

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

**Приладобудівний факультет**

**Кафедра автоматизації та систем неруйнівного контролю**

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ **Юрій КИРИЧУК**

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**Дипломний проєкт**

**на здобуття ступеня бакалавра**

**за освітньо-професійною програмою «Комп'ютерно-інтегровані технології  
проектування приладів»**

**зі спеціальності 151 - «АВТОМАТИЗАЦІЯ ТА КОМП'ЮТЕРНО-  
ІНТЕГРОВАНІ ТЕХНОЛОГІЇ»**

**на тему: «Автоматизована підсистема енергозаощадження в системі  
опалення»**

Виконав:

студент 4-го курсу, групи ПМ-91

Владислав КОНОВАЛ \_\_\_\_\_

Керівник:

Асистент, к. АСНК

к.т.н. Світлана КОТЛЯР \_\_\_\_\_

Рецензент:

к.т.н., доцент

Олег КОЗИР \_\_\_\_\_

Засвідчую, що у цій бакалаврській роботі  
немає запозичень з праць інших авторів  
без відповідних посилань.

Студент \_\_\_\_\_

Київ – 2023 року

**Пояснювальна записка  
до дипломного проєкту**

**На тему:** Автоматизована підсистема енергозаощадження в системі опалення

**Київ – 2023 року**

**Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»  
Приладобудівний факультет**

**Кафедра автоматизації та систем неруйнівного контролю**

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський) за освітньо-професійною програмою «Комп'ютерно-інтегровані технології проектування приладів»

Спеціальність (спеціалізація) – 151 – «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Юрій КИРИЧУК

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**ЗАВДАННЯ**

на дипломний проєкт бакалавра студенту

Коновал Владиславу Валерійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дипломний проєкт бакалавра Автоматизована підсистема енергозаощадження в системі опалення \_\_\_\_\_

керівник проєкту Котляр Світлана Сергіївна, к.т.н.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «30» травня 2023 р. № 2057-с

2. Термін подання студентом проєкту \_\_\_\_\_

3. Вихідні дані до проєкту: вид системи – автоматизована підсистема енергозаощадження, застосування – система опалення, вид підсистеми – система керування роботою насосу; засіб керування – реле, тип датчика – терморезистор, умови застосування – всередині приміщення, температура 15-30°C, відносна вологість 40-80%.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік завдань, які потрібно розробити) вступ, аналітичний огляд типів систем опалення, принципів роботи

насосів, підсистем енергозощадження, проєктний розділ, схеми, програмне забезпечення, висновки, список використаних джерел, додатки.

5. Перелік (ілюстративного) графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, тощо): схеми ФА1 – 2 шт., складальний кресленик - ФА1 – 1 шт., креслення деталей ФА1 – 1 шт.

6. Консультанти розділів проєкту\*

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

#### Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання бакалаврської роботи	Термін виконання етапів бакалаврської роботи	Примітка
1	Оглянути різні типи систем опалення приватних будинків	23.04 – 30.04	виконано
2	Дослідити принцип роботи насосів у системах опалення	30.04 – 07.05	виконано
3	Описати наявну систему опалення та проблему в ній	07.05 – 14.05	виконано
4	Розглянути можливість автоматизації насосу та описати його принцип	14.05 – 21.05	виконано
5	Описати елементи, які будуть використані	21.05 – 28.05	виконано
6	Побудувати принципову електричну схему та пояснити її принцип	28.05 – 04.06	виконано
7	Розрахувати необхідні елементи на схемі для підтвердження правильності вибору	04.06 – 9.06	виконано
8	Розробити креслення для пристрою та оформити роботу згідно з вимогами університету	9.06 – 16.06	виконано

Студент

Владислав КОНОВАЛ

Науковий керівник ДПБ

Світлана КОТЛЯР

## АНОТАЦІЯ

Ця бакалаврська робота присвячена вивченню систем опалення приватних будинків та автоматизації насосу в цих системах.

В роботі було проведено огляд різних систем опалення, зосереджуючись на твердопаливних одноконтурних котлах, а також досліджено принципи роботи насосів та існуючих систем опалення. Робота також включає висновки та огляд проблеми.

В роботі описано представлений варіант автоматизації насосів. Розглянутий принцип роботи пристрою, а також огляд використаних елементів у підсистемі. Описана електрична принципова схема та розраховані елементи в схемі. Також детально пояснено принцип роботи мікроконтролерної плати Arduino Uno у підсистемі.

Ця робота є актуальною і важливою, оскільки вимагається знання та розуміння різних систем опалення приватних будинків та можливостей автоматизації насосів. Результати досліджень та розробки в цій галузі можуть бути корисними для енергоефективного опалення приватних будинків.

## ABSTRACT

This bachelor thesis is devoted to the study of heating systems of private houses and pump automation in these systems.

The work reviewed various heating systems, focusing on solid fuel single-circuit boilers, and also investigated the principles of operation of pumps and existing heating systems. The work also includes conclusions and an overview of the problem.

The paper describes the presented version of pump automation. The principle of operation of the device is considered, as well as an overview of the elements used in the subsystem. The electrical schematic diagram and calculated elements in the diagram are described. The principle of operation of the Arduino Uno microcontroller board in the subsystem is also explained in detail.

This work is relevant and important, as it requires knowledge and understanding of various heating systems of private houses and the possibilities of automation of pumps. The results of research and development in this field can be useful for energy-efficient heating of private houses.

## ЗМІСТ

Вступ.....	5
1. ОГЛЯД СИСТЕМ ОПАЛЕННЯ ПРИВАТНИХ БУДИНКІВ.....	6
1.1 СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ .....	6
1.2 ОБВ'ЯЗКА ТВЕРДОПАЛИВНИХ ОДНОКОНТУРНИХ КОТЛІВ.....	11
1.3 ПРИНЦИП РОБОТИ НАСОСІВ.....	20
1.4 ОГЛЯД НАЯВНОЇ СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ .....	29
1.5 ВИСНОВКИ ТА ОГЛЯД ПРОБЛЕМИ.....	38
2. АВТОМАТИЗАЦІЯ НАСОСУ .....	39
2.1 ПРИНЦИП РОБОТИ ПРИСТРОЮ .....	39
2.2 МІКРОКОНТРОЛЕРНА ПЛАТА ARDUINO UNO.....	41
2.3 ОГЛЯД ВИКОРИСТАНИХ ЕЛЕМЕНТІВ У ПІДСИСТЕМІ.....	44
2.4 ОПИС ЕЛЕКТРИЧНОЇ ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ .....	51
2.5 РОЗРАХУНОК ЕЛЕМЕНТІВ В СХЕМІ .....	55
2.6 ПРИНЦИП РОБОТИ МІКРОКОНТРОЛЕРА В ПІДСИСТЕМІ .....	58
2.7 ВИСНОВКИ ДО РОЗРОБЛЕНОЇ ПІДСИСТЕМИ.....	61
ВИСНОВКИ .....	63
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....	64

					<b>ДПБ ПМ91.07.1760.000 ПЗ</b>					
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	Автоматизована підсистема енергозаощадження в системі опалення. Пояснювальна записка			<i>Літера</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розроб.</i>	<i>Коновал В.В.</i>							4	66	
<i>Перевір.</i>										
<i>Реценз.</i>										
<i>Н. Контр.</i>										
<i>Затверд.</i>	<i>Котляр С.С</i>				<b>АСНК, ПБФ,</b>					

## ВСТУП

**Актуальність теми.** У зв'язку з ростом населення на планеті, все гостріше стає питання енергозаощадження. Україна ж експортувала електроенергію ще з радянських часів. У нас лише атомних електростанцій 4, 13 енергоблоків із встановленою потужністю 11848 мВт. Але за цей рік ми відчули, як важливо мати можливість економно використовувати цю енергію. Перш за все, це допомогло б у часи, коли була пошкоджена енергетична інфраструктура. Проте, все відновлюється і тепер з'явиться фінансове питання. Рік тому Україна приєдналась до європейської системи ENTO-е. Тож, якщо українці матимуть можливість менше використовувати електроенергію, то у держави з'явиться можливість більших об'ємів експорту. А це вже кошти, які можуть піти на відновлення та розвиток.

**Мета і роботи** – розробка, реалізація та налаштування пристрою енергозаощадження в системі опалення.

**Обсяг і структура роботи:** 68 с., 36 рис., 29 джерел.

					<i>ДПБ ПМ91.07.1760.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5



# 1. ОГЛЯД СИСТЕМ ОПАЛЕННЯ ПРИВАТНИХ БУДИНКІВ

## 1.1 Системи опалення

Однією з найбільш популярних систем опалення сьогодні є **рідинна система опалення**, відома як **водяне опалення**. Цей спосіб опалення завдяки своїй надійності та ефективності зарекомендував себе як ефективний спосіб нагрівання будинку в холодну пору року. У таких системах в якості теплоносія може використовуватись вода або спеціальні рідини, які не замерзають. Тепло, необхідне для опалення приміщень, передається через радіатори. Основним джерелом тепла є **котел**, який працює на дровах, кам'яному вугіллі, природному газі, електроенергії з централізованого джерела або альтернативних джерел енергії.

Принцип функціонування водяної системи опалення полягає у циркуляції нагрітої води, яка пропускається через труби та опалювальні прилади, утворюючи замкнутий контур, і повертається назад у вже охолодженому стані. Цей цикл повторюється неперервно. Вода може циркулювати природним чином завдяки різниці тисків між різними ділянками контуру. Цей спосіб є простим і відносно надійним, але його ефективність та надійність в значній мірі залежать від правильного проектування системи[3].

**Переваги водяних систем** опалення включають:

- доступність та низьку вартість води як теплоносія;
- простоту експлуатації та ремонту;
- економію палива;
- високий термін служби;
- безшумну роботу;
- забезпечення однакової температури у всіх приміщеннях;
- безпеку, оскільки температура поверхні труб і радіаторів не перевищує безпечного рівня для людей.

					<i>ДПБ ПМ91.07.1760.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

Серед **недоліків** можна виділити:

- повільне нагрівання повітря у приміщенні;
- можливість замерзання води в трубопроводах, що прокладені у неопалювальних приміщеннях;
- можливість витoku гарячої води внаслідок пошкодження труб або радіаторів, що може призвести до затоплення приміщення;
- потребу у використанні очищеної та пом'якшеної води, ідеально – дистильованої;
- ризик поломки елементів системи опалення в разі використання води з високим вмістом мінералів.

**Парове опалення** - це система опалення будівель, в якій використовується водяна пара як теплоносії. Джерелом тепла в такій системі може бути паровий котел, редуційно-охолоджувальна установка, парова турбіна або утилізаційні установки на металургійних підприємствах. У парових системах використовуються радіатори, конвектори або спеціальні види труб як опалювальні прилади. Парове опалення було дуже популярним у першій половині минулого століття через його відносно низьку вартість установки та обслуговування. Сучасні системи парового опалення можуть використовуватися як для централізованого, так і для автономного теплопостачання у виробничих приміщеннях, під'їздах будинків, вестибюлях та інших приміщеннях.

**Переваги систем парового опалення** включають:

- високу тепловіддачу опалювальних приладів;
- меншу кількість необхідних труб і опалювальних приладів порівняно з водяним опаленням;
- можливість перенесення пари на значні відстані без використання насосів;
- швидкість прогрівання системи;
- низьку інертність.

					<i>ДПБ ПМ91.07.1760.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

Основними **недоліками парових систем** опалення є:

- небезпечно високі температури поверхонь труб і опалювальних приладів;
- відсутність можливості регулювати температуру в опалюваних приміщеннях;
- скорочений термін служби через підвищену корозію металу при високих температурах.

**Повітряне опалення**, яке є одним з найдавніших методів обігріву приміщень, використовувалося ще в Стародавньому Римі до нашої ери. Найпростіші системи повітряного опалення передбачали нагрівання повітря вогнем, наприклад, розпалювання багаття у житлі. Покращеною версією була традиційна піч або грубка з димарем. В даний час повітряне опалення широко застосовується в громадських, виробничих та приватних житлових будівлях.

Сучасні системи повітряного опалення працюють на основі примусового обдування нагрітої поверхні (теплообмінника) потоком повітря і направлення його безпосередньо в зону, яка потребує обігріву. Це призводить до підвищення загальної температури повітря в приміщенні. Теплова енергія може постачатися з різних джерел, таких як електричні нагрівальні елементи (тен), гаряча вода або газ, зазвичай використовуються калорифери.

Основною перевагою таких систем є можливість контролювати температуру повітря і впливати на неї з метою забезпечення стабільності. В порівнянні з водяним опаленням, вони не потребують проміжних ланок для перенесення тепла гарячою водою, тому вони захищені від протікання, корозії та замерзання. Крім того, витрати на монтаж і обслуговування повітряних систем зазвичай нижчі, ніж на системи з водяним опаленням.

Існують різні **типи повітряного опалення**:

					<i>ДПБ ПМ91.07.1760.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

1. **Місцеве повітряне опалення** застосовується в основному в промислових приміщеннях, які не потребують постійного обігріву. Воно складається з двох компонентів: **вентилятора і нагрівального пристрою**, які часто комбінуються у тепловентиляторах або теплових гарматах.

2. **Центральне повітряне опалення** найчастіше використовується у приміщеннях з системою вентиляції. Обладнання передає тепло у необхідну зону за допомогою системи повітропроводів. Ці системи можуть мати три різні схеми: повна рециркуляція повітря всередині приміщення (з подачею та відведенням повітря для досягнення потрібної температури), часткова рециркуляція (змішування з повітрям зовні) або прямоточна система (використання лише зовнішнього повітря).

3. **Теплові завіси** є варіантом повітряного опалення, які широко використовуються в багатьох промислових, складських, торговельних центрах та супермаркетах з великою кількістю відвідувачів. Вони складаються з пристроїв, які направляють потік гарячого повітря перед дверима або вікнами, що перешкоджає втраті тепла з будівлі та проникненню холодного повітря всередину.

**Основні переваги систем повітряного опалення** включають:

- здатність однієї системи забезпечувати одночасне опалення та вентиляцію приміщень.
- відсутність опалювальних приладів у внутрішньому просторі, що полегшує організацію приміщення.
- швидке нагрівання повітря в приміщенні миттєво після увімкнення системи.
- можливість центрального і якісного регулювання температури і параметрів системи.

Однак, існують також деякі **недоліки систем повітряного опалення**:

					<i>ДПБ ПМ91.07.1760.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

- великі габарити повітропроводів, що призводять до збільшених витрат матеріалів і можуть негативно вплинути на дизайн інтер'єру приміщень.
- значні тепловтрати через повітропроводи в неопалюваних приміщеннях, що може призводити до енергетичних втрат.

**Електроопалення**, яке використовує електричні прилади для обігріву, є зручним, доступним та економічним способом опалення. Ця система може бути встановлена в приватних будинках як основний джерело тепла за допомогою конвекторів, інфрачервоних панелей або електричних котлів. Вона особливо популярна у місцевостях, де немає централізованої системи опалення. Електрообігрівачі також є чудовим варіантом для тих приміщень, де недостатньо ефективно працює основне опалення або його зовсім немає. Класичні масляні радіатори та електровентилятори швидко забезпечують оптимальну температуру в приміщенні, тоді як сучасні ПЧ-прилади забезпечують комфорт навіть на відкритих майданчиках та в зонах відпочинку у холодну погоду. Однак, конкретні переваги та недоліки використання електроопалення залежать від типів побутових електрообігрівачів, які використовуються в даний час[3].

