

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

Приладобудівний факультет

Прилади та системи неруйнівного контролю

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

_____ А.Г. Протасов

«__» _____ 20__ р.

Дипломний проект

на здобуття ступеня бакалавра

з напрямку підготовки 6.051003 «Приладобудування»

на тему: «Прилад для контролю теплової енергії»

Виконав:

студент IV курсу, групи ПК-61

Тагіров Денис Родмирович _____

Керівник:

Зав. каф., д.п.н., професор

Протасов А.Г. _____

Консультант з розробки електричного тракту:

Доцент, к.т.н.,

Баженов В.Г _____

Рецензент:

Доцент, к.т.н.,

Філіпова М.В. _____

Засвідчую, що у цьому дипломному
проекті немає запозичень з праць інших
авторів без відповідних посилань.

Студент (-ка) _____

Київ – 2020 року

**Пояснювальна записка
до дипломного проекту
на тему: «Прилад для контролю теплової енергії»**

Київ – 2020 року

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

Приладобудівний факультет

Приладів та систем неруйнівного контролю

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Напрямок підготовки (програма професійного спрямування) – 6.051003
«Приладобудування»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ А.Г. Протасов

«__» _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проект студенту

Тагіров Денис Родмирович

1. Тема проекту «Прилад для контролю теплової енергії», керівник проекту Протасов Анатолій Георгійович, завідувач кафедри, професор, доктор педагогічних наук, затвержені наказом по університету від «__» _____ 20__ р. № _____
2. Термін подання студентом проекту _____
3. Вихідні дані до проекту: Внутрішній діаметр труби $D=22$ мм; діаметр перетворювача $d=16$ мм; робоча частота $f=2$ МГц.
4. Зміст пояснювальної записки: Вступ, Розділ 1. Аналітичний огляд, Розділ 2. Розрахунок електроакустичного тракту, Розділ 3. Розрахунок електричного тракту, Висновки, Список використаної літератури, Додатки.
5. Перелік графічного матеріалу: схема електричка принципова, функціональна схема, схема структурна, складальний кресленик.
6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розробка електричного тракту	Баженов В.Г., доцент, к.т.н.		
Конструкторська частина	Богдан Г.А., ст. викладач, к.т.н.		

7. Дата видачі завдання _____

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Примітка
	Літературний огляд за темою дипломного проекту	28.03.2020	
	Розрахункова частина	15.04.2020	
	Синтез структурної схеми приладу	20.04.2020	
	Синтез функціональної схеми приладу	24.04.2020	
	Вибір електричних компонентів приладу	02.05.2020	
	Синтез електричної схеми приладу	13.05.2020	
	Розробка складального креслення	10.06.2020	

Студент

Тагіров Д.Р.

Керівник проекту

Протасов А.Г.

Анотація

Метою даного дипломного проекту є розробка ультразвукового приладу для контролю затраченої теплової енергії в жилих будинках та підприємствах, а також для контролю затраченого теплоносія.

У дипломі було розглянуто сучасні варіанти приладів з аналізом принципу дії та їх використання у різних сферах діяльності, дана порівняльна характеристика зі схемами та таблицями. Зроблені висновки стосовно пріоритетності використання ультразвукового лічильника тепла та пропозиції щодо його вдосконалення.

Робота цього приладу заснована на методі ультразвукового вимірювання. Прилад складається з електричного обчислювача, витратоміра з ультразвуковими сенсорами та датчиками температури.

У дипломному проекті було проведено моделювання та розрахунок ультразвукового лічильника теплової енергії, розроблено функціональну, структурну та електричну схему і складальне креслення приладу.

Annotation

The purpose of this diploma project is to develop an ultrasonic device to control the heat consumed in residential buildings and enterprises, as well as to control the coolant.

In the diploma modern variants of devices with the analysis of the principle of action and their use in various spheres of activity were considered, the comparative characteristic with schemes and tables is given. Conclusions are made regarding the priority of using an ultrasonic heat meter and suggestions for its improvement.

The operation of this device is based on the method of ultrasonic measurement. The device consists of an electric computer, a flow meter with ultrasonic sensors and temperature sensors.

In the diploma project the modeling and calculation of the ultrasonic heat energy meter was carried out, the functional, structural, electric scheme and assembly drawing of the device were developed.

Зміст

Вступ.....	5
1. Розділ 1. Аналітичний огляд.....	7
1.1. Схеми розводки опалення.....	7
1.2. Схеми підключення лічильників.....	10
1.3. Конструкції лічильників тепла.....	14
1.3.1. Механічні лічильники тепла.....	14
1.3.2. Ультразвукові лічильники тепла.....	15
1.4. Опис існуючих приладів.....	16
1.4.1. Механічний лічильник SUPERCAL 531.....	16
1.4.2. Ультразвуковий лічильник SHARKY 775.....	19
1.5. Обґрунтування вибору приладу та доцільність його використання.....	23
1.5.1. Теплообчислювач.....	24
1.5.2. Витратомір.....	26
2. Розділ 2. Розрахунок електроакустичного тракту.....	46
2.1. Розрахунок акустичного тракту.....	46
2.2. Розрахунок напруги збудження.....	48
3. Розділ 3. Розрахунок електричного тракту.....	49
3.1. Розробка функціональної схеми приладу.....	49
3.2. Генератор збудження.....	50
3.3. Підсилювач.....	51
3.4. Розрахунок АЦП.....	53
3.5. Розрахунок пам'яті.....	54

					<i>ПК-61.150000.000 ПЗ</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Тагірод Д.Р.</i>			<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Протасов А.Г.</i>				3	59
<i>Реценз.</i>					ПБФ ПК-61		
<i>Н. Контр.</i>							
<i>Затверд.</i>							

3.6.	Вибір мікроконтролера.....	55
3.7.	Розрахунок смугового фільтру.....	56
3.8.	Вибір дисплея.....	57
3.9.	Розрахунок похибок вимірювання.....	58
	Висновки.....	59
	Список використаної літератури.....	60
	Додатки.....	61

					ПК-61.150000.000 ПЗ	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вступ

Лічильник тепла - це пристрій, який вимірює кількість теплової енергії. Зазвичай він використовується на промислових підприємствах для вимірювання потужності котлів і тепла, що приймається технологічним процесом, а також для систем тепlopостачання для вимірювання тепла, що передається споживачам. Він також може бути використаний для вимірювання теплової потужності, наприклад, котла опалення, або виходу охолодження з холодильного агрегату.

Витрати тепла можна визначити за такою формулою як добуток обсягу теплоносія що пройшов через систему тепло споживання на різницю температур між входом і виходом з цієї системи. Лічильник тепла має включати в себе чотири основні складові : обчислювач, датчик витрати і пара датчиків температури.

Технологічно лічильник тепла встановлюється на стороні виходу теплової енергії з теплогенеруючого (теплообмінного) пристрою або з його зворотної сторони. Він вимірює швидкість потоку теплоносія і різницю температур (ΔT) між входом і виходом в системі.

За своїм призначенням вузли обліку ділять на два типи: комерційні та некомерційні. Комерційні лічильники тепла використовують для розрахунків з тепlopостачальною організацією. Згідно з показниками лічильника розподіляється плата між споживачами тепла за рахунком виставленому абоненту від тепlopостачальної організації.

Лічильники тепла застосовуються в різноманітних системах опалення, гарячого водopостачання об'єктів різних масштабів, від квартир і будинків, до мікрорайону і навіть цілого міста. Теплові лічильники можуть бути встановлені в систему з майже будь-яким теплоносієм. Це може бути наприклад пар або повітря, але найбільшого поширення лічильники тепла набули для води, які і розглядаються в цьому дипломному проекті.

З кожним роком у світі будуються найрізноманітніші будинки які мають найрізноманітнішу будову та планування. Від планування будинку дуже

					ПК-61.150000.000 ПЗ	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

сильно залежить і сама система опалення будинку. Важливо, щоб лічильник тепла міг підійти до більшості будинків, що зараз будуються або були збудовані раніше, особливо це стосується країн СНД.

В Радянському Союзі в період з 1960-го по 1991-і роки інженери того часу не дуже замислювалися про систему опалення з точки зору збереження теплової енергії в будинках, вони намагалися зробити її як найбільш просту для комутації та дешево. В таких будинках застосовується вертикальна розводка системи опалення. В наш час більшість будинків почали використовувати горизонтальну розводку системи опалення, що дещо покращило систему опалення будинку та дало можливість застосовувати квартирні теплові лічильники.

					ПК-61.150000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

Розділ 1. Аналітичний огляд

1.1. Схеми розводки опалення

Найбільш поширені види розводки системи опалення можна класифікувати наступним чином:

- Однотрубні і двотрубні
- Горизонтальні і вертикальні
- Тупикові і з зустрічним рухом теплоносія
- Опалення з верхнім і нижнім розведенням

Розглянемо детальніше кожен з них.

Однотрубна вертикальна система опалення

Така система розводки поширена переважно в будинках що були побудовані до початку 2000 року. У таких будинках подаюча магістраль проходить з технічного поверху будинку до підвалу, а теплоносій надходить в кожену батарею послідовно (поступово остигаючи) по вертикальних стояках.

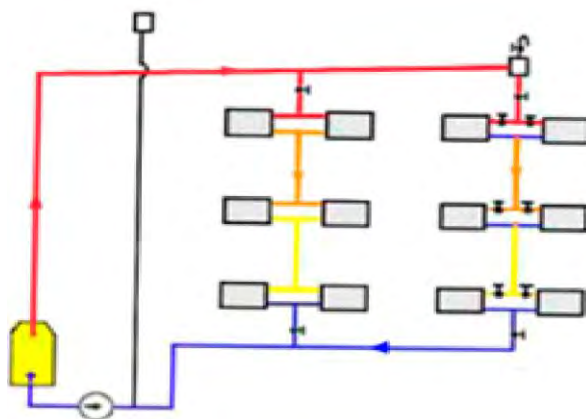


Рис. 1.1. Схема однотрубної вертикальної системи опалення

					ПК-61.150000.000 ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Переваги: невелика витрата труб.

Недоліки: неможливість відключення окремих опалювальних приладів, і неможливість їх регулювання, перевитрата нагрівальних приладів, і великі тепловтрати теплоносія. Що має на увазі неможливість встановлення квартирних приладів обліку теплової енергії.

Двотрубна вертикальна система опалення

Якщо при однотрубній розводці теплоносій рухається по одному цілісному контуру через всі радіатори, то при двотрубній системі йде два стояка: з одного теплоносій надходить в радіатор, а з іншого виходить.

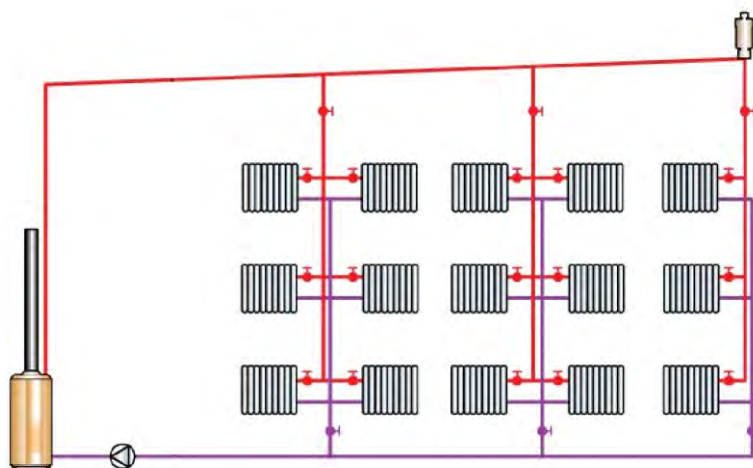


Рис. 1.2. Схема двотрубної вертикальної системи опалення

Переваги: порівняно ліпше регулювання системи опалення, відсутність перевитрати опалювальних приладів, можливість окремого відключення кожного опалювального приладу.

Недоліки: збільшується протяжність трубопроводів в порівнянні з однотрубною схемою, практична неможливість встановлення квартирних теплотічильників.

Горизонтальні однотрубні схеми

В даному випадку магістральний трубопровід йде через всі поверхи, де на кожному поверсі розташоване наше опалення, в яких через відводи від стояків кожне з приміщень на поверсі має своє власне підключення (по горизонтальних трубах розташованим в середині підлоги) до загальної системи опалення.

