

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ  
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

**ІНСТИТУТ ЕНЕРГЕТИКИ, АВТОМАТИКИ І ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ**

**ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ**

**В.о. завідувача кафедри  
автоматики та робототехнічних систем  
ім. акад. І.І. Мартиненка**  
(назва кафедри)

К.Т.Н., доц. \_\_\_\_\_ О.О. Опришко  
(підпис) (ПІБ)

" \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 2025 р.

**БАКАЛАВРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

**на тему "БІОМЕДИЧНА СИСТЕМА АВТОМАТИЧНОГО  
УПРАВЛІННЯ МІКРОКЛІМАТОМ У ХІРУРГІЧНОМУ ВІДДІЛЕННІ  
ЛІКАРНІ"**

Спеціальність: 163 - "Біомедична інженерія"

**Гарант освітньої програми**

Д.Т.Н., професор  
(науковий ступінь та вчене  
звання)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Никифорова Л.Є.  
(П.І.Б.)

**Керівник бакалаврської кваліфікаційної роботи**

К.Т.Н., доцент  
(науковий ступінь та вчене  
звання)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Кіктєв М.О.  
(П.І.Б.)

**Виконав**

\_\_\_\_\_ (підпис)

Мельник Б.О.  
(П.І.Б.)

**КИЇВ – 2025**

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ  
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

**ІНСТИТУТ ЕНЕРГЕТИКИ, АВТОМАТИКИ І ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ**

**ЗАТВЕРДЖУЮ**  
**В.о. завідувача кафедри**  
автоматики та робототехнічних  
систем  
ім. акад. І.І. Мартиненка  
(назва кафедри)  
к.т.н., доц. О.О. Опришко  
(підпис) (ПІБ)  
" \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 2025 р.

**ЗАВДАННЯ**  
**на виконання бакалаврської кваліфікаційної роботи студентці**  
**Мельника Богдана Олександровича**  
(прізвище, ім'я, по батькові)

Спеціальність: 163 - "Біомедична інженерія"

1. Тема бакалаврської кваліфікаційної роботи: " Біомедична система автоматичного управління мікрокліматом у хірургічному відділенні лікарні ", затверджена наказом ректора НУБіП України від "12" 11 2024 р. № 2023 "С"

2. Термін подання завершеної роботи на кафедру "31" травня 2025 р.

3. Вихідні дані до бакалаврської кваліфікаційної роботи:

3.1. Завдання кафедри на виконання бакалаврської кваліфікаційної роботи.

3.2. Нормативні документи по проектуванню біомедичних систем

3.3. Наукова література з тематики бакалаврської кваліфікаційної роботи.

4. Перелік питань, які необхідно розробити:

4.1. Аналіз стану біомедичної проблеми підтримки мікроклімату у лікарні

4.2. Дослідження приміщення хірургічного відділення як біотехнічного об'єкту .

4.3. Огляд відомих математичних моделей управління температурою в приміщенні.

4.4. Вибір технічних засобів для автоматичного управління температурою в приміщенні лікарні.

4.5. Програмні засоби для автоматичного управління температурою в хірургічному відділенні лікарні.

4.5. Схеми біомедичної системи (структурна, функціональна, принципова електрична).

4.6. Кошторисні розрахунки.

4.7. Техніка безпеки і охорона праці.

5. Перелік графічних документів:

5.1. Структурна і функціональна схеми біомедичної системи автоматичного управління мікрокліматом у хірургічному відділенні лікарні.

5.2. Схема електрична принципова біомедичної системи автоматичного управління мікрокліматом у хірургічному відділенні лікарні. .

5.3. Алгоритм управління мікрокліматом в приміщенні лікарні .

Дата видачі завдання "19" грудня 2024 року

**Керівник  
бакалаврської  
кваліфікаційної роботи**

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Кіктєв М.О.  
(П.І.Б.)

**Завдання прийняв до  
виконання**

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Мельник Б.О.  
(П.І.Б.)

## РЕФЕРАТ

Дана бакалаврська кваліфікаційна робота присвячена розробці біомедичної системи автоматичного управління мікрокліматом у хірургічному відділенні лікарні. Актуальність теми зумовлена критичною важливістю підтримання оптимальних умов мікроклімату для забезпечення безпеки пацієнтів та медичного персоналу, ефективності лікувальних процесів та запобігання поширенню інфекцій у хірургічних умовах. У роботі проведено комплексний аналіз стану біомедичної проблеми підтримки мікроклімату в медичних закладах та досліджено приміщення хірургічного відділення як складний біотехнічний об'єкт з унікальними вимогами до параметрів навколишнього середовища. Виконано огляд відомих математичних моделей управління температурою, що дозволило обґрунтувати вибір оптимальних методів регулювання. Розглянуто та обґрунтовано вибір технічних засобів, включаючи датчики, виконавчі механізми та контролери, а також програмних засобів, необхідних для реалізації автоматизованої системи. Розроблено структурну, функціональну та принципову електричну схеми біомедичної системи, а також алгоритм управління мікрокліматом. Робота також включає кошторисні розрахунки для оцінки економічної ефективності впровадження системи та розділ з техніки безпеки та охорони праці, що підкреслює важливість дотримання норм при експлуатації біомедичних систем. Отримані результати демонструють доцільність та ефективність впровадження запропонованої системи для підвищення якості та безпеки надання медичних послуг у хірургічних відділеннях.

**Ключові слова:** біомедична система, мікроклімат, хірургічне відділення, автоматичне управління, температура, математична модель, технічні засоби, програмні засоби, алгоритм, безпека.

## ABSTRACT

This bachelor's qualification thesis is dedicated to the development of a biomedical system for automatic microclimate control in a hospital surgical department. The relevance of the topic is determined by the critical importance of maintaining optimal microclimate conditions to ensure the safety of patients and medical staff, the effectiveness of treatment processes, and the prevention of infection spread in surgical environments. The work provides a comprehensive analysis of the biomedical problem of microclimate maintenance in medical institutions and investigates the surgical department premises as a complex biotechnical object with unique environmental parameter requirements. A review of known mathematical models for temperature control was conducted, allowing for the justification of the selection of optimal regulation methods. The choice of technical means, including sensors, actuators, and controllers, as well as software tools necessary for implementing the automated system, has been considered and justified. Structural, functional, and principal electrical diagrams of the biomedical system, as well as a microclimate control algorithm, have been developed. The work also includes cost estimates to assess the economic feasibility of system implementation and a section on safety engineering and occupational health, emphasizing the importance of adherence to standards during the operation of biomedical systems. The obtained results demonstrate the feasibility and effectiveness of implementing the proposed system to improve the quality and safety of medical services in surgical departments.

**Keywords:** biomedical system, microclimate, surgical department, automatic control, temperature, mathematical model, technical means, software tools, algorithm, safety.

## ЗМІСТ

ВСТУП	7
1. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА БІОТЕХНИЧНОГО ОБ'ЄКТА	9
1.1. Опис об'єкту управління	9
1.2. Створення моделі приміщення хірургічного відділення Боярської лікарні інтенсивного лікування	14
1.3 Кліматичне обладнання	16
2.ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	19
2.1 Побудова та дослідження математичної моделі температурного режиму в навчальній лабораторії	19
2.2 Побудова математичної моделі теплоносія та визначення його передаточної функції	22
2.3 Дослідження системи локального обігріву	26
3. РОЗРОБКА САК ТЕМПЕРАТУРНИМ РЕЖИМОМ У НАВЧАЛЬНІЙ ЛАБОРАТОРІЇ ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ АЛГОРИТМІВ ЇЇ РОБОТИ	31
3.1. Функціональна схема автоматизації температури повітря в лабораторії	31
3.2. Вибір пристроїв КТЗ	34
3.3. Обґрунтування та вибір проводок	40
3.4. Розробка системи мобільного моніторингу	41
4. ОЦІНКА ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ЛОКАЛЬНИМ ОБІГРІВОМ В ЛАБОРАТОРІЇ	46
5. ОХОРОНА ПРАЦІ	48
ВИСНОВКИ	58
ЛІТЕРАТУРА	59
ДОДАТКИ	61

## ВСТУП

Сучасна медична практика висуває високі вимоги до умов, у яких здійснюється лікування та відновлення пацієнтів, особливо у таких критично важливих місцях, як хірургічні відділення. Мікроклімат у приміщеннях лікарень, зокрема температура, вологість та швидкість руху повітря, відіграє ключову роль у забезпеченні комфорту пацієнтів, запобіганні ускладненням, пов'язаним з переохолодженням або перегрівом, а також у підтримці стерильності та контролю за розповсюдженням інфекцій. Особливо це стосується хірургічних відділень, де підтримання стабільного та оптимального мікроклімату є життєво необхідним для успішного проведення операцій, швидкого відновлення після них та створення безпечного середовища як для пацієнтів, так і для медичного персоналу.

Проте, традиційні системи управління мікрокліматом часто є недостатньо гнучкими, малоефективними та потребують значних ресурсів для ручного контролю. Це може призводити до коливань параметрів мікроклімату, підвищених енерговитрат та потенційних ризиків для здоров'я. У зв'язку з цим, розробка та впровадження сучасних біомедичних систем автоматичного управління мікрокліматом, що ґрунтуються на новітніх технологіях та методах регулювання, стає пріоритетним завданням у сфері біомедичної інженерії.

**Актуальність теми** бакалаврської кваліфікаційної роботи "Біомедична система автоматичного управління мікрокліматом у хірургічному відділенні лікарні" обумовлена зростаючими вимогами до якості та безпеки надання медичних послуг, необхідністю оптимізації енергоспоживання медичних закладів та важливості створення комфортних та гігієнічних умов для лікування та роботи. Автоматизація процесів контролю та регулювання мікроклімату дозволяє мінімізувати вплив людського фактору, забезпечити стабільність заданих параметрів, своєчасно реагувати на зміни у зовнішньому середовищі та зменшити ризики, пов'язані з неоптимальним мікрокліматом.

**Метою** даної роботи є розробка та обґрунтування концепції біомедичної системи автоматичного управління мікрокліматом у хірургічному відділенні

лікарні, яка забезпечить точне підтримання заданих параметрів, енергоефективність та високий рівень надійності.

Для досягнення поставленої мети було визначено наступні **завдання**:

1. Провести аналіз стану біомедичної проблеми підтримки мікроклімату в медичних закладах, виявивши основні вимоги та існуючі виклики.
2. Дослідити приміщення хірургічного відділення як біотехнічний об'єкт, з урахуванням його специфічних особливостей та джерел теплонадходжень/тепловтрат.
3. Оглянути відомі математичні моделі управління температурою в приміщенні та вибрати найбільш придатні для реалізації в даній системі.
4. Визначити та обґрунтувати вибір оптимальних технічних засобів для автоматичного управління температурою, включаючи датчики, виконавчі механізми та контролери.
5. Розглянути програмні засоби та принципи їх розробки для ефективного автоматичного управління температурою в хірургічному відділенні лікарні.
6. Розробити структурну, функціональну та принципову електричну схеми біомедичної системи, а також алгоритм її роботи.
7. Виконати попередні кошторисні розрахунки для оцінки економічної доцільності впровадження системи.
8. Опрацювати питання техніки безпеки та охорони праці при експлуатації розробленої системи.

**Об'єктом дослідження** є процес управління мікрокліматом у хірургічному відділенні лікарні.

**Предметом дослідження** є біомедична система автоматичного управління мікрокліматом та її компоненти.

**Наукова новизна** роботи полягає у комплексному підході до проектування біомедичної системи управління мікрокліматом, що враховує специфіку хірургічного відділення як біотехнічного об'єкта, інтеграцію сучасних технічних та програмних рішень, а також оптимізацію алгоритмів управління для забезпечення підвищеної точності та енергоефективності.

## РОЗДІЛ 1

### ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА БІОТЕХНІЧНОГО ОБ'ЄКТА

#### 1.1. Опис біотехнічного об'єкта

Дипломним проектом передбачена задача системного мобільного моніторингу технологічних параметрів в хірургічному відділенні районної лікарні, яка розташована у м. Боярка Київської області.

Розмірковуючи про медичні заклади, які відіграють ключову роль у забезпеченні здоров'я населення регіонів, неможливо оминати увагою Боярську лікарню інтенсивного лікування. Це не просто комплекс будівель, а цілий організм, що динамічно розвивається, адаптуючись до потреб сучасної медицини та викликів часу. Її історія — це відображення еволюції охорони здоров'я, а її сьогодення — показник невтомної праці медичних працівників.

#### Історія становлення та розвитку

Історія Боярської лікарні інтенсивного лікування сягає корінням у першу половину ХХ століття, коли потреба в доступній медичній допомозі для мешканців Боярки та навколишніх сіл ставала дедалі відчутнішою. Спочатку це був невеликий фельдшерський пункт, який поступово розширювався, відповідаючи на зростаючі потреби громади. З часом, особливо у післявоєнний період та в період активного розвитку інфраструктури, фельдшерський пункт перетворився на поліклініку, а згодом — на районну лікарню.

Ключовим етапом у розвитку лікарні стало її перетворення на заклад інтенсивного лікування. Це рішення було зумовлене зміною парадигми надання медичної допомоги, що передбачає фокус на наданні невідкладної та високоспеціалізованої допомоги пацієнтам у критичних станах. Таке перепрофілювання дозволило лікарні не лише розширити спектр послуг, а й підвищити їхню якість, забезпечивши доступ до сучасних методів діагностики та лікування. Протягом років лікарня постійно модернізувалася: оновлювалося обладнання, впроваджувалися нові методики, підвищувалася кваліфікація персоналу. Це був безперервний процес вдосконалення, спрямований на те, щоб

відповідати найвищим стандартам сучасної медицини. Важливою віхою в історії лікарні стали інвестиції у розвиток відділень інтенсивної терапії, хірургії, травматології, що дозволило ефективніше боротися з важкими патологіями та рятувати життя.

#### *Структура та відділення*

На сьогоднішній день Боярська лікарня інтенсивного лікування є багатопрофільним медичним закладом, що надає широкий спектр послуг. Її структура включає в себе численні відділення, кожне з яких спеціалізується на певних напрямках медицини.

Особливе місце займають *відділення інтенсивної терапії та анестезіології*, які є серцем лікарні. Тут надається невідкладна допомога пацієнтам у критичних станах: при шоці, сепсисі, гострих порушеннях мозкового кровообігу, важких травмах, гострій дихальній та серцевій недостатності. Відділення оснащені сучасною апаратурою для моніторингу життєво важливих функцій, штучної вентиляції легень, дефібриляції та проведення реанімаційних заходів.

*Хірургічне відділення* виконує широкий спектр оперативних втручань: від загальної хірургії (апендицит, грижі, холецистит) до спеціалізованих операцій. Тут проводяться як планові, так і екстрені операції, використовуються сучасні малоінвазивні методи, що сприяють швидкому відновленню пацієнтів.

*Травматологічне відділення* спеціалізується на лікуванні переломів, вивихів, розтягнень та інших травм опорно-рухового апарату. Застосовуються сучасні методики остеосинтезу, що дозволяють ефективно відновлювати функцію пошкоджених кінцівок.