Ці характеристики визначають можливості застосування різних систем опалення. Системи водяного опалення, які є надійними в експлуатації та відповідають гігієнічним і санітарним вимогам, широко використовуються як у житлових, громадських, так і у виробничих будинках. Проте, наявність санітарно-гігієнічних та експлуатаційних недоліків у системах парового опалення значно обмежує їхнє застосування. Використання парового опалення дозволено виробничим будинкам, за винятком приміщень з високими вимогами до чистоти повітря. Повітряне опалення відповідає санітарним і гігієнічним вимогам, але через його характерні недоліки воно застосовується лише спільно з вентиляцією виробничих приміщень та для опалення деяких великих громадських будинків.

Враховуючи зазначену характеристику системи водяного опалення, розглядати будемо саме її. За нагрів теплоносія буде відповідати твердопаливний котел.

## 1.2 Обв'язка твердопаливних одноконтурних котлів

**Обв'язка твердопаливного котла** складається з наступних основних елементів[5], [6]:

1. **Котел:** Основна частина системи, в якій відбувається згоряння твердого палива і перетворення його на тепло. Котли можуть бути виготовлені з різних матеріалів, таких як чавун, сталь або комбінація обох.

2. **Топка:** Частина котла, в якій розміщується тверде паливо для горіння. Вона має вентиляційні отвори для подачі повітря та спалювання палива.

3. **Водяний контур:** Система трубопроводів, яка забезпечує циркуляцію теплоносія (зазвичай вода або антифриз) між котлом і радіаторами опалення або теплообмінниками.

4. **Радіатори опалення або теплообмінники:** Відповідальні за віддачу тепла з теплоносія до приміщень. Радіатори можуть бути встановлені в кімнатах, а теплообмінники - в системах теплої підлоги або гарячого водопостачання.

5. **Розширювальний бак:** Використовується для компенсації змін об'єму теплоносія при нагріванні і охолодженні. Він забезпечує стабільний тиск у системі та запобігає пошкодженню компонентів.

6. **Контрольно-регулюючі пристрої:** Включають термостати, клапани, насоси та інші пристрої, які регулюють температуру, потік теплоносія і роботу системи опалення.

7. **Димоходи:** Відводять відпрацьовані гази від горіння з котла до зовнішнього середовища. Вони повинні бути правильно спроектовані і встановлені для ефективного видалення продуктів згоряння.

					<i>ДПБ ПМ91.07.1760.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

Обв'язка виконує важливу роль у забезпеченні безпеки та з'єднує ці компоненти. Залежно від типу котла, використовуються різні елементи обв'язки. Зазвичай, обв'язку твердопаливних котлів без автоматики та автоматизованих (частіше газових) котлів розглядають окремо, оскільки вони мають різні алгоритми роботи. Основні відмінності включають можливість нагріву теплоносія в котлі до високих температур під час активного горіння та наявність або відсутність автоматики. Ці різниці ставлять ряд обмежень і вимог, які потрібно враховувати при проектуванні та встановленні обв'язки для твердопаливного котла.

Твердопаливні котли опалення класифікуються за такими **критеріями**:

1. Матеріал топки (чавун або сталь).
2. Тип палива (дрова, пелети, вугілля, мультитопливні тощо).
3. Тип згорання палива (горіння, тління, піроліз тощо).
4. Спосіб подачі палива (ручна або автоматична подача).
5. Рівень автоматизації (автоматичні, напівавтоматичні, з ручним керуванням).

Котли з використанням чавунної топки мають вищу здатність до збереження тепла, але є схильністю до тріщинування за умов значних коливань температур між теплоносієм і джерелом тепла (рис.1.1). З іншого боку, сталеві котли не мають такої проблеми, але піддаються корозії. Все ж таки, сталеві котли здатні прослужити десятиліттями.

Щодо палива, існують різні типи котлів, які працюють з одним видом палива, декількома видами або є мультитопливними. Спосіб спалювання палива може бути різним, включаючи активне горіння, тління та піроліз. Перші два методи не відрізняються особливою економічністю через свої недоліки, але комбінація їх сильних сторін призвела до появи на ринку твердопаливних котлів з тривалим циклом горіння. **Котли тривалого горіння** мають ККД від 73% до 95%, а тривалість горіння однієї закладки палива може сягати до 48 годин.

					<i>ДПБ ПМ91.07.1760.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

**Піролізні котли** базуються на принципі терморозкладання палива на горючий газ та твердий залишок, що робить їх дуже ефективними і значно збільшує тривалість горіння.



Рис. 1.1. Твердопаливний котлел

**Теплоаккумулятор** - це пристрій або елемент системи обв'язки твердопаливного котла, призначений для накопичення і збереження тепла (рис. 1.2). Його основна функція полягає в тому, щоб збирати надлишкове тепло, яке генерується котлом під час активного горіння або підвищеної потреби в опаленні, і зберігати його для подальшого використання в періодах, коли потреба в теплі менша.

Теплоаккумулятор може бути виготовлений з різних матеріалів, таких як бетон, кераміка або спеціальні матеріали з високою теплоємністю. Він зазвичай має велику масу, що дозволяє йому зберігати значну кількість тепла. Коли котел генерує більше тепла, ніж необхідно для опалення приміщення, зайве тепло передається до теплоаккумулятора і зберігається у ньому. У періоди, коли котел не генерує достатньо тепла, теплоаккумулятор випускає накопичене тепло, підтримуючи стабільну температуру опалення.



Використання теплоакумулятора в об'язці твердопаливного котла допомагає забезпечити більш рівномірне та ефективне використання тепла, зменшує періоди активного горіння котла та сприяє економії палива[4].



Рис.1.2. Теплоакумулятор

**Антиконденсатні триходові клапани** є важливими компонентами систем опалення, особливо тих, які працюють зі зниженими температурами.

Антиконденсатний триходовий клапан (також відомий як клапан змішування) - це пристрій, який використовується в системі опалення для регулювання температури теплоносія і запобігання утворенню конденсату.

Конденсат може утворюватися в системі опалення, коли температура теплоносія (зазвичай вода) занадто низька, або коли вода знаходиться в контакті з холодними поверхнями. Це може стати проблемою, оскільки конденсат може пошкодити обладнання, спричинити корозію труб та призвести до неефективної роботи системи опалення.

**Антиконденсатний триходовий клапан** виконує дві основні функції. По-перше, він змішує теплу воду з повертаючого (охолодженого) контуру системи опалення з гарячою водою з котла. Це дозволяє підвищити температуру теплоносія перед подачею його до радіаторів або системи теплої підлоги.

					<i>ДПБ ПМ91.07.1760.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

По-друге, антиконденсатний триходовий клапан регулює температуру теплоносія, щоб запобігти утворенню конденсату. Він контролює пропорцію гарячої та повертаючої води, забезпечуючи, що температура в системі опалення не опускається нижче певного рівня, який запобігає конденсації.



Рис. 1.3 – Антиконденсатний триходовий клапан

Група безпеки в системі опалення твердопаливного котла - це комплексний набір пристроїв, які забезпечують безпеку і надійну роботу системи опалення. Вона включає різні елементи, які працюють разом для запобігання перевищенню тиску та температури в системі, відведення надлишкової води та повітря, а також захисту від можливих аварійних ситуацій.

Основні компоненти групи безпеки включають:

1. Редукційний клапан (перепускний клапан): Цей клапан встановлюється для контролю тиску в системі опалення. Він автоматично відпускає надлишковий тиск, якщо він перевищує задані межі, щоб запобігти пошкодженню системи.
2. Сигналізатори: Група безпеки може містити сигналізатори, які вказують на стан системи опалення. Наприклад, манометри для вимірювання тиску, термометри для вимірювання температури або датчики рівня води в баках. Ці пристрої надають інформацію про стан системи та дозволяють вчасно виявити будь-які проблеми або відхилення.

3. Вентиляційний клапан: Цей клапан відводить повітря з системи, забезпечуючи нормальну роботу та запобігаючи накопиченню повітряних кишень, які можуть впливати на ефективність і безпеку системи опалення.
4. Запобіжний клапан: Цей клапан встановлюється на гарячий водопровід або на систему опалення і відпускає надлишкову гарячу воду в разі перевищення температури. Він захищає систему від небезпечного підвищення тиску та перегріву, а також запобігає можливому пошкодженню обладнання.
5. Зливний клапан: Цей клапан використовується для випуску надлишкової води з системи. Він може бути підключений до системи опалення або до експанзійного бака. Зливний клапан відводить надлишкову воду в безпечне місце, наприклад, до стічної системи, забезпечуючи стабільний рівень води в системі та запобігаючи переповненню.
6. Манометр: Це пристрій для вимірювання тиску в системі опалення. Він дозволяє контролювати тиск в системі та вчасно виявляти будь-які відхилення або проблеми, що можуть виникнути.
7. Захисний клапан: Цей клапан встановлюється на гарячому водопроводі або на системі опалення і захищає систему від зворотного потоку гарячої води. Він запобігає забрудненню питної води гарячою водою з системи опалення.

Група безпеки є необхідною складовою частиною системи опалення твердопаливного котла для забезпечення безперебійної та безпечної роботи всього обладнання[6].

					<i>ДПБ ПМ91.07.1760.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16



Рис.1.4 – Група безпеки котла

Контролер в системі опалення твердопаливного котла виконує ключову роль в автоматизації та керуванні процесом опалення. Його основне завдання - контролювати та регулювати різні параметри опалювальної системи, щоб забезпечити ефективну та безпечну роботу котла. Основні функції контролера включають:

1. Керування роботою котла: Контролер відповідає за управління роботою котла згідно з встановленими параметрами. Він контролює запалення котла, регулює подачу палива, роздування повітря та інші процеси, що впливають на роботу котла.
2. Регулювання температури: Контролер моніторить температуру в системі опалення і регулює роботу котла, щоб підтримувати задану температуру. Він включає та вимикає котел в залежності від потреби в опаленні.
3. Захист від перегріву: Контролер виявляє надлишкову температуру в системі та вживає заходів для запобігання перегріву котла. Він може автоматично вимкнути котел або зменшити подачу палива, якщо температура перевищує безпечний рівень.
4. Контроль тиску: Контролер відстежує тиск у системі опалення та попереджає про можливі перевищення. Він може включати запобіжні клапани або інші пристрої безпеки для зниження тиску і запобігання пошкодженню системи.



Рис. 1.5 – Блок керування вентилятором котла ATOS

Крім основних функцій, контролер в системі опалення твердопаливного котла може також виконувати функцію діагностики та відображення інформації. Ця функція дозволяє контролеру моніторити роботу системи та надавати користувачу важливу інформацію про стан котла та опалювальної системи.

1. Діагностика: Контролер може виявляти проблеми або несправності в роботі котла або системи опалення. Він контролює різні параметри, такі як температура, тиск, рівень палива тощо, і при несправності відображає відповідні повідомлення про проблеми. Це дозволяє оперативно виявляти і усувати несправності для підтримки безперебійної роботи системи опалення.
2. Відображення інформації: Контролер може мати дисплей або інтерфейс, який відображає різні параметри і дані про роботу котла і системи опалення. Це може включати інформацію про температуру теплоносія, стан палива, режим роботи, витрати енергії, стан безпеки тощо. Відображення цих даних дозволяє користувачу контролювати роботу системи і при необхідності вносити необхідні зміни або регулювання.

Функція діагностики та відображення інформації допомагає користувачеві моніторити та контролювати роботу системи опалення. Вона дозволяє

оперативно виявляти проблеми, забезпечувати безпеку, а також забезпечує зручність і зрозумілість в управлінні системою.

**Циркуляційні насоси** є важливою складовою системи опалення і використовуються для перекачування теплоносія (наприклад, гарячої води або охолоджуючої рідини) через систему опалення. Основна функція циркуляційного насоса полягає в забезпеченні руху теплоносія через всі компоненти системи, включаючи котел, радіатори або тепловий підлоговий контур.



Рис. 1.6 – циркуляційний насос

Циркуляційні насоси в системі опалення можуть мати декілька настройок і функцій, які забезпечують оптимальну роботу системи. Основні функції циркуляційних насосів включають:

1. Регулювання швидкості: Деякі циркуляційні насоси мають можливість регулювання швидкості обертання, що дозволяє налаштувати потік теплоносія відповідно до вимог системи опалення. Це особливо корисно в системах з різними зонами опалення, де можна зменшити потік в менш потрібних зонах.

2. Автоматичний контроль тиску: Деякі циркуляційні насоси оснащені вбудованим автоматичним контролем тиску, який дозволяє підтримувати оптимальний тиск у системі. Це може бути корисно при встановленні системи опалення на великій висоті або при наявності висотних відмінностей між компонентами системи.
3. Діагностика та відображення: Деякі сучасні циркуляційні насоси мають функцію діагностики, яка відстежує їх роботу та виявляє можливі проблеми. Вони можуть мати вбудований дисплей або індикатори, що показують стан насоса та дозволяють оператору системи відстежувати його роботу та вчасно виявляти можливі несправності.

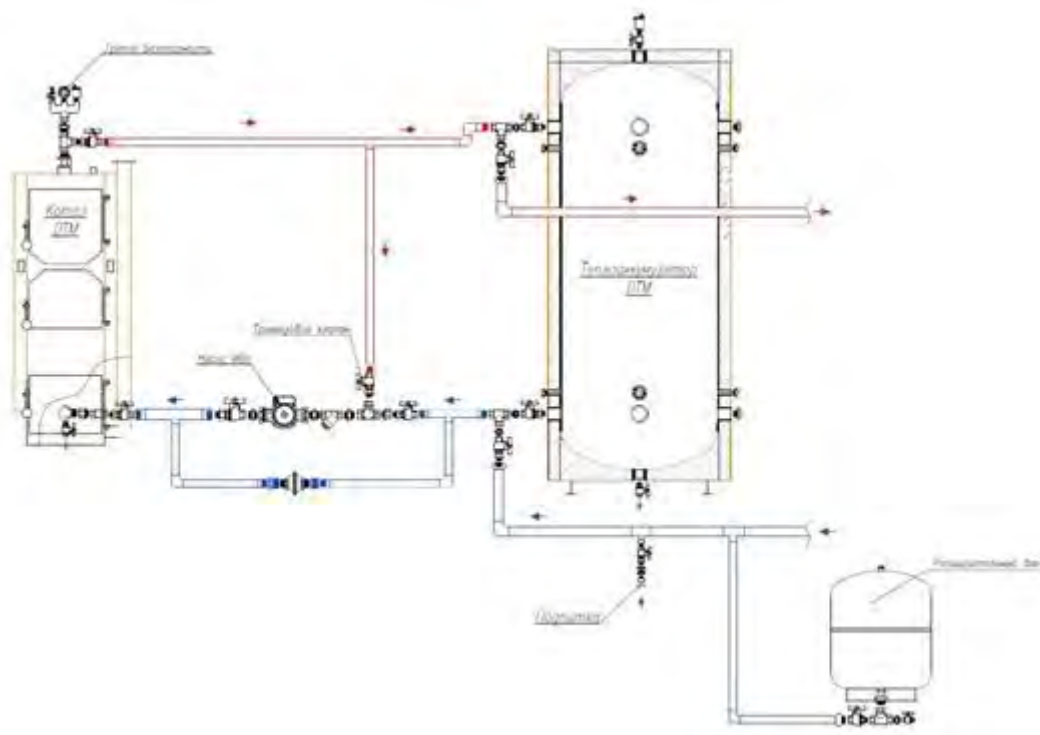


Рис. 1.7 – Схема підключення твердопаливного котла[4]

### 1.3 Принцип роботи насосів

Так як проект тісно пов'язаний із насосами в системі опалення, то розглянемо їх види та принцип роботи детальніше.