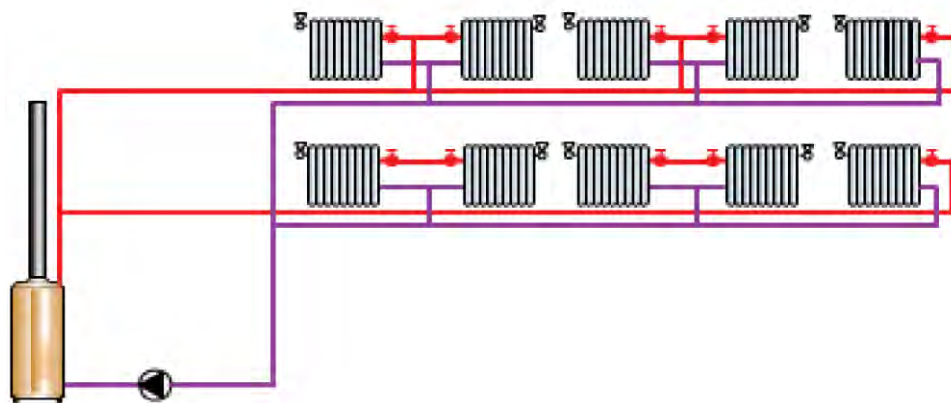


Рис. 1.3. Схема горизонтальної однотрубної системи

Двотрубна горизонтальна (поверхова) система опалення

У переважній більшості горизонтальна двотрубна система опалення з нижнім розведенням встановлюється в одно- або двоповерхових приватних будинках. Але, крім цього, вона також може застосовуватися для підключення до централізованого опалення.

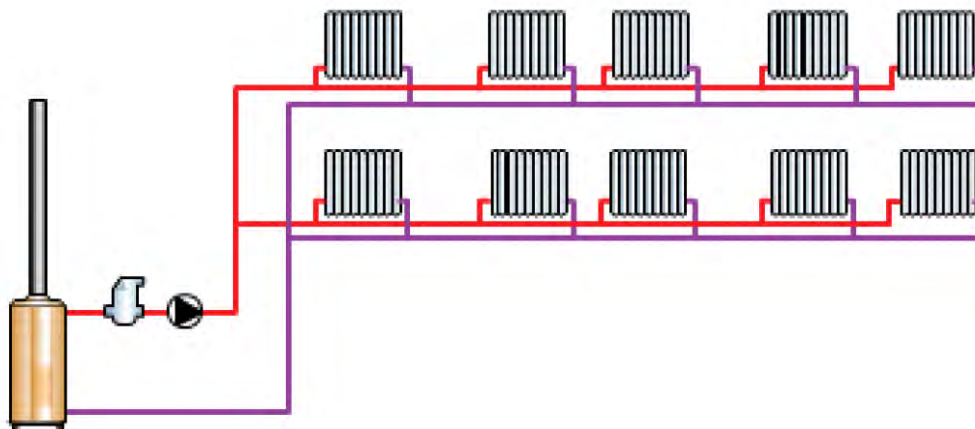


Рис. 1.4. Схема горизонтальної прокладки труб

					ПК-61.150000.000 ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Кожна квартира має своє власне введення системи опалення. Ніша опалення з магістральними стояками може бути розташована як в самій квартирі, так і в більшості випадків в коридорах загального користування (на поверсі розташування квартири) в залежності від проекту розводки внутрішньо будинкового опалення.

Кожен радіатор має обладнаний кранами Маєвського для спуску повітря і часто на кожному з поверхових відводів опалення встановлені автоматичні збірники повітря.

Дана схема розводки найбільш поширена в багатоповерхових житлових будинках через простоту виконання і цінової доступності для забудовників.

Крім цього, враховується гідравлічний опір на визначених ділянках магістралі. Це важливо, тому що горизонтальна розводка системи опалення буде ефективно працювати тільки при підтримці відповідного напору теплоносія.

Плюси: такі самі що й в двотрубній вертикальній системі, плюс до них відсутні стояки на кожному опалювальному приладі. Можливе поверхове відключення системи опалення кожного поверху та застосування радіаторів що мають нижнє підключення (підлога або плінтуси), дозволяє зменшити кількість відкритих труб, і нарешті в таких системах опалення можна використовувати квартирні теплотічильники.

Недоліки: необхідність застосування компенсаторів тиску при великій кількості поверхів в будинку, ускладнення експлуатації через потребу встановлення повітряних кранів на кожному з нагрівальних приладів.

1.2. Схеми підключення лічильників

Не варто забувати й про те, що теплотічильники можуть мати різні варіації підключення, давайте їх розглянемо:

					ПК-61.150000.000 ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- а) Схема з одно канальним лічильником тепла (Рис.1.2.1) комплектується обчислювачем, витратоміром і двома датчиками для вимірювання температури. Витратомір лічильника встановлюється у вхідний трубопровід, а датчики температури у подаючий та зворотний.

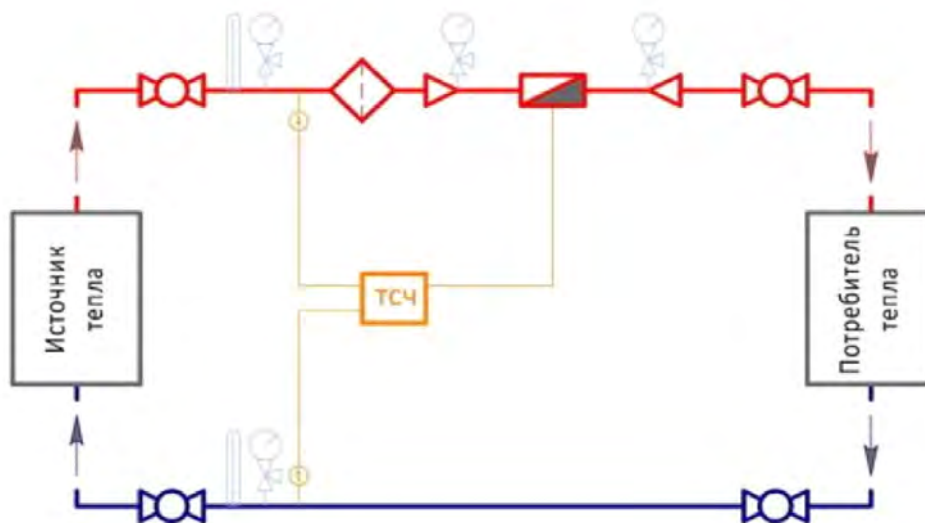


Рис. 1.5. Схема з одно канальним лічильником тепла

Це схема є найбільш поширеною для установки лічильника тепла, що застосовується для комерційного обліку в системах опалення житлових будинків та адміністративних будівель. Перевагою такої схеми підключення є мала комплектація лічильника і як наслідок - найнижча ціна. Недоліком схеми є відсутність можливості контролю витоків і несанкціонованого відбору теплоносія.

- б) Схема з одно канальним лічильником тепла і водоміром

До її складу входить обчислювач, два вимірювача витрат речовини та два датчиками температури. Датчики температури та датчики витрати встановлюються на подавальному та зворотному трубопроводах. (Рис.1.2.2.)

Ця схема позбавлена недоліку із першої схеми та дозволяє врахувати обсяг витоку теплоносія, але не враховує кількість тепла витраченого на підігрів витеклої води.

і зворотній трубопровід, а датчики температури в подаючий, зворотний і в трубопровід холодного водопостачання. (Рис.1.2.3.)

Затрачена кількість тепла визначається як різниця між кількістю тепла по першому каналу та кількістю тепла по другому каналу:

- 1й канал використовує дані про витрату за допомогою витратоміра, що встановлений на трубопроводі, який подає і різницю температур між датчиком, що встановлений в трубопроводі, який подає і в трубопроводі холодної води.
- 2й канал використовує дані про витрату з витратоміра, який встановлений на зворотному трубопроводі і різницю температур між датчиком, встановленим в зворотному трубопроводі і датчиком що знаходиться в трубопроводі холодної води.

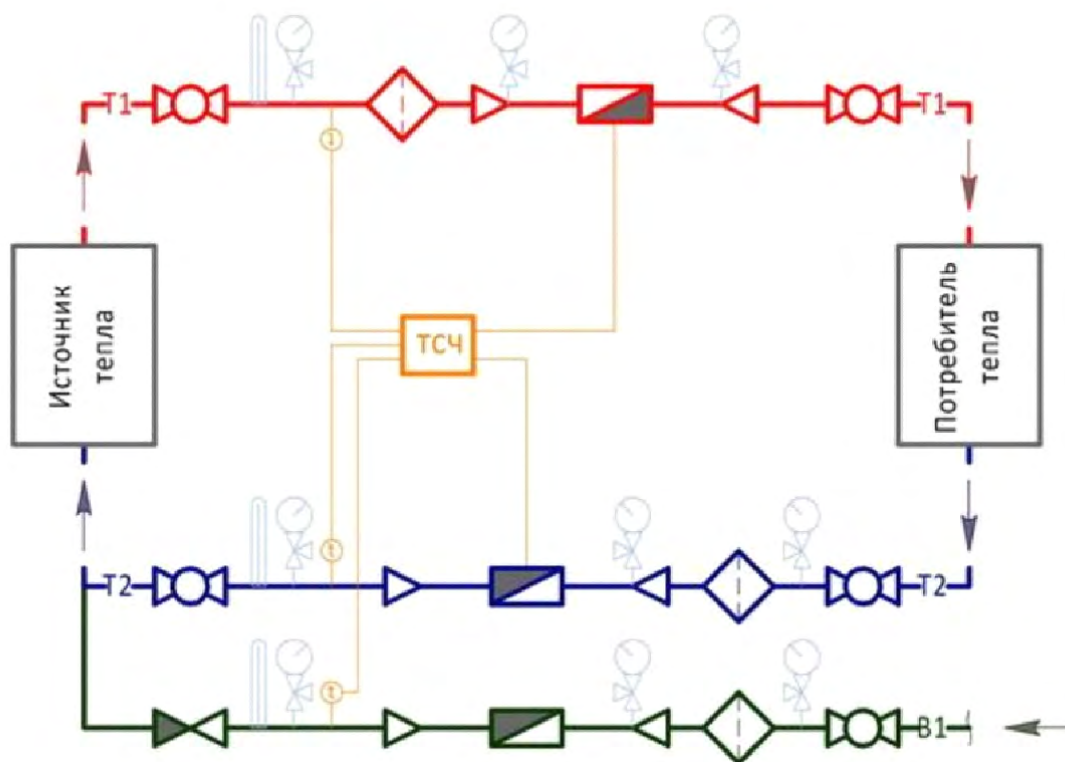


Рис. 1.7. Схема з двоканальним лічильником тепла

Ця схема підключення теплолічильника визначає випущене тепло з урахуванням тепла витраченого на підігрів підживлювальної води. Така схема

обліку вимагає установки водоміра на трубопроводі підживлення. При цьому водомір підживлення з лічильником тепла не з'єднується.[6]

1.3. Конструкції лічильників тепла

В залежності від принципу дії, прилади поділяються на механічні, УЗ, вихрові та електромагнітні. Розглянемо насамперед механічні та УЗ лічильники тепла, які найчастіше використовуються.

Вони обидва мають у своїй комплектації електронний обчислювальний блок та два датчика температури, але відрізняються витратомірами.

Якщо в механічному лічильнику тепла витратомір працює за рахунок крильчатки що обертається і таким чином обчислювач фіксує кількість її оборотів, то в ультразвуковому витрату теплоносія вимірюють два ультразвукових датчика, які поперемінно посилають імпульсний сигнал один одному.

1.3.1. Механічні лічильники тепла

До сучасних механічних лічильників, що сьогодні використовують для визначення кількості спожитої теплової енергії можна віднести наступні типи:

- а) 1.Турбінні
- б) Крильчасті

Принцип дії цих приладів заснований на перетворенні поступального руху потоку рідини в обертальний рух вимірювальної частини.

Якщо у першому елемент обертання – турбіна з віссю обертання паралельно потоку рідини, то у другому, елементом обертання є крильчатка з віссю перпендикулярної потоку.