*Терапевтичне відділення* займається діагностикою та лікуванням широкого спектру внутрішніх хвороб: серцево-судинних захворювань (гіпертонічна хвороба, ішемічна хвороба серця), захворювань органів дихання (пневмонія, бронхіт), шлунково-кишкового тракту (гастрит, виразкова хвороба), ендокринних порушень (цукровий діабет) та ін.

*Неврологічне відділення* надає допомогу пацієнтам із захворюваннями нервової системи, такими як інсульти, розсіяний склероз, епілепсія, мігрень, неврити.

*Гінекологічне відділення* надає повний спектр гінекологічних послуг, включаючи діагностику та лікування запальних захворювань, порушень менструального циклу, патологій вагітності, проведення малих гінекологічних операцій.

Крім стаціонарних відділень, у структурі лікарні функціонує *поліклінічне відділення*, яке забезпечує амбулаторний прийом пацієнтів за різними спеціальностями (терапевт, хірург, невролог, гінеколог, офтальмолог, ЛОР, кардіолог, ендокринолог та інші). Це дозволяє надавати первинну медичну допомогу, проводити профілактичні огляди, диспансеризацію та направляти пацієнтів на стаціонарне лікування за показаннями.

Важливу роль у роботі лікарні відіграють і **допоміжні підрозділи**: клініко-діагностична лабораторія, рентгенологічне відділення, відділення функціональної діагностики (ЕКГ, УЗД), ендоскопічний кабінет. Ці підрозділи забезпечують точну та своєчасну діагностику, що є запорукою ефективного лікування.



Рис. 1.1. Боярська міська лікарня інтенсивного лікування

## **Хвороби, які лікують у лікарні**

Спектр захворювань, які лікують у Боярській лікарні інтенсивного лікування, є надзвичайно широким, що відповідає її статусу багатoproфільного закладу. Завдяки наявності різнопрофільних відділень та висококваліфікованого медичного персоналу, лікарня надає допомогу пацієнтам із різноманітними патологіями.

У відділеннях інтенсивної терапії та реанімації лікують:

- Гострі порушення мозкового кровообігу (ішемічні та геморагічні інсульти)
- Важкі травми (черепно-мозкові, політравми)
- Гостра дихальна недостатність (наприклад, при важкій пневмонії, набряку легень)
- Гостра серцева недостатність, кардіогенний шок
- Сепсис та септичний шок
- Важкі отруєння
- Коматозні стани різної етіології
- Післяопераційні ускладнення, що потребують інтенсивного спостереження та лікування.

У хірургічному відділенні проводять лікування:

- Гострих хірургічних захворювань органів черевної порожнини (гострий апендицит, холецистит, панкреатит, кишкова непрохідність)
- Гриж різної локалізації
- Патологій щитовидної залози, молочних залоз
- Доброякісних та деяких злоякісних новоутворень, що потребують оперативного втручання.

Травматологічне відділення спеціалізується на:

- Переломах кісток різної локалізації та складності
- Вивихах суглобів
- Розтягненнях та розривах зв'язок

- Посттравматичних деформаціях
- Ускладненнях після травм.

Терапевтичне відділення забезпечує лікування:

- Серцево-судинних захворювань: артеріальна гіпертензія, ішемічна хвороба серця (стенокардія, постінфарктний кардіосклероз), хронічна серцева недостатність.

- Захворювань органів дихання: пневмонії, бронхіти, бронхіальна астма, хронічне обструктивне захворювання легень.

- Хвороб шлунково-кишкового тракту: гастрити, виразкова хвороба шлунка та дванадцятипалої кишки, холецистити, панкреатити, гепатити.

- Захворювань нирок: пієлонефрити, гломерулонефрити (у стадії загострення).

- Ендокринних порушень: цукровий діабет (декомпенсація), патології щитовидної залози.

- Ревматичних захворювань: артрити, артрози.

Неврологічне відділення допомагає пацієнтам із:

- Наслідками перенесених інсультів (реабілітація та підтримуюча терапія)

- Гострими та хронічними радикулітами, остеохондрозом
- Епілепсією та іншими судомними станами
- Розсіяним склерозом
- Хворобою Паркінсона (на певних стадіях)
- Невралгіями, мігренню.

Гінекологічне відділення надає допомогу при:

- Запальних захворюваннях жіночих статевих органів
- Порушеннях менструального циклу
- Доброякісних новоутвореннях матки та придатків
- Ранніх термінах вагітності (патології, загроза переривання)
- Діагностичних процедурах.

Загалом, Боярська лікарня інтенсивного лікування є ключовим елементом системи охорони здоров'я регіону, забезпечуючи якісну та доступну медичну допомогу на різних рівнях: від первинної до високоспеціалізованої. Її розвиток — це безперервний процес, спрямований на покращення якості життя пацієнтів та підвищення стандартів медичного обслуговування. Завдяки багаторічній історії, динамічному розвитку, розгалуженій структурі відділень та широкому спектру послуг, лікарня залишається надійним оплотом здоров'я для тисяч людей. Її майбутнє пов'язане з подальшим впровадженням інноваційних технологій, підвищенням кваліфікації персоналу та розширенням можливостей для надання медичної допомоги, що відповідає найсучаснішим викликам та потребам суспільства.

## **1.2 Створення моделі приміщення**

Хірургічне відділення знаходиться на другому поверсі Боярської лікарні інтенсивного лікування. Загальна площа приміщення становить 17,28 м<sup>2</sup>, висота приміщення м, приміщення має jлут вікно розмірами 2,53/1,59 м. Кількість робочих мість у лабораторії становить 4. Схема приміщення лабораторій зображена на Рис. 1.3.

Отже на одного працівника в науковій лабораторії складає  $(17.28/3)=5.76$  (м<sup>2</sup>/ос) робочої площі.

Згідно із СНиП 2.09.04 – 87 [2] “на кожного працюючого в лабораторія повинно припадати не менше 4 (м<sup>2</sup>/чол.) робочої площі”.

Висота приміщення 3,5 м .

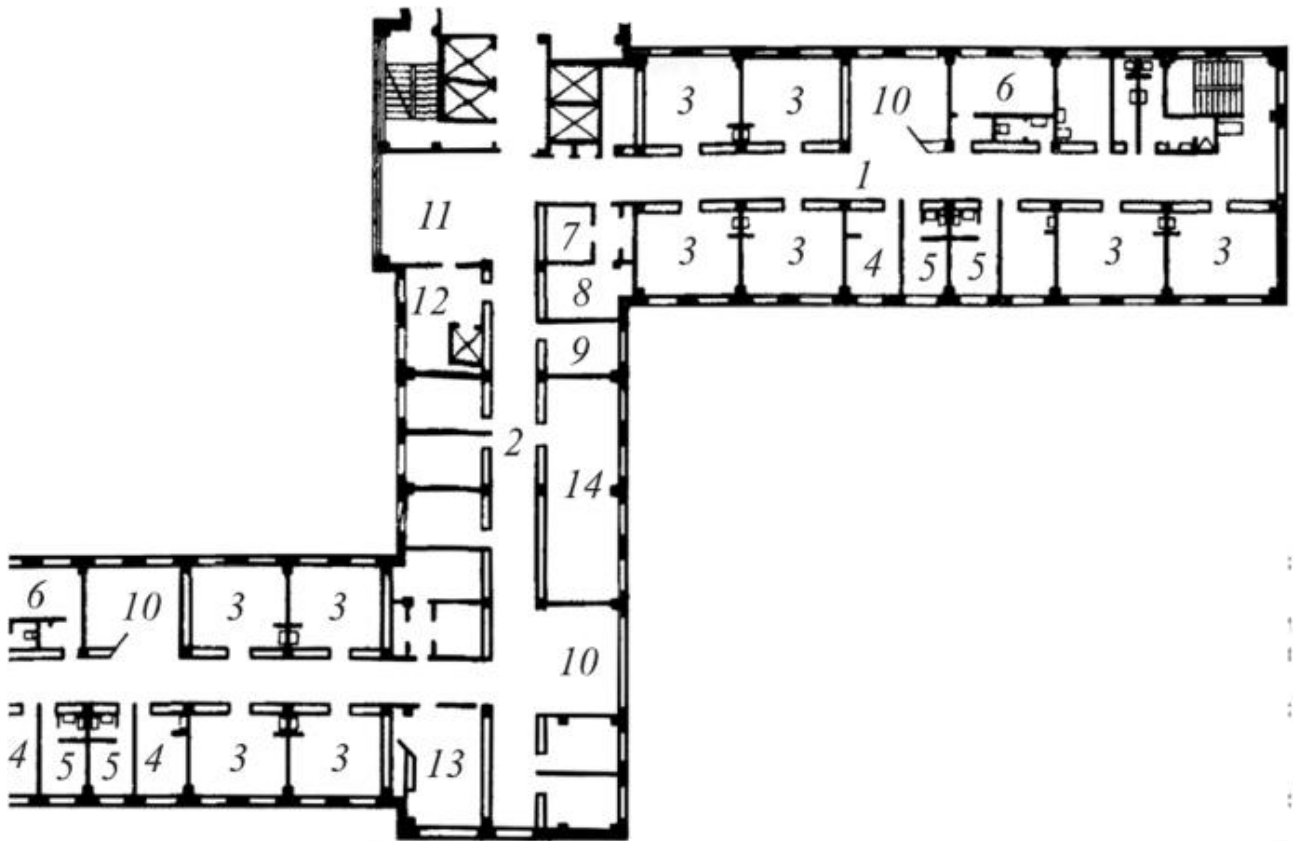


Рис.1.3 Схема хірургічного відділення Боярської лікарні інтенсивного лікування

Дане відділення оснащено 5 комп'ютерами. Напряга джерела живлення яких 220В . А також у приміщені розташовано 4 робочі столи, 4 стеллажа, шафи для зберігання документів, шафа управління, електронний стенд. Для вирощування і зберігання рослин в лабораторії необхідно підтримувати певний рівень вологості та температури, що і буде завданням даної роботи.

У хірургічних відділеннях, згідно з санітарно-епідеміологічними вимогами, температура повинна підтримуватися в межах, що забезпечують комфорт і безпеку пацієнтів, а також відповідати специфіці процедур, що проводяться. Зазвичай це діапазони 21-24°C для операційних, реанімаційних та післяопераційних палат і 21-23°C для післяпологових палат.

В операційних, післяопераційних палатах, реанімаційних залах (палатах) допустима температура має становити 21 – 24 °С. У палатах для опікових хворих, палатах на лікування пацієнтів в асептичних умовах, післяпологових палатах з

новонародженими - 21-23 °З. У процедурних та асептичних перев'язувальних - 22-26 °С. У палатах загального профілю, зазвичай, підтримується температура не більше 18-20 °З. Важливо, щоби в палатах була хороша вентиляція, а температура підтримувалася на комфортному рівні для пацієнтів. Це допомагає запобігти перегріву або переохолодженню, що особливо важливо для пацієнтів у критичному стані, а також для профілактики ускладнень.

### 1.3 Кліматичне обладнання

Дані плити – екологічно чисті, безпечні для здоров'я, зносостійкі, економічні, не потребують обслуговування та мають великий термін служби. Дані плити призначені для локального обігріву підлоги в приміщенні, в середині яких розміщений нагрівальний кабель підвищеної стійкості до перегріву.

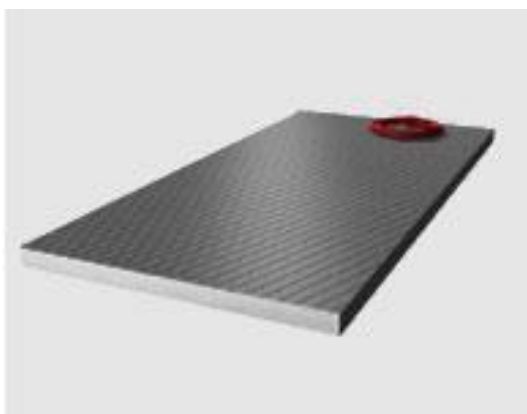


Рис. 1.4 – Нагрівальна плита НП-15

Аналогічно конструкцію мають нагрівальні плити моделі НП-125/40, НП-125/60 та НП-125/85 (Південна Корея), але мають меншу вагу порівняно з плитами НП-15 без суттєвого зменшення можливого навантаження. Ці плити вкриті металевим листом з алюю цинкованого сплаву Galvalume. В середині розташовується нагрівальний кабель, ізольований силіконовою ізоляцією. Алюю цинкований шар забезпечує рівномірний та швидкий нагрів поверхні, а замінник поліуретану виконує функцію теплоізоляції – нагрівається лише верхня частина

плити. Технічні характеристики наведені у таблиці 1.1.

Табл.1.1  
Технічні характеристики плити НП-15

напруга живлення, В	220
Потужність, Вт	130
Максимальний нагрів поверхні, °С	40
Розміри плити, мм	1150 x 550 x 35
Маса плити, не більше, кг	30
Опір нагрівального елемента, Ом	392
Час окупності при заміні ИКЗ, років	1
Час експлуатації компонентів, не менше, років	16
Гарантійний час , років	5

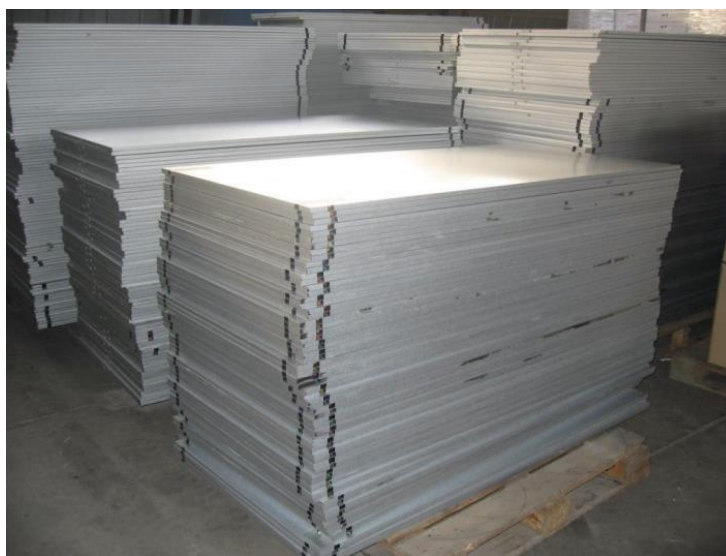


Рис. 1.5 – Нагрівальні плити НП-125/40



Рис. 1.6 – підключення нагрівальних плит

## РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

### 2.1 Побудова та дослідження математичної моделі температурного режиму в Боярській лікарні інтенсивного лікування

Розрахунки для побудови імітаційної моделі об'єкту проводимо в середовищі MATLAB:

Рівняння витрат вентиляційного повітря необхідного для забезпечення допустимої вмісту вологи у приміщенні лабораторії:

$$V_v = \frac{W_t}{(d_p - d_z)\rho_p}, \quad (2.1)$$

де: сумарна волога, яку виділяють, г/с.

$$W_t = \frac{n \cdot G_c \cdot w \cdot 1000}{3600},$$

w – середня маса вологи, що виділяється одним працівником за годину, г/год кг;

$d_p$  і  $d_z$  – вологовміст внутрішнього і зовнішнього, вентиляційного, повітря, г/кг сухого повітря.

