

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

Навчально-науковий інститут електроенергетики
(інститут)

Електротехнічний факультет
(факультет)

Кафедра кіберфізичних та інформаційно-вимірювальних систем
(повна назва)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА кваліфікаційної роботи ступеню бакалавра

студента Калганова Яна Вікторівна

(П.І.Б.)

академічної групи 151-17-1

(шифр)

спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

(код і назва спеціальності)

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

(офіційна назва)

на тему Автоматизація процесу управління опаленням пасажирського вагону

(назва за наказом ректора)

Консультанти	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинг.	інституційною	
Керівник кваліфікаційної роботи	ст. викл. Проценко С.М.			
Провідний консультант	ст. викл. Проценко С.М.			
Розробка апаратного забезпечення системи управління	доц. Соснін К.В.			
Розробка програмного забезпечення системи управління	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
2021

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

Ткачов В.В.
(підпис) (прізвище, ініціали)
« _____ » _____ 2021 року

ЗАВДАННЯ на кваліфікаційну роботу ступеня бакалавр

студенту Калганова Я.В.
(прізвище та ініціали)

академічної групи 151-17-1
(шифр)

спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

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

на тему Автоматизація процесу управління опаленням пасажирського вагону

затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від _____ № _____

Розділ	Зміст	Термін виконання
Стан питання та постановка завдання	Вступ. Опис технологічного процесу для об'єкта автоматизації. Огляд існуючих систем автоматизації. Стан питання. Вибір напрямку створення автоматизованої системи.	11.05.2021
Розробка апаратного забезпечення системи управління	Обрання датчиків, виконавчих пристроїв та пристрою управління, розробка структурних схем, функціональної схеми автоматизації та принципової схеми електричної.	18.05.2021
Визначення моделі об'єкта управління	Виконання експерименту. Обробка результатів експерименту. Створення моделі об'єкта управління. Перевірка отриманої моделі на адекватність.	25.05.2021
Економічна частина	Економічне обґрунтування доцільності витрат на створення системи управління.	01.06.2021
Охорона праці	Розробка організаційно-технічних заходів, щодо реалізації правил безпеки при експлуатації системи.	05.06.2021

Завдання видано _____
(підпис керівника)

Дата видачі

Дата подання до екзаменаційної комісії

Прийнято до виконання _____
(підпис студента)

Проценко С.М.
(прізвище, ініціали)
04.05.2021

10.06.2021

Калганова Я.В.
(прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Об'єкт розробки – система автоматичного управління опаленням пасажирського вагону.

Предмет розробки – підсистеми управління комбінованим котлом опалення пасажирського купейного вагону.

У якості об'єкта управління виступає система забезпечення клімату пасажирського купейного вагону.

Актуальність роботи підтримується необхідністю модернізації систем управління які використовуються з 70 років минулого століття та вже встали морально та фізично застарілими

Розроблені схеми автоматизації принципова системи управління для підсистеми управління комбінованим котлом опалення пасажирського купейного вагону.

Розроблена модель об'єкту - комбінованого котла опалення пасажирського купейного вагону.

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

Результати техніко-економічного обґрунтування ефективності результатів розробки і впровадження автоматизованої системи управління опалювального обладнання.

Проведено аналіз небезпечних і шкідливих виробничих чинників, розроблено інженерно-технічні заходи по охороні праці і виконано розрахунок штучного освітлення.

СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ, ТЕМПЕРАТУРА, СИНТЕЗ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО УПРАВЛІННЯ, ІМІТАЦІЙНА МОДЕЛЬ.

ЗМІСТ

Зміст	4
Перелік скорочень	7
Вступ.....	8
1 Стан питання та постановка завдання.....	10
1.1 Галузь промисловості	10
1.2 Технологічний процес.....	12
1.3 Об'єкт управління	15
1.3.1 Загальна характеристика об'єкта управління.....	15
1.3.2 Структура об'єкту управління	16
1.3.2.1 Електричне опалення при електропостачанні від вагона-електростанції.....	17
1.3.2.1 Електричне опалення при електропостачанні від контактної мережі.....	18
1.3.3 Принцип функціонування об'єкту управління	23
1.4 Структура системи управління	24
1.5 Формулювання задачі дослідження	25
1.6 Висновки за розділом.....	25
2 Розробка апаратного забезпечення системи управління.....	26
2.1 Розробка структурної схеми підсистеми управління	26
2.2 Розробка структурної схеми інформаційних потоків.....	27
2.3 Вибір апаратного забезпечення підсистеми управління.....	28
2.3.1 Вибір датчиків	28
2.3.2 Вибір виконавчих пристроїв	30
2.3.3 Вибір пристроїв управління	31
2.3.4 Вибір джерел живлення	36
2.4 Розробка функціональної схеми автоматизації.....	37

	5
2.5 Розробка схеми електричної принципової	39
2.6 Висновки за розділом.....	40
3 Визначення моделі об'єкта управління	41
3.1 Розробка структурної схеми інформаційних потоків дослідницької системи	41
3.2 Розробка методики дослідження об'єкта управління	42
3.3 Виконання експерименту	44
3.4 Обробка результатів експерименту	47
3.4.1 Підготовка даних.....	47
3.4.2 Структурна ідентифікація	49
3.4.3 Параметрична ідентифікація.....	52
3.4.4 Розробка моделі об'єкта управління в Simulink	54
3.4.5 Перевірка моделі на адекватність.....	55
3.5 Висновки за розділом.....	56
4 Економічна частина	57
4.1 Загальні відомості	57
4.2 Техніко-економічне обґрунтування розробки.....	57
4.3 Розрахунок капітальних витрат	58
4.3.1 Техніко-економічне обґрунтування створення і використання програмного продукту	62
4.3.2 Визначення трудомісткості розробки програмного продукту	62
4.3.3 Розрахунок вартості створення програмного продукту.....	66
4.4 Визначення річних експлуатаційних витрат в загальному вигляді	67
4.5 Висновки за розділом.....	72
5 Охорона праці та безпека з надзвичайних ситуацій	74
5.1 Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих чинників	74

	6
5.2 Інженерно-технічні заходи по охороні праці	75
5.3 Пожежна профілактика.....	80
5.4 Висновки за розділом.....	84
Висновки	85
Перелік посилань.....	86
Додаток А	90
Додаток Б.....	91
Відгуки консультантів кваліфікаційної роботи	92
Відгук.....	94
Рецензія	95

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

ОУ – об'єкт управління

САУ – система автоматичного управління

ПЛК – програмований логічний контролер

ПІД-регулятор – пропорційно-інтегрально-диференційний регулятор

ЕОМ – електронна обчислювальна машина

ВСТУП

На залізничному транспорті все більше уваги приділяється забезпеченню високого рівня експлуатаційної надійності рухомого складу і безпеки руху потягів, що є найважливішою умовою підвищення ефективності і якості роботи залізничного транспорту. Але в той же час безперервно росте тенденція до найбільш раціонального використання можливостей залізничного транспорту, що у свою чергу спричиняє за собою подовження ділянок безупинного руху потягів, збільшення швидкості руху і навантаження на вісь. Тому особливе значення розробка і впровадження засобів автоматизації з контролю і управління.

Як показує досвід експлуатації пасажирського рухомого складу, при проектуванні вагонів недостатньо враховуються чинники, що впливають на рівень комфортності пасажирського вагона. Незадовільне використання вентиляційних систем пасажирських вагонів видається відсутністю її належної взаємодії з роботою системи опалення. Система опалення є однією з найважливіших і складних систем життєзабезпечення пасажирського рухомого складу, вона служить для підтримки комфортних умов у холодну пору року. Однак, конструкторами вагонів не повністю враховується низка чинників, що можуть впливати на температурний режим у пасажирському вагоні. Як відомо, на більшості пасажирських вагонів, як основна, використовується водяна система опалення.

У процесі експлуатації підтримувати необхідну температуру теплоносія відповідно до зовнішніх і внутрішніх параметрів в опалювальному котлу існуючої конструкції пасажирського вагона практично неможливо, у результаті чого виникають перехідні режими опалення, які викликають коливання температури повітря в пасажирських вагонах. Значна теплова інертність системи опалення посилює коливання температури повітря у вагоні. Цей процес ускладнюється ще й тим, що з підвищенням швидкостей руху зростають тепловтрати через огороджувальні конструкції кузова. Крім того, у теперішній час в експлуатованих пасажирських вагонах управління приладами опалення

конструктивна не передбачене. Управління продуктивністю обігрівальних приладів можливе тільки регулюванням температури теплоносія в системі опалення.

Таким чином, удосконалення систем забезпечення мікроклімату (тут розуміємо, що мікроклімат – це сукупність кліматичних умов (температура, вологість повітря та ін.), що створюються в приміщенні на якій-небудь обмеженій території для нормального самопочуття людей), що входять у загальну систему життєзабезпечення пасажирських вагонів є одним з перспективних напрямків сучасних досліджень під час модернізації пасажирського рухомого складу залізниць і підвищені рівня його комфортабельності та енергоефективності. Забезпечення максимально комфортного рівня проїзду пасажирів підвищує конкурентоспроможність залізничного транспорту на ринку пасажирських перевезень. Тому тема кваліфікаційної роботи, що спрямована на вдосконалення систем забезпечення мікроклімату пасажирських вагонів, є актуальною для залізничного транспорту України [1].

1 СТАН ПИТАННЯ ТА ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ

1.1 Галузь промисловості

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 попити 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.

Експлуатаційна довжина шляхів сполучення всіх видів транспорту загального користування становить 200 299 км, в тому числі за видами транспорту: залізничні колії 22 000 км, автомобільні дороги 169 000 км; внутрішні річкові судноплавні шляхи 2 300 км; тролейбусні лінії 4 400 км; трамвайні лінії 2 100 км, метрополітенівські лінії 99 км. Щільність шляхів сполучення (1 000 км² території) складає залізничних колій 36 км; річкових судноплавних шляхів 4 км; автомобільних доріг загального користування з твердим покриттям 273 км. Інтенсивність перевезення пасажирів (1 км довжини шляхів) становить за видами шляхів сполучення: залізничні колії 2,35 млн., річкові судноплавні шляхи 0,03 млн., автомобільні дороги з твердим покриттям 0,1 млн., тролейбусні лінії 2,4 млн., трамвайні колії 3,2 млн., метрополітенівським шляху 22,5 млн.

Середня відстань перевезення одного пасажирів становить по окремих видах транспорту: залізничний 112 км, морський 6 км, річковий 26 км, авіаційний 1 687 км, автомобільний 13 км, тролейбусний 6 км, трамвайний 6 км, метрополітенівський 8 км. Відправлення (перевезення) пасажирів складає за видами транспорту загального користування: залізничний 452 млн., автомобільний 3 720 млн., трамвайний 1 112 млн., тролейбусний 1 849 млн., метрополітенівський 848 млн., морський 10 млн., річковий 2 млн., авіаційний 3 млн.. Виходячи з цих виконаних обсягів пасажирських перевезень внесок в загальні обсяги транспортної системи кожного виду транспорту становить: залізничний 5,7%, автомобільний 46,5%, трамвайний 13,9%, тролейбусний

23,1%, метрополітенівський 10,6%, а морський, річковий і авіаційний транспорт перевезли значно менше 1% пасажирів кожен.

По-іншому виглядає розподіл пасажиро-обігу (в млрд. пас-км) за видами транспорту: залізничний 51,7, автомобільний 47,5, трамвайний 6,6, тролейбусний 10,8, метрополітенівський 6,4, морський 0,1, річковий 0,01, авіаційний 5,5. Наведені дані свідчать про те, що залізничний транспорт є лідером по перевезенню пасажирів в Україні, за дальністю їх переміщення.

1.2 Технологічний процес

За для перевезення пасажирів використовується декілька типів пасажирських вагонів: СВ(Л) – м'який із двомісними купе, СВМ (М) – м'який із двох і чотиримісними купе, М – м'який з чотиримісних купе, К (К) – купейний з чотиримісних купе, КБ – купейний з купе-буфетом, КР – купейний з радіостанцією, ПЛ (П) – некупейний зі спальними місцями (плацкартний), О (О) – некупейний з місцями для сидіння (загальний), Обл (С) - міжобласний з місцями для сидіння.

Крім основної функції доставки пасажирів з місця відбуття до міста прибуття відповідного до часового графіка залізничний транспорт повинен забезпечувати якісні умови перебування людини у вагоні. Для цього в вагоні повинен підтримуватися мікроклімат відповідно до санітарно гігієнічних норм встановлених чинним законодавством. Ці функції виконує система забезпечення клімату.

Система забезпечення клімату призначена для забезпечення необхідного мікроклімату в пасажирських і службових приміщеннях вагона в наступних режимах: опалення, вентиляція, охолодження. До складу системи входять: система опалення (рідинна, повітряна, комбінована), установка кондиціонування повітря з обов'язковими режимами вентиляції, охолодження і опалення, система вентиляції, що виконує забір зовнішнього повітря, розподіл повітря, рециркуляції і видалення відпрацьованого повітря, засоби аварійного опалення та вентиляції, засоби автоматичного управління, контролю і діагностики відмов, засоби ручного управління (в разі виходу з ладу системи автоматики).

У купейних вагонах 2-го класу і в вагонах з кріслами для сидіння 1-го і 2-го класів забезпечення необхідних комфортних параметрів мікроклімату повинно здійснюватися автоматично по всіх приміщеннях вагона.

У вагонах «люкс» і купейних вагонах 1-го класу повинна бути передбачена можливість індивідуального регулювання параметрів мікроклімату в режимах опалення, охолодження та вентиляції для забезпечення оптимальних умов за бажанням пасажирів.

У спальних вагонах 3-го класу і в вагонах з кріслами для сидіння 3-го і 4-го класів система забезпечення клімату повинна бути оснащена необхідним комплексом обладнання, що забезпечує допустимі параметри мікроклімату в приміщеннях вагона.

Система повинна забезпечувати рівномірне температурне поле в приміщеннях вагона. Для вагонів «люкс» і 1-го класу різниця температур по довжині і висоті салону (купе) в сталому режимі не повинна перевищувати 2 °С. Для вагонів 2-го і 3-го класів величина повинна бути не більше 3 °С.

У пасажирських (салон, купе) і службових приміщеннях вагона номінальне значення температури повітря має відповідати даним, представленим в табл. 1.1.

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

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

При температурах зовнішнього повітря $-40\text{ °С} < t_{\text{н}} < -50\text{ °С}$ допускається зниження температури повітря в пасажирських приміщеннях вагона, але не нижче +18 °С (для вагонів «люкс» і 1-го класу - не менше 20 °С).

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

У вагонах «люкс» і 1-го класу (з купейних компонованням) повинна бути передбачена можливість індивідуального регулювання температури повітря всередині купе в діапазоні від +18 до +28 °С з кроком не більше 1° С.

Для вагонів «люкс» і 1 го класу при роботі системи в автоматичному режимі температура повітря в пасажирському приміщенні (на висоті 1 м від підлоги) може відрізнятись (за часом) від заданої величини не більше ніж на ± 1 °С. Для вагонів 2 го і 3 го класів ця величина не повинна відрізнятись більш ніж на ± 2 °С. Середня температура повітря в коридорах може відрізнятись від середньої температури повітря в пасажирських приміщеннях не більше ніж на ± 2 °С.

Середня температура повітря в туалетах може відрізнятись від середньої температури повітря в пасажирських приміщеннях не більше ніж на ± 2 °С (для туалетів з входом з тамбура не більше ніж на ± 3 °С), але при цьому не повинна бути нижче $+16$ °С в умовах зимового і перехідного періодів року.

При роботі системи повинні забезпечуватись норми подачі зовнішнього свіжого повітря відповідно до табл. 1.2.

Таблиця 1.2 – Залежність подачі зовнішнього повітря від його температури

№	Діапазон температур зовнішнього повітря, °С	Температури повітря в приміщенні, °С
1	<-20	10
2	$-20 \div -5$	20
3	$-5 \div 26$	15
4	$26 <$	15

Температура приточного повітря, що надходить в пасажирські приміщення, повинна мати такі граничні температури:

- при опаленні – не більше $+35$ °С;
- при попередньому нагріванні (без пасажирів) – не більше $+ 55$ °С;
- при охолодженні – не нижче $+ 16$ °С;
- при попередньому охолодженні (без пасажирів) – не нижче $+ 12$ °С.

У пасажирських вагонах повинен бути забезпечений підпір повітря (перевищення статичного тиску повітря всередині вагона над статичним тиском повітря зовні вагона). 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 в зонах постійного перебування пасажирів (для вагонів всіх класів) повинна бути не більше 0,2 м/с в зимовий період, а при роботі кондиціонера в літній період не більше 0,25 м/с.

1.3 Об'єкт управління

1.3.1 Загальна характеристика об'єкта управління

Виходячи з технологічного процесу у якості об'єкта управління системи забезпечення клімату виступає пасажирський вагон (рис. 1.1).

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

Повітря змішується (8) очищається (7) та подається до повітря нагнітача (11). Кількість повітря яке забирається зовні визначається відповідно до кліматичних умов (табл. 1.2) і встановлюється засувкою (9).

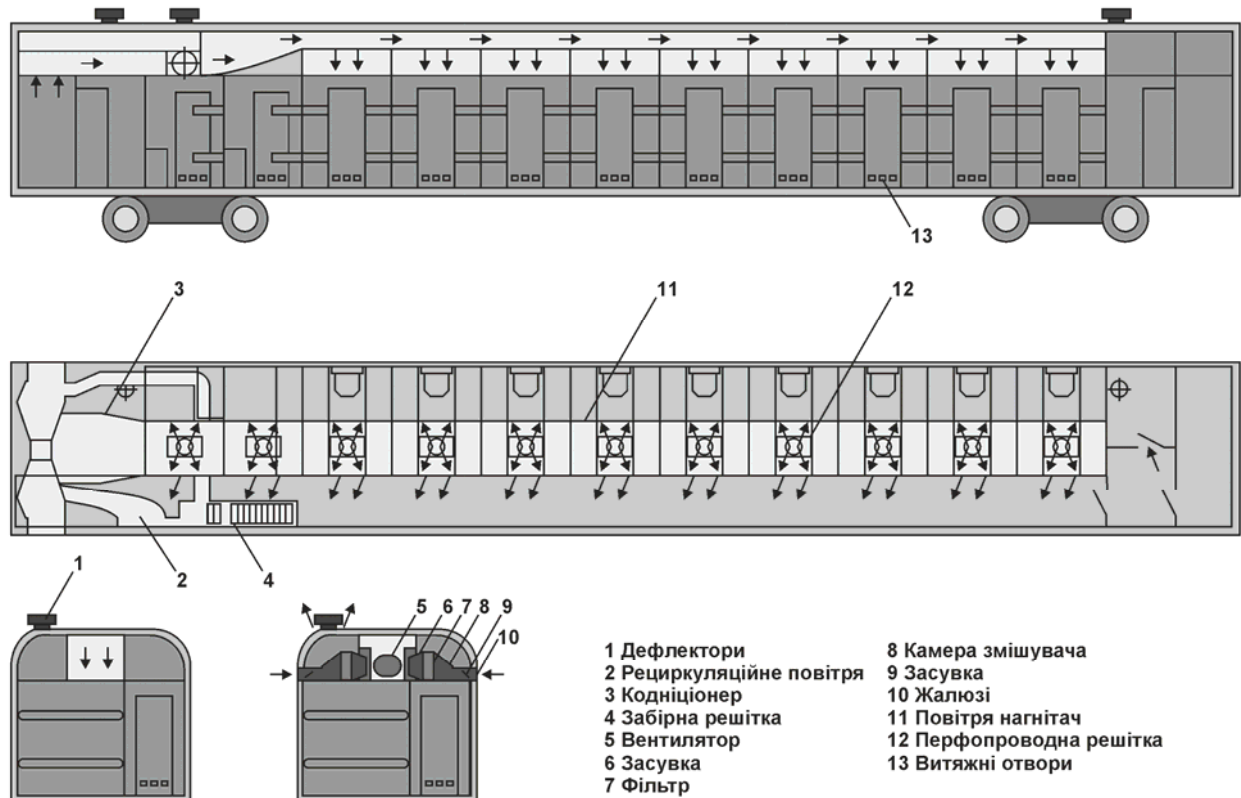


Рисунок 1.1 – Розподіл повітря у вагоні

Повітря з повітря-нагнітача поступає до купе через перфо-проводну решітку (12), змішується з повітрям в купе та частково витісняє повітря через витяжні отвори (13) до коридору. Повітря з коридору частково виході на зовні за рахунок дефлектор. Більша його частина повертається до кондиціонеру через забірну решітку (4).

1.3.2 Структура об'єкту управління

До складу система забезпечення клімату входять вентилятор (1) який затягує приточуване повітря та рециркуляційне повітря, кондиціонер (4, 7), котел (2, 3, 5) та електричні нагрівачі (6, 9). Охолодження повітря виконується кондиціонером до складу якого в свою чергу входять повітря охолоджувач (4) та компресор (7). Підігрів повітря виконується електрокалорифером (6) та електropечами (9). Нагрів повітря в вагоні виконується водяним калорифером (5), вода якого нагрівається котлом (2) та переміщується циркуляційним насосом (3) та водяними калориферами (8).