В системах опалення використовуються різні типи насосів залежно від конкретних вимог та характеристик системи. Найпоширеніші типи насосів, які застосовуються в системах опалення[1], [7]:

1. **Циркуляційні насоси:** Це найбільш поширений тип насосів в системах опалення. Вони забезпечують циркуляцію теплоносія через опалювальну систему, перекачуючи його від джерела тепла (котел, тепловий насос) до радіаторів або інших опалювальних пристроїв[8].
2. **Самовсмоктуючі насоси:** Цей тип насосів має здатність втягувати теплоносій з нижчого рівня до вищого, що дозволяє їм працювати ефективно навіть при віддалених джерелах тепла. Вони часто використовуються в системах опалення зі складною геометрією або великою відстанню між джерелом тепла і радіаторами.
3. **Мокрі роторні насоси:** Ці насоси мають мокрий ротор, який знаходиться в контакті з теплоносієм. Вони ефективно перекачують теплоносій і витримують високі температури, що їх робить популярними в системах опалення з високими температурами.
4. **Сухі роторні насоси:** Ці насоси мають ротор, який не знаходиться у контакті з теплоносієм. Вони використовуються в системах, де важлива герметичність та відсутність ризику протікання. Сухі роторні насоси можуть мати високу продуктивність та довгий термін служби.
5. **Вертикальні насоси:** Ці насоси мають вертикальне розташування осі вала. Вони часто використовуються в системах опалення, де простір обмежений, або коли потрібно підняти теплоносій на велику висоту.

Це лише кілька прикладів типів насосів, які можуть використовуватися в системах опалення. Вибір конкретного типу насосу залежить від розміру системи, потреб у регулюванні, висоти підйому, властивостей теплоносія та інших факторів.

**Принцип дії циркуляційного насосу** полягає у використанні центробіжної сили. Усередині його корпусу створюється різниця тиску між робочим блоком та

					<i>ДПБ ПМ91.07.1760.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21



вихідним патрубком. В центрі пристрою знаходиться круговий механізм, який включає робоче колесо з дугоподібними лопатками. Це колесо закріплене на валу електродвигуна[9].

Під час роботи пристрою вода протікає через вхідний отвір і прискорюється ротором, після чого потрапляє в спеціальний спіральний канал. В цьому каналі кінетична енергія води перетворюється на статичну енергію. Підвищення швидкості руху теплоносія досягається за рахунок різниці в тиску: на вході вода має понижений тиск, а на виході - підвищений.

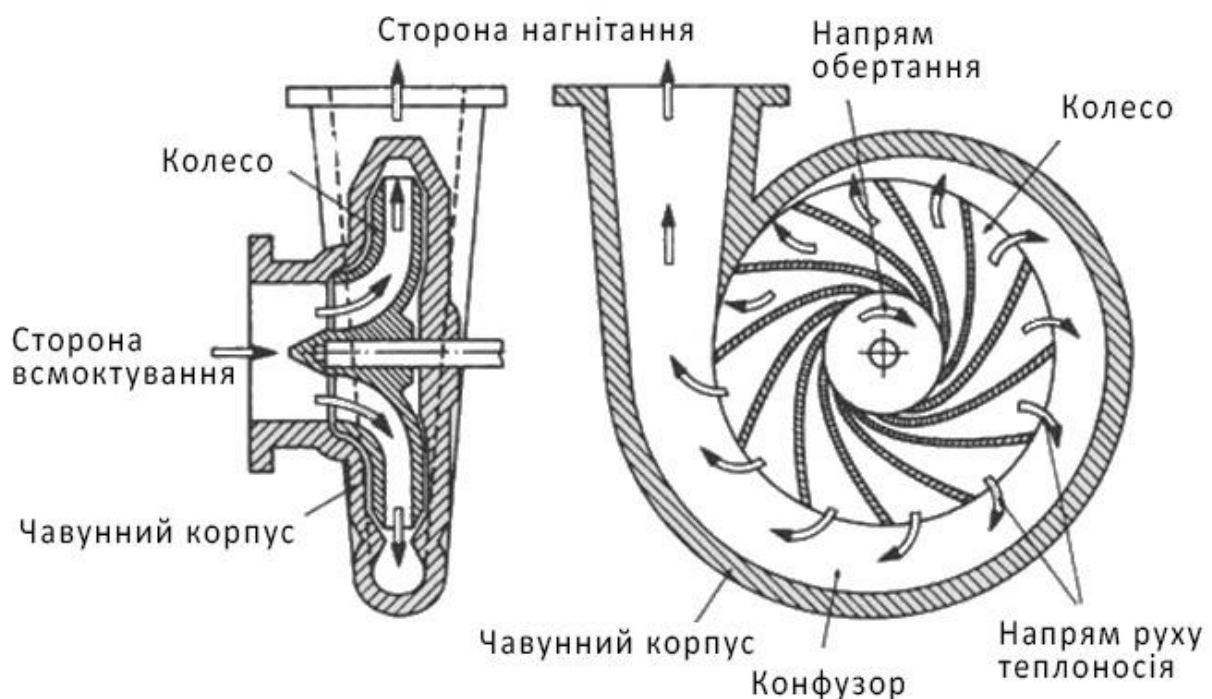


Рис. 1.8 – центробіжний насос[9]

**Самовсмоктуючий насос** є одним з типів поверхневих насосів, призначених для перекачування води з колодязів і водойм, а також для створення потрібного тиску в системах водопостачання [10].

Самовсмоктуючі водяні насоси не потребують заливки рідини і поділяються на дві основні категорії: центробіжні та вихрові. Обидві групи, у свою чергу, можна умовно поділити на декілька підвидів в залежності від наявності або відсутності ежектора. Варто зазначити, що ежектор може

розташовуватися як всередині самого насосного пристрою, так і поза його межами.

Ежекторні насоси мають високий рівень шуму в роботі, тому рекомендується встановлювати їх у відокремленому господарському приміщенні, віддаленому від житлового будинку. Самовсмоктуючі насоси є дуже популярними через їх здатність витягувати воду зі значної глибини (приблизно 10 метрів). Робота ежекторної системи базується на наявності водопровідної труби, що вбудована у джерело води.

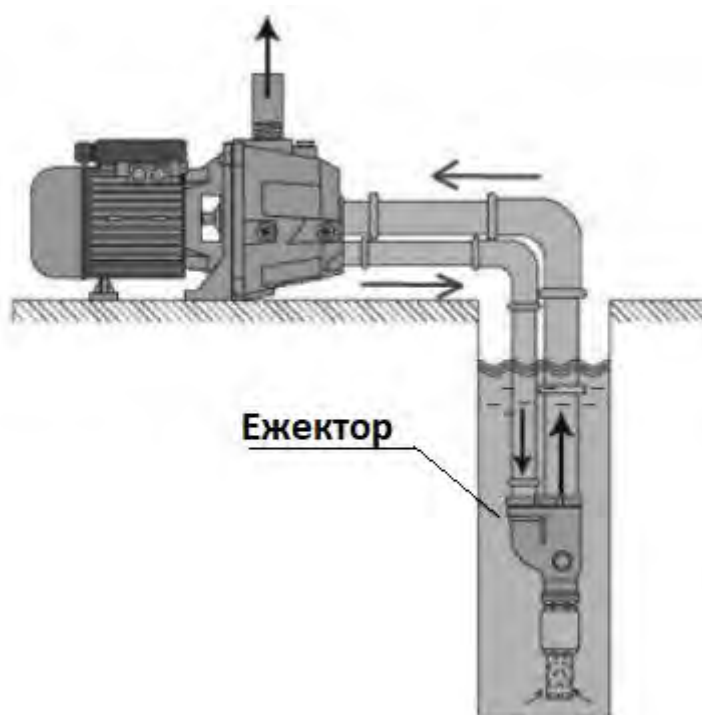


Рис. 1.9 – Принцип роботи насосу з ежектором[10]

Насоси без ежектора використовують складну багатоступінчасту гідравлічну систему для викачування води. Ці насоси мають деякі переваги порівняно з ежекторними насосами, зокрема, вони працюють тихо. Однак, вони не досягають такої ж глибини викачування, що їхні ежекторні аналоги.

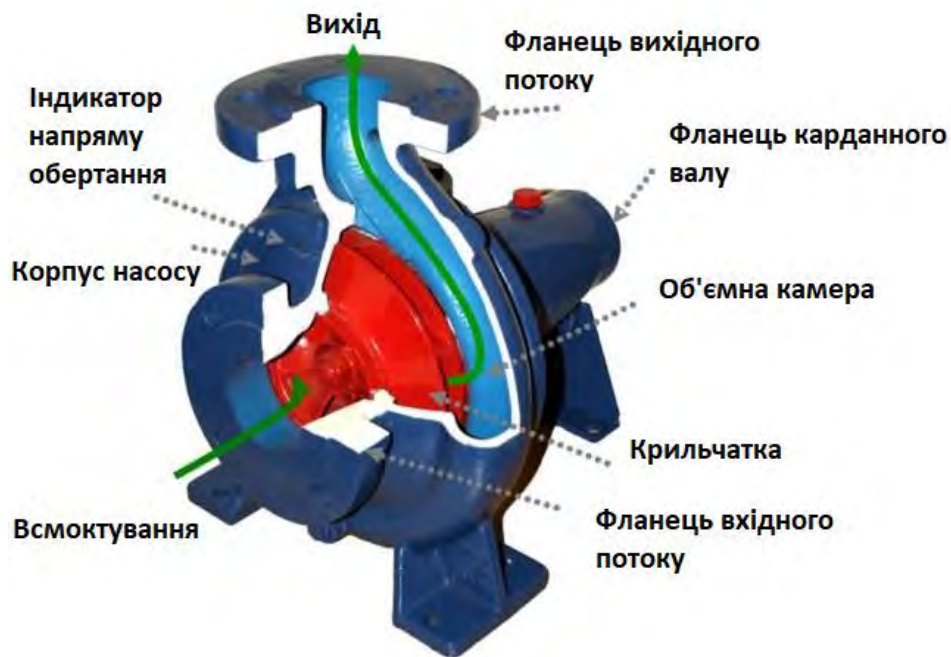


Рис. 1.10 – відцентровий самовсмоктуючий насос[11]

Центробіжний та відцентровий - це два різних типи насосів, які використовуються в різних гідравлічних системах.

Відцентровий насос також використовує центробіжну силу, але він має спеціальну конструкцію з рухомими лопатками або рухомим диском, які змушують рідину перекочувати через вихідний патрубок. Рідина входить у насос у центральній частині і виходить на периферії під впливом центробіжної сили. Вибір конкретного типу насоса залежить від вимог системи та умов експлуатації.

**Вихровий самовсмоктуючий насос** - це тип насоса, який використовує вихровий ефект для самовсмоктування рідини. Він здатний засмоктати рідину з резервуара або колодязя без необхідності заливати його водою перед запуском[11].

Робота вихрового самовсмоктуючого насоса базується на спеціальній конструкції ротора. У ньому розташована вихрова пластинка або диск, який створює вихровий потік рідини. Цей вихровий потік генерує зниження тиску, що дозволяє насосу засмоктати рідину.

Одна з особливостей вихрових насосів - це їх здатність працювати з різноманітними рідинами, включаючи рідини з домішками чи малими твердими частинками. Вони також добре підходять для використання в системах водопостачання, ірригаційних системах та інших застосуваннях, де потрібно самовсмоктування рідини з невеликими витратами енергії.

Основна перевага вихрових самовсмоктуючих насосів - це їх простота та надійність у роботі. Вони не вимагають додаткових елементів для самовсмоктування, таких як клапани або запасні баки. Це робить їх зручними в експлуатації та обслуговуванні[11], [12].

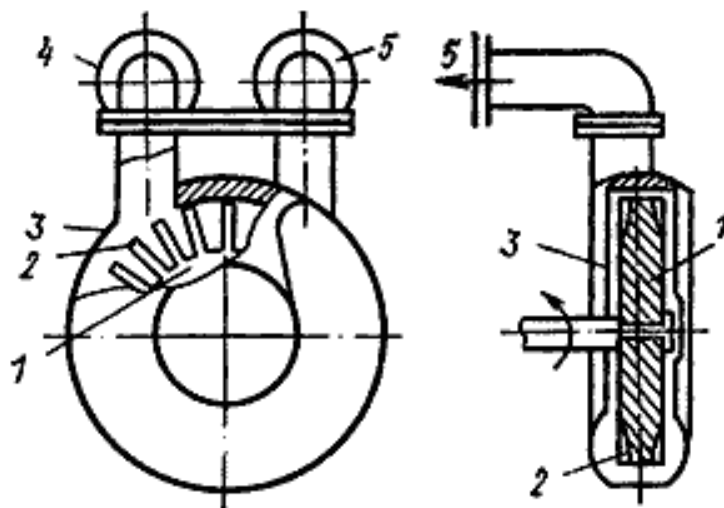


Рис. 1.11 – схема вихрового насосу

1 – робоче колесо; 2 – лопатка; 3 – корпус; 4 - всмоктуючий отвір; 5 - вихідний отвір

Більшість споживачів віддають перевагу використанню насосів відцентрового типу, оскільки ці насоси працюють абсолютно безшумно і є зручними у використанні. Вони можуть бути встановлені навіть у житловому будинку. Однак, відцентрові насоси поступаються вихровим за продуктивністю та глибиною засмоктування води.

**Роторні насоси** є одним з типів насосів, які використовуються для перекачування рідин. Вони отримали свою назву через специфічний механізм

роботи, який базується на роторі та корпусі насоса. Дозвольте розповісти більше деталей про роторні насоси.

Принцип роботи роторних насосів полягає в тому, що вони використовують два основних компоненти - ротор і корпус. Ротор - це обертаючийся елемент, який має спеціальну форму і розташований всередині корпусу. Корпус насоса має внутрішню порожнину, в якій рухається ротор [13].

Коли насос працює, ротор починає обертатися. Його рух створює простір між ротором і корпусом, який поступово заповнюється рідиною. Це створює вакуумний ефект, що сприяє засмоктуванню рідини в насос.

Після засмоктування рідини ротор поступово переносить її вздовж порожнини корпусу. Цей процес відбувається завдяки взаємодії ротора зі стінками корпусу та зміні об'єму порожнини. Ротор переміщає рідину вперед, тиск в порожнини збільшується, і рідина виходить через вихідний патрубок насоса.