Рівняння опису динаміки температури повітря у лабораторії, яке отримане з балансу тепла в приміщенні:

$$\frac{d(V_p \rho_p C_p t_p)}{d\tau} = Q_d + Q_t - V_v \rho_p C_p (t_p - t_z) - KF_p (t_p - t_z). \quad (2.2)$$

Рівняння постійного часу нагрівання ТОУ, с:

$$T = \frac{V_p \rho_p C_p}{(KF_p + V_v \rho_p C_p)}, \quad (2.3)$$

і усталену, при нульовій швидкості зміни температури повітря в приміщенні ферми, температуру повітря, град.:

$$t_y = t_z + \frac{Q_d + Q_t}{(KF_p + V_v \rho_p C_p)} \cdot \quad (2.4)$$

Технологічний об'єкт управління, навчальна лабораторія має площу  $F_p = 24.2 \text{ м}^2$ . Середнє значення коефіцієнта теплопередачі для них складає  $K = 0,3 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ град})$ . У навчальній лабораторії зазвичай знаходиться  $n=3$  працівника середня вага  $q = 75 \text{ кг}$ . Середнє тепловиділення одного працівника  $q = 22,23 \text{ Вт}/\text{кг}$ .

Густина і теплоємність повітря  $\rho_p = 1,293 \text{ кг}/\text{м}^3$  і  $C_p = 1005 \text{ Дж}/(\text{кг град})$ . Температура повітря в приміщенні складає  $t_p = 23 \text{ оС}$  при відносній вологості у приміщенні складає  $\varphi = 40 \%$ , так само, як і в роботі по дослідженню вентиляції приміщення, і тому вологовміст повітря у приміщенні  $d_p = 8,88 \text{ г}/\text{кг}$  сухого повітря. Температура і вологовміст зовнішнього повітря складає  $t_z = -10 \text{ оС}$  і  $d_z = 2,1 \text{ г}/\text{кг}$  сухого повітря.

Визначити потужність опалювального пристрою, необхідного для підтримання заданої температури в приміщенні, а також постійну часу нагрівання даного каналу регулювання ТОУ, реальний час досягнення температури в приміщенні, а також дослідити, на скільки збільшаться теплові затрати на нагрівання приміщення, якщо температура на вулиці зменшиться на 5 градусів.

Для створення моделі в системі Simulink MATLAB приведемо рівняння динаміки процесу теплообміну до виду Коші і запишемо у формі:

$$\frac{dt_p}{d\tau} = \frac{t_z}{T_t} + \frac{Q_d + Q_t}{(KF_p + K_v) \cdot T_t} - \frac{t_p}{T_t}, \quad (2.5)$$

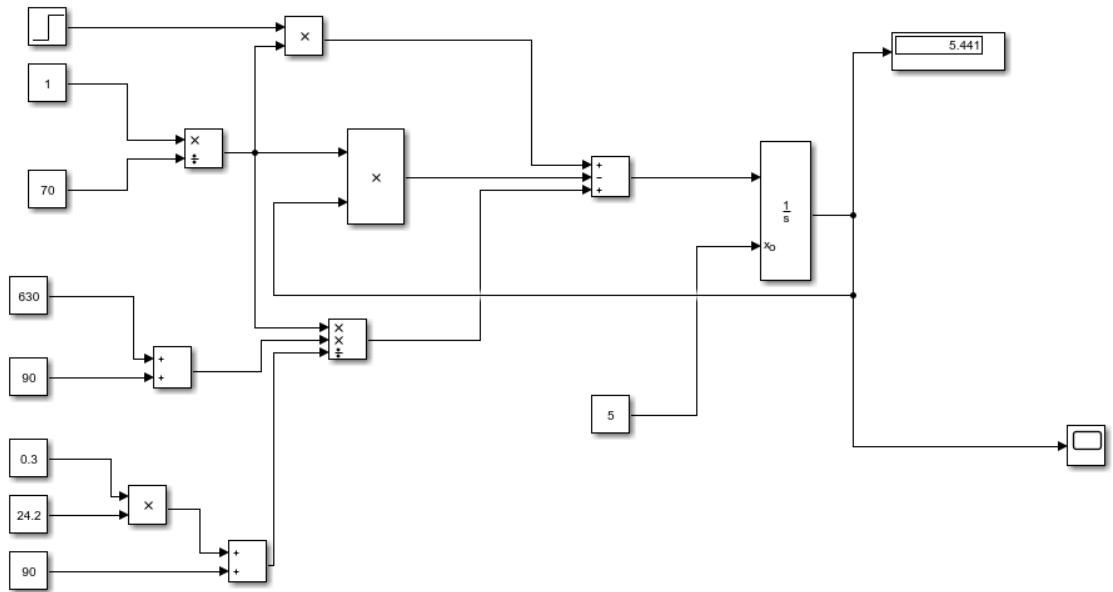


Рис. 2.1. Імітаційна схема опалення

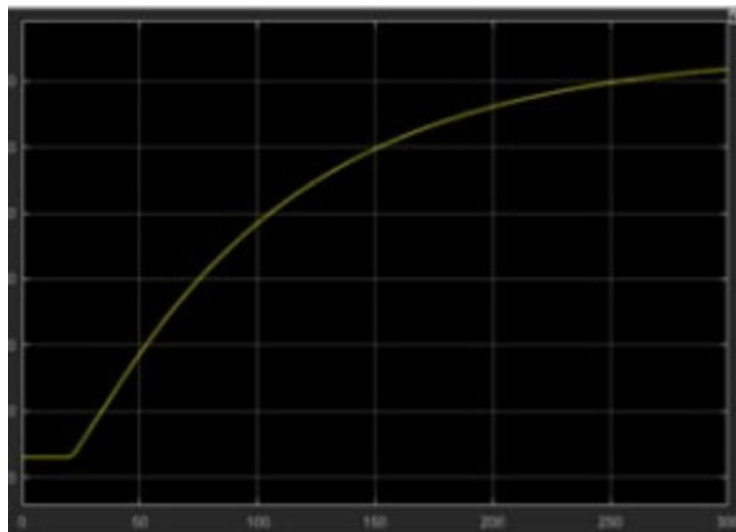


Рис. 2.2. Розгінна крива зміни температури в приміщенні ТОУ.

Дослідження на даній моделі показали, що постійна часу нагрівання ТОУ складе  $T = 432.6$  с. Час запізнення по каналу регулювання буде становити 12.2.

## 2.2 Побудова математичної моделі теплоносія та визначення його передаточної функції

Регулювання опалення відділенні здійснюється за допомогою електричних батарей а також допоміжних засобі опалення . Навчальна лабораторія складається з одного приміщення, в якому встановлено опалення сумарною тепловою потужністю  $P$ . Температура всередині цього приміщення  $T_{вн}$  градусів, температура за вікном -  $T_0$  градусів. (рис.2 3).

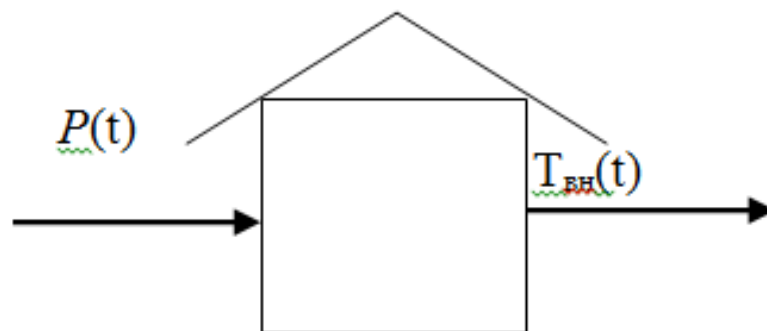


Рис.2.3 Модель опалювального приміщення по входу-виходу

У теплотехніки існують безліч моделей, з різним ступенем точності моделюють процеси нагрівання та охолодження тел. Далі ми розглянемо найпростіший з них. Для цього необхідно ввести поняття кількості теплоти - енергії, необхідної для зміни термодинамічної стану тіла (наприклад, температури). Зі шкільної фізики добре відомо, що для того, щоб нагріти тіло масою  $m$  і теплоємністю  $c$  від температури  $T_1$  до  $T_2$  необхідно затратити кількість теплоти  $Q$ , рівне

$$Q = cm(T_2 - T_1). \quad (2.6)$$

Кількість теплоти  $Q_i$ , яке надходить від електричного обігрівача потужністю  $P$  за час  $\tau$  - це просто інтеграл за часом:

$$Q_i(\tau) = \int_0^{\tau} P(t)dt. \quad (2.7)$$

Для того, щоб зрозуміти скільки тепла пішло на вулицю, необхідно скористатися поняттям теплового потоку  $Q'_o(t)$  - кількість теплоти, що проходить через поверхню за одиницю часу. Якщо вважати, що теплопровідність всередині двох дотичних середовищ більше, ніж теплопровідність між ними, то тепловий потік пропорційний різниці їх температур:

Для того, щоб зрозуміти скільки тепла пішло на вулицю, необхідно скористатися поняттям теплового потоку - кількість теплоти, що проходить через поверхню за одиницю часу. Якщо вважати, що теплопровідність всередині двох дотичних середовищ більше, ніж теплопровідність між ними, то тепловий потік пропорційний різниці їх температур:

$$Q'_o(t) = -k(T_{\text{вн}} - T_0),$$

$$Q_o(\tau) = -k \int_0^{\tau} (T_{\text{вн}}(t) - T_0) dt. \quad (2.8)$$

Запишемо рівняння теплового балансу:

$$Q = Q_{\text{вн}} + Q_o$$

Про диференціювавши обидві частини за часом, можна записати диференціальне рівняння, що зв'яже динаміку зміни температури  $T_{\text{вн}}(t)$  від потужності електричного обігрівача:

$$cm \frac{dT_{\text{вн}}}{dt} = k(T_0 - T_{\text{вн}}(t)) + P(t). \quad (2.9)$$

Позначивши коефіцієнт  $cm = a$  і розділивши змінні для інтегрування, можна записати:

$$T_{\text{вн}}(t) = \frac{1}{a} \int_0^t (k(T_0 - T_{\text{вн}}(t)) + P(t)) dt. \quad (2.10)$$

Розглядаючи диференціальне рівняння моделі, можна скласти наступний список компонентів, які змінюють сигнали моделі:

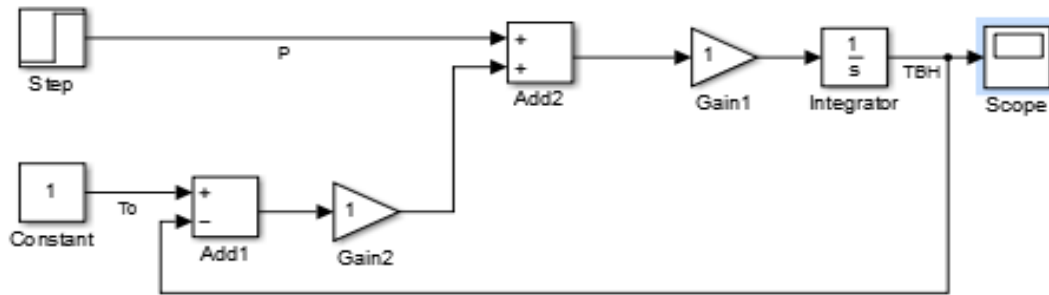


Рис 2.4. Імітційна модель

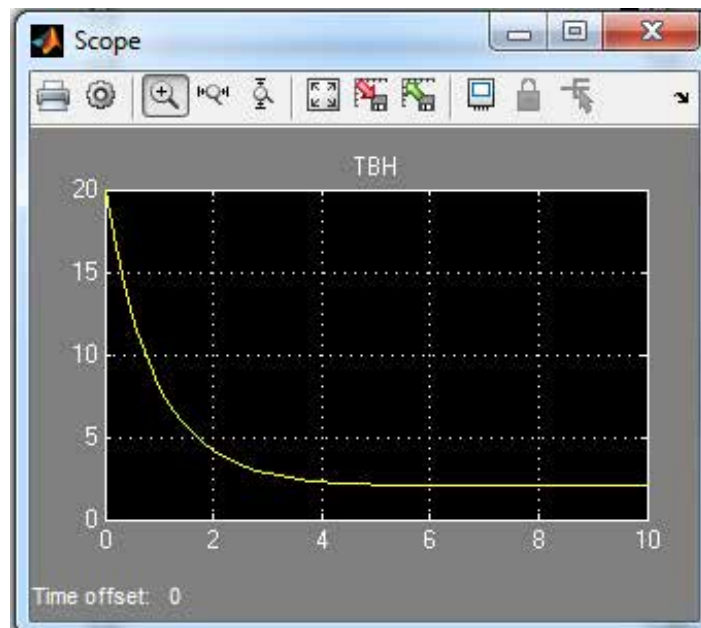


Рис. 2.5. Результат моделювання при  $P = 1$

Видно, що температура всередині падає від 20 градусів до температури, яка вище вуличної  $T_0 = 1$ , моделюється блоком Constant. Таким чином позначається дію електричного обігрівача.

Встановивши параметр Final value = 10, запусимо моделювання ще раз. Отримаємо залежність  $T_{вн}(t)$ , показану на рис. 2.5

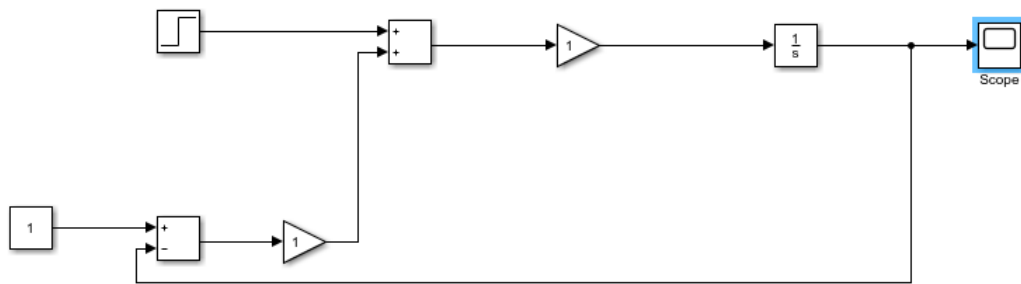


Рис.2.6. Імітаційна модель

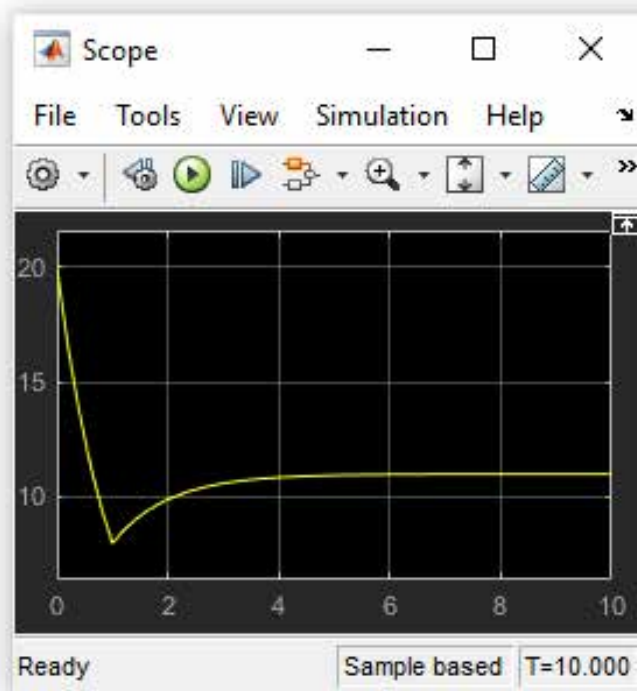


Рис2.7. Результат моделювання при  $P = 10$

Чітко видно, що температура падає до включення електричного обігрівача при  $t = 1$ , після чого зростає до досягнення постійного значення, відповідного термодинамічної рівноваги між теплом, що підводиться нагрівачем і відводиться назовні.