Обчислювач лічильника тепла, за допомогою датчиків температури, вимірює температуру на вході і виході системи споживання тепла. Обчислювач також отримує з перетворювача витрати імпульс, який є

					ПК-61.150000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

функцією обсягу води, що проходить через нього. На основі отриманих даних, обчислюється кількість спожитої теплової енергії, враховуючи локалізацію перетворювача витрати - зворотній або подаючий трубопровід.

Характерною особливістю механічного теплолічильника є те, що якщо витратомір та теплообчислювач в нього нероздільний, то він може не вимагати джерела живлення.

1.3.2 Ультразвукові лічильники тепла

Представляє собою обчислювач підключений до джерела живлення, парою датчиків для вимірювання температури та ультразвуковий витратомір. Обчислювач може розміститися як на самому витратомірі, так і в тяжко доступному місці окремо від нього.

В ультразвукових лічильниках може бути використано декілька методів вимірювання:

- а) частотний;
- б) тимчасовий;
- в) доплерівській.

Принцип дії частотного методу полягає на вимірюванні різниці частот повторення коротких УЗ імпульсів ультразвукових коливань, що направляються одночасно як по потоку так і проти нього. Виміряна різниця частота є пропорційною швидкості потоку. [7]

Тимчасовий метод вимірювання заснований на випромінюванні у акустичний канал витратоміра, який розташований під кутом до вектора швидкості потоку рідини ультразвукових сигналів у прямому та зворотньому напрямку потоку. Виміряна різниця часу проходження сигналів визначається швидкістю потоку рідини. Цей метод вимірювання набув найбільшого поширення.

Доплерівський метод вимірювань заснований на ефекті Доплера і є різновидом частотного методу. Ефект Доплера – це явище зміни частоти

					ПК-61.150000.000 ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

хвилі, яку реєструє приймач, обумовлене переміщенням джерела і/або приймача. [1, С.42] Швидкість визначається по різниці частот між ультразвуковим сигналом, яким зондується потік рідини, і сигналом, який формується за рахунок відбиття від твердих або газоподібних частинок, які рухаються разом з рідиною.

1.4. Опис існуючих приладів

На сьогоднішній день є безліч різноманітних фірм-виробників з різних країн світу, що виробляють лічильники теплової енергії. Найпростіше знайти лічильники з ультразвуковим та механічним принципом дії, що мають найрізноманітніші призначення.

Якщо говорити про ультразвукові витратоміри, то найбільш надійними є лічильники фірми «SHARKY» та «INVONIC». Якщо механічні, то це «Apaton» який в Україні посідає чи не найпершу позицію продаж. Візьмемо моделі що користуються найбільшим попитом серед покупців, всі вони мають свої характерні особливості в комплектації, принципу дії та характеристикам.

1.4.1. Механічний лічильник SUPERCAL 531

Призначення і область застосування

Механічний лічильник призначений для визначення кількості теплоти / холоду, індикації, зберігання та видачі інформації про параметри теплоносія і кількості спожитої теплової енергії. Також він може використовуватися для комерційного обліку теплової енергії / енергії холоду, споживаної промисловими підприємствами, житловими кварталами, окремими будівлями і приміщеннями житлового, соціально-побутового та іншого призначення.

Лічильник може використовуватися для вимірювання теплової енергії, енергії холоду або комбінований - тепло / холод.

					ПК-61.150000.000 ПЗ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Лічильники SUPERCAL 739 не призначені для використання в потенційно вибухонебезпечному середовищі.

Лічильник складається з механічного витратоміра, обчислювача і пари датчиків температури(Рис.1.14).



Рис. 1.8. Загальний вигляд лічильника тепла SUPERCAL 531

Умови експлуатації лічильника тепла

- Температура навколишнього повітря від $+ 5^{\circ} \text{C}$ до $+ 55^{\circ} \text{C}$
- температура навколишнього повітря під час складування: від 0°C до $+ 60^{\circ} \text{C}$,
- клас по відношенню до навколишнього середовища: А згідно EN 1434 з 1997 р
- відносна вологість при 25°C до 80%
- клас захисту корпусу IP 54

Елементи лічильника тепла

					ПК-61.150000.000 ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Лічильник тепла SUPERCAL 739 складається з: електронного обчислювача теплової енергії (мікропроцесорне обчислювальний пристрій) з'єднаного дротом з механічним перетворювачем витрати, а також пари термоперетворювачів опору, приєднаних до обчислювача.

У стандартній версії лічильник тепла оснащений інтерфейсом ОРТО, згідно з нормою EN 1434. Це з'єднання може використовуватися для читання даних з лічильника тепла.

За бажанням клієнта лічильник тепла може бути укомплектований:

- кран кульовий, який є одночасно корпусом імерсійного датчика температури або захисна гільза (1 шт.);
- комплект приєднувальних штуцерів.

Датчики температури

Пара датчиків Pt 1000 (Рис. 1.10) фабрично підключена до тепло лічильника і є єдиним цілим. При монтажі лічильника тепла на трубопроводі, що подає, датчик температури з червоною етикеткою монтується в корпус витратоміра, при монтажі на зворотному трубопроводі - датчик температури з синьою етикеткою в корпусі. Другий датчик монтується відповідно на протилежному трубопроводі в кульовий кран або захисну гільзу.

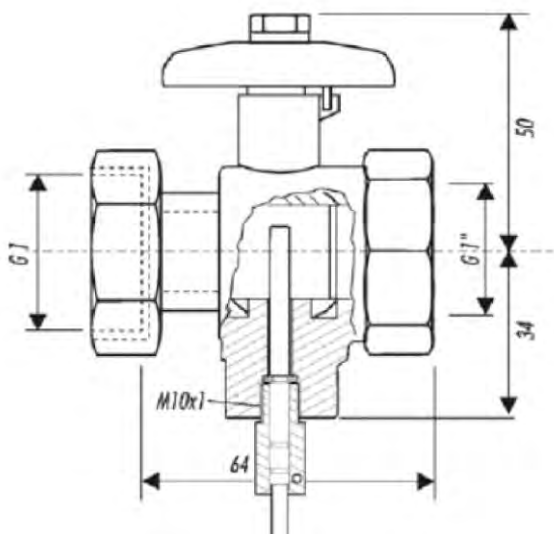


Рис. 1.9. Pt 1000 вбудований в витратомір



Рис. 1.10. Датчик температури Pt 1000

Теплолічильник

Пристрій має цифровий LCD дисплей на 8 цифр, з можливістю повороту на 360 градусів.

Обчислювач можна від'єднати від витратоміра і змонтувати окремо. Довжина кабелю між обчислювачем і витратоміром 0.6 м. Корпус обчислювача має ступінь захисту IP 65.

Таблиця 1. Технічні характеристики лічильника

Датчики температури	Pt 1000		
Діаметр датчиків, мм	5	5,2	6
Довжина проводу, м	1,5		
Межа вимірювання різниці температур	Від 3 до 75 К		
Допустима межа вимірювання	Від 0 до 110 °С		
Цикл виміру, с	10		
Діапазон робочих температур теплоносія	Від 5 до 90 °С		
Допустима межа робочої температури	Від 5 до 55°С		
Живлення	Літєвий елемент живлення 3В		
Клас точності	3 згідно EN 1434		

1.4.2. Ультразвуковий лічильник SHARKY 775

Призначення і область застосування

Тепло лічильник SHARKY775 (Рис.1.11) призначений для вимірювання спожитої кількості теплоти в системах опалення або кондиціонування, об'єму витрати теплоносія, що протікає в подавальному або зворотному

					ПК-61.150000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

трубопроводах, температури теплоносія що протікає в подавальному та зворотному трубопроводах та значення різниці цих температур, теплової потужності, індикації вимірних величин, часу напрацювання, а також поточної дати та часу, і деякої службової інформації.

Теплолічильники застосовуються для обліку теплоти в системах теплопостачання або кондиціонування, відповідно до діючих правил обліку споживання теплоти на об'єктах комунального господарства та промислових підприємствах.



Рис. 1.11. Загальний вигляд лічильника тепла SHARKY 775

Принцип дії теплолічильника

Принцип його дії заснований на перетворенні обчислювачем сигналів, що надходять від перетворювача витрати і підібраної пари термоперетворювачів опору, в інформацію про вимірюванні параметри теплоносія з наступним обчисленням, на підставі відомих залежностей, кількості теплоти, об'єму теплоносія та інших параметрів.

Обчислення кількості теплоти здійснюється за формулою:

- при установці перетворювача витрати в трубопроводі, що подає:

$$Q_p = V_{\Pi} * \Delta t * k$$

- при установці перетворювача витрати в зворотному трубопроводі:

$$Q_p = V_0 * \Delta t * k$$

					ПК-61.150000.000 ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де V_p , V_o – це об'єм теплоносія, що протік по подаючому або зворотному трубопроводу відповідно;

Δt - різниця температур теплоносія в подавальному та зворотному трубопроводах

Склад теплолічильника

До складу теплолічильників входять:

- обчислювач;
- перетворювач витрати ультразвукової;
- підібрана пара термоперетворювачів опору.

SHARKY 775 є достатньо компактним, при цьому обчислювач може монтуватися безпосередньо як на перетворювачі витрати так і окремо.

За окремим замовленням, до складу теплолічильників можуть входити до двох додаткових лічильників холодної або гарячої води.

Також може мати три витратоміра що мають різну будову.

Технічні характеристики

- Діапазон вимірювань температури теплоносія в подавальному та зворотному трубопроводах - від 5 до 130 ° C
- Діапазон різниці температур теплоносія в подавальному та зворотному трубопроводах - від 3 до 147 ° C.
- Підключення перетворювача витрати до трубопроводу - різьбове або фланцеве.
- Підключення термоперетворювачів температури до обчислювача - двопровідне.
- Теплолічильник вимірює фізичні величини в наступних одиницях:
- кількість теплоти - гікалоріях, гігаджоуль, мегаджоулях, кіловат-годину, мегават годин;
- різниця температур - в градусах Цельсія;

					ПК-61.150000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

- температуру - в градусах Цельсія;
- обсяг теплоносія - в метрах кубічних.
- Живлення теплотічильників здійснюється від одного з джерел електроживлення:
- літієва батарейка з номінальною напругою 3,6 В (тип А / тип D);
- мережі змінного струму номінальною напругою 220 В або 24 В, номінальною частотою 50 Гц.
- Тривалість роботи літієвої батарейки - до 12 років;
- В теплотічильнику передбачена реєстрація даних - до 428 записів. При підключенні GPRS модему, формування архіву відбувається на сервері.
- Ступінь захисту корпусу - IP 54 по ГОСТ 14254-96.
- Термін експлуатації приладу - 12 років
- температура навколишнього повітря від 5 до 55° С
- відносна вологість при температурі 25 ° С може сягати до 93%

Таблиця 2. Метрологічні характеристики

Найменування параметрів	Межа допустимої похибки
Клас точності лічильника по EN 1434	Відповідає 2-му класу
Теплова енергія (ГДж; Гкал)	$\pm 4\%$ – при $3\text{ }^{\circ}\text{C} \leq \Delta t < 10\text{ }^{\circ}\text{C}$
	$\pm 3\%$ – при $10\text{ }^{\circ}\text{C} \leq \Delta t < 20\text{ }^{\circ}\text{C}$
	$\pm 2\%$ – при $20\text{ }^{\circ}\text{C} \leq \Delta t < 145\text{ }^{\circ}\text{C}$
Межі відносної похибки теплотічильників при вимірюванні об'єму (об'ємної витрати) теплоносія	Не більше 5 %
Межі абсолютної похибки обчислювача при вимірюванні часу напрацювання	приблизно хв. За 24 год.

1.5. Обґрунтування вибору приладу та доцільність його використання

Зі збільшенням витрат на енергію та акцентом на зменшенні енергоспоживання, необхідне точне та надійне вимірювання всіх комунальних послуг для вимірювання та управління витратами енергії.

Це дозволить не тільки менше платити за тепло, але й дозволить зробити комфорт в квартирі та унеможливити себе від прикрих випадків.

Тому дуже важливо підібрати саме такий лічильник теплової енергії який від якого буде максимальна користь та надійність за доступною ціною.