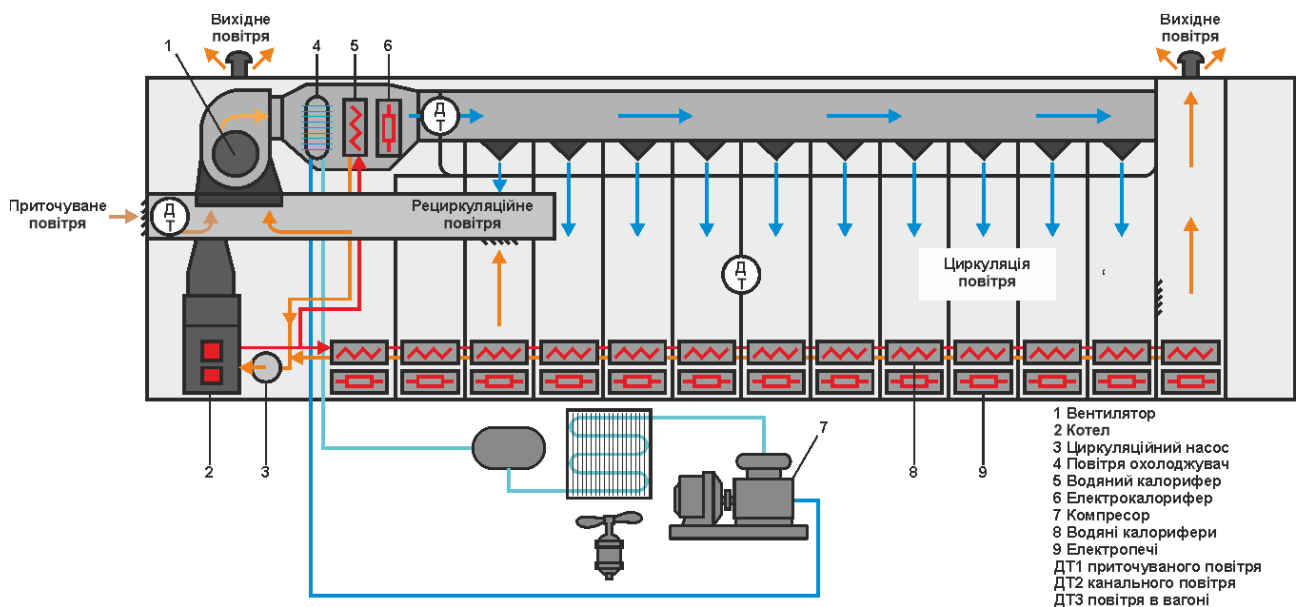


Рисунок 1.2 – Загальна структура системи забезпечення клімату

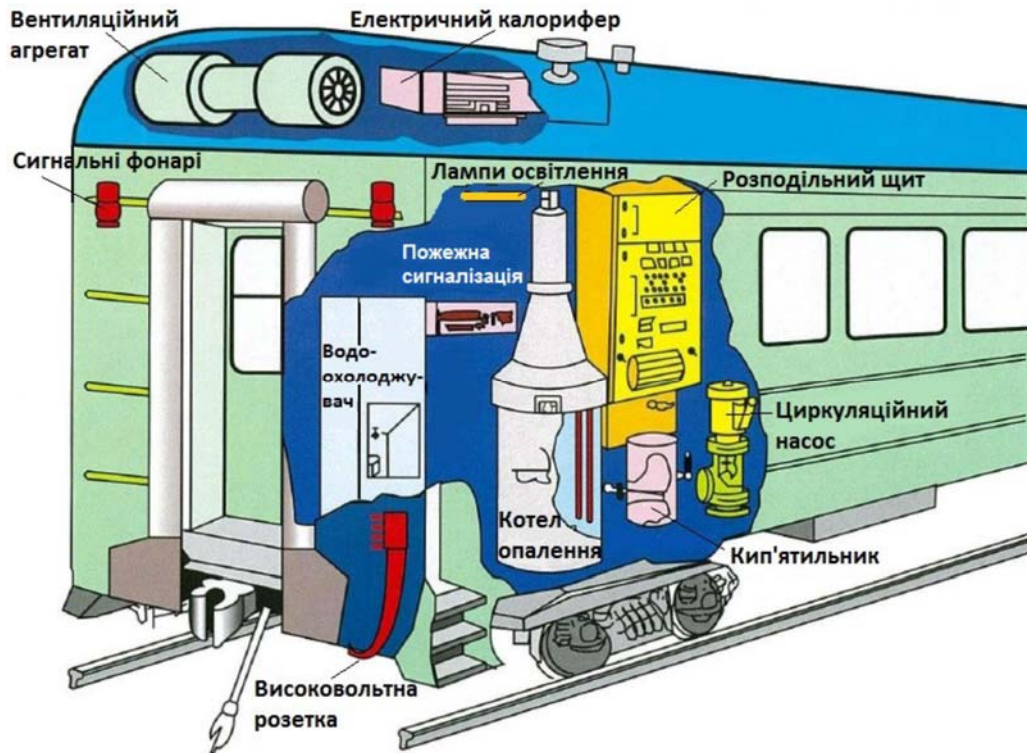


Рисунок 1.3 – Розташування внутрішнього електрообладнання системи забезпечення клімату пасажирського вагону

1.3.2.1 Електричне опалення при електропостачанні від вагона-електростанції

При централізованій системі електропостачання від вагона-електростанції система електричного опалення вагонів проектується на напругу 380 В трифазного змінного струму частотою 50 Гц. При централізованому електропостачанні від контактної мережі систему електричного опалення виконують на напругу 3 000 В.

У системі опалення застосовують змішане повітряне опалення. У пасажирських вагонах встановлюють електричні печі і електрокалорифер. Електричні печі 1 (рис. 1.4) розташовані біля підлоги 2 уздовж бокових стін, а електрокалорифер 4 – у нагнітальному каналі 6 повітропроводу, розташованого в стельовій частині 5 вагона. Повітря подається в канал вентилятором 3 із приводом від асинхронного електродвигуна.

Електричні печі 1 розбиті на три групи, а електрокалорифер 4 має дві секції, підключені до трифазної три-провідної електромагістралі (роль нульового

проводу відіграє корпус вагона), від якої одержує також живлення асинхронний двигун 7.

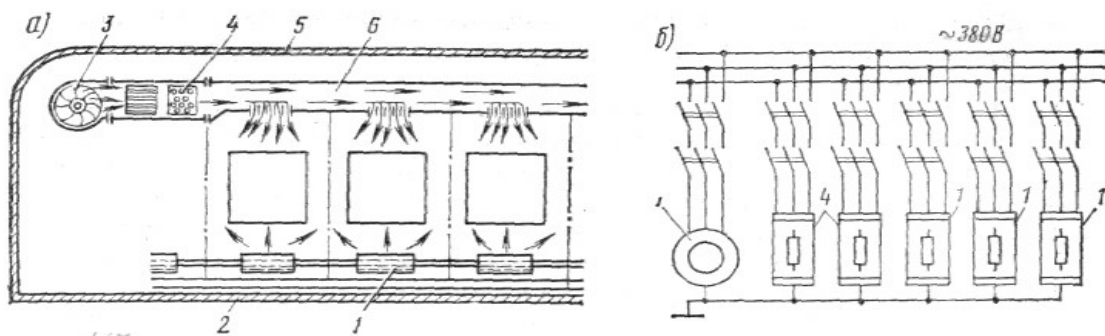


Рисунок 1.4 – Схема змішаної системи повітряного опалення (а) та принципова схема ввімкнення електронагрівальних приладів (б)

У вагонах відкритого типу перша і друга групи звичайно об'єднують електропечі, встановлені відповідно уздовж однієї та другої бокових стін вагона. У третю групу включені електропечі опалення службових приміщень. У купейних вагонах у кожному купе встановлено по дві електропечі, одна з яких включена в першу групу електропечей, а інша – у другу.

Розподіл нагрівальних приладів по групах і секціях дозволяє шляхом східчастої зміни числа ввімкнених приладів автоматично підтримувати температуру повітря у вагоні в заданих межах.

Потужність системи електроопалення розглянутих вагонів складає приблизно 40 кВт, причому встановлені потужності електрокалорифера і всіх електропечей приблизно рівні.

1.3.2.1 Електричне опалення при електропостачанні від контактної мережі

При системі змішаного повітряного опалення розміщення електричних нагрівальних приладів у вагоні і побудова електричних схем увімкнення цих приладів здійснюється так само, як у системах електроопалення з живленням електронагрівальних приладів від вагона-електростанції. Загальна потужність електронагрівальних приладів, встановлених у вагоні, залежить від типу вагона

і знаходиться в межах 40–48 кВт. Електричні печі випускаються на номінальну напругу 450–1 500 В і потужністю 0,5–5 кВт. При живленні від високовольтної електромагістралі напругою 3 000 В їх з'єднують послідовно.

Електрокалорифер розрахований на номінальну напругу 3 000 В. Принципова схема електроопалення вагона міжбласного сполучення подана на рис. 1.5. Групи електричних печей 6 і секції 8 електрокалорифера підключені до високовольтної електромагістралі 1 через головний роз'єднувач 2, запобіжник 3, групові 4 і секційні 7 запобіжники і високовольтні контактори 5.

Електричні печі вагона об'єднані в три групи: перша і друга призначені для опалення салону вагона, третя – службових відділень. Перші дві групи мають по шість паралельних гілок, у кожній з яких увімкнене по чотири послідовно з'єднаних електричних печі.

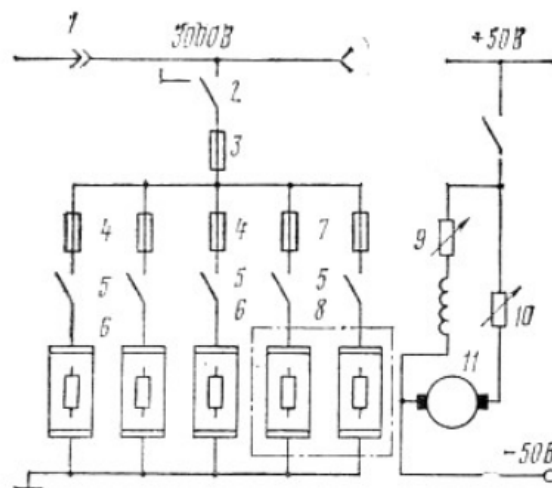


Рисунок 1.5 - Схема електричного опалення вагона міжбласного сполучення при електрозабезпеченні від контактної мережі

Третя група складається з однієї гілки. Потужність кожної печі 0,5 кВт, номінальна напруга 750 В. Нагрівальні елементи калорифера, розрахованого на 3000 В, розділені на дві секції: перша складається з однієї, друга – із двох рівнобіжних гілок.

Вентилятор калорифера приводиться в обертання двигуном постійного струму, що одержує живлення від акумуляторної батареї вагона. Частота обертання вентилятора регулюється зміною опорів реостатів 9 і 10, увімкнених

у коло якоря і збудження двигуна 11. Система електроопалення вагонів при централізованому електроживленні від контактної мережі дуже ефективна. Однак вагони, обладнані цією системою опалення, можуть експлуатуватися тільки на електрифікованих ділянках залізниць.

Системою водяного опалення з комбінованим котлом обладнані вагони різних типів. Ця система складається з котла з розширювачем і опалювальними приладами.

Котел (рис. 1.6) з електро-вугільним опаленням має звичайну вугільну топку 4 і водяну сорочку 2, у якій на опорному фланці 11 розташовані 24 високовольтних нагрівальних елементи 3.

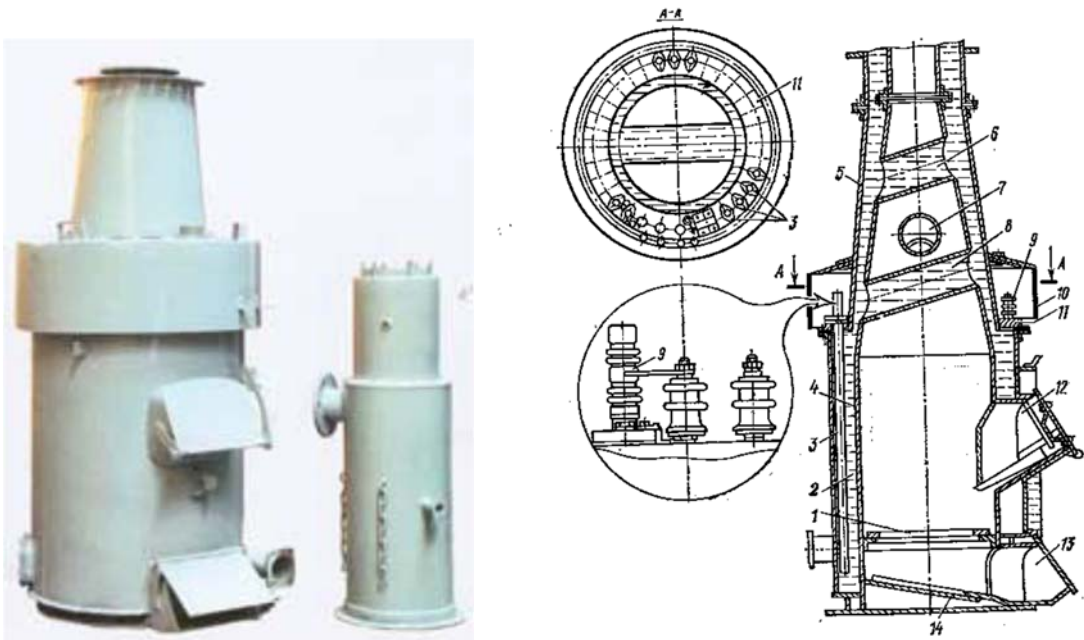


Рисунок 1.6 - Комбінований електро-вугільний водогрійний котел системи водяного опалення

Для збільшення поверхні нагрівання води в кінцеву частину топки введені циркуляційні труби 6, 7 і 8. У нижній частині топки розташовані колосникові грати 1 і похилий лист зольника 14.

Вугілля завантажується в котел через топковий отвір 12, через нього ж витягається шлак. Зола і дрібний шлак видаляються через отвір зольника 13. На опорному фланці в зоні топки розміщені три ізолятори 9 через які високовольтні

проводи підводяться до нагрівальних елементів котла. Для забезпечення електробезпечності кожух 5 котла заземлюється. Для цього в нижній частині кожуха передбачений спеціальний болт, до якого приєднується провід заземлення.

Нагрівальні елементи закриті захисним кожухом 10, на якому встановлене блокування, яке розриває коло котушок високовольтних контакторів при підйомі кожуха при наявності високої напруги. У піднятому положенні для огляду нагрівальних елементів кожух підвішується на ланцюгах. Об'єм води в системі – 855 л, з яких 370 л знаходиться в котлу і розширнику.

Схема опалення, нагрівальні елементи й інше високовольтне устаткування в різних типах вагонів (незалежно від заводу і країни виготовлення) однакові. Високовольтні нагрівальні елементи котла мають загальну потужність 48 кВт і розділені на дві паралельні групи 5 і 6 (рис. 1.7, а) по 24 кВт, кожна з яких складається з двох паралельних гілок, що включають по шість послідовно з'єднаних нагрівальних елементів (номінальна напруга нагрівального елемента 500 В).

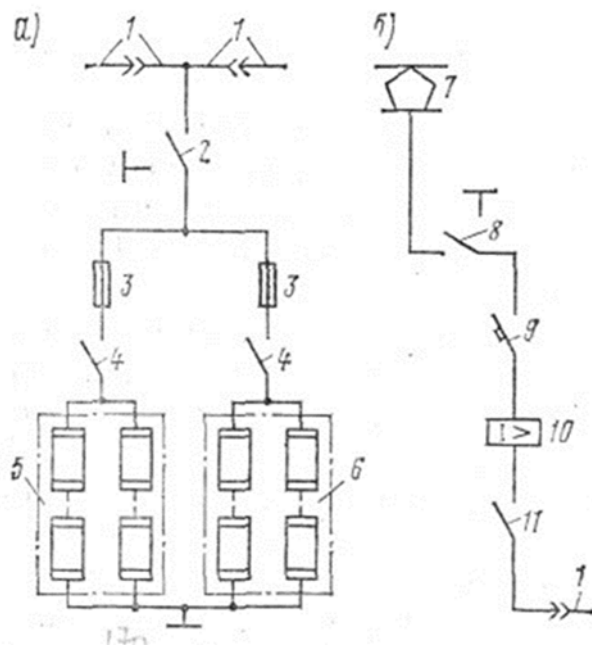


Рисунок 1.7 - Принципові схеми ввімкнення високовольтних нагрівальних елементів комбінованого котла (а) та поїзної магістралі на електровозі (б)

Кожна група нагрівальних елементів захищена запобіжником 3 і керується високовольтним контактором 4. Через головний роз'єднувач 2 обидві групи електронагрівальних елементів підключаються до високовольтної магістралі 1. Для захисту котла передбачене теплове реле, що відключає електронагрівальні елементи при підвищенні температури води у котлу вище 95°C , і реле мінімального рівня (рідинний вимикач), що відключає їх при зниженні рівня води в розширнику більш ніж на 200 мм.

Ящик можна відкрити тільки при наявності спеціального ключа опалення. Високовольтна поїзна магістраль 1 зв'язана з контактним проводом через встановлені на електровозі струмоприймач 7, роз'єднувач 8, швидкодіючий вимикач 9, реле перенавантаження 10 і контактор 11 (рис. 1.7, б). На електровозах змінного струму поїзна магістраль підключається до окремої обмотки тягового трансформатора напругою 3 000 В.

В аварійних режимах, коли струм у високовольтній магістралі перевищить струм уставки реле перенавантаження 10, воно діє на швидкодіючий вимикач 9. Уставка струму реле перенавантаження 10 вибирається виходячи зі струму $I_{\text{п}} = U_{\text{МАКС}} \cdot n / R_{\text{К}}$, який споживається в робочому режимі системою електроопалення потяга при найбільшій напрузі $U_{\text{МАКС}}$ у контактній мережі (n – число вагонів у потягу; $R_{\text{К}} = 187,5 \text{ Ом}$ – еквівалентний опір опалювальних елементів одного котла при робочій температурі).

Головний роз'єднувач, високовольтні запобіжники і контактори розташовані в підвагонному високовольтному ящику, кришка якого механічно заблокована з головним роз'єднувачем. В підвагонному високовольтному ящику розташовані головний запобіжник 2 на струм 25 А, два групових запобіжники 3 і 5 на струм 10 А, запобіжник 8 кола сигналізації наявності високої напруги на струм 3А, два високовольтних електромагнітних контактори і апаратура системи сигналізації наявності високої напруги (реле напруги).

1.3.3 Принцип функціонування об'єкту управління

У кваліфікаційній роботі, в якості об'єкту управління, обрано найбільш потужне джерело постачання тепла - комбінований котел опалення з високовольтними (3 000 В) нагрівальними елементами по 24 кВт, кожний.