Роторні насоси використовуються в багатьох галузях, включаючи хімічну промисловість, нафтову та газову промисловість, системи опалення, водопостачання та інші. Вони відомі своєю ефективністю, надійністю та довговічністю.

Важливо зауважити, що різні типи роторних насосів можуть мати різні конструкції та механізми роботи, такі як зубчасті насоси, лопатеві насоси, вібраційні насоси тощо. Кожен тип має свої унікальні особливості, але загальна ідея полягає в створенні обертового руху для перекачування рідини через насос.

					<i>ДПБ ПМ91.07.1760.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

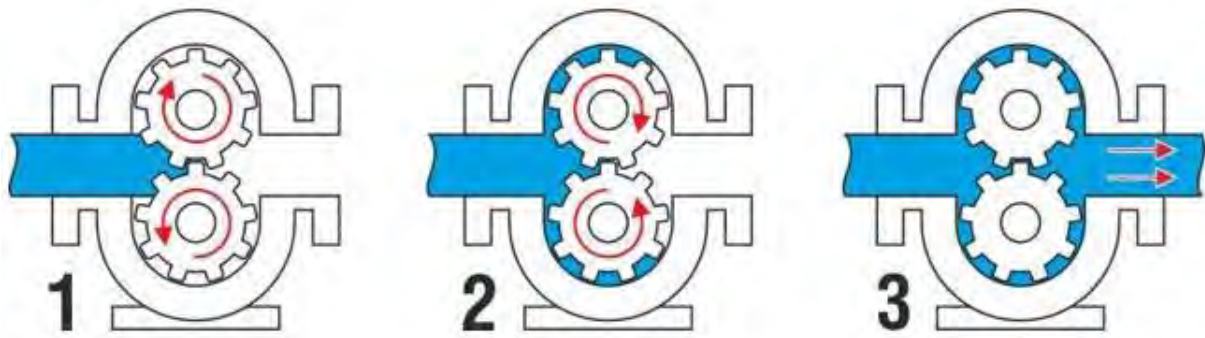


Рис. 1.12 – принцип роботи роторного насосу

**Мокрі роторні насоси** мають порожнину, або простір, в якому ротор здійснює обертальний рух та перекачує рідину, знаходячись у прямому контакті з нею. У **сухих роторних насосах**, замість прямого контакту, ротор перекачує рідину у порожнині, відокремленій від нього за допомогою ізоляційного матеріалу або прокладок.

У сухих роторних насосах ротор зазвичай має прорізи або канавки, які допомагають утворити порожнини для руху рідини. Під час обертання ротора, рідина засмоктується через вхідний отвір і перекачується вздовж порожнини між ротором і статором до вихідного отвору. Головна перевага сухих роторних насосів полягає у тому, що вони можуть перекачувати різні види рідин, включаючи в'язкі речовини, без їх забруднення або змінювання їх характеристик.

Сухі роторні насоси широко використовуються в різних галузях, таких як хімічна промисловість, нафтова і газова промисловість, фармацевтика, харчова промисловість та інші, де потрібна ефективна і надійна перекачка рідин.

**Вертикальні насоси** - це тип насосів, які мають вертикально орієнтовану вісь обертання. Вони часто використовуються для підняття рідини з нижніх рівнів до верхніх рівнів, коли потрібно створити напір або забезпечити перекачування рідини вгору [14].



Рис. 1.13 – насос центробіжний вертикальний[14]

У вертикальних насосах рух рідини здійснюється вздовж вертикальної осі, від нижньої точки до верхньої точки. Це можливо завдяки ротору, який створює обертальний рух, що перекачує рідину вгору через напірну трубу. Вертикальні насоси широко використовуються у багатьох галузях, включаючи водопостачання, стічні системи, вуглеводневу промисловість та інші, де потрібно підняти рідину на велику висоту або забезпечити перекачування вверх.

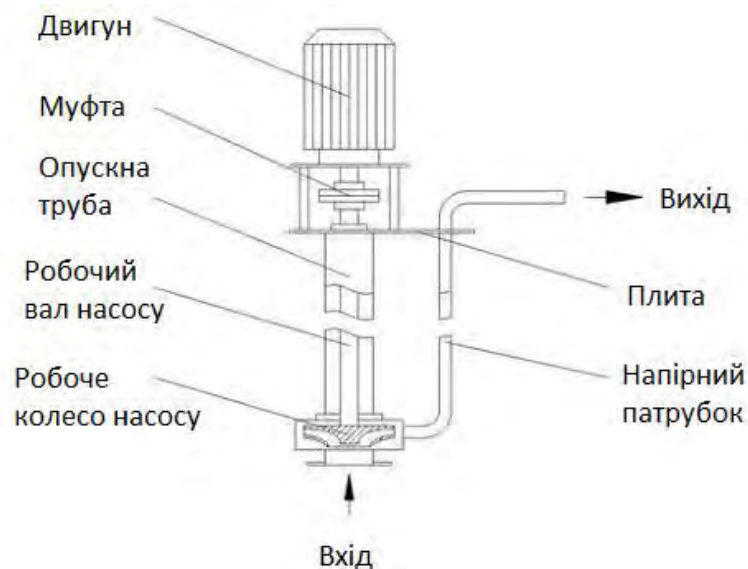


Рис. 1.14 – побудова вертикального насосу[14]

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Під час обертання колеса, що складається з двох прилеглих лопатей, у тимчасовій робочій камері виникає зменшення тиску повітря, що сприяє всмоктуванню рідини через вхідний патрубок.

Після того, як рідина потрапляє в тимчасову робочу камеру і починає рухатися разом з лопатями, які її пересувають, на неї починає діяти сила, що притискає її до стінок внутрішньої камери за рахунок відцентрових сил.

Коли рідина наближається до вихідного патрубка, вона, вже перебуваючи під тиском, через вплив відцентрових сил, витісняється в напірну магістраль.

Отже, після детального огляду усіх насосів, можна точно сказати, що в нашій системі буде саме циркуляційний. Адже, вони є найпоширенішими в системах опалення та потрібні просто для перекачування теплоносія. Але при цьому, пристрій енергозаощадження можна буде використовувати з різними насосами.

#### 1.4 Огляд наявної системи опалення

В цьому підрозділі детально розглянемо елементи, які використовуються в наявній системі опалення, по відношенню до якої буде застосований пристрій енергозаощадження.

Почнемо з основного – **твердопаливного котла**. Тут встановлений котел KOSSER типу КГ-17 (рис. 1.1).

- Його номінальна теплопродуктивність не менше 17 кВт;
- Робочий тиск 1,5 бар;
- Максимальна температура – 90°C;
- Напруга/частота - ~230/50 В/Гц;
- Потужність електрична – 39 Вт;
- Маса котла – 220 Кг.

КГ-котли (котли горизонтальні) є традиційним типом твердопаливних котлів. У цих котлах паливо (зазвичай вугілля, дрова або брикети) спалюється на

					<i>ДПБ ПМ91.07.1760.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29



решітці, яка розташована горизонтально у нижній частині котла. Під час спалювання паливо випалюється, а утворені гарячі гази та димові продукти проходять через теплообмінник, передаючи свою теплову енергію до води, яка циркулює в системі. КГ-котли зазвичай мають більшу ємність і підходять для опалення великих приміщень.

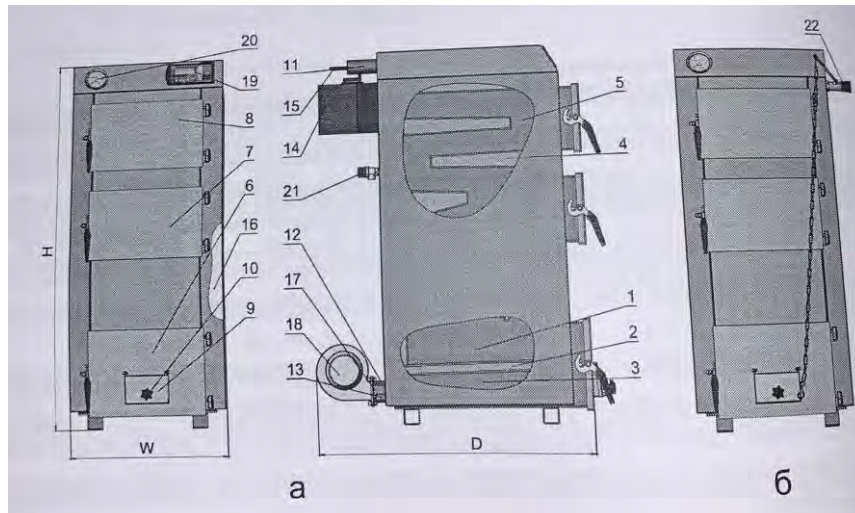


Рис. 1.16 – будова котла типу КГ

а – котел типу КГ з електронним блоком керування котла та нагнітаючим вентилятором;

б – котел типу КГ з механічним регулятором потужності, де:

1 – топка; 2 – водне колосникове риштування; 3 – зольник; 4 – водна ємність; 5 – конвекторний газоотхід; 6 – двері зольника та обслуговування колосників; 7 – двері топки; 8 – двері газоходу; 9 – повітряна заслінка; 10 – регулювальний гвинт; 11 – патрубок прямої подачі води; 12 – патрубок зворотної подачі води; 13 – патрубок зливу; 14 – патрубок димоходу; 15 – шибер; 16 – теплоізоляція; 17 – патрубок вентилятора; 18 – вентилятор; 19 – блок керування; 20 – термоманометр; 21 – запобіжний клапан; 22 – механічний регулятор потужності (монтується при встановленні котла).

В нашому випадку використаний саме варіант «б».

Котел типу КГ призначений для роботи на твердому паливі.

					<i>ДПБ ПМ91.07.1760.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

Основою котла є сталевий теплообмінник, який складається з топки 1 (рис. 1.16) і конвективного газоходу 5. Водна ємність котла – 4 – утворюється між стінками теплообмінника та зовнішніми стінками корпусу котла. Знизу водного колосникового риштування 2 знаходиться камера з піддоном для збору золи 3. Корпус котла ізолюваний утеплювачем 16 та закритий декоративним кожухом. На передній стінці котла розташовані три дверці: нижні 6 – для обслуговування колосникового риштування зольної камери, середні 7 – для завантаження палива, верхні 8 – для очистки конвективного газоходу. На нижніх дверцятах розташована повітряна заслінка 9 з регулювальним гвинтом 10, котра регулює кількість повітря, необхідну для процесу горіння палива і призначена для роботи з механічним регулятором тяги або в ручному режимі (при роботі з автоматикою у моделях КГ-А заслінка повинна бути герметично закрита). На задній стінці розташований димохід 14 з шиббером 15, що регулює тягу димоходу. Блок керування 18 регулює задану температуру шляхом керування роботою вентилятора. Температура та тиск контролюється термоманометром 20. З міркувань безпеки ззаду котла встановлюється запобіжний клапан 21.

На котел встановлений **вентилятор WPA120** (рис. 1.17).

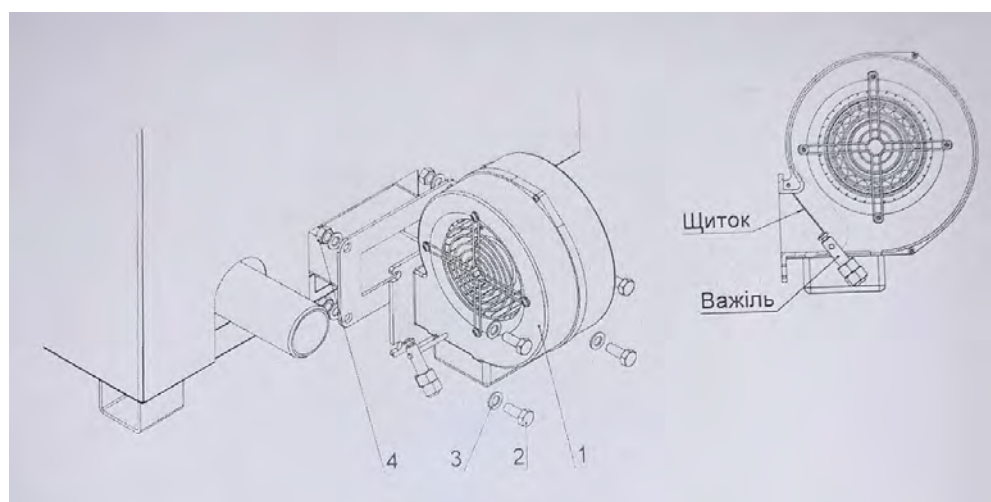


Рис. 1.17 – монтаж вентилятора

1 – вентилятор; 2 – Болт М6х20; 3 – шайба Ø6; 4 – гайка М6.

Далі розглянемо **блок керування Atos** (рис. 1.5).

					<i>ДПБ ПМ91.07.1760.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

Регулятор «Atos» призначений для регулювання роботи нагнітального вентилятора твердопаливного котла, а також циркуляційного насосу (вмикання/вимкнення). Завданням контролера є підтримка температури теплоносія на рівні, встановленому користувачем.

Контролер Kom-ster Atos дозволяє встановлювати максимальні та мінімальні обороти турбіни, що оптимізують потужність нагнітання вентилятора і забезпечують таким чином плавність регулювання температури, тому Kom-ster Atos сумісний з різними видами вентиляторів. Крім цього, регулятор температури твердопаливного котла Kom-ster Atos має програмне забезпечення, яке призводить до поступового зниження сили нагнітання вентилятора і, як результат, плавного та більш точного наближення до зазначеної температури. Це значно зменшує витрату палива, стабілізує температуру котла та захищає від пікових температур.

#### Технічні характеристики:

Напруга	230V/Hz
Навантаження:	
-базова модель	130Вт
-підсилена модель	400Вт
Діапазон вимірювання температури:	5-90 °С
Точність вимірювання	+/-1 °С
Діапазон встановлення температури котла	25-50 °С
Регулювання потужності вентилятора	30-100%
Температура увімкнення насосу	35-70 °С

Температура увімкнення насоса	35-70 °С
Плавний старт	Присутній

Також, обов'язково встановлюється **антиконденсатний триходовий клапан Herz 1 7421 00** (рис. 1.18).

