

Міністерство освіти і науки України  
Одеський національний технологічний університет  
Кафедра екоенергетики, термодинаміки та прикладної екології



## ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

**на тему:** «Дослідження теплових акумуляторів з фазовим переходом в  
схемах опалення та ГВП»

здобувача Малайко Н.С.  
2 курсу групи ЕЕ-464

Керівник доц. Дем'яненко Ю.І.  
Консультант проф. Якуб Л.М.

**Кваліфікаційна робота допускається до захисту**  
Рішення кафедри від \_\_ грудня 2022 р., протокол № \_\_.

Завідувач кафедри ЕТ та ПЕ \_\_\_\_\_ Юрій СЕМЕНЮК  
(назва кафедри) (підпис) (Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Одеса - 2022 рік

**ЗАТВЕРДЖЕНО**  
Наказ Міністерства освіти і  
науки, молоді та спорту України  
29 березня 2012 року № 384  
Форма № Н-9.01

## **ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Факультет нафти, газу та екології  
Кафедра екоенергетики, термодинаміки та прикладної екології  
Ступінь вищої освіти: магістр  
Спеціальність 141: «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»  
Освітня програма: «Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії»

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Зав. кафедри ЕТтаПЕ

Юрій СЕМЕНЮК

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2022 р.

### **ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА**

Малайко Надії Сергіївни

1. Тема роботи: «Дослідження теплових акумуляторів з фазовим переходом в схемах опалення та ГВП». Затверджена наказом академії від 04 жовтня 2021 року наказ № 833-03.

2. Термін задачі здобувачем закінченої роботи 01 грудня 2022 р.

3. Вихідні дані роботи:

Місцезнаходження котеджу: м. Одеса

Кількість проживаючих – 4 особи

Опалювальна площа – 162,5 м<sup>2</sup>

Питомі тепловтрати – 0,08 кВт/м<sup>2</sup>

4. Перелік питань, які потрібно розробити:

1. Теплонасосні схеми опалення – безальтернативні рішення сьогодення.

2. Вибір схемного рішення для системи опалення та ГВП котеджу. Розрахунок потужності джерела тепла.

3. Розробка добового акумулятора тепла.

4. Економічна ефективність.
5. Охорона праці.
6. Консультанти по роботі із зазначенням розділів роботи, що стосуються їх.

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1-3	Дем'яненко Ю.І., доцент кафедри екоенергетики, термодинаміки та прикладної екології	05.09.2022	01.12.2022
4-5	Якуб Л.М., професор кафедри екоенергетики, термодинаміки та прикладної екології	19.09.2022	25.11.2022

7. Дата видачі завдання: 05.09. 2022 р.

Керівник \_\_\_\_\_ Дем'яненко Ю.І.

Завдання прийняв до виконання \_\_\_\_\_ Малайко Н.С.

### **КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
	Теплонасосні схеми опалення – безальтернативні рішення сьогодення	16.09.2022	
	Вибір схемного рішення для системи опалення та ГВП котеджу. Розрахунок потужності джерела тепла	06.10.2022	
	Розробка добового акумулятора тепла	15.11.2022	
	Економічна ефективність	20.11.2022	
	Охорона праці	27.11.2022	
	Презентація	04.12.2022	

Здобувач-дипломник \_\_\_\_\_ Малайко Н.С.

Керівник роботи \_\_\_\_\_ Дем'яненко Ю.І.

## Анотація

Малайко Н.

*Тема кваліфікаційної роботи:* «Дослідження теплових акумуляторів з фазовим переходом в схемах опалення та ГВП»

*Спеціальність:* 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

*Заклад освіти:* Одеський національний технологічний університет  
Одеса, 2022 рік.

Кваліфікаційна робота присвячена дослідженню теплових акумуляторів (ТА) з фазовим переходом з добовим ресурсом для системи опалення та гарячого водопостачання котеджу. В оглядовій частині проекту розглянуто типи теплових акумуляторів, які застосовуються в сучасних системах опалення та ГВП, та теплоакumuлюючі матеріали (ТАМ) для них. Показано, що ТА з фазовим переходом за своїми масогабаритними та експлуатаційними характеристиками беззаперечно переважають ємнісні ТА. Застосування в якості ТАМ парафіну, яким наповнені елементи насипної насадки теплоакumuлятора, знімає проблему нерівномірності плавлення (застигання) ТАМ.

