf('Расход свежего воздуха: %d м3/ч\n', G2);

fi2 = 0.60; % Относительная влажность
m2 = getRo(В, fi2, t2) * G2 / 3600; % Масса проходящего воздуха, кг/с
fprintf('Масса проходящего воздуха: %.3f кг/с\n', m2);

fprintf('Относительная влажность: %.2f %%\n', fi2 * 100);
```

```

Pnp2 = getPnp(t2); % Давление насыщенного водяного пара, Па
d2 = getD(B, Pnp2, fi2); % Влагосодержание, кг/кг
fprintf('Влагосодержание: %.3f г/кг\n', d2 * 1000);

Iv2 = getIv(d2, t2); % Энтальпия воздуха, кДж/кг
fprintf('Энтальпия воздуха: %.3f кДж/кг\n\n', Iv2);

fprintf('Параметры воздуха после смешения\n\n');

G = G1 + G2; % Расход воздуха поступающего в каюти
k = getMixCoef(G1, G2); % Коэффициент смешения
d = getMixD(d1, d2, k); % Влагосодержание, кг/кг
Iv = getMixI(Iv1, Iv2, k); % Энтальпия воздуха, кДж/кг
t = getT(d, Iv); % Температура, °C
Pnp = getPnp(t); % Давление насыщенного водяного пара, Па
fi = getFi2(B, Pnp, d); % Относительная влажность
m = getRo(B, fi, t) * G / 3600; % Масса проходящего воздуха, кг/с

fprintf('Температура воздуха: %.3f °C\n', t);
fprintf('Расход воздуха поступающего в каюти: %d м3/ч\n', G);
fprintf('Масса проходящего воздуха: %.3f кг/с\n', m);
fprintf('Относительная влажность: %.2f %%\n', fi * 100);
fprintf('Влагосодержание: %.3f г/кг\n', d * 1000);
fprintf('Энтальпия воздуха: %.3f кДж/кг\n\n', Iv);

```

Результат работы программного забезпечення:

Расчет тепловых параметров змішаного воздуха судна

Параметры рециркулируемого воздуха

Температура воздуха в каютах: 24.000 °C  
 Расход рециркулируемого воздуха: 3730 м3/ч  
 Масса проходящего воздуха: 1.226 кг/с  
 Относительная влажность: 49.00 %  
 Влагосодержание: 9.231 г/кг  
 Энтальпия воздуха: 47.596 кДж/кг

Параметры свежего воздуха

Температура воздуха: 32.000 °C  
 Расход свежего воздуха: 570 м3/ч  
 Масса проходящего воздуха: 0.182 кг/с  
 Относительная влажность: 60.00 %  
 Влагосодержание: 17.030 г/кг  
 Энтальпия воздуха: 75.716 кДж/кг

Параметры воздуха после смешения

Температура воздуха: 25.237 °C  
 Расход воздуха поступающего в каюти: 4300 м3/ч  
 Масса проходящего воздуха: 1.407 кг/с  
 Относительная влажность: 51.70 %  
 Влагосодержание: 10.423 г/кг  
 Энтальпия воздуха: 51.893 кДж/кг

Результати розрахунку співпали з результатами отриманими на I-d діаграмі таким чином отримані аналітичні вирази можуть бути використані при створенні моделі змішення повітря.

Змішення повітря може проходити за двома сценаріями коли вентилятором вимкнено, або коли вентилятор працює. Відповідно до цього необхідно отримати

модель вентилятора. З літературних джерел відомо, що передавальна функція вентилятора при праці на задану потужність має вигляд:

$$W(s) = \frac{1}{1.42s + 1} \cdot \frac{1}{3.21s + 1}. \quad (2.8)$$

На підставі наведених аналітичних виразів розроблено модель змішення повітря (рис. 2.2). На підставі вхідних параметрів (витрат, температури, вмісту вологи) виконується розрахунок параметрів змішаного повітря (витрат, температури, вмісту вологи та ентальпії). Результати моделювання (рис. 2.3) перевірено відповідно до I-d діаграми. Встановлено, що відхилення складає менше за 10 %, що відповідає допустимій похибці при технічних розрахунках. Таким чином отримана модель може бути використана у складі моделі системи забезпечення клімату у каютах судна.

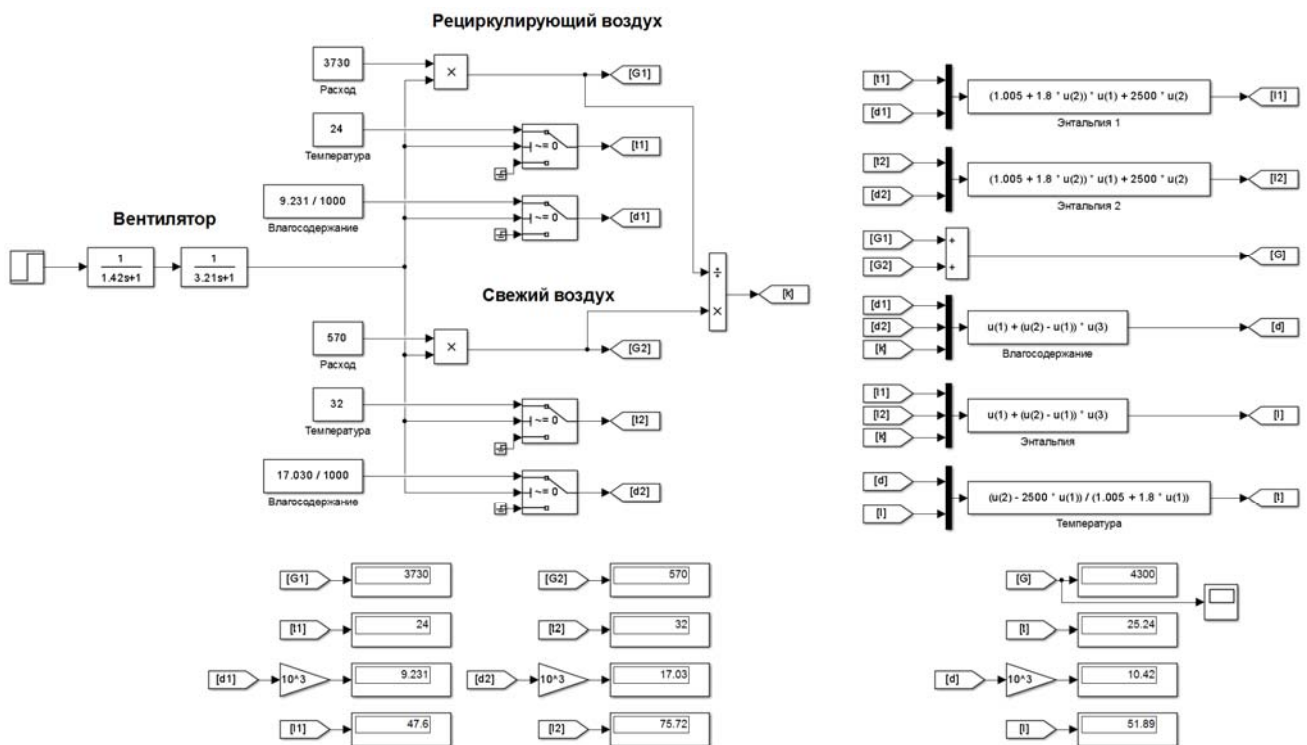


Рисунок 2.3 – Модель змішення повітря

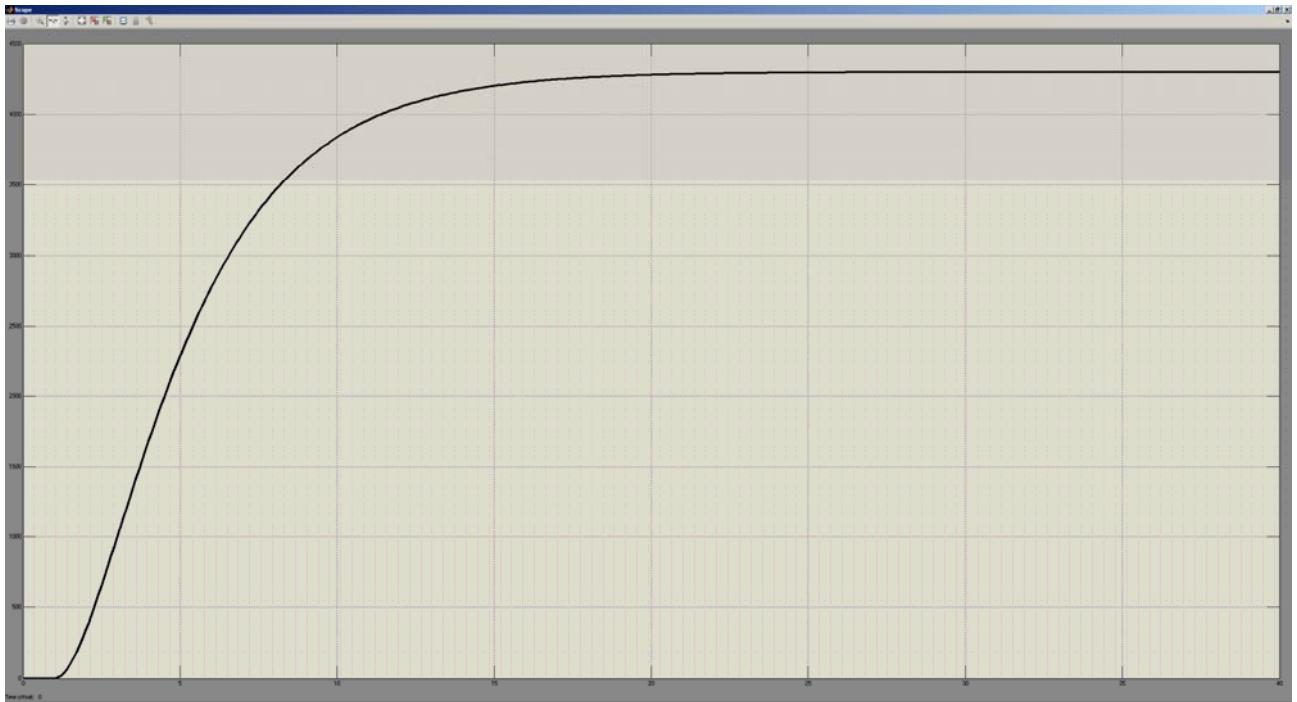


Рисунок 2.3 – Результати моделювання зміщення повітря

### 2.1.2 Модель охолодження повітря

Охолодження повітря виконується кондиціонером Vitrifrigo WMC007C001 в режимі охолодження, при працюючому компресорі повітря охолоджувачем. При охолодженні повітря в усталеному режимі кондиціонер виробляє 31 кВт холоду, при чому температура пароутворення холодоагенту  $7^{\circ}\text{C}$ , а температура повітря охолоджувача складає  $10^{\circ}\text{C}$ . Таким чином очевидним рішенням є розрахунок вмісту вологості та ентальпії як наведено на рис. 2.4.

Виходячи з наведеного рішення бачимо, що температура з початку зменшується лінійно вниз. Після набуття відносної вологості, яка дорівнює 100 % енергія починає використовуватися на перехід пари до конденсату, а температура починає змінюватися лінійно під кутом відносної вологості. При цьому процесі з кожного кілограму повітря виділяється 2,5 г води. Отримана характеристика може бути прийнята за базову однак не може бути використана за для розрахунку параметрів охолодженого повітря. Як відомо з літературних джерел на практиці температура повітря ніколи не дорівнює температурі повітря охолоджувача або випарника. Це зв'язано з тим, що немає прямого контакту у цього повітря з випарником, а проходить конвекційний теплообмін. Як було вказано раніше температура перетворення до пару холодоагенту  $7^{\circ}\text{C}$ , температура випарника

10°C, на температура повітря не повинна становити менше 16°C, що відповідає середньому охолодженню повітря.

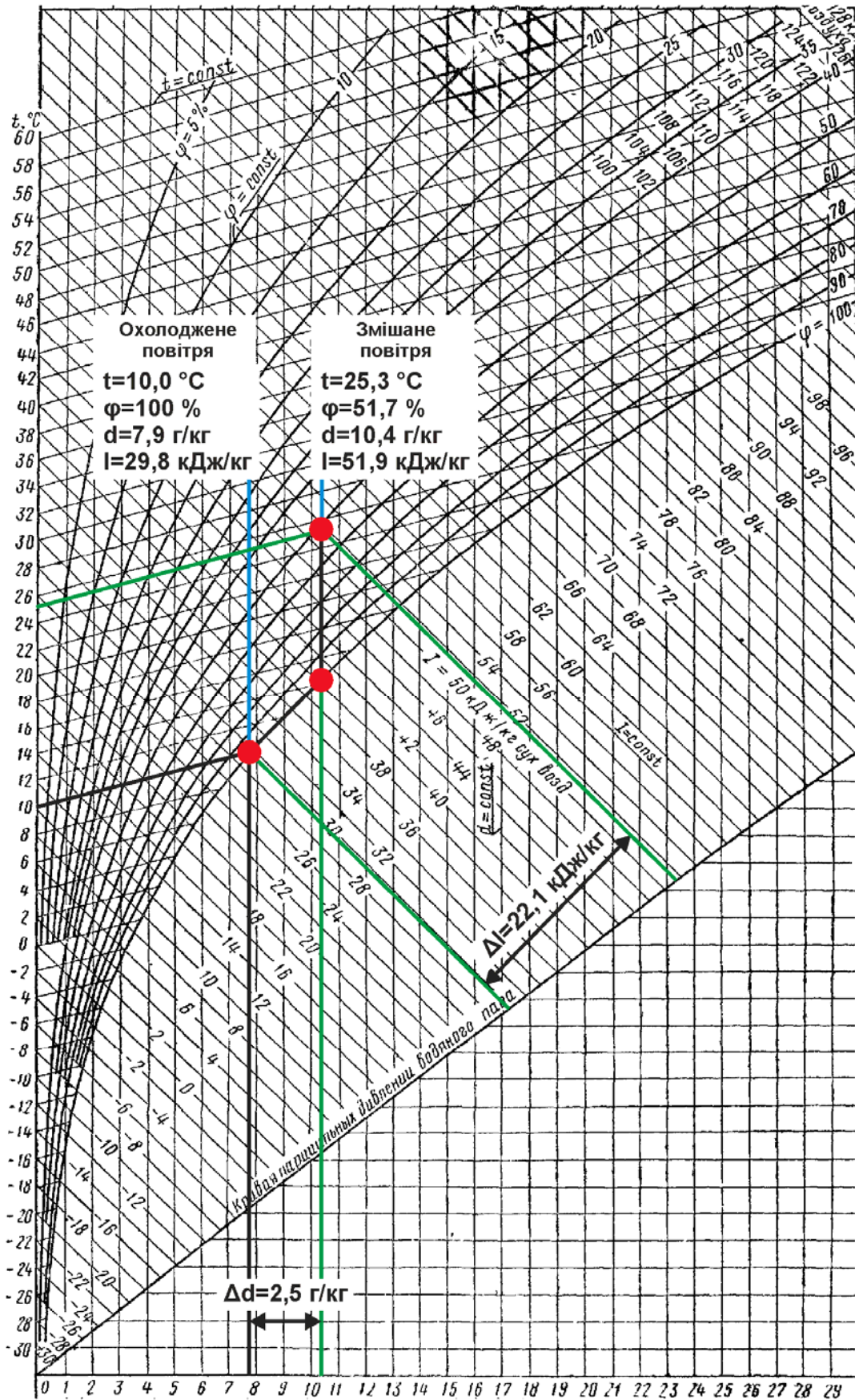


Рисунок 2.1 – I-d діаграма охолодження повітря



Після врахування наведених зауважень I-d діаграма має вигляд наведений на рис. 2.5.

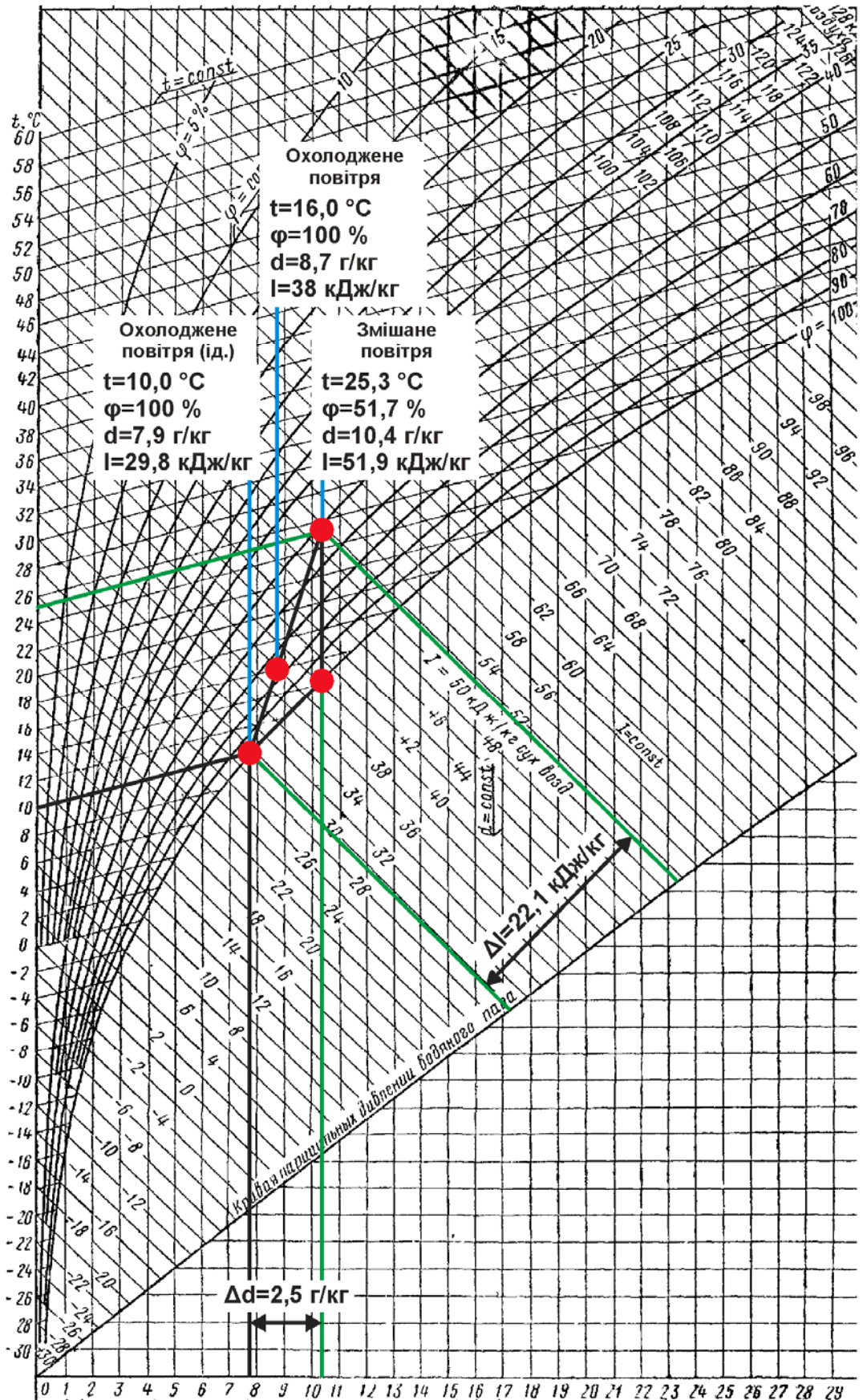


Рисунок 2.5 – I-d діаграма охолодження повітря з урахуванням зауважень

Як бачимо температура повітря знаходиться на прямій, яка з'єднує охолоджене повітря та змішане повітря. Значення температури узято з літературних джерел відповідно до експериментальних даних за для кондиціонера Vitrifrigo WMC007C001.

Виходячи з того, що розрахунок параметрів повітря в даному випадку залежить як від значення вмісту вологи в повітрі та від ентальпії повітря отримуємо рівняння з двома змінними (2.3). Ентальпія залежить від вмісту вологи значення якої не можливо узяти бо воно може бути зменшено при досягненні 100 % відносної вологості. Як було показано раніше можливо виконати розрахунок через температуру однак він також не враховує фактору відносної вологості. Відповідно до цього розрахунок вмісту вологості та ентальпії може бути виконано тільки ітеративним шляхом для пар ентальпії та вмісту вологості, що в подальшому значно збільшить навантаження на систему моделювання, однак не має альтернативного шляху. Виходячи до того, що ентальпія та вміст вологи пов'язані лінійно необхідно розраховувати для кожної пари цих значень значення температура до досягнення значення відповідного 16°C.

При такому підході можливо виникнення трьох випадків: зменшення температури вертикально, зменшення температури з урахуванням обмеження, зменшення температури з урахуванням конденсату.

Модель кондиціонера з літературних джерел в передавальній формі має вигляд:

$$W(s) = \frac{31}{14.3s + 1} e^{-2s}. \quad (2.9)$$

Дане значення відповідає загальній потужності кондиціонера однак з урахуванням використання у якості енергетичного показника ентальпії необхідно перейти від енергії затраченої на витрати до енергії затраченої на вагу повітря:

$$m = \rho \cdot G / 3600. \quad (2.10)$$

де  $m$  – вага повітря (кг);

$\rho$  – щільність вологого повітря (кг/м<sup>3</sup>);

$G$  – витрати повітря (м<sup>3</sup>/Г).

Щільність волого повітря залежить від відносної вологості та температури:

$$\rho = \rho_{\text{СП}} - \frac{P}{R \cdot T} \cdot (M_{\text{СП}} - M_{\text{П}}), \quad (2.11)$$

де  $\rho_{\text{СП}}$  – щільність сухого повітря (кг/м<sup>3</sup>);

$P$  – Парціальний тиск водяної пари (Па);

$R$  – універсальна газова стала 8,314, кДж / (моль·К);

$M_{\text{СП}}$  – молярна вага сухого повітря (кг/моль);

$M_{\text{П}}$  – молярна вага водяного пара (кг/моль).

Відносна волого повітря залежить від тиску насиченої пари та вмісту ВОЛОГИ:

$$\varphi = \frac{B \cdot d}{d \cdot P_{\text{НП}} + 0.623 \cdot P_{\text{НП}}}. \quad (2.12)$$

Відповідно до цього розроблено програмний модуль розрахунку ваги змішаного повітря яке надходить до кондиціонера:

```
function m = getWeight(G, t, d)

% Расчет массы воздуха

% G - Расход воздуха поступающего в каюты, м3/ч
% t - Температура воздуха поступающего в каюты, °C
% d - Влажосодержание, кг/кг
% m - Масса воздуха, кг

B = 101325; % Атмосферное давление, Па

Pnp = getPnp(t); % Давление насыщенного водяного пара, Па
fi = getFi2(B, Pnp, d); % Относительная влажность
m = getRo(B, fi, t) * G / 3600; % Масса проходящего воздуха, кг/с

function result = getPnp(t)

% Давление насыщенного водяного пара

% t - температура, °C
% result - Давление насыщенного водяного пара, Па

result = 479 + (11.52 + 1.62 * t)^2;

function result = getFi2(P, Pnp, d)

% Относительная влажность

% P - Давление, Па
% Pnp - Давление насыщенного водяного пара, Па
% d - Влажосодержание, кг/кг
% result - Относительная влажность

result = (P * d) / (d * Pnp + 0.623 * Pnp);

function result = getPp(fi, Pnp)

% Парциальное давление водяного пара

% fi - Относительная влажность
% Pnp - Давление насыщенного водяного пара, Па
```

```

% result - Парциальное давление водяного пара, Па
result = fi * Pnp;

function result = getRo(B, fi, t)

% Плотность влажного воздуха

% B - Барометрическое (атмосферное) давление, Па
% fi - Относительная влажность
% t - Температу, °C
% result - Плотность влажного воздуха, кг/м3

Msv = 29; % Молярная масса сухого воздуха, кг/моль
Mp = 18; % Молярная масса водяных паров, кг/моль
R = 8.314 * 10^3; % Универсальная газовая постоянная, Дж / (моль * K)

P = getPp(fi, getPnp(t)); % Парциальное давление водяного пара, Па
T = t + 273; % Температу, K

rosv = (B * Msv) / (R * T); % Плотность сухого воздуха, кг/м3
result = rosв - P / (R * T) * (Msv - Mp); % Плотность влажного воздуха,
кг/м3

```

На підставі отриманого модуля було розроблено модуль розрахунку температур повітря після охолодження:

```

function [th, Ih, dh] = getTemperature(P, I, t, d)

% Расчет температуры

% P - Мощность кондиционера, кВт
% I - Энтальпия воздуха до кондиционера, кДж/кг
% t - Температура воздуха до кондиционера, °C
% d - Влажосодержание, кг/кг

B = 101325; % Атмосферное давление, Па

Pnp = getPnp(t); % Давление насыщенного водяного пара, Па
fi = getFi2(B, Pnp, d); % Относительная влажность

Ik = getIk(B, d); % Энтальпия при которой начинается конденсация,
кДж/(кг*°C)

G = 4300; % Расход воздуха, м3/ч
m = getRo(B, fi, t) * G / 3600; % Масса проходящего воздуха, кг/с

[th, Ih, dh] = getTCold(B, t, d, I, Ik, P, m); % Температура охлажденного
воздуха

function result = getPnp(t)

% Давление насыщенного водяного пара

% t - Температура, °C
% result - Давление насыщенного водяного пара, Па

result = 479 + (11.52 + 1.62 * t)^2;

function result = getFi2(P, Pnp, d)

% Относительная влажность

% P - Давление, Па
% Pnp - Давление насыщенного водяного пара, Па
% d - Влажосодержание, кг/кг
% result - Относительная влажность

```

```

result = (P * d) / (d * Pnp + 0.623 * Pnp);

function result = getIk(B, d)

% Энтальпия при которой начинается конденсация водяного пара

% B - Барометрическое (атмосферное) давление, Па
% result - Энтальпия при которой начинается конденсация, кДж/кг

fi = 100 / 100; % Влажность воздуха
Pnp = getPnp2(B, d, fi); % Давление насыщенного водяного пара, Па
t = getT2(Pnp); % Температура при которой начинается процесс конденсации,
°C
result = getIv(d, t); % Энтальпия при которой начинается конденсация,
кДж/(кг*°C)

function result = getPnp2(B, d, fi)

% Давление насыщенного водяного пара

% B - Барометрическое (атмосферное) давление, Па
% d - Влагосодержание, кг/к
% fi - Относительная влажность
% result - Давление насыщенного водяного пара, Па

result = (B * d) / (0.623 * fi + d * fi); % Давление насыщенного водяного
пара, Па

function result = getT2(Pnp)

% Температура влажного воздуха

% Pnp - Давление насыщенного водяного пара, Па
% result - Температура, °C

result = (sqrt(Pnp - 479) - 11.52) / 1.62; % Температура, °C

function result = getIv(d, t)

% Энтальпия влажного воздуха

% d - Влагосодержание, кг/кг
% t - Температура, °C
% result - Энтальпия влажного воздуха, Дж/кг

lp = 2500; % Удельная теплота парообразования при 0 °C, кДж/кг

result = getCv(d) * t + lp * d; % Энтальпия воздуха, Дж/кг

function result = getCv(d)

% Теплоемкость влажного воздуха

% d - Влагосодержание, кг/кг
% result - Теплоемкость влажного воздуха, кДж/(кг*K)

Csv = 1.005; % Теплоемкость сухого воздуха, кДж/(кг*K)
Cp = 1.8; % Теплоемкость водяного пара, кДж/(кг*K)

result = Csv + Cp * d; % Теплоемкость воздуха, кДж/(кг*K)

function result = getRo(B, fi, t)

% Плотность влажного воздуха

% B - Барометрическое (атмосферное) давление, Па
% fi - Относительная влажность
% t - Температу, °C

```

```

% result - Плотность влажного воздуха, кг/м3

Msv = 29; % Молярная масса сухого воздуха, кг/моль
Mp = 18; % Молярная масса водяных паров, кг/моль
R = 8.314 * 10^3; % Универсальная газовая постоянная, Дж / (моль * К)

P = getPp(fi, getPnp(t)); % Парциальное давление водяного пара, Па
T = t + 273; % Температу, К

rosv = (B * Msv) / (R * T); % Плотность сухого воздуха, кг/м3
result = ros - P / (R * T) * (Msv - Mp); % Плотность влажного воздуха,
кг/м3

function result = getPp(fi, Pnp)

% Парциальное давление водяного пара

% fi - Относительная влажность
% Pnp - Давление насыщенного водяного пара, Па
% result - Парциальное давление водяного пара, Па

result = fi * Pnp;

function [th, Ih, d] = getTCold(B, t, d, I, Ik, P, m)

% Температура влажного охлажденного воздуха

% B - Барометрическое (атмосферное) давление, Па
% t - температура, °C
% d - Влагосодержание, кг/кг
% I - Энтальпия влажного воздуха, Дж/кг
% Ik - Энтальпия при которой начинается конденсация, кДж/кг
% P - Мощность кондиционера, кВт
% m - Масса воздуха, кг/с

fi = 100 / 100; % Влажность воздуха
Ih = getIvCold(I, P, m); % Энтальпия охлажденного воздуха, кДж/кг

if (Ih < Ik) % Происходит конденсации влаги
    th = t; % Температура охлажденного воздуха, °C
    ts = 0.01; % Шаг изменения температуры, °C
    while (true)
        Pnp = getPnp(th); % Давление насыщенного водяного пара, Па
        d = getD(B, Pnp, fi); % Влагосодержание, кг/кг
        Iv = getIv(d, th); % Энтальпия влажного воздуха, Дж/кг
        if Iv < Ih % Найдено значение температуры
            break;
        end
        th = th - ts;
    end
else % Конденсации влаги не происходит
    th = getT(d, Ih);
end

function result = getIvCold(I, P, m)

% Энтальпия влажного охлажденного воздуха

% I - Энтальпия влажного воздуха, Дж/кг
% P - Мощность кондиционера, кВт
% m - Масса воздуха, кг/с
% result - Энтальпия влажного воздуха, Дж/кг

result = I - P / m;

function result = getD(B, Pnp, fi)

% Влагосодержание

```

```

% B - Барометрическое (атмосферное) давление, Па
% Pnp - Давление насыщенного водяного пара, Па
% fi - Относительная влажность
% result - Влагосодержание, кг/кг

result = 0.623 * fi * Pnp / (B - fi * Pnp);

function result = getT(d, Iv)

% Температура влажного воздуха

% d - Влагосодержание, кг/кг
% Iv - Энтальпия влажного воздуха, Дж/кг
% result - Температура, °C

lp = 2500; % Удельная теплота парообразования при 0 °C, кДж/кг

result = (Iv - lp * d) / getCv(d); % Температура, °C

```

Загальна перевірка отриманих модулів була проведена з використанням відповідного програмного забезпечення:

```

function run_airCold2()

fprintf('\nРасчет температуры охлажденного воздуха\n\n');

B = 101325; % Атмосферное давление, Па
t = 25.24; % Температура воздуха до кондиционера, °C
I = 51.9; % Энтальпия воздуха до кондиционера, кДж/кг
d = 10.42 / 1000; % Влагосодержание, кг/кг

Pnp = getPnp(t); % Давление насыщенного водяного пара, Па
fi = getFi2(B, Pnp, d); % Относительная влажность

Ik = getIk(B, d); % Энтальпия при которой начинается конденсация,
кДж/(кг*°C)

G = 4300; % Расход воздуха, м3/ч
m = getRo(B, fi, t) * G / 3600; % Масса проходящего воздуха, кг/с
Pc = 31; % Мощность кондиционера, кВт

[th, Ih, dh] = getTCold2(B, t, d, I, Ik, Pc, m); % Температура охлажденного
воздуха

fprintf('Температура охлажденного воздуха: %.3f\n', th);
fprintf('Энтальпия охлажденного воздуха: %.3f кДж/кг\n', Ih);
fprintf('Влагосодержание охлажденного воздуха: %.3f г/кг\n\n', dh * 1000);

```

Результат роботи програмного забезпечення:

```

Расчет температуры охлажденного воздуха

Температура охлажденного воздуха: 16.011
Энтальпия охлажденного воздуха: 38.413 кДж/кг
Влагосодержание охлажденного воздуха: 8.827 г/кг

```

На підставі отриманих аналітичних залежностей розроблено модель охолодження повітря (рис. 2.6). Результати роботи моделі відповідають I-d діаграмі та наведені на рис. 2.7. На вхід моделі задаються параметри змішаного повітря. На підставі праці кондиціонера розраховується параметри охолодженого

повітря. Таким чином отримана модель може бути використана у складі моделі системи забезпечення клімату у каютах судна.

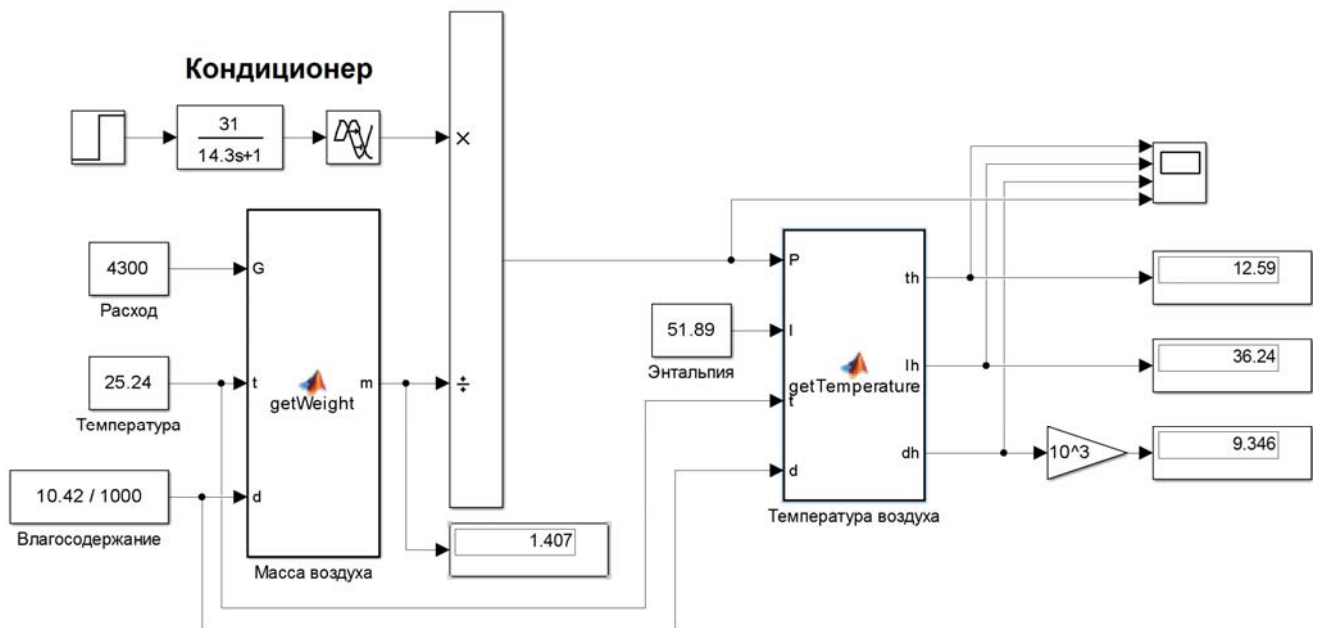


Рисунок 2.6 – Модель охолодження повітря

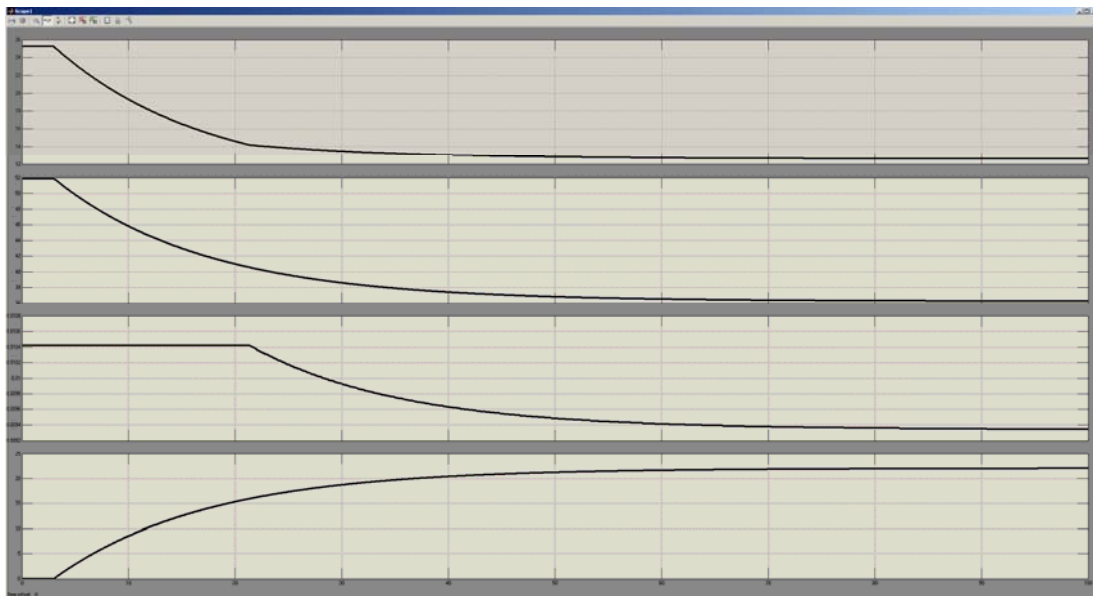


Рисунок 2.7 – Результати моделювання

### 2.1.3 Модель кают судна

Модель кают судна повинна відобразити наявність неконтрольованих впливів на судно. До них відносять кількість тепла яке отримується від людей, надходження тепла від обшивки, ілюмінаторів та через ілюмінатори.



Як відомо кількість тепла яке отримано від людей залежить від кількості людей температури у каютах, навантаження на людину та кількості вологи яку виділяє людина.

Виділення людини відповідно до різних параметрів наведені в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Виділення тепла та вологи людиною

№	Фізичне навантаження	Температура повітря в приміщенні, °С									
		15		20		25		30		35	
		Qявн	Gв	Qявн	Gв	Qявн	Gв	Qявн	Gв	Qявн	Gв
1	Покій	120	40	85	40	60	50	40	75	5	115
2	Легке	125	55	55	75	65	115	40	150	5	200
3	Середнє	135	110	105	140	70	185	40	230	10	280
4	Тяжке	165	185	130	240	95	295	40	355	10	410

де  $Q_{явн}$  – кількість явної теплоти (Вт);

$G_{п}$  – кількість вологи (г/кг).

Виходячи з літературних джерел виконується легке фізичне навантаження на людину. Кількість виділення енергії відповідає:

$$Q_{л} = \beta_1 \cdot \beta_0 \cdot (2.5 + 10.3 \cdot \sqrt{v_{п}}) \cdot (35 - t_{п}) / 1000. \quad (2.13)$$

де  $Q_{л}$  – кількість теплової енергії (кВт);

$\beta_1$  – коефіцієнт інтенсивності;

$\beta_0$  – коефіцієнт одягу;

$v_{п}$  – швидкість повітря (м/с);

$t_{п}$  – температура повітря (°С).

Коефіцієнт інтенсивності відповідає 1 – легкому фізичному навантаженню, 1,7 – середньому, 1,15 – тяжкому. Коефіцієнт одягу 1 – легкому одягу, 0,66 – звичайному, 0,5 – утепленому.

За для отримання кількості вологи не існує встановлених виразів, тому для отримання цього значення була отримана залежність наведена на рис. 2.8. Для цього було використано наступне програмне забезпечення:

```
function dPeople()
    fprintf('\nКоличество влаги поступающее от человека\n\n');
    t = [15,    20,    25,    30,    35];
    % Температура, °С
    d = [55,    75,    115,    150,    200];
    % Количество влаги поступающее от человека, г/ч
    d = d / 1000 / 3600;
    % Количество влаги поступающее от человека, кг/с
```

```

p1 = polyfit(t, d, 1);
fprintf('d(t) = %.3d * t %.3d\n', p1(1), p1(2));

fprintf('d(24) = %.3d\n\n', polyval(p1, 24));
cftool(t, d);

fprintf('\nКоличество теплоты поступающее от человека\n\n');

t = [15,    20,    25,    30,    35]; % Температура, °C
d = [55,    75,   115,   150,   200]; % Количество влаги поступающее от
человека, г/ч

p2 = polyfit(t, d, 1);
fprintf('d(t) = %.1f * t %.1f\n', p2(1), p2(2));

bi = 1; % Коэффициент учитывающий интенсивность выполняемой человеком
работы
% Легкая работа - 1, средняя - 1.7, тяжелая - 1.15
bc = 1; % Коэффициент, учитывающий теплозащитные свойства одежды
% Легкая одежда - 1, обычная - 0.66, утепленная - 0.5
vb = 0.15; % Скорость воздуха в помещенииб м/с
% В жилых и административных зданиях около 0.1-0.15 м/с, в каютах до 0.25
м/с
tp = 24; % Температура в каютах, °C

Q = (bi * bc * (2.5 + 10.3 * sqrt(vb))*(35 - tp) + 0.7 * (7.3 * 24 - 63.5))
/ 1000;
fprintf('Q(24) = %.3f кВт\n', Q);