Лічильник тепла - це комплекс пристроїв, призначений для обліку споживання тепла системою опалення. Цей комплекс може складатися з трьох, чотирьох або навіть з 5-ти елементів.

Мінімальна комплектація теплотлічильника - це обчислювач, витратомір і датчики температури. Цей варіант комплектації найбільш популярний, адже тут є все необхідне для розрахунку та контролю і за рахунок невеликої кількості компонентів він має доступну ціну, особливо якщо брати до уваги квартиру чи будинок.

Але також можна зробити досить велику комплектацію в якій буде:

- обчислювач
- витратомір
- датчики температури
- фільтр води
- датчики надлишкового тиску

Фільтри води перед витратоміром ставлять для того, щоб розм'якшити та відібрати бруд перед його проходженням у сам витратомір. Особливо часто їх застосовують у механічних лічильниках, де для вимірювання кількості води

					ПК-61.150000.000 ПЗ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

використовують обертаючу крильчатку яка може руйнуватись під впливом сміття що призведе до скорого руйнування теплолічильника.

Також достатньо часто встановлюють датчик тиску для його регулювання, щоб забезпечити надійність системи та безпеку людей. Особливо це важливо для тих, хто живе в багатоповерховому будинку.

Про всі ці елементи потрібно поговорити більш детально, перед тим як вибирати лічильник який підійде власне для нашого використання.

1.5.1. Теплообчислювач

Обчислювач - це мозок лічильника тепла. Саме він обробляє та видає інформацію про кількість теплової енергії на основі вхідних даних про розхід, температуру та тиск теплоносія. Як правило, працює в складі комплексного засоби вимірювання (лічильника теплової енергії) в системах опалення, холодного і гарячого водопостачання.

Принцип роботи теплолічильника ґрунтується на тому, що він отримує на вході сигнали датчиків (тепла, тиску), які реєструють обсяг минулого по трубопроводу теплоносія, його температуру та тиск і розраховує облікові параметри витрат ресурсів за годину, добу і наростаючим підсумком. На основі зібраних свідчень обчислює кількість спожитої теплоти, води, час роботи, фіксує різного роду нештатні ситуації.

					ПК-61.150000.000 ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рис. 1.12. Теплообчислювач ТВ7

Також він може зберігати в собі інформацію іноді до декількох років, це зроблено для того, щоб можна було через деякий час переглянути отримані в нього дані, та знайти в який момент що сама і коли пішло не так, щоб позбутися проблеми. Зберігати інформацію у власний архів він може від години до пів року. В Україні досить часто інформацію просто дивляться самі власники квартир або працівники ЖЕКу через дисплей. Але в нього також є можливість підключення модулів зв'язку, які можуть передавати зібрані дані до різноманітних пристроїв таких як:

- комп'ютер - для візуалізації, діагностики та аналізу результатів вимірювань;
- принтер - для друку звітів;
- накопичувальний пульт (НП-4, УС-Н2 - для перенесення результатів вимірювань та діагностики на комп'ютер);
- модем - для дистанційної передачі даних на комп'ютер.

Це допоможе дуже сильно облегшити контроль теплоенергії в будинку та дозволить контролювати її навіть будучи десь в іншому місці за допомогою інформації що може поступати на сервер чи в інтернет.

					ПК-61.150000.000 ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Промислові обчислювачі можуть мати автономне або зовнішнє живлення. А застосовувані в складі квартирних лічильників тепла обладнуються батареєю, термін служби якої становить не менше ніж 5 років.

1.5.2. Витратомір

Але головним елементом усієї системи є витратомір. Він виконує головну функцію в лічильнику, а саме: вимірювання кількості теплоносія (об'єм або масу), що проходить с подаючого трубопроводу у приміщення яке нагрівається через нього.

Коли мова йде про види теплोलічильників, саме про витратомір лічильника теплової енергії йде мова, саме про його різновидність.

Тобто, коли говорять про те, що теплोलічильник є механічним, то це означає, що він використовує для розрахунків механічний витратомір.

В залежності від принципу дії, вони поділяються на механічні, вихрові, УЗ та електромагнітні. Ключовою відмінністю цих теплोलічильників є їх спосіб вимірювання об'єму теплоносія.

а) Вихровий витратомір

У вихрових витратомірів витрата залежить від частоти коливання тиску. Коливання тиску виникають в потоці в процесі вихроутворення, коливанням струменя або після перешкоди певної форми, встановленого навмисно в трубопроводі для спеціального закручування потоку.

					ПК-61.150000.000 ПЗ	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рис. 1.13. Вихровий витратомір фірми EMERSON

Сфери застосування таких витратомірів:

- хімічна
- поглинання тепла
- нафта та газ
- водопостачання та водовідведення
- нафтохімічна
- харчові продукти та напої
- молочні заводи
- пивоварні заводи
- електростанції
- повітря
- виробництво безалкогольних напоїв
- обігрів
- охолодження

					ПК-61.150000.000 ПЗ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

За типом первинних перетворювачів вихрові витратоміри можна розділити на такі три групи:

- Витратоміри, у яких первинним перетворювачем витрати є нерухоме тіло. У них, після обтікання нерухомого тіла по обидва боки, по черзі виникають зривні вихори, що створюють вібрацію.
- Витратоміри, в первинному перетворювачі якого потік закручується і, потрапляє в розширену частину труби, приймаючи лійкоподібну форму створює пульсації тиску.
- Витратоміри, у яких в якості первинного перетворювача виступає струмінь. Пульсації тиску в цьому випадку створюються автоколиваннями струменя, при витіканні його з отвору.

Принцип роботи такого витратоміра ґрунтується на тому, що потік рідини або газу намагається обігнути тіло, що встановлене у витратомірі і в результаті руху змінює напрямок обтікаючих струменів та збільшує швидкість, зменшуючи при цьому тиск. (Рис.1.14). Після проходження перешкоди за мидалевим перетином, відбувається зменшення швидкості і збільшення тиску.

Таким чином, на передній частині обтікаючого тіла спостерігається підвищений тиск, а на задній частині - знижений тиск. Пройшовши миделевий перетин, прикордонний шар потоку відривається від тіла і під дією перепаду тиску (з високого в низький), утвореного за тілом, змінює напрямок свого руху, створюючи завихрення.

					ПК-61.150000.000 ПЗ	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

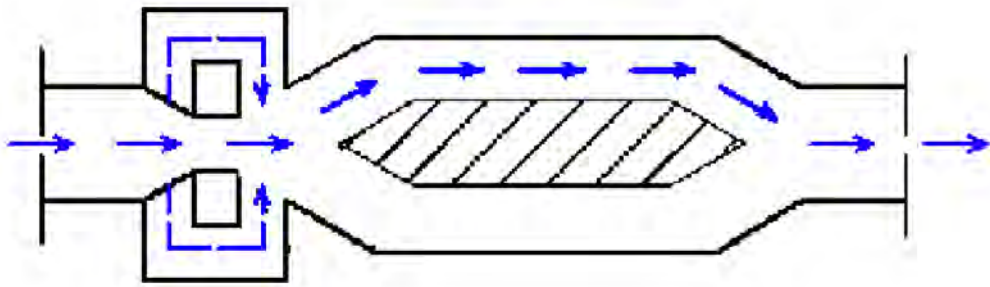


Рис. 1.14. Приклад роботи вихрового витратоміра

До переваг вихрових витратомірів слід віднести:

- Порівняльна простоту вимірювальної схеми;
- Простоту і надійність перетворювача витрати;
- Відсутність рухомих частин;
- Стабільність показань;
- Великий діапазон вимірювань;
- Досить високу точність вимірювання;
- Лінійний вимірювальний сигнал;
- Незалежність показань від тиску і температури;
- Можливість отримань універсального градуювання.

Недоліки вихрових витратомірів:

- Виготовляються для труб що мають діаметр від 25 до 150-300 мм (застосування в трубах більшого діаметру важко, а в трубах меншого діаметру - вихроутворення нерегулярне);
- Неможливе використання при малих швидкостях потоку (важко вимірювати сигнали з маленькою частотою коливань);
- Значна втрата тиску (може досягти 50 кПа);

У разі, якщо ми замінимо провідник, з наведеного прикладу, електропровідний рідиною, що протікає по трубі між двома полюсами магніту і виміряємо ЕРС, що виникла в рідині за законом Фарадея, то отримаємо принципову схему електромагнітного витратоміра. Таку схему запропонував ще сам Фарадей. З тих пір, в цій схемі мало що змінилося.

У розташований між полюсами магніту ділянку труби, виготовлений з матеріалу, який не піддається намагнічуванню (наприклад, нержавіюча сталь або пластик), зсередини покритий ізоляцією що не проводять електричний струм, встановлюють два електроди перпендикулярно щодо потоку середовища. На цих електродах обчислюється різниця потенціалів, яка має пряму залежність з об'ємною витратою.

Розглянемо переваги електромагнітних витратомірів, яких у них набагато більше, ніж недоліків:

- Відсутність втрати тиску потоком в витратомірі,
- Висока точність показань витрати, яка не залежить від температури, в'язкості і щільності, а також інших фізичних параметрів вимірюваного речовини,
- Величезний діапазон (від мінімальних до дуже великих) діаметрів труб, з якими можлива робота електромагнітного витратоміра,
- Швидкодія, завдяки якому досягається майже миттєва динаміка вимірювань показань витрати,
- лінійність шкали, що означає однакову точність показань при будь-якому рівні витрат.
- Потрібно мінімальний ділянку прямих труб до і після витратоміра,
- Можливість для використання навіть з агресивними, в'язкими рідинами, що містять абразиви.

					ПК-61.150000.000 ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Особливою перевагою електромагнітного витратоміра є те, що свідчення такого витратоміра в асиметричному потоці і однаковій витраті будуть однаковими і при ламінарному і при турбулентному русі.

Недолік електромагнітного витратоміра - це неможливість використання для вимірювання витрати рідин, що не проводять електричний струм (різні діелектрики, наприклад, дистильована вода), газів і водяної пари. Таким чином, застосування електромагнітних витратомірів можливо, в разі, якщо питома електрична провідність рідини більше 10^{-3} см / м. Під цю умову потрапляють, наприклад, будь-яка вода, крім дистильованої, різні соки, сиропи, розчини, стічні води і навіть кислоти і луги.

в) Ультразвукові витратоміри

Ультразвуковий витратомір (Рис.1.16) - прямим призначенням цього пристрою є вимірювання акустичних ефектів, які виникають при русі речовини, витрату якої необхідно виміряти. Якщо необхідний чіткий контроль і облік таких показників, як витрата холодної чи гарячої води, газу або відходів, або обсяг подачі різних нафтопродуктів, то кращим варіантом буде взяти ультразвукові витратоміри, що допоможуть швидко і просто контролювати дані параметри.

					ПК-61.150000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32



Рис. 1.16. Ультразвукові витратоміри

УЗ витратоміри частіше всього використовуються для вимірювання об'ємної витрати, тому що ефекти, які виникають при проходженні акустичних коливань через потік рідини або газу, пов'язані зі швидкістю теплоносія. Але у випадку додавання акустичного перетворювача, який реагує на щільність вимірюваної речовини, можна здійснити вимір масової витрати. Похибка ультразвукових витратомірів зазвичай сягає від 0,1 до 2,5%, але в середньому це буває 0,5-1%. Але значно частіше ультразвукові витратоміри застосовуються для вимірювання витрати саме рідини, а не газу, внаслідок його малого акустичного опору та труднощі отримання в ньому інтенсивних звукових коливань. УЗ витратоміри призначені для труб майже будь-якого діаметру, починаючи від 10 мм та більше.

г) Механічний витратомір

Принцип роботи такого витратоміра складає в тому, що поступальний рух рідини викликає обертання деталей приладу обліку. Інформація про обертання надходить для розрахунку показника витрати тепла.

Механічні або тахометричні лічильники тепла мають кілька класів, але для установки всередині будівель використовуються прилади турбінного і крильчатого типу. У перших елемент обертання - турбіна з віссю обертання паралельно руху потоку. У других елементом обертання служить крильчатка з віссю, перпендикулярної потоку.

