

ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ

**ВІТЕНЬКО ДМИТРО ОЛЕГОВИЧ**

УДК 697.328; 697.12

**ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ БУДІВЕЛЬ І СПОРУД З  
ВИКОРИСТАННЯМ ТЕРМОАКУМУЛЮЮЧИХ ПРИСТРОЇВ**

192 «Будівництво та цивільна інженерія»

**Автореферат**  
дипломної роботи магістра

Тернопіль  
2019

Роботу виконано на кафедрі будівельної механіки Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя Міністерства освіти і науки України

**Керівник роботи:** кандидат технічних наук, доцент **Сорочак Андрій Петрович**, Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, доцент кафедри будівельної механіки

**Рецензент:** ПП «Архітектурно-проектне будівельно-виробниче підприємство«ДІМ», директор **Чубик Василь Феофанович**

Захист відбудеться 29.05.2019 р. о 10<sup>00</sup> годині на засіданні екзаменаційної комісії № 7 у Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя за адресою: 46001, м. Тернопіль, вул. Руська, 56, навчальний корпус №2, ауд. 35.

## **ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ**

**Актуальність теми роботи.** Проблема енергозбереження в усіх сферах життєдіяльності людини є однією з пріоритетних на сьогодні. Зниження енергоспоживання житлових будинків не є виключенням. Згідно з підрахунками фахівців, на обігрів будинків витрачається значна частина енергоресурсів, а в атмосферу в результаті викидається величезна кількість вуглекислого газу, що призводить до розвитку «парникового ефекту». Впровадження енергозберігаючих технологій допоможе вирішити цілий ряд завдань: зменшення забруднення навколишнього середовища, боротьба з виснаженням ресурсів, зменшення витрат на утримання і обслуговування житла.

Таким чином, одним із пріоритетних завдань є розробка сучасних енергоефективних систем теплопостачання будівель і споруд, а дослідження систем, що базуються на використанні теплових насосів і теплоакumuлюючих пристроїв є актуальною науково-практичною задачею, яка визначила напрямок досліджень дипломної роботи.

**Мета роботи:** підвищення енергоефективності системи теплопостачання для двоповерхового житлового будинку з використанням теплового акумулятора фазового переходу та теплового насосу.

### **Завдання роботи:**

- удосконалити методику теплотехнічного розрахунку конструкції теплового акумулятора за умови використання теплоакumuлюючих матеріалів з фазовим переходом;
- дослідити термодинамічні характеристики теплоакumuлюючих матеріалів з фазовим переходом на основі органічних сполук;
- розробити конструкцію теплового акумулятора з використанням теплоакumuлюючих матеріалів з фазовим переходом;
- удосконалити методику розрахунку тепловтрат будівлі з урахуванням застосування теплового акумулятора в системі теплопостачання.

**Об'єкт, методи та джерела дослідження.** Основним об'єктом дослідження є система теплопостачання для двоповерхового будинку з тепловим насосом й тепловим акумулятором (ТА) з теплоакumuлюючим матеріалом. Методи виконання роботи: економіко-статистичний, графічний, порівняльний, математичного моделювання; теоретично-емпіричний.

### **Наукова новизна отриманих результатів:**

1. Уточнено методику теплотехнічного розрахунку конструкції теплового акумулятора за умови використання теплоакumuлюючих матеріалів з фазовим переходом.
2. Отримала подальший розвиток методика розрахунку тепловтрат будівлі з урахуванням застосування теплового акумулятора в системі теплопостачання.

### **Практичне значення отриманих результатів.**

Запропоновано удосконалену конструкцію теплового акумулятора для системи теплопостачання двоповерхового будинку, що передбачає використання

теплового насосу. Запропонована конструкція забезпечить збільшення часу розрядження акумулятора на 3,5 години, використання теплового насосу – підвищення енергоефективності системи. Проведені розрахунки тепловтрат будівлі з використанням програми Purmo OZC за умови застосування теплового акумулятора можуть бути використані при проектуванні індивідуальних житлових будинків та інших споруд. .

**Апробація.** Окремі результати роботи доповідались на Міжнародній науково-технічній конференції «Фундаментальні та прикладні проблеми сучасних технологій» до 100 річчя з дня заснування НАН України та на вшанування пам'яті Івана Пулюя (Тернопіль, 22–24 травня 2018 року) та VII Міжнародній науково-технічній конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій» (Тернопіль, 28-29 листопада 2018).

**Структура роботи.** Робота складається з розрахунково-пояснювальної записки та презентаційної складової. Розрахунково-пояснювальна записка складається з вступу, 8 розділів, висновків, переліку посилань та додатків. Загальний обсяг текстової частини – 109 сторінок, 6 таблиць, 3 діаграм, 31 рисунків., презентаційна частина – 18 слайдів презентації.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

**У вступі** проведено огляд сучасного стану ефективності використання теплової енергії для опалювання будівельних об'єктів, охарактеризовано основні завдання, які необхідно вирішити під час проектування систем тепlopостачання.