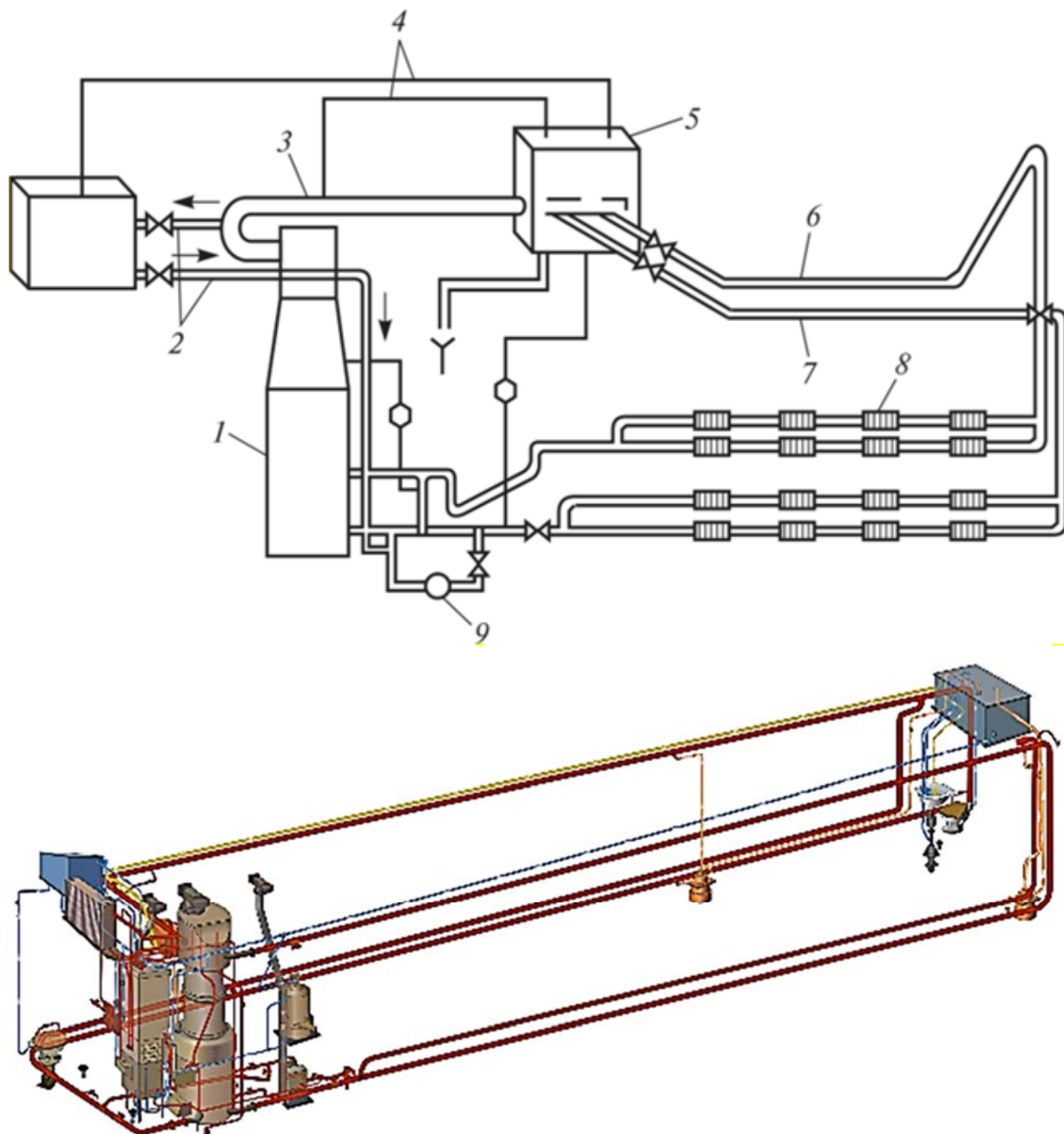


Рисунок 1.8 - Схема комбінованого (електровугільного) опалення вагону

- | | |
|--------------------------|--|
| 1 - котел; | 2 - опалювальна калориферна гілка; |
| 3 - напірна труба котла; | 4 – повітря-відвідні труби; |
| 5 - розширювач; | 6, 7 - опалювальні гілки двох сторін вагону; |
| 8 - нагрівальні труби; | 9-циркуляційний насос. |

При комбінованій (електровугільній) системі опалення (рис. 1.8) вода у котлу підігрівається розташованими в водяній сорочці високовольтними нагрівальними елементами, а при відсутності електроенергії - за рахунок теплоти палива, що спалюється твердого палива - вугілля).

Живлення нагрівальних елементів здійснюється за однопровідною поїзною лінії з номінальною напругою 3 000 В постійного, або однофазного змінного струму частотою 50 Гц під час перевезення від локомотивів, а в пунктах відстою - від стаціонарних пристроїв.

1.4 Структура системи управління

Роботою установки керують автоматичні регулюючі прилади. У каналі на шляху припливного повітря і в вагоні між четвертим і третім купе встановлено термодатчик.

У режимі «Основне опалення» робота вентиляції поєднується з роботою основного опалення у вагоні. У цьому режимі включена перший ступінь вентиляційного агрегату, високовольтне опалення, з установкою системи регулювання на 21 °С, водяне опалення повітрянагрівача, додаткове низьковольтне опалення печей в купе і туалетах.

У режимі «Чергове опалення» передбачено для періоду знаходження вагона у відстої в пунктах формування та поїздового обороту. Високовольтне опалення регулюється на 8 °С в вагоні, вентиляційна установка при цьому не працює.

У режимах «Основне опалення» і «Чергове опалення» перемикачем режимів опалення можна встановити автоматичне регулювання, або ручний режим роботи високовольтного опалення. Перехід на ручне управління електроплавленням проводиться при несправності датчика температури повітря в вагоні, або 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 °С.

1.5 Формулювання задачі дослідження

Оскільки у кваліфікаційній роботі, в якості об'єкту управління, обрано найбільш потужне джерело постачання тепла - комбінований котел опалення з високовольтними (3 000 В) нагрівальними елементами по 24 кВт кожний, то головною задачею дослідження є розробка моделі комбінованого котла опалення вагону.

За для отриманої моделі вагону необхідно розробити систему управління, яка буде відповідати вимогам технологічного процесу, наведених раніше при його огляді.

1.6 Висновки за розділом

У якості об'єкта управління виступає система забезпечення клімату пасажирського купейного вагону. Головною метою роботи є розробка моделі котла опалення пасажирського купейного вагону. Актуальність роботи підтримується необхідністю модернізації систем управління які використовуються з 70 років минулого століття та вже встали морально та фізично застарілими.

2 РОЗРОБКА АПАРАТНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ

2.1 Розробка структурної схеми підсистеми управління

В якості об'єкта управління виступає комбінований котел опалення з високовольтними (3 000 В) нагрівальними елементами по 24 кВт кожний (ТЕН-1, ТЕН-2), для якого виконується розробка підсистеми автоматичного управління температурою води у котлу. Вхідними параметрами об'єкту управління є дискретні сигнали управління електро-нагрівачами ТЕН-1, та ТЕН-2, які нагрівають воду у котлу. Вихідними параметрами об'єкту управління є поточна температура води у котлу (аналоговий сигнал), та аварійна температура води у котлу (дискретний сигнал).

Виходячи з цього, підсистема управління повинна мати датчики поточної та аварійної температури води у котлу, пристрої узгодження для управління ТЕН-1, та ТЕН-2, пристрій управління та під'єднання до загальнопромислової мережі (рис. 2.1).

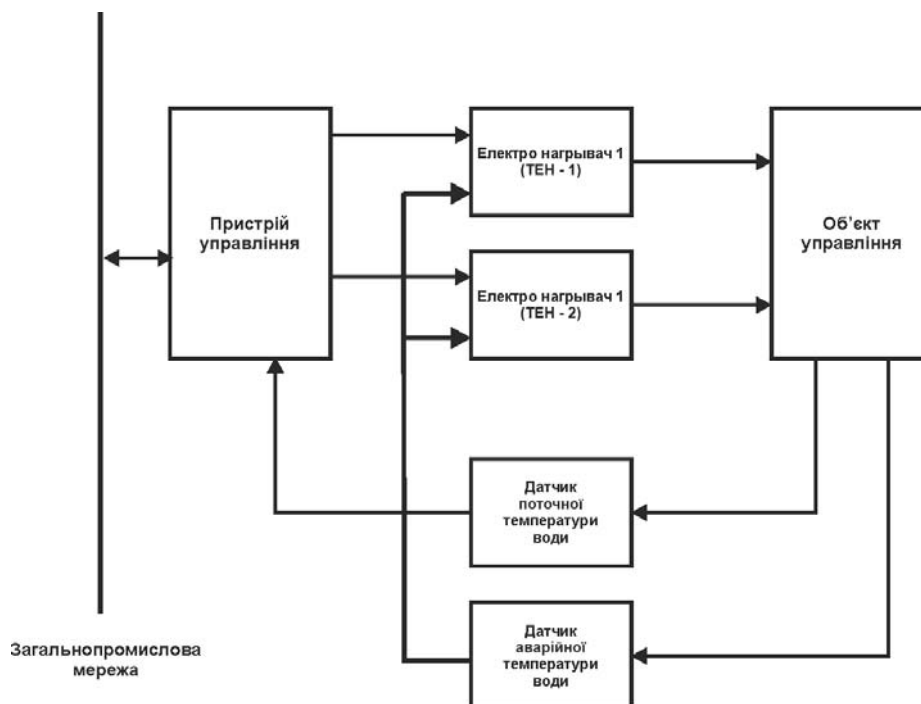


Рисунок 2.1 – Структурна схема підсистеми управління

2.2 Розробка структурної схеми інформаційних потоків

Виходячи з вимог підсистема що розробляється повинна забезпечувати управління температурою води і тому відповідає підсистемі автоматизованого управління технологічним обладнанням. До неї входять пристрої збору інформації (датчики температури води), еталони стану обладнання (максимальна температура води), система автоматичного контролю стану обладнання, програма управління, яка повинна реалізувати формування керуючих впливів для підтримки температури води на заданому рівні, протиаварійний захист, блок переводу до ручного режиму управління, та виконавчі пристрої (ТЕН-1 та ТЕН-2).

Розроблена структурна схема інформаційних потоків наведена на рис. 2.2. Дана структура забезпечує підтримку температури води на заданому рівні, і є складовою системи управління комбінованим котлом опалення пасажирського вагону.



Рисунок 2.2 – Структурна схема інформаційних потоків

Таким чином, згідно з вимогами, підсистема що розробляється представляє собою апаратно програмний комплекс, до якого входять датчики температури, об'єкт управління, пристрій управління, в якості котрого згідно з вимогами повинен виступати програмований логічний контролер, тепло-електро-нагрівачі ТЕН-1 та ТЕН-2.

2.3 Вибір апаратного забезпечення підсистеми управління

2.3.1 Вибір датчиків

Головною задачею підсистеми що розробляється є управління температурою води. Температура води у котлу повинна бути на рівні $5 \div 95$ °С. Крім того датчик виміру поточної температури води повинен мати стандартний струмовий інтерфейс для підключення до програмованого логічного контролера. Виходячи з цього, для вимірювання температури води обрано датчик ТЄРА ТЖК-У-1-5-І-1-І (рис. 2.3), який є термоелектричним перетворювачем з діапазоном вимірювання $-40 \div 375$ °С, та який має вбудований перетворювач напруги на виході термопари до стандартного струмового сигналу $4 \div 20$ мА. Технічні характеристики датчика наведені в табл. 2.1.

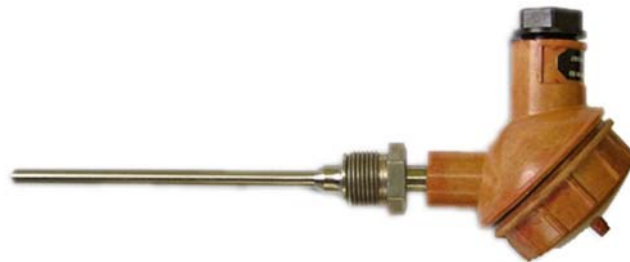


Рисунок 2.3 – Датчик ТЄРА ТЖК-У-1-5-І-1-І

Таблиця 2.1 – Технічні характеристики датчика ТЄРА ТЖК-У-1-5-І-1-І

№	Найменування параметра	Значення
1	Тип	Залізо-Констан
2	Діапазон вимірюваних температур, °С	$-40 \div 375$
3	Клас допуску	1
4	Точність, °С	$\pm 1.5 / \pm 0.004t$
5	Діапазон вихідного сигналу, мА	$4 \div 20$
6	Напруга живлення, В	$12 \div 36$
7	Потужність споживання, Вт	1

Температура води у котлу не повинна перевищувати 95 °С, тому для аварійного відключення ТЕН-1 та ТЕН-2 обрано датчик аварійного включення /відключення вентилятора автомобіля типу ДВВ.

Незалежно від типу, мають типову конструкцію. Їх основу складає закритий корпус, усередині якого розташовується чутливий елемент (біметалічна пластина або термістор), а на зовнішній поверхні виконані

різьблення, шестигранник під ключ і електричний роз'єм. Корпус виготовляється з латуні або бронзи (для кращої теплопровідності), він має форму пробки, яка через кільце ущільнювача.



Рисунок 2.4 – Датчик типу ДВВ

Більшість датчиків мають різьблення M22x1,5 і шестигранник під ключ на 29 мм, однак зустрічаються й інші варіанти з меншою різьбленням (M14 і M16). Електричний роз'єм може бути з ножовими і штифтовими контактами, відкритим або із захисною пластиковою спідницею.

Контакти в ДВВ можуть бути нормально замкнутими і нормально роз'єднаними. Вони можуть спрацьовувати в чотирьох температурних інтервалах:

- від 82 до 87 градусів (85);
- від 87 до 92 градусів (90);
- від 92 до 99 градусів (95);
- від 104 до 110 градусів. (108)

У нашому випадку підходить датчик ДВВ-95.

Технічні характеристики датчика наведені в табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Технічні характеристики датчика ДВВ-95

№	Найменування параметра	Значення
1	Тип	дискретний
2	Гранична температура, °С	95
3	Клас допуску	1
4	Точність, °С	±1.5%
5	Струм комутації, А	0о 30
6	Напруга живлення, В	12÷36
7	Потужність споживання, Вт	0

На підставі обраних датчиків та їх технічних характеристик складена табл. 2.3.

Таблиця 2.3 – Датчики

№	Назва параметру	Принцип дії	Тип	Діапазон змінення	Точність	Значення виходу	Період оновлення	Напруга живлення	Потужність споживання
1	Поточна температура води	Термоелектричний перетворювач	Аналоговий	-40÷375 °С	±1.5°С	4÷20 мА	0.1 с	12÷36 В	1 Вт
2	Аварійна температура води	Біметалічна пластина	Дискретний	95 °С	±1.5°С	До 30А	0.1 с	12÷36 В	0 Вт

2.3.2 Вибір виконавчих пристроїв

Додаткові виконавчі пристрої не треба застосовувати в системі управління, так як ТЕН-1 та ТЕН-2, мають контактори типу 2КМ.010, які мають стандартні входи управління с параметрами 24 В, 0,3А постійного струму, що підтримують більшість промислових пристроїв управління.

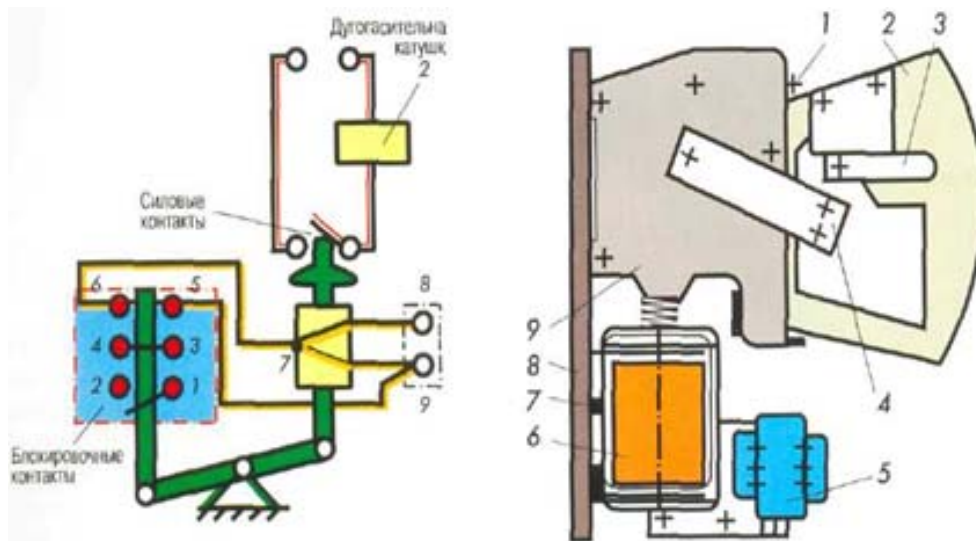


Рисунок 2.5 – Контактор EMS-32а

- | | |
|--|-------------------------------|
| 1 - болт; | 2 - дугогасильні камери; |
| 3 - блокувальний пристрій дугогасильні камери; | 4 - система магнітного дуття; |
| 5 - блокувальні контакти; | 6 - обмотка електромагніту; |
| 7 - електромагніт; | 8 - ізоляційна плита; |
| 9 - корпус з силовими контактами. | |

Обмотка електромагніту контактора EMS-32а складається з двох катушок: що включає (затискачі 7, 8) і що утримує (затискачі 8, 9). При включенні контактора напруга подається на обмотку електромагніту. Спочатку

значний струм протікає через що включає котушку і розмикає блок-контакт (з зажимами 5, 6) для створення достатньої магнітного поля для забезпечення форсованого тяжіння якоря до сердечника електромагніту. Після включення контактора розривається розмикаючими блок-контакт 9 (з зажимами 5, (5), і струм протікає через утримує котушку. Внаслідок цього струм обмежується до тривало допустимого за умовами нагріву котушки, однак значення струму достатньо для утримання контактора у включеному стані.

Внаслідок того, що котушка має велику індуктивність, при розмиканні ланцюга виникають перенапруги, приблизно в 8 разів перевищують номінальне. Для зниження перенапруги обмотка контактора може бути шунтована діодом або діодом і стабілітроном.

На підставі наведеного вище для виконавчих пристроїв, та їх технічних характеристик складена табл. 2.4.

Таблиця 2.4 – Виконавчих пристроїв

№	Назва параметру	Принцип дії	Тип	Діапазон змінення	Лінійність	Значення входу	Період оновлення	Напруга живлення	Потужність споживання
1	Потужність нагріву ТЕН-1	Електромагнітний	Дискретний	вимк./вкл.	Нелінійний	0÷24 В	0,1 с	24 В	7,2 Вт
2	Потужність нагріву ТЕН-2	Електромагнітний	Дискретний	вимк./вкл.	Нелінійний	0÷24 В	0,1 с	24 В	7,2 Вт

2.3.3 Вибір пристроїв управління

Відповідно вимогам до підсистеми управління температурою води, в якості пристрою управління, треба використовуватися програмований логічний контролер компанії VIPA. Цикл роботи контролера повинен бути не більше 100 мс, для забезпечення реакції на змінення температури. Крім того контролер повинен мати не менш 1 Кбайт вільної робочої пам'яті для реалізації програми управління.

Виходячи з того, що до контролеру повинні бути підключені два датчики температури з струмовим інтерфейсом 4÷20 мА, да дискретним входами, та виходи релейні виходи для управління ТЕН-1, ТЕН-2 (+24 В, 3А) контролер

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

Так як підсистема управління температурою води повинна інтегруватися у систему управління кліматичним обладнанням вагону, то бажано мати інтерфейс RS-485 (як один з найбільш розповсюджених).

Наведеним вимогам відповідає програмований логічний контролер VIPA 214-2BS33. Контролер має час арифметичної операції над речовим числом 40 мкс, об'єм пам'яті програм 144 Кбати, об'єм робочої пам'яті 96 Кбайт та інтерфейс RS-485 (рис. 2.6). Технічні характеристики контролеру наведені в табл. 2.5.



Рисунок 2.6 – Програмований логічний контролер VIPA 214-2BS33

Таблиця 2.5 – Технічні характеристики програмованого логічного контролеру VIPA 214-2BS33

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

Датчик температури води має стандартний струмовий сигнал 4÷20 мА. Для підключення датчиків температури обрано модуль аналогового вводу VIPA

231-1BD40 який має чотири аналогові входи (рис. 2.7). Технічні характеристики модуля наведені в табл. 2.6.



Рисунок 2.7 – Модуль аналогового вводу VIPA 231-1BD40

Таблиця 2.6 – Технічні характеристики модуля аналогового вводу VIPA 231-1BD40

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

Схема підключення датчика температури до модуля аналогового вводу наведена на рис. 2.8.

Відповідно до схеми підключення модуль має чотири незалежні канали, к кожному з яких може бути підключено джерело струму. До позитивного входу датчика підключається позитивний вихід джерела напруги. Вихід датчика, який виступає в якості джерела струму, підключається до відповідного каналу модуля аналогового вводу 2, 4, 6, 8. Земляний вихід модуля аналогового вводу 3, 5, 7, 9 підключається до земляного контакту джерела напруги.

Вхід управління ТЕН-1, ТЕН-2 є дискретним та відкривається напругою +24 В. Для підключення ТЕН-1 і ТЕН-2 обрано модуль дискретного вводу VIPA 222-1BF00 (рис. 2.9). Технічні характеристики модуля наведені в табл. 2.7.

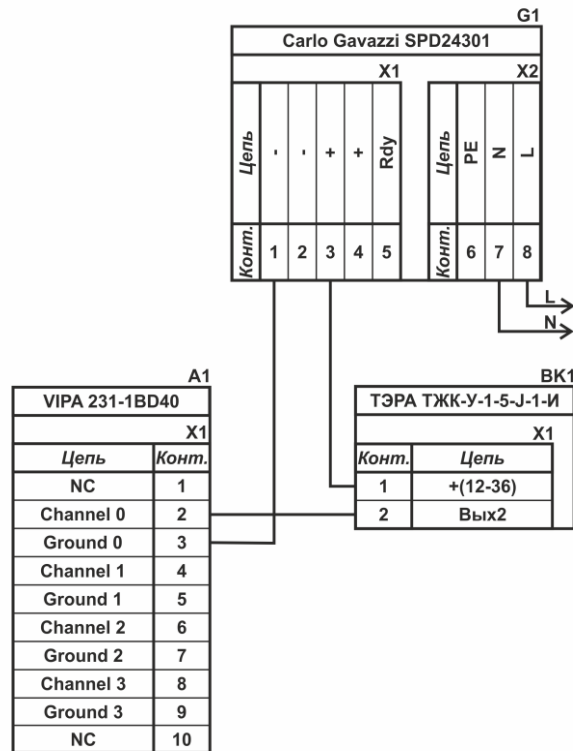


Рисунок 2.8 – Схема підключення датчика температури



Рисунок 2.9 – Модуль дискретного виводу VIPA 222-1BF00

Таблиця 2.7 – Технічні характеристики модуля дискретного виводу VIPA 222-1BF40

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

Схема підключення ТЕН-1 до модуля дискретного виводу наведена на рис. 2.10. Відповідно до схеми підключення модуль має вісім незалежних

каналів, кожний з яких може бути використаний для управління дискретним виконавчим пристроєм з напругою +24 В. Блок живлення підключено до 1 та 10 входів модуля. Відповідний вихід модуля 2 підключено до входу ТЕН-1. Земляний вихід ТЕН-1 підключено до земляного входу блока живлення. Аналогічно підключено ТЕН-2, але відповідно до виходам модуля 3.