Отже, було б непогано мати теплообчислювач що знаходиться окремо від витратоміра, щоб не потрібно було кудись лізти за значеннями якщо витратомір буде встановлений у незручному місці та це буде необхідно. Ще б хотілося, що б у нього була можливість працювати від акумулятора чи батарейки у разі виключення світла та можливість посилати зібранні данні на сервер.

Також не варто забувати, що електромагнітні та вихрові витратоміри випускаються діаметром лише від 20 мм і більше. Хотілося б мали можливість, установити його у квартирі, де діаметр труби для тих же 40 кв.м. становить 15 мм. Ультразвукові та механічні витратоміри виготовляються з діаметром 15 мм і більше, а тому це найбажаніший вибір.

Виходячи із цих побажань найбільш цікавими для нас є механічні та ультразвукові лічильники тепла, давайте порівняємо їх та виберемо той, що нас влаштує.

					ПК-61.150000.000 ПЗ	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Порівняльна характеристика механічного та ультразвукового лічильника теплової енергії

Механічний лічильник тепла складається з електронного обчислювача, двох датчиків температури і механічного витратоміра з імпульсним виходом(Рис.1.18). Вимірювання витрати лічильником тепла з механічним датчиком витрати, аналогічно вимірювання витрати звичайним квартирним водоміром. Проходить потік води обертає крильчатку, а обчислювач фіксує кількість її оборотів.

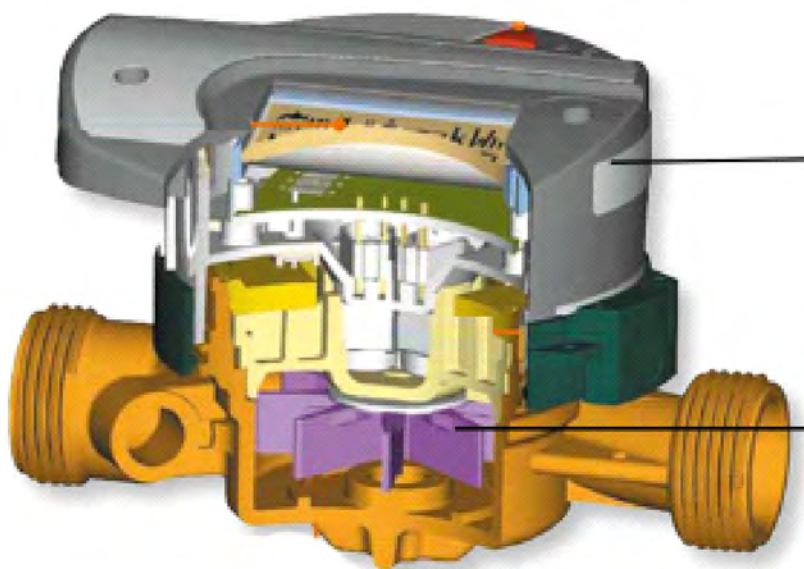


Рис.1.18. Конструкція механічного теплотлічильника

Наявність рухомий крильчатки в проточній частині механічного лічильника тепла підвищує чутливість до якості теплоносія, тим самим знижуючи його надійність.

Низька якість теплоносія в системі опалення може призвести до обростання крильчатки відкладенням, що призведе до руйнування механічного теплотлічильника.

Вихід приладу обліку з ладу через блокування крильчатки відкладенням, - не є гарантійним випадком, а вартість ремонту механічного лічильника тепла з пошкодженої крильчаткою порівнянна з вартістю нового приладу.

Ще одна особливість всіх механічних теплолічильників - це нероз'ємне з'єднання обчислювача з датчиком витрати, що може утруднити знімання показань, особливо якщо лічильник встановлений нижче ніж 0,5 метра від рівня підлоги.

За додатковим замовленням, лічильник може поставлятися з вбудованим модулем M-Bus для підключення в мережу автоматичного збору даних. Але якщо модуль M-Bus ні встановлено виробником, додаткова комплектація їм на встановлений лічильник тепла - неможлива.

Плюси:

- Дешевше ультразвукового
- Захищений від впливу магнітних полів
- Гарантія 4 роки

Мінуси:

- Як і всі механічні лічильники має рухливу крильчатку, тому більш чутливий до якості води
- Мінімальна витрата для будь-якого механічного теплолічильника 24 літри на годину в деяких випадках навіть при такому витраті в квартирі жарко, але знизити його ви не можете так як при зниженні вам нарахують по тарифу без лічильника.
- Незнімний обчислювач, не завжди зручно знімати показання
- Не враховує час простою (опалення не можна повністю перекрити навіть якщо вам жарко)

					ПК-61.150000.000 ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Ультразвуковий лічильник тепла складається з електронного обчислювального блоку, двох датчиків температури і ультразвукового витратоміра з імпульсним виходом (Рис.1.19).

У проточної частини ультразвукового теплотлічильника відсутні рухливі елементи схильні до механічного зносу, а витрата теплоносія вимірюють два ультразвукових датчика. Один датчик посилає імпульс, а другий приймає його, так як час проходження ультразвуку в рухомому і нерухомому потоках відрізняються, засікаючи час обчислювач визначає витрата теплоносія.

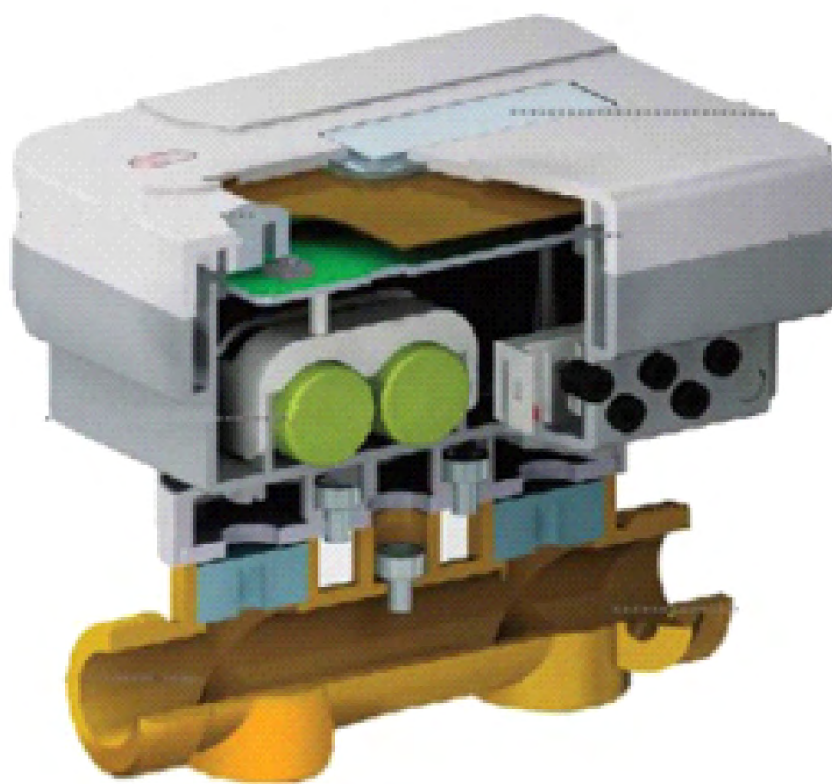


Рис.1.19. Конструкція ультразвукового теплотлічильника

До переваг ультразвукових лічильників тепла можна віднести нечутливість до якості теплоносія, наявність знімного обчислювача і значно більшу надійність через відсутність зношуються елементів.

Крім того, ультразвуковий лічильник тепла в будь-який час може бути доукомплектований модулем M-Bus для підключення в мережу автоматичного збору даних.

Плюси:

- Чи не чутливий до якості води так як в проточній частині не знайдені рухливі елементи схильні до зносу
- Мінімальна витрата води через лічильник 6 літрів на годину, дозволяє налаштувати режим з максимальною економією
- Опалення можна повністю перекрити якщо це не суперечить правилам теплопостачальної організації
- Знімний обчислювач (вам не доведеться повзати на колінах для зняття показань)
- Випускається з найбільшою варіацією діаметру, від 15 до 2000 мм.

Мінуси:

- Більш висока ціна
- Необхідність встановити фільтр, якщо якість води не вселяє довіру

Також на вибір тепло лічильника може впливати навіть одиниці вимірювання. Залежно від лічильника теплової енергії, кількість теплоти може вимірюватися в:

- а) У гікалорію (Гкал \ ч).
- б) У кіловат-годинах (кВт \ год)

Навіть тип конструкції також розглядається, вона може бути :

- Модульною, де всі елементи тепло лічильника мають свою роздільну конструкцію.
- Єдина конструкція-в ній всі елементи знаходяться в одному приладі

Також потрібно звертати увагу на якість води при підборі, адже наприклад якщо вода дуже брудна та жорстка, ультразвуковий витратомір не бажано використовувати, адже він буде псуватися і точність буде дуже маленькою. Звичайно можна поставити фільтри, що роблять достатньо часто, але можна використати й механічний витратомір і позбутися цього.

					ПК-61.150000.000 ПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Важливим фактором є також і підключення теплолічильника до живлення.

В залежності від місця знаходження та умов експлуатації теплолічильника можна вибрати тип живлення який необхідний. Живлення буває:

- Мережеве- живиться напругу від мережі в 220В
- Незалежне- зазвичай це батарейки або акумулятори
- Комбіноване- спочатку живиться від мережі і в якості необхідності продовжує жити від батареї.

Виходячи із всіх цих параметрів та нюансів, що були зазначені вище, я вирішив використовувати ультразвуковий лічильник тепла польського походження INVONIC H (Рис.1.20).

INVONIC H - це сучасний і точний ультразвуковий теплолічильник, в якому використовується ультразвуковий перетворювач витрати, що гарантує високу точність вимірювання протягом тривалого періоду експлуатації, незалежно від монтажного положення. INVONIC H - ультразвуковий теплолічильник що має модульну конструкцію, завдяки якій в будь-який момент можна розширити його функціональність шляхом установки модуля зв'язку, зміни варіанту електроживлення, застосування інших датчиків температури.



Рис.1.20. Зовнішній вигляд INVONIC H

									Арк.
									40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

ПК-61.150000.000 ПЗ

Область застосування

INVONIC H - це ультразвуковий теплотічильник, призначений для вимірювання споживання енергії в системах опалення та охолодження (опція) житлових, комерційних і промислових будівель. Застосований в приладі ультразвукової перетворювач витрати з латунним корпусом гарантує високу точність, динаміку і стабільність вимірювання незалежно від його монтажного положення (горизонтального / вертикального), а також забезпечує нечутливість приладу на вплив магнітного поля. Модулі зв'язку забезпечують віддалене зчитування інформації з лічильника, як по провідній (M-Bus, Modbus RTU, BACnet MS / TP, імпульсні виходи), так і по бездротовій мережі (Wireless M-Bus 868 МГц T1 OMS), завдяки чому ультразвукової теплотічильник INVONIC H може працювати з різними системами зчитування даних і автоматизації будівель.

Характеристики:

- Тип витратоміра – ультразвуковий
- Можливість роботи в системах, в яких робочим середовищем є вода або водні розчини
- Комбінований тип живлення
- Легкий для читання 8-позиційний дисплей з символами режиму роботи лічильника, керований за допомогою однієї кнопки
- Що повертається на 180 ° обчислювач з можливістю віддаленого монтажу (стандартна довжина кабелю 1,2 м)
- Вбудований реєстратор може зберігати без харчування дані за останні 36 місяців протягом 15 років
- Температура вимірюваного середовища 5 ... 130 ° C
- Вбудовані імпульсні виходи для передачі інформації про енергію і обсязі або два імпульсних входу для лічильників води
- Можливість установки модулів зв'язку без порушення тавра

					ПК-61.150000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

- Температура навколишнього середовища для електронного блоку 5 ... 55 ° С
- Приєднання до трубопроводу - різьбове
- Температура навколишнього середовища для датчиків -30 ... 55 ° С
- Максимальний тиск вимірюваного середовища (надлишкове) 1.6 МПа
- Похибка 5%
- Матеріал прохідній частині - латунь
- Матеріал корпусу - пластик
- Динамічний діапазон вимірювання витрати 1: 250
- Втрати тиску на витратомірі - 20 кПа
- Діапазон вимірювань температури 0 ... 180 ° С
- Діапазон вимірювань різниці температур 3 ... 150 ° С
- Глибина архіву часових даних - 31 доба
- Глибина архіву добових даних - 20 місяців
- Глибина архіву місячних записів - 120 місяців (10 років)
- Допустима вологість повітря – 93%
- Наявність 2-го класу точності

Живлення

- Живлення від мережі 230 В пер. струму, 24 В змінного / постійного струму або від батареї (термін служби батареї до 11 років)
- Встановлена батарея АА 3,6 В з низьким вмістом літію (0,7 г) забезпечує роботу лічильника, оснащеного тільки імпульсними виходами / входами протягом принаймні 11 років
- Щоб забезпечити декларовані мінімум 11 років роботи приладу при застосуванні комунікаційних модулів М-Bus / wM-Bus, в обчислювачі необхідно встановити додаткову батарею, а при використанні модуля Modbus або ВАСnet - модуль зовнішнього живлення

					ПК-61.150000.000 ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Прилад може харчуватися максимум від двох батарейок або однієї батареї і модуля харчування, для якого пропонується додатковий зовнішній блок живлення.