**В першому розділі** проведено аналіз конструктивних особливостей теплових акумуляторів, режимів їх роботи та теплових процесів, що протікають в акумуляторах. Обґрунтовано актуальність роботи, виконано постановку задач на дипломну роботу.

**В другому розділі** представлено методику та результати розрахунку тепловтрат на прикладі типового двоповерхового будинку, що розглядається в дипломній роботі. Для моделювання обрали індивідуальний житловий будинок з цегляними стінами суцільної кладки з шаром утеплювача з полістиролу, збірним залізобетонним перекриттям та дахом скатного типу. Фундамент – монолітний бутобетонний. Загальна площа будинку – 161,7 м<sup>2</sup>, будівельний об'єм – 485,1 м<sup>3</sup>.

Для визначення тепловтрат будинку та необхідної потужності системи опалення використано програму Purmo OZC. Вона дозволяє автоматизувати процес розрахунку коефіцієнтів теплопередачі для стін, підлог, дахів і горищних перекриттів та визначення втрат тепла для окремих приміщень через огорожувальні конструкції, витяжну вентиляцію та інфільтрацію холодного повітря. Сумарні тепловтрати будинку склали 13678 Вт.

**В третьому розділі** виконано теоретичні та експериментальні дослідження окремих елементів системи тепlopостачання для двоповерхового житлового будинку. Порівнювали ефективність застосування двох моделей теплового акумулятора – базову (рис. 1, а), в якій накопичення тепла відбувається за рахунок нагріву води, та удосконалену (рис. 1, б), що працює на основі теплоти фазового переходу та використовує спеціальний теплоакуючий матеріал. Конструкція

запропонованого теплоаккумулятора передбачає 73 капсули теплоакумулюючих елементів (рис.2), що заповнені сумішшю на основі парафіну з додаванням буровугільного і поліетиленового воску.