Кваліфікаційна робота магістра містить такі розділи:

Вступ. 1. Теплонасосні схеми опалення – безальтернативні рішення сьогодення. 2. Вибір схемного рішення для системи опалення та ГВП котеджу. Розрахунок потужності джерела тепла. 3. Розробка добового акумулятора тепла. 4. Економічна ефективність. 5. Охорона праці. Висновки. Література.

Робота містить 12 таблиць, 20 рисунків, 19 літературних джерел.

ТЕПЛОВИЙ АКУМУЛЯТОР, ТЕПЛОАКУМУЛЮЮЧИЙ МАТЕРІАЛ, НАСИПНА НАСАДКА, ТЕПЛОВИЙ НАСОС, БУФЕРНА ЄМНІСТЬ, МЕМБРАННИЙ РОЗШИРЮВАЛЬНИЙ БАК.

## Summary

MALAYKO N.

The topic of the qualification work: «Research of heat accumulators with phase transition in heating and domestic hot water schemes»

Specialty: 141 «Electric power engineering, electrical engineering and electromechanics»

Educational institution: Odesa National Technological University

Odesa, 2022.

The qualification work is devoted to the study of thermal accumulators (TA) with a phase transition with a daily resource for the heating system and hot water supply of the cottage. In the review part of the project, the types of heat accumulators used in modern heating and domestic hot water systems and the heat-accumulating materials (HAM) for them are considered. It is shown that TAs with a phase transition are indisputably superior to capacitive TAs in terms of their mass, size and operational characteristics. The use of paraffin as a HAM, which fills the elements of the bulk nozzle of the heat accumulator, removes the problem of uneven melting (solidification) of the HAM.

The master's qualification work contains the following sections:

Introduction. 1. Heat pump heating schemes are today's irreplaceable solutions. 2. Selection of a circuit solution for the heating and hot water system of the cottage. Calculation of the power of the heat source. 3. Development of a daily heat accumulator. 4. Economic efficiency. 5. Labor protection. Conclusions. Literature.

The work contains 12 tables, 20 figures, 19 literary sources.

HEAT ACCUMULATOR, HEAT ACCUMULATION MATERIAL, BULK NOZZLE, HEAT PUMP, BUFFER TANK, MEMBRANE EXPANSION TANK



3.7.1 Втрати напору при русі теплоносія через насипний шар капсул з парафіном .....	47
3.7.2 Опір комунікацій і теплообмінника фреон/вода.....	51
3.7.3 Підбір циркуляційного насосу .....	52
3.8 Розрахунок і підбір розширювального баку .....	53
3.9 Розрахунок теплової ізоляції теплоаккумулятора.....	58
3.9.1 Вихідні дані .....	58
3.9.2 Розрахунок коефіцієнта тепловіддачі зі сторони води до стінки баку.....	58
3.9.3 Визначення коефіцієнта теплопередачі через стінки ємності.....	60
3.9.4 Визначення тепловтрат через стінки ємності .....	61
4 ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ .....	62
4.1 Техніко-економічне обґрунтування .....	62
4.2 Капітальні та експлуатаційні затрати на проектну систему. Термін окупності.....	62
5 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	64
5.1 Небезпечні та шкідливі фактори .....	64
5.2 Електробезпека .....	64
5.3 Класифікація виробництва за вибухопожежною безпекою .....	65
5.4 Об'ємно-планувальні рішення.....	65
5.5 Пожежна профілактика .....	65
5.6 Освітлення .....	66
5.7 Долікарська допомога .....	66
5.7.1 Перша допомога при ураженні електричним струмом.....	66
5.7.2 Перша допомога при термічних опіках шкіри.....	67
5.7.3 Перша допомога при отруєнні фреонами.....	68
ВИСНОВКИ .....	70
ЛІТЕРАТУРА .....	72

					KPM.ET та ПЕ.1.833-03.1.9	Лист
						7
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

## ВСТУП

Через стрімкий розвиток виробництва електроенергії з відновлюваних джерел перед Україною найближчим часом постане питання: куди подіти надлишки електроенергії. Виробники електроенергії з традиційних джерел виробляють енергію постійно, у той час як її споживання є циклічним: у різний час доби, тижня чи сезону воно може бути різним. Наприклад, вночі споживання нижче, ніж удень, а в зимовий період споживання електроенергії зростає.