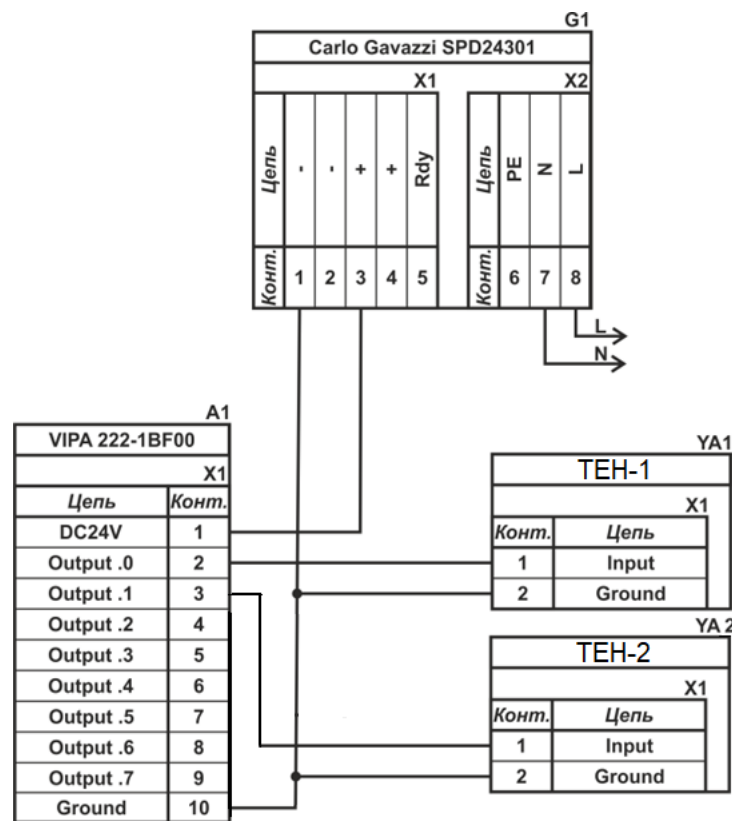


Рисунок 2.10 – Схема підключення клапану

На підставі обраного програмованого логічного контролера та його модулів складена табл. 2.8.

Таблиця 2.8 – Пристрій управління та його модулі

№	Назва модуля	Пристрій	Напруга живлення	Потужність споживання
1	VIPA 214-2BS33	Центральний процесорний модуль	24 В	5.00 Вт
2	VIPA 231-1BD40	Модуль аналогового вводу	24 В	0.60 Вт
		Датчик температури води ТЄРА ТЖК-У-1-5-Ј-1-И	24 В	1.00 Вт
3	VIPA 222-1BF00	Модуль дискретного виводу	24 В	2.00 Вт
		ТЕН-1, ТЕН-2	24 В	14.4 Вт

2.3.4 Вибір джерел живлення

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

$$P = 5.00 + 0.60 + 2.00 = 7.60 \text{ Вт.} \quad (2.1)$$

Виходячи з потужності споживання контролеру та його модулів у якості джерела живлення обрано блок живлення SPD24301 з вихідною напругою +24 В та потужністю 30 Вт (рис. 2.11). Технічні характеристики блока живлення наведені в табл. 2.9.



Рисунок 2.11 – Блок живлення Carlo Gavazzi SPD24301

Таблиця 2.9 – Технічні характеристики блока живлення Carlo Gavazzi SPD24301

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

Схему підключення програмованого логічного контролера до блока живлення наведена на рис. 2.12.

Виконавши аналіз обраного обладнання можливо зробити вивід, що зовнішній блок живлення потрібен для датчиків температури та електромагнітного клапана які мають напругу живлення +24 В та потужність споживання:

$$P = 1.00 + 14.4 = 15.4 \text{ Вт.} \quad (2.2)$$

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

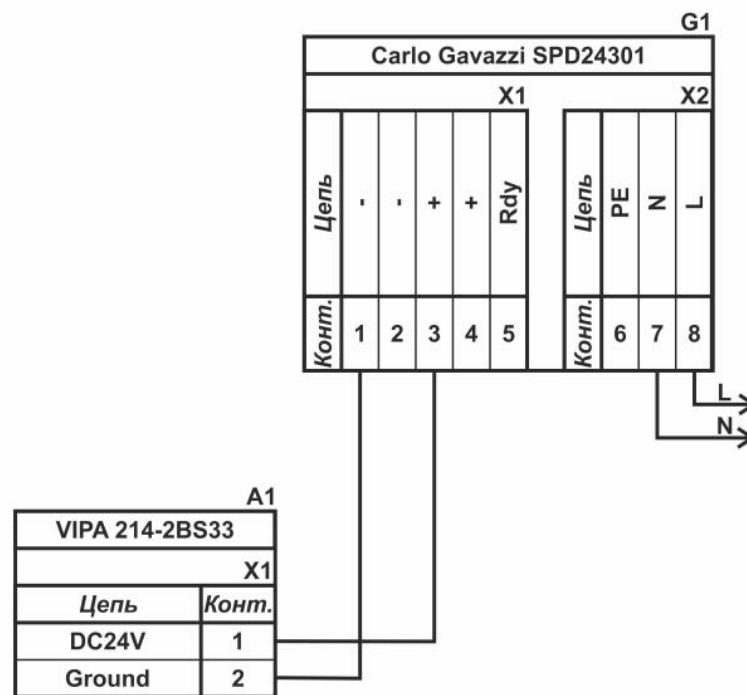


Рисунок 2.12 – Схема підключення програмованого логічного до блока живлення

2.4 Розробка функціональної схеми автоматизації

На основі вимог до підсистеми управління температурою води та обраного апаратного забезпечення розроблена функціональна схема автоматизації, яка наведена на рис. 2.13.

У якості пристрою управління використовується програмований логічний контролер (UY 5 – VIPA 214-2BS33). Програмований логічний контролер підключено до системи управління кліматичним обладнанням вагону, за що

відповідає контролер більш високого рівня (UY 6), зв'язок між ними реалізовано за допомогою інтерфейсу RS-485.

Поточна температура води вимірюється на виході котла за допомогою датчика температури (TE 1-1 – ТЄРА ТЖК-У-1-5-І-І), вимірне значення за допомогою вбудованого до датчика перетворювача (ТТ 1-2 – ТЄРА ТЖК-У-1-5-І-І) трансформується в стандартний струмовий сигнал $4\div 20$ мА.

Якщо температура води перевищує $95\text{ }^{\circ}\text{C}$ датчик аварійної температури води (TE 4-1 датчика ДВВ-95) за допомогою вбудованого до датчика перетворювача (ТТ 2-2 – ДВВ-95) забороняє погодження сигналів керування для ТЕН-1 та ТЕН-2.

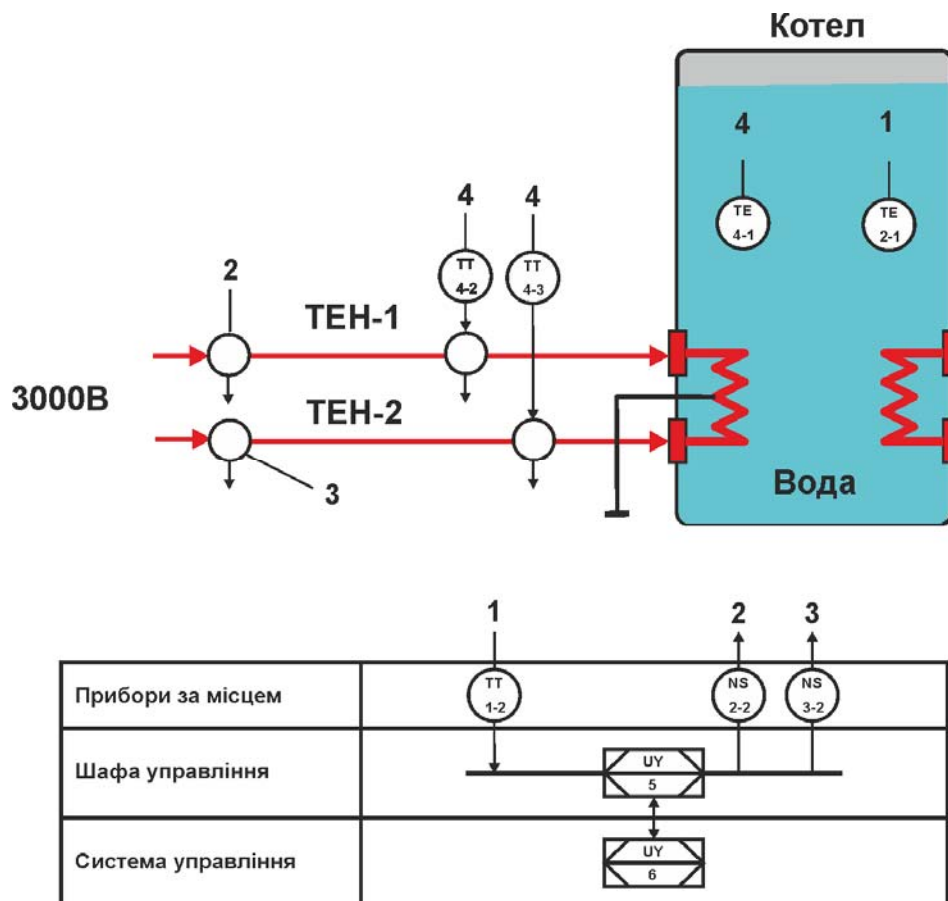


Рисунок 2.13 – Функціональна схема автоматизації підсистеми управління

На підставі значення поточної температури води програмований логічний контролер (UY 5 – VIPA 214-2BS33) формує керуючі впливи, які за допомогою перетворювачів 2 і 3 (NS 2-2, NS 3-2) який виконує нагрів води у котлу.

2.5 Розробка схеми електричної принципової

На основі функціональної схеми автоматизації та обраного апаратного забезпечення розроблена схема електрична принципова підсистеми управління температурою води (рис. 2.14).

В підсистемі використовуються два блока живлення. Блок живлення Carlo Gavazzi SPD24301 (G1) підключено до програмованого логічного контролеру VIPA 214-2BS33 (A1). Блок живлення Carlo Gavazzi SPD24301 (G2) підключено до модулю дискретного виводу VIPA 222-1BF00 (A1 – X5), датчику температури води ТЄРА ТЖК-У-1-5-J-1-И (ВК1) та датчику аварійної температури води ДВВ-95 (ВК2).

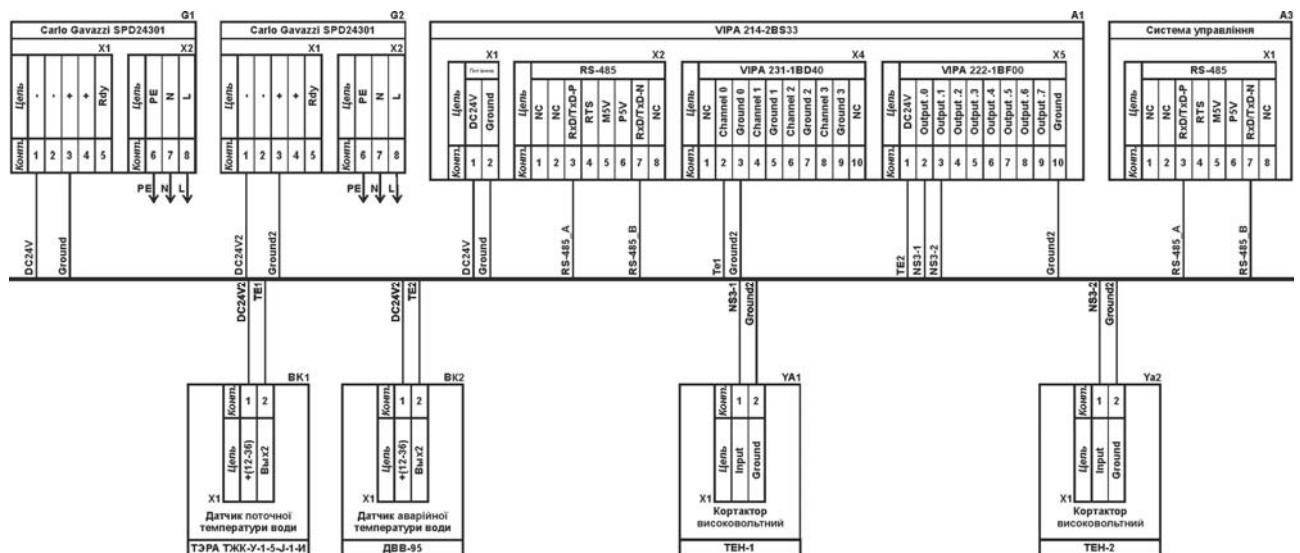


Рисунок 2.14 – Схема електрична принципова підсистеми управління

Зв'язок між програмованим логічним контролером VIPA 214-2BS33 (A1) та системою управління кліматом вагону (A3) реалізовано за допомогою інтерфейсу RS-485 (A1 – X2).

Вимірювання поточної температури води виконує аналоговий датчик ТЄРА ТЖК-У-1-5-J-1-И (ВК1), який підключено до модулю аналогового вводу VIPA 231-1BD40 (A1 – X4) до каналу 0 за допомогою стандартного струмового сигналу 4÷20 мА.

Контроль аварійної температури води виконує дискретний датчик ДВВ-95 (ВК2) з нормально-замкнутими контактами, через які підключено живлення

24 В для необхідне для управління високовольтними контакторами відповідно через модуль виводу VIPA 222-1BF00 (A1 – X5) через ланцюжки NS2-1, NS3-1. При наявності на вході високовольтного контакторів напруги +24 В вони підключають відповідні ТЕН до мережи 3000 В, а при вимиканні напруги він самостійно повертається до зачиненого стану.

2.6 Висновки за розділом

У якості об'єкта управління виступає котел системи опалення пасажирського купейного вагону. У цьому розділі вибрано апаратно-програмні засоби для створення підсистеми управління комбінованим котлом опалення пасажирського купейного вагону, розроблена схема автоматизації та принципова системи управління.

3 ВИЗНАЧЕННЯ МОДЕЛІ ОБ'ЄКТА УПРАВЛІННЯ

3.1 Розробка структурної схеми інформаційних потоків дослідницької системи

Система дослідження призначена для збору інформації про об'єкт управління. Основними функціями системи є формування, або реєстрування керуючого впливу, який подається на об'єкт управління, реєстрування дійсного значення на виході об'єкта, візуалізація отриманих даних та їх надання у зручному для подальшої обробки виді.

Згідно з завданням та розробленим апаратним забезпеченням підсистеми, до контуру управління температурою води у комбінованому котлу опалення залізничного пасажирського вагону входять об'єкт управління, в якості котрого виступає сам котел, ємністю 1200 л, датчик температури води, в якості якого виступає термоелектричний перетворювач, який має діапазон вимірювання - $40 \div 375$ °С з сигналом струму $4 \div 20$ мА, пристрій управління в якості котрого виступає програмований логічний контролер VIPA 214-2BS33, та високовольтні (3 000 В) ТЕН електронагріву котла, потужністю 24 кВт кожний – ТЕН-1, та ТЕН-2.

Візуалізація процесу управління відбувається за допомогою персонального комп'ютера з SCADA системою zenon. Така підсистема дозволяє, крім функцій управління, виконувати функції дослідження об'єкта - для чого достатньо використати дослідницьке програмне забезпечення. Виходячи з цього розроблена структурна схема інформаційних потоків дослідницької системи, яка наведена на рис. 3.1.

Згідно зі структурною схемою, система дослідження може формувати керуючий вплив в якості якого виступає комбінація потужностей ТЕН-1 та ТЕН-2, у дискретному діапазоні 0, 50 та 100 %, за рахунок якої виконується нагрів води котла, який свою чергу виконується для електрообладнання у вагоні. Температура води вимірюється за допомогою відповідного датчика з діапазоном $-40 \div 350$ °С. Програмований логічний контролер виконує управління ТЕН-1 та ТЕН-2 та отримання значення температури води з датчика температури.

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

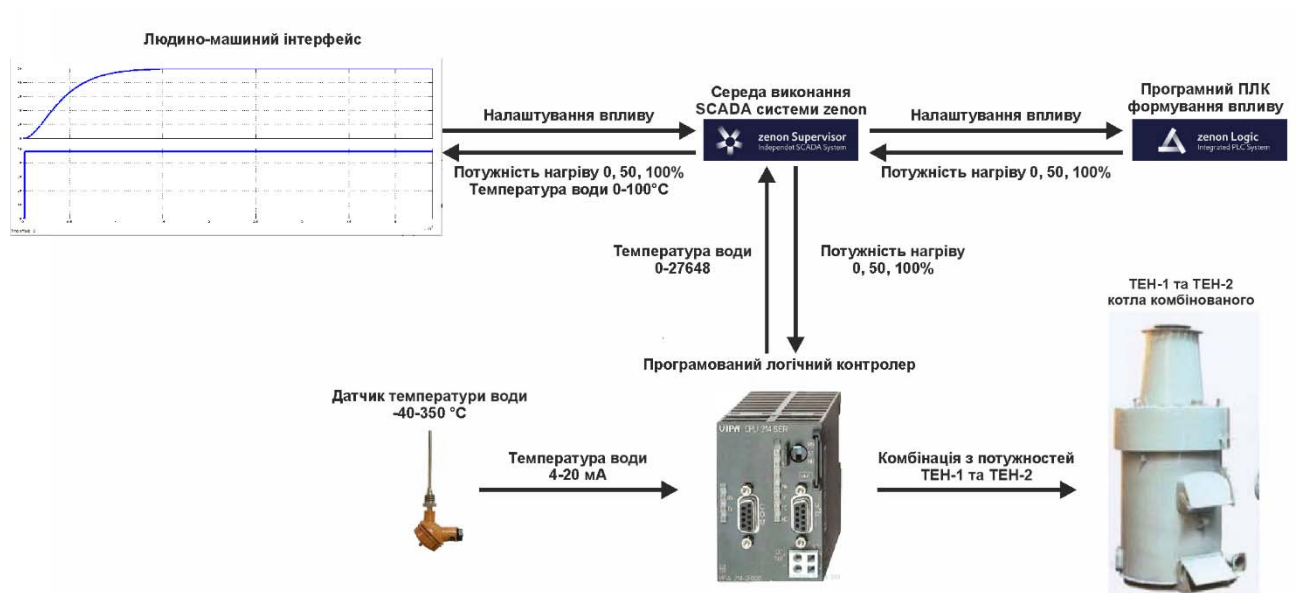


Рисунок 3.1 – Структурна схема інформаційних потоків дослідницької системи

3.2 Розробка методики дослідження об'єкта управління

Система дослідження дозволяє формування різноманітних керуючих впливів та поданнях на ТЕН-1 та ТЕН-2 котла. При цьому об'єкт управління не накладає ні яких обмежень на керуючий вплив. Виходячи з цього об'єкт управління можливо дослідити за допомогою метода активного експерименту.

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

1. Налаштувати систему дослідження.
2. Отримати динамічну характеристику.
 - 2.1. Привести об'єкт управління до початкових умов, дочекатися досягнення усталеного режиму – температура води у котли повинна дорівнювати

початковим умовам (як правило, дорівнювати температурі навколишнього середовища).

2.2. Запустити процес реєстрування.

2.3. Задати потужність нагріву 100 %, дочекатися досягнення усталеного режиму.

2.5. Зупинити процес реєстрації.

3. Отримання даних за для побудови статичної характеристики.

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

3.2. Запустити процес реєстрування.

3.3. Задати потужність нагріву 50 %, дочекатися досягнення усталеного режиму.

3.4. Задати потужність нагріву 100 %, дочекатися досягнення усталеного режиму.

3.5. Зупинити процес реєстрації.

4. Отримання даних при П-образному впливі.

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

4.2 Запустити процес реєстрування.

4.3. Задати потужність нагріву 100 %, дочекатися досягнення усталеного режиму.

4.4. Задати потужність нагріву 0 %, дочекатися досягнення усталеного режиму.

4.5. Зупинити процес реєстрації.

5. Отримання перевіірочних даних.

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

5.2. Налаштувати псевдовипадковий вплив таким чином, щоб період зміни впливу бажано був у десять раз менший за час перехідного процесу, а амплітуда впливу змінювалася в дискретно в діапазоні 0, 50, 100 %.

5.3. Запустити процес реєстрування.