Рис. 1.21. Батарея



Рис. 1.22. Модуль живлення

Монтаж лічильника:

- Малі габаритні розміри і роздільна конструкція дають можливість установки вимірювального приладу в будь-яких умовах, а також забезпечують зручність зчитування показань з дисплея
- Модульна конструкція дозволяє здійснювати заміну або установку додаткового оснащення (модулів зв'язку) без порушення тавра
- Можливість вибору нарізного або фланцевого приєднання і різних довжин установки витратоміра спрощує застосування лічильника теплової енергії INVONIC H при модернізації існуючих мереж
- Можливість установки датчика температури безпосередньо в корпусі витратоміра (DN15-DN20)

Зв'язок:

- 8-позиційний РК-дисплей з символами режиму роботи лічильника, керований однією кнопкою

					ПК-61.150000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

- Вбудований оптичний інтерфейс для зчитування архівних даних і параметрування лічильника
- Модуль провідного зчитування M-Bus
- Модуль провідного зчитування Modbus RTU (потрібне живлення від мережі)
- Модуль провідного зчитування BACnet MS / TP (потрібне живлення від мережі)
- Зчитування показань по радіозв'язку можливо для обхідний (walk-by, drive-by) і стаціонарної системи
- Реалізований в приладі тестовий режим дозволяє провести повторну повірку лічильника на будь-якому перевірному стенді



Рис. 1.23. Змінні модулі зв'язку

Принцип роботи

Принцип вимірювання потоку заснований на методі ультразвукового вимірювання. Ультразвуковий сигнал передається поперемінно в будь-якому з двох напрямків вздовж вимірювальної частини. Величина потоку обчислюється з різниці часу переходу між ультразвуковими хвилями з ідентичною довжиною хвилі, що передається в правильному і протилежному напрямку.

Температуру робочого середовища вимірюють стандартними платиновими резистивними датчиками температури Pt500. Використовуються

					ПК-61.150000.000 ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

пари температурних датчиків з двопровідним методом підключення для вимірювання температур на проточних і зворотних трубопроводах.

У звичайному режимі вимірювання обсягу потоку здійснюється кожену 1 секунду, а вимірювання температури, обчислення енергетичної вартості та оновлення значень, що вказуються на LCD, робляться кожні 16 секунд.

Формули розрахунку енергії:

- Коли датчик витрати встановлений в подаючій трубі:

$$Q = V1 \times \rho1 \times (t1 - t2)$$

- Якщо датчик витрати в зворотному трубопроводі:

$$Q = V1 \times \rho2 \times (t1 - t2)$$

де:

Q - тепла енергія

V1 - об'єм води

$\rho1 / \rho2$ - щільність води при температурі подачі / температура повернення

t1 / t2 – температура теплоносія при подачі / поверненні

Калькулятор вимірювача забезпечує всі необхідні функції вимірювання та зберігає данні.

Висновок

В аналітичному огляді ми оглянули варіанти схем опалення та варіанти підключення лічильника де переконалися у тому, що важливо, щоб лічильник можна було встановити як у вертикальному, так і в горизонтальному положенні.

Також були розглянуті основні компоненти лічильника, його обчислювач та витратомір. До свого приладу було вирішено взяти електронний обчислювач з окремим розплодженням від витратоміра, для зручнішого використання. Розглянуті види витратомірів та принцип їх дії. Зробивши порівняння методів та розглянувши вже існуючі прилади, було вирішено використовувати ультразвуковий витратомір, так як він більш чіткий, не потребує додаткового очищення води (від цього великий термін експлуатації), має більше функцій у обчислювачі та ін.

									Арк.
									45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Розділ 2. Розрахунок електроакустичного тракту

Вхідні данні

Внутрішній діаметр труби:

$$D=22 \text{ мм}$$

Діаметр перетворювача:

$$d=16 \text{ мм}$$

Швидкість поширення ультразвуку в ЦТС-19:

$$C_{\text{ЦТС}} = 3.3 * 10^3 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Густина ЦТС-19:

$$\rho_{\text{ЦТС}} = 7.4 * 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

Швидкість поширення ультразвуку у воді:

$$C_{\text{води}} = 1.5 * 10^3 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Густина води:

$$\rho_{\text{води}} = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

Коефіцієнт загасання у воді:

$$\delta_{\text{води}} = 0.01$$

Робоча частота:

$$f=2 \text{ МГц}$$

2.1. Розрахунок акустичного тракту

Довжина хвилі що поширюється у повітрі при робочій частоті:

$$\lambda = \frac{C_{\text{вода}}}{f * 10^6} = 7.5 * 10^{-4} \text{ м}$$

Радіус перетворювача:

$$a = \frac{d}{2} = 8 * 10^{-3} \text{ м}$$

Товщина перетворювача:

$$b = \frac{C_{\text{ЦТС}}}{2 * f * 10^6} = 8.25 * 10^{-4} \text{ м}$$

Ближня зона:

$$r = \frac{a^2}{\lambda} = 0.085 \text{ м}$$

Дальня зона:

$$R=3*r=0.256 \text{ м}$$

					ПК-61.150000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

Так як діаметр труби 22 мм, то ми працюємо в ближній зоні.

Площа перетворювача:

$$S = \frac{d^2 * \pi}{4} = 2.011 * 10^{-4} \text{ м}$$

Акустичний імпеданс ЦТС:

$$z_{\text{ЦТС}} = C_{\text{ЦТС}} * \rho_{\text{ЦТС}} = 2.442 * 10^7$$

Акустичний імпеданс води:

$$z_{\text{вода}} = C_{\text{вода}} * \rho_{\text{вода}} = 1.5 * 10^6$$

Коефіцієнт проходження по інтенсивності:

$$T_1 = \frac{z_{\text{ЦТС}} * z_{\text{вода}}}{(z_{\text{ЦТС}} + z_{\text{вода}})^2} = 0.218$$

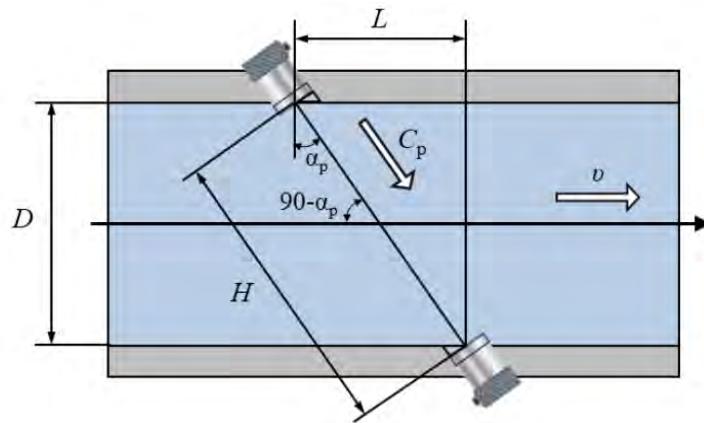


Рис. 2.1. Схема розміщення УЗ датчиків.

$$D=22 \text{ мм}$$

$$L=18 \text{ мм}$$

$$H = \sqrt{D^2 + L^2} = 28.425 \text{ мм}$$

Коефіцієнт акустичного тракту:

$$K_{\text{ат}} = 0.8 * T_1 * e^{-H * \delta_{\text{вода}}} = 0.131$$

					ПК-61.150000.000 ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.2. Розрахунок напруги збудження

Задаємося рівнем шумів:

$$U_{\text{ш}} = 10^{-4} \text{ В}$$

Прийнятий сигнал повинен бути вище рівня шуму в 20 дБ:

$$N_{\text{ш}} = 20$$

Задаємося коефіцієнтом подвійного перетворення:

$$K_{\text{пп}} = 0.1$$

Мінімальна напруга на приймачі:

$$U_{\text{пр}} = U_{\text{ш}} * 10^{\frac{N_{\text{ш}}}{20}} = 1 * 10^{-3} \text{ В}$$

Мінімальна напруга на випромінювачі:

$$U_{\text{вип}} = \frac{U_{\text{пр}}}{K_{\text{пп}} * K_{\text{ат}}} = 0.076 \text{ В}$$

Задаємося напругою на випромінювачі:

$$U_{\text{вип}} = 38 \text{ В}$$

Напруга на приймачі:

$$U_{\text{пр}} = U_{\text{вип}} * K_{\text{пп}} * K_{\text{ат}} = 0.499$$

Час проходження сигналу від випромінювача до приймача:

$$T_{\text{си}} = \frac{H}{C_{\text{вода}}} = 0.01 \text{ с}$$

Частота синхроімпульсів для генератора збудження:

$$F_{\text{си}} = \frac{1}{T_{\text{си}}} = 52.77 \text{ Гц}$$

Висновок

Був розрахований електроакустичний тракт ультразвукового приладу для контролю теплової енергії. Для роботи було вибрано ближню зону, був розрахований коефіцієнт акустичного тракту для подальшого розрахунку напруги збудження. Була розрахована напруга збудження яка буде перевищувати граничний рівень шумів, що дозволить нам виявляти сигнал при великих шумах.

					ПК-61.150000.000 ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розділ 3. Розрахунок електричного тракту

3.1. Розробка функціональної схеми приладу

Рис.3.1. демонструє функціональну схему приладу для контролю теплової енергії, де:

- 1 – генератор зондуючих імпульсів;
 - 2 – комутатор;
 - 3 - підсилювач;
 - 4 - смуговий фільтр;
 - 5 – АЦП;
 - 6 – пам'ять;
 - 7 – матрична клавіатура для введення та налаштувань даних (приладу);
 - 8 – мікроконтролер;
 - 9 – радіо модуль;
 - 10 – дисплей;
 - 11- датчик температури;
- VD1-VD2 – п'єзоелектричний перетворювач.