### 2.3 Дослідження системи локального обігріву

Для визначення теплового режиму лабораторії була розроблена математична модель. Дана модель розрахована на обігрів приміщення за допомогою нагрівальної підлоги та інфрачервоних опромінювачів. Вона показує процес теплообміну за участю видів передачі теплоти таких як : теплопровідності і конвекції. Модель представлена у вигляді системи диференціальних рівнянь:

$$\frac{du}{dx} + \frac{dv}{dy} = 0 ; \quad (2.11)$$

$$\frac{du}{dt} + u \frac{du}{dx} + v \frac{du}{dy} = -\frac{1}{\rho} \cdot \frac{dp}{dx} + v \left[ \frac{d^2u}{dx^2} + \frac{d^2u}{dy^2} \right]; \quad (2.12)$$

$$\frac{dv}{dt} + u \frac{dv}{dx} + v \frac{dv}{dy} = -\frac{1}{\rho} \cdot \frac{dp}{dy} + v \left[ \frac{d^2v}{dx^2} + \frac{d^2v}{dy^2} \right] - \beta gT ; \quad (2.13)$$

$$\frac{dT}{dt} + u \frac{dT}{dx} + v \frac{dT}{dy} = -a \left[ \frac{d^2T}{dx^2} + \frac{d^2T}{dy^2} \right].$$

Де :

$x, y, z$  - координати точок простору всередині приміщення, в якому визначають значення температури,

$T$  - швидкості руху повітря по осях  $x, y$ ;

$\rho$  - щільність повітря в приміщенні;

$\nu$  - коефіцієнт кінематичної в'язкості повітря;

$\beta$  - коефіцієнт об'ємного розширення повітря;

$t$  - температура,

$p$  - відхилення тиску від середнього за об'ємом лігва.

Теплообмін випромінюванням спостерігається безпосередньо між нагрівачем і підлогою.

Розрахунки проведемо в програмному середовищі Mathcad. Вихідні дані для розрахунків є такі величини:

Об'єм приміщення становить  $V_p = 17.2 \text{ м}^3$  ;

Площа стін і стелі  $F_p = 28 \text{ м}^2$ ;

Коефіцієнт тепловіддачі стін  $K = 1 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ град})$ ;

В приміщенні кількість осіб  $n = 4 \text{ чол.}$ ;

Середнє волого виділення складає  $w = 0,6 \text{ кг/г}$ ;

Середнє тепловиділення  $q = 50 \text{ Вт*г}$ ;

Густина повітря в приміщенні  $\rho_p = 1,05 \text{ кг/м}^3$  ;

Теплоємність повітря  $C_p = 1 \text{ Дж}/(\text{кг/град})$ ;

Температура в приміщенні становить  $t_p = 23 \text{ }^\circ\text{C}$

Вологовміст в приміщенні складає  $d_p = 8,5 \text{ г/кг}$ ;

Температура внутрішнього повітря  $t_z = + 15 \text{ }^\circ\text{C}$ ;

Вологовміст зовнішнього повітря в приміщенні  $d_z = 1,5 \text{ г/кг}$ .

Для початку розрахуємо продуктивність системи вентиляції за формулою 2.14.

Волого виділення всіх осіб за секунду складає, г/с:

$$W_t := \frac{n \cdot w \cdot 1000}{3600} \quad (2.14)$$

$$W_t = \frac{4 \cdot 0.6 \cdot 1000}{3600} = 0.6$$

Продуктивність системи :

$$V_v := \frac{W_t}{(d_p - d_z) \rho_p} \quad (2.15)$$

$$V_v = \frac{0.6}{(8.5 - 1.5) \cdot 1.05} = 0.08$$

Постійна часу нагрівання буде , с:

$$T_t := \frac{V_p \cdot \rho_p \cdot C_p}{(K \cdot F_p + V_v \cdot \rho_p \cdot c)} \quad (2.16)$$

$$T_t = \frac{17.2 \cdot 1.05 \cdot 1000}{(1 \cdot 28 + 0.08 \cdot 1.05 \cdot 1000)} = 161.25$$

Сума тепловиділення всіх працівників складе, Вт:

$$Q_t = n \cdot q \quad (2.17)$$

$$Q_t = 200$$

Кількість тепла витраченого на нагрівання, Вт:

$$Q_d := V_v \cdot \rho_p \cdot C_p \cdot (t_p - t_z) \quad (2.18)$$

$$Q_d = 6.700$$

Коефіцієнт нагрівання, Вт/град:

$$K_v := V_v \cdot \rho_p \cdot C_p \quad (2.19)$$

$$K_v = 840$$

Для створення моделі в системі MATLAB, приведемо рівняння виду Коші :

$$\frac{dt_p}{d\tau} = \frac{t_z}{T_t} + \frac{Q_d + Q_t}{(K F_p + K_v) \cdot T_t} - \frac{t_p}{T_t} \quad (2.20)$$

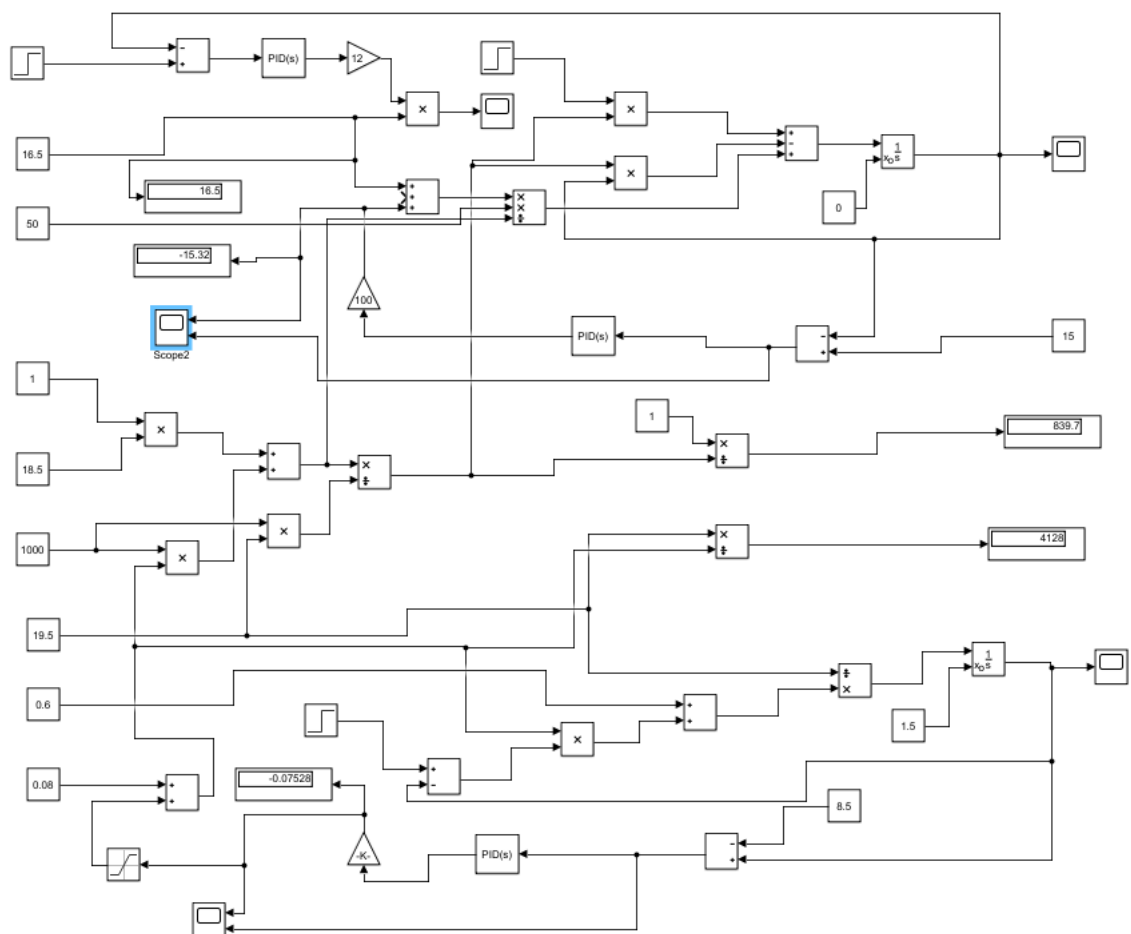


Рис. 2.8 Математична модель системи локального обігріву приміщення



Рис 2.9 Регулятор системи локального обігріву приміщення.

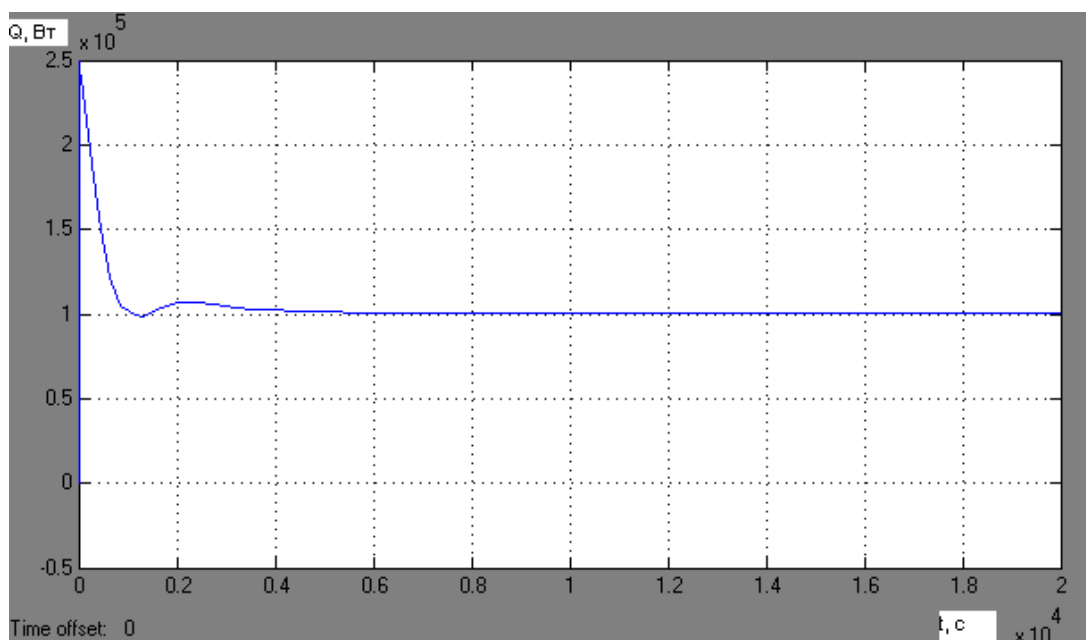


Рис 2.10 Регульована характеристика локального обігріву приміщення

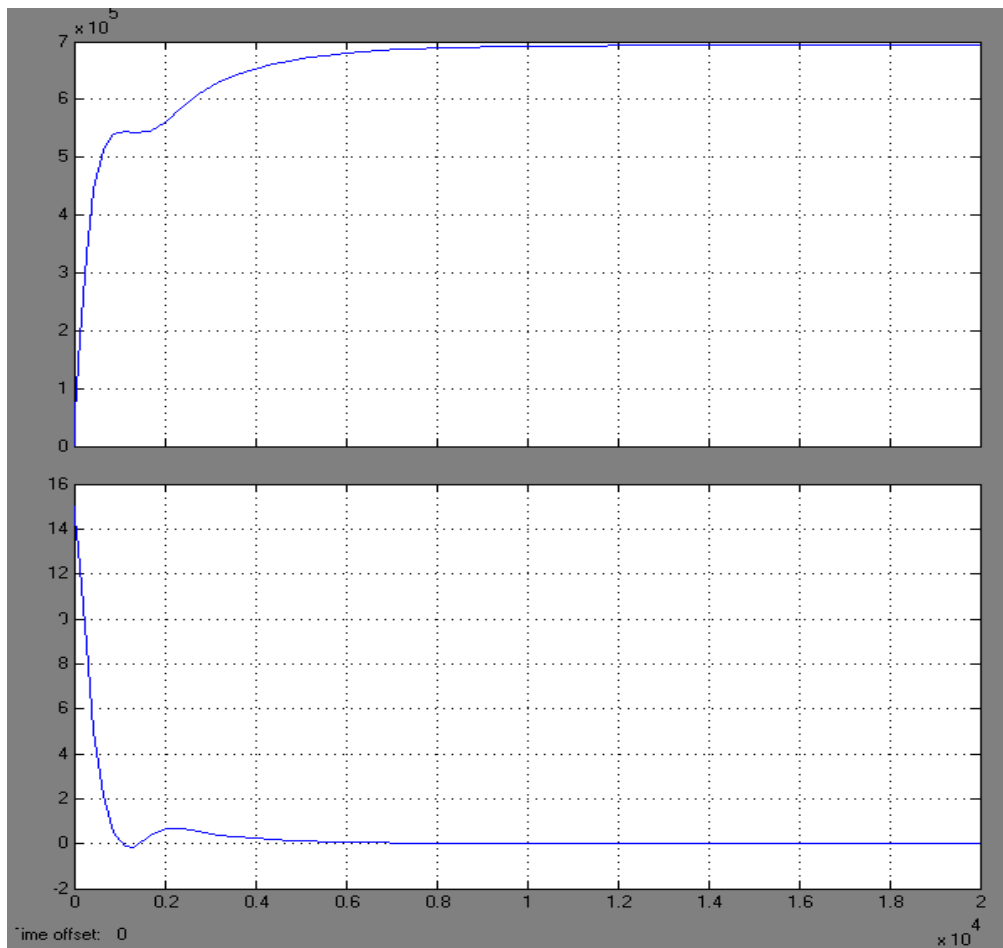


Рис 2.11 Регульована характеристика температури повітря у зоні локального обігріву.