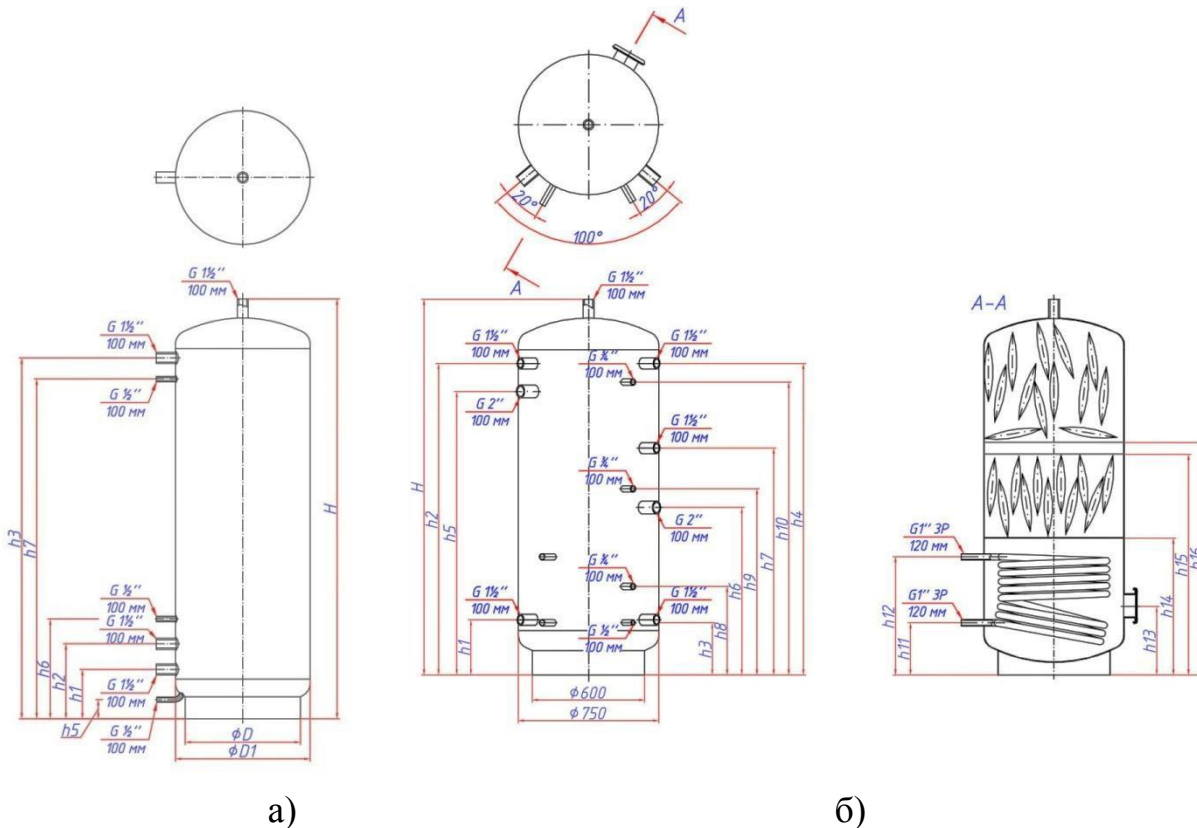


Рисунок 1 - Базова (а) та удосконалена (б) модель теплового аккумулятора

Проведені теплотехнічні розрахунки показують, що кількість теплоти, яка може бути накопичена базовою моделлю теплового аккумулятора, складає 242092,5 кДж, час розрядки – 21 год.



Рисунок 2 - Капсула з теплоакумулюючим матеріалом

Для оптимізації експлуатаційних характеристик запропонованої моделі теплового аккумулятора проведено дослідження термодинамічних параметрів (температури плавлення й температури кристалізації) теплоакумулюючого матеріалу з різним вмістом воску. Для досліджень було обрано 5 сумішей на основі парафіну, склад яких наведено в табл.1. Для кожної суміші виконано експериментальне визначення температурних інтервалів фазового переходу (плавлення, кристалізації).

Отримані результати засвідчують, що найбільшу кількість тепла акумулює суміш №2. При її використанні пропонується модель теплового аккумулятора здатна накопичити 244191,6 кДж тепла. Час розрядки такого аккумулятора складає 24,8 год.

При цьому втрати тепла на нагрівання оточуючого середовища зменшуються порівняно з базовим акумулятором на 16,9%.

Таблиця 1 - Склад сумішей на основі парафіну та їх термодинамічні характеристики

Суміш, №	Склад суміші, %			$T_{пл}^п, °C$	$T_{пл}^к, °C$	$T_{кр}^п, °C$	$T_{кр}^к, °C$
	Парафін	Буровугільний віск	Поліетиленовий віск				
1	90	10	0	28	86	71	20
2	85	15	0	29,5	80	74	28
3	80	20	0	29,5	92	74,3	21
4	75	20	5	30	102	89	23
5	70	20	10	30	103,4	94	14

Виконано розрахунки щодо ефективності використання акумуляторів базової конструкції і удосконаленої моделі для системи, що передбачає використання теплового насосу (Рис 3).

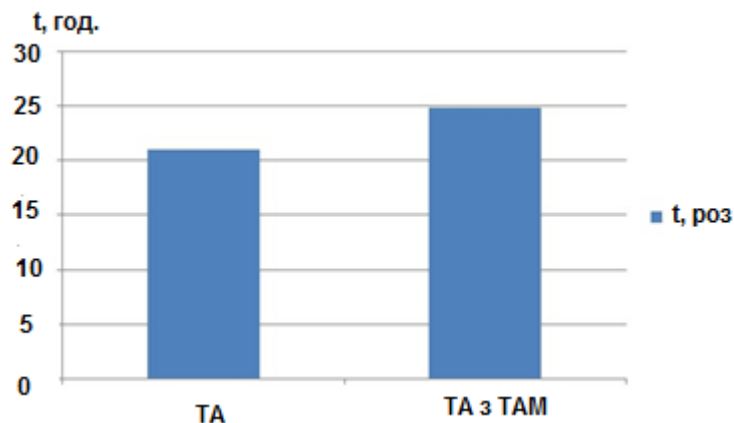


Рисунок 3 - Порівняння ефективності базового та удосконаленого ТА

**В четвертому розділі** розроблено практичні рекомендації щодо удосконалення систем тепlopостачання для будівельних об'єктів різного призначення з використанням теплових акумуляторів, зокрема комбінованої схеми для опалення та гарячого водопостачання, схеми застосування сумісно з сонячними колекторами та у складі теплових ферм, схеми холодоакумулятора.

**В спеціальній частині** наведено опис та можливості застосування програми «Purmo OZC» для розрахунку тепловтрат будівельних об'єктів.

**В частині «Обґрунтування економічної ефективності»** проведено розрахунки техніко-економічної ефективності прийнятих рішень. Виконано обґрунтування вибору технологічного обладнання для системи тепlopостачання будинку.

**В частині «Охорона праці та безпека»** розглянуто основні статті закону України «Про охорону праці» й техніку безпеки при монтажі обладнання.

**В частині «Екологія»** розглянуто питання альтернативної енергетики для

будівельних об'єктів.

**У загальних висновках щодо дипломної роботи** обґрунтовано прийняті технічні рішення, які забезпечують виконання завдання із забезпечення ефективного теплопостачання житлових будинків; обґрунтовано практичне значення запропонованих конструктивних рішень; узагальнено результати моделювання; наведено техніко-економічні показники запропонованої розробки.