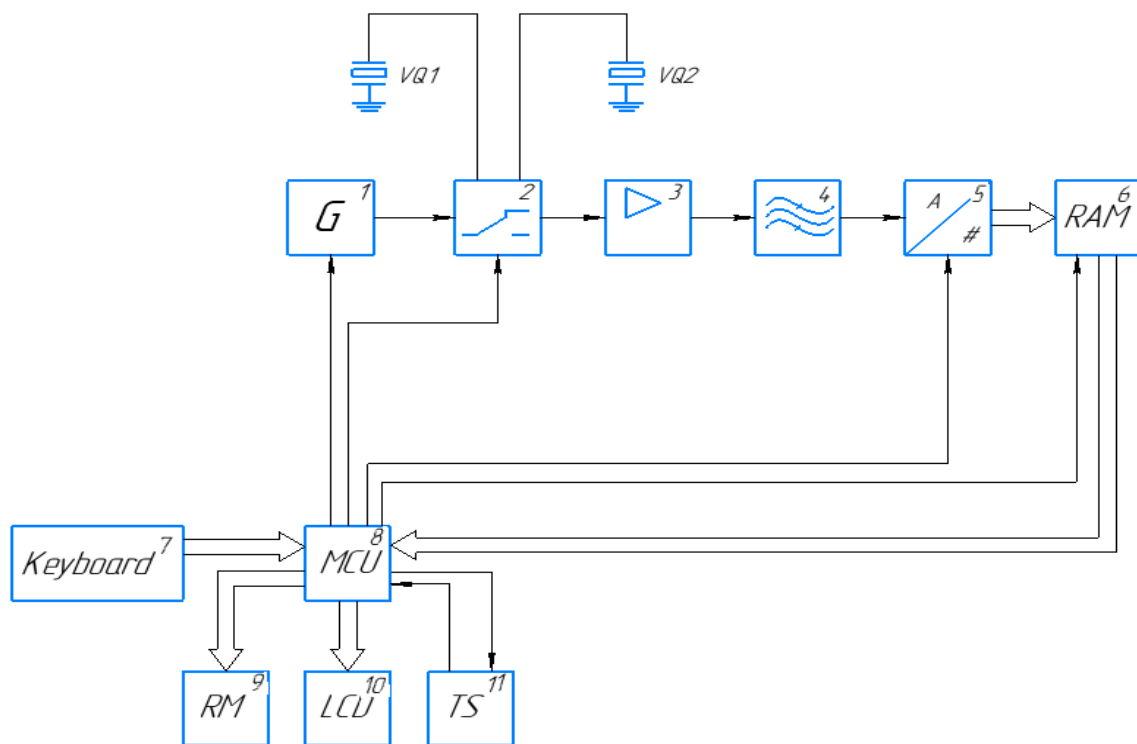


Рис.3.1. Функціональна схема

Алгоритм роботи пристрою:

Генератор(1) збуджує імпульси, які надходять до ПЕП через комутатор(2), що регулює порядок їх роботи (зондування та прийому почергово). Прийнятий сигнал після підсилювача(3) прямує на фільтр(4), що зменшує шуми. Відфільтрований сигнал відцифровується через АЦП(5) та тимчасово зберігається у пам'яті FIFO, щоб дати мікроконтролеру(8) час для опрацювання інформації. Мікроконтролер(8) дає команду комутатору(2) на зміну напрямку роботи перетворювачів, та повторюється процес підсилення, фільтрації, відцифровування та зберігання сигналу. Після того як мікроконтролер(8) отримав 2 сигнали, він вираховує затрачену кількість теплоносія. Також він отримує данні з датчиків температури(11) і вираховує кількість затраченої енергії виходячи із цих даних. За допомогою клавіатури у нас є можливість задати параметри теплоносія та налаштувати прилад. Отриману інформацію можна вивести на дисплей(10) або за допомогою радіо модуля(9) відправити дані на сервер, комп'ютер та інші пристрої.

3.2. Генератор збудження

Потрібен для генерування зондуючого імпульсу.

Напруженість максимально допустимого електричного поля для ЦТС-19:

$$E_{\max} = 3000 \frac{\text{В}}{\text{мм}}$$

Максимальна напруга що можна подати на ПЕП:

$$U_{\max} = 0.3 * b * E_{\max} * 10^3 = 742.5 \text{ В}$$

$$U_{\max} > U_{\text{вип}} = 1 \text{ Істина}$$

Опір транзистора в відкритому стані:

$$R_{\text{тр}} = 10 \text{ Ом}$$

Ємність ПЕП:

$$\epsilon_0 = 8.854 * 10^{-9} \text{ Ф} - \text{діелектрична постійна}$$

Діелектрична проникність матеріалу (для ЦТС-19):

$$\epsilon = 1400$$

					ПК-61.150000.000 ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахуємо коефіцієнт підсилення за умови значень резисторів:

$$R_1 = 10^3 \text{ Ом та } R_2 = 9 * 10^3 \text{ Ом}$$

$$K = 1 + \frac{R_2}{R_1} = 10$$

Отже, напруга на виході:

$$U = U_{\text{пер}} * K = 4.989 \text{ В}$$

Так як у нас робоча частота становить 2МГц, то по графіку (Рис. 3.3.) можна побачити, що максимальне допустиме підсилення 30дБ. Так як у нас воно 20дБ, то підсилювач підходить.

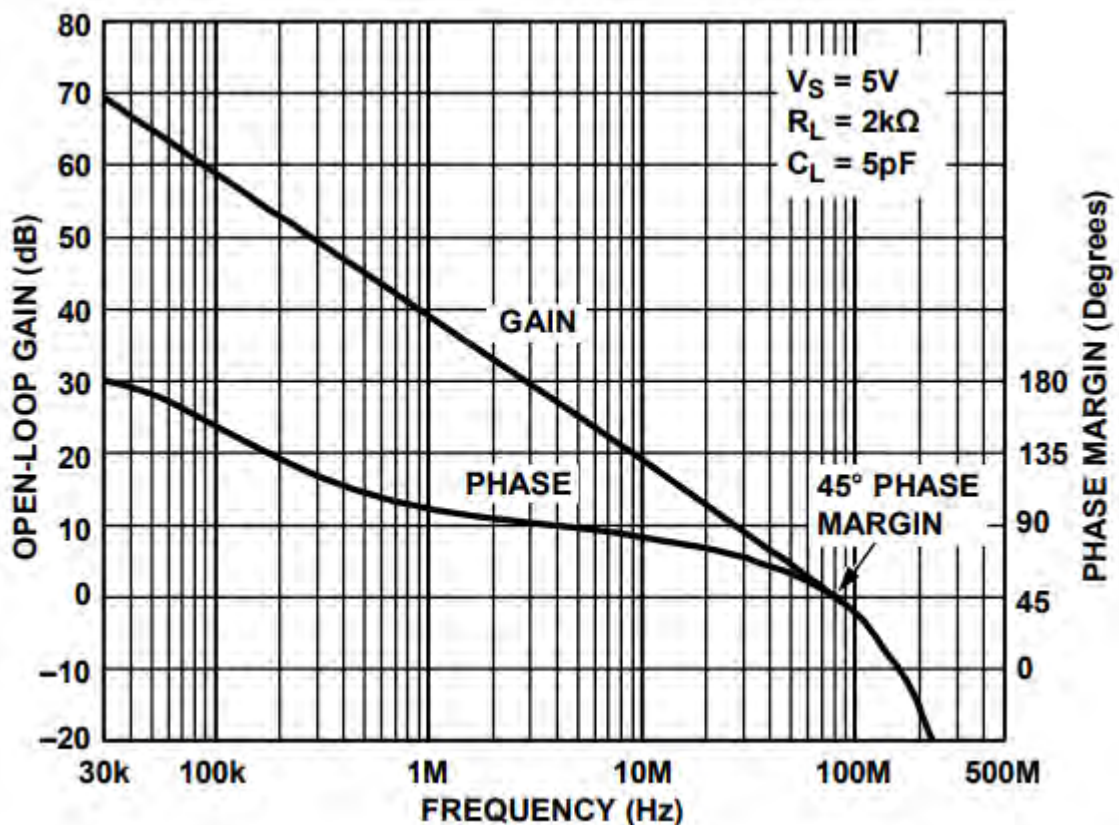


Рис. 3.3.Графік максимального підсилення від частоти сигналу.

3.4. Розрахунок АЦП

Розрахуємо розрядність $q_{\text{АЦП}}$ через максимальну відносну похибку $\delta_{\text{хм}}=0,01$ квантування сигналу:

$$\delta_{\text{хм}} = 0.01$$

$$\delta_{\text{хм}} = \frac{E_m}{U_{\text{min}}}$$

Беручи до уваги, що $E_m = \frac{Q}{2}$, можна знайти необхідне значення кроку

квантування Q :

$$Q = 2 * \delta_{\text{хм}} * U = 0.1$$

Мінімальна розрядність АЦП:

$$q = \log_2 \left(\frac{U_{\text{АЦП}}}{Q} \right) = 6$$

Візьмемо 10-ти розрядний АЦП

$$q_{\text{АЦП}} = 10$$

$$f_{\text{max}} = 3.5 \text{ МГц}$$

Отже, за теоремою Найквіста отримаємо частоту дискретизації :

$$F_d = 2 * f_{\text{max}} = 7 \text{ МГц}$$

Виходячи із розрахунків, беремо 10-ти розрядний AD9203 (Рис.3.4).

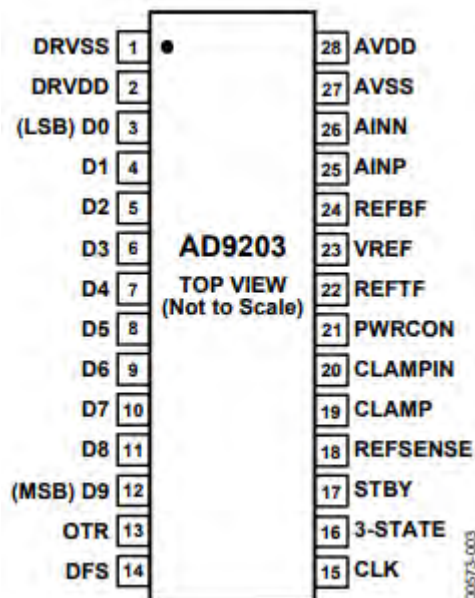


Рис.3.4. Конфігурація штифтів.

3.5. Розрахунок пам'яті

Пам'ять FIFO використовується для зберігання даних на виході АЦП, так як частота мікроконтролера значно менше частоти АЦП.

Для підбору пам'яті необхідно визначити її мінімальний об'єм, необхідний для запису сигналу.

Час дискретизації:

$$\Delta\tau_{\text{АЦП}} = \frac{1}{F_d * 10^6} = 1.429 * 10^{-7} \text{ c}$$

Максимальний час вимірювання:

$$\tau_{\text{max}} = T_{\text{си}} = 0.019 \text{ c}$$

Кількість вибірок за максимальний час вимірювання:

$$N_{\text{виб}} = \frac{\tau_{\text{max}}}{\Delta\tau_{\text{АЦП}}} = 1.327 * 10^5$$

Об'єм пам'яті в бітах:

$$V_{\text{RAM}} = N_{\text{виб}} * q = 7.959 * 10^5$$

					ПК-61.150000.000 ПЗ	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.6. Вибір мікроконтролера

Обрано мікроконтролер STM32F769NI (Рис.3.5.), його характеристики:

- Мікроконтролер має 2-Мбайти Флеш-пам'ять і 512 + 16 + 4-кбайт оперативної пам'яті;
- Ethernet роз'єм;
- 4-кольорові світлодіодні користувачі;
- робочі напруги 1,7 - 3,6 В;
- має три 12-розрядних АЦП, два ЦАП, RTC з низьким енергоспоживанням та дванадцять 16-розрядних таймерів загального призначення;
- функції USB ST-LINK: віртуальний COM порт, масове зберігання та порт налагодження.