## **РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА САК ТЕМПЕРАТУРНИМ РЕЖИМОМ У НАВЧАЛЬНІЙ ЛАБОРАТОРІЇ ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ АЛГОРИТМІВ ЇЇ РОБОТИ**

### **3.1 Функціональна схема автоматизації температури повітря в лабораторії**

Функціональні схеми автоматизації являються основним технічним документом, який визначає структуру і рівень окремих вузлів автоматичного контролю, управління та регулювання автоматизації технологічного процесу.

На функціональній схемі за допомогою графічних позначень зображуються :

- органи керування;
- технологічне обладнання;
- прилади і засоби автоматизації ;

Загальні принципи розробки функціональних схем автоматизації:

1) рівень автоматизації технологічного процесу в кожний період часу повинен визначатись не тільки доцільністю впровадження визначеного комплексу технічних засобів, але й перспективою модернізації та розвитку технологічних процесів.

2) при розробці функціональних та інших схем автоматизації та виборі технічних засобів необхідно враховувати:

- вид і характер технологічного процесу
- параметри та фізико-хімічні властивості середовища;- відстань від місць встановлення допоміжних пристроїв, датчиків ,виконавчих механізмів, приводів машин і запірних органів до пунктів управління і контролю;
- необхідна точність засобів автоматизації;

3) система автоматизації повинна бути побудована на базі уніфікованих засобів автоматизації та обчислювальної техніки, що випускаються серійно і характеризуються простотою сполучення, взаємозаміною, зручністю компоновки на щитах управління. Використання однотипної апаратури має значні переваги при наладці, монтажі, експлуатації.

4) в якості локальних засобів збору необхідно використовувати “прилади і засоби автоматизації Державної системи промислових приладів або сертифіковані для використання на території України”;

5) кількість приладів, сигналізації, апаратури керування що встановлюється на оперативних щитах повинна бути обмежена. Перевищення кількості апаратури ускладнює експлуатацію, погіршує спостереження за основними приладами, збільшують вартість установки та строки монтажних і налагоджувальних робіт.

6) допоміжні прилади і засоби доцільно розміщувати на окремих щитах, які будуть розташовуватися у виробничих приміщеннях поблизу технологічного обладнання.

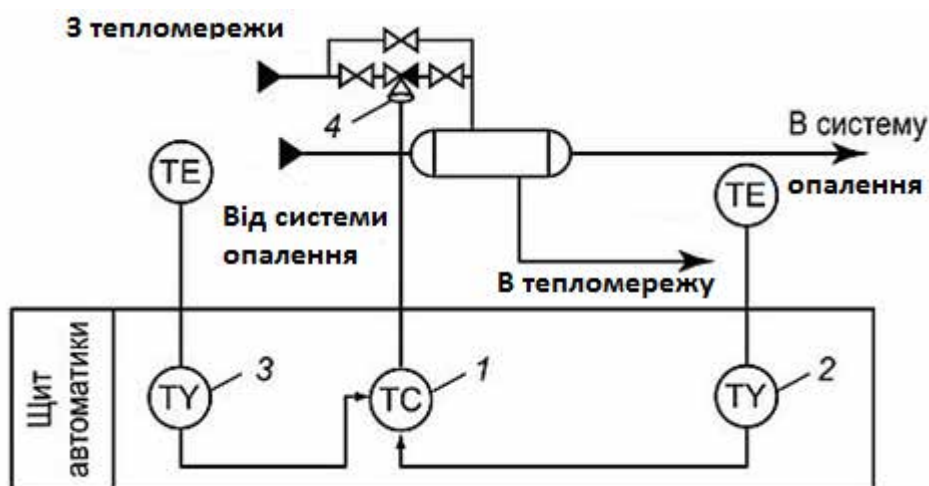


Рис. 3.1. Функціональна схема автоматизації системи опалення

1 — пропорційно - інтегральний блок;

2, 3 — спостережні прибори;

4 — регулюючий клапан

Підтримання температури теплоносія відповідно до заданого значення. Регульоване значення температури води, що надходить в систему опалення, змінюється в залежності від температури зовнішнього повітря. Регулювання проводиться приладами 2 і 3 з пневматичним вихідним

сигналом, контролюючими температуру зовнішнього повітря і теплоносія.

При температурі зовнішнього повітря на пневмо привід регулюючого клапана

надходить керуючий вплив від пропорційно-інтегрального блоку, що забезпечує підтримання температури теплоносія  $T$  згідно опалювального графіку. При відхиленні температури теплоносія прилад 2 змінює тиск стисненого повітря, що надходить на блок, в результаті чого змінюється тиск вихідного сигналу блоку, що впливає на пневмо привід регулюючого клапана. Регулюючий клапан в залежності від зміни температури теплоносія збільшує або зменшує подачу води з теплової мережі.

При підвищенні температури повітря в лабораторії від регуляторів 1 і 2 надходить сигнал на виконавчі механізми регулюючих клапанів 3 і 4 і клапани закриваються. При зниженні температури повітря в приміщеннях нижче норми регулюючі клапани відкриваються .

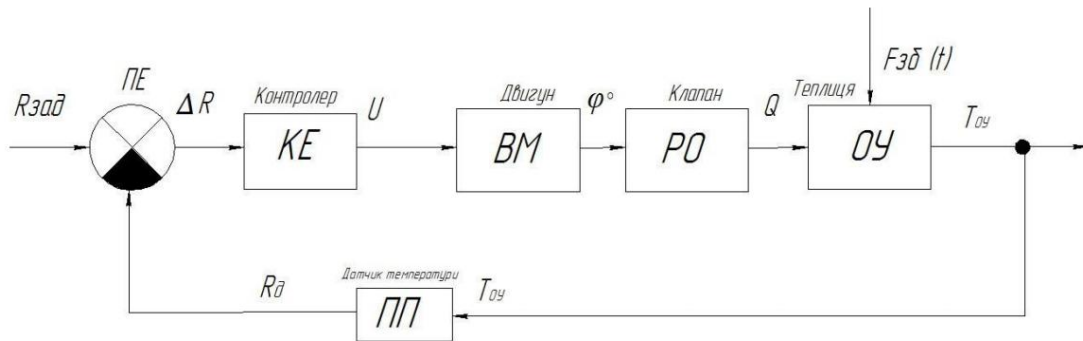


Рис.3.2. Функціонально структурна схема САК температури повітря в відділенні

КЕ – керуючий елемент (регулятора);

ВМ – виконавчий механізм;

РО – регулюючий орган (клапан);

ОУ – об'єкт управління (лабораторія);

U– напруга керування;

ПП - первинний перетворювач (ТМ-36)

$R_{зад}$ -задане значення температури

$R_{оу}$  – температура повітря в лабораторії

$\Delta R = R_{зад} - R_{оу}$  ,  $T_{вим}$  – значення температури що вимірюється

$F_{зб}$  – збурююча дья на ОУ

### 3.2. Вибір пристроїв КТЗ

В якості датчика температури доцільно був обраний інтегральний датчик температури, який за своїми характеристиками відповідає всім технічним нормам.

Інтегральні датчики температури мають переваги :

- дешевизна;
- має вихідний сигнал напругу;
- у широкому діапазоні зміни температури має лінійну статичну характеристику;

Доцільно приймаємо датчик температури TMP36 (фірми Analog devaces).

Таблиця 3.1.

Технічна характеристика датчика температури TMP36

Тип	TMP36
Діапазон вимірювання температури	-40 ... +125°C
Точність вимірювання	±2°C
Нелінійність характеристики	±0,5°C
Чутливість	10мВ/°C
Напруга живлення	2,5...5,5 В

Діапазон вимірювання температури повітря в приміщенні за технологічними нормами складає 14-23 °С , отже він повністю відповідає вимогам зі значним запасом.

На рис. 3.3 зображено залежність вихідної напруги датчика TMP36 від температури повітря .

На рис. 3.4 зображено динамічну характеристику датчика TMP36. Проаналізувавши її, можна визначити постійну часу датчика, яка складає 4 с.

Постійна часу об'єкта управління становить 165 с. Постійна часу датчика 4 с . Перевіряємо умову швидкодії датчика за формулою :

$$\frac{165}{10} = 16,5 > 4 \quad (3.1)$$

Дійсно 16,4 > 4 отже вимога щодо швидкодії датчика задовольняється.

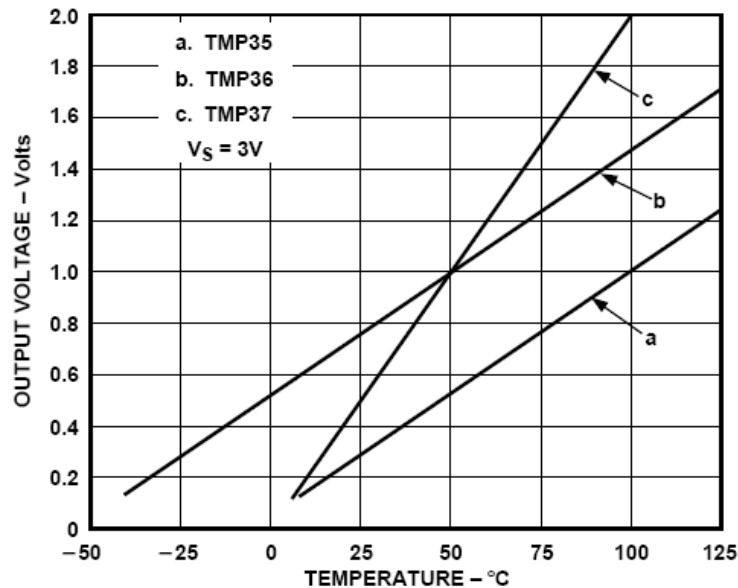


Рис. 3.3. Статична характеристика датчика TMP36

Чутливість датчика вираховуємо за формулою:

$$k_6 = 10 * \frac{mV}{c} = 0.01 \frac{V}{c} \quad (3.2)$$

Передаточна функція датчика описується інерційною ланкою виду за формулою:

$$U_{\text{out}} = k_s \frac{U_{\text{in}}}{T_s s + 1} \quad (3.3)$$

На рис. 3.5 зображено датчик TMP36. Даний датчик являє собою інтегральну систему яка знаходиться у корпусі TO-92 (розміром 5x6 мм) з трьома виводами. Підключення датчика зображено на рис. 3.6. Для даної лабораторії був використаний автоматичний вимикач серії Ex9BN.

Автоматичні модульні вимикачі серії Ex9BN є універсальними пристроями захисту для всіх типів використання, де потрібні високі стандарти для автоматичних вимикачів побутового застосування відповідно до EN 60898, з номінальним струмом в діапазоні від 1 до 63 А. Відключаючи здатність I<sub>cn</sub> складає 6 кА. Даний параметр I<sub>cn</sub> відноситься до всіх автоматичних вимикачів, тобто до номінального струму 63 А, до D характеристики включно

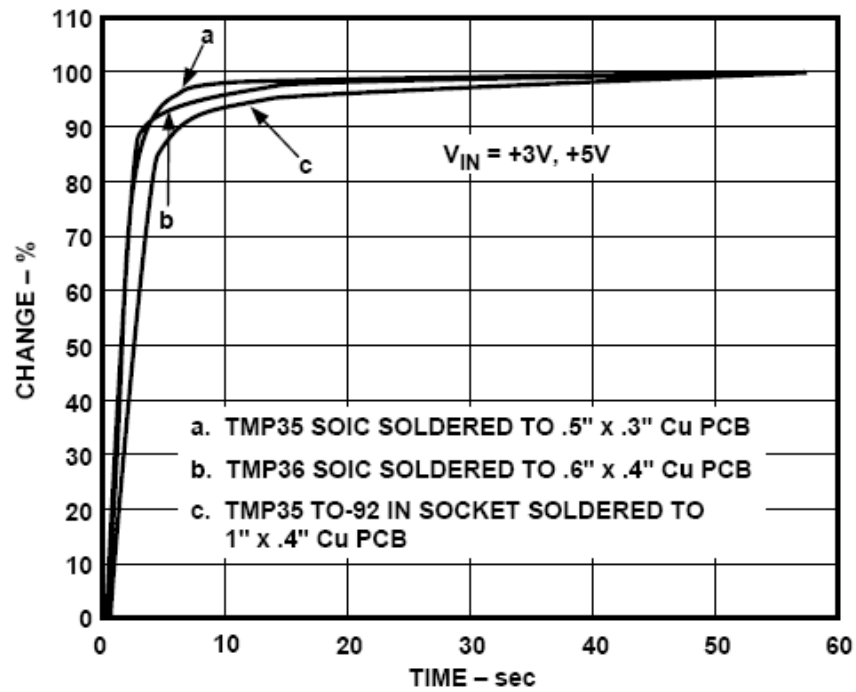


Рис. 3.4. Перехідна характеристика датчика TMP36 (графік b)

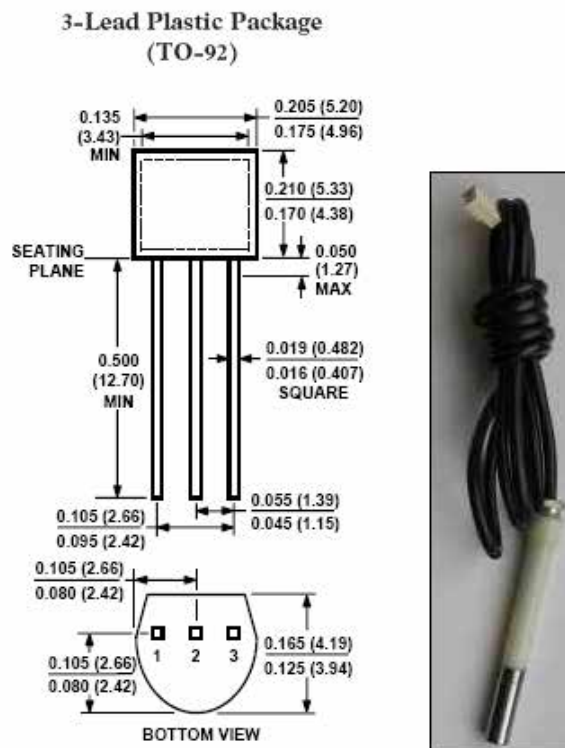


Рис. 3.5. Фізичні розміри датчика температури ТМП36 та варіант захищеного виконання

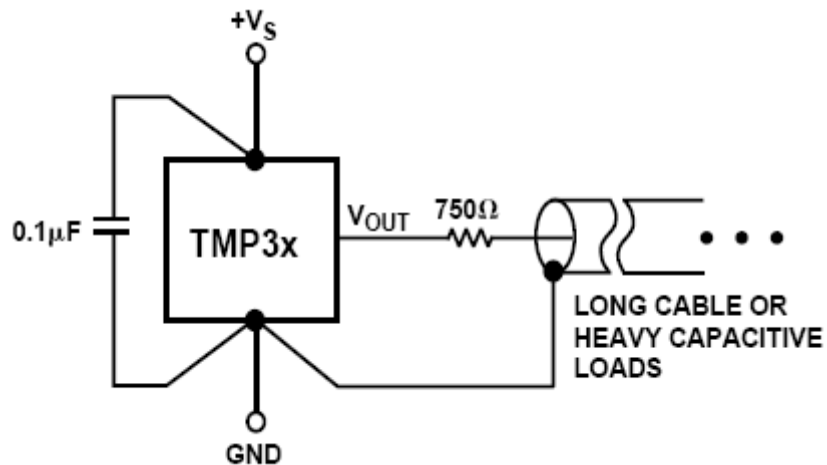


Рис. 3.6. Схема підключення датчика температури ТМП36



Рис.3.7 Автоматичний вимикач серії Ex9BN.