В презентаційній частині представлено проект досліджуваного дво-поверхового будинку, результати розрахунку його енергоефективності, базова і удосконалена конструкції теплових акумуляторів, результати досліджень термодинамічних параметрів теплоакumuлюючих матеріалів, принципова схема системи теплопостачання для досліджуваної моделі будинку, практичні рішення щодо використання таких систем для інших будівельних об'єктів.

## **ВИСНОВКИ**

У роботі вирішено задачу підвищення енергоефективності системи теплопостачання для двоповерхового житлового будинку з використанням теплового акумулятора фазового переходу та теплового насосу.

1. Виконано розрахунок теплових втрат типового двоповерхового житлового будинку з використанням програми Puro OZC, проведено аналіз можливих систем теплопостачання для даного об'єкту.

2. Проаналізовано конструктивні особливості теплових акумуляторів, режими роботи та особливості процесів теплообміну.

3. Уточнено методику теплотехнічного розрахунку конструкції теплового акумулятора за умови використання теплоакumuлюючих матеріалів з фазовим переходом.

4. Запропоновано удосконалену конструкцію теплового акумулятора з капсулами, наповненими теплоакumuлюючим матеріалом на основі фазового переходу, та доведена доцільність даного конструктивного рішення, що забезпечить додаткове акумулювання тепла і продовжить час розрядки акумулятора на 3,5 години.

5. Визначено основні термодинамічні параметри теплоакumuлюючих матеріалів на основі фазового переходу.

6. Отримала подальший розвиток методика розрахунку тепловтрат будівлі з урахуванням застосування теплового акумулятора в системі теплопостачання.

7. Запроектовано систему теплопостачання з тепловим насосом для типового індивідуального житлового будинку з використанням запропонованого теплового акумулятора.

8. Розроблено практичні рекомендації щодо удосконалення систем теплопостачання для будівельних об'єктів різного призначення з використанням теплових акумуляторів.

## **СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ АВТОРОМ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ РОБОТИ**

1. Вітенько, Д. Аналіз застосування термоакumuлюючих пристроїв при теплопостачанні будівель і споруд / Дмитро Вітенько, Андрій Сорочак //

Міжнародна науково-технічна конференція «Фундаментальні та прикладні проблеми сучасних технологій» до 100 річчя з дня заснування НАН України та на вшанування пам'яті Івана Пулюя (100 річчя з дня смерті), Тернопіль, 22–24 травня 2018 року. – Тернопіль: ТНТУ, 2018. – С. 37-38.

2. Вітенько, Д.О. Застосування теплоакумулюючих пристроїв в системах теплопостачання з тепловим насосом для будівель і споруд / Д.О. Вітенько, А.П. Сорочак // Матеріали VII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій», Тернопіль, 28-29 листопада 2018. – Тернопіль: ТНТУ, 2018. – С. 54-55.

### АНОТАЦІЯ

Вітенько Д.О. Дослідження теплопостачання будівель і споруд з використанням теплоакумулюючих пристроїв. 192 «Будівництво та цивільна інженерія». – Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. – Тернопіль, 2019.

В дипломній роботі розроблені заходи з підвищення ефективності теплопостачання двоповерхового житлового будинку, запропоновано принципову схему, що передбачає використання теплового акумулятора й теплового насосу. Запропоновано та обґрунтовано удосконалену конструкцію теплового акумулятора з використанням капсул з теплоакумулюючим матеріалом. Досліджено температури плавлення й кристалізації теплоакумулюючих матеріалів, визначено оптимальний склад матеріалу на основі парафіну. Розроблено практичні рекомендації щодо використання подібних систем для різних будівельних об'єктів.

**Ключові слова:** будівельний об'єкт, система теплопостачання, тепловий акумулятор, тепловий насос, теплові втрати, фазові переходи.

### ANNOTATION

Vitenko D.O. Research of heat supply of buildings and structures using heat accumulating devices. 192 "Civil Engineering". – Ternopil Ivan Puluj National Technical University. – Ternopil, 2019.

In this thesis work measures to improve heat supply efficiency of a two-storied dwelling house are described, the principal scheme that involves the use of heat accumulator and heat pump is proposed. The improved design of the heat accumulator is proposed and substantiated, using capsules with heat-storage material. The temperature of melting and crystallization of heat-storage materials is studied, the optimal composition of paraffin based material is found. Practical recommendations for the use of similar systems for various construction objects are developed.

**Keywords:** CONSTRUCTION OBJECT, HEAT SUPPLY SYSTEM, THERMAL ACCUMULATOR, HEAT PUMP, HEAT LOSS, PHASE TRANSITIONS.