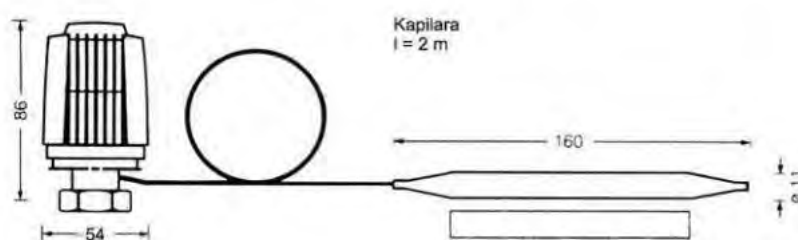
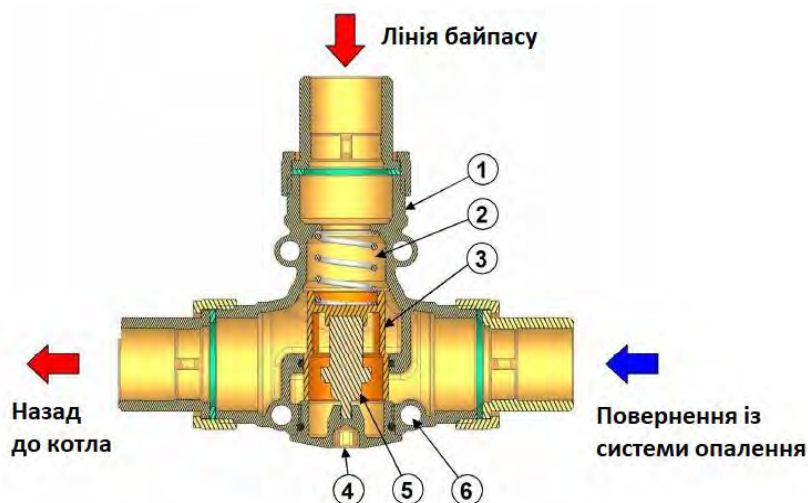


Рис. 1.18 – антиконденсатний триходовий клапан Herz з виносним термобалоном

Його принцип роботи такий полягає в тому, що при нагріванні виносного термобалону, термостатичний елемент тисне на шток клапана і відкриває клапан, для «повернення із системи опалення». При зниженні температури термобалону шток клапана піднімається, тим самим закриваючи «повернення із системи опалення» та відкриваючи порт «байпас»[2].



Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДПБ ПМ91.07.1760.000 ПЗ

Арк.

33

Рис. 1.19 – принцип роботи клапану

- 1) Корпус клапану;
- 2) Пружина;
- 3) Затвор;
- 4) Кришка;
- 5) Термостат;
- 6) Місце для термометра.

Також встановлюється **розширювальний бак** для компенсації надлишкового тиску в системі опалення на 100 л (рис. 1.20).



Рис. 1.20 – розширювальний бак

У системі опалення теплоносії (наприклад, вода або антифриз) змінює свій об'єм при зміні температури. Коли вода нагрівається, вона розширюється і займає більше місця, що може призвести до підвищеного тиску в системі. Щоб уникнути цього, встановлюється розширювальний бак.

Розширювальний бак має спеціальну мембрану або поршень, яка розділяє його на дві частини: одна заповнена повітрям, а інша - теплоносієм. При збільшенні об'єму теплоносія через його розширення, тиск у системі зростає, і зайвий об'єм теплоносія перекочує до розширювального бака, де він компенсується за рахунок стиску повітряної частини.

При охолодженні теплоносія знову зменшується його об'єм, і теплоносій з розширювального бака повертається до системи опалення. Таким чином, розширювальний бак допомагає підтримувати сталу тиск у системі опалення і запобігає його перебільшенню або падінню.

Обов'язково встановлюється **теплоаккумулятор**. В нашому випадку Egurra-Gazi на 1000л (Рис. 1.2).

Максимальна робоча температура ємностей - 95°C;

Максимальний робочий тиск – 0,3 Мпа.

Встановлюється **група безпеки** котла SD 290, яка складається з корпусу, зкидувача повітря, аварійного клапана на 3 bar і манометра. (Рис. 1.4)

Тепер розглянемо те, до чого застосуємо пристій, а саме – **циркуляційний насос**. В нашому випадку встановлений KOER KP.GRS -25/6-180 (Рис. 1.6) [8], [15].

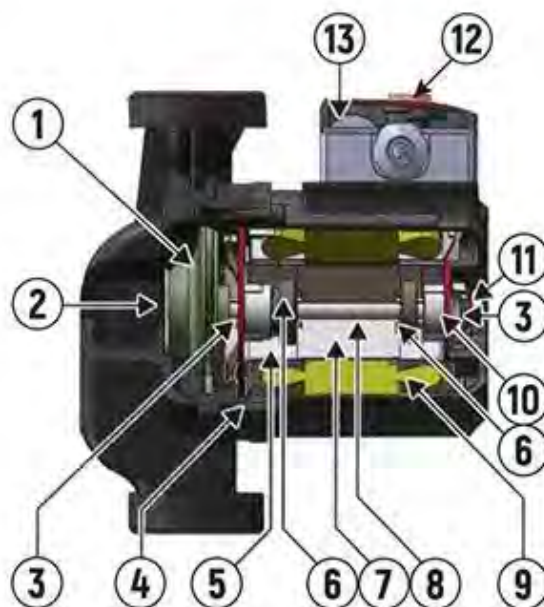


Рис. 1.21 – насос KOER [15]

1 – Робоче колесо; 2 – Відбивач; 3 – ущільнювальне кільце; 4 – з'єднувач; 5 – захисний ізоляційний кожух; 6 – керамографітна втулка; 7 – ротор; 8 – вал; 9 –

статор; 10 – ущільнювальна шайба; 11 – гвинт; 12 – перемикач швидкостей; 13 – конденсатор.

#### **Умови застосування [15]:**

- Теплоносій: прісна вода. Можливе використання рідини з вмістом гліколю до 50% зі значним погіршенням характеристик насоса.
- Ступінь забруднення: неприпустимо.
- Вологість навколишнього повітря: <60%.
- Температура навколишнього повітря: + 5 °С ... + 40 °С.
- Температура перекачуваної рідини: -5 °С ... + 110 °С.
- Максимальний робочий тиск: 1,0 МПа (10 бар).
- Монтажна довжина: 180 мм.
- Діаметр умовного проходу: 25 мм.
- З'єднання: 1 1/2".
- Кількість режимів роботи: 3.

#### **Двигун:**

- Тип двигуна: асинхронний, з "мокрим" ротором, з вбудованим в обмотку термозахистом.
- Ізоляція статора: аустенітна нержавіюча сталь AISI 304.
- Обмотки статора 100% міді.
- Клас ізоляції: В – термостійкість двигуна до 155°С.
- Підшипники: металізована алюмооксидна нанокераміка.
- Напруга: 220-240 В.
- Частота: 50 Г.
- Клас захисту: IP 44.
- Довжина кабелю: 1,3м.
- Режим роботи: тривалий.
- Комплектація: насос, сталеві гайки, інструкція.

					<i>ДПБ ПМ91.07.1760.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		<b>36</b>

## ВИТРАТО-НАПІРНІ І ГАБАРИТНО-ВАГОВІ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Модель: КР. GRS-25/6-180

Потужність:

- кВт: 0,093;
- К.С.: 0,124;

$Q_{\max}$ , (л/хв): 55.

$H_{\max}$ , (м): 6,0.

Вага брутто, кг: 3,17.

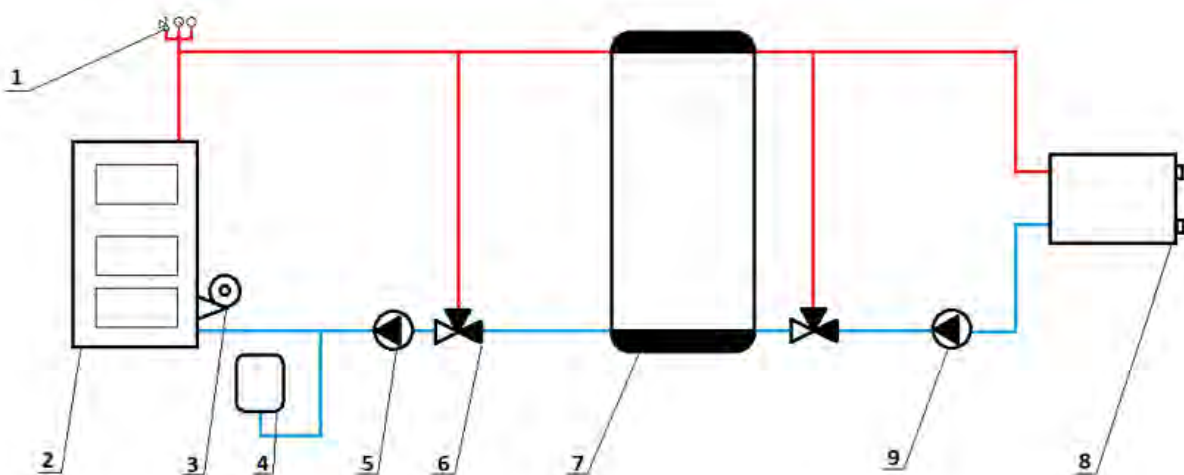


Рис. 1.22 – принципова схема наявної системи

1 – Група безпеки; 2 – твердопаливний котел; 3 – вентилятор; 4 – бак розширення; 5 – насос №1; 6 – антиконденсатний триходовий клапан; 7 – акумулятор; 8 – радіатори; 9 – насос №2.

В цій системі (рис.1.22) вентилятор та насос №1 вже може керуватися за допомогою вище описаного контролера, який встановлений окремо, але його задача полягає лише в підтриманні температури в котлі, а насос може вмикати та вимикати для малого кола. При цьому цей насос може бути взагалі відсутнім в



деяких системах. Також, в цьому випадку, труби, які між насосом №2 та радіаторами, знаходяться на вулиці.

### 1.5 Висновки та огляд проблеми

Після детального дослідження наявної системи опалення, її елементів та принципу роботи, можна побачити суттєву проблему. Вона полягає в насосі №2, адже його робота нічим не регулюється. Увесь сенс в тому, що він працює постійно, аж поки не відключити від джерела живлення вручну. Це все витрата електроенергії та фінансів власників таких систем. Можна підкреслити ще те, що насоси використовуються також і в системах із газовим котлом. Також, на території України, люди проживають в приватних будинках, переважно в сільських місцевостях і у деяких системи опалення значно простіші (рис. 1.23).

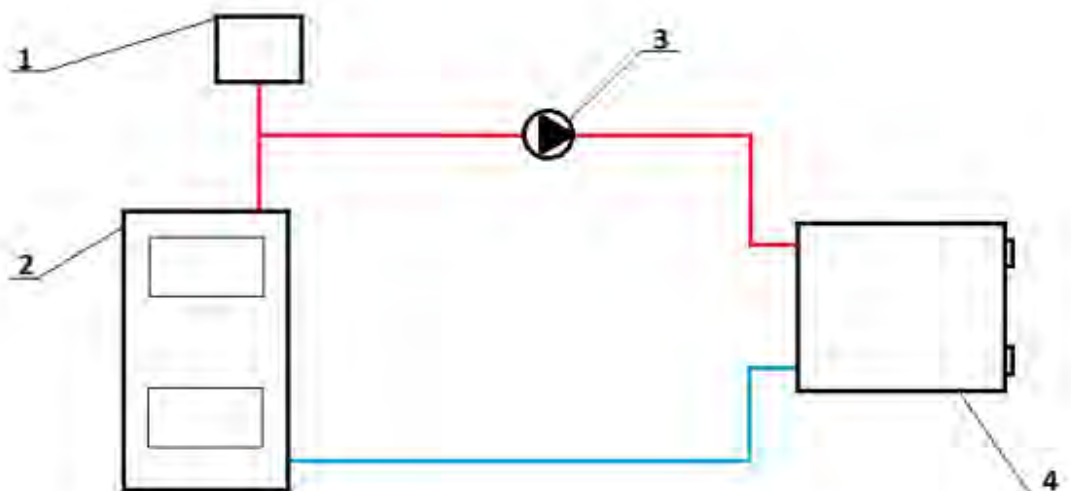


Рис. 1.23 – звичайна відкрита система опалення

1 – Бак для заливання води в систему; 2 – твердопаливний котел; 3 – насос; 4 – радіатори.

На території України розповсюджені системи опалення, в яких котли, як газові, так і твердопаливні, а насоси використовуються різні, хоча сенс в них однаковий. У когось нагрівачі теплоносія без вентиляторів, тож використовувати

контролер, який був розглянутий вище – недоцільно. В нашому випадку, певна частина труб пролягає на вулиці і потрібно також розрахувати такий сценарій, щоб вода в них не замерзла, інакше це призведе до поломки всієї системи опалення. Тож рішення цих питань полягатиме в розробці пристрою, який буде дешевим, простим і виконуватиме контроль насосу.

## 2. АВТОМАТИЗАЦІЯ НАСОСУ

### 2.1 Принцип роботи пристрою

Завданням пристрою енергозощадження в системі опалення буде – контроль роботи насоса. На корпусі розмістяться 3 кнопки та дисплей, а в ньому плата Arduino UNO. В мікроконтролер буде записана програма, яка буде опитувати його порти (pin). До них будуть підключені кнопки, датчики температури та електромагнітне реле. Його структурна схема зображена на рис.2.1.

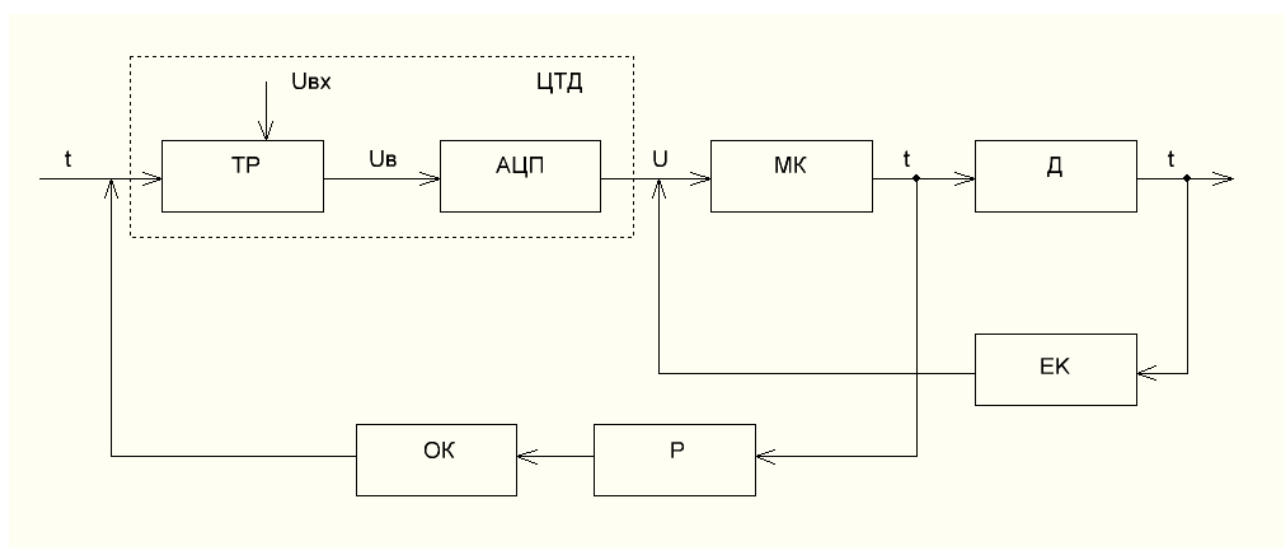


Рис. 2.1 – структурна схема до пристрою

- ЦТД – цифровий температурний датчик;
- ТР – терморезистор;
- АЦП – аналого-цифровий перетворювач;
- МК – мікроконтролер;

- Д – дисплей;
- ЕК – елементи керування;
- Р – реле;
- ОК – об'єкт керування (насос).

Завдання підсистеми полягає в тому, щоб керувати насосом при певних умовах. На рис. 2.1, можна побачити його структуру. В нашому випадку, АЦП вбудований в датчик температури.