Автоматичні вимикачі серії Ex9BN поставляються у версіях 1, 1 + N, 2, 3, 3 + N і 4-х полюсного виконання з шириною полюса відповідного одному модулю (18 мм).

Характеристики спрацювання - В, С, D. Із точки зору механічних властивостей обидві серії Ex9BN і Ex9BN автоматичних вимикачів повністю сумісні. Автоматичні вимикачі серії Ex9BN можуть бути укомплектовані широким спектром додаткових аксесуарів, а саме: додатковими і сигнальними контактами, незалежними розчеплювачем, розчеплювачами мінімальної напруги, розчеплювачами максимальної напруги, а також додатковими диференціальними блоками. Є можливість створити різні комбінації аксесуарів. Комбінації обмежені тільки загальною кількістю аксесуарів, а не їх типом - будь-

які комбінації можливі. Додатково можна використовувати до 3х додаткових або сигнальних контактних блоків, а також додатково до 2х розчеплювачів.

Табл. 3.2

Технічні характеристики автоматичного вимикача

Параметр	Значення
Клас струмообмеження	3
Тип напруги	АС
Клас утилізації	2
Кількість модулів	1
Ступінь захисту (IP)	IP20
Кількість полюсів	1
Відключаючи здатність I <sub>cn</sub> відповідно до IEC 60947-2 230 VAC	10
Одночасне перемикання N-провідника	ТАК
Характеристики реле	В
Категорія перенапруги	3
Глибина монтажу	72
Номінальний струм	1
Номінальна напруга	220
Кількість захищених полюсів	1
Відключаюча здатність I <sub>cn</sub> відповідно до EN 60898 230 VAC	6

Пропоную для автоматизації системи використати розумне реле FIBARO Roller Shutter 2 Рис.3.8.

FIBARO Roller Shutter 2 може надсилати ідентифікатор сцени для активації сцен у контролері. Різні дії з перемикачами, підключеними до роль ставні 2, призведуть до надсилання різних ідентифікаторів. Змініть параметр 50 на 1 , щоб увімкнути функцію активації сцени.



Рис.3.8.Розумне реле FIBARO Roller Shutter 2

Табл.3.3

Технічні характеристики

Короткі перемикачі (параметр 14 = 0, параметр 10 = 0,1,2)	
ІДЕНТ. СЦЕНИ: вхід S1	ІДЕНТ. СЦЕНИ: вхід S2
12: утримуйте 13: випустіть 14: 2 х натисніть 16: 1 х натисніть	22: утримання 23: випуск 24: 2 х клацання 25: 3 х клацання 26: 1 х клацання
Тумблери (параметр 14 = 1, параметр 10 = 0,1,2)	
ІДЕНТ. СЦЕНИ: вхід S1	ІДЕНТ. СЦЕНИ: вхід S2
10: OFF до ON 11: ON до OFF 14: 2 х клацання	20: OFF до ON 21: ON до OFF 24: 2 х клацання 25: 3 х клацання
Короткий перемикач (параметр 14 = 2, параметр 10 = 0,1,2)	
ІДЕНТ. СЦЕНИ: вхід S1	ІДЕНТ. СЦЕНИ: вхід S2
12: утримуйте 13: випустіть 14: 2 х натисніть 16: 1 х натисніть	Вхід S2 вимкнено через конфігурацію параметрів.

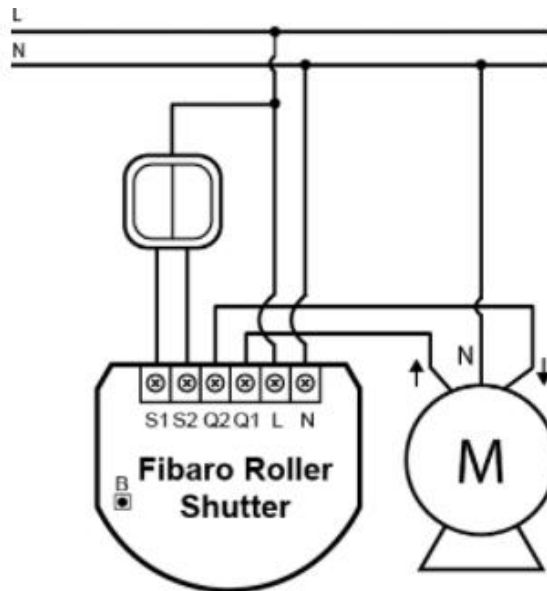


Рис.3.8 Схема підключення

### 3.3 Обґрунтування та вибір проводок

Для стаціонарних електропроводок застосовують переважно проводи і кабелі з алюмінієвими жилами. Для приєднання до електротехнічних пристроїв встановлених безпосередньо на віброізольованих опорах, а також внутрішнього монтажу щитових пристроїв використовують проводи з мідними жилами. Для живлення переносних і пересувних електроспоживачів застосовують шнури і гнучкі кабелі з мідними жилами.

Внутрішні проводки повинні мати мінімальну протяжність тому велике значення надають вибору схеми проводки.

Для відгалужень до окремих електроспоживачів за максимальні тривалі робочі струми беруть їх номінальні струми, які визначають за формулами:

Для однофазних споживачів:

$$I_{ном} = \frac{10^3 P}{U_{ном} \cos \psi}; \quad (3.4)$$

Знайдемо номінальний струм для нагрівальної плити НП-15 яка має потужністю 130 Вт. та  $\cos \psi = 0.5$ ,

$$I_{ном} = \frac{10^3 * P}{\sqrt{3} * U_{ном} * \cos \psi} = \frac{1000 * 0.13}{1.73 * 220 * 0.5} = 0.68 \quad (3.5)$$

Отже, для підключення нагрівальної плити НП-15 обраний провід ПВС 1x0,75.

### **3.4. Розробка система моніторингу температури та передачі даних на базі обладнання ОВЕН**

Хмарні технології дозволяють спостерігати за ходом технологічного процесу та дистанційного налаштування, керування з будь-якого комп'ютера, що має доступ до мережі інтернет, або зі смартфона, на якому встановлено мобільний додаток. Для керування встановлюється програма SoMashine, яку можна завантажити з офіційних сайтів ОВЕН (owen.ru, owen.ua).

Центральний процесор керування CPU 313SC/DPM встановлюється на одну лінійну рейку, при чому на одній лінійці можна встановити до 32 модулів. Кожен CPU має тумблер перемикання роботи, вбудований інтерфейс. Модулі розширення також встановлюються на одній і тій же рейці, де й процесор. Внутрішній зв'язок між модулями CPU та модулями розширення здійснюється за допомогою шинних з'єднувачів.

Для програмованого контролера ОВЕН 2ТРМ1 (рис. 3.9) обрані дискретні й аналогові модулі розширення, які використовуються контролером.



Рис. 3.9 – Контролер ОВЕН 2ТРМ1

2ТРМ1 – двоканальний цифровий терморегулятор, призначений для вимірювання, реєстрації або автоматичного регулювання температури, а також інших фізичних величин (тиск, вологість, рівень, витрата тощо). Відмінною особливістю пристрою є наявність двох незалежних каналів управління.

Прилад здійснює як незалежне управління двома каналами, і спільну роботу каналів у завданнях регулювання і сигналізації. Наявність другого входу дозволяє виконувати регулювання за двома величинами з обчисленням середнього значення чи різниці показань входів. Двоканальний терморегулятор 2ТРМ1 працює з різними типами датчиків, що дозволяє одним приладом контролювати дві фізичні величини, наприклад, температуру і тиск, температуру і вологість, тиск і рівень. Наявність RS-485 дозволяє виводити всі вимірювані та настроювані параметри приладу в мережу диспетчеризації підприємства.

### **Можливості регулятора**

1. Вимірювання та регулювання фізичних величин по двох каналах:
  - за двопозиційним законом;
  - однієї вимірюваної величини за трипозиційним законом;
  - аналогове П-регулювання;
  - погодозалежне регулювання.
2. Контролює обрив зв'язку з виконавчими механізмами.
3. Реєстрація та управління виконавчими механізмами сигналами 4...20 мА або 0...10 ст.
4. Сигналізація про вихід вимірюваної величини за межі.
5. Регулювання різниці двох фізичних величин.
6. Ручний режим керування виконавчими механізмами.

Наявність інтерфейсу RS-485 дозволяє включати 2ТРМ1 до системи розподіленої диспетчеризації. Інформація з приладу на комп'ютер або мобільний пристрій передається до SCADA-систем, хмарного сервісу, OPC-серверів та ін. за допомогою мережевих шлюзів за протоколом Modbus RTU/ASCII. Це дозволить організувати взаємодію між різними підсистемами інженерного

обладнання для проведення автоматизованого оперативного контролю та управління.



Рис. 3.10. Структурна схема дистанційного моніторингу температури

Комунікаційний процесор СР 340 призначений для організації послідовного зв'язку через РРІ інтерфейс. На фізичному рівні зв'язок може бути здійснено за послідовними інтерфейсами RS 232C (V.24), 20мА струмової петлі (TTY), RS 422/ RS 485 (X.27). Для передачі даних можуть використовуватися протоколи ASCII, 3964(R) , а також протокол принтера.

Розробку візуалізації починаємо з розробки програми та візуалізації приладу (рис. 5.13). Створення програми починаємо зі створення необхідних аргументів які використовуються в проєкті. У вікні налаштувань приладу вказуємо IP адресу.

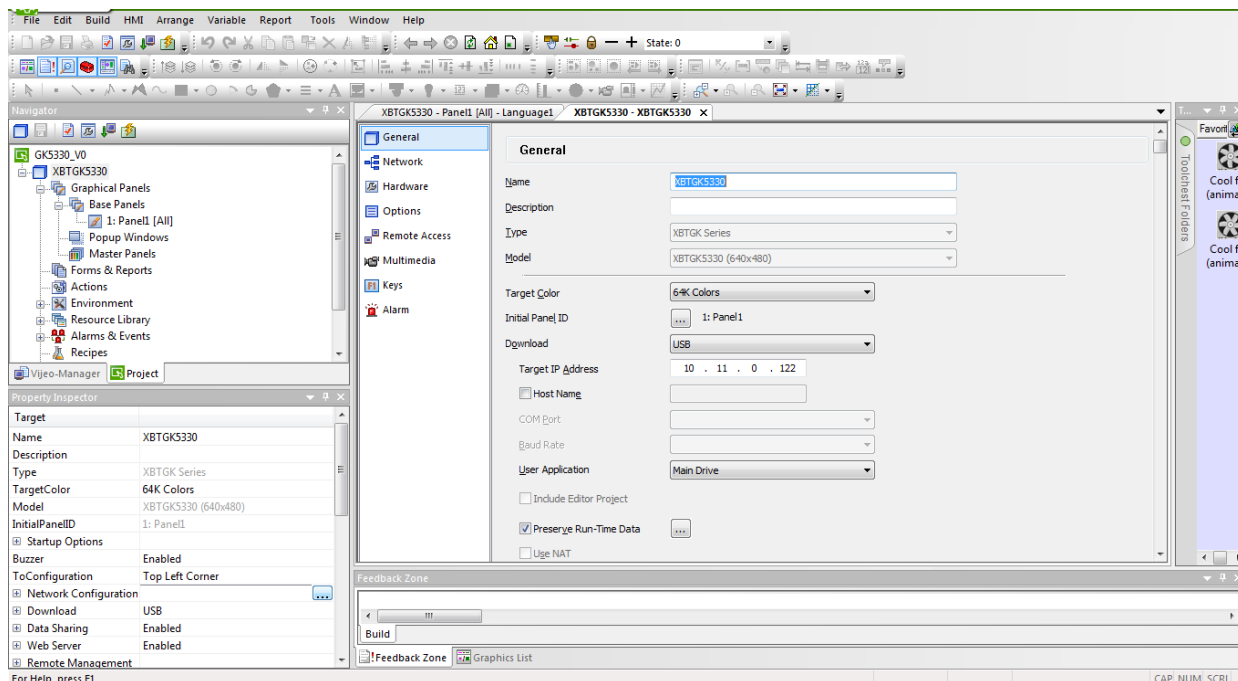


Рис. 3.9 - Налаштування змінних та IP адреси

Для завантаження мобільного додатку необхідно в Google Play знайти Owen Cloud та встановити на мобільний пристрій (рис. 5.14).