Q = bi * bc * (2.5 + 10.3 * sqrt(vb))*(35 - tp) / 1000 + 2500 * polyval(p1,
24);
fprintf('Q(24) = %.3f кВт\n\n', Q);

```

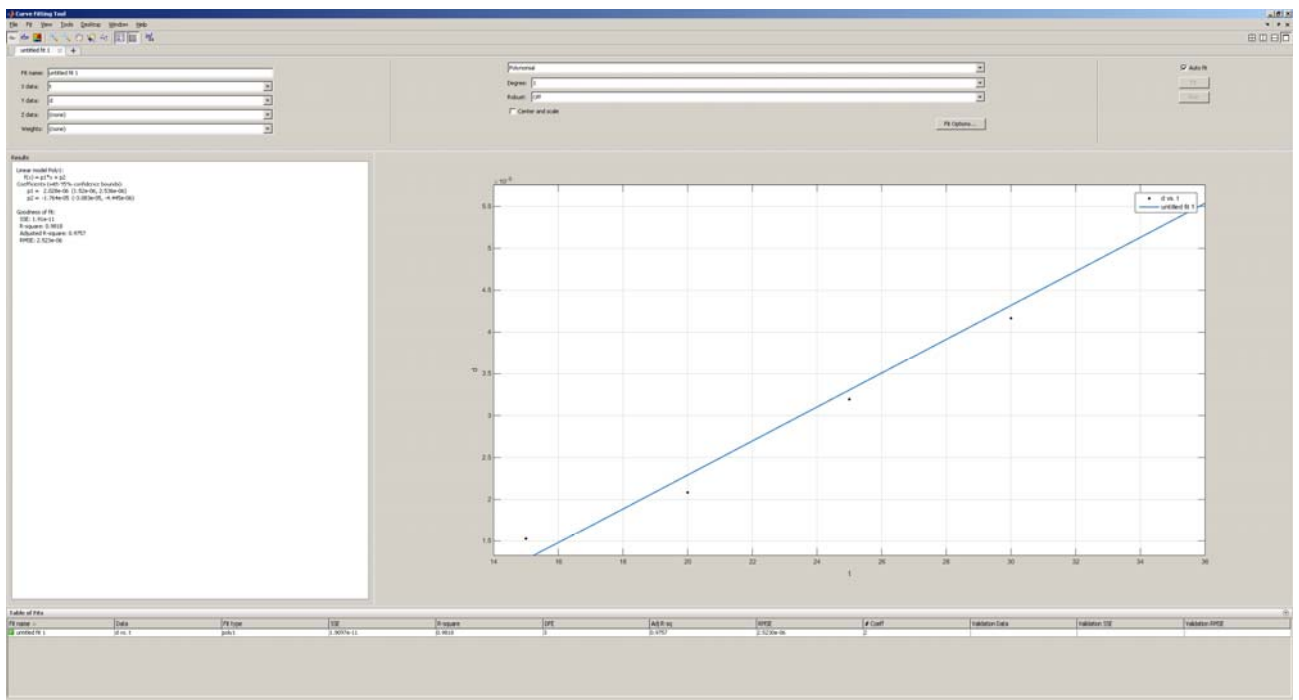


Рисунок 2.8 – Залежність кількості вологи від температури

Результат роботи програмного забезпечення:

Количество влаги поступающее от человека

$$d(t) = 2.028e-06 * t - 1.764e-05$$

$$d(24) = 3.103e-05$$

Количество теплоты поступающее от человека

$$d(t) = 7.3 \cdot t - 63.5$$

$$Q(24) = 0.150 \text{ кВт}$$

$$Q(24) = 0.149 \text{ кВт}$$

Результати розрахунку співпадають з вихідними даними, тому отриманий вираз може бути використано за для розрахунку кількості вологи яка додається до повітря від людини:

$$d_L = 2.028e - 06 \cdot t_{ПВ} - 1.764e - 05, \quad (2.14)$$

де  $d_L$  – кількість вологи отриманої від людини (кг/с).

На підставі отриманих залежностей тепло отримуємо від людей:

$$P_{ЛД} = Q_L \cdot n_{ЛД}, \quad (2.15)$$

де  $P_{ЛД}$  – тепло отримане від людей (кВт),  $n_{ЛД}$  – кількість людей.

Кількість вологи отриманої від людей:

$$d_{ЛД} = d_L \cdot n_{ЛД}, \quad (2.16)$$

де  $d_{ЛД}$  – кількість вологи отримана від людей (кг/с).

Кількість теплоти, яка отримується повітрям від обшивки судна залежить від температури повітря та площі кают:

$$P_O = S_O \cdot (t_{ЗП} - t_{ПВ}) \cdot k_o / 1000, \quad (2.17)$$

де  $P_O$  – кількість теплоти від обшивки (кВт);

$S_O$  – площа обшивки 272 (м<sup>2</sup>);

$k_o$  – коефіцієнт передачі обшивки 0,559 (Вт/(м<sup>2</sup>·°C)).

Кількість прямої теплоти яка поступає через вікна:

$$P_B = S_B \cdot (t_{ЗП} - t_{ПВ}) \cdot k_B / 1000, \quad (2.18)$$

де  $P_B$  – кількість теплоти від ілюмінатора (кВт),  $S_B$  – площа ілюмінаторів 16 (м<sup>2</sup>),  $k_B$  – коефіцієнт передачі ілюмінатора 3,67 (Вт/(м<sup>2</sup>·°C)).

Кількість тепла яке передається від вікна до внутрішніх поверхонь:

$$P_{ВВ} = P_{П} \cdot S_B / 2 + P_P \cdot S_B, \quad (2.19)$$

де  $P_{ВВ}$  – кількість теплоти отримана через вікна (кВт);

$P_{П}$  – пряма теплота (кВт);

$P_P$  – розсіяна теплота (кВт).

На підставі отриманих аналітичних залежностей розроблено модель зміни температури повітря у каютах судна, яка наведена на рис. 2.9. Результати

модельовання наведені на рис. 2.10, як бачимо при стабільному потоці температура зменшується з 24 до 17,5 С. Отримана модель може бути використана у складі моделі системи забезпечення клімату кают судна.

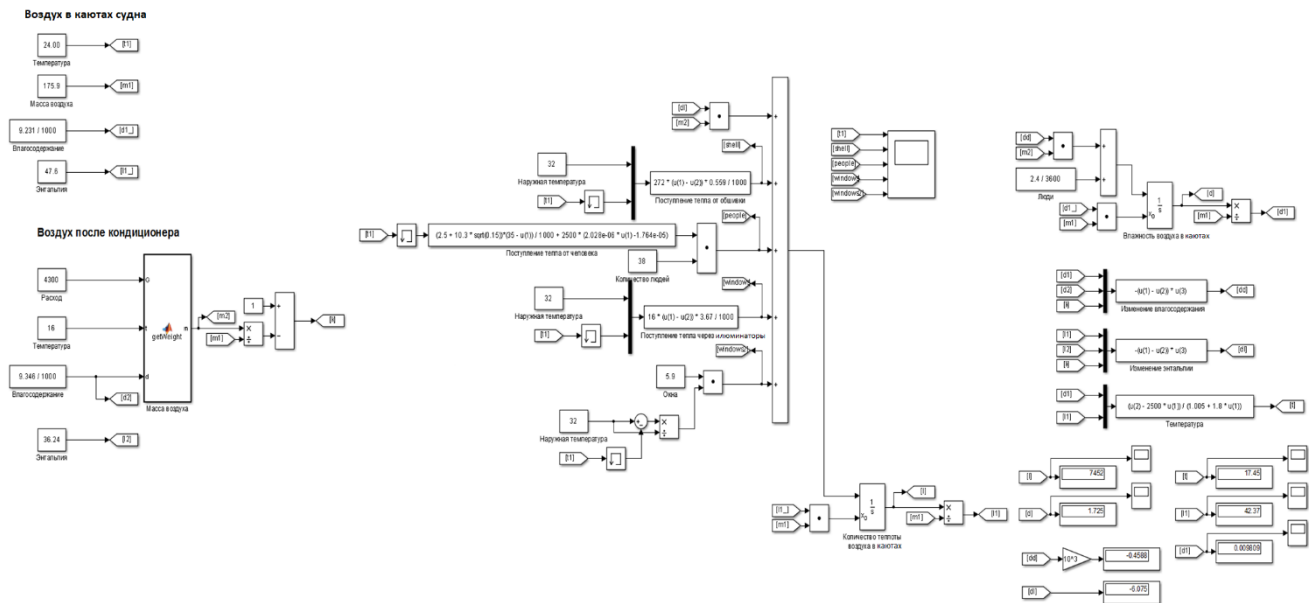


Рисунок 2.9 – Модель зміни температури у каютах судна

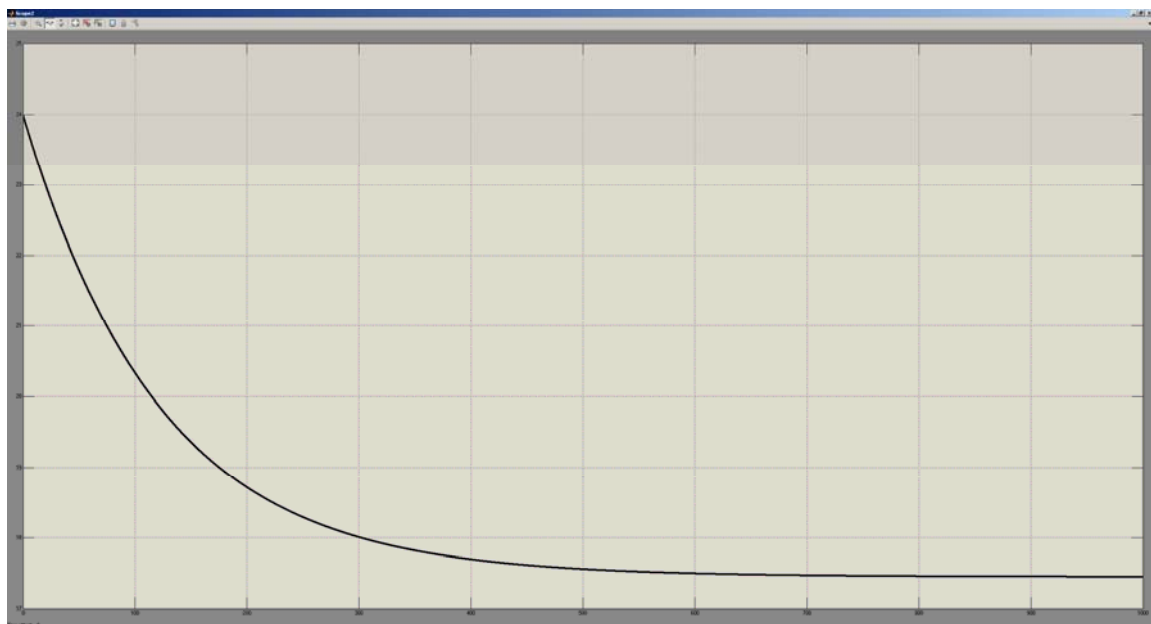


Рисунок 2.10 – Результати моделювання зміни температури у каютах

## 2.2 Модель об'єкта керування

На підставі отриманих моделей зміщення, охолодження повітря розроблена загальна модель кают судна в середовищі графічного моделювання Simulink математичного пакету MATLAB. Результат розробки наведено на рис. 2.11.

Моделі змішувача, охолоджувача та кают на судні послідовно зв'язані. На вхід моделі охолоджувача та кают на судні подається значення витрат, температури, вмісту вологи та ентальпії. На виході моделі кают на судні отримується значення температури, вологи та ентальпії. Останні пов'язано з виходом з витисненням з кают на судні  $570 \text{ м}^3/\text{г}$  повітря з метою оновлення його відповідно до санітарних норм.

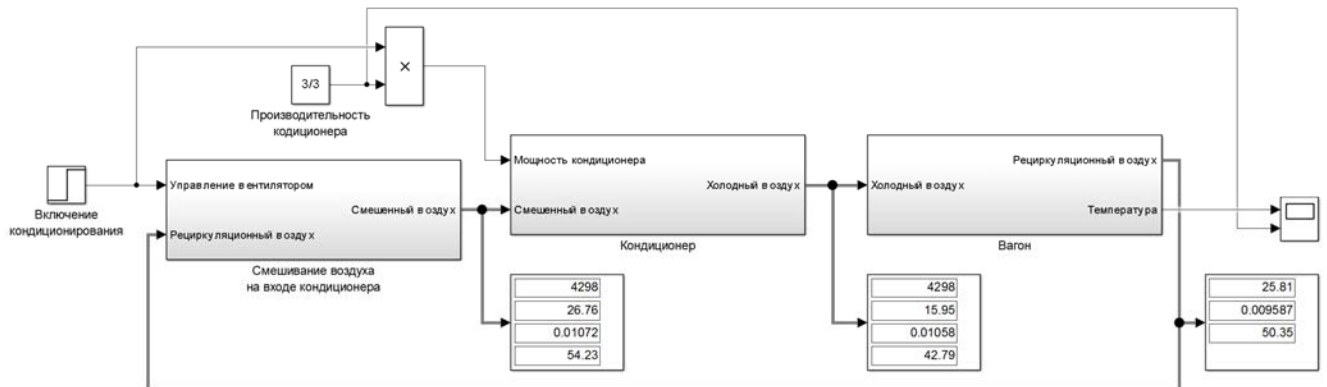


Рисунок 2.11 – Модель кают судна

На вхід керування вентилятора подається сигнал керування, значення «0» відповідає вимкненню вентилятора, «1» вмикання. На підставі даного значення також виконується керування кондиціонером. Потужність кондиціонера задається відповідним блоком константи. В якості потужності задаються значення 1/3, 2/3 та 3/3.

Модель змішування повітря була змінена таким чином, щоб при вимкненому вентиляторі був присутній самостійний повітря обмін. Отримана модель наведена на рис. 2.12.

Було виконано моделювання процесу зміни температури в каютах судна для потужності кондиціонера 1/3, 2/3, 3/3 результати якого наведені на рис. 2.13.

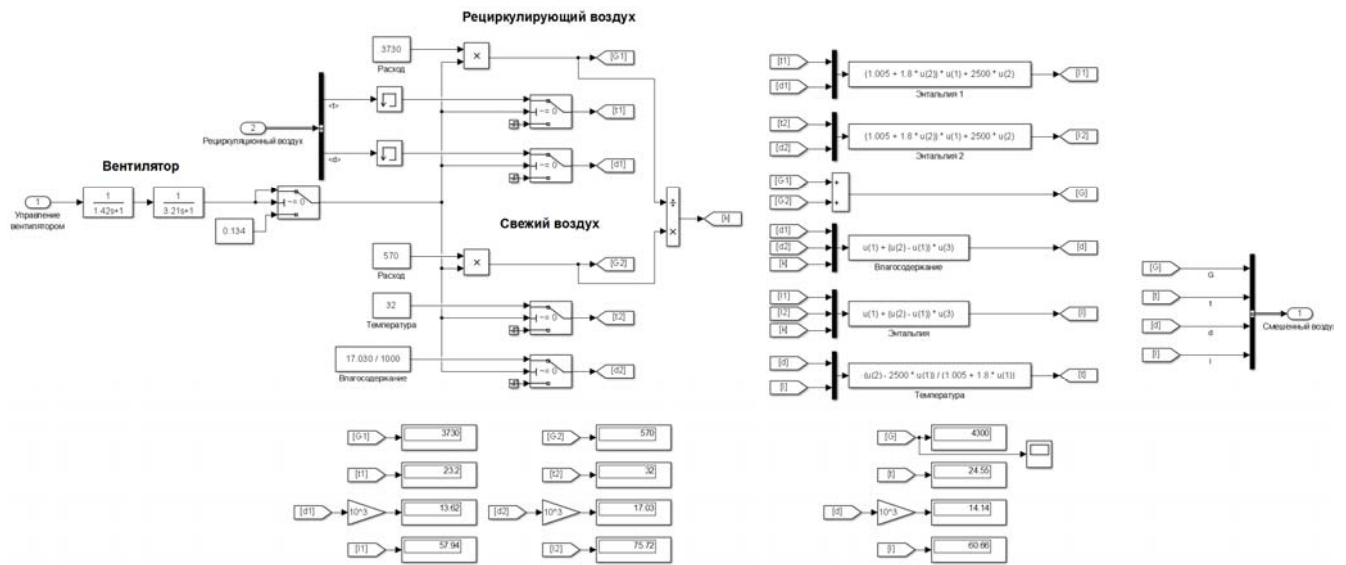


Рисунок 2.12 – Удосконалена модель змінення

У моделей в початковий етап присутнє збільшення температури, що відповідає процесу подачі до кают судна зовнішнього повітря при непрацюючому кондиціонері. Це зв'язано з тим що кондиціонер починає видавати холод з запізненням. Зменшення температури пов'язано з рециркуляцією повітря з первинними параметрами.

В рамках повної перевірки моделі було отримані результати при відсутності охолодження з природним обміном повітря (рис. 2.14).

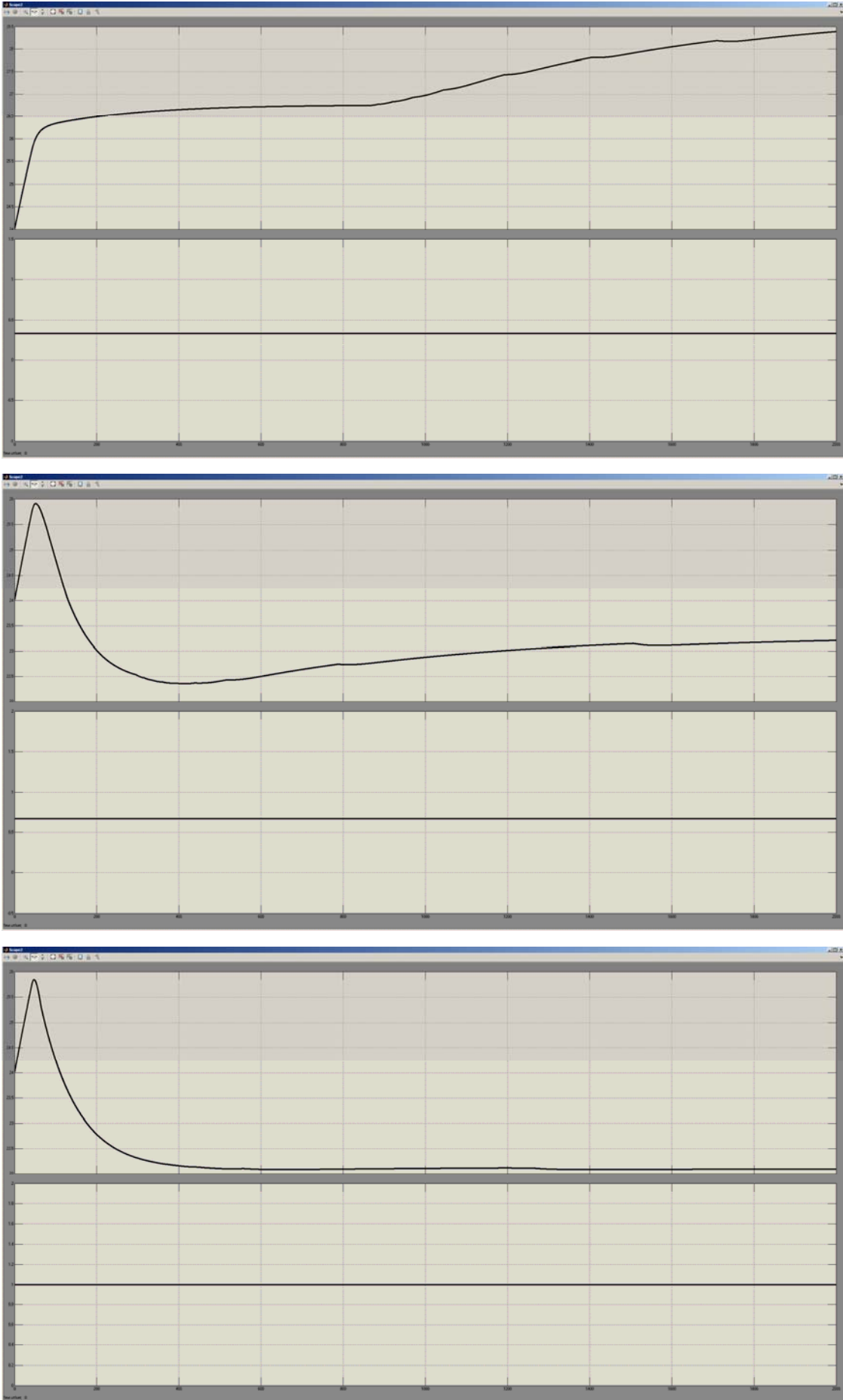


Рисунок 2.2 – Результати моделювання для потужності кондиціонера 1/3, 2/3, 3/3

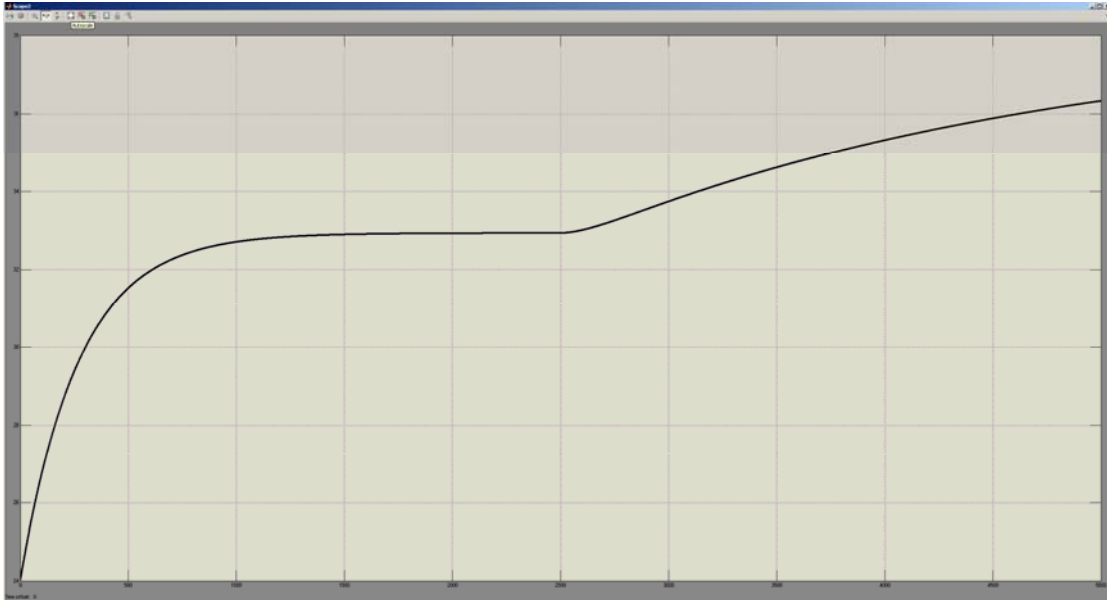


Рисунок 2.14 – Результати моделювання без кондиціонування

### 2.3 Висновки за розділом

Виходячи з отриманих результатів можливо зробити висновок, що модель відповідає об'єкту керування та може бути використана для подальшої розробки системи керування.

Наявність різкої зміни за лінійним законом відповідає повному заміщенню повітря у каютах судна. Усі використані моделі впливів відповідають фізичним закономірностям.

Подальше вдосконалення моделі можливе у рамках більш детального аналізу впливів збурення та модифікації програмного коду з метою підвищення швидкодії.



### 3 СИНТЕЗ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ

#### 3.1 Алгоритм праці системи керування

Розглянемо алгоритм роботи системи керування. Система охолодження повітря функціонує в діапазоні температур зовнішнього повітря вище  $+15^{\circ}\text{C}$  (після включення автоматично блокується робота при температурі зовнішнього повітря нижче  $+13^{\circ}\text{C}$ ).

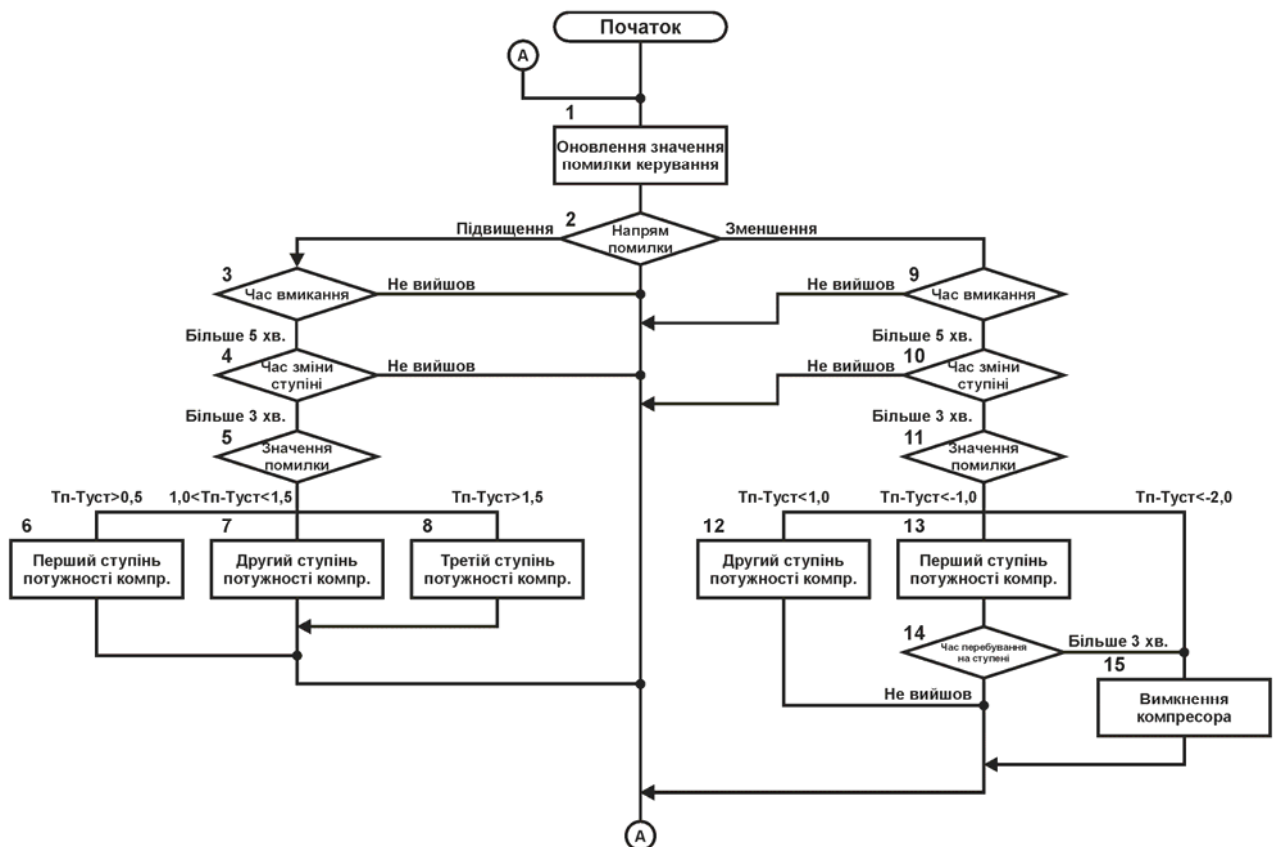


Рисунок 3.1 – Схема алгоритму функціонування системи керування

Компресор і вентилятор конденсатора функціонують при умовах включення другого реле мінімальної напруги (реле середніх навантажень). При підвищенні різниці  $T_p - T_{уст} > +0,5^{\circ}\text{C}$  встановлюється перший ступінь потужності компресора, вище  $+1^{\circ}\text{C}$  – другий ступінь, вище  $+1,5^{\circ}\text{C}$  – третій ступінь. При зниженні різниці  $T_p - T_{уст} < 1^{\circ}\text{C}$  – встановлюється другий ступінь потужності компресора,  $T_p - T_{уст} < -1^{\circ}\text{C}$  – встановлюється перший ступінь потужності компресора, нижче  $-2^{\circ}\text{C}$  – вимикається компресор. Після закінчення 3 хвилин при різниці  $T_p - T_{уст}$  незмінно меншій  $-1^{\circ}\text{C}$  компресор вимикається. На підставі

словесного опису алгоритму розроблено відповідну схему алгоритму (рис. 3.1) на підставі котрої буде виконано розробку регулятора.

### 3.2 Розробка регулятора

На підставі наведеного алгоритму було розроблено програмне забезпечення регулятора для середовища графічного моделювання Simulink на мові MATLAB у вигляді відповідного блоку:

```
function [enable, power] = controller(error)

persistent errorPrevValue; % Предыдущее значение ошибки
persistent errorUpdateValue; % Обновленное значение ошибки
persistent compressorStartTime; % Время запуска компрессора
persistent compressorPowerChangeTime; % Время изменения мощности
компрессора
persistent turnOffTime; % Время выключения компрессора
persistent powerValue; % Значение мощности
persistent enableValue; % Управление

if isempty(errorPrevValue)
    errorPrevValue = error; % Ошибки равны
    errorUpdateValue = 0;
    compressorStartTime = 0;
    compressorPowerChangeTime = 0;
    turnOffTime = 0;
    powerValue = 0;
    enableValue = 1; % Вентилятор включен
end

step = 0.01; % Шаг дискретизации по времени 100 мс
enable = enableValue;
power = powerValue;

if (compressorStartTime > 0) % Компрессор был включен менее 5 минут назад
    errorPrevValue = error;
    compressorStartTime = compressorStartTime - step; % Обновить время
включения компрессора
    if (compressorStartTime < 0) % Время вышло
        compressorStartTime = 0; % Компрессор может быть включен снова
    else
        return
    end
end

if (compressorPowerChangeTime > 0) % Степень мощности компрессора
изменялась менее 3 минут назад
    errorPrevValue = error;
    compressorPowerChangeTime = compressorPowerChangeTime - step; %
Обновить время включения компрессора
    if (compressorPowerChangeTime < 0) % Обновить время
        compressorPowerChangeTime = 0; % Компрессор может быть включен
снова
    else
        return
    end
end

if (turnOffTime > 0) % Время выключения (3 минуты) еще не вышло
    errorPrevValue = error;
    turnOffTime = turnOffTime - step; % Обновить время выключения
компрессора
    if (turnOffTime < 0) % Обновить время
```

```

        turnOffTime = 0; % Компрессор может быть выключен
    else
        return
    end
end

if (errorPrevValue < error) % Увеличение ошибки
    errorState = 0;
else % Уменьшение ошибки
    errorState = 1;
end

if (errorState == 0) % Увеличение ошибки
    if (error < -1.5) % Ошибка меньше 1.5 °C
        powerValue = 3/3; % Максимальная производительность
        compressorPowerChangeTime = 180; % Задержка смены ступени 3 минуты
    elseif (error <= -0.5 && error >= -1) % Ошибка от 0.5 до 1.0 °C
        powerValue = 2/3; % 2/3 производительности
        compressorPowerChangeTime = 180; % Задержка смены ступени 3 минуты
    elseif (error > -0.5) % Ошибка меньше 0.5 °C
        powerValue = 1/3; % 1/3 производительности
        compressorPowerChangeTime = 180; % Задержка смены ступени 3 минуты
    end
else
    if (error <= -1) % Ошибка меньше 1 °C
        powerValue = 2/3; % 2/3 производительности
        compressorPowerChangeTime = 180; % Задержка смены ступени 3 минуты
        turnOffTime = 180; % Время выключения компрессора 3 минуты
    elseif (error >= 1 && error < 2) % Ошибка от 1 до 2 °C
        powerValue = 1/3; % 1/3 производительности
        compressorPowerChangeTime = 180; % Задержка смены ступени 3 минуты

        if (turnOffTime == 0) % Компрессор можно выключить
            powerValue = 0; % Выключение компрессора
            compressorStartTime = 300; % Задержка включения 5 минут
        end
    elseif (error > 2) % Ошибка больше 2 °C
        powerValue = 0; % Выключение компрессора
        compressorStartTime = 300; % Задержка включения 5 минут
        turnOffTime = 0; % Время выключения компрессора
    end
end

if (errorUpdateValue == 0) % Обновление значения ошибки 1 раз в секунду
    errorPrevValue = error;
    errorUpdateValue = 1;
else
    errorUpdateValue = errorUpdateValue - step;
end
end

```

Програмне забезпечення реалізує оновлення значення помилка 1 раз за секунду, блокування пуску компресора на протязі 5 хвилин після його вимикання та блокування зміни потужності роботи компресора на протязі 3 хвилин після останньої зміни режиму його роботи.

При збільшенні значення помилки керування, якщо помилка менша за  $0,5^{\circ}\text{C}$  компресор працює на першій ступені потужності, якщо помилка от  $0,5$  до  $1,0^{\circ}\text{C}$  компресор працює на другій ступені потужності, якщо помилка більша  $1,5^{\circ}\text{C}$  компресор працює на третій ступені потужності.

При зменшенні значення помилки, якщо помилка менша  $1,0^{\circ}\text{C}$  компресор працює на другій ступені потужності, якщо помилка менша  $-1,0^{\circ}\text{C}$  компресор працює на першій ступені потужності, якщо помилка менша  $-2,0^{\circ}\text{C}$  компресор вимикається. При зменшенні значення помилки якщо помилка менша  $-1,0^{\circ}\text{C}$  більш ніж 3 хвилини компресор вимикається.

Таким чином розроблене програмне забезпечення регулятора яке відповідає алгоритму та може бути використано для реалізації системи керування.

### 3.3 Перевірка роботи регулятора

На підставі програмного регулятора та моделі об'єкта управління було розроблено модель системи керування в графічному середовищі Simulink математичного пакета MATLAB (рис. 3.2).

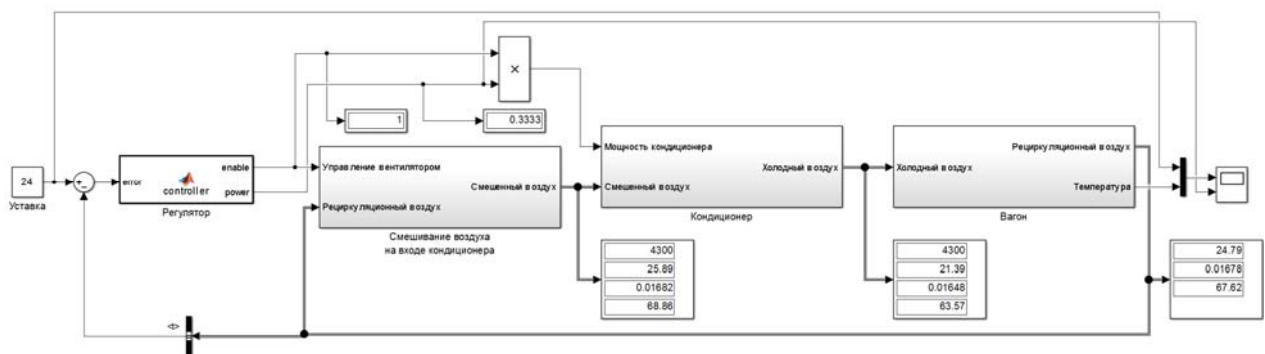


Рисунок 3.2 – Модель синтезованої системи керування

Результати моделювання наведені на рис. 3.3.

На початковому етапі відбувається процес збільшення температури за рахунок припливу тепла від обшивки, людей та вікон. По досягненню похибки в  $1,0^{\circ}\text{C}$  вмикається друга ступінь потужності кондиціонера. При зменшенні температури  $-2^{\circ}\text{C}$  кондиціонер вимикається, температура починає збільшуватися.

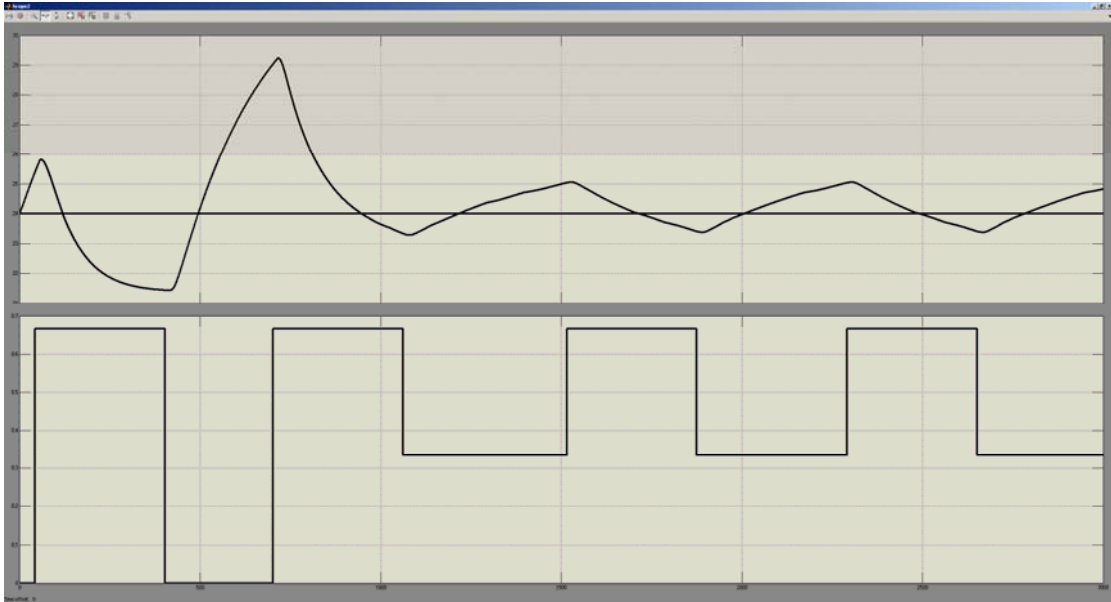


Рисунок 3.3 – Результати моделювання системи керування

Кондиціонер вмикається через 5 хвилин після вимкнення. Розподіл повітря у каютах судна становиться сталим, а регулятор починає працювати в режимі двопозиційного між першою та другою ступеню.

### 3.4 Висновки за розділом

Виконано розробку алгоритму керування системою забезпечення клімату. Відповідно до алгоритму розроблено програмне забезпечення регулятора. На підставі отриманого регулятора синтезована системи керування та розроблена її модель в графічному середовищі Simulink математичного пакета MATLAB.

Перевірка функціонування регулятора показала, що він відповідає поставленим вимогам та забезпечує підтримку температури на рівні  $+24^{\circ}\text{C}$  в межах відхилення за для кают другого класу.

Отримана модель може бути використана за для розробки програмного забезпечення системи керування. Подальший розвиток отриманої моделі може бути пов'язаний з реалізацією безперервного керування компресором (використання інвертора) та використання нечіткого регулятора.

## 4 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

### 4.1 Цифрова модель системи керування

Відповідно до завдання необхідно розробити програмне забезпечення системи керування та людино-машинний інтерфейс в SCADA системі zenon Supervisor 7.10, яке повинно складатися з програмного забезпечення регулятора, моделі об'єкта керування та людино-машинного інтерфейсу.

Раніше було розроблена модель системи керування в графічному середовищі Simulink математичного пакету MATLAB є безперервна. За для переносу моделі системи керування в SCADA систему необхідно щоб усі її складові були цифрові. На підставі цього необхідно виконати перетворення моделі системи керування з безперервної до цифрової.

Виходячи з складності моделі перетворення об'єкта керування до програмного коду неможливо тому перетворення буде виконано тільки для регулятора. У якості шагу квантування 100 мс відповідно до мінімального часу дискретизації для програмного програмованого логічного контролера.

На підставі вище наведеного було отримано програмний код моделі регулятора за допомогою інструменту перетворення математичного пакету MATLAB наведено у відповідному додатку.

### 4.2 Розробка програмного забезпечення системи управління

Відповідно до завдання необхідно розробити програмне забезпечення регулятора системи керування, яке реалізується на базі програмного програмованого логічного контролера zenon Logic. Змінні необхідні для реалізації заданого функціоналу наведені на рис. 4.1. Як бачимо до складу змінних програмованого логічного контролера входять керування вентилятором, кондиціонером та температура у каютах судна, а для програмного програмованого логічного контролера який реалізує регулятор уставка, керуючі впливи та температура.

State	Name	Measur...	Net address	Data block	Offset	Bit num...	Alignm...	Symbol...	Driver	Data type	Decimals	Start offset
	Control/Global/Enable		0	0	0	0	0		STRATONNG - zenon Logic: Control	BOOL	0	0
	Control/Global/Power		0	0	0	0	0		STRATONNG - zenon Logic: Control	REAL	3	0
	Control/Global/SetPoint	°C	0	0	0	0	0		STRATONNG - zenon Logic: Control	REAL	0	0
	Control/Global/Tempearutre	°C	0	0	0	0	0		STRATONNG - zenon Logic: Control	REAL	1	0
	Enable		0	0	0	0	0		S7PC32 - VIPA	BOOL	0	0
	Power		0	0	0	0	0		S7PC32 - VIPA	REAL	0	0
	Temperature	°C	0	0	0	0	0		S7PC32 - VIPA	REAL	0	0
	TemperatureCapacitor	°C	0	0	0	0	0		S7PC32 - VIPA	REAL	0	0
	TemperatureColdAir	°C	0	0	0	0	0		S7PC32 - VIPA	REAL	0	0
	TemperatureEvaporator	°C	0	0	0	0	0		S7PC32 - VIPA	REAL	0	0
	TemperatureOutside	°C	0	0	0	0	0		S7PC32 - VIPA	REAL	0	0

Рисунок 4.1 – Змінні SCADA системи zenon

Регулятор було реалізована на мові Structured text відповідно до алгоритму у вигляді окремого функціонального блока UDBF, який має один вхід та два виходи (рис. 4.2).

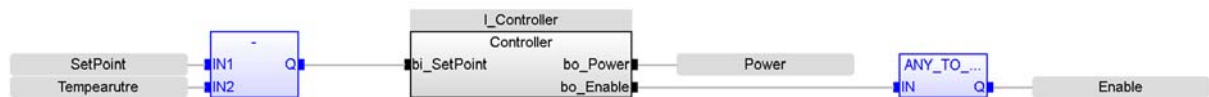


Рисунок 4.2 – Основна програма контролера

В функціональному блоці спочатку виконується ініціалізація локальних змінних:

```

IF NOT errorPrevValue_not_empty THEN
  errorPrevValue := bi_SetPoint;
  errorPrevValue_not_empty := TRUE;
  errorUpdateValue := 0.0;
  compressorStartTime := 0.0;
  compressorPowerChangeTime := 0.0;
  turnOffTime := 0.0;
  powerValue := 0.0;
  enableValue := 1.0;
END_IF;

```

Після ініціалізації виконується перевірка можливості запуску компресора. Якщо після закінчення роботи компресора пройшло 5 хвилин він може бути включений:

```

bo_Power := powerValue;
IF compressorStartTime > 0.0 THEN
  errorPrevValue := bi_SetPoint;
  compressorStartTime := compressorStartTime - 0.1;
  IF compressorStartTime < 0.0 THEN
    compressorStartTime := 0.0;
    guard_1 := TRUE;
  END_IF;
ELSE
  guard_1 := TRUE;
END_IF;

```

Далі виконується перевірка можливості зміни ступеня компресора, якщо після останньої зміни пройшло більше 3 хвилин можливо виконувати зміну ступеню:

```

IF guard_1 THEN
  IF compressorPowerChangeTime > 0.0 THEN
    errorPrevValue := bi_SetPoint;
    compressorPowerChangeTime := compressorPowerChangeTime - 0.1;
    IF compressorPowerChangeTime < 0.0 THEN
      compressorPowerChangeTime := 0.0;
      guard_0 := TRUE;
    END_IF;
  ELSE
    guard_0 := TRUE;
  END_IF;
END_IF;

```

Після чого виконується перевірка на знаходження температури нижче уставки на 1 °C на протязі 3 хвилин. Якщо час вийшов виконується вимкнення кондиціонера:

```

IF guard_0 THEN
  IF turnOffTime > 0.0 THEN
    errorPrevValue := bi_SetPoint;
    turnOffTime := turnOffTime - 0.1;
    IF turnOffTime < 0.0 THEN
      turnOffTime := 0.0;
      guard := TRUE;
    END_IF;
  ELSE
    guard := TRUE;
  END_IF;
END_IF;

```

Далі виконується перевірка зміни температури угору або вниз та оновлення її раз за секунду:

```

IF errorPrevValue < bi_SetPoint THEN
  errorState := 0;
ELSE
  errorState := 1;
END_IF;

IF errorUpdateValue = 0.0 THEN
  errorPrevValue := bi_SetPoint;
  errorUpdateValue := 1.0;
ELSE
  errorUpdateValue := errorUpdateValue - 0.1;
END_IF;

```

Після чого виконується обрання режиму роботи компресора при підйомі температури:

```

IF errorState = 0 THEN
  IF bi_SetPoint < -1.5 THEN
    powerValue := 1.0;
    compressorPowerChangeTime := 180.0;
  ELSE
    guard := FALSE;
    IF bi_SetPoint <= -0.5 THEN
      IF bi_SetPoint >= -1.0 THEN

```



```

        powerValue := 0.6666666666666663;
        compressorPowerChangeTime := 180.0;
    ELSE
        guard := TRUE;
    END_IF;
ELSE
    guard := TRUE;
END_IF;
IF guard THEN
    IF bi_SetPoint > -0.5 THEN
        powerValue := 0.33333333333333331;
        compressorPowerChangeTime := 180.0;
    END_IF;
END_IF;
END_IF;

```

Обрання режиму роботи компресора при зменшенні температури:

```

ELSIF bi_SetPoint <= -1.0 THEN
    powerValue := 0.6666666666666663;
    compressorPowerChangeTime := 180.0;
    turnOffTime := 180.0;
ELSE
    guard := FALSE;
    IF bi_SetPoint >= 1.0 THEN
        IF bi_SetPoint < 2.0 THEN
            powerValue := 0.33333333333333331;
            compressorPowerChangeTime := 180.0;
            IF turnOffTime = 0.0 THEN
                powerValue := 0.0;
                compressorStartTime := 300.0;
            END_IF;
        ELSE
            guard := TRUE;
        END_IF;
    ELSE
        guard := TRUE;
    END_IF;
    IF guard THEN
        IF bi_SetPoint > 2.0 THEN
            powerValue := 0.0;
            compressorStartTime := 300.0;
            turnOffTime := 0.0;
        END_IF;
    END_IF;
END_IF;

```

Таким чином було розроблено програмне забезпечення регулятора, повний текст якого, наведено в відповідному додатку.

### 4.3 Розробка програмного забезпечення людино-машинного інтерфейсу

Згідно з завданням програмне забезпечення людино-машинного інтерфейсу на базі SCADA системи zenon повинно включати зображення технологічного процесу та зображення для розміщення кнопок. В SCADA системі zenon відокремлення зображень реалізується за допомогою фреймів, кожен з яких відповідає за розмір та розміщення відповідного типу зображень. Згідно з цим розроблено загальне розміщення фреймів зображень яке наведено на рис. 4.3.

Головний фрейм має розміри 1 920x900 та займає більшість екрану. На цьому фреймі відображаються зображення технологічного процесу та графіку зміни температури. На допоміжному фреймі відображається зображення кнопок.

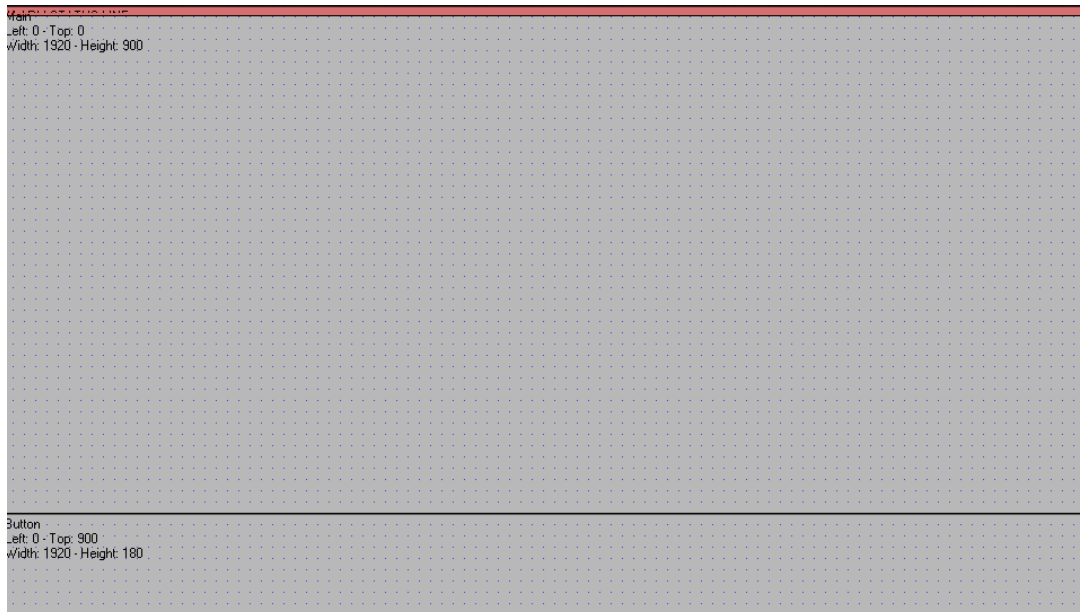


Рисунок 4.3 – Фрейми людино-машинного інтерфейсу

Відповідно до фреймів та вимог до людино-машинного інтерфейсу розроблену зображення кнопок на якому відображаються кнопки перемикання зображень та кнопка виходу (рис. 4.4).

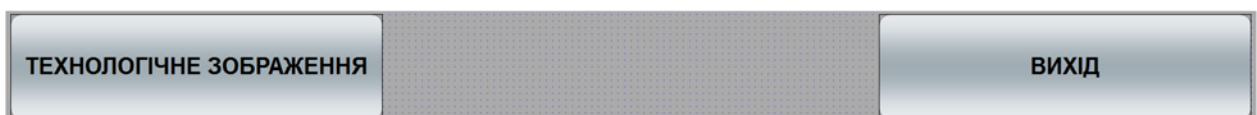


Рисунок 4.4 – Зображення кнопок

За для візуалізації технологічного процесу розроблено відповідне зображення на якому відображаються стан температури у каютах судна - режим роботи компресора (рис. 4.5).

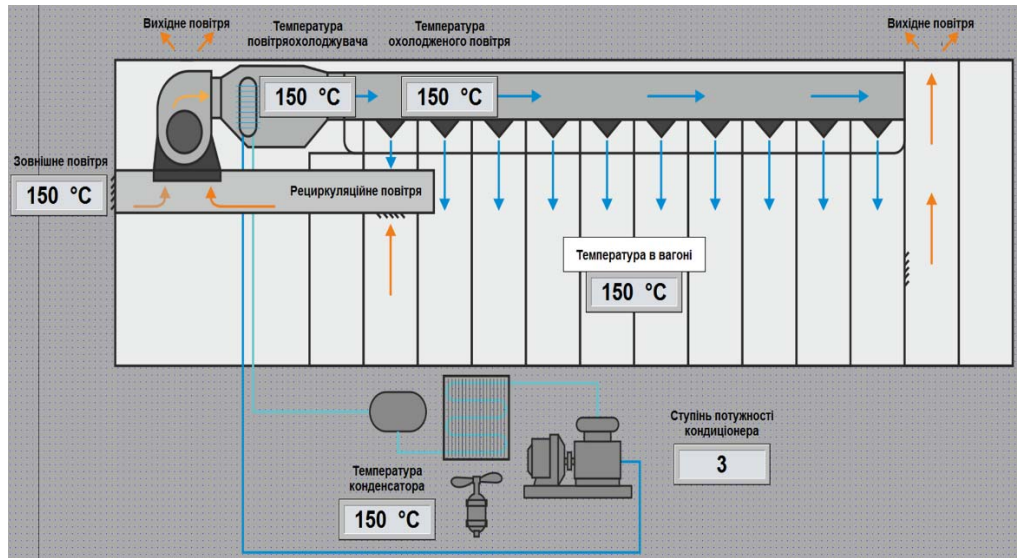


Рис. 4.5 – Зображення технологічного процесу

#### 4.4 Перевірка функціонування програмного забезпечення

Перевірка функціонування системи керування та людино машинного-інтерфейсу виконувалася за допомогою статичної праці драйвера програмованого логічного контролера. У результаті перевірки виявлено, що зображення технологічного процесу функціонує у повній відповідальності до завдання: відображає значення температури на зовні, температури конденсатора, повітря охолоджувача, охолодженого повітря та температури у каютах судна (рис. 4.6).

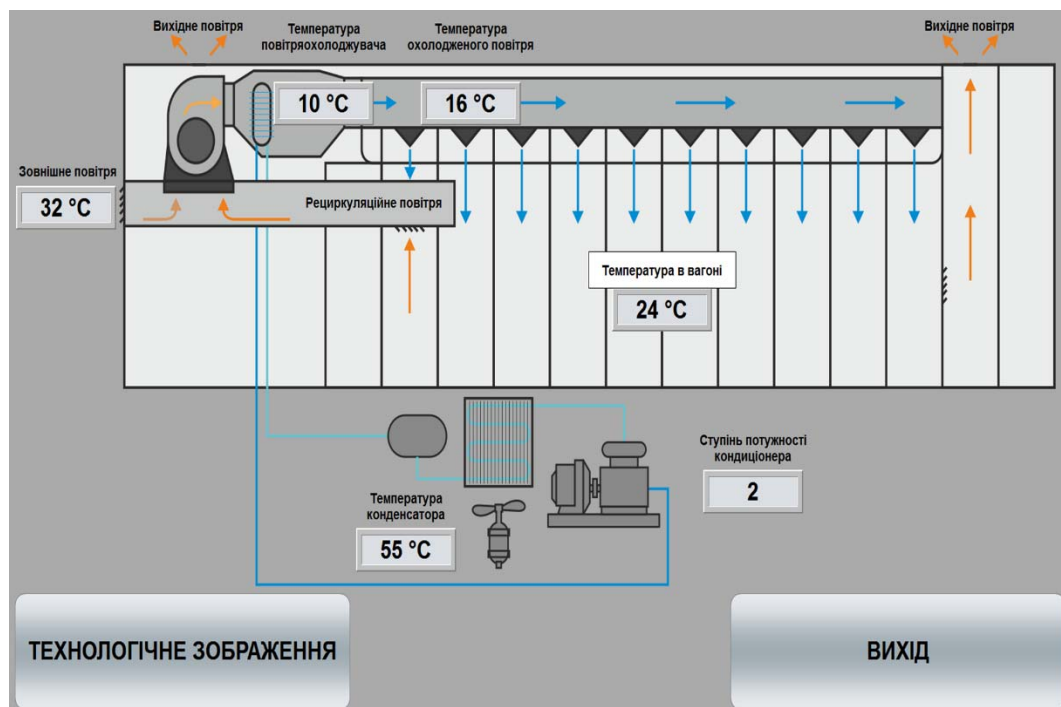


Рисунок 4.6 – Зображення технологічного процесу

#### **4.5 Висновки по розділу**

Розроблено програмне забезпечення регулятора яке може бути використане при створенні системи управління об'єктом. За для отриманого програмного забезпечення розроблено людино машинний інтерфейс який відображає технологічний процес зміни температури різних елементів об'єкту та системи. На підставі отриманих даних можливо зробити висновок, що система управління функціонує відповідно до завдання, а людино-машинний інтерфейс відображає стан її функціонування об'єкта.

## 5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

### 5.1 Загальні відомості

У господарство морського та річкового транспорту, у тому числі і облаштування автоматики і зв'язку, щорічно вкладаються великі кошти. Правильно визначити їх напрям, вибрати економічно найбільш доцільний варіант - завдання великої важливості. У зв'язку з цим при проектуванні нових облаштувань автоматики і зв'язку техніко-економічному обґрунтуванню надається велике значення.

При проектуванні будь-якого пристрою обов'язковою умовою являється економічне обґрунтування прийнятих технічних рішень.

Під техніко-економічним обґрунтуванням розуміється розгляд усіх вирішуваних питань не лише з технічного боку, але і сточування зору їх економічної ефективності.

Техніко-економічне обґрунтування означає по-перше, що проєктований об'єкт повинен відповідати певним технічним вимогам (нормам, стандартам, спеціальним вказівкам і інструкціям), що визначають нормальну роботу об'єкту в заданих умовах, і, по-друге, задовольняти економічним вимогам за одноразовими витратами, експлуатаційними витратами(собівартості продукції), надійністю, споживанням електроенергії і тому подібне

Мета техніко-економічних обґрунтувань - довести доцільність проєктованого будівництва, пристроїв, апаратури, приладів і тому подібне

### 5.2 Техніко-економічне обґрунтування розробки

Розроблена система керування електроустаткуванням морського судна. СК призначена для автоматизованого управління електроустаткуванням системи вентиляції і кондиціонування . При впровадженні системи очікується економічний ефект за рахунок:

- зниження капітальних витрат на придбання і монтаж засобів СК за рахунок застосування дешевшої панелі управління і контролера;
- зниження витрат на розробку і наладку ПЗ СК.

Для визначення витрат на розробку СК, а також визначення економічної доцільності при впровадженні цієї системи управління, зробимо розрахунок капітальних витрат, визначимо і проаналізуємо показники економічної ефективності проекту.

### 5.3 Розрахунок капітальних витрат

Капітальні вкладення ( інвестиції в основні засоби, у тому числі витрати на нове будівництво, розширення, реконструкцію і технічне переозброєння діючих підприємств. Перелік і вартість устаткування, необхідного для створення проектової системи СК, представлені в табл. 5.1. А для аналогічної системи (в табл. 5.2, спроектованої в 2001 р. у м. Херсон державним заводом «Палада» на контролері серії Siemens Simatic S5. На сьогоднішній день це морально застарілий і дорогий контролер.

Таблиця 5.1 - Зведення капітальних витрат для проектової системи

№ п\п	Найменування	Маркіровка	К-ть, шт.	Ціна за ед. продукції, грн	Загальна вартість, грн	Транспортно-заготівельні і складські витрати, грн(5%)	Монтажна-налагоджувальні роботи, грн(10%)
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Набір модулів введення-виведення	АКОН WAD - BUS	1	10 428,0	10 428,0	521,4	1 042,8
2	Панель НМІ	MT8070iH	1	3 600,0	3 600,0	180	360,0
3	Автоматичний вимикач	TD2-C 3P 16A	2	87,90	175,80	8,79	17,58
4	Автоматичний вимикач	TD2-C 1P 3A	1	35,27	35,27	1,76	3,53
5	Автоматичний вимикач	TD2-C 1P 1A	1	40,7	40,7	2,04	4,07
6	Трансформатор радіо	60 Вт, TDTR060/DD V	1	194,95	194,95	9,75	19,5
7	Кнопка з підсвічуванням червона	8 LM2T BL104	1	26,58	26,58	1,33	2,66
8	Монтажна пластинка до кнопки	8 LM2T AU120	2	8,57	17,14	0,86	1,71

Продовження таблиця 5.1

1	2	3	4	5	6	7	8
9	Контакт закритий	8 LM2T C01	1	10,09	10,09	0,50	1,01
10	Контакт відкритий	8 LM2T C10	1	12,11	12,11	0,61	1,21
11	Лампотримач на 415 В	8 LM2T EL400	2	10,93	21,86	1,09	2,19
12	Лампочка	BA9s T10X28 24 V 50mA(1.2 W)	2	1,94	3,89	0,19	0,39
13	Кнопка з підсвічуванням зелена	8 LM2T BL103	1	26,58	26,58	1,33	2,66
14	Моноблок із захистом контактів	8 LP2TILB4 зелений 24В AC/DC 22 мм	1	11,22	11,22	0,56	1,12
15	Моноблок із захистом контактів	8 LP2TILB4 червоний 24В AC/DC 22 мм	3	11,22	33,66	1,68	3,37
16	Реле	RM85 - 2011- 35-5024	2	10,81	21,62	1,08	2,16
17	Реле	R15 на 4 групи	1	33,73	33,73	1,69	3,37
18	Колодка	GZ 80(ES50)	2	12,41	24,82	1,24	2,48
19	Колодка	GZ14U	1	23,22	23,22	1,16	2,32
20	Кінцевий утримувач	9708/2S35	4	3,54	14,16	0,71	1,42
21	Клема	WK4/U/V0	9	2,95	26,57	1,33	2,66
22	Клема	WK2, 5/U/V0	55	2,83	155,76	7,79	15,58
23	Кабель-канал	-	3	12,41	37,22	1,86	3,72
24	DIN- рейка	-	1	13,46	13,46	0,67	1,35
25	Розподільний щит	ЩРП-2	1	336,0	336,0	16,8	33,6
26	Наконечники	-	1,5	14,4	21,6	1,08	2,16
<b>Виносні елементи</b>							
27	Датчик температури повітря	СТ - 03	4	101,26	405,02	20,25	40,5
28	Датчик зворотного теплоносія	СТa - 01	1	132,0	132,0	6,6	13,2
29	Дифманометр	DBL - 205B	2	156,0	312,0	15,60	31,2
30	Термостат захисту від замерзання	RANCO	1	367,2	367,2	18,36	36,72
31	Привід повітряної заслінки з пружинним поверненням(16 Nm)	M9216 - BGA - 1	2	874,43	1 748,86	87,44	174,89

Продовження таблиця 5.1

1	2	3	4	5	6	7	8
32	Привід повітряної заслінки 0.10 V(16 Nm)	M9116 - GGA	2	775,2	1 550,4	77,52	155,04
33	Клапан бронзовий сідельний DN40 Kvs25+привід клапана	VG7802RT+ VA - 7152-1001	1	1 992,6	1992,6	99,63	199,26
34	Клапан 3-ход. змішуючий DN25 +привід клапана	VG7802NT+ VA-7152-1002	1	1 058,6	1 058,6	52,93	105,86
<b>Всього</b>				<b>17 377,91</b>	<b>18 554,83</b>	<b>1 145,63</b>	<b>1 248,49</b>

Таблиця 5.2 - Зведення капітальних витрат для альтернативної системи

№ п/п	Найменування	Маркіровка	К-ть, шт.	Ціна за ед. продукції, грн	Загальна вартість, грн	Транспортно-заготівельні і складські витрати, грн(5%)	Монтажно-налагоджувальні роботи, грн(10%)
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Контролер і модулі введення виведення	Siemens Simatic S5 6ES5 102-8MA02	1	27 070,0	27 070,0	1 353,5	2 707,0
2	Панель введення інформації	Siemens Simatic TD17	1	22 150,0	22 150,0	1 107,5	2 215,0
3	Автоматичний вимикач	6048353P/16 AC	2	128,0	256,0	12,80	25,60
4	Автоматичний вимикач	LR 604802 1B/3A C	1	35,69	35,69	1,78	3,57
5	Автоматичний вимикач	LR 604801 1B/1AC	1	41,90	41,90	2,10	4,19
6	Трансформатор радіо	60 Вт, TDTR060/DD V	1	194,95	194,95	9,75	19,5
7	Кнопка з підсвічуванням червона	8 LM2T BL104	1	26,58	26,58	1,33	2,66
8	Монтажна пластинка до кнопки	8 LM2T AU120	2	8,57	17,14	0,86	1,71
9	Контакт закритий	8 LM2T C01	1	10,09	10,09	0,50	1,01
10	Контакт відкритий	8 LM2T C10	1	12,11	12,11	0,61	1,21



Продовження таблиця 5.2

1	2	3	4	5	6	7	8
11	Лампотримач на 415 В	8 LM2T EL400	2	10,93	21,86	1,09	2,19
12	Лампочка	BA9s T10X28 24V 50mA(1.2 W)	2	1,94	3,89	0,19	0,39
13	Кнопка з підсвічуванням зелена	8 LM2T BL103	1	26,58	26,58	1,33	2,66
1	2	3	4	5	6	7	8
14	Моноблок із захистом контактів	8 LP2TILB4 зелений 24В АС/DC 22 мм	1	11,22	11,22	0,56	1,12
15	Моноблок із захистом контактів	8 LP2TILB4 червоний 24В АС/DC 22 мм	3	11,22	33,66	1,68	3,37
16	Реле	RM85 - 2011-35-5024	2	10,81	21,62	1,08	2,16
17	Реле	R15 на 4 групи	1	33,73	33,73	1,69	3,37
18	Колодка	GZ 80(ES50)	2	12,41	24,82	1,24	2,48
19	Колодка	GZ14U	1	23,22	23,22	1,16	2,32
20	Кінцевий утримувач	9708/2S35	4	3,54	14,16	0,71	1,42
21	Клема	WK4/U/V0	9	2,95	26,57	1,33	2,66
22	Клема	WK2, 5/U/V0	55	2,83	155,76	7,79	15,58
23	Кабель-канал	-	3	12,41	37,22	1,86	3,72
24	DIN- рейка	-	1	13,46	13,46	0,67	1,35
25	Розподільний щит	ЩРП-2	1	336,00	336,00	16,80	33,60
26	Наконечники	-	1,5	14,40	21,60	1,08	2,16
<b>Виносні елементи</b>							
27	Датчик температури повітря	QAC2010	4	298,50	1194,00	59,70	119,40
28	Датчик зворотного теплоносія	QAC1015	1	212,30	212,30	10,62	21,23
29	Дифманометр	DBL - 205B	2	156,00	312,00	15,60	31,20
30	Термостат захисту від замерзання	QAF81.3	1	540,40	540,40	27,02	54,04
31	Привід повітряної заслінки з пружинним поверненням(16 Nm)	GMA126.1E	2	1 077,23	2154,46	107,72	215,45
32	Привід повітряної заслінки 0.10V(16 Nm)	M9116-GGA	2	775,20	1550,40	77,52	155,04

Продовження таблиця 5.22

1	2	3	4	5	6	7	8
33	Клапан бронзовий сідельний DN40 Kvs25+привід клапана	VG7802RT+ VA - 7152- 1001	1	1 992,60	1992,60	99,63	199,26
34	Клапан 3-ход. змішувачий DN25 +привід клапана	VG7802NT+ VA - 7152- 1002	1	1 058,60	1058,60	52,93	105,86
<b>Всього</b>				<b>55 239,14</b>	<b>59 634,59</b>	<b>2 981,73</b>	<b>5 963,48</b>

Отже, капітальні витрати, необхідні для придбання комплектуючих виробів для проектованої (5.1) і альтернативної (5.2) системи, складуть:

$$K_{\text{Пр}} = Z_{\text{К}} + Z_{\text{з.с.}} + Z_{\text{м.р.}}, \text{ грн.} \quad (5.1)$$

$$K_{\text{А}} = Z_{\text{К}} + Z_{\text{з.с.}} + Z_{\text{м.р.}}, \text{ грн.}, \quad (5.2)$$

де  $K_{\text{Пр}}$  – капітальні витрати на проектовану систему, грн.;

$K_{\text{Пр}}$  – капітальні витрати на альтернативну систему, грн.;

$Z_{\text{К}}$  – витрати на комплектуючі системи, грн.;

$Z_{\text{з.с.}}$  – транспортно-заготівельні і складські витрати, грн.;

$Z_{\text{з.с.}}$  – монтажна-налагоджувальні роботи, грн.

$$K_{\text{Пр}} = 18\,554,83 + 1\,145,63 + 1\,248,49 = 20\,948,95 \text{ грн.}$$

$$K_{\text{А}} = 59\,634,59 + 2\,981,73 + 5\,963,48 = 68\,579,8 \text{ грн.}$$

До статей капітальних витрат також відносяться витрати на розробку програмного забезпечення.

#### 5.4 Техніко-економічне обґрунтування створення і використання програмного продукту

У складі системи управління особливе місце займає програмне забезпечення. ПО розробляється для НМІ панелі МТ8070iН.

Ефективність будь-якого програмного забезпечення визначається якістю і ефективністю процесу його розробки і документованого супроводу. Якість програмного продукту визначається наступними складовими частинами:

- з точки зору користувача ПО;

- з позиції використання ресурсів і їх оцінки, а також виконання вимог на програмний продукт.

Оцінка якості програмного забезпечення з точки зору користувача визначається необхідністю на стадії проектування об'ємом необхідного пристрою(ОЗУ), що оперативна-запам'ятовує, витратами машинного часу, пропускною спроможністю каналів передачі даних. Оцінка використання ресурсів на стадії створення програмного продукту включає визначення трудомісткості, часу обробки і вартості його створення. У зв'язку з цим, техніко-економічні розрахунки повинні містити:

- розрахунок витрат на створення програмного продукту;
- оцінку витрат машинного часу, необхідного для відлагодження і рішення поставленого завдання, і необхідного об'єму оперативної пам'яті ЕОМ.

#### 5.4.1 Визначення трудомісткості розробки програмного продукту

У зв'язку з творчим характером праці програмістів, нормування праці в процесі створення ПО, істотно ускладнено. Тому трудомісткість розробки ПО може бути розрахована на основі системи моделі з різної точки оцінки:

$$t = t_o + t_{и} + t_a + t_{п} + t_{отл} + t_d, \text{ чел.-ч.}, \quad (5.3)$$

- де  $t_o$  – час на підготовку і опис поставленого завдання, чел.-г.;
- $t_{и}$  – витрати праці на дослідження алгоритму рішення задачі, чел.-ч.;
- $t_a$  – витрати праці на відробіток блок-схеми алгоритму, чел.-г.;
- $t_{п}$  – витрати праці на програмування по готовій блок-схемі, чел.-г.;
- $t_{отл}$  – витрати праці на відлагодження програми на ЕОМ, чел.-г.;
- $t_d$  – витрати праці на підготовку документації за завданням, чел.-г.

Складові частини витрат праці визначаються з умовної кількості операторів записаних в програмному коді. До їх числа входять ті оператори, яких необхідно

написати в процесі роботи над програмою з урахуванням можливих уточнень в постановці завдання і удосконалення алгоритму.

Умовна кількість операторів в програмі:

$$Q = q \cdot c \cdot (1 + p), \text{ операторів,} \quad (5.4)$$

де  $q$  – кількість операторів, яка допускається, од.;

$c$  – коефіцієнт складності програми;

$p$  – коефіцієнт корекції програми в процесі її розробки.

Коефіцієнт складності  $c$  визначає відносну складність програми по відношенню до типового завдання, складність якого дорівнює 1. Діапазон зміни: 1,25-2, приймаємо рівний 1,65, а для аналогічної системи рівний 1,8.

Коефіцієнт корекції  $p$  визначає збільшення об'єму робіт за рахунок внесення змін до алгоритму або програми внаслідок уточнення постановки завдання. Величина  $p$  знаходиться в межах 0,05-0,1, що відповідає внесенню 3-5 корекцій, що спричиняють за собою переробку 5-10% готової програми. При програмуванні коефіцієнт корекції програми  $p$  дорівнюватиме 0,05.

Кількість операторів  $q$  для проектованої системи, виконаної на НМІ панелі МТ8070iH, рівне 734, а для аналогічної, виконаної на НМІ панелі Siemens Simatic TD17 - 867. Звідси умовна кількість операторів в програмі:

$$Q_{\text{пр}} = 334 \cdot 1,65 \cdot (1 + 0,05) = 578,66 \cong 579$$

$$Q_a = 467 \cdot 1,65 \cdot (1 + 0,05) = 809,08 \cong 809$$

Витрати праці на підготовку і опис завдання залежить від конкретних умов і визначається на основі експертних оцінок:

$$t_o = \frac{Q \cdot B}{(75 \dots 85) \cdot k}, \text{ чел.-ч.,} \quad (5.5)$$

де  $B$  – коефіцієнт збільшення витрат праці, лежить в межах 1,2–1,5;

$k$  – коефіцієнт кваліфікації програміста, який визначається залежно від стажу роботи за фахом (до 2 років – 0,8).

Приймаємо для проектованої і для аналогічної системи  $B=1,4$ , а  $k=0,8$ .

Витрати праці на вивчення і описи завдання складуть:

$$t_{o \text{ пр}} = \frac{579 \cdot 1,4}{80 \cdot 0,8} = 12,67 \text{ чол.-г.,}$$

$$t_{о а} = \frac{809 \cdot 1,4}{80 \cdot 0,8} = 17,7 \text{ чол.-г.}$$

Витрати праці на відробіток алгоритму рішення завдання:

$$t_a = \frac{Q}{(20...25) \cdot k}, \text{ чел.-ч;} \quad (5.6)$$

$$t_{a\_np} = \frac{579}{25 \cdot 0,8} = 28,95 \text{ чол.-г.};$$

$$t_{a\_a} = \frac{809}{25 \cdot 0,8} = 40,45 \text{ чол.-г.}$$

Витрати праці на створення програми по готовій блок-схемі:

$$t_{\Pi} = \frac{Q}{(20...25) \cdot k}, \text{ чел.-ч;} \quad (5.7)$$

$$t_{n\_np} = \frac{579}{25 \cdot 0,8} = 28,95 \text{ чол.-г.};$$

$$t_{n\_a} = \frac{809}{25 \cdot 0,8} = 40,45 \text{ чол.-г.}$$

Витрати праці на відлагодження програми на ЕОМ:

$$t_{отл} = \frac{Q}{(4...5) \cdot k}, \text{ чел.-ч;} \quad (5.8)$$

$$t_{отл\_np} = \frac{579}{5 \cdot 0,8} = 144,75 \text{ чол.-г.};$$

$$t_{отл\_a} = \frac{809}{5 \cdot 0,8} = 202,25 \text{ чол.-г.}$$

Витрати праці на підготовку документації за завданням:

$$t_d = t_{др} + t_{до}, \text{ чел.-ч.}, \quad (5.9)$$

де  $t_{др}$  - трудомісткість підготовки матеріалів по рукопису (5.11), чол.-г.;

$t_{до}$  - трудомісткість редагування, і оформлення документації (5.10), чол.-г.

$$t_{до} = 0,75 \cdot t_{др}, \text{ чел.-ч;} \quad (5.10)$$

$$t_{др} = \frac{Q}{(15...20) \cdot k}, \text{ чел.-ч;} \quad (5.11)$$

$$t_{\text{др пр}} = \frac{579}{20 \cdot 0,8} = 36,19 \text{ чол.-г.};$$

$$t_{\text{др а}} = \frac{809}{20 \cdot 0,8} = 50,56 \text{ чол.-г.};$$

$$t_{\text{до пр}} = 0,75 \cdot 36,19 = 27,14 \text{ чол.-г.};$$

$$t_{\text{до а}} = 0,75 \cdot 50,56 = 37,92 \text{ чол.-г.}$$

Витрати праці на підготовку документації за завданням складуть:

$$t_{\text{д пр}} = 36,19 + 27,14 = 63,33 \text{ чол.-г.}$$

$$t_{\text{д а}} = 50,56 + 37,92 = 88,48 \text{ чол.-г.}$$

Згідно (5.3) визначимо трудомісткість відробітку ПО:

$$t_{\text{пр}} = 12,67 + 28,95 + 28,95 + 144,75 + 63,33 = 278,65 \text{ чол.-г.},$$

$$t_{\text{а}} = 17,7 + 40,45 + 40,45 + 202,25 + 88,48 = 389,33 \text{ чол.-г.}$$

#### 5.4.2 Розрахунок затрат на створення програмного продукту

Витрати на створення програмного продукту включають витрати на заробітну плату програміста Зз.п і вартість машинного часу, необхідного на відладку програми на ЕОМ Зм.в.

Витрати на зарплату програміста:

$$З_{\text{з.п}} = C_{\text{пр}} \cdot t, \text{ грн.}, \quad (5.12)$$

де  $t$  - трудомісткість відробітку ПО, який визначається по формулі 5.3, чел.-ч.;

$C_{\text{пр}}$  - середня годинна зарплата програміста, грн/ч. ( $C_{\text{пр}} = 50$  грн/г.).

$$З_{\text{зп пр}} = 278,65 \cdot 50 = 5573 \text{ грн.},$$

$$З_{\text{зп а}} = 389,33 \cdot 50 = 7\,786,6 \text{ грн.}$$

Вартість машинного часу, необхідного для наладки програми на ЕОМ:

$$З_{\text{м.в}} = t_{\text{отл}} \cdot C_{\text{м.в}}, \text{ грн.}, \quad (5.13)$$

де  $t_{\text{отл}}$  - трудомісткість наладки програми на ЕОМ, розрахована по (5.8), чол.-г.;

См.в.

$$З_{\text{м.в пр}} = 144,75 \cdot 15 = 723,75 \text{ грн.},$$

$$З_{\text{м.в а}} = 202,25 \cdot 15 = 1\,011,25 \text{ грн.}$$

Сумарні витрати на розробку ПО складуть

$$K_{\text{п.о}} = З_{\text{з.п}} + З_{\text{м.в}}, \text{ грн.} \quad (5.14)$$

$$K_{\text{п.о пр}} = 5\,573 + 723,75 = 6\,296,75 \text{ грн.},$$

$$K_{\text{п.о а}} = 7\,786,6 + 1\,011,25 = 8\,797,85 \text{ грн.}$$

Очікувана тривалість розробки ПО:

$$T = \frac{t}{V_k \cdot F_p}, \text{ місяців} \quad (5.15)$$

де  $V_k$  - число розробників ( $V_k = 1$ ), чол.;

$F_p$  - місячний фонд робочого часу ( $F_p = 176$  г.).

$$T_{\text{пр}} = \frac{278,65}{1 \cdot 176} = 1,58 \text{ місяців.}$$

$$T_{\text{а}} = \frac{389,33}{1 \cdot 176} = 2,21 \text{ місяців.}$$

Капітальні вкладення на проектувану систему для альтернативного варіанту, з урахуванням витрат на розробку необхідного ПО, складуть:

$$K_{\text{пр}} = K + K_{\text{по}}, \text{ грн.} \quad (5.16)$$

$$K_{\text{пр}} = 18\,554,83 + 6\,296,75 = 24\,851,58 \text{ грн.},$$

$$K_{\text{а}} = 59\,634,59 + 8\,797,85 = 68\,432,44 \text{ грн.}$$

Виходячи з розрахунку, економія капітальних витрат складе:

$$\Delta K = K_{\text{а}} - K_{\text{пр}}, \text{ грн.} \quad (5.17)$$

$$\Delta K = 68\,432,44 - 24\,851,58 = 43\,580,86 \text{ грн.}$$

## 5.5 Визначення річних експлуатаційних витрат в загальному вигляді

Коли склад експлуатаційних витрат визначений, розрахунок економії  $\Delta \text{Э}$  ведеться шляхом визначення різниці експлуатаційних витрат за відповідними статтями для проектуваної і аналогічної апаратури.

До складу експлуатаційних витрат входять:

- заробітна плата обслуговуючого персоналу;
- відрахування на соціальні заходи;
- амортизаційні відрахування;
- витрати на поточний ремонт;
- вартість споживаної енергії;
- інші витрати.

Розрахунок річного фонду заробітної плати виробничих робітників здійснюється відповідно до форми, приведеної в табл. 5.3.

Як у обслуговуванні проектованої системи, так і в обслуговування аналогічної системи, братимуть участь дві людини: провідник і черговий електромеханік потягу.

Номинальний річний фонд робочого часу складає:

$$F_{\text{н}} = (N_{\text{Г}} - N_{\text{Вых.}} - N_{\text{Отп.}} - N_{\text{Пр.}}) \cdot t_{\text{См.}}, \text{ ч.}, \quad (5.18)$$

де  $N_{\text{Г}}$  – кількість днів;

$N_{\text{Вых.}}$  – кількість вихідних днів;

$N_{\text{Отп.}}$  – кількість днів для відпустки;

$N_{\text{Пр.}}$  – кількість святкових днів;

$t_{\text{См.}}$  – тривалість робочої зміни, г.

$$F_{\text{н}} = (365 - 104 - 21 - 10) \cdot 8 = 230 \cdot 8 = 1\,840 \text{ ч.}$$

Таблиця 5.3 - Розрахунок річного фонду заробітної плати обслуговуючого персоналу при експлуатації проектованої і альтернативної систем

№ з/п	Найменування професій	Число працюючих, чол.		Годинна тарифна ставка, грн	Ном. рік. фонд раб. часу, ч	Разом основна з.п., грн	Доплати, грн(5%)	Премія	Разом річний фонд з/п, грн
		Яв.	Сп						
1	Провідник	1	1	22	1 840	40 480	2 024	1 300	43 804
2	Черговий електромеханік потягу	1	1	25	1 840	46 000	2 300	2 000	50 300
<b>Всього</b>									<b>94 104</b>



Додаткова заробітна плата обслуговуючого персоналу визначається у розмірі 10% від основної заробітної плати, і складатиме:

$$З_{\text{доп}} = З_{\text{осн}} \cdot 0,1, \text{ грн.} \quad (5.19)$$

$$З_{\text{доп}} = 94\,104 \cdot 0,1 = 9\,410,4 \text{ грн.}$$

Таким чином, загальна величина річного фонду заробітної плати складає:

$$С_з = З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}, \text{ грн.} \quad (5.20)$$

$$С_з = 94\,104 + 9\,410,4 = 103\,514,4 \text{ грн.}$$

Відрахування на соціальні заходи складають 37% від основної заробітної плати.

$$С_с = С_з \cdot 0,37, \text{ грн.} \quad (5.21)$$

Для альтернативного варіанту відрахування на соціальні заходи складатимуть таку ж суму, як і для проектного варіанту:

$$С_{с\_Пр} = С_{с\_а} = 103\,514,4 \cdot 0,37 = 38\,300,33 \text{ грн.}$$

Розрахунок амортизаційних відрахувань зробимо по методу прискореного зменшення залишкової вартості, де використовується подвоєна норма амортизації:

$$H_A = 2 \cdot \left(1 - \sqrt[n]{\frac{B_L}{B_P}}\right), \quad (5.22)$$

де  $H_A$  – коефіцієнт амортизації, долі одиниць;

$n$  – термін експлуатації устаткування, років;

$B_L$  – ліквідаційна вартість;

$B_P$  – первинна вартість устаткування, грн.

Для проектного варіанту  $B_{П\text{Пр}} = K_{\text{Пр}} = 18\,263,31$  грн., для аналогічного варіанту  $B_{П\text{А}} = K_A = 25\,152,09$  грн.

Термін експлуатації устаткування для проектного варіанту  $n_{\text{Пр}} = 7$  лет, а грн., для аналогічного варіанту  $n_A = 4$  года.

Ліквідаційна вартість устаткування  $B_L$  для проектного, для аналогічного варіантів приймається на рівні 20 % від первинної вартості устаткування  $B_P$ , т.ч.:

$$B_{L\text{Пр}} = 0,2 \cdot B_{П\text{Пр}}, \text{ грн.} \quad (5.23)$$

$$B_{L\text{А}} = 0,2 \cdot B_{П\text{А}}, \text{ грн.} \quad (5.24)$$

$$B_{L\text{Пр}} = 0,2 \cdot 18\,263,31 = 3\,652,66 \text{ грн.}$$

$$B_{\text{ЛA}} = 0,2 \cdot 25\,152,09 = 5\,030,42 \text{ грн.}$$

$$H_{\text{AПр}} = 2 \cdot \left(1 - \sqrt[7]{\frac{3\,652,66}{18\,263,31}}\right) = 2 \cdot (1 - 0,7945) = 0,2054, \text{ т.е. } 20,54\%.$$

$$H_{\text{AA}} = 2 \cdot \left(1 - \sqrt[4]{\frac{5\,030,41}{25\,152,09}}\right) = 2 \cdot (1 - 0,669) = 0,663, \text{ т.е. } 66,3\%$$

Розрахунок суми амортизаційних відрахувань виконаний за формою, приведеною в табл. 5.4 і 5.5.

Таблиця 5.4 - Розрахунок амортизаційних відрахувань для проектного варіанту

№ п./п.	Найменування	К-ть, шт.	Балансова вартість устаткування, грн	Норма амортизації, %	Сума амортизаційних відрахувань, грн
1	Устаткування розробленої системи управління	1	18 554,83	20,54	3 811,16
2	Програмне забезпечення	1	6 296,75	20,54	1 293,35
<b>Всього</b>			<b>24 851,58</b>		<b>5 104,51</b>

Річні витрати на технічне обслуговування і поточний ремонт електротехнічного устаткування і мереж включають витрати на матеріали, запасні частини, заробітну плату ремонтним робітникам(визначуваний укрупненим методом).

Таблиця 5.5 - Розрахунок амортизаційних відрахувань для аналогічного варіанту