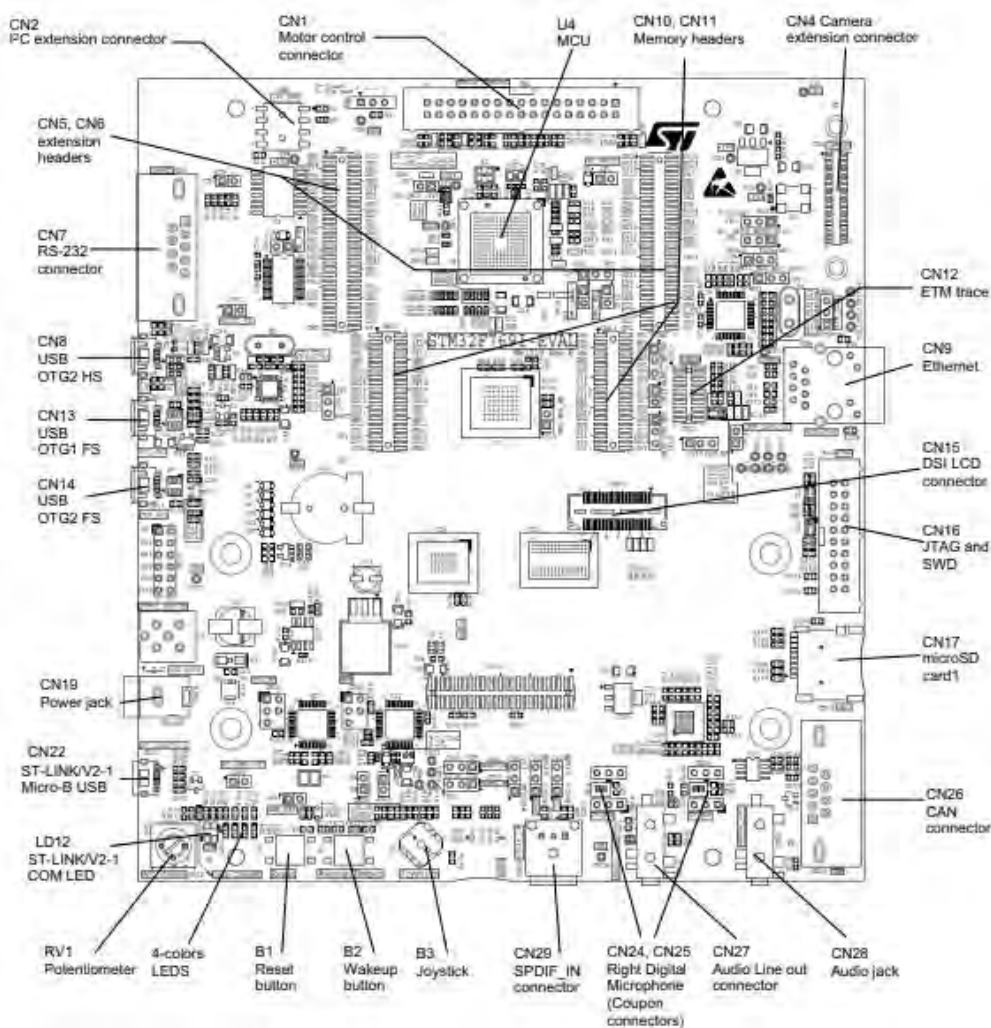


Рис. 3.5. Мікроконтролер STM32F769NI

										Арк.
										55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

3.7. Розрахунок смугового фільтру

Для визначення частот зрізу, змодельюємо сигнал та його спектр у середовищі MATLAB (Рис. 3.6). Сигнал має гаусоподібну форму. Червона лінія на нормованому спектрі сигналу відповідає рівню шуму(-20 дБ).

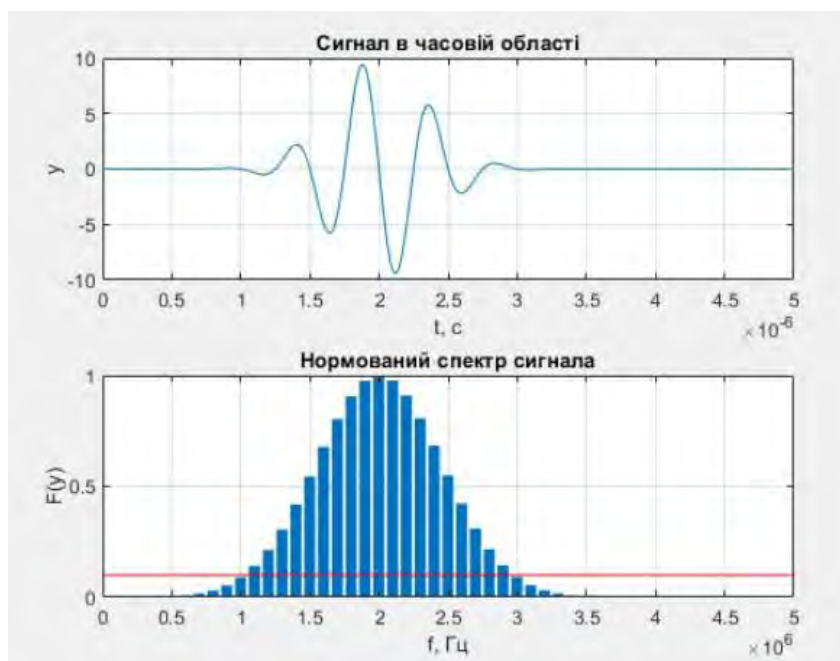


Рис. 3.6. Графік сигналу та його нормований спектр

Як видно зі спектру сигналу нижня частота зрізу $f_{нз} = 1$ МГц, верхня частота зрізу $f_{вз} = 3$ МГц. Тобто ширина пропускання $f_{шп} = 2$ МГц.

Розрахунок фільтру виконуємо в програмі FilterPro (**Помилка! Джерело посилання не знайдено.**3.7). На основі графіків АЧХ та інших параметрів обирається вид фільтру, в нашому випадку це фільтр Баттерворта. Оберемо топологію фільтру Салліна-Кея. Топологія Sellen-Кея - це фільтрна топологія другого порядку, що має неінвертуюче посилення. Цей ідентифікатор зазвичай використовується в джерелі з керованим напругою. Коефіцієнт посилення можна налаштувати за допомогою ізольованих резисторів посилення, що робить цю топологію дуже зручною. Для підвищення порядку фільтра застосовується каскадне включення. Схема Салліна-Кея дозволяє реалізувати будь-який з трьох видів фільтрів – Чебишева, Баттерворта або Бесселя.

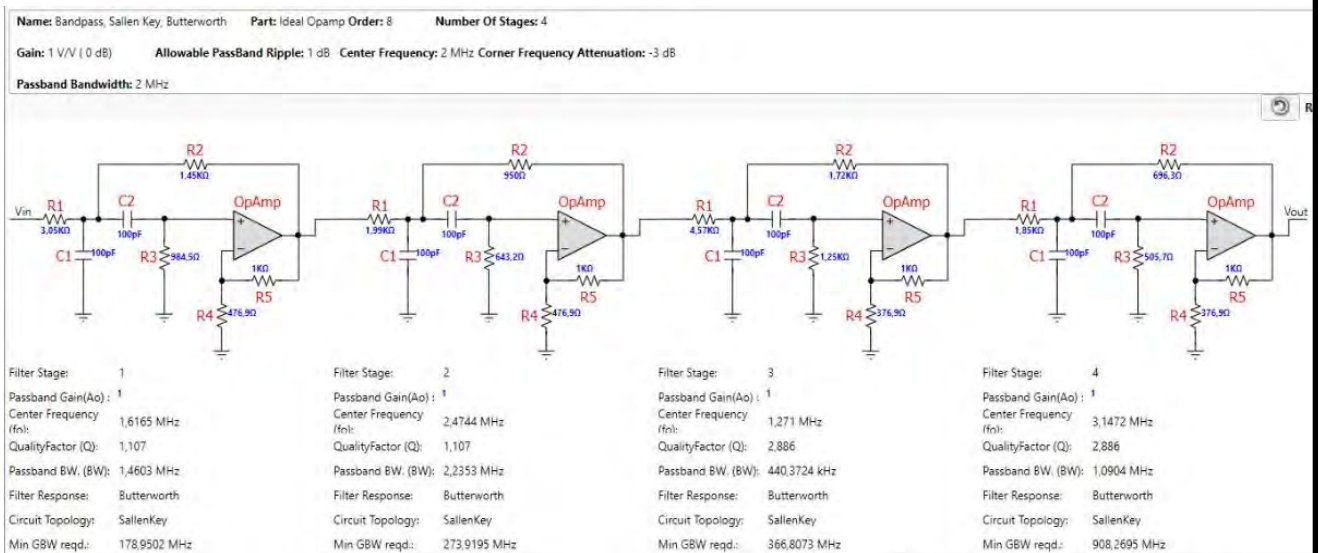


Рис. 3.7. Розрахунок смугового фільтру в програмі FilterPro

3.8. Вибір дисплея

Будо вирішено взяти LCD дисплей 12864A (Рис. 3.8.).

Плата дисплея спроектована на базі 64 каналного графічного контролера KS0108, який відповідає за роботу графічного дисплея.

Дисплей може працювати в 2 режимах:

- Текстовий: відображає 4 рядки по 16 символів
- Графічний: відображає картинки і графіки (128 x 64 пікселя)

Робоча напруга – 5В

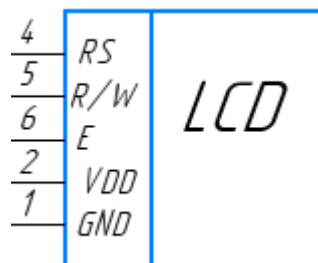


Рис. 3.8. LCD 12864A

3.9. Розрахунок похибок вимірювання

Сумарна похибка результату вимірювання часової затримки охоплює передусім такі групи похибок:

- похибки формування вимірювального інтервалу;
- похибки аналогово-цифрового перетворення;
- похибки спричинені нестабільністю швидкостей звуку в ОК.

Для зменшення похибки формування інтервалу належить виконувати відлік часу за однаковими періодами коливань і на однаковому відносному пороговому рівні, тобто на однакових фазах радіоімпульсів.[2,5]

Похибка АЦП:

$$\Delta = \frac{\Delta\tau_{\text{АЦП}}}{\tau_{\text{max}}} * 100 = 7.539 * 10^{-4} \%$$

Висновок

Було розроблено функціональну та принципову схему приладу з описом його роботи. Також було розраховано та підібрано компоненти електричної схеми такі як: генератор збуджуючих імпульсів, підсилювач, АЦП, пам'яті FIFO, смуговий фільтр, мікроконтролер та дисплей. А також був виконаний розрахунок похибки, що становить менше 1%.

					ПК-61.150000.000 ПЗ	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

В цьому дипломному проекті було розроблено прилад для вимірювання теплової енергії, який буде найкраще підходити для нашого регіону проживання у наш час. Розглянуто різноманітні схеми опалення, до яких потрібно індивідуально підбирати витратомір конкретної будови. Так як у нас в регіоні стоять споруди різного покоління, важливо зробити такий лічильний, що зможе підійти до більшості систем.

В ході аналітичного огляду був проведений аналіз всіх методів розрахунку витрати теплоносія та обраний витратомір, що заснований на методі ультразвукового вимірювання. Зроблений огляд вже існуючих аналогів та розроблено теплолічильник на базі «INVONIC H» з кращими параметрами та можливостями.

Важливим завданням зробити його використання максимально зручним для користувачів. Було розроблено ультразвуковий лічильник з модульною конструкцією. Його обчислювач можна помістити окремо від витратоміра на відстань до 1,5 метра, що значно полегшить знімання показників через його LCD дисплей та налагодження його параметрів. Також в ньому є радіо модуль, що дозволяє отримувати інформацію на комп'ютер чи сервер користувача, що значно спростить контроль показань та допоможе користувачеві не витратити зайвий час. До того ж використовуючи лічильники тепла на підприємстві, є можливість контролювання показань майже у реальному часі, що може запобігти нещасному випадку. Це наприклад може бути контроль котла опалення.

Був проведений розрахунок ультразвукового лічильника теплової енергії, розроблено його функціональну, структурну та електричну схему з підбором кращих компонентів. Також виконане складальне креслення для кращого ознайомлення з конструкцією.

					ПК-61.150000.000 ПЗ	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Список використаної літератури

1. Галаган Р. М. Теоретичні основи ультразвукового неруйнівного контролю: підручник / Р. М. Галаган. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 263 с.
2. Єременко В.С. Шляхи мінімізації сумарної похибки вимірювання швидкості ультразвуку в матеріалах з неоднорідною структурою / В.С. Єременко, Р.М. Галаган // Електротехнічні та комп'ютерні системи. Науково-технічний журнал. – Одеса. – 2012. – № 06 (82). – С. 39-45.
3. Галаган Р.М. Ультразвуковий штангенциркуль / Р.М. Галаган, М.В. Кащич // Методи та прилади контролю якості. Науково-технічний журнал. – Івано-Франківськ. – 2008. – Вип. №20. – С.18-20.
4. Цапенко В. К. Основи ультразвукового неруйнівного контролю: підручник / В. К. Цапенко, Ю. В. Куц. –К. : НТУУ «КПІ», 2010. –448 с.
5. Аналого-цифровое преобразование / Под ред Уолта Кестера. *Москва: Техносфера, 2007. - 1016 с.
6. Счётчики тепла [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://www.ktto.com.ua/water/tsh/>
7. Приборы учета тепловой энергии и теплоносителя [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: http://cbias.ru/terias/cont/1/1_5.htm/
8. Ультразвуковые датчики [Електронний ресурс] –Режим доступу до ресурсу: <https://mirrobo.ru/micro/ultrazvukovye-datchiki/>

					ПК-61.150000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60