Працює все наступним чином:

- 1) Внутрішній сенсор датчика містить мікросхему, яка включає резистор залежного від температури (термістор). Цей резистор змінює свій опір залежно від температури теплоносія.
- 2) Зміна опору резистора датчика призводить до зміни електричного сигналу, який в датчику зчитується і конвертується в цифровий формат. Підсилювач температури датчика обробляє зміну опору і генерує цифровий вихідний сигнал, який передається через інтерфейс One-Wire для зчитування температури з датчика.
- 3) Сигнал надходить до мікроконтролера, в якому на цей момент зашита програма з інструкціями.
- 4) Згідно з інструкціями, він подає напругу на реле.
- 5) Реле замикає контакти і таким чином вмикає насос або навпаки.
- 6) Від мікроконтролера одночасно із сигналом на реле, надсилається інформація на дисплей, який покаже температуру на датчиках.
- 7) На дисплеї будуть влаштовані елементи керування (кнопки), щоб змінювати граничні значення в мікроконтролері.

					<i>ДПБ ПМ91.07.1760.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

## 2.2 Мікроконтролерна плата Arduino UNO

Дивлячись на вимоги до підсистеми, було обрано мікроконтролерну плату Arduino UNO. Вона є платформою для прототипування та розробки електронних проектів. Вона базується на мікроконтролері Atmega328P і має вбудований набір цифрових та аналогових входів-виходів, що дозволяє підключати різноманітні датчики, актуатори та інші пристрої [23].

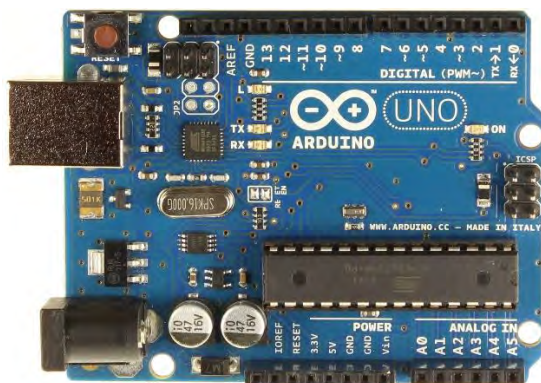


Рис.2.2 – мікроконтролерна плата Arduino UNO

Arduino UNO має такі характеристики [23]:

- 1) Мікроконтролер: Atmega328P з тактовою частотою 16 МГц.
- 2) Входи-виходи: 14 цифрових входів-виходів (з них 6 можуть використовуватися як ШІМ-виходи), 6 аналогових входів, серійний порт UART (для зв'язку з комп'ютером або іншими пристроями).
- 3) Пам'ять: 32 кБ флеш-пам'яті (в тому числі 0.5 кБ використовується для зберігання програми), 2 кБ оперативної пам'яті (SRAM), 1 кБ EEPROM (для зберігання постійних даних).
- 4) Інтерфейси: USB-порт для програмування та зв'язку з комп'ютером, ICSP-роз'єм для програмування через ISP (In-System Programming).
- 5) Живлення: може працювати від USB або від зовнішнього джерела живлення (7-12 Вольт).
- 6) Розміри: 68.6 мм x 53.4 мм.



Рис. 2.3 – мікроконтролер Atmega328P

По суті, мікроконтролер Arduino UNO є компактним однокристальним комп'ютером, який може виконувати прості завдання. Використання однієї мікросхеми значно зменшує розміри, енергоспоживання і вартість пристроїв, що побудовані на базі мікроконтролерів.

Arduino UNO можна **програмувати мовою Arduino**, яка базується на мові C/C++. За допомогою Arduino IDE (інтегроване середовище розробки) (рис. 2.4) можна написати програму для керування підключеними компонентами та взаємодії з оточуючим середовищем[24].

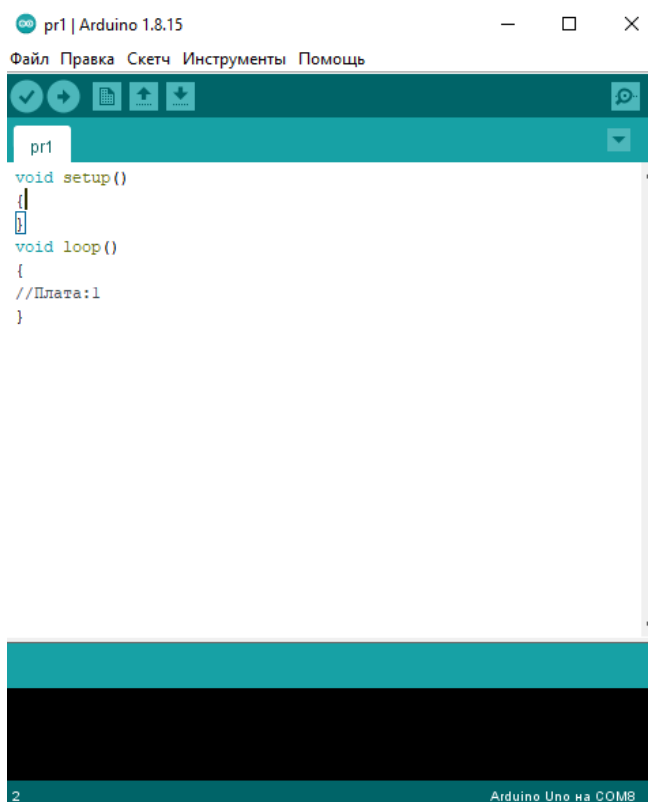


Рис. 2.4 – середовище розробки для Arduino

У програмі Arduino використовуються основні функції `setup()` і `loop()`. Функція `setup()` виконується один раз при запуску мікроконтролера і використовується для налаштування вхідних/вихідних портів, ініціалізації змінних і т.д. Функція `loop()` виконується безкінечно і містить основний код програми.

У мові програмування Arduino є багато функцій та бібліотек, які допомагають спростити роботу з різними аспектами мікроконтролера, такими як робота з пінами, аналоговими та цифровими сигналами, звуком, зчитуванням даних з датчиків і т.д. Ви можете використовувати ці функції та бібліотеки для реалізації різних функціональностей у проектах.

Після написання програми можна підключити Arduino UNO до комп'ютера за допомогою USB-кабелю і завантажити свою програму на мікроконтролер. Після завантаження програма почне виконуватись на Arduino UNO.

#### **Переваги** використання Arduino Uno:

1. Простота використання: Arduino Uno має просту та зрозумілу для початківців платформу. Вона має простий інтерфейс, легкі установки та добре документована.
2. Велика спільнота: Arduino Uno має велику та активну спільноту розробників. Це означає, що ви можете знайти багато ресурсів, підтримки та прикладів програм для вашого проекту.
3. Широкі можливості: Arduino Uno має багато цифрових та аналогових пінів, які дозволяють підключати різні пристрої та датчики. Це дає вам можливість розширювати функціональність вашого проекту.
4. Низька вартість: Arduino Uno є доступним з точки зору вартості мікроконтролером. Він є одним із найбільш доступних варіантів для початку роботи з мікроконтролерами.

#### **Недоліки** використання Arduino Uno:

					<i>ДПБ ПМ91.07.1760.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

1. Обмежені ресурси: Arduino Uno має обмежений обсяг пам'яті і обчислювальну потужність порівняно з більш потужними мікроконтролерами. Це може обмежувати складність і розмір програми, яку ви можете розробляти.
2. Відсутність вбудованого Wi-Fi та Bluetooth: Arduino Uno не має вбудованого модуля Wi-Fi або Bluetooth.
3. Не підходить для великих проєктів: Завдяки своїм обмеженим ресурсам, Arduino Uno може бути недостатнім для великих проєктів, які вимагають більшої потужності і пам'яті.
4. Відсутність реального часу: Arduino Uno не має вбудованого гарантованого режиму реального часу, що може обмежувати його використання в деяких застосуваннях, де точний час є важливим фактором.

Враховуючи переваги та недоліки Arduino Uno, можна точно сказати, що вона підходить для цього проєкту, адже тут важливими є: простота, надійність та економність.

### 2.3 Огляд використаних елементів у підсистемі

Перш за все, розглянемо **датчики температури** (рис. 2.5), їх буде два. Один встановиться в теплоаккумуляторі (рис. 1.2), а інший на вулиці. Використаємо саме DS18B20 [18], [20].



Рис. 2.5 – датчик температури DS18B20

					<i>ДПБ ПМ91.07.1760.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

- GND – земля;
- DQ – Дані (вхід/вихід);
- $V_{DD}$  – Напруга живлення;

Датчик DS18B20 є цифровим температурним датчиком, який здатний вимірювати температуру з високою точністю. Основні особливості цього датчика такі [20]:

1. Принцип роботи: DS18B20 використовує цифровий інтерфейс 1-Wire, що дозволяє підключати кілька датчиків до одного входу мікроконтролера. Кожен датчик має унікальний ідентифікатор, що дозволяє звертатися до нього окремо.
2. Точність вимірювання: DS18B20 має високу точність вимірювання температури з роздільною здатністю 0,0625 °C. Він здатний працювати в діапазоні від -55 °C до +125 °C, що робить його використання широким.
3. Напругове живлення: Датчик може працювати з напругою живлення від 3,0 до 5,5 вольт, що дозволяє підключати його безпосередньо до багатьох мікроконтролерів та плат Arduino.
4. Зручність використання: DS18B20 має компактний розмір та простий у використанні протокол комунікації. Вимірювання температури та доступ до датчика можна здійснювати з використанням всього одного цифрового піна мікроконтролера.
5. Додаткові функції: Датчик DS18B20 має вбудований EEPROM для зберігання конфігураційних налаштувань та коефіцієнта розкалібрування, який можна використовувати для поліпшення точності вимірювання.

Застосування датчика DS18B20 дуже широкі. Він часто використовується в системах контролю температури, кліматичних установках, промислових процесах, робототехніці та багатьох інших областях, де потрібно вимірювати температуру з точністю та надійністю.

					<i>ДПБ ПМ91.07.1760.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45



У підсистемі обов'язково буде використане **електромагнітне реле**, а саме LEG-12 Rayex. Він є компонентом електричної системи, яке використовується для керування електричними навантаженнями шляхом перемикання електричних контактів.



Рис. 2.6 – Реле LEG-12 Rayex

Реле - це електромеханічний пристрій, який використовує електричний сигнал для керування електричними колами. Принцип роботи реле базується на використанні електромагнітної комутації.

У реле є дві основні частини: котушка і контактні групи. Котушка зазвичай складається з провідного дроту, намотаного на феромагнітний сердечник. Коли через котушку протікає електричний струм, вона створює магнітне поле, яке притягує контакти.

Контакти реле розташовані поруч з котушкою і мають два стану: відкритий і закритий. У відкритому стані контакти не з'єднані і не передають електричний струм, а в закритому стані контакти з'єднані і передають електричний струм.

Коли електричний струм проходить через котушку, вона створює магнітне поле, яке притягує контакти і переводить їх у закритий стан. Це дозволяє електричному струму пройти через контакти реле. Якщо ж електричний струм відсутній або зупиняється, магнітне поле зникає, і контакти повертаються до відкритого стану, припиняючи передачу електричного струму.

Таким чином, реле використовує принцип електромагнітної комутації для керування електричними колами. Це дозволяє використовувати реле для включення або виключення живлення в різних електричних пристроях та системах.

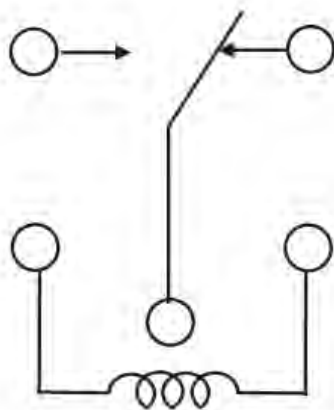


Рис. 2.7 – принцип роботи реле

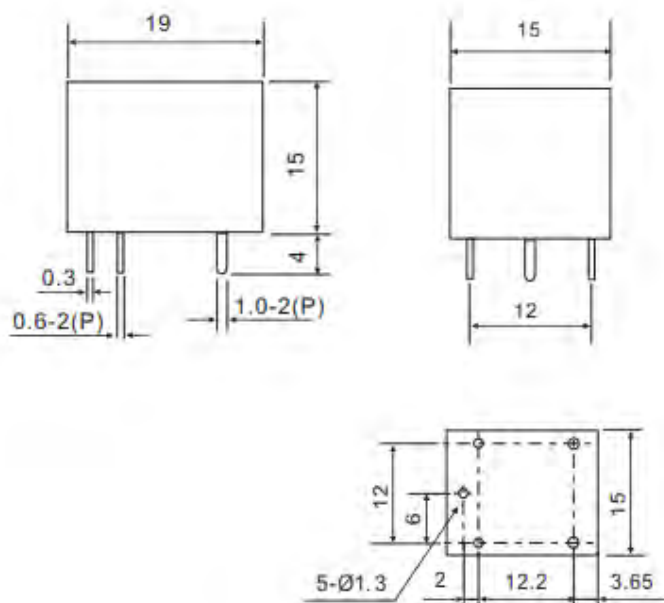


Рис. 2.7 – розміри реле

Основні особливості цього реле включають [17]:

1. Напряга живлення: Реле LEG-12 Rayex призначене для роботи з напругою живлення 12 В постійного струму (В). Це розповсюджена напруга живлення в багатьох системах і додатках.

2. Контактна конфігурація: Це реле має один перехідний контакт (SPDT), що дозволяє забезпечити дві різні електричні з'єднання. Контакти можуть бути відкриті або замкнуті в залежності від стану реле.

3. Максимальний струм: Реле LEG-12 Rayex здатне перемикати певний максимальний струм. Значення максимального струму залежить від конкретної моделі реле і може бути вказане у технічних характеристиках.

4. Керування: Реле активується за допомогою керуючого сигналу, який подається на вхід реле. Цей сигнал може бути низьким або високим рівнем напруги, в залежності від типу керування реле (наприклад, активний рівень напруги або активний рівень нуля).

5. Застосування: Реле LEG-12 Rayex може використовуватися в різних додатках, де потрібне керування електричними навантаженнями. Це можуть бути системи освітлення, електроприлади, системи безпеки, системи автоматизації та багато інших. Це реле може використовуватися для включення або виключення живлення навантаження залежно від стану реле.

Реле LEG-12 Rayex має досить компактний розмір, що дозволяє легко інтегрувати його в різні пристрої і системи. Воно також характеризується надійністю та довгим терміном служби, що дозволяє йому ефективно працювати протягом тривалого часу без необхідності заміни.

Далі нам потрібен буде **дисплей** для виводу інформації на нього. Використаємо звичайний LCD 20x4.

					<i>ДПБ ПМ91.07.1760.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48



Рис. 2.8 – LCD дисплей

У нашого розміри екрану будуть 76 x 25 мм, але для виводу 70,4 x 20,8 мм. Розміри всього модулю – 98 x 60 x 14 мм. Його вага – 73г, а робоча напруга – 5В.