Причини швидкого розвитку ринку систем накопичення відомі: за прогнозом Bloomberg New Energy Finance, до 2040 року потужність акумулюючих систем у світі збільшиться в 120 разів, а сукупний попит на акумулятори досягне позначки 4584 ГВт·год за ємністю.

Однією з причин швидкого розвитку ринку систем зберігання є зростання потужностей відновлюваної енергетики, яка до 2040 року має забезпечувати 50% світового виробництва електроенергії та 19-25% всього енергоспоживання. Інтеграція відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) в енергосистеми стане одним із основних стимулів розвитку технології накопичувачів, здатних вирішувати головну проблему зеленої енергетики – нерівномірність вироблення електроенергії.

У країнах ЄС вже розпочалося впровадження систем акумуляції електроенергії та розроблено правове регулювання у сфері energy storage. Так, 5 червня 2019 року прийнято Директиву про загальні правила для внутрішнього ринку електроенергії 2019/944, яка визначає основні права та обов'язки операторів системи передачі та операторів системи розподілу з володіння та експлуатації систем акумулювання електроенергії; вимоги до послуг зберігання енергії, процедур приєднання нових генеруючих установок та зберігання до системи передачі.

Розвиток систем акумулювання енергії для України має дуже важливе значення у контексті стабільності енергосистеми. Але сьогодні на

					КРМ.ЕТ та ПЕ.1.833-03.1.9	Лист
						8
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

законодавчому рівні відсутні правила будівництва та функціонування об'єктів акумуляції енергії.

					КРМ.ЕТ та ПЕ.1.833-03.1.9	Лист
						9
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

## ЛІТЕРАТУРА

1. <https://gscomplect.com/srok-sluzhby-teplovogo-nasosa-dlya-otopleniya/>
2. <https://freenergy.com.ua/teplovi-nasosy-v-shvecii/>
3. Viessmann. Книга о солнце. Руководство по проектированию систем солнечного теплоснабжения – 2010 г. – 186 с.
4. Дем'яненко Ю.І. Добові теплоаккумулятори на основі теплоти фазового переходу
5. <https://termico.com.ua/na-skolko-hvatit-teploakkumulyatora/>
6. 6 . ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 «Будівельна кліматологія»
7. Viessmann. Руководство по проектированию. Тепловые насосы.2012г.
8. Viessmann. VITOCAL 200-G. Тепловой насос рассольно-водяной 6,1 – 9,7 кВт.
9. <https://shwt-warmwasserspeicher.de/800-Liter-PCM-Pufferspeicher-Latentwaermespeicher>
10. <https://chem21.info/page/>
11. [https://www.muctr.ru/upload/iblock/1a1/Spring\\_15th\\_lecture.pdf](https://www.muctr.ru/upload/iblock/1a1/Spring_15th_lecture.pdf)
12. [http://инженер.орг.рф/dat/codes\\_doc\\_1412.pdf](http://инженер.орг.рф/dat/codes_doc_1412.pdf)
13. Wilo каталог 2015/2016. Насосы и насосные установки для систем отопления, вентиляции и кондиционирования.
14. <https://modernsys.com.ua/raschet-obema-rasshiritelnogo-baka-dlya-zakrytoy-sistemy-otopleniya.htm>
15. <https://saeron.com.ua/p894758100-rasshiritelnyj-bak-imera.html>
16. Михеев М.А., Михеева И.М. Основы теплопередачи. М.: Энергия, 1973 – 320 с.
17. ДБН В.2.6-31:2006 «Теплова ізоляція будівель»
18. НАПБ Б.03.002-2007 Норми визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою.

					КРМ.ЕТ та ПЕ.1.833-03.1.9	Лист
						72
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

19. <https://www.frostland.com.ua/useful-information/vazhnye-komponenty-sistemy-teplovogo-nasosa>

					<i>KPM.ET та ПЕ.1.833-03.1.9</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		73