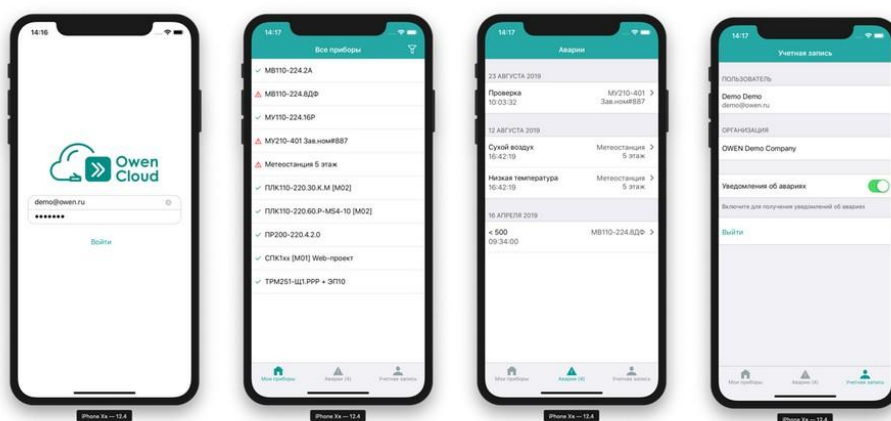


Рис. 3.10 – Налаштування мобільного додатку

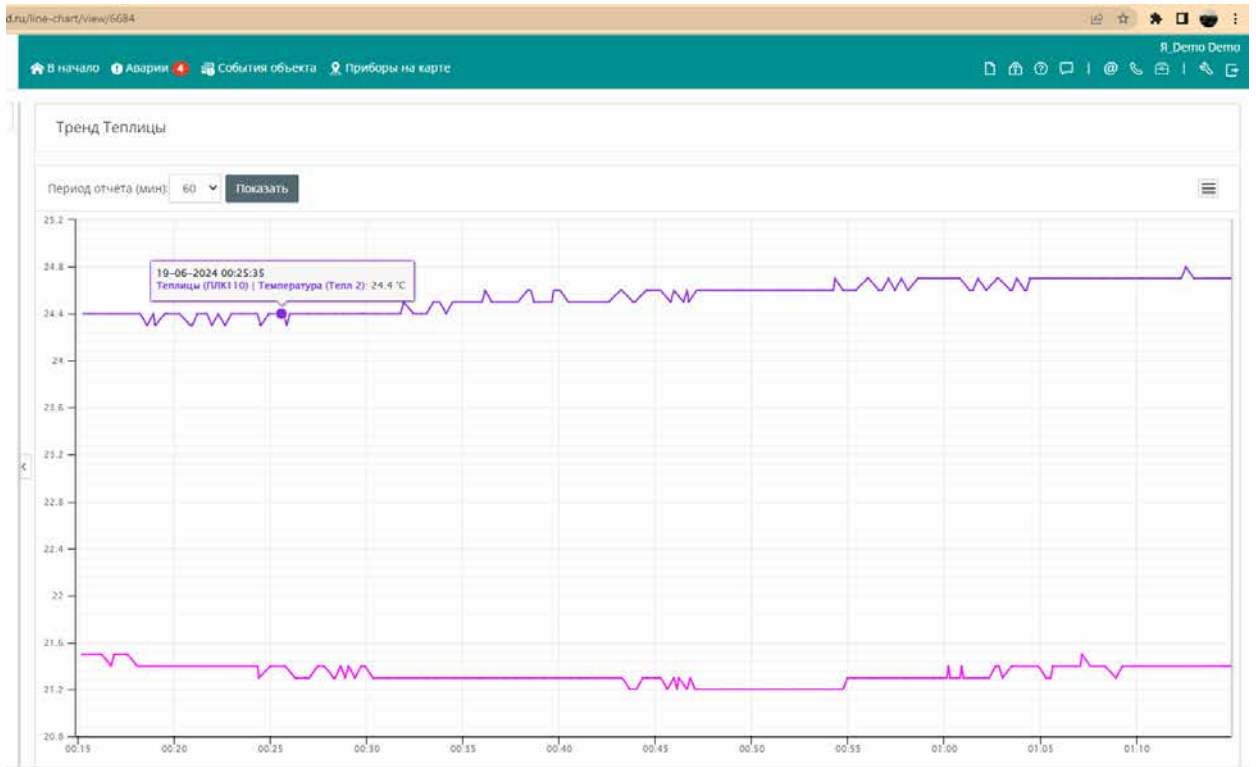
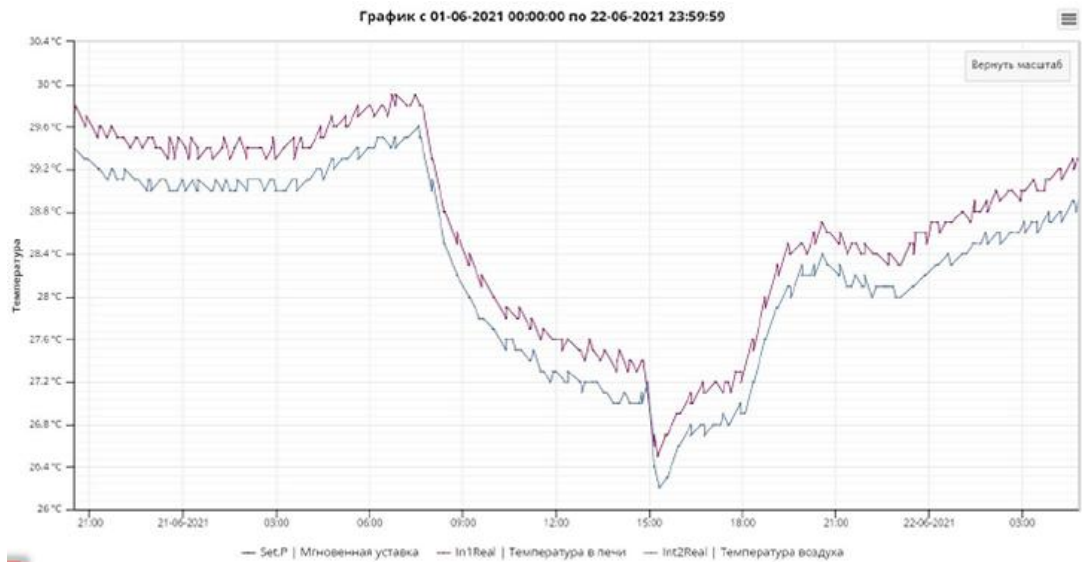


Рис. 3.11 – Графік зміни температури в програмі Owen Cloud

## РОЗДІЛ 4

### ОЦІНКА ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ЛОКАЛЬНИМ ОБІГРІВОМ В ЛАБОРАТОРІЇ

Використання засобів автоматичного управління і контролю веде до зростання продуктивності праці, знижує собі вартість продукції і термін окупності . В умовах ринкової економіки ,кожна галузь , підприємство мають самі дбати про самоокупність виробництва. На сьогоднішній день гострою проблемою є економія енергоресурсів , а також їх правильне ви користування. Впровадження автоматичної системи локального обігріву в комплексі з загальним опаленням та вентиляцією, дозволяє вирішити питання економії електроенергії . Програмоване розумне реле дозволяє здійснювати контроль і регулювання температури та вологості в приміщенні. Схему і алгоритм роботи цих реле можна від коректувати в залежності від технологічних потреб, без додаткових витрат. Розрахунок економічної ефективності проведемо за матеріалами . За попередніми розрахунками вартість основних фондів складатиме близько 2500гр. Зведені витрати визначають за формулою :

$$B_{зв} = C + E_n \cdot K \quad (5.1),$$

де

$B_{зв}$  – зведені витрати, грн./рік

$C$  – річні експлуатаційні витрати, грн./рік

$E_n$  – номінальний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень на рік;

$K$  – капітальні витрати, грн..

Річні експлуатаційні витрати складаються з:

- Витрати на заробітну плату обслуговуючого,  $C_з$ ;
- Витрати на поточний ремонт засобів електрифікації та,  $C_{пт}$ ;
- Витрати енергоресурсів ,  $C_e$ ;
- Витрати на допоміжні матеріали,  $C_d$

Витрати на заробітну плату визначаються кількістю обслуговуючого персоналу і тарифною ставкою (приймаємо тариф  $C_m = 1.1$  грн/год).

Фонд заробітної плати обслуговуючого персоналу визначається за формулою:

$$C_z = N \cdot Z \cdot Z_{zm} \cdot T \quad (5.2)$$

де  $N$  – кількість робітників в одній зміні,  $N = 4$ ;

$Z$  – кількість змін на добу,  $Z = 1$ ;

$Z_{zm}$  – середня заробітна плата робітника за зміну,  $Z_{zm} = 8,8$  грн.;

$T$  – кількість робочих днів,  $T=24$ .

Підставивши дані у формулу (5.2) матимемо:

$$C_z = 4 \cdot 1 \cdot 8,8 \cdot 24 = 1689 \text{ грн.}$$

Амортизаційні відрахування становитимуть 14 % від балансової вартості техніки. Витрати на поточний ремонт техніки визначаються також у відсотках від балансової вартості техніки 5 %.

Витрати на енергоресурси визначаються по величині витрат електроенергії та тарифах на неї,

$$(0,28 \text{ грн/кВт} \cdot \text{год} ). C_e = 1600 \text{ грн.}$$

Інші прямі витрати приймають рівним 1 % від загальних експлуатаційних витрат.

$$C = C_z + C_a + C_{пр} + C_e + C_d \quad (5.3)$$

Балансова вартість техніки становить 2000 грн.

$$C = (1689 + 2500 \cdot 0.14 + 0.05 \cdot 2500 + 1600) \cdot 1.01 = 3800 \text{ грн.}$$

Визначення капітальних вкладень складаються з:

- вартості засобів автоматизації  $K_z$ ;
- вартості їх доставки зберігання і монтажу  $K_m$ ; • прокладку внутрішньої електропроводки  $K_{пр}$ ;
- інші капітальні вкладення, пов'язані зі здійсненням автоматизації  $K_i$ .

Витрати на придбання засобів автоматизації 5000 грн. Вартості їх доставки, зберігання і монтажу приймемо в середньому 25 % від вартості засобів автом

## РОЗДІЛ 5

### РОЗРОБКА ПИТАНЬ ОХОРОНИ ПРАЦІ

#### 5.1 Загальні вимоги до охорони праці в приміщенні

##### **Вплив умов праці та мікроклімату на здоров'я та продуктивність**

Умови праці відіграють критичну роль у забезпеченні ефективності, якості та безпеки виробничих процесів. Перебування працівників в умовах екстремально високих чи низьких температур може негативно впливати на їхнє самопочуття, сприяти розвитку професійних захворювань та суттєво знижувати або навіть призводити до втрати працездатності. З огляду на це, законодавство зобов'язує роботодавців створювати безпечні робочі умови, включаючи підтримання оптимального мікроклімату у виробничих приміщеннях. Мікроклімат залежить від багатьох факторів, таких як технологія виробництва (наприклад, "гарячі" чи "холодні" цехи), ефективність повітрообміну, зовнішні погодні умови та їх сезонні зміни. Для нормалізації мікрокліматичних умов застосовується комплексний підхід, що включає будівельні, планувальні, організаційно-технологічні, санітарно-гігієнічні, технічні та інші заходи колективного захисту.

**Особливості роботи в різних температурних умовах:** Праця на відкритому повітрі в холодну пору року вимагає особливої уваги. При низьких температурах активується хімічна терморегуляція організму: збільшується вироблення тепла, а судини шкіри звужуються для зменшення тепловіддачі. Навпаки, при підвищеній температурі повітря, тепловіддача через конвекцію, кондукцію та випромінювання зменшується, тоді як зростає тепловіддача через випаровування вологи з поверхні тіла. Вологість повітря також значно впливає на комфорт працівників і може регулюватися відповідно до потреб технологічного процесу.

Висока вологість (понад 75%) або її значне зниження можуть створювати дискомфорт. У цехах з високою відносною вологістю, коли температура повітря знижується, воно швидко насичується до 100%, що призводить до утворення

туману та конденсації пари. Потовиділення є найефективнішим природним механізмом охолодження організму. Сухе повітря сприяє швидкому випаровуванню поту, але за високої вологості цей процес стає неефективним – піт не випаровується, а стікає, не забезпечуючи охолодження шкіри. Тому високу температуру важче переносити при підвищеній вологості. Одночасно, коли організм посилює тепловіддачу, вироблення тепла зменшується, оскільки сповільнюються обмінні процеси. Висока вологість за низької температури навпаки сприяє більшій тепловіддачі через радіацію, оскільки вода поглинає інфрачервоне випромінювання тіла, забираючи тепло. Отже, підвищена вологість повітря погіршує переносимість як високих, так і низьких температур.

**Вплив швидкості руху повітря:** Швидкість руху повітря також впливає на тепловий обмін людини з навколишнім середовищем. При прискореному русі повітря людина легше переносить високу температуру, ніж низьку. Швидкість руху повітря на робочих місцях може варіюватися від 0.09 до 5 м/с і більше, що залежить від розташування виробничого комплексу, архітектури приміщень, характеру технологічного процесу, а також ефективності природної та штучної вентиляції. За значного руху повітря і низької температури організм втрачає тепло внаслідок конвекції, тоді як тепловіддача через випромінювання знижується. Якщо температура повітря не перевищує температуру тіла, рух повітря сприяє збільшенню потовиділення та охолодженню організму.

**Тепловий комфорт:** Тепловий комфорт – це стан задоволеності людини умовами мікроклімату навколишнього середовища. У стані теплового комфорту механізми терморегуляції функціонують оптимально, без надмірного напруження. Це забезпечує підтримку теплового балансу та стабільність внутрішньої температури тіла, що є обов'язковою умовою для повноцінного функціонування організму. Тепловий комфорт оцінюється за тепловими відчуттями людини та температурою її шкіри. На зміну температури впливають різні фактори, зокрема виробничий мікроклімат. Крім інтенсивності та важкості фізичної праці, ключову роль відіграють температура, вологість, швидкість руху повітря та інтенсивність інфрачервоного (теплого) випромінювання.

## 5.2 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень (ДСН 3.3.6.042-99)

### Основні терміни та визначення:

1. **Виробниче приміщення.** Закритий простір у будівлях та спорудах, де постійно (по змінах) або періодично (протягом робочого дня) виконується трудова діяльність.

2. **Робоча зона.** Простір, що включає місця постійного або тимчасового перебування працівників.

3. **Робоче місце.** Конкретне місце, де працівник виконує свої обов'язки.

**Постійне робоче місце.** Місце, де працівник проводить понад 50% робочого часу або безперервно більше 2 годин. Якщо робота здійснюється в різних точках однієї зони, вся ця зона вважається постійним робочим місцем.

**Непостійне робоче місце.** Місце, де працівник проводить менше 50% робочого часу або безперервно менше 2 годин.

4. **Мікроклімат виробничих приміщень.** Сукупність параметрів внутрішнього середовища приміщень, що впливають на теплообмін організму людини з навколишнім середовищем через конвекцію, кондукцію, теплове випромінювання та випаровування вологи. Ці параметри включають температуру повітря, відносну вологість, швидкість руху повітря, температуру оточуючих поверхонь та інтенсивність теплового (інфрачервоного) випромінювання.

5. **Оптимальні мікрокліматичні умови.** Поєднання параметрів мікроклімату, що забезпечує нормальний тепловий стан організму без активації механізмів терморегуляції при тривалій дії. Такі умови сприяють відчуттю теплового комфорту та підтримці високої працездатності.

6. **Допустимі мікрокліматичні умови.** Поєднання параметрів мікроклімату, яке може викликати тимчасові зміни теплового стану організму при тривалій дії. Ці зміни нормалізуються і супроводжуються напруженням механізмів терморегуляції в межах фізіологічної адаптації. У таких умовах не

виникає шкоди для здоров'я, але можливі відчуття дискомфорту, погіршення самопочуття та зниження працездатності.

7. **Теплий період року.** Період, коли середньодобова температура зовнішнього повітря перевищує +10 °С.

8. **Холодний період року.** Період, коли середньодобова температура зовнішнього повітря становить +10 °С або нижче.

9. **Середньодобова температура зовнішнього повітря.** Середнє значення температури зовнішнього повітря за добу, отримане за даними метеослужби.

10. **Категорія робіт.** Класифікація трудової діяльності за рівнем енерговитрат організму.

Легкі фізичні роботи (категорія I):

- **Ia:** 105-140 Вт (сидяча робота без фізичного напруження).
- **Iб:** 141-175 Вт (сидяча, стояча робота або з ходінням, з незначним фізичним напруженням).

Фізичні роботи середньої важкості (категорія II):

- **IIa:** 176-232 Вт (робота з ходінням, переміщенням дрібних предметів до 1 кг, з певним фізичним напруженням).
- **IIб:** 233-290 Вт (стояча робота, з ходінням, переміщенням вантажів до 10 кг, з помірним фізичним напруженням).