5.4. Запустити формування псевдовипадкового впливу.

5.5. Виконувати реєстрацію бажано на протязі часу не менш за п'яти перехідних процесів.

5.6. Зупинити процес реєстрації.

3.3 Виконання експерименту

Початкова температура води у котли 20 °С, що дорівнює температурі навколишнього середовища.

На першому етапі проведення експерименту виконано налаштування системи дослідження таким чином, що керуючий вплив може знаходитися дискретно в діапазоні 0, 100 %, а значення температури води в діапазоні 0÷100 °С.

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

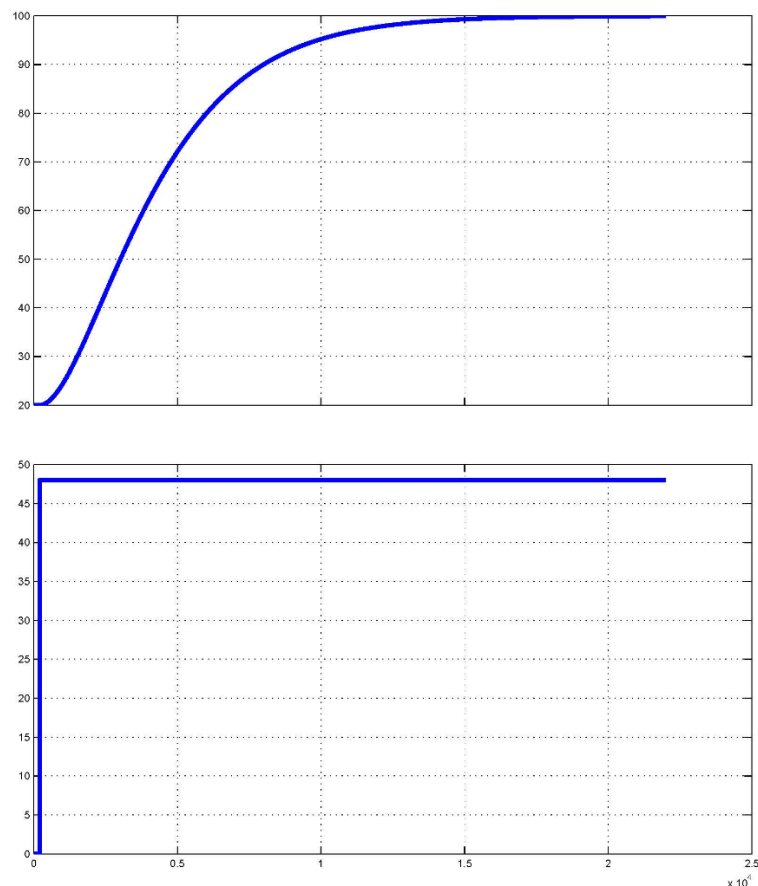


Рисунок 3.2 – Отримання динамічної характеристики

Для цього нагрів було встановлено на потужність 0 %. Після досягнення усталеного режиму потужність нагріву було встановлено на потужність 100 %. Після досягнення усталеного режиму експеримент було закінчено.

На третьому етапі було виконано отримання даних для побудови статичної характеристики (рис. 3.3). Для цього нагрів було встановлено на потужність 0 %. Після досягнення усталеного режиму нагрів було встановлено на потужність 50 %. Після досягнення усталеного режиму було потужність встановлено на потужність 100 %. Після досягнення усталеного режиму експеримент було закінчено.

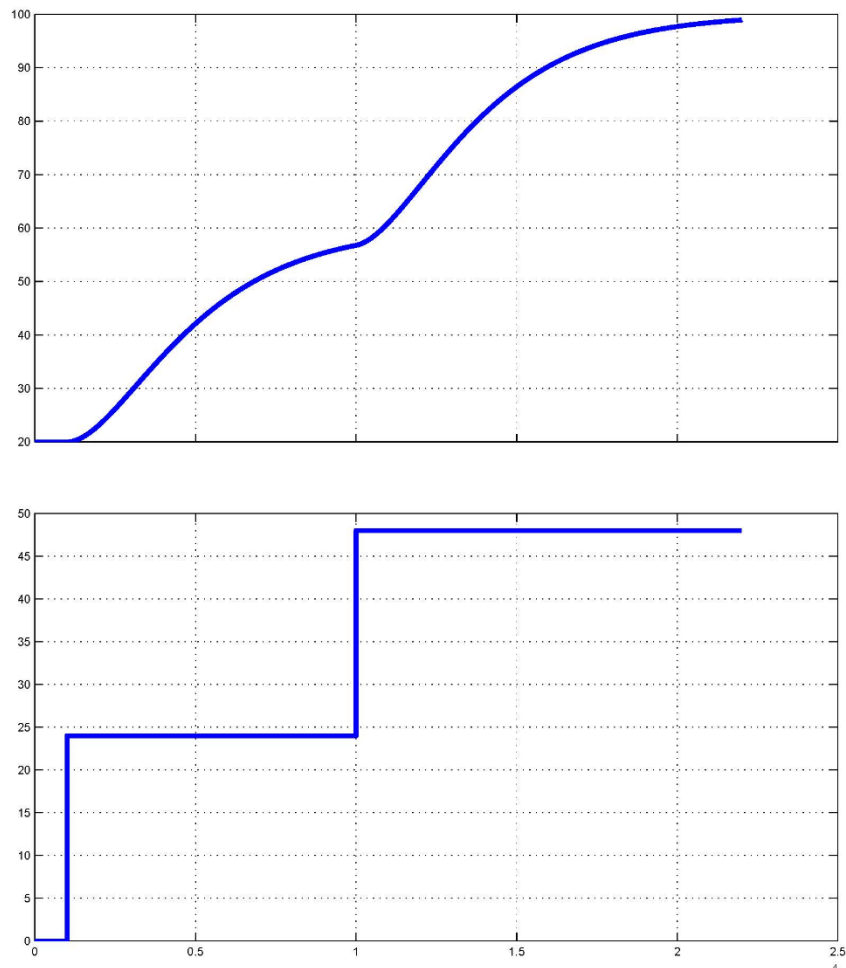


Рисунок 3.3 – Отримання даних для побудови статичної характеристики

На четвертому етапі було виконано отримання даних П-образному керуючому впливі (рис. 3.4). Для цього потужність було нагрів на потужність 0 %. Після досягнення усталеного режиму нагрів було встановлено на

потужність 100 %. Після досягнення усталеного режиму нагрів було встановлено на потужність 100 %. Після досягнення усталеного режиму експеримент було закінчено.

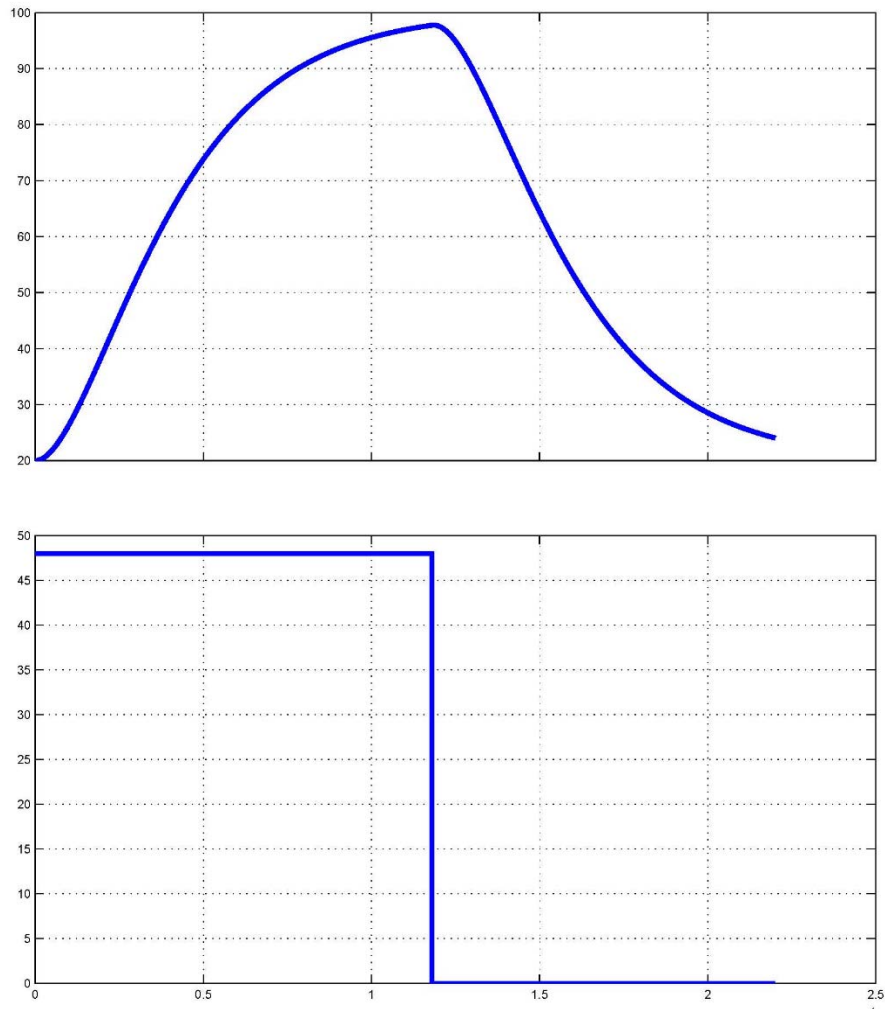


Рисунок 3.4 – Отримання даних при П-образному керуючому впливі

На п'ятому етапі було виконано отримання перевірочних даних (рис. 3.5). Для цього період псевдовипадкового дискретного впливу було налаштовано на послідовність з ймовірних потужностей 0, 50 та 100 %, а реєстрація відбувалася на протязі 44 000 секунд.

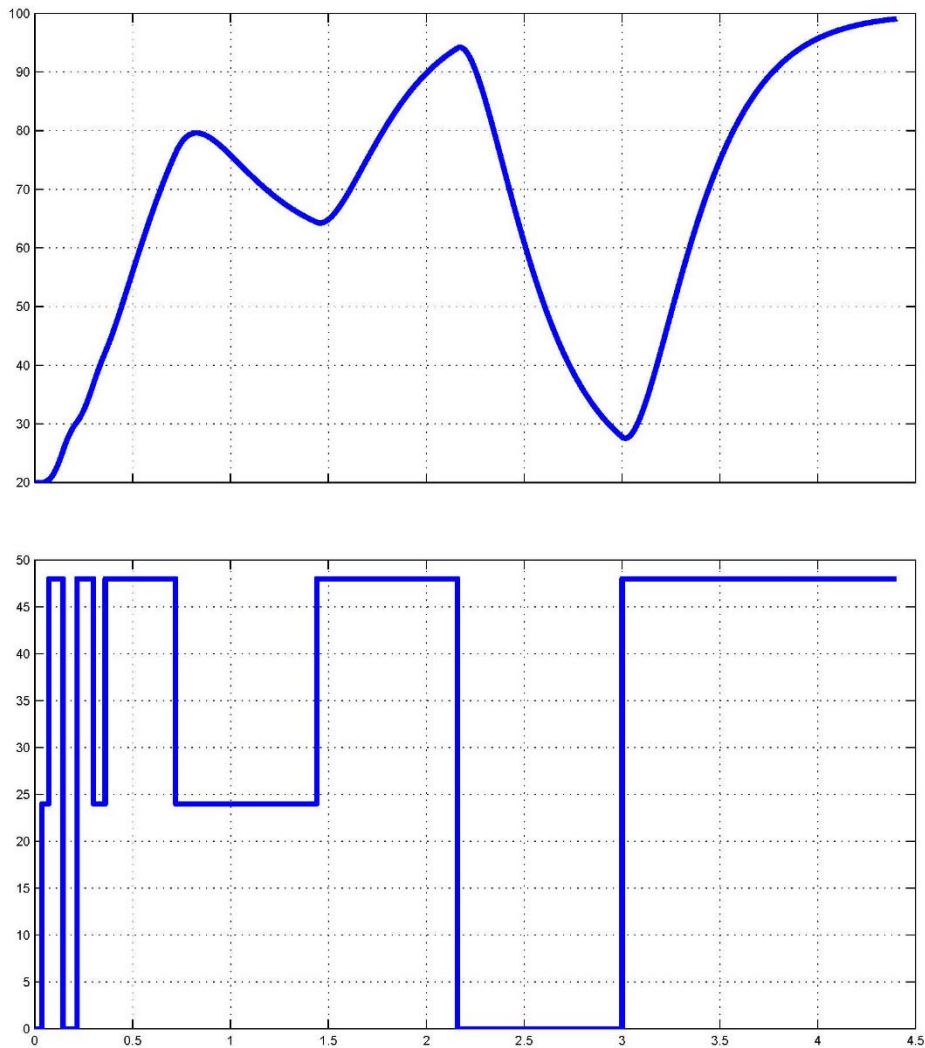


Рисунок 3.5 – Отримання перевірочних даних

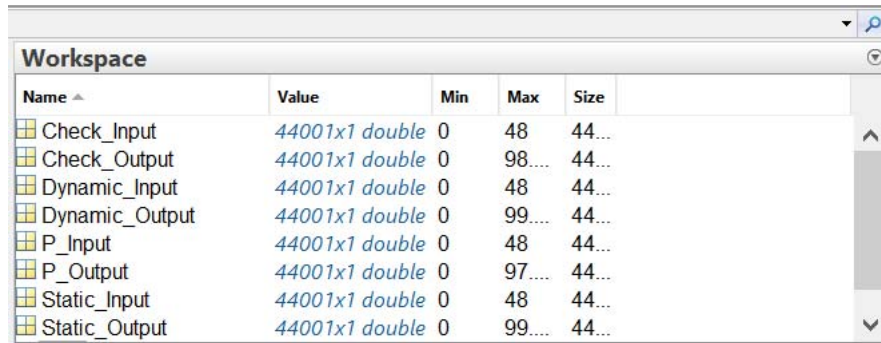
У результаті виконання плану експерименту проведено всеосяжне дослідження об'єкта управління та отримані динамічна характеристика, дані для побудови статичної характеристики, дані при П-образному керуючому впливі та перевірочні дані.

3.4 Обробка результатів експерименту

3.4.1 Підготовка даних

Дані отримані в SCADA системі zenon було імпортовано до математичного пакета MATLAB з метою подальшої обробки (рис. 3.6). Змінні які відповідають даним динамічної характеристики “Dynamic_Input”, “Dynamic_Ounput”, даним для побудови статичної характеристики “Static_Input”, “Static_Ounput”, даним отриманим при П-образному керуючому

впливі “P_Input”, “P_Output”, перевірочним даним “Check_Input”, “Check_Output”. Суфікс “_Input” позначає керуючий вплив, а суфікс “_Output” дійсне значення.



Name	Value	Min	Max	Size
Check_Input	44001x1 double	0	48	44...
Check_Output	44001x1 double	0	98....	44...
Dynamic_Input	44001x1 double	0	48	44...
Dynamic_Output	44001x1 double	0	99....	44...
P_Input	44001x1 double	0	48	44...
P_Output	44001x1 double	0	97....	44...
Static_Input	44001x1 double	0	48	44...
Static_Output	44001x1 double	0	99....	44...

Рисунок 3.6 – Імпортовані данні

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

```
>> Dynamic_Raw=iddata(Dynamic_Output, Dynamic_Input, 1);
>> Static_Raw=iddata(Static_Output, Static_Input, 1);
>> P_Raw=iddata(P_Output, P_Input, 1);
>> Check_Raw=iddata(Check_Output, Check_Input, 1);
```

З отриманих даних була видалена статична складова:

```
>> Dynamic_Raw_Trend = getTrend(Dynamic_Raw);
>> Dynamic_Raw_Trend.OutputOffset = 20;
>> Dynamic = detrend(Dynamic_Raw, Dynamic_Raw_Trend);

>> Static_Raw_Trend = getTrend(Static_Raw);
>> Static_Raw_Trend.OutputOffset = 20;
>> Static = detrend(Static_Raw, Static_Raw_Trend);

>> P_Raw_Trend = getTrend(P_Raw);
>> P_Raw_Trend.OutputOffset = 20;
>> P = detrend(P_Raw, P_Raw_Trend);

>> Check_Raw_Trend = getTrend(Check_Raw);
>> Check_Raw_Trend.OutputOffset = 20;
>> Check = detrend(Check_Raw, Check_Raw_Trend);
```

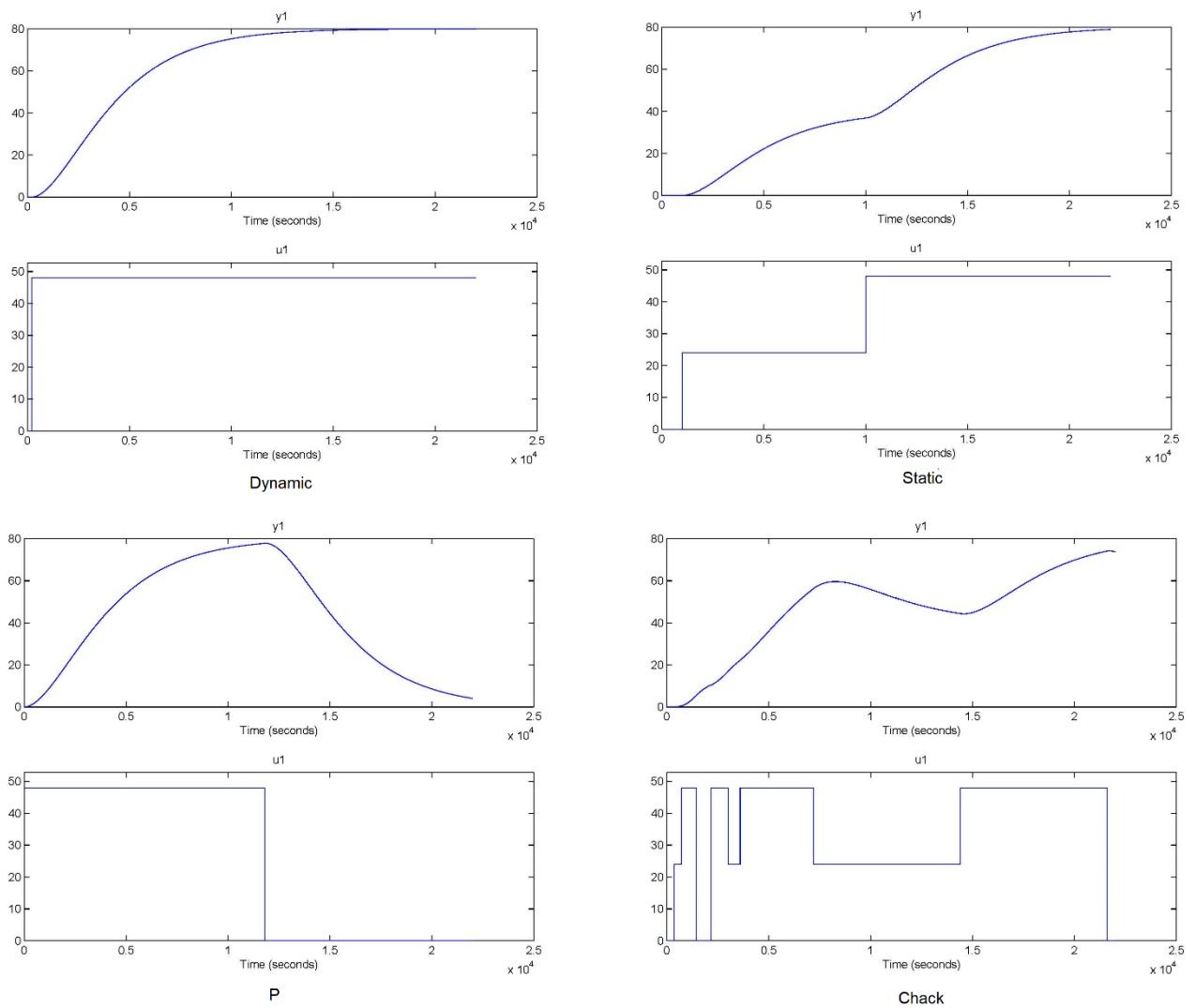



Рисунок 3.7 – Динамічна, статична, П-образна та перевірна характеристики з видаленими статичними складовими (20 °С)

Дані температури води отримані при П-образному керуючому впливі було розділено на дві змінні. До першої змінної “P_First” увійшли данні етапу підйому дійсного значення, а до другої змінної “P_Second” увійшли данні етапу спаду дійсного значення.

3.4.2 Структурна ідентифікація

З метою оцінки структури моделі об’єкта управління проаналізуємо динамічну характеристику об’єкта управління (рис. 3.8). Після подачі керуючого впливу температура змінюється, виходячи з цього можливо зробити висновок, що об’єкт не володіє запізненням. Крім того на динамічній характеристиці відсутня інерція, характер перехідного процесу монотонний, а кількість

перегинів дорівнює двом. На підставі цього можливо зробити висновок, що модель об'єкта управління може бути представлена у вигляді аперіодичної ланки другого порядку з запізненням.