№ п./п.	Найменування	К-ть, шт.	Балансова вартість устаткування, грн	Норма амортизації, %	Сума амортизаційних відрахувань, грн
1	Устаткування альтернативної системи управління	1	59 634,59	66,3	39 537,74
2	Програмне забезпечення	1	8 797,25	66,3	5 832,58
<b>Всього</b>			<b>68 432,44</b>		<b>45 370,32</b>

Річні витрати на технічне обслуговування по проектному варіанту складуть 1% від капітальних витрат на устаткування:

$$C_p = 0,01 \cdot K_{\text{пр}}, \text{ грн.} \quad (5.22)$$

$$C_{p\_пр} = 0,1 \cdot 18\,554,83 = 1\,855,48 \text{ грн.}$$

Річні витрати на технічне обслуговування по альтернативному варіанту складуть 1% від вартості устаткування:

$$C_{p\_a} = 0,1 \cdot 59\,634,59 = 5\,963,46 \text{ грн.}$$

Вартість електроенергії, споживана апаратурою протягом року, визначається:

$$Z_3 = W_r \cdot a = M \cdot F_p \cdot a, \text{ грн.}, \quad (5.23)$$

де  $W_r$  – кількість електроенергії, споживана апаратурою за рік, кВт-г;  
 $a$  – тариф на електроенергію, грн/кВт-г (для промислових підприємств за тарифом 2,93 грн/кВт-г, ціни на електроенергію вказані без ПДВ);

$M$  – встановлена потужність апаратури, кВт; (сумарна споживана потужність складе  $M \approx 82 \text{ Вт} \approx 0,082 \text{ кВт}$ , панель, контролер);

$F_p$  – річний фонд робочого часу апаратури, г (365 днів  $\times$  24 години = 8 760 годин).

Витрати на електроенергію, споживану проектованою системою і альтернативною апаратурою, умовно приймемо рівними, і які складуть:

$$Z_{3\_пр} = 0,082 \cdot 8760 \cdot 2,93 \cdot 1,2 = 710,02 \text{ грн.}$$

Інші витрати по експлуатації об'єкту проектування включають витрати по охороні праці, на спецодяг і ін. Згідно з практикою, ці витрати визначаються у розмірі 4 % від річного фонду заробітної плати обслуговуючого персоналу:

$$C_{\text{пр}} = C_3 \cdot 0,04, \text{ грн.} \quad (5.24)$$

Оскільки річний фонд заробітної плати обслуговуючого персоналу при експлуатації проектованої системи і річний фонд заробітної плати обслуговуючого персоналу при експлуатації альтернативної системи рівні, інші витрати складатимуть:

$$C_{\text{пр\_пр}} = C_{\text{пр\_a}} = 103\,514,4 \cdot 0,04 = 4\,140,58 \text{ грн.};$$

Таблиця 5.6 - Розрахунок експлуатаційних витрат на зміст апаратури

№ п./п.	Найменування статей витрат	Сума витрат, тис. грн	
		Проектована апаратура	Аналогічна апаратура
1	Заробітна плата	103 514,4	103 514,4
2	Відрахування на соц. заходи	38 300,33	38 300,33
3	Амортизаційні відрахування	5 104,51	45 370,32
4	Витрати на поточний ремонт	1 196,66	1 635,48
5	Витрати на електроенергію	710,02	710,02
6	Інші витрати	4 140,58	4 140,58
<b>Всього витрат</b>		<b>152 966,5</b>	<b>193 671,13</b>

Річна економія експлуатаційних витрат складе:

$$\Delta C = C_a - C_{np} = 193\,671,13 - 152\,966,5 = 40\,704,63 \text{ грн.}$$

Коефіцієнт ефективності(доходності) капітальних витрат  $E_p$  показує, скільки гривень додаткового прибутку (економії) приносить одна гривна капітальних витрат:

$$E_p = \Delta C / K, \quad (5.25)$$

де  $\Delta C$  – загальна річна економія від впровадження об'єкту проектування;

$K$  – капітальні витрати, що викликали економію.

$$\Delta C = 40\,704,63 \text{ грн.}$$

$$K = K_{\text{пр}} = 24\,851,58 \text{ грн.},$$

Коефіцієнт ефективності складає:

$$E_p = 40\,704,63 / 24\,851,58 = 1,64.$$

Таким чином, одна гривна капітальних витрат приносить 0,16 грн економії.

Розрахуємо термін окупності проектного варіанту:

$$T_{\text{ок}} = K / \Delta C, \text{ лет} \quad (5.26)$$

$$T_{\text{ок}} = 24\,851,58 / 40\,704,63 \approx 0,61 \text{ лет.}$$

У звідній табл. 5.7 приведені підсумкові техніко-економічні показники для системи, що розробляється, і альтернативного варіанту.

Таблиця 5.7 - Порівняння техніко-економічних показників

№ з/п	Найменування показника	Ед. виміри	Значення показника по варіанту		Зміна показника(+/-)	
			Проектний	Аналогічний	грн	%
1	Капітальні витрати, всього у тому числі:	грн	24 851,58	68 432,44	-43 580,86	-63,68
	- витрати на комплектуючі вироби;	грн	18 554,83	59 634,59	-41 079,76	-68,89
	- витрати на програмне забезпечення.	грн	6 296,75	8 797,25	-2 500,50	-28,43
2	Експлуатаційні витрати	грн	152 966,5	193 671,13	-40 704,63	-21,02

### 5.6 Висновок по розділу

В результаті розрахунків встановлено, що в порівнянні з альтернативною системою, проєктована система є економічно ефективною. Капітальні витрати для проєктованої системи складуть до 25 тис. грн, що менше на 43,5 тис. грн, чим для альтернативного варіанту. Експлуатаційні витрати складуть до 153 тис. грн, що менше на 40,7 тис. грн, чим для альтернативного варіанту. Коефіцієнт ефективності капітальних витрат дорівнює 1,64. Термін окупності проєктного варіанту 0,61 року.

## **6 ОХОРОНА ПРАЦІ, ПРОМИСЛОВА БЕЗПЕКА ТА ЦИВІЛЬНИЙ ЗАХИСТ**

### **6.1 Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих чинників**

Усі заходи по охороні праці проводяться з метою захисту учасників трудового процесу від дії небезпечних і шкідливих виробничих чинників, що характеризують умови його проведення. У роботі розглядається розробка блоку автоматики і управління системою кондиціювання та вентиляції для річкового та морського транспорту і їх реконструкція в умовах чорноморського суднобудівний завод у Миколаєві.

Блок автоматики і управління, що розробляється, містить плату контролера і систему периферійного устаткування що з'єднуються між собою за допомогою електричних роз'ємів і кабельних ліній.

У цьому блоці є присутніми такий небезпечний чинник як електричний струм, яким живляться електроустановки і пристрої. До шкідливих чинників відноситься шум, що видається при роботі верстатів, транспортних конвеєрів, відсутність або недолік естві іншого світла, недостатня освітленість робочої зони.

Впливають негативно такі психофізичні чинники як перенапруження зорових і слухових аналізаторів, монотонність праці, що призводять до стомлення, що розвивається, і зниження працездатності.

Приміщення, в якому робитиметься реконструкція, по небезпеці поразки електричним струмом, відноситься до особливо небезпечних. У ній є присутньою дві ознаки приміщень з підвищеною небезпекою: існує можливість одночасного дотику до металоконструкцій будівлі, сполучених із землею і корпусами електроустаткування, а також струмопровідна пола, зроблена із залізобетону.

У живлячій трифазній мережі застосовується чотирипровідна схема з глухозаземленою нейтраллю, оскільки немає можливості забезпечити високий рівень ізоляції дротів відносно землі, і є споживачі на лінійну і фазну напругу.

Електричні установки є великою потенційною небезпекою, оскільки в процесі експлуатації або проведенні профілактичних робіт людина може торкнутися частин, що знаходяться під напругою.

Основне живлення електроустаткування здійснюється від трифазної мережі частотою 50 Гц, напругою  $\sim 380/220$  В.

Як показує аналіз, випадків електротравматизму двополюсне торкання зустрічається відносно мало, значно частіше зустрічається однофазний дотик в ізольованих і глухозаземлених мережах.

Небезпека поразки електричним струмом серед інших небезпек відрізняється тим, що людина не в змозі без спеціальних приладів виявити напругу дистанційно, як, наприклад, частини, що рухаються, розжарені об'єкти, відкриті люки і так далі. Тому для запобігання електротравматизму недостатньо тільки організаційних заходів. Тут потрібно також технічні заходи: захисне заземлення, занулення, захисне відключення, захист від випадкового дотику.

## 6.2 Інженерно-технічні заходи по охороні праці

Усі існуючі заходи захисту за принципом їх дії можна розділити на три групи:

- забезпечення недоступності струмоведучих частин устаткування;
- зниження напруги дотику (отже, і струму через людину) до безпечного значення;
- обмеження тривалості дії електричного струму на організм людини.

У трифазних мережах змінного струму з ізольованою нейтраллю (напругою до 1000 В), захист персоналу здійснюється зануленням, що є умисним електричним з'єднанням з нульовим захисним провідником металевих неструмоведучих частин, які можуть виявитися під напругою – ГОСТ 12.1.009-76). Це перетворює будь-яке замикання на корпус (коротке замикання, при якому спрацьовує максимальний струмовий захист, відключаючи пошкоджену установку від мережі.

Для зменшення опору ланцюга занулення, захисний нульовий провідник сполучають з усіма заземленими металевими конструкціями. Установка в нульовий захисний провідник плавких вставок і вимикачів забороняється.

Залежно від категорії приміщення необхідно вжити певні заходи, що забезпечують достатню електробезпеку при експлуатації і ремонті електроустаткування. При виконанні усіх робіт в електроустановках до 1 000 В необхідно застосовувати:

- обгороджування, розташовані поблизу робочого місця н інших

струмоведучих частин, до яких можливий випадковий дотик;

- робота в діелектричних рукавичках або стоячи на діелектричному килимку;
- застосування інструменту з ізолюючим руків'ям, за відсутності такого інструменту слід користуватися діелектричними рукавичками.

Відповідно до ПТЭ і ПТБ споживачам і обслуговуючому персоналу електроустановок пред'являються слідуєчі вимоги:

- особи, що не досягли 18-річного віку, не можуть бути допущені до робіт в електроустановках;
- обличчя не повинні мати каліцтв і хвороби, що заважають виробничій роботі;
- обличчя повинні після відповідної теоретичної і практичної підготовки пройти перевірку знань і мати посвідчення на доступ до робіт в електроустановках.

Робота без зняття напруги на струмоведучих частинах - робота, що виконується з дотиком до струмоведучим частин, що знаходяться під напругою, або на відстані від цих струмоведучих частин менш допустимих - в мережах до 1 кВ (не нормується, окрім повітряних ліній, для яких відстань, - 0,6 м).

Знімати і встановлювати запобіжники слідує при знятій напрузі. Допускається знімати і встановлювати запобіжники, що знаходяться під напругою, але без навантаження.

Під напругою і з навантаженням дозволяється знімати і встановлювати запобіжники у вторинних ланцюгах.

При знятті і установці запобіжників під напругою в електроустановках до 1 кВ необхідно користуватися ізоляційними кліщами або рукавичками і засобами захисту особи і очей.

Роботи зі зняттям напруги, тобто коли з струмоведучих частин електроустановки, на якій проводимуться роботи, знята напруга і прийняті заходи, що перешкоджають поданню напруги до місця роботи.

Технічні заходи, що забезпечують безпеку робіт в електроустановках:

1. Провести необхідні відключення і вжити заходи, що перешкоджають поданню напруги на місце роботи внаслідок помилкового або



мимовільного включення комутаційного апарату.

2. На приводах ручного і на ключах дистанційного керування комутаційних апаратів вивісити заборонні плакати.
3. Перевірити відсутність напруги на струмоведучих частинах, які мають бути заземлені для захисту людей від поразки електрострумом;
4. Встановити заземлення(включити заземляючі ножі або встановити переносні заземлення).
5. Вивісити вказівні плакати «Заземлено», захистити при необхідності робочі місця і що залишилися під напругою струмоведучі частини, вивісити застережливі і приписуючі плакати.

У електроустановках до 1 кВ для недопущення подання напруги до місця робіт мають бути зняті запобіжники. За відсутності в схемі запобіжників запобігання помилковому включенню комутаційних апаратів має бути забезпечене такими заходами як замикання руків'я або дверець шафи, закриття кнопок, установка між контактами комутаційного апарату ізолюючих накладок. Відключене положення комутаційних апаратів напругою до 1 кВ з недоступними для огляду контактами визначається перевіркою відсутності напруги на їх затискачах або затискачах устаткування, що включається цими апаратами.

Перевіряти відсутність напруги необхідно покажчиком напруги, справність якої перед застосуванням має бути встановлена за допомогою призначених для цієї мети спеціальних приладів або наближенням до струмоведучих частин, що свідомо знаходяться під напругою.

У розподільних облаштуваннях установок до 1 кВ перевіряти відсутність напруги дозволяється одному працівникові з числа оперативного персоналу, що має 3 групу по електробезпеці.

Для перевірки відсутності напруги допускається застосовувати заздалегідь перевірений вольтметр. Не допускається користуватися контрольними лампами.

Переносне заземлення спочатку необхідно під'єднати до заземлюючого пристрою, а потім після перевірки відсутності напруги встановити на струмоведучі частині.

При монтажі устаткування, як правило, застосовується природне освітлення. У тих випадках, коли одного природного освітлення бракує,

встановлюється штучне освітлення. При цьому додаткове штучне освітлення застосовується не лише в темний, але і у світлий час доби.

Зниження шуму, що створюється на робочому місці внутрішніми джерелами, а також шуму проникаючого ззовні, є дуже важливим завданням. Зниження шуму в джерелі випромінювання забезпечимо застосуванням пружних прокладень між основою устаткування і опорною поверхнею. Як прокладення використовуються гума, повсть, пробка, різній конструкції амортизатори.

Таким чином, для зниження шуму створюваного на робочих місцях внутрішніми джерелами, а також шуму, проникаючого ззовні, слід:

- ослабити шум самих джерел (застосування екранів, звукоізолюючих кожухів);
- понизити ефект сумарної дії відбитих звукових хвиль (звукопоглинальні поверхні конструкцій);
- застосовувати раціональне розташування устаткування;
- використати архітектурно-планувальні і технологічні рішення ізоляції джерел шуму.

Мінімальна швидкість руху повітря, що відчувається людиною, складає 0,2 м/с. У зимову пору року швидкість руху повітря не повинна перевищувати 0,2...0,5 м/с, а влітку - 0,2...1,0 м/с. Відповідно до ГОСТ 12.1.005-76 встановлюються оптимальні і допустимі метеорологічні умови для робочої зони приміщення, при виборі яких враховуються:

- 1) пора року (холодний і перехідний періоди з середньодобовою температурою зовнішнього повітря нижче +10°C; теплий період з температурою +10°C і вище);
- 2) категорія роботи; усі роботи по тяжкості підрозділяються на категорії:
  - а) легкі фізичні роботи з енерговитратами до 172 Дж/с (150 ккал/ч), до яких відносяться, наприклад, основні процеси точного приладобудування і машинобудування;
  - б) фізичні роботи середньої тяжкості з енерговитратами 172...293 Дж/с (150...250 ккал/ч), наприклад, в механо-складальних, механізованих ливарних, прокатних, термічних цехах і тому подібне;

- с) важкі фізичні роботи з енерговитратами більше 293 Дж/с, до яких відносяться роботи, пов'язані з систематичною фізичною напругою і перенесенням значної (більше 10 кг – тяжкості (ковальські цехи з ручним куванням, ливарні з ручним набиванням і заливкою опок і тому подібне).

Для нормалізації повітряного середовища робочої зони застосовуємо механічну вентиляцію. У системах механічної вентиляції рух повітря здійснюється вентиляторами і в деяких випадках ежекторами. Застосуємо вентилятор, пристрій для очищення повітря від газів і пилу, повітропроводи, пристрій для викиду повітря розташовуємо на 1,5 м вище за коника даху.

### **6.3 Пожежна профілактика**

Заходи по протипожежному захисту включають:

- 1) контроль матеріалів, продуктів і устаткування;
- 2) активне обмеження поширення вогню з використанням засобів пожежної сигналізації, систем автоматичної пожежогасінні і переносних вогнегасників;
- 3) облаштування пасивних систем, що обмежують поширення вогню, диму, жару і газів за рахунок секціонування приміщень;
- 4) евакуацію людей з будівлі, що горить, у безпечне місце.

Системи пожежної сигналізації. У разі займання повинна відразу ж спрацювати система пожежної сигналізації, за якою йде регламентована система заходів. Спеціальний зв'язок. Система спеціального зв'язку забезпечує передачу повідомлень про пожежу персоналу пожежного управління

Захисна сигналізація. Система захисної сигналізації передає сигнал пожежі, контрольний сигнал і сигнал несправності (умовній або цифровій формі) від місця установки кнопки сигналізації в інші частини будівлі або на видалену станцію контролю, що обслуговується зазвичай підрозділом відповідної спеціалізації.

Системи пожежної сигналізації підрозділяються на аналогові і адресні за способом позиціонування місця займання.

Аналогові системи визначають місце пожежі по номеру пожежного шлейфу. На одному шлейфі може знаходитися до 30 пожежних датчиків. По цьому,

точність визначення місця пожежі знижується. З іншого боку для невеликих приміщень це не важливо, а вартість усіх елементів аналогової сигналізації менше адресною в 2...3 рази. До того ж ця система протипожежної сигналізації істотно простіше при проведенні пуска-налагоджувальних робіт.

Адресна пожежна сигналізація однозначно вказує на місце виникнення пожежі. Це сучасна і високонадійна система. На великих об'єктах цей тип сигналізації незамінний. Та і, не дивлячись на високу вартість компонентів, частенько, застосування її виходить дешевше. Адже по нормативах адресних датчиків встановлюється в два рази менше, ніж аналогових. Це означає, що і матеріалів знадобиться менше і монтажні роботи скоротяться в об'ємах.

У променевих схемах пожежної сигналізації опитування відбувається по шлейфах розташованих у формі зірки, центром якої бути пожежна централь. При ушкодженні шлейфу (світлвши) виявлення місця обриву або короткого замикання ускладнене.

Для підвищення надійності роботи і простоти експлуатації зараз все частіше застосовується метод опитування по кільцю. Оскільки опитування одночасно йде з двох сторін це дає можливість роботи цієї схеми пожежної сигналізації навіть з пошкодженим в одному місці шлейфом.

Тип протипожежної системи, її склад, кількість і місце розташування пожежних датчиків визначаються в проєкті пожежної сигналізації. Найбільш поширені одно- і багато-точкові індикатори задимленості(кожен зі своїм джерелом живлення і сигналізатором). Індикатори задимленості бувають трьох типів: іонізаційні, фотоелектричні і комбіновані(іонізаційно-фотоелектричні). У іонізаційних індикаторах задимленості є невелика кількість радіоактивного ізотопу, який іонізує повітря в датчику, роблячи його електропровідним. Частки диму зменшують провідність повітря, внаслідок чого і включається звуковий сигнал. У камері з фотоелементом фотоелектричного індикатора задимленості передбачено мале джерело світла. Швидкодія індикаторів задимленості різних типів приблизно однаково. Усі вони можуть працювати на батарейному або мережевому живленні або на мережевому з резервною батареєю. Деякими нормативами пропонується таке електричне з'єднання багатопозиційних індикаторів задимленості, при якому вони усі дають звуковий сигнал у разі

спрацьовування хоч би одного індикатора. Незалежно від принципу дії індикатор задимленості повинен давати сигнал з рівнем звукового сигналу не нижче 85 дБ на відстані 3 м. Для того, щоб індикатори задимленості справна працювали, необхідно регулярно виконувати процедури відходу, обслуговування і перевірки, що пропонуються інструкціями виробника.

До засобів гасіння пожежі, призначених для локалізації невеликих займань, відносяться пожежні стволи, внутрішні пожежні водопроводи, вогнегасники, сухий пісок, азбестові ковдри і т. п. Для гасіння пожеж на початкових стадіях застосовуємо вогнегасники. По виду використовуваної вогнегасящої речовини вогнегасники підрозділяються на наступні основні групи. Вогнегасники вуглекислотні призначені для гасіння загорянь класу В(горіння рідких речовин), а також для гасіння загорянь електроустаткування, що знаходиться під напругою до 1 000 В, в початковій стадії їх виникнення.

Вогнегасники не застосовуються для гасіння речовин, горіння яких відбувається без доступу кисню. Рекомендуються для гасіння загорянь на електрифікованому залізничному і міському транспорті, в музеях, картинних галереях і архівах, електроустановках, що знаходяться під напругою до 1 000 В, а також електронної обчислювальної техніки.

Вогнегасники порошкові призначені для гасіння загорянь класів:

- А (горіння твердих речовин);
- В (горіння рідких речовин);
- С (горіння газоподібних речовин), а також для гасіння загорянь електроустаткування, що знаходиться під напругою до 1 000 В, в початковій стадії їх виникнення. Вогнегасники не призначені для гасіння речовин, горіння яких відбувається без доступу кисню.

У наших умовах застосовуємо вогнегасники типу ОУ-2 і ОУ-5, а також порошкові ОП-8Б.

#### **6.4 Висновки по розділу**

У цьому розділі роботи вироблений аналіз небезпечних і шкідливих виробничих чинників, розроблені інженерно-технічні заходи по охороні праці, розглянуті заходи протипожежної профілактики.

## ВИСНОВКИ

Виходячи з отриманих результатів можливо зробити висновок, що модель відповідає об'єкту керування та може бути використана для подальшої розробки системи керування.

Наявність різкої зміни за лінійним законом відповідає повному заміщенню повітря у каютах судна. Усі використані моделі впливів відповідають фізичним закономірностям.

Подальше вдосконалення моделі можливе у рамках більш детального аналізу впливів збурення та модифікації програмного коду з метою підвищення швидкодії.

Виконано розробку алгоритму керування системою забезпечення клімату. Відповідно до алгоритму розроблено програмне забезпечення регулятора. На підставі отриманого регулятора синтезована системи керування та розроблена її модель в графічному середовищі Simulink математичного пакета MATLAB.

Перевірка функціонування регулятора показала, що він відповідає поставленим вимогам та забезпечує підтримку температури на рівні  $+24^{\circ}\text{C}$  в межах відхилення за для другого класу кают суден.

Отримана модель може бути використана за для розробки програмного забезпечення системи керування. Подальший розвиток отриманої моделі може бути пов'язаний з реалізацією безперервного керування компресором (використання інвертора) та використання нечіткого регулятора.

Розроблено програмне забезпечення регулятора яке може бути використане при створенні системи управління об'єктом. За для отриманого програмного забезпечення розроблено людино машинний інтерфейс який відображає технологічний процес зміни температури різних елементів об'єкту та системи. На підставі отриманих даних можливо зробити висновок, що система управління функціонує відповідно до завдання, а людино-машинний інтерфейс відображає стан її функціонування об'єкта.

**ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ**

1. Украинские верфи 2017. Обобщенный анализ от «Укрсудпрома». <http://sudostroy.com/>. Журнал "Суднобудування та судноремонт". 2018-04-24. Архів оригіналу за 2018-05-20. Процитовано 20 травня 2018.
2. Президент підписав зміни до Митного кодексу, спрямовані на підтримку та розвиток вітчизняного суднобудування. <http://www.president.gov.ua/>. Адміністрація Президента України. 2018-05-23. Процитовано 2 червня 2018.
3. «Укроборонпром» хоче модернізувати «Барсы». <http://sudostroy.com/>. Судостроение и судоремонт. 2018-05-30. Архів оригіналу за 2018-07-01. Процитовано 1 липня 2018.
4. Господарський суд Миколаївської області визнав банкрутом Чорноморський суднобудівний завод. <https://www.ukrmilitary.com/>. Ukrainian Military Pages. 2018-07-05. Процитовано 5 липня 2018.
5. В Україні побудують нове судно для «Укргідрографії». <http://uprom.info/>. Національний промисловий портал. 2018-10-17. Процитовано 17 жовтня 2018.
6. <http://uprom.info/>. Національний промисловий портал. 2018-10-18. Процитовано 18 жовтня 2018.
7. В Херсоні розпочнуть будівництво річкових трамваїв. <http://uprom.info/>. Національний промисловий портал. 2018-10-24. Процитовано 24 жовтня 2018.
8. ДП «ДПЦК» виконало та успішно захистило дві НДР. <http://srdsc.com/>. Дослідно-проектний центр кораблебудування. 2018-10-. Процитовано 27 грудня 2018.
9. Підготовка до створення Миколаївського суднобудівного кластеру. <http://shipbuilding.mk.ua/>. Миколаїв місто корабелів. 2019-05-11. Процитовано 11 травня 2019.

10. Спущене на воду найбільше судно в історії незалежної України. <https://ports.com.ua/>. Порти України. 2019-05-23. Процитовано 23 травня 2019.
11. Нібулон спутив на воду найбільше за свою історію судно. <http://uprom.info/>. Національний промисловий портал. 2019-05-24. Процитовано 24 травня 2019.
12. КБ «Гранд Інжиніринг» завершує проектування нового гідрографічного судна. <http://uprom.info/>. Національний промисловий портал. 2019-05-27. Процитовано 27 травня 2019.
13. Проект нового «гідрографа» практично готов. <http://sudostroy.com/>. Судостроение и судоремонт. 2019-05-27. Процитовано 27 травня 2019.(рос.)
14. Суднобудівники збільшили обсяги реалізації на 32%. <https://uprom.info/>. Національний промисловий портал. 2019-08-20. Архів оригіналу за 2019-08-20. Процитовано 20 серпня 2019.
15. Инструкция по пожарной безопасности.–Гомель, 1998.
16. ГОСТ 12.0.003–74. ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
17. Справочник проектировщика АСУТП под ред. Г.Д. Смелянского –М; 1983 г.
18. Н.М. Тищенко. Введение в проектирование систем управления. –М.: Энергоатомиздат ,1986.
19. Расчёт автоматических систем / Под ред. А.А. Фатеева. –М.: Высш. шк., 1973, –336 с.
20. Проектирование и надёжность систем автоматики и телемеханики. Минск: Высш. шк., 1981, –333 с.
21. ГОСТ 19.201–78 «Оформление программной документации», Технические требования.



## ДОДАТОК А – ПРОГРАМНІ МОДУЛІ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ

## A.1 Модуль регулятора