Основні характеристики модулів LCD [21]:

1. Дисплей має 20 символів у рядку і 4 рядки, що дозволяє відобразити до 80 символів одночасно.
2. Зазвичай використовується дисплей на основі технології LCD (рідкокристалічного дисплею), що забезпечує чітке відображення тексту.
3. Для керування дисплеєм використовується спеціальний контролер, такий як HD44780 або сумісний з ним.
4. Дисплей зазвичай підключається до плати Arduino за допомогою протоколу зв'язку, такого як I2C або паралельний.
5. Більшість модулів дисплея 20x4 мають підсвічування, яке може бути кероване за допомогою додаткових контактів на дисплеї.

Для роботи з модулем дисплея 20x4 на Arduino знадобиться бібліотека, яка надає зручні функції для керування дисплеєм. Одна з найпоширеніших бібліотек для роботи з дисплеями на основі HD44780 - це "LiquidCrystal" [24].

```

#include <LiquidCrystal.h>

// Підключення модуля дисплея до плати Arduino
LiquidCrystal lcd(12, 11, 5, 4, 3, 2);

void setup() {
  // Ініціалізація дисплея

```

Рис. 2.9 – приклад реалізації керування дисплеєм

Із елементів керування, будуть звичайні **кнопки** без фіксації положення.



Рис. 2.10 – конопка DS-212

Вибір такого варіанту обумовлюється тим, що вона має грибокподібну форму, та на її корпусі є різьба, на яку накручена гайка. Саме таким чином вона буде добре триматися на корпусі.

Основні характеристики [22]:

- Максимальний струм: 3А
- Макс. напруга АС: 125V
- Підсвітка: немає
- Розмір клеми: 3,4 мм
- Установлювальний отвір: Ø16мм
- Матеріал корпусу: метал
- Робоча температура: -25°C ... +80°C

					<i>ДПБ ПМ91.07.1760.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		<b>50</b>

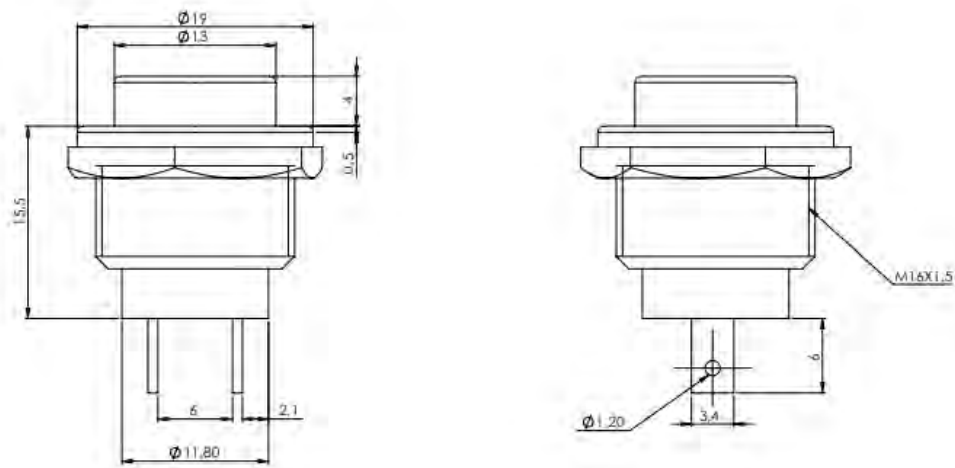


Рис. 2.11 – розміри DS-212

## 2.4 Опис електричної принципової схеми

В додатку А зображена електрична принципова схема, яка є графічним зображенням, що показує зв'язки та взаємодію між компонентами електричної системи. Вона використовується для представлення логіки та структури електричної схеми, де кожен компонент представлений символом, а з'єднання між ними показані за допомогою провідників.

На схемі ми можемо побачити плату Arduino UNO, у якої 14 pin цифрових та 6 pin аналогових. У нас використовуються лише цифрові. Кожен із них опитується мікроконтролером Atmega328P. Він має робочу частоту 16 МГц. Це означає, що внутрішній генератор мікроконтролера генерує тактовий сигнал з частотою 16 мільйонів герц (16 МГц). Цей сигнал використовується для синхронізації роботи мікроконтролера та виконання операцій з вказаною частотою. У разі потреби, Atmega328P також підтримує роботу зовнішнього кварцового резонатора або генератора для отримання більш високої точності частоти.

**Pin 2** підключається до RS (Register Select), який використовується для керування LCD дисплеєм. Цей сигнал визначає тип передачі даних до дисплею.

					<i>ДПБ ПМ91.07.1760.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

- Коли RS має значення "0" (нуль), то передавані дані вважаються інструкцією для контролера дисплею. Це означає, що ви вказуєте дисплею, яку дію виконати, наприклад, перемістити курсор або змінити налаштування.
- Коли RS має значення "1" (одиниця), то передавані дані вважаються символами для відображення на дисплеї. Це означає, що ви надсилаєте конкретний символ або текст, який повинен бути відображений на дисплеї.

**Pin 3** підключається до E (Enable). Він використовується для управління роботою дисплею та дозволяє вмикати або вимикати передачу даних на дисплей.

**Pin 4, pin 5, pin 6, pin 7** підключені до D4, D5, D6 та D7 відповідно. Вони використовуються для передачі даних в LCD дисплей. Вони представляють 4-бітну шину передачі даних (4-bit data bus). Ці піни використовуються для передачі ніблів (напівбайтів) даних до дисплею. Для передачі байту даних, використовується метод передачі по чотирьохбітній шині. Команди або символи розбиваються на два нібли (перші 4 біти та останні 4 біти) та передаються окремо через ці піни. Наприклад, якщо ви хочете передати байт даних "10101010" на дисплей, то перші 4 біти "1010" будуть передані через піни D4, D5, D6, D7 відповідно (наприклад, використовуючи відповідні команди або бібліотеки). Потім, другі 4 біти "1010" будуть передані тим же способом.

**Pin 8, pin 9** підключаються до pin DQ датчиків температури DS18B20. Він означає "Data Quest" або "Data Line". Цей пін використовується для передачі даних між датчиком та мікроконтролером. Датчики температури використовують шину передачі даних, яка дозволяє зчитувати температурні значення з датчика. Пін DQ є єдиним піном, який використовується для зв'язку між датчиком та мікроконтролером через 1-провідну шину (1-Wire). Також, потрібно звернути увагу на резистори, які підключені. Вони виконують роль «потягуючого резистора».

**Підтягуючий резистор** (англ. pull-up resistor) є елементом електричної схеми, який використовується для стабілізації та забезпечення потрібного рівня напруги на входному піні пристрою, зазвичай мікроконтролера або іншого логічного елемента.

При підключенні підтягуючого резистора, один його кінець з'єднується з живильною напругою (наприклад, з напругою +5 В або +3.3 В), а інший кінець підключається до входного піна пристрою. Резистор виконує функцію "підтягування" входного піна до живильної напруги, коли на нього не подається зовнішній сигнал.

Коли на піні не має активного сигналу, підтягуючий резистор забезпечує стабільний рівень напруги, який відповідає живильній напрузі. Це називається "підтягування до високого рівня" (pull-up to high level). Коли на піні подається активний сигнал (наприклад, входний сигнал зі знизеним рівнем напруги), входний струм, що проходить через підтягуючий резистор, зменшує напругу на входному піні, що дозволяє виявити активний сигнал. Це називається "підтягування до низького рівня" (pull-up to low level).

**Pin 10, pin 11, pin 12** підключаються до трьох кнопок. Це підключення використовує «підтягуючий резистор» на кожне коло, також сюди подається напруга 5 V від плати. Саме тут буде відбуватися керування контролером. Одна кнопка буде «Setup», друга «+», третя «-».

Принцип їх роботи полягає в тому, що підтягуючий резистор підтягує невизначений потенціал до входу з напругою 5В, роблячи його значення HIGH(1), а при натисненні кнопки – LOW(0). Далі буде описана їх програмна реалізація.

До дисплея також подається 5 V на VDD та VEE. VDD є аббревіатурою від "вхідна напруга живлення" (англ. Voltage Drain Drain) і використовується для позначення положення або піна в електронних схемах, який призначений для живлення пристрою або інтегральної схеми. На дисплеї, VEE вказує на вхідну

					<i>ДПБ ПМ91.07.1760.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53



напругу зворотного живлення (англ. Voltage External Emitter). Це напруга, яка використовується для налаштування контрастності дисплея. Саме тому ми її пропускаємо через змінний резистор (потенціометр).

Також є pin VSS на дисплеї, який вказує на "вхідну напругу землі" (англ. Voltage Supply Ground) або просто "землю". Це негативний полюс або клемма джерела живлення, яка з'єднується зі схемою для створення повного електричного кола.

**Pin 13** підключається через струмообмежуючий резистор та транзистор КТ 503 до електромагнітного реле, яке і буде керувати увімкненням насосу.

Обов'язковою умовою є паралельно до реле встановлений діод KD522. Він потрібен для захисту електронних компонентів та контактів від зворотного електромагнітного струму, що виникає при вимиканні реле.

Під час вимикання електромагнітного реле, струм, що протікає через електромагніт, змінює свою полярність, і це може спричинити виникнення зворотного струму. Зворотний струм може мати негативний вплив на електронні компоненти та контакти, так як він може викликати перенапруження і витік струму через них.

Це захищає інші компоненти в схемі від небажаних впливів зворотного струму та може продовжити тривалість служби реле та інших електронних пристроїв.

Принцип роботи реле полягає в тому, що на один з контактів подається напруга 12 V. Для того, щоб він запрацював, потрібно замкнути коло, а це не дасть зробити транзистор. З мікроконтролера повинен прийти сигнал на цей транзистор, щоб він «відкрився». Потім контакти в LEG-12 з'єднуються і утвориться замкнене коло на 220V, яке живить насос.

					<i>ДПБ ПМ91.07.1760.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

## 2.5 Розрахунок елементів в схемі

В системі використовується реле на 12 В. Тож вибираємо блок живлення на таке значення.

В нашій системі підключений насос, у якого є 3 режими роботи[26]. У кожного із них своя потужність:

- 1-ий режим – 40 Вт;
- 2-ий режим – 68 Вт;
- 3-ий режим – 93 Вт.

Реле розраховане на 10 А, напруга в мережі 220 В, а потужність 40 Вт, тож за законом Ома розраховуємо для першого режиму:

$$I = \frac{P}{U} = \frac{40}{220} = 0,18 \text{ A}$$

Для другого:

$$I = \frac{P}{U} = \frac{68}{220} = 0,3 \text{ A}$$

Для третього:

$$I = \frac{P}{U} = \frac{93}{220} = 0,42 \text{ A}$$

Тепер потрібно врахувати «пусковий струм». Фактично, це струм, який споживається двигуном під час його запуску. Він може бути значно вищим за робочий струм, оскільки в процесі запуску двигун потребує більшої потужності для подолання початкового опору і початкового моменту інерції. Потужність, яка споживається при пуску, залежить від типу двигуна, його конструкції, навантаження та інших факторів[25].

Найвищі значення пускових струмів спостерігаються у електродвигунах, зокрема в тих, які використовуються в насосних станціях, циркуляційних

насосах, електричних помпах та подібному обладнанні. У цих випадках пускові струми можуть бути до 7-9 разів більшими за номінальні значення.

Тож, знаходимо струм пуску в найвищому значенні.

Перший режим:

$$I = 0,18 * 9 = 1,62 A$$

Другий режим:

$$I = 0,3 * 9 = 2,7 A$$

Третій режим:

$$I = 0,42 * 9 = 3,78 A$$

Отже, згідно з отриманими значеннями, можна точно сказати, що вибране реле підходить під насос. Варто зауважити, що насоси бувають різні і мають різну потужність. Наприклад, дорогий насос із максимальною потужністю 510 Вт при напрузі 230 В матиме робочий струм 2,2 А, якого вистачатиме під таке реле, але на момент запуску, потрібно буде 19,8 А. Тож реле взято із запасом для звичайних користувачів, а саме в приватні будинки.

Паралельно з реле встановлюється захисний діод КД522А. Діод має пряму напругу близько 1,2 В, що дозволяє використовувати його із джерелами живлення до 12 В. Допустимий максимальний прямий струм – 150 мА, а через котушку проходить:

$$I = \frac{U}{R} = \frac{12}{400} = 0,03 A$$

Переводимо отримане значення і отримуємо 30 мА.

Для роботи реле, також використовується **транзистор**. Максимальний струм на колекторі – 150 мА. Для повного відкриття транзистору потрібно на базу подати 0,6 В. Для цього встановлено струмообмежуючий резистор, адже з

					<i>ДПБ ПМ91.07.1760.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

плати надходить 5 В. Важливим є також те, що допустимий струм через контакти на Arduino – 40 мА.

Розраховуємо струмообмежуючий резистор з мінімальним допустимим номіналом:

$$R = \frac{U - U_d}{I} = \frac{5 - 0,6}{0,04} = 110 \text{ Ом}$$

Тут  $U_d$  – це падіння напруги на самому транзисторі. Воно залежить від матеріалу та зазвичай складає 0,3 – 0,6 В.

Але не обов'язково тримати струм на межі допустимого. У нашому випадку струм, яким потрібно керувати – 30 мА. Допустимо для використовуваного транзистора  $h_{fe} = 40 \dots 120$ .

$$I_b = \frac{I}{h_{fe}} = \frac{0,03}{120} = 0,00025 \text{ А}$$

Тут  $I_b$  – струм на базу.

$$R = \frac{U - U_d}{I} = \frac{5 - 0,6}{0,00025} = 17600 \text{ Ом}$$

Отже, нам підійде резистор із номіналом від 110 Ом до 17600 Ом. Найоптимальнішим варіантом буде 8,2 кОм, адже нам потрібен для невеликого навантаження на контакти Arduino та для стабільної роботи.

Підтягуючі резистори R3, R4, R5 встановлені на 10 кОм згідно з рекомендаціями розробників. Також їх можна замінити на 4,7 кОм. Завдяки цим резисторам на пінах 10, 11, 12 створюється високий рівень сигналу, тобто «1». Якщо ми натискаємо кнопку, то струм піде через замкнені контакти по шляху найменшого супротиву. В цей час на пінах буде низький рівень сигналу, тобто «0». Максимальна сила струму для цих кнопок – 3 А та 125 В. Ми пропускаємо 5 В через резистор 10 кОм, тож:

					<i>ДПБ ПМ91.07.1760.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

$$I = \frac{U}{R} = \frac{5}{10000} = 0,0005 \text{ A}$$

Тобто, через кнопку буде протікати 0,5 мА, що є допустимим. Це стосується всіх трьох кнопок. Якщо ж контакти кнопки розімкнені, то струм піде через піни 10, 11, 12, що також допустимо, адже їх навантаження не повинно перевищувати 40 мА

Резистори R1, R2 встановлені, як підтягуючі резистори за рекомендацією розробників датчиків температури. Вони підтягують 5 В на 8 та 9 pin, а опір резисторів 4,7 кОм, тож:

$$I = \frac{U}{R} = \frac{5}{4700} = 0,001 \text{ A}$$

Тобто, на ці піни потрапить 1 мА, що є допустимо для контактів плати.

До контакту VEE на дисплеї підводиться 5 В через потенціометр на 10 кОм для регулювання яскравості.