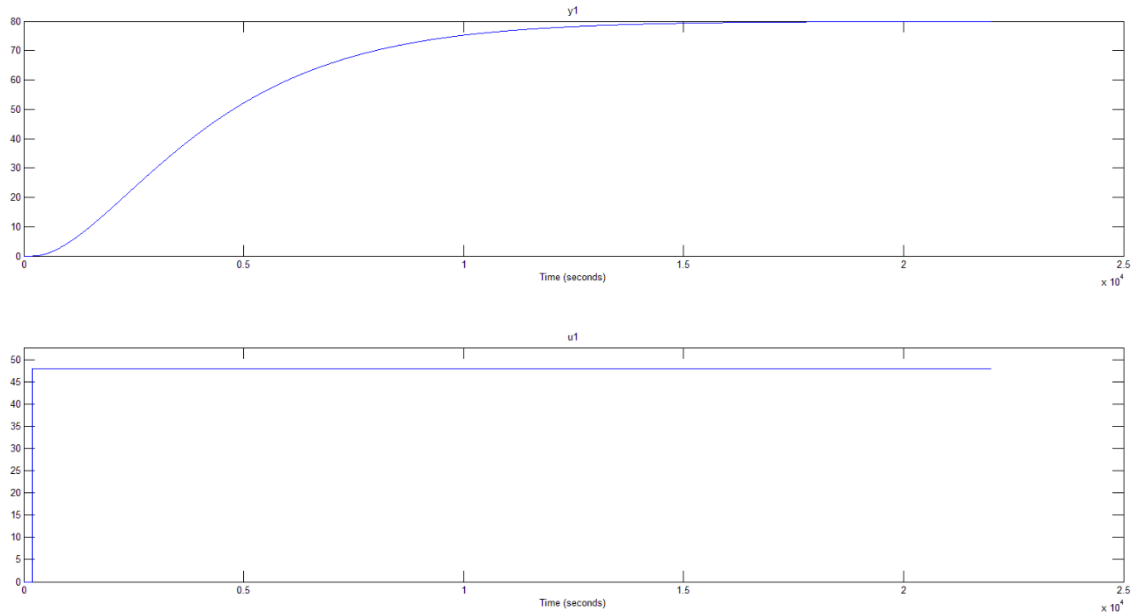


Рисунок 3.8 – Динамічна характеристика

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

```
>> Static_Input_Vector = [1001, 10001];  
>> Static_Output_Vector = [24, 48];  
>> plot(Static_Input_Vector, Static_Output_Vector)
```

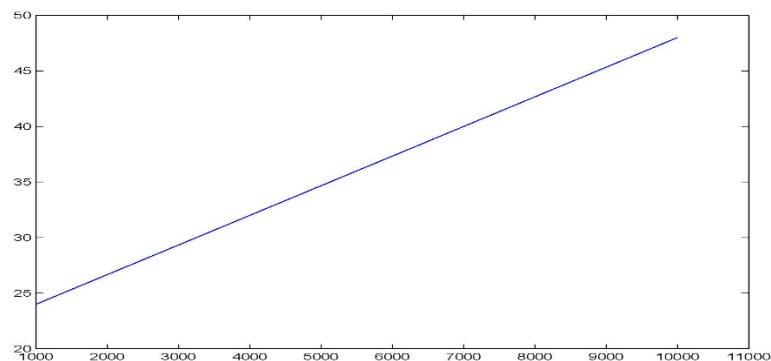


Рисунок 3.9 – Статична характеристика

Статична характеристика об'єкта управління лінійна. На підставі цього можливо зробити висновок, що об'єкт управління також є лінійним у діапазоні потужності 0, 50, 100 %.

Проаналізуємо характеристику отриману при П-образному керуючому впливі (рис. 3.10). Змінення потужності нагріву від 0 % до 100 % приводить до відповідного збільшення температури води, а зменшення потужності від 100 % до 0 % приводить до відповідного зменшення температури води. На підставі цього можливо зробити висновок, що об'єкт не володіє інтегруючими властивостями є об'єктом з самовирівнюванням.

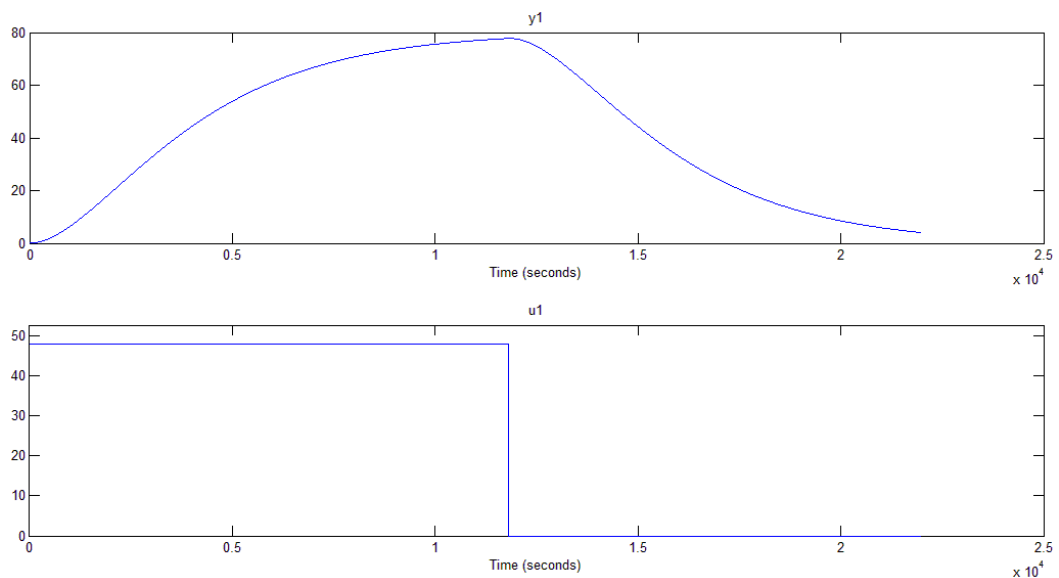


Рисунок 3.10 – Характеристика при П-образному керуючому впливі

На підставі даних отриманих при П-образному керуючому впливі виконаємо перевірку об'єкта управління на симетричність:

```
>> (std(P_First) - std(P_Second)) * 100.0 / 80.0
ans =
    0.052489311824845
```

Так як різниця стандартних відхилень етапу підйому до етапу спаду відносно діапазону зміни температури води 80,0 °С становить 0,05 %, що є значно меншим ніж величина технічної похибки 10 %, об'єкт управління є симетричним.

Виходячи з проведеного аналізу експериментальних даних можливо зробити висновок, що об'єкт управління може бути представлений в виді аперіодичної ланки другого порядку без запізнення.

$$W(s) = \frac{k}{(T1s + 1) * (T2s + 1)} \quad (3.1)$$

де $W(s)$ – передавальна функція, k – коефіцієнт підсилення, $T1$ – перша постійна часу (с), $T2$ – друга постійна часу (с).

3.4.3 Параметрична ідентифікація

При аналізі динамічної характеристики було встановлено, що коефіцієнт підсилення:

$$k = \frac{80}{48} = 1.666 \quad (3.2)$$

Подальше визначення параметрів об'єкта управління виконано за допомогою “System Identification Toolbox”, для якого у якості робочих даних використані данні динамічної характеристики “Dynamic”, а перевірочні данні “Check” для оцінки відповідності моделі об'єкта управління, так як ці данні раніше не використовувалися при ідентифікації (рис. 3.8).

Для визначення параметрів моделі об'єкта управління використано метод “Process Models”. Налаштування параметрів ідентифікації наведено на рис. 3.11.

Перевірка результатів розрахунків наведена на рис. 3.17 та в табл. 3.1. Отримана модель “O2” не відповідає об'єкту управління, на 100.00 % за нормованим середнє квадратичним відхиленням, по перевірочним даним та на 100 % по динамічній характеристиці. Виходячи з цього для створення моделі об'єкта управління обрані параметри цієї моделі.

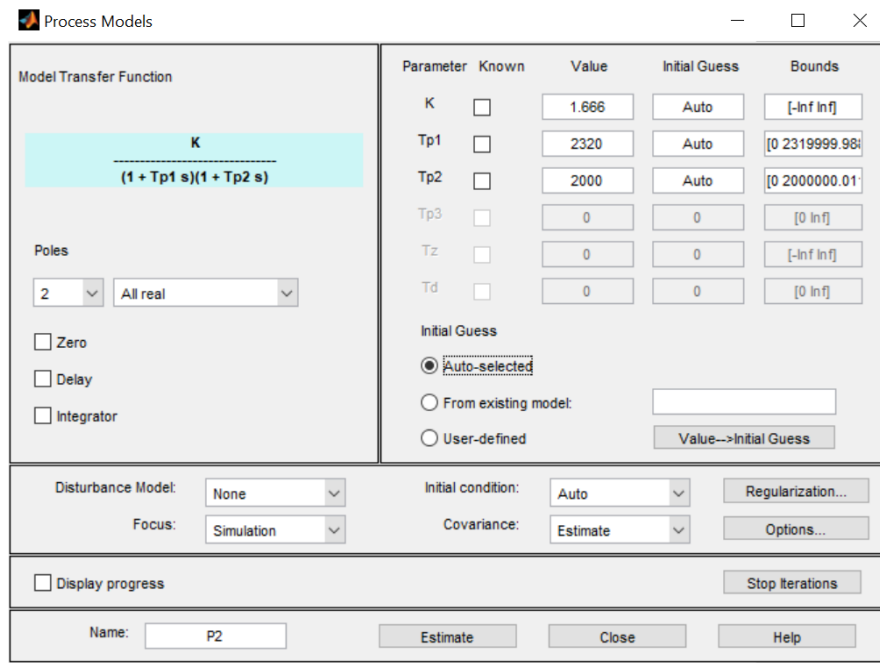


Рисунок 3.11 – Налаштування Process Models

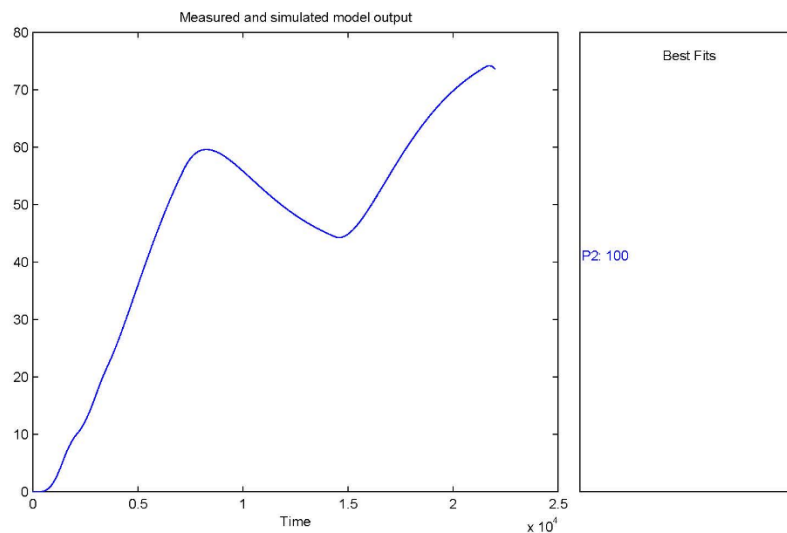


Рисунок 3.12 – Перевірка результатів розрахунків

Таблиця 3.1 – Результати розрахунків параметрів об'єктів управління

Назва параметру	O2
k	1.666
T_1, c	2320
T_2, c	2000
Динаміс – Динамічна характеристика	
NRMSE, %	100.00
FPE	$3.04 \cdot 10^{-24}$
MSE	$5.756 \cdot 10^{-17}$
Check – Перевірочні данні	
NRMSE, %	100.00

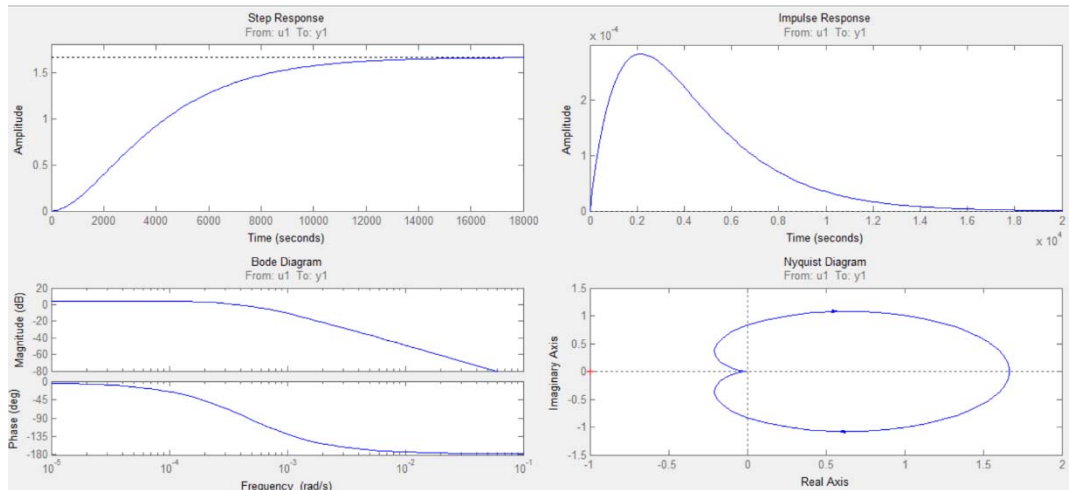


Рисунок 3.13 – Характеристики моделі управління

На підставі виконаних досліджень отримана модель об'єкта управління у виді передавальної функції:

$$W(s) = \frac{1.666}{(2320s + 1) * (2000s + 1)} \quad (3.2)$$

3.4.4 Розробка моделі об'єкта управління в Simulink

За результатами ідентифікації розроблена модель об'єкта управління в графічному середовищі імітаційного моделювання Simulink (рис. 3.14) у вигляді передавальної функції.

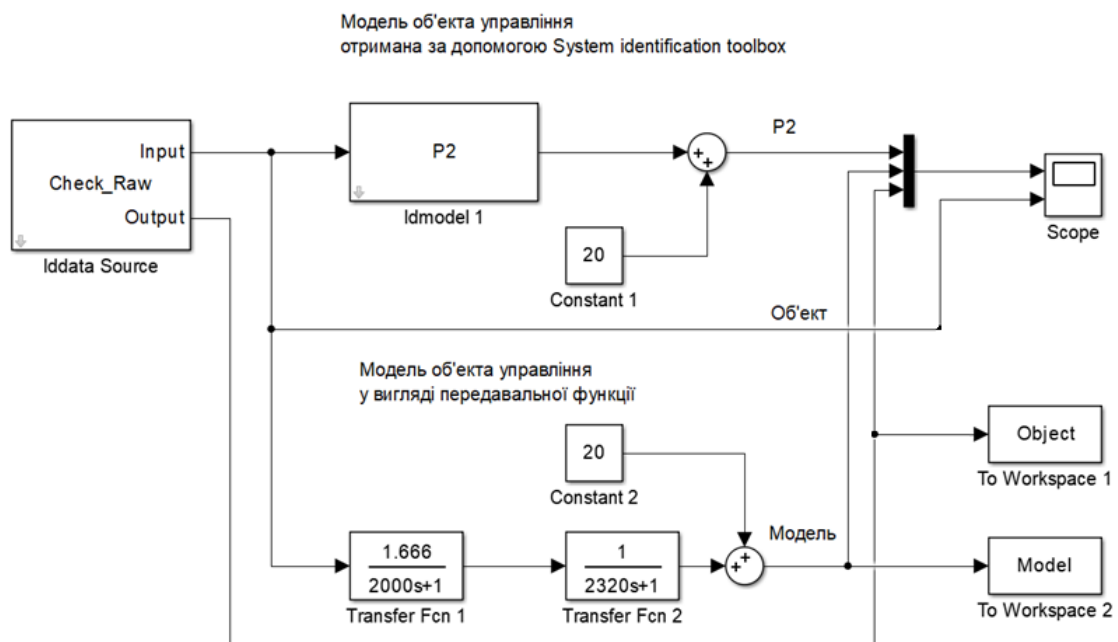


Рисунок 3.14 – Модель об'єкта управління в середовищі Simulink

Результати моделювання об'єкта управління з використання перевірочних даних наведені на рис. 3.15. Отримана модель об'єкта у вигляді передавальної функції не відрізняється від моделі об'єкта отриманої у програмному забезпеченню “System identification toolbox”. Крім того результати моделювання практично не відрізняються від перевірочних даних. Таким чином отриману модель у вигляді передавальної функції може бути використано замість моделі отриманої на етапі параметричної ідентифікації.

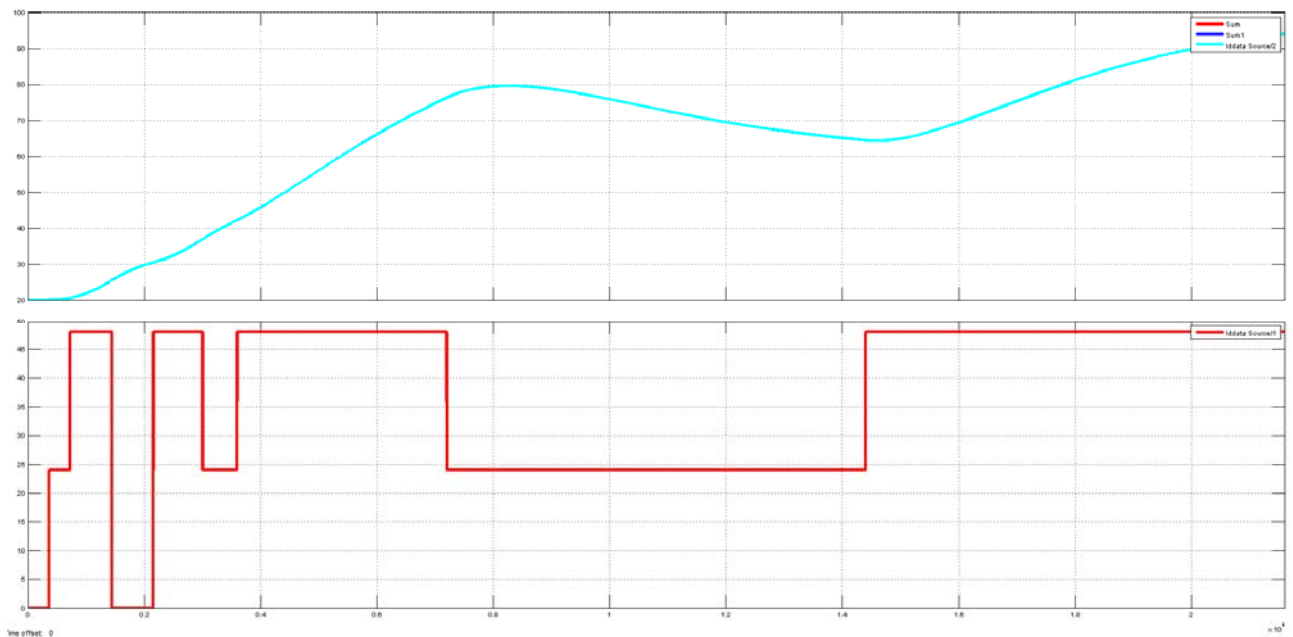


Рисунок 3.15 – Результати моделювання з використання перевірочних даних

3.4.5 Перевірка моделі на адекватність

На підставі результатів моделювання та перевірочних даних виконано аналіз адекватності моделі об'єкта управління за методом нормованого середнє квадратичного відхилення:

```
>> nrmse = goodnessOfFit(Model, Object, 'NRMSE') * 100.0
nrmse =
    100.00
```

Згідно з результатами модель відповідна до об'єкта управління на 100.00 %, а тому є адекватною та може бути використана для моделювання об'єкта управління в подальших дослідженнях.

Остаточна модель об'єкта управління наведена на рисунку 3.16, а результати моделювання на рисунку 3.17.