```

(*)
*
* File: ModelControlZ.exp
*
* IEC 61131-3 Structured Text (ST) code generated for subsystem
"ModelControlZ/Регулятор"
*
* Model name                : ModelControlZ
* Model version              : 1.405
* Model creator              : bukap
* Model last modified by    : bukap
* Model last modified on    : Wed Dec 12 12:39:04 2018
* Model sample time         : 0.1s
* Subsystem name            : ModelControlZ/Регулятор
* Subsystem sample time    : 0.1s
* Simulink PLC Coder version : 1.6 (R2013b) 08-Aug-2013
* ST code generated on      : Wed Dec 12 12:41:40 2018
*
* Target IDE selection      : 3S CoDeSys 2.3
* Test Bench included       : No
*
*)
FUNCTION_BLOCK sfun_target0
VAR_INPUT
    ssMethodType: SINT;
    bi_SetPoint: LREAL;
END_VAR
VAR_OUTPUT
    bo_Power: LREAL;
    bo_Enable: LREAL;
END_VAR
VAR
    powerValue: LREAL;
    errorPrevValue_not_empty: BOOL;
    errorUpdateValue: LREAL;
    errorPrevValue: LREAL;
    turnOffTime: LREAL;
    compressorStartTime: LREAL;
    compressorPowerChangeTime: LREAL;
    enableValue: LREAL;
END_VAR
VAR_TEMP
    errorState: DINT;
    guard: BOOL;
    guard_0: BOOL;
    guard_1: BOOL;
END_VAR
guard := FALSE;
guard_0 := FALSE;
guard_1 := FALSE;
CASE ssMethodType OF
    SS_INITIALIZE:
        (* InitializeConditions for MATLAB Function: '<S1>/Регулятор' *)
        errorPrevValue_not_empty := FALSE;
    SS_STEP:
        (* MATLAB Function: '<S1>/Регулятор' incorporates:
        * Inport: '<Root>/bi_SetPoint' *)
        (* MATLAB Function 'Регулятор/Регулятор': '<S2>:1' *)
        (* Предыдущее значение ошибки *)

```