Отже, судячи з розрахунків, всі елементи підібрані вірно та навіть з запасом для трохи потужніших насосів. Тож, ця підсистема буде працювати стабільно.

## 2.6 Принцип роботи мікроконтролера в підсистемі

Для повноцінної роботи підсистеми енергозаощадження, потрібно запрограмувати мікроконтролер, який знаходиться на платі Arduino. Робити це будемо в Arduino IDE.

Arduino IDE є інтегрованою середовищем розробки (Integrated Development Environment), спеціально створеним для програмування платформи Arduino. Воно надає ряд функцій і можливостей, що значно спрощують процес розробки програм для Arduino. Ось кілька деталей про Arduino IDE:

- 1) Arduino IDE має текстовий редактор, де можна створювати, редагувати і зберігати свій код програми. Редактор підтримує виділення синтаксису, що

					<i>ДПБ ПМ91.07.1760.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

полегшує сприйняття коду, а також має функцію автодоповнення, яка допомагає вводити команди швидше і з меншими помилками. Крім того, він автоматично вирівнює код, щоб зробити його більш зрозумілим.

- 2) Arduino IDE дозволяє компілювати програму у виконуваний код, який може бути завантажений на плату Arduino. Можна вибрати тип плати та серійний порт, на який підключена плата, для завантаження програми. IDE автоматично виконує необхідні дії для компіляції та завантаження коду на плату.
- 3) Бібліотеки: Arduino IDE має вбудовану бібліотеку, яка містить набір функцій та модулів, що спрощують розробку програм для плат Arduino. Ці бібліотеки містять готовий код, який можна використовувати для різних завдань, таких як керування пінами, робота з датчиками, комунікація з іншими пристроями тощо. Можна легко імпортувати та використовувати ці бібліотеки у своїх проектах, що робить розробку більш швидкою та зручною.
- 4) Arduino IDE має вбудований монітор порту, який дозволяє переглядати виведення та вхідні дані з плати Arduino через серійний порт. Це дуже корисний інструмент для налагодження та відладки програм. Ви можете перевіряти значення змінних, відстежувати виконання коду і виводити повідомлення для перевірки правильності роботи програми.
- 5) Arduino IDE поставляється з великою кількістю прикладів програм, які демонструють різні функції та можливості плат Arduino. Можна переглядати, копіювати та використовувати ці приклади в своїх власних проектах.

З цього можна зробити висновок, що таке середовище розробки ідеально підходить для вибраного завдання.

Вся робота пристрою буде залежати від того, як буде запрограмований контролер. В нашому випадку логіка буде така:

					<i>ДПБ ПМ91.07.1760.000 ПЗ</i>	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- 1) Спочатку ми підключаємо необхідні бібліотеки та визначаємо піни, які використовуються для підключення компонентів (датчики температури, кнопки та LCD дисплея).

```
#include <microDS18B20.h>
#include <EEPROM.h>
#include <LiquidCrystal.h>
```

Рис. 2.12 – підключені бібліотеки

- 2) У функції `setup()` ми встановлюємо необхідні режими пінів та ініціюємо LCD дисплей.
- 3) У головній функції `loop()` ми маємо два основних блоки коду, які виконуються постійно.
- a) Перший блок коду оновлює значення температури на LCD дисплеї. Ми читаємо значення температури з обох датчиків і виводимо їх на відповідні рядки дисплея. Якщо під час зчитування температури сталася помилка, виводимо повідомлення про помилку.
  - b) Другий блок коду виконує перевірку температури і управління насосом. Якщо температура перевищує задану температуру теплоносія або менше заданої температури зовнішнього повітря, то вмикається насос. У протилежному випадку насос вимикається.
  - c) Далі ми перевіряємо стан кнопки SET. Якщо кнопка натиснута, то змінна `Set` збільшується на одиницю і виконується функція `SetParam()`, яка дозволяє користувачу ввести нові значення температурних порогів.
- 4) Функція `SetParam()` виконує наступні дії:
- a) У циклі while, поки змінна `Set` більше нуля, ми читаємо стан кнопок "+" і "-", а також кнопки SET. В залежності від значення `Set`, виводимо відповідні повідомлення на LCD дисплей.
  - b) Якщо кнопка "+" натиснута і `Set` дорівнює 1, збільшуємо значення `TempTn` (задана температура теплоносія). При досягненні

максимального значення 50, `Temptn` знову стає 10. Аналогічно, якщо кнопка "-" натиснута і `Set` дорівнює 1, зменшуємо `Temptn`. Значення `Temptn` виводимо на LCD дисплей.

- c) Аналогічні дії виконуються для налаштування значення `Tempvl` (задана температура зовнішнього повітря).
- d) Якщо кнопка SET натиснута, `Set` збільшується на одиницю, щоб вийти з циклу while.
- e) Після виходу з циклу while, перевіряємо значення `Set`. Якщо `Set` більше 2, то присвоюємо йому значення 0. Це виконується для повторного налаштування температурних порогів.
- f) Якщо `Set` дорівнює 0, то виводимо пусте повідомлення на LCD дисплей, зберігаємо нові значення температурних порогів в EEPROM пам'ять, та встановлюємо деякі змінні у вихідне положення.

Це загальний опис того, що робить код. Він вимірює температуру з двох датчиків і керує насосом в залежності від цих значень. Користувач може налаштувати температурні порогови за допомогою кнопок.

Після компіляції, ми бачимо, що все виконано без помилок.

Компілювання виконано.  
Скетч використовує 6958 байтів (21%) місця зберігання для програм. Межа 32256 байтів.  
Глобальні змінні використовують 326 байтів (15%) динамічної пам'яті, залишаючи 1722 байтів для локальних змінних. Межа 2048 байтів.

Рис. 2.13 – Використані ресурси пам'яті

## 2.7 Висновки до розробленої підсистеми

Другий розділ присвячений вирішенню проблеми в системах опалення. В ньому розглянуто структуру та принцип роботи розробленого пристрою. Після цього, дивлячись на наші потреби, підібрані відповідні елементи, які включають в себе: плату Arduino Uno на базі мікроконтролера Atmega328P, реле Leg-12 Rayex, 2 датчики температури DS18B20, LCD дисплей 20x4 та 3 кнопки без фіксації положення. Також, описувалось їх підключення та робота. Наприклад,

					<i>ДПБ ПМ91.07.1760.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61



кнопки з'єднані з пінами 10, 11, 12 і на них, завдяки підтягуючим резисторам, завжди був «високий рівень», тобто «1», але, коли натискали кнопку, то там ставав «0». Наступним етапом, була розроблена та описана електрична принципова схема і проведено розрахунок елементів в схемі. Обчислення проводились здебільшого на граничні значення, щоб схема працювала стабільно та не згоріла від перенавантаження. Так, наприклад, був розрахований струмообмежуючий резистор, який підводився на базу транзистора. Допустимі значення виявились в межах від 110 Ом до 17600 Ом, тож його вибрали номіналом 8,2 кОм. Це означало, що менше 110 Ом взяти не можна, адже сила струму на контактах плати не повинна перевищувати 40 мА. Тому потрібно було взяти щось середнє для стабільності. Також, обов'язково було розробити код для мікроконтролера. Його умови прості та чіткі:

- Якщо температура теплоносія, який знаходиться в акумулюючому баці більше 20°C або температура на вулиці менше 5°C, то насос потрібно увімкнути. В усіх інших випадках – вимкнути.
- Якщо кнопка `Set` була натиснута 1 раз, то налаштовували граничну температуру теплоносія, якщо ще раз натискали, то вже встановлювали граничну вуличну температуру, але на третій раз лічильник оновлювався і переходив в режим демонстрації, при цьому зберігаючи оновлені значення.

Отже, можна сказати, що завдання виконане та насос автоматизований.

					<i>ДПБ ПМ91.07.1760.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

## ВИСНОВКИ

У даній роботі проведений детальний огляд систем опалення приватних будинків. Найкращим варіантом виявився саме той, в якому теплоносій – вода. Дослідження було зосереджено на твердопаливних одноконтурних котлах, адже такий варіант доступний до фізичного огляду. Також, розглянуто проблему в цій системі та зроблено висновок, що вона може бути і в інших, бо насоси влаштовані майже в будь-якій. Було розглянуто всі їх види та принцип роботи, тому можна сказати, що в приватних будинках переважно використовуються циркуляційні варіанти. Сама проблема полягає у відсутності автоматизації насосу.

У другому розділі було розроблено підсистему для керування насосом. Для цього підібрано: реле, кнопки, плата, датчик та дисплей, які буде використано. Також, детально описано, як будуть вони підключені та загальний принцип роботи цього пристрою. Після цього, було побудовано принципову електричну схему та розглянуто її роботу. Згідно з нею, обчислено граничні можливості підібраних елементів електроніки. Це було зроблено для довговічності та стабільності роботи всієї системи. Наприкінці розроблено код, який буде в майбутньому записаний на мікроконтролер.

Взагалі, ця робота має важливе значення, оскільки вона дозволяє ознайомитись з різними системами опалення приватних будинків та показує розроблений варіант автоматизації насосів для енергозаощадження. Також, варто зауважити, що в цій підсистемі можлива модернізація.

					<i>ДПБ ПМ91.07.1760.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Рудольф Яушовець «Гідравліка – серце водяного опалення» – підручник [Електронний ресурс] – <https://bookree.org/reader?file=1476039&pg=2>
2. Покотилів В.В. «Системи водяного опалення» – підручник [Електронний ресурс] – [https://herz.ua/wp-content/uploads/pokotilov\\_systems.pdf](https://herz.ua/wp-content/uploads/pokotilov_systems.pdf)
3. Пирков В.В. «Особливості проектування сучасних систем водяного опалення» – підручник [Електронний ресурс] – <https://devi.rv.ua/data/files/books/otop1/cf3971d30ca2ac9d31a84e7e8585e0a8.pdf>
4. Підключення твердопаливного котла з баком акумуляції [Електронний ресурс] – <https://dtm.ua/ru/skhema-obvyazki-kotla-2/>
5. Обв'язка деревних одноконтурних котлів [Електронний ресурс] – <https://rt82.ru/uk/training/obvyazka-drevesnyh-odnokonturnyh-kotlov-kak-vypolnyaetsya-obvyazka/>
6. Підключення та обв'язка твердопаливного котла опалення [Електронний ресурс] – <https://www.svittepla.com.ua/ua/blog-kompanii/shemy-podkluчениia-i-obviazka-tverdoplivnogo-kotla-otopleniia>
7. Як правильно обрати насос [Електронний ресурс] – <https://www.volynnews.com/news/all/yaki-ye-nasosy-dlia-vody-ta-iaak-pravylnu-obraty-vidpovidnyy-prystryi/>
8. Циркуляційний насос для опалення [Електронний ресурс] – <https://teploradost.com.ua/ua/cirkuljacionnyj-nasos-dlja-otoplenija-kak-vybrat-za-3-shaga>
9. Циркуляційний насос – як працює [Електронний ресурс] – <https://shop.laris.ua/uk/novosti/cirkulyacionnyy-nasos-kak-rabotaet-zachem-on-м>
10. Принцип роботи самовсмоктуючого насоса [Електронний ресурс] – <https://nasosvdom.com.ua/uk/-/korisna-informaciya/samovsasyvajuwij->

					<i>ДПБ ПМ91.07.1760.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

[nasos#:~:text=Такі%20насоси%20тихіше%2С%20однак%20глибина,що%20приводить%20до%20подальшого%20всмоктуванню.](#)

11. Самовсмоктуючі насоси [Електронний ресурс] – <http://poradu24.com/remontu/vannoj/samovsmoktuyuchi-nasosi-princip-di-harakteristiki-riznovidi.html>
12. Вихрові насоси [Електронний ресурс] – <https://met-all.org/nasosy/vihrevoj-nasos-samovsasyvayushhij-dlya-skvazhiny-ustrojstvo-i-printsip-dejstviya.html>
13. Роторні насоси [Електронний ресурс] – <https://talanx.com.ua/1616-rotorn-nasosi-princip-roboti-ta-harakteristika.html>
14. Вертикальні насоси [Електронний ресурс] – <https://met-all.org/nasosy/vertikalnye-nasosy-tsentrobezhnye-mnogostupenchatye-polupogruzhnye.html>
15. Циркуляційний насос [Електронний ресурс] – <https://koer-sanitary.com/nasos-tsirkulyatsionnyj-koer-kp-grs-25-6-180>
16. Приклади схем [Електронний ресурс] – <https://radiostorage.net/27-mikrokontrollery/2/>
17. Реле datasheet [Електронний ресурс] – <https://www.tme.eu/Document/311affc211749c2a4c93ad074af62b72/LEG-SERIES.pdf>
18. Датчик DS18B20 [Електронний ресурс] – <https://arduino-diy.com/arduino-tsifrovoy-datchik-temperature-DS18B20>
19. Транзистор КТ503 [Електронний ресурс] – <http://transistorlib.net/kt503.html>
20. Датчик DS18B20 datasheet [Електронний ресурс] – <http://open.e-voron.dp.ua/wp-content/uploads/2012/01/DS18B20-rus.pdf>
21. Інформація по дисплею [Електронний ресурс] – [https://evse.com.ua/lcd-2004-modul-dlya-arduino-zhk-displej-20kh4?gclid=Cj0KCQjw7PCjBhDwARIsANo7CgmRL67b\\_36buG2WwK4rb ezPBwOE73GA2ZWn5dH5lKkcLxsnBjE1oowaAqsCEALw\\_wcB](https://evse.com.ua/lcd-2004-modul-dlya-arduino-zhk-displej-20kh4?gclid=Cj0KCQjw7PCjBhDwARIsANo7CgmRL67b_36buG2WwK4rb ezPBwOE73GA2ZWn5dH5lKkcLxsnBjE1oowaAqsCEALw_wcB)

22. Кнопка DS-212 [Електронний ресурс] –  
[http://int.com.ua/index.php?route=product/product&product\\_id=2225](http://int.com.ua/index.php?route=product/product&product_id=2225)
23. Плата Arduino Uno [Електронний ресурс] – <https://arduino.ua/prod32-arduino-uno-rev3-a000066>
24. Інформація по програмуванню Arduino [Електронний ресурс] –  
<https://doc.arduino.ua/ru/prog/>
25. Пусковий струм [Електронний ресурс] –  
<https://www.powersol.com.ua/uk/novyny/shho-take-puskovyj-strum-elektrovyguna/>
26. Режими роботи електродвигунів [Електронний ресурс] –  
<https://remontu.com.ua/rezhimi-roboti-elektrodivguniv>
27. Інформація по транзистору КТ503 [Електронний ресурс] –  
<https://www.5v.ru/ds/trnz/kt503.htm>
28. Бібліотеки для роботи з датчиками [Електронний ресурс] – DS18B20  
<https://catcatcat.d-lan.dp.ua/skachat/biblioteki/biblioteka-dlya-raboty-i-s-datchikami-temperaturyi-ds18b20/>
29. Схеми автоматизації [Електронний ресурс] –  
[https://wiki.tntu.edu.ua/Схема\\_автоматизації\\_функціональна](https://wiki.tntu.edu.ua/Схема_автоматизації_функціональна)