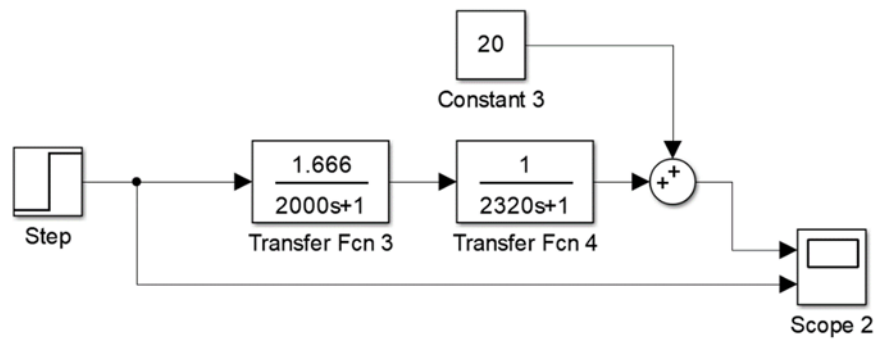


Рисунок 3.16 – Остаточна модель об'єкта управління

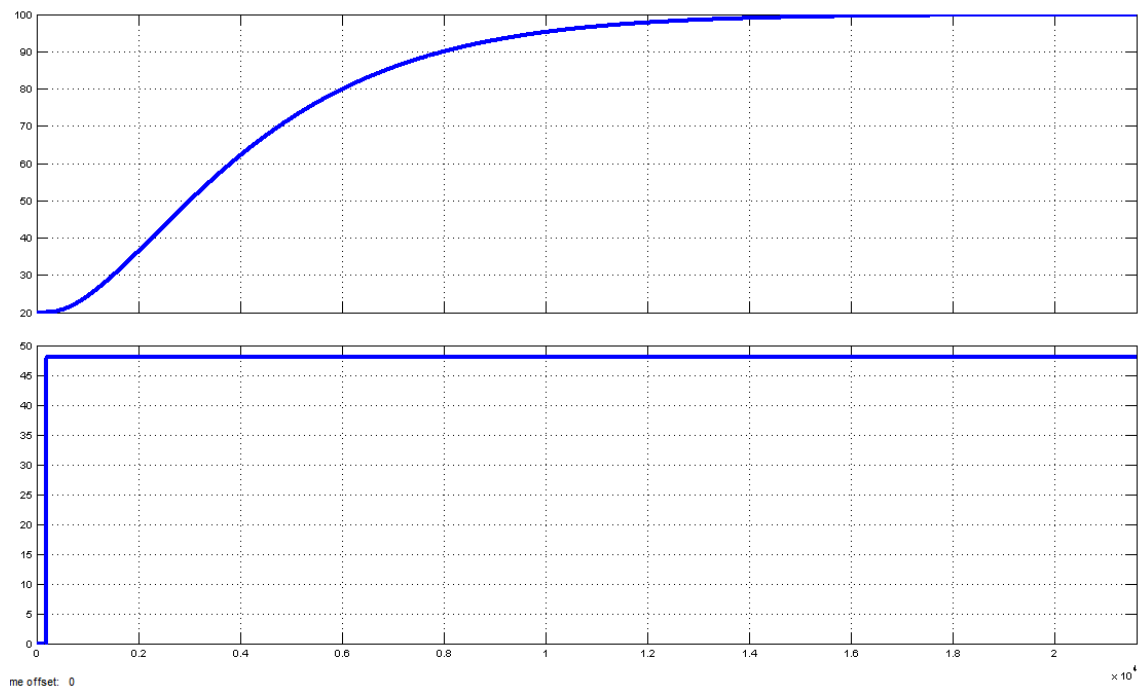


Рисунок 3.17 – Динамічна характеристика

3.5 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.

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

4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

4.1 Загальні відомості

У господарство залізничного 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

4.2 Техніко-економічне обґрунтування розробки

У кваліфікаційній роботі розроблена система управління (СУ) електроустаткуванням для пасажирського вагону. СУ призначена для автоматизованого управління електроустаткуванням пасажирського вагону. При впровадженні системи очікується економічний ефект за рахунок:

- зниження капітальних витрат на придбання і монтаж засобів СУ за рахунок застосування дешевшої панелі управління і контролера вітчизняного виробництва;

- зниження витрат на розробку і впровадження програмного забезпечення ПЗ СУ.

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

4.3 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. 4.1. А для аналогічної системи (в табл. 4.2, спроектованою в 2001 р. Науково-виробниче підприємство (НПП) «Хартрон (Експрес», м. Харків) і виконаною на морально застарілому, на сьогодні, і дорогому контролері серії Siemens Simatic S5.

Таблиця 4.1 - 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%)	Монтажно-налагоджувальні роботи, грн(10%)
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Програмований логічний контролер	VIPA 214-2BS33	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 таблиці 4.1

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
Виносні елементи							
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
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+V A - 7152-1001	1	1 992,6	1992,6	99,63	199,26
34	Клапан 3-ход. змішувачий DN25 +привід клапана	VG7802NT+V A-7152-1002	1	1 058,6	1 058,6	52,93	105,86
Всього				17 377,91	18 554,83	1 145,63	1 248,49

Таблиця 4.2 - 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/16A C	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
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 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

Продовження таблиці 4.2

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

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

$$K_{\text{Пр}} = Z_{\text{К}} + Z_{\text{з.с.}} + Z_{\text{м.р.}}, \text{ грн.} \quad (4.1)$$

$$K_{\text{А}} = Z_{\text{К}} + Z_{\text{з.с.}} + Z_{\text{м.р.}}, \text{ грн.}, \quad (4.2)$$

де $K_{\text{Пр}}$ – капітальні витрати на проєктовану 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.

4.3.1 Техніко-економічне обґрунтування створення і використання програмного продукту

У складі системи управління особливе місце займає програмне забезпечення. ПО розробляється для НМІ панелі МТ8070iH.

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 оперативно-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 налагодження і рішення поставленого завдання, і необхідного об'єму оперативної пам'яті ЕОМ.

4.3.2 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:

$$t = t_o + t_i + t_a + t_p + t_{отл} + t_D, \text{ чол.-г.}, \quad (4.3)$$

де t_o – час на підготовку і опис поставленого завдання, чол.-г.;

- $t_{и}$ – витрати праці на дослідження алгоритму рішення задачі, чол.-г.;
- $t_{а}$ – витрати праці на відробіток блок-схеми алгоритму, чол.-г.;
- $t_{п}$ – витрати праці на програмування по готовій блок-схемі, чол.-г.;
- $t_{отл}$ – витрати праці на налагодження програми на ЕОМ, чол.-г.;
- $t_{д}$ – витрати праці на підготовку документації за завданням, чол.-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 (формула 4.4):

$$Q = q \cdot c \cdot (1 + p), \text{ операторів,} \quad (4.4)$$

- 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:

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

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

Витрати праці на підготовку і опис завдання залежить від конкретних умов і визначається на основі експертних оцінок (формула 3.5) :

$$t_o = \frac{Q \cdot B}{(75 \dots 85) \cdot k}, \text{ чол.-г.}, \quad (4.5)$$

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

Витрати праці на вивчення і описи завдання складуть:

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

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

Витрати праці на відробіток алгоритму рішення завдання (формула 4.6):

$$t_a = \frac{Q}{(20 \dots 25) \cdot k}, \text{ чол.-г.}; \quad (4.6)$$

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

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

Витрати праці на створення програми по готовій блок-схемі (формула 4.7):

$$t_{\Pi} = \frac{Q}{(20 \dots 25) \cdot k}, \text{ чол.-г.}; \quad (4.7)$$

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

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

Витрати праці на налагодження програми на ЕОМ (формула 4.8) :

$$t_{\text{отл}} = \frac{Q}{(4...5) \cdot k}, \text{ чол.-г;} \quad (4.8)$$

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

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

Витрати праці на підготовку документації за завданням (формула 4.9):

$$t_{\text{д}} = t_{\text{др}} + t_{\text{до}}, \text{ чол.-г.}, \quad (4.9)$$

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

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

$$t_{\text{до}} = 0,75 \cdot t_{\text{др}}, \text{ чол.-г;} \quad (4.10)$$

$$t_{\text{др}} = \frac{Q}{(15...20) \cdot k}, \text{ чол.-г;} \quad (4.11)$$

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

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

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

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

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 (формулі 5.3) визначимо трудомісткість відробітку ПО:

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

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

4.2.3 Розрахунок вартості створення програмного продукту

Витрати на створення програмного продукту включають витрати на заробітну плату програміста $Z_{з.п}$ і вартість машинного часу, необхідного на налагодження програми на ЕОМ $Z_{м.в}$.

Витрати на зарплату програміста (формула 4.12) :

$$Z_{з.п} = C_{пр} \cdot t, \text{ грн.}, \quad (4.12)$$

де t - трудомісткість відробітку ПО, який визначається по формулі 5.3, чол.-г.;

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

$$Z_{з.п пр} = 278,65 \cdot 50 = 5573 \text{ грн.},$$

$$Z_{з.п а} = 389,33 \cdot 50 = 7786,6 \text{ грн.}$$

Вартість машинного часу, необхідного для налагодження програми на ЕОМ:

$$Z_{м.в} = t_{отл} \cdot C_{м.в}, \text{ грн.}, \quad (4.13)$$

де $t_{отл}$ - трудомісткість налагодження програми на ЕОМ, розрахована по формулі 5.8, чол.-г.;

$C_{м.в}$.

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

$$Z_{м.в а} = 202,25 \cdot 15 = 1011,25 \text{ грн.}$$

Сумарні витрати на розробку ПО складуть (формула 4.14)

$$K_{п.о} = Z_{з.п} + Z_{м.в}, \text{ грн.} \quad (4.14)$$

$$K_{п.о пр} = 5573 + 723,75 = 6296,75 \text{ грн.},$$

$$K_{п.о а} = 7786,6 + 1011,25 = 8797,85 \text{ грн.}$$

Очікувана тривалість розробки ПО:

$$T = \frac{t}{B_k \cdot F_p}, \text{ місяців} \quad (4.15)$$

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

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

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

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

Капітальні вкладення на проєктовану систему для альтернативного варіанту, з урахуванням витрат на розробку необхідного ПО, складуть (формула 4.16):

$$K_{\text{Пр}} = K + K_{\text{ПО}}, \text{ грн.} \quad (4.16)$$

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

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

Виходячи з розрахунку, економія капітальних витрат складе:

$$\Delta K = K_A - K_{\text{Пр}}, \text{ грн.} \quad (4.17)$$

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

4.4 Визначення річних експлуатаційних витрат в загальному вигляді

Коли склад експлуатаційних витрат визначений, розрахунок економії $\Delta \varepsilon$ ведеться шляхом визначення різниці експлуатаційних витрат за відповідними статтями для проєктованої 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. 4.3.

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:

$$F_H = (N_{\Gamma} - N_{\text{Вих.}} - N_{\text{Отп.}} - N_{\text{Пр.}}) \cdot t_{\text{См.}}, \text{ ч.}, \quad (4.18)$$

де N_{Γ} – кількість днів;

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

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

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

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

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

Таблиця 4.3 - 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
Всього									94 104

Додаткова заробітна плата обслуговуючого персоналу визначається у розмірі 10% від основної заробітної плати, і складатиме (формула 4.19) :

$$Z_{\text{доп}} = Z_{\text{осн}} \cdot 0,1, \text{ грн.} \quad (4.19)$$

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

Таким чином, загальна величина річного фонду заробітної плати складає (формула 5.20):

$$C_z = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}, \text{ грн.} \quad (4.20)$$

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

Відрахування на соціальні заходи складають 37% від основної заробітної плати (формула 4.21).

$$C_c = C_z \cdot 0,37, \text{ грн.} \quad (4.21)$$

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

$$C_{c_Пр} = C_{c_а} = 103\,514,4 \cdot 0,37 = 38\,300,33 \text{ грн.}$$

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

$$H_A = 2 \cdot \left(1 - \sqrt[n]{\frac{B_L}{B_P}}\right), \quad (4.22)$$

- 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 $B_{P_Пр} = K_{Пр} = 18\,263,31$ грн., для аналогічного варіанту $B_{P_А} = K_A = 25\,152,09$ грн.

Термін експлуатації устаткування для проектного варіанту $n_{Пр} = 7$ 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.:

$$B_{L_Пр} = 0,2 \cdot B_{P_Пр}, \text{ грн.} \quad (4.23)$$

$$B_{L_А} = 0,2 \cdot B_{P_А}, \text{ грн.} \quad (4.24)$$

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

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

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

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

Розрахунок суми амортизаційних відрахувань виконаний за формою, приведеною в табл. 4.4 і 4.5.

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 4.4 - 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
Всього			24 851,58		5 104,51

Таблиця 4.5 - 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
Всього			68 432,44		45 370,32

Річні витрати на технічне обслуговування по проектному варіанту складуть 1% від капітальних витрат на устаткування (формула 4.22):

$$C_p = 0,01 \cdot K_{пр}, \text{ грн.} \quad (4.22)$$

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

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 по формулі 5.23:

$$Z_3 = W_{\Gamma} \cdot a = M \cdot F_p \cdot a, \text{ грн.},$$

де W_{Γ} – кількість електроенергії, споживана апаратурою за рік, кВтг;
 a – тариф на електроенергію, грн/кВтг (для промислових підприємств за тарифом 4,124 грн/кВтг, ціни на електроенергію вказані з 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 прийmemo рівними, і які складуть:

$$Z_{3,пр} = 0,082 \cdot 8760 \cdot 4,124 = 710,02 \text{ грн.}$$

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 (формула 4.24).

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

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:

$$C_{пр_пр} = C_{пр_а} = 103\,514,4 \cdot 0,04 = 4\,140,58 \text{ грн.};$$

Таблиця 4.6 - 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
Всього витрат		152 966,5	193 671,13

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 (формула 4.25) :

$$E_p = \Delta C / K, \quad (4.25)$$

де ΔC – 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:

$$T_{\text{ок}} = K / \Delta C, \text{ лет} \quad (4.26)$$

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

У звідній табл. 4.7 приведені підсумкові техніко-економічні показники для системи, що розробляється, і альтернативного варіанту.

Табл. 4.7 - 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

4.5 Висновки за розділом

В результаті розрахунків встановлено, що в порівнянні з альтернативною системою, проектована система є економічно ефективною. Капітальні витрати

для проектованої 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 проектного варіанту 0,61 року.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА З НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

5.1 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 для пасажирських вагонів і їх реконструкція в умовах Дніпропетровського вагоноремонтного заводу.

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.

Значна частина сучасних пасажирських вагонів має систему кондиціонування повітря. Кондиціонування повітря - це комплекс заходів, які включають вентиляцію опалення вагона, підігрів подаваного у вагон повітря в літню пору експлуатації. У ряді випадків проводиться додаткове осушення або зволоження повітря. Мета цих заходів - створення всередині вагона заданого мікроклімату.

Для охолодження повітря у вагонах застосовують компресорні холодильні установки з електроприводом, холодоагентом, в яких є хладон.

Холодильна установка складається з компресора, конденсатора, випарника, терморегулюючого вентиля, вентиляторів конденсатора та випарника.

Повітря вентилятором системи вентиляції вагона подається в повітропровід. Між вентилятором і повітропроводом розташовані випарник (повітроохолоджувач), краплевідділювач та калорифер (водяний при водяному і електричний при електричному опаленні вагона).

Близько 75 % повітря, яке надійшло в повітропровід, забирається із вагона через рециркуляційний канал, забірна решітка якого знаходиться в системі коридору. Інша частина повітря - зовнішнє повітря.

Рідкий фреон надходить у випарник (повітроохолоджувач), кипить при температурі - 30°C і відбирає тепло від продуваного вентилятором повітря.

Випарник представляє собою батарею, конструктивна виконана із ребристих мідних або сталених оцинкованих труб. Повітря, яке подається у вагон, охолоджується. Пари фреону відсмоктуються компресором, який приводиться в обертання електродвигуном, стискаються і нагнітаються в конденсатор. Тут вони конденсуються за рахунок охолодження їх повітрям, яке продувається через батарею конденсатора вентилятором. Рідкий фреон збирається в рейдері і по трубопроводу надходить у фільтра-сушильний апарат. Далі він направляється в повітроохолоджувач через дросельне обладнання, яке зменшує тиск фреону до тиску випаровування. Далі цикл роботи холодильної установки повторюється.

Керування холодильною системою в заданому режимі здійснюється системою автоматики і контролюється за допомогою датчиків температури, які встановлені в різних частинах вагона.

5.2 Інженерно-технічні заходи по охороні праці

Технічне обслуговування установок охолодження повітря, холодильників і водоохолодження виробляється відповідно до інструкцій ЦВ МПС і заводів-виготовлювачів.

При технічному обслуговуванні ТЕ-1 установок охолодження повітря перед відправленням у рейс ретельно оглядають компресорний і конденсаторний агрегати, перевіряють справність підвіски агрегатів і огорожень, рівень олії в картері компресора, що повинний бути не нижче контрольної риси на оглядовому склі. Достатня кількість хладону в системі визначають - по оглядових вікнах на ресивері — кулька в нижнім оглядовому склі повинний плавати — чи по тиску його пар у конденсаторі.

При температурі зовнішнього чи повітря приміщення, у якому знаходиться конденсатор, по шкалах манометра високого тиску визначають необхідний тиск пар хладону. Наприклад, при температурі зовнішнього повітря 20 °С нормальний тиск хладону повинен бути 0,48 МПа. Якщо воно по манометрі нижче, то хладону в системі недостатньо. Додають хладон тільки через технологічні фільтри-осушувачі.

У випадку виявлення ознак витoku хладону (утворення жирних плям, що не просихають, у місцях сполучення деталей, періодично виникаюча необхідність додавання хладону) герметичність системи перевіряють обмилуванням.

При витoku хладону синювато-прозоре полум'я спиртового пальника офарблюється в зелено-синій колір. При обмилуванні в місцях витoku виявляються пухирці піни.

Перевіряють стан клинових ременів і при необхідності регулюють їхній натяг. Стріла прогину не повинна перевищувати 30 мм під зусиллям 29,4 Н, прикладеним до середини ременя.

Для зменшення віднесення олії з картера компресора до пуску установки охолодження повітря особливо після тривалої її бездіяльності попередньо на 1—5 ч включають картерний електропідігрівач. При підігріві олії легковипаровуючий хладон як би википає з олії і піни при пуску не утворюється. Тому частина олії у виді туману і дрібних крапель не захоплюється парами хладону, що нагнітаються, у систему.

При ТЕ-1 у шляху проходження оглядають: холодильне устаткування і його огороження; перевіряють рівень олії в компресорі і наявність хладона¹² у холодильній установці; режими роботи установки охолодження повітря по манометрах і термометрам, а холодильників і водоохолоджувачів — по температурі, створюваної в охолоджуваному середовищі, що повинна підтримуватися відповідно до технічної документації.

При нормальній роботі компресора повинний бути ритмічний звук працюючих клапанів. Температура картера вище 60—70 °С не допускається.

При осінньому огляді установки охолодження повітря водоохолоджувачі і деякі холодильні агрегати вагонів-ресторанів на зимовий період піддають консервації (особливо ретельно оглядають вузли, розташовані під вагоном). Обмивають вузли Т водою, підігрітої до температури 50—65 °С, при тиску не більш 0,2 МПа з наступним обдуванням стисненим повітрям. Потім перевіряють герметичність установки і конденсують хладон-12. Для перекачування хладону в ресивер закривають вентиль на виході з ресивера і включають холодильну

установку. Відтяг холодоагенту роблять до 0,02...0,03 МПа в кілька прийомів, поки в системі не буде стабільного тиску. Відтяг хладону із системи доводити до вакууму не рекомендується, тому що в систему може потрапити повітря.

Усі працівники, зв'язані з чи обслуговуванням ремонтом холодильних установок пасажирських вагонів, повинні бути добре знайомі з пристроєм устаткування, інструкціями з його експлуатації і проходити спеціальне навчання правилам техніки безпеки.

При несправності хладонових установок, незважаючи на відносну нешкідливість хладону, можливе ядуха, якщо зміст пар хладону в повітрі більш 30 %. небезпека для обслуговуючого персоналу представляє також безпосереднє влучення рідкого холодоагенту на чи шкіру очі; він викликає обморожування шкіри й ушкодження очей. На відкритому полум'ї хладон, розкладаючи при температурах вище 400 С, утворить отрутні гази, у тому числі і фосген. Тому розкривати хладонових компресори, апаратуру і трубопроводи можна тільки в захисних окулярах і тільки після того, як тиск хладону в них буде знижено до атмосферного; користатися відкритим вогнем і курити забороняється.

Не можна експлуатувати установки охолодження повітря, якщо манометри не мають чи пломб мають пломби з минулим терміном їхньої перевірки, а також якщо вони не мають червоної риси робочого тиску, що допускається гранично. Манометри повинні піддаватися перевірці і пломбуватися не рідше 1 рази в рік, а також після кожного ремонту. При заповненні системи хладоном нагрівати балон яким-небудь способом забороняється. При цьому не дозволяється підвищувати тиск на нагнітальній стороні більш 0,9 МПа, а на усмоктувальної - більш 0,4 МПа. Забороняється залишати балони з хладоном приєднаними до холодильної установки після заповнення чи системи видалення з її хладону. Норма заповнення балона при зливі із системи не повинна перевищувати 1,1 кг/л.

Централізована система електрозабезпечення пасажирських вагонів має такі типові схеми:

а) джерело трифазного змінного струму частотою 50 Гц стандартної напруги знаходиться на локомотиві або в спеціальному вагоні-електростанції.

Електроенергія у вагони передається по трифазній вагонній магістралі. Недоліком цієї системи є підвищена витрата міді на прокладку підвагонної магістралі, оскільки номінальна напруга в мережі в цьому випадку відносно невисока (220 / 380 В), що пов'язане із застосуванням стандартного електрообладнання;

б) джерело постійного або однофазного змінного струму напругою 3 000 В - напруга контактної мережі електрифікованих залізниць постійного струму. Напруга 3 000 В змінного струму також може бути порівняно просто отримана на електровозах змінного струму.

У цій системі електроенергія передається у вагони високовольтною магістраллю. Оскільки освітлення, побутові прилади, апарати управління не можуть бути високовольтними, то вагони обладнуються й індивідуальними перетворювачами.