**Важкі фізичні роботи (категорія III).**

291-349 Вт (постійне переміщення, перенесення значних вантажів понад 10 кг, що вимагає значних фізичних зусиль).

**Загальні положення санітарних норм.**

Санітарні норми застосовуються до мікрокліматичних умов у робочих зонах виробничих приміщень будь-яких підприємств, незалежно від форми власності. Документ регламентує оптимальні та допустимі показники мікроклімату, а також встановлює вимоги до методів їх вимірювання та оцінки. Ці норми не поширюються на мікроклімат підземних виробок, транспортних засобів, тваринницьких/птахівницьких ферм, сховищ сільськогосподарської

продукції, холодильників, складів та приміщень, де мікроклімат визначається технологічними вимогами виробництва.

### **Вимоги до параметрів мікроклімату.**

Мікрокліматичні умови у виробничих приміщеннях характеризуються такими показниками:

- Температура повітря.
- Відносна вологість повітря.
- Швидкість руху повітря.
- Інтенсивність теплового (інфрачервоного) випромінювання.
- Температура поверхонь. Мікрокліматичні умови поділяються на

оптимальні та допустимі, залежно від їхнього впливу на тепловий стан людини. Оптимальні та допустимі умови встановлюються для робочих зон з урахуванням важкості виконуваної роботи та пори року. Якщо в одній робочій зоні виконуються роботи різної важкості, параметри мікроклімату встановлюються для найбільш чисельної групи працівників.

### **Оптимальні умови мікроклімату:**

1. Встановлюються для постійних робочих місць.
2. Показники температури повітря в робочій зоні (по висоті, по горизонталі та протягом зміни) не повинні виходити за межі нормативних оптимальних значень для даної категорії робіт.
3. Температура внутрішніх поверхонь (стін, підлоги, стелі), технологічного обладнання та зовнішніх поверхонь огорожувальних конструкцій не повинна відхилятися більш ніж на 2 градуси від оптимальних температур повітря для даної категорії робіт.
4. Для операторських робіт, що вимагають нервово-емоційного напруження (наприклад, у кабінетах керування, комп'ютерних залах), необхідно дотримуватися оптимальних умов мікроклімату.
5. Типові оптимальні умови: температура повітря 22-24 градуси, відносна вологість 40-60%, швидкість руху повітря не більше 0.1 м/сек.

### **Допустимі умови мікроклімату:**

1. Температура внутрішніх поверхонь приміщень, а також зовнішніх поверхонь технологічного устаткування та його захисних екранів не повинна перевищувати допустимих значень температури повітря для відповідної категорії робіт, зазначених у Таблиці 2.

2. Інтенсивність теплового опромінення працівників від нагрітих поверхонь обладнання, освітлювальних приладів та сонячного випромінювання через скляні огороження не повинна перевищувати:

- 35.0 Вт/м<sup>2</sup> при опроміненні 50% і більше поверхні тіла.
- 70.0 Вт/м<sup>2</sup> при опроміненні від 25% до 50% поверхні тіла.
- 100 Вт/м<sup>2</sup> при опроміненні не більше 25% поверхні тіла. Якщо є джерела випромінювання з інтенсивністю 35.0 Вт/м<sup>2</sup> і більше, температура повітря на постійних робочих місцях не повинна перевищувати верхніх меж оптимальних значень для теплового періоду року. На непостійних робочих місцях – верхніх меж допустимих значень для постійних робочих місць.

3. При наявності відкритих джерел випромінювання (наприклад, нагрітий метал, відкрите полум'я) допустима інтенсивність опромінення може сягати 140.0 Вт/м<sup>2</sup>. При цьому опромінювана площа не повинна перевищувати 25% поверхні тіла працівника, і обов'язковим є використання індивідуальних засобів захисту (спецодяг, окуляри, щитки).

4. У виробничих приміщеннях, розташованих у регіонах із середньою максимальною температурою найспекотнішого місяця понад 25°C (згідно з БНіП "Будівельна кліматологія"), допускаються відхилення від показників мікроклімату, зазначених у Таблиці 2, для відповідної категорії робіт, але не більше ніж на 3°C.

5. При кожному підвищенні температури на один градус вище верхньої межі допустимих значень температури повітря, швидкість руху повітря повинна бути збільшена на 0.1 м/сек, а відносна вологість повітря має бути знижена на 5% (як зазначено у Таблиці 2).

6. У виробничих приміщеннях, де неможливо забезпечити допустимі параметри мікроклімату через технологічні обмеження, технічну складність або

економічну недоцільність, слід застосовувати заходи захисту від можливого перегрівання або охолодження, описані у Розділі 2.

**7. Основні вимоги до засобів нормалізації мікроклімату та теплозахисту** включають комплекс заходів: планувально-організаційні, будівельно-санітарні, технічні та інші заходи колективного захисту. Для профілактики перегрівання та переохолодження працівників використовуються засоби індивідуального захисту та медико-біологічні засоби. Формування оптимальних параметрів мікроклімату на робочих місцях повинно досягатися, зокрема, через раціональне планування виробничих приміщень та оптимальне розміщення обладнання, що є джерелом тепла, холоду чи вологи. Для зниження термічних навантажень передбачається максимальна механізація, автоматизація та дистанційне управління технологічними процесами та обладнанням. У приміщеннях з великими скляними поверхнями необхідно передбачати заходи для захисту від перегрівання в теплий період року, такі як правильна орієнтація вікон, використання жалюзі тощо. Якщо температура внутрішніх поверхонь огорожувальних конструкцій або засклення перевищує чи знижується нижче допустимих значень, робочі місця слід розташовувати на відстані не менше 1 метра від таких поверхонь.

### **5.3 Засоби захисту**

В якості засобу пожежного захисту обрано **бездротовий пожежний датчик М-501**, призначений для виявлення займань у приміщенні. Цей датчик визначає наявність диму за допомогою інфрачервоного випромінювача та фотоприймача, які розміщені у спеціальній димовій камері. Фотоприймач орієнтований таким чином, що за нормальних умов інфрачервоне випромінювання не реєструється. Коли дим потрапляє в оптичну камеру датчика, відбувається хаотичне розсіювання інфрачервоного випромінювання. Частина цього розсіяного випромінювання потрапляє на фотоприймач, генеруючи електричний сигнал. Чим вища концентрація диму в повітрі, тим сильнішим є електричний сигнал. Коли цей сигнал перевищує встановлений поріг, димовий датчик надсилає повідомлення про пожежну тривогу на

центральный блок та активує вбудовану звукову сирену. Датчик М-501 спеціально розроблений для виявлення диму у приміщеннях.

Создать аудиопересказ

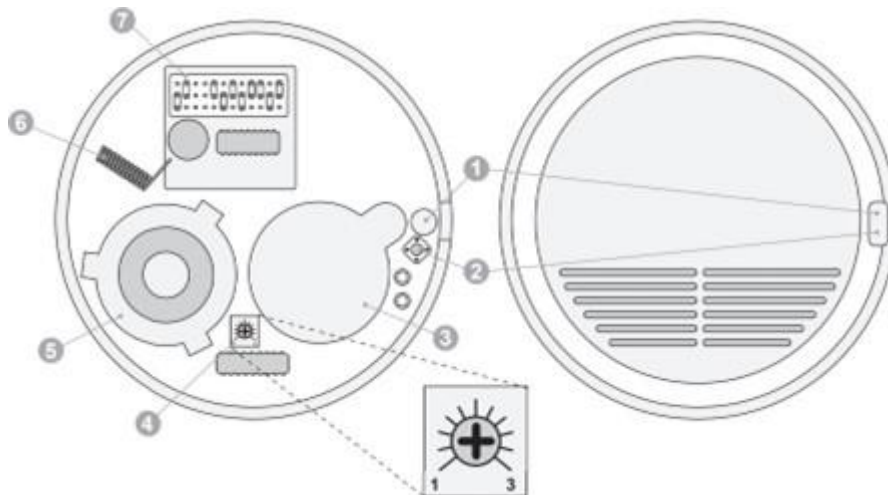


Рис .5.1 Бездротовий пожежний датчик під назвою М-501.

де:

1. Показник.
2. Кнопка перевірки.
3. Камера з детектором диму.
4. Регулятор чутливості датчика.
5. Звуковий сигналізатор.
6. Антена для передачі сигналу.
7. Перемички для встановлення адресної інформації центрального блоку та зони датчика.

Для захисту приміщень від проникнення запропоновано використовувати бездротовий вібраційний датчик М-602.

Цей бездротовий вібродатчик призначений для захисту скляних поверхонь. Датчик реагує на вібрації поверхні, на якій він встановлений.

Його робота базується на пристрої, що перетворює вібрацію на електричний сигнал. Цей сигнал пропорційний швидкості вібрацій. Якщо вібрація перевищує певний поріг, датчик передає сигнал на центральний блок.

## Характеристики датчика

Елемент живлення	9 В (батарея типу РР3 - «Крона»)
Споживання струму	більше 10 мкА
Світлова індикація	червона спалах на діоді Рівень звуку вбудованої сирени: 85 дБ / м
Діапазон робочих температур	-10 ° С +50 ° С
Робоча вологість	до 95%
Покривається площа	20 кв.м.
Частота передавача	433 МГц

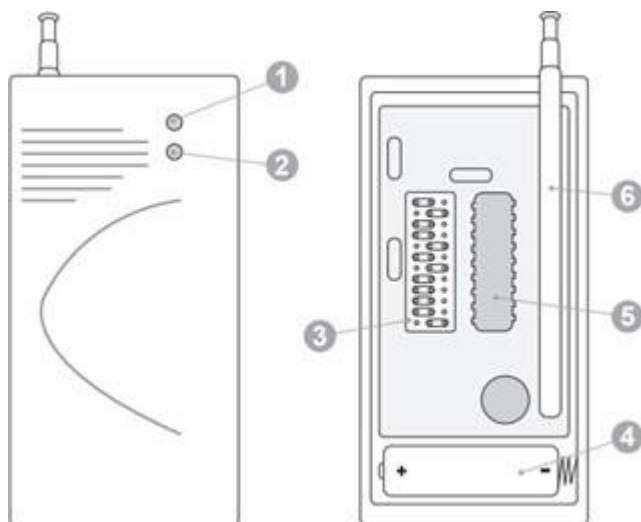


Рис.5.2 датчик вібрації бездротового зв'язку М-602

де:

1. Індикатор активності датчика.
2. Індикатор рівня заряду батареї.

3. Перемикачі для налаштування адресної інформації центрального блоку та зони датчика.

4. Батарея живлення.

5. Мікропроцесорний передавач для керування роботою датчика та передачі сигналу на центральний блок.

6. Антена для передачі сигналу з датчика до центрального блоку.

Табл 5.2

Технічні характеристики бездротового датчика вібрації М-602.

Технічні характеристики	
Елемент живлення:	12 В (батарея типу 23А)
Діапазон робочих температур:	-10 ° С - +50 С
Робочаяя вологість	до 90%
Робоча частота:	433 МГц
Розміри:	71 x 36 x 15 мм
Споживання струму в робочому режимі:	не більше 15 мА
Термін роботи датчика від однієї батареї:	до 12 місяців
Максимальна відстань між датчиком і центральної панеллю:	100 м (за умови прямої видимості)

## ВИСНОВКИ

У рамках бакалаврської кваліфікаційної роботи була проведена розробка системи мобільного моніторингу технологічних параметрів хірургічного відділення Боярської лікарні інтенсивного лікування з використанням комплексу технічних засобів ОВЕН. Результатом цієї роботи є створення ефективної та надійної системи, яка сприятиме підвищенню продуктивності та точності контролю за технологічними процесами у лабораторії.

Застосування системи мобільного моніторингу дозволить забезпечити не лише ефективне використання ресурсів лабораторії, але й підвищити якість проведення наукових досліджень. Ця система є актуальною у сучасному контексті розвитку біотехнології та автоматизації, і відповідає вимогам сучасного наукового та технічного прогресу.

Дана робота відкриває широкі можливості для подальшого вдосконалення та розширення функціональності системи мобільного моніторингу технологічних параметрів, що дозволить ще ефективніше використовувати її потенціал у наукових та виробничих цілях.

## ПЕРЕЛІК ЛІТЕРАТУРИ

1. Silva I M. G. An open-source toolbox for analysing and processing physionet databases in matlab and octave / M. G. Silva I // Journal of Open Research Software. — 2014. — Vol. 2, No. 1.
2. Burykin A, Mariani S, Henriques T, Silva TF, Schnettler WT, Costa MD G. A. Remembrance of time series past: simple chromatic method for visualizing trends in biomedical signals / G. A. Burykin A, Mariani S, Henriques T, Silva TF, Schnettler WT, Costa MD // *Physiol Meas.* — 2015. — Vol. 36, No. 7. — P. 95–102.
3. Pollard TJ, Johnson AEW, Raffa JD, Celi LA, Mark RG B. O. The eicu collaborative research database, a freely available multi-center database for critical care research / B. O. Pollard TJ, Johnson AEW, Raffa JD, Celi LA, Mark RG // *Sci Data.* — 2018.
4. Acikmese Y., Alptekin S. E. Prediction of stress levels with LSTM and passive mobile sensors. *Procedia Computer Science.* 2019. Vol. 159. P. 658–667. URL: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2019.09.221>.
5. Moser M. K., Resch B., Ehrhart M. An Individual-oriented Algorithm for Stress Detection in Wearable Sensor Measurements. *IEEE Sensors Journal.* 2023. P. 1. URL: <https://doi.org/10.1109/jsen.2023.3304422>.
6. Stress Watch: The Use of Heart Rate and Heart Rate Variability to Detect Stress: A Pilot Study Using Smart Watch Wearables / T. Chalmers et al. *Sensors.* 2021. Vol. 22, no. 1. P. 151. URL: <https://doi.org/10.3390/s22010151>.
7. The Trier Social Stress Test: Principles and practice / A. P. Allen et al. *Neurobiology of Stress.* 2017. Vol. 6. P. 113–126. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ynstr.2016.11.001>.
8. Moody GB, Moody B S. I. Robust detection of heart beats in multimodal data: the physionet/computing in cardiology challenge 2014 / S. I. Moody GB, Moody B. — 2014.
9. Ikaro Silva, Benjamin Moody, Joachim Behar, Alistair Johnson, Julien Oster G. D. C. and G. B. M. Editorial: robust detection of heart beats in multimodal data / G. D.

C. and G. B. M. Ikaro Silva, Benjamin Moody, Joachim Behar, Alistair Johnson, Julien Oster // *Physiol Meas.* — 2015. — Vol. 36, No. 8. — P. 1629–1644.

10. Morgado E, Alonso-Atienza F, Santiago-Mozos R, Barquero-Pérez Ó, Silva I, Ramos J M. R. Quality estimation of the electrocardiogram using cross-correlation among leads. / M. R. Morgado E, Alonso-Atienza F, Santiago-Mozos R, Barquero-Pérez Ó, Silva I, Ramos J // *Biomed Eng Online.* — 2015. — Vol. 15, No. 59.