```

(* Обновленное значение ошибки *)
(* Время запуска компрессора *)
(* Время изменения мощности компрессора *)
(* Время выключения компрессора *)
(* Значение мощности *)
(* Управление *)
IF NOT errorPrevValue_not_empty THEN
  (* '<S2>:1:11' *)
  (* '<S2>:1:12' *)
  errorPrevValue := bi_SetPoint;
  errorPrevValue_not_empty := TRUE;
  (* Ошибки равны *)
  (* '<S2>:1:13' *)
  errorUpdateValue := 0.0;
  (* '<S2>:1:14' *)
  compressorStartTime := 0.0;
  (* '<S2>:1:15' *)
  compressorPowerChangeTime := 0.0;
  (* '<S2>:1:16' *)
  turnOffTime := 0.0;
  (* '<S2>:1:17' *)
  powerValue := 0.0;
  (* '<S2>:1:18' *)
  enableValue := 1.0;
  (* Вентилятор включен *)
END_IF;
(* Output: '<Root>/bo_Power' incorporates:
 * MATLAB Function: '<S1>/Регулятор' *)
(* '<S2>:1:21' *)
(* Шаг дискретизации по времени 100 мс *)
(* '<S2>:1:22' *)
(* '<S2>:1:23' *)
bo_Power := powerValue;
(* MATLAB Function: '<S1>/Регулятор' incorporates:
 * Inport: '<Root>/bi_SetPoint' *)
IF compressorStartTime > 0.0 THEN
  (* '<S2>:1:25' *)
  (* Компрессор был включен менее 5 минут назад *)
  (* '<S2>:1:26' *)
  errorPrevValue := bi_SetPoint;
  (* '<S2>:1:27' *)
  compressorStartTime := compressorStartTime - 0.1;
  (* Обновить время включения компрессора *)
  IF compressorStartTime < 0.0 THEN
    (* '<S2>:1:28' *)
    (* Время вышло *)
    (* '<S2>:1:29' *)
    compressorStartTime := 0.0;
    (* Компрессор может быть включен снова *)
    guard_1 := TRUE;
  END_IF;
ELSE
  guard_1 := TRUE;
END_IF;
IF guard_1 THEN
  IF compressorPowerChangeTime > 0.0 THEN
    (* '<S2>:1:35' *)
    (* Степень мощности компрессора изменялась менее 3 минут назад *)
    (* '<S2>:1:36' *)
    errorPrevValue := bi_SetPoint;
    (* '<S2>:1:37' *)
    compressorPowerChangeTime := compressorPowerChangeTime - 0.1;
    (* Обновить время включения компрессора *)
    IF compressorPowerChangeTime < 0.0 THEN
      (* '<S2>:1:38' *)
      (* Обновить время *)
      (* '<S2>:1:39' *)
      compressorPowerChangeTime := 0.0;
    END_IF;
  END_IF;
END_IF;

```

```

        (* Компрессор может быть включен снова *)
        guard_0 := TRUE;
    END_IF;
ELSE
    guard_0 := TRUE;
END_IF;
END_IF;
IF guard_0 THEN
    IF turnOffTime > 0.0 THEN
        (* '<S2>:1:45' *)
        (* Время выключения (3 минуты) еще не вышло *)
        (* '<S2>:1:46' *)
        errorPrevValue := bi_SetPoint;
        (* '<S2>:1:47' *)
        turnOffTime := turnOffTime - 0.1;
        (* Обновить время выключения компрессора *)
        IF turnOffTime < 0.0 THEN
            (* '<S2>:1:48' *)
            (* Обновить время *)
            (* '<S2>:1:49' *)
            turnOffTime := 0.0;
            (* Компрессор может быть выключен *)
            guard := TRUE;
        END_IF;
    ELSE
        guard := TRUE;
    END_IF;
END_IF;
IF guard THEN
    IF errorPrevValue < bi_SetPoint THEN
        (* '<S2>:1:55' *)
        (* Увеличение ошибки *)
        (* '<S2>:1:56' *)
        errorState := 0;
    ELSE
        (* Уменьшение ошибки *)
        (* '<S2>:1:58' *)
        errorState := 1;
    END_IF;
    IF errorState = 0 THEN
        (* '<S2>:1:61' *)
        (* Увеличение ошибки *)
        IF bi_SetPoint < -1.5 THEN
            (* '<S2>:1:62' *)
            (* Ошибка меньше 1.5 °C *)
            (* '<S2>:1:63' *)
            powerValue := 1.0;
            (* Максимальная производительность *)
            (* '<S2>:1:64' *)
            compressorPowerChangeTime := 180.0;
            (* Задержка смены ступени 3 минуты *)
        ELSE
            guard := FALSE;
            IF bi_SetPoint <= -0.5 THEN
                (* '<S2>:1:65' *)
                IF bi_SetPoint >= -1.0 THEN
                    (* '<S2>:1:65' *)
                    (* Ошибка от 0.5 до 1.0 °C *)
                    (* '<S2>:1:66' *)
                    powerValue := 0.666666666666666663;
                    (* 2/3 производительности *)
                    (* '<S2>:1:67' *)
                    compressorPowerChangeTime := 180.0;
                    (* Задержка смены ступени 3 минуты *)
                ELSE
                    guard := TRUE;
                END_IF;
            ELSE

```

```

        guard := TRUE;
    END_IF;
    IF guard THEN
        IF bi_SetPoint > -0.5 THEN
            (* '<S2>:1:68' *)
            (* Ошибка меньше 0.5 °C *)
            (* '<S2>:1:69' *)
            powerValue := 0.3333333333333333;
            (* 1/3 производительности *)
            (* '<S2>:1:70' *)
            compressorPowerChangeTime := 180.0;
            (* Задержка смены ступени 3 минуты *)
        END_IF;
    END_IF;
ELSIF bi_SetPoint <= -1.0 THEN
    (* '<S2>:1:73' *)
    (* Ошибка меньше 1 °C *)
    (* '<S2>:1:74' *)
    powerValue := 0.6666666666666666;
    (* 2/3 производительности *)
    (* '<S2>:1:75' *)
    compressorPowerChangeTime := 180.0;
    (* Задержка смены ступени 3 минуты *)
    (* '<S2>:1:76' *)
    turnOffTime := 180.0;
    (* Время выключения компрессора 3 минуты *)
ELSE
    guard := FALSE;
    IF bi_SetPoint >= 1.0 THEN
        (* '<S2>:1:77' *)
        IF bi_SetPoint < 2.0 THEN
            (* '<S2>:1:77' *)
            (* Ошибка от 1 до 2 °C *)
            (* '<S2>:1:78' *)
            powerValue := 0.3333333333333333;
            (* 1/3 производительности *)
            (* '<S2>:1:79' *)
            compressorPowerChangeTime := 180.0;
            (* Задержка смены ступени 3 минуты *)
            IF turnOffTime = 0.0 THEN
                (* '<S2>:1:81' *)
                (* Компрессор можно выключить *)
                (* '<S2>:1:82' *)
                powerValue := 0.0;
                (* Выключение компрессора *)
                (* '<S2>:1:83' *)
                compressorStartTime := 300.0;
                (* Задержка включения 5 минут *)
            END_IF;
        ELSE
            guard := TRUE;
        END_IF;
    ELSE
        guard := TRUE;
    END_IF;
    IF guard THEN
        IF bi_SetPoint > 2.0 THEN
            (* '<S2>:1:85' *)
            (* Ошибка больше 2 °C *)
            (* '<S2>:1:86' *)
            powerValue := 0.0;
            (* Выключение компрессора *)
            (* '<S2>:1:87' *)
            compressorStartTime := 300.0;
            (* Задержка включения 5 минут *)
            (* '<S2>:1:88' *)
            turnOffTime := 0.0;
        END_IF;
    END_IF;
END IF;

```

```

                (* Время выключения компрессора *)
            END_IF;
        END_IF;
    END_IF;
    IF errorUpdateValue = 0.0 THEN
        (* '<S2>:1:92' *)
        (* Обновление значения ошибки 1 раз в секунду *)
        (* '<S2>:1:93' *)
        errorPrevValue := bi_SetPoint;
        (* '<S2>:1:94' *)
        errorUpdateValue := 1.0;
    ELSE
        (* '<S2>:1:96' *)
        errorUpdateValue := errorUpdateValue - 0.1;
    END_IF;
END_IF;

(* Outport: '<Root>/bo_Enable' incorporates:
* MATLAB Function: '<S1>/Регулятор' *)
bo_Enable := enableValue;
END_CASE;
END_FUNCTION_BLOCK
VAR_GLOBAL CONSTANT
    SS_INITIALIZE: SINT := 0;
    SS_STEP: SINT := 1;
END_VAR
VAR_GLOBAL
END_VAR

```

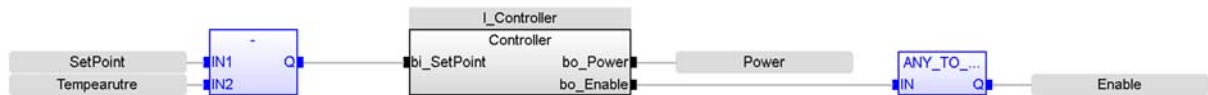
## ДОДАТОК Б – ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ

### Б.1 Програмне забезпечення регулятора

#### Б.1.1 Перелік програм

[FBD] Main (\* Основная программа \*)  
 [ST] Controller (\* Регулятор \*)

#### Б.1.2 Головна програма



```

I_Controller (Controller)
Power
Enable
SetPoint
Tempearutre
  
```

#### Б.1.3 Користувачький функціональний блок

```

IF NOT errorPrevValue_not_empty THEN
  errorPrevValue := bi_SetPoint;
  errorPrevValue_not_empty := TRUE;
  errorUpdateValue := 0.0;
  compressorStartTime := 0.0;
  compressorPowerChangeTime := 0.0;
  turnOffTime := 0.0;
  powerValue := 0.0;
  enableValue := 1.0;
END_IF;

bo_Power := powerValue;
IF compressorStartTime > 0.0 THEN
  errorPrevValue := bi_SetPoint;
  compressorStartTime := compressorStartTime - 0.1;
  IF compressorStartTime < 0.0 THEN
    compressorStartTime := 0.0;
    guard_1 := TRUE;
  END_IF;
ELSE
  guard_1 := TRUE;
END_IF;
IF guard_1 THEN
  IF compressorPowerChangeTime > 0.0 THEN
    errorPrevValue := bi_SetPoint;
    compressorPowerChangeTime := compressorPowerChangeTime - 0.1;
    IF compressorPowerChangeTime < 0.0 THEN
      compressorPowerChangeTime := 0.0;
      guard_0 := TRUE;
    END_IF;
  ELSE
    guard_0 := TRUE;
  END_IF;
END_IF;
IF guard_0 THEN
  IF turnOffTime > 0.0 THEN
    errorPrevValue := bi_SetPoint;
    turnOffTime := turnOffTime - 0.1;
    IF turnOffTime < 0.0 THEN
      turnOffTime := 0.0;
      guard := TRUE;
    END_IF;
  END_IF;
END_IF;
  
```

```

        END_IF;
    ELSE
        guard := TRUE;
    END_IF;
END_IF;
IF guard THEN
    IF errorPrevValue < bi_SetPoint THEN
        errorState := 0;
    ELSE
        errorState := 1;
    END_IF;
    IF errorState = 0 THEN
        IF bi_SetPoint < -1.5 THEN
            powerValue := 1.0;
            compressorPowerChangeTime := 180.0;
        ELSE
            guard := FALSE;
            IF bi_SetPoint <= -0.5 THEN
                IF bi_SetPoint >= -1.0 THEN
                    powerValue := 0.666666666666666663;
                    compressorPowerChangeTime := 180.0;
                ELSE
                    guard := TRUE;
                END_IF;
            ELSE
                guard := TRUE;
            END_IF;
            IF guard THEN
                IF bi_SetPoint > -0.5 THEN
                    powerValue := 0.3333333333333333331;
                    compressorPowerChangeTime := 180.0;
                END_IF;
            END_IF;
        END_IF;
    ELSIF bi_SetPoint <= -1.0 THEN
        powerValue := 0.666666666666666663;
        compressorPowerChangeTime := 180.0;
        turnOffTime := 180.0;
    ELSE
        guard := FALSE;
        IF bi_SetPoint >= 1.0 THEN
            IF bi_SetPoint < 2.0 THEN
                powerValue := 0.3333333333333333331;
                compressorPowerChangeTime := 180.0;
                IF turnOffTime = 0.0 THEN
                    powerValue := 0.0;
                    compressorStartTime := 300.0;
                END_IF;
            ELSE
                guard := TRUE;
            END_IF;
        ELSE
            guard := TRUE;
        END_IF;
    END_IF;
    IF guard THEN
        IF bi_SetPoint > 2.0 THEN
            powerValue := 0.0;
            compressorStartTime := 300.0;
            turnOffTime := 0.0;
        END_IF;
    END_IF;
END_IF;
IF errorUpdateValue = 0.0 THEN
    errorPrevValue := bi_SetPoint;
    errorUpdateValue := 1.0;
ELSE
    errorUpdateValue := errorUpdateValue - 0.1;
END_IF;

```

```
END_IF;
```

```
bo_Enable := enableValue;
```



# ДОДАТОК В – ПРОГРАМНЕ ЛЮДИНО-МАШИННОГО ІНТЕРФЕЙСУ




## В.1 Драйвера

State	Identification	Description	File name
Filter text	Filter text	Filter text	Filter text
	Driver for internal variables		Intern
	Driver for mathematics variables		MATHDR32
	Driver for system variables		SYSDRV
	VIPA		S7PC32
	zenon Logic: Control		STRATONNG

## В.2 Перелік змінних

State	Name	Measur.	Net address	Data block	Offset	Bit num.	Alignm.	Symbol	Driver	Data type	Decimals	Start offset
Filter text	Filter text	Filter text	Filter text	Filter text	Filter text	Filter text	Filter text	Filter text	Filter text	Filter text	Filter text	Filter text
	Control/Global/Enable		0	0	0	0	0		STRATONNG - zenon Logic: Control	BOOL	0	0
	Control/Global/Power		0	0	0	0	0		STRATONNG - zenon Logic: Control	REAL	3	0
	Control/Global/SetPoint	°C	0	0	0	0	0		STRATONNG - zenon Logic: Control	REAL	0	0
	Control/Global/Temperature	°C	0	0	0	0	0		STRATONNG - zenon Logic: Control	REAL	1	0
	Enable		0	0	0	0	0		S7PC32 - VIPA	BOOL	0	0
	Power		0	0	0	0	0		S7PC32 - VIPA	REAL	0	0
	Temperature	°C	0	0	0	0	0		S7PC32 - VIPA	REAL	0	0
	TemperatureCapacitor	°C	0	0	0	0	0		S7PC32 - VIPA	REAL	0	0
	TemperatureColdAir	°C	0	0	0	0	0		S7PC32 - VIPA	REAL	0	0
	TemperatureEvaporator	°C	0	0	0	0	0		S7PC32 - VIPA	REAL	0	0
	TemperatureOutside	°C	0	0	0	0	0		S7PC32 - VIPA	REAL	0	0

## В.3 Шаблони зображень

State	Display...	Name	Background color	Freely definable fram...	Left [pixels]	Top [pixels]	Right [pixels]	Bottom [pixels]
Filter text	Filter text	Filter text	Filter text	Filter text	Filter text	Filter text	Filter text	Filter text
	<input checked="" type="checkbox"/>	ALARM STATUS LINE	 #FF0000	<input checked="" type="checkbox"/>	0	0	2560	18
	<input checked="" type="checkbox"/>	Main	 #AAAAAA	<input type="checkbox"/>	0	0	1920	900
	<input checked="" type="checkbox"/>	Button	 #AAAAAA	<input type="checkbox"/>	0	900	1920	1080

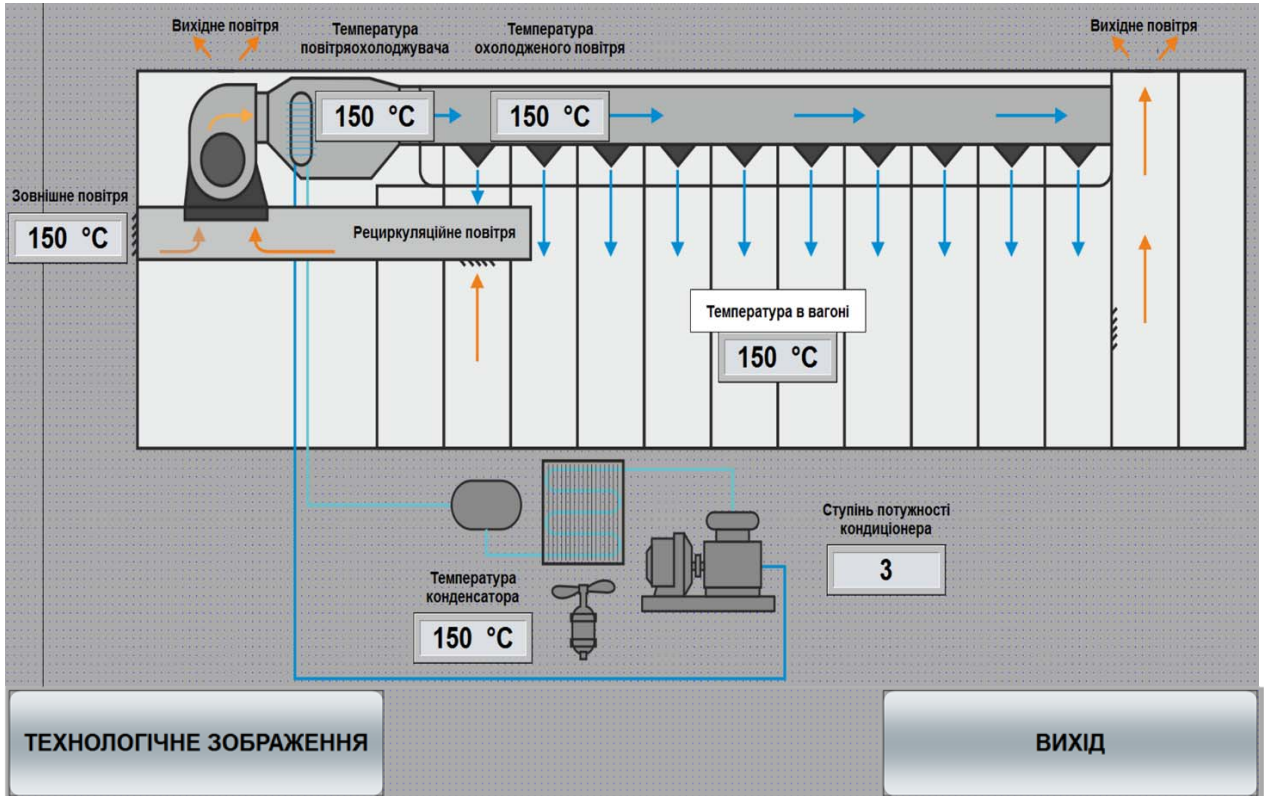
Main  
Left: 0 - Top: 0  
Width: 1920 - Height: 900

Button  
Left: 0 - Top: 900  
Width: 1920 - Height: 180

### В.4 Функції

State	Name	Type	Parameter
F...	Filter text	Filter text	Filter text
	SMain	Screen switch	Main (Standard)
	SButton	Screen switch	Button (Standard)
	Exit	Exit Runtime	

### В.5 Зображення



**ВІДГУКИ КОНСУЛЬТАНТІВ**



**ВІДГУК**

*на кваліфікаційну роботу ступеню магістра*

*на тему: «Синтез та дослідження системи керування процесом кондиціонування та вентиляції повітря на судні», студент гр. 151м-19-1*

*Перепелиця А.О.*

Завдання і зміст кваліфікаційної роботи ступеню магістра відповідає основній меті - перевірі знань і ступеня підготовленості студента за спеціальністю 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології». Оформлення пояснювальної записки і графічних матеріалів кваліфікаційної роботи виконано відповідно до вимог ДСТУ.

Актуальність роботи полягає в тому, що розробка та дослідження нової системи керування дозволить зменшити вплив основних недоліків технологічного обладнання.

Виконано розробку алгоритму керування системою забезпечення клімату. Відповідно до алгоритму розроблено програмне забезпечення регулятора. На підставі отриманого регулятора синтезована системи керування та розроблена її модель в графічному середовищі Simulink математичного пакета MATLAB.

Перевірка функціонування регулятора показала, що він відповідає поставленим вимогам та забезпечує підтримку температури на рівні +24°C в межах відхилення для другого класу кают судна.

Отримана модель може бути використана за для розробки програмного забезпечення системи керування. Подальший розвиток отриманої моделі може бути пов'язаний з реалізацією безперервного керування компресором (використання інвертора) та використання нечіткого регулятора.

Повнота і глибина вирішення завдань, поставлених в завданні на кваліфікаційну роботу достатня. В рамках кваліфікаційної роботи визначено вимоги до системи керування, задачі які повинна виконувати система керування її синтез, та розробка програмного забезпечення. Було визначено структуру регулятора та побудовано модель системи керування.

В цілому кваліфікаційна робота ступеню магістра заслуговує оцінки «\_\_\_\_\_», за умови відповідного захисту, а студент присвоєння йому кваліфікації «магістр» за спеціальністю 151 "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології".

**Керівник кваліфікаційної роботи, ст. викл. \_\_\_\_\_ Надточий В.В.**

\_\_\_\_\_.12.2020

**РЕЦЕНЗІЯ**

*на кваліфікаційну роботу ступеню магістра  
на тему: «Синтез та дослідження системи керування процесом  
кондиціонування та вентиляції повітря на судні», студент гр. 151м-19-1*

*Перепелиця А.О.*

1. Завдання і зміст кваліфікаційної роботи ступеню магістра відповідає основній меті - перевірці знань і ступеня підготовленості студента за спеціальністю 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології».
2. Актуальність роботи полягає в тому, що розробка та дослідження нової системи керування дозволить зменшити вплив основних недоліків обладнання.
3. Отримана модель може бути використана за для розробки програмного забезпечення системи керування. Подальший розвиток отриманої моделі може бути пов'язаний з реалізацією безперервного керування компресором (використання інвертора) та використання нечіткого регулятора.
4. Повнота і глибина вирішення завдань, поставлених в завданні на кваліфікаційну роботу достатня.
5. В рамках кваліфікаційної роботи визначено вимоги до системи автоматичного керування клімат контролем у каютах судна, синтез системи та розробка програмного забезпечення, була визначена структура регулятора та побудована модель системи керування.
6. В цілому кваліфікаційна робота ступеню магістра заслуговує оцінки «\_\_\_\_\_», за умови відповідного захисту, а студент присвоєння йому кваліфікації «магістр» за спеціальністю 151 "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології".

**Рецензент,**

\_\_\_\_\_.12.2020