При допомозі перетворювачів, встановлених на вагонах, високовольтний або однофазний струм перетворюється у трифазний частотою 50 Гц стандартної напруги. Якщо після перетворювача встановити випрямляючий пристрій, то в мережу електрообладнання вагона буде подана напруга постійного струму.

Наявність на кожному вагоні відносно складного одного або декількох перетворювачів є недоліком системи;

в) на локомотивах знаходиться два джерела постійного або змінного струму напругою 3 000 В і трифазного змінного струму частотою 50 Гц стандартної напруги.

Електроенергія передається у вагони двома підвагонними магістралями - високовольтною для живлення приладів опалення і низьковольтною - для живлення іншого обладнання. Недоліком системи є наявність двох підвагонних магістралей.

Вимоги безпеки під час підготовки до ремонту, введення вагонів у депо і постановки на позицію ремонту Вагони, які подаються в депо для ремонту, повинні бути ретельно очищені від снігу, льоду, бруду, сміття, залишків вантажів, які перевозились, і, за необхідності, промиті і продезінфіковані відповідно до інструкції № 432-5.

Вагони, які вимагають проведення дезінфекції, повинні проходити санітарну обробку на спеціалізованих дезінфекційних станціях (пунктах).

Очищення, миття, обдування і сушіння вагонів повинні проводитися на спеціально виділеній колії або в спеціальних ангарах поза вагоноремонтною дільницею. Виділені для очищення і миття колії повинні мати з обох боків доріжки з твердим покриттям.

Розставлення вантажних вагонів на вагоноремонтній дільниці, коліях відчіплювального ремонту і спеціалізованих коліях повинно проводитися з дотриманням таких вимог:

- відстань між торцевою стіною вагоноремонтної дільниці (ангара) і автозчепами крайніх вагонів повинна бути: за наявності поперечної транспортної дороги вузької колії не менше 3 м, дороги широкої колії для транспортування візків і колісних пар – не менше 5 м;
- відстань між автозчепами вагонів, які ремонтуються без викочування візків, повинна бути не менше 1 м;
- під час ремонту вагонів з викочуванням візків стаціонарним методом ремонту відстань між вагонами встановлюється залежно від довжини візків і відповідно до місцевих умов, щоб проходи з кожного боку викоченого візка були не менше 1 м;
- при поточному методі ремонту відстань між ремонтними позиціями визначається відповідними розрахунками, при цьому відстань між автозчепами вагонів, які стоять поруч, і викоченими візками повинна бути не менше 1 м.

Довжина ремонтних позицій повинна визначатися з урахуванням застосування вагоноремонтних машин та інших механізмів і пристроїв. Під час демонтажу і монтажу холодильно-опалювальних установок секцій ЦБ-5, які знаходяться на позиціях для ремонту, відстань між автозчепами сусідніх вагонів повинна бути не менше 4,5 м. Маневрова робота на коліях депо і вагоноскладальних дільницях повинна проводитися за письмовим нарядом, який видається особою, відповідальною за проведення цих робіт. Подача несправних вагонів у депо і виведення відремонтованих вагонів повинні проводитися під

контролем особи, відповідальної за маневри, за графіком, погодженим керівниками депо і станції.

Вагони зовні вагоноскладальної ділянки повинні встановлюватися на відстані не менше 10 м від воріт. Після виконання маневрових робіт колії, які ведуть на вагоноскладальну ділянку, повинні бути огорожені механічними зупиняючими пристроями, які встановлені в забороняюче положення, або гальмовими башмаками (не менше двох на кожній колії). Колії поточного ремонту повинні бути огорожені гальмовими башмаками не менше двох на кожну колію проти граничного стовпчика. Огородження колій проводиться працівниками депо і ПТО, які призначаються наказом начальника депо.

Усі роботи на вагонах під час їх переміщення по коліях повинні бути припинені, а працівники виведені на безпечну відстань.

Перед початком ремонту ходових частин, рами автозчепного пристрою і гальмового обладнання на платформах і напіввагонах необхідно оглянути запори бортів і кришок люків. Борти платформ і кришки люків напіввагонів необхідно підняти і закріпити.

5.3 Пожежна профілактика

Забезпечення пожежної безпеки підприємств залізниці покладається на їх керівників і уповноважених ними осіб, якщо інше не передбачено відповідним договором. Обов'язки сторін щодо забезпечення пожежної безпеки орендованого майна повинні бути визначені у договорі оренди.

Керівник підприємства повинен визначити обов'язки посадових осіб щодо забезпечення пожежної безпеки, призначити відповідальних за пожежну безпеку окремих будинків, споруд, приміщень, ділянок, рухомого складу, технологічного та інженерного устаткування, а також за стан і експлуатацію систем протипожежного захисту та пожежної техніки.

Обов'язки посадових осіб щодо забезпечення пожежної безпеки, утримання і експлуатації систем протипожежного захисту та пожежної техніки повинні бути відображені у відповідних документах (посадових інструкціях, положеннях тощо), які обов'язково надаються для ознайомлення під підпис.



Рисунок 5.1 - Пожежа у вагоні

Одними з основних причин пожеж на залізничному транспорті є несправності у системі опалення й електрообладнання (рис. 5.1):

- короткі замикання;
- перевантаження в електропроводці та електрообладнанні;
- відсутність ізоляції в місцях кріплення електропроводки;
- тертя проводів об металеві розподільні щити;
- потрапляння вологи на електропроводку;
- торкання сторонніми металевими предметами контактів тощо.
- Більшість цих несправностей викликано порушенням правил експлуатації систем опалення й електрообладнання, а саме:
 - встановленням «жучків»;
 - залишенням без нагляду ввімкнених приладів: електрообігрівача водоналивних труб, вентиляції, кип'ятильника та іншого обладнання;
 - зберіганням горючих матеріалів у нішах розподільних щитів, приладах автоматики, вентиляційних каналах;
 - використанням для освітлення ламп завищеної потужності;
 - застосуванням відкритого вогню для відігрівання водоналивних труб;
 - топкою котлів і кип'ятильників без води;
 - застосуванням для розтоплення котлів і кип'ятильників легкозаймистих рідин (бензин, гас);

- скупчення пилу і бруду на приладах електрообладнання.

На кожному підприємстві з урахуванням його пожежної безпеки наказом (інструкцією) має бути встановлено відповідний протипожежний режим.

Працівники підприємства повинні ознайомитися з вимогами пожежної безпеки на інструктажах, під час проходження пожежна-технічного мінімуму. Витяги з правил (наказів, інструкцій) з основними вимогами і положеннями необхідно вивішувати на видних місцях.

Відповідальними за забезпечення пожежної безпеки у пасажирських поїздах є:

- начальники поїздів (механіки) - за прийняті ними поїзди;
- провідники, прийомоздавальники багажу, експедитори поштових вагонів, директори вагонів-ресторанів, завідувачі купе-буфетів, старші механіки-дизелісти вагонів-дизель-електростанцій - за прийняті ними вагони;
- особи, допущені до обслуговування вагонів з відеосалонами, - за прийняті ними вагони;
- начальники вагонних депо (дільниць) - за рухомий склад, приписаний до депо (дільниці) і той, що перебуває в ремонті, незалежно від місця приписки.

Працівники підприємств залізничного транспорту зобов'язані:

- чітко знати і виконувати правила пожежної безпеки, не допускати дій, що можуть спричинити пожежу;
- виконувати вимоги технологічних регламентів (інструкцій) щодо забезпечення пожежної безпеки в технологічних процесах і під час експлуатації рухомого складу;
- не допускати використання несправних інструментів, приладів, устаткування, дотримуватися правил безпеки під час їх експлуатації, а також виконувати вказівки керівників та осіб, відповідальних за пожежну безпеку;

- прибирати робочі місця та вимикати електрообладнання після закінчення роботи;
- вміти застосовувати первинні засоби пожежогасіння та індивідуальні засоби захисту органів дихання;
- у разі виникнення пожежі або виявлення її ознак негайно повідомити пожежну охорону, а в рухомому складі під час руху — начальника (механіка, бригадира) поїзда або машиніста локомотива та вжити заходів щодо ліквідації пожежі й евакуації пасажирів.

Пасажирські вагони повинні оснащуватись первинними засобами пожежогасіння. Забезпечення пасажирських вагонів первинними засобами пожежогасіння і їхнє розміщення повинно проводитись відповідно до Норм оснащення об'єктів і рухомого складу залізничного транспорту пожежною технікою та інвентарем, затверджених наказом Міністерства транспорту України від 09.07.2002 N 453 (НАПБ 03.004-2002).

Поїзна бригада кожного поїзда для захисту органів дихання при ліквідації пожежі повинна бути забезпечена трьома ізолюючими протигазами типу УПП-50 або іншого типу за погодженням з Управлінням воєнізованої охорони Укрзалізниці.

Пульт керування комплексом електрообладнання вагонів повинен бути оснащений автоматичною установкою пожежогасіння або самоспрацьовуючим вогнегасником.

Пасажирські вагони під час побудови, виконання КВР (КРП, КР-2М) повинні обладнуватись установкою пожежогасіння із застосуванням насоса - підвищувача тиску. Запас води в окремому резервуарі повинен бути не менше ніж 80 л. Довжина пожежного рукава повинна забезпечувати подачу води у будь-яку точку вагона. У разі виконання КР-2 в котельному відділенні та туалеті не гальмівного кінця вагона повинні бути встановлені пожежні крани для підключення інвентарного шлангу з метою відбору води із системи водопостачання на пожежогасіння. Крани мають бути пофарбовані у червоний колір.

Дії під час пожежі у вагоні:

- якщо пожежа трапилась у вагоні, використовуйте будь-яку можливість, щоб вибратися з нього якнайшвидше, перейдіть в інший вагон;
- приготуйте вологу тканину для захисту від отруєння продуктами горіння;
- не поспішайте рятувати багаж, рятуйте життя, намагайтеся зберегти документи та гроші, тому їх в дорозі краще завжди тримати з собою;
- залишаючи небезпечну зону, не слід віддалятися занадто далеко: якщо вам потрібна допомога, її, швидше за все, наддадуть поблизу потяга;
- у разі екстреної евакуації будьте уважні, бо по сусідніх рейсах можуть слідувати інші поїзди.

5.4 Висновки за розділом

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

ВИСНОВКИ

У якості об'єкта управління виступає система забезпечення клімату пасажирського купейного вагону. Головною метою роботи є розробка моделі системи забезпечення клімату пасажирського купейного вагону. Актуальність роботи підтримується необхідністю модернізації систем управління які використовуються з 70 років минулого століття та вже встали морально та фізично застарілими.

В кваліфікаційній роботі проведено аналіз технологічного процесу забезпечення мікроклімату пасажирського купейного вагону.

Відповідно до вимог до системи управління виконаний вибір апаратного забезпечення автоматизованої системи управління технологічним обладнанням.

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

Отримана модель може бути використана за для розробки програмного забезпечення системи управління.

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

Результати техніко-економічного обґрунтування ефективності результатів розробки і впровадження автоматизованої системи управління.

Проведений аналіз небезпечних і шкідливих виробничих чинників, розроблені інженерно-технічні заходи по охороні праці.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Методичні рекомендації для студентів бакалаврів спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» Ткачов В.В., Бубліков А.В., Цвіркун Л.І., Проценко С.М., Бойко О.О., Славинський Д.В., – Д.: «НГУ», 2016. – 27 с.
2. Бойко О.О. Методичні вказівки до лабораторних робіт з проектування систем автоматизації для студентів напрямку підготовки «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / О.О. Бойко – Д.: Державний ВНЗ «НГУ», 2017. – 109 с. – Режим доступу: <https://goo.gl/Ev6J4Z>. – Назва з домашньої сторінки Інтернету.
3. Бойко О.О., Проценко С.М. Методичні вказівки до лабораторних робіт з програмування систем реального часу для студентів напрямків підготовки «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології», «Комп'ютерна інженерія» / О.О. Бойко, С.М. Проценко – Д.: Державний ВНЗ «НГУ», 2017. – 168 с. – Режим доступу: <https://goo.gl/rVf8Zm>. – Назва з домашньої сторінки Інтернету.
4. Бойко О.О. Методичні вказівки до лабораторних робіт з теорії автоматичного управління для студентів напрямку підготовки «Комп'ютерна інженерія» / Укл.: О.О. Бойко – Д.: Державний ВНЗ «НГУ», 2017. – 107 с. – Режим доступу: <https://goo.gl/nUMtFE>. – Назва з домашньої сторінки Інтернету.
5. Е.В.Білошицький, Рухомий склад залізниць і тяга поїздів. - Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту, 2018, № 1 (73).
6. Лазаренко А.А., Хованський С.О. Моделювання теплового стану пасажирського вагону купейного типу з комбінованою системою опалення. Сучасні технології у промисловому виробництві: матеріали та програма VII Всеукраїнської науково-технічної конференції (м. Суми, 21–24 квітня 2020 р.): тези доповідей. Суми: Сумський державний університет, 2020. с. 323.

7. Електричне обладнання вагонів: Навч. посібник /В.В. Бондаренко, В.В. Обуховський, В.М. Шатаєв. –Харків: УкрДУЗТ, 2016. – 258 с, рис. 112, табл. 36. ISBN 978-617-654-050-2
8. Зыков Ю.В. Расчёт и выбор энергетического оборудования пассажирского вагона и вагоноремонтного предприятия: Методическое пособие УрГУПС, –Екатеринбург, 2009, –66 с.
9. Вагоны и вагонное хозяйство: Методическое руководство к дипломному проектированию /В.Ф. Лапшин, М.В. Орлов, А.Г. Пяткова и др.; Под общ. ред. проф. М.В. Орлова. 2-е изд., доп. и испр. –Екатеринбург: Изд-во УрГУПС, 2005, –120 с.
10. Силаев Ф.А. Разработка и исследование системы электроснабжения пассажирского вагона нового поколения / Четырнадцатая Междунар. науч.-технич. конф. студентов и аспирантов: тез. докл. ВЗ т. Т. 2. Радиоэлектроника, электротехника и энергетика. –М.: Издательский дом МЭИ, 2008, –с. 127–129.
11. Инструкция по эксплуатации автоматизированной системы контроля подвижного состава в пути следования (АСК ПС), 2000.
12. Правила охраны труда на железнодорожных станциях.- Минск, 2003.
13. Инструкция по пожарной безопасности.–Гомель, 1998.
14. ГОСТ 12.0.003–74. ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
15. Справочник проектировщика АСУТП под ред. Г.Д. Смелянского –М; 1983 г.
16. Руководство по проектированию систем автоматического управления, под ред. проф. В.А. Бесекерского, –М.: Высшая школа, 1983 г.
17. А.С. Ключев, Б.В. Глазов, А.Х. Дубровский. Проектирование систем автоматизации технологических процессов. Справочное пособие.; –М.: Энергия, 1980, –512 с.
18. Міждержавний стандарт ГОСТ 12.0.003-74 (1999) ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация».

19. ДСН 3.3.6.042-99 „Державні санітарні норми параметрів мікроклімату” - К.: МОЗ України, 2000.
20. ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування.
21. ДСТУ Б.А.3.2-12:2009. Система стандартів безпеки праці. Системи вентиляційні. Загальні вимоги
22. ДНАОП 0.03-33.14-85. Санітарні норми допустимих рівнів шуму на робочих місцях.
23. Правила улаштування електроустановок Мінпаливвугілля України. – 2017 – 617с.
24. «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості на небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу». № 528 - 2001.
25. Голінько В.І., Фрундін В.Ю. Охорона праці в галузі електротехніки та електромеханіки – Д.: Державний ВНЗ «НГУ», 2011. – 235с
26. Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями, затверджені наказом Мінсоцполітики від 14.02.2018 № 207.
27. Охорона праці в галузі. Конспект лекцій для студентів Інституту електроенергетики. / Уклад. В.І. Голінько, В.Ю. Фрундін, Ю.І. Чеберячко, М.Ю. Іконніков. - Дніпропетровськ: Державний ВНЗ «Національний гірничий університет», 2013. – 86 с.
28. Методичні рекомендації з виконання заходів стосовно охорони праці при роботі з ПЕОМ та розрахунку освітлення у дипломних проектах студентів усіх спеціальностей/ Уклад. В.І. Голінько, В.Ю. Фрундін, Ю.І. Чеберячко, М.Ю. Іконніков. - Дніпропетровськ: ДВНЗ «Національний гірничий університет», 2013.- 12 с.
29. ДСанПіН 3.3.2-007-98 Державні санітарні правила і норми. Гігієнічні вимоги до організації роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин
30. ДСТУ 7234:2011 Дизайн і ергономіка. Обладнання виробниче. Загальні вимоги дизайну та ергономіки

31. ДСТУ 7950:2015 Дизайн і ергономіка. Робоче місце під час виконання робіт стоячи. Загальні ергономічні вимоги.
32. ДСТУ 8604:2015 Дизайн і ергономіка. Робоче місце для виконання робіт у положенні сидячи. Загальні ергономічні вимоги
33. ДСТУ 3191-95 (ГОСТ 12 2.137-96) Обладнання для кондиціонування повітря та вентиляції
34. Електроний ресурс: <https://studref.com/508660/tehnika/kontaktery>
35. Електроний ресурс: <https://en.ppt-online.org/231525>

ДОДАТОК А

Відомість матеріалів кваліфікаційної роботи

№ рядка	Формат	Позначення	Найменування	Кількість аркушів	Шифр документу	Примітка	
1			<u>Документація</u>				
2							
3	A4	KIBС.KBP.151.17.01.ПЗ	Пояснювальна записка		ПЗ		
4							
5			<u>Графічна частина</u>				
6							
7	A2	KIBС.KBP.151.17.08.E2	Функціональна схема				
8			автоматизації	1	E2		
9							
10	A2	KIBС.KBP.151.17.08.E3	Схема електрична				
11			принципова	1	E3		
12							
13	A4	KIBС.KBP.151.17.08.ПЕЗ	Перелік елементів	1	ПЕ		
14							
15	A4	KIBС.KBP.151.17.08.Д	Презентація		Д		
16							
17		KIBС.KBP.151.17.08.ВДЕ	Носій інформації	1	ВДЕ		
18							
19							
20							
21							
22							
23							
24							
25							
26							
27							
28							
29							
			Підп.	Дата	KIBС.KBP.151.17.08.ТП		
Зм.	Арк.	№ докум.			Літ.	Аркуш	Аркушів
Розробив		Калганова		25.05.21		1	1
П. конс.					Національний ТУ «Дніпровська політехніка», ЕТФ, 151-17-1		
Н. контр.							
					Відомість проекту		

ВІДГУКИ КОНСУЛЬТАНТІВ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

ВІДГУК

на кваліфікаційну бакалавра по темі: «Автоматизація процесу управління опаленням пасажирського вагону», студентки гр. 151-17-1 Калганова Яна Вікторівна

Кваліфікаційна робота представлена пояснювальною запискою об'ємом ___ стор. формату А4 і графічною частиною ___ стор. формату А4.

Метою є розробка автоматизованої системи управління комбінованим котлом опалення залізничного пасажирського вагону, для удосконалення існуючої системи управління технологічними процесами технологічної схеми мікроклімату у вагоні.

В якості об'єкта управління виступає водяний котел системи опалення, для якого виконується розробка підсистеми автоматичного управління температурою води. Вхідними параметрами об'єкту управління є сигнали дискретного управління високовольтними ТЕН, які формують температуру води. Вихідними параметрами об'єкту управління є температура води у котлу. Підсистема управління включає датчики температури води у котлу, датчик аварійної температури води у котлу, пристрої управління високовольтними ТЕН, під'єднання до загальнопромислової мережі.

Основними функціями системи є формування, або реєстрування керуючого впливу, який подається на об'єкт управління, реєстрування дійсного значення на виході об'єкта, візуалізація отриманих даних та їх надання у зручному для подальшої обробки виді. Система дослідження формує керуючий вплив у якості котрого виступає потужність нагріву за рахунок якої виконується нагрів води у котлу.

Така система може бути затребувана для будь-яких вагонів, де використовуються комбіновані котли опалення.

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

Цілі, поставлені перед кваліфікаційною роботою, повністю виконані.

ПЗ і графічна частина кваліфікаційної роботи виконана відповідно до вимог ГОСТ і ЕСКД, зауважень до проекту немає.

При виконанні кваліфікаційної роботи і ухваленні рішень проявлена висока міра самостійності, технічної грамотності.

Оцінки по розділах кваліфікаційної роботи - «_____».

Кваліфікаційна робота в цілому заслуговує оцінку «_____», а студент привласнення освітнього рівня «бакалавр» в галузі знань 15 Автоматизація та приладобудування.

Керівник кваліфікаційної роботи, _____ ст.викл Проценко С.М..

___.06.2021

РЕЦЕНЗІЯ

на кваліфікаційну бакалавра по темі: «Автоматизація процесу управління опаленням пасажирського вагону», студентки гр. 151-17-1 Калганова Яна Вікторівна

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

Рецензент, _____

____.06.2021