

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

Теплоенергетичний факультет

Кафедра атомних електричних станцій та інженерної теплофізики

«На правах рукопису»

УДК _____

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

_____ / Валерій ТУЗ/
“ ” _____ 2021 р.

**Магістерська дисертація
на здобуття ступеня магістра**

за освітньо-професійною програмою Теплофізика

зі спеціальності 144 Теплоенергетика

на тему: Блок передачі теплоти з алюмінієвими термосифонами для системи автономного термоелектричного генератора

Виконав : студент VI курсу, групи ТФ-01мп

Харченко Олександр Віталійович

(прізвище ім'я, по батькові)

(підпис)

Науковий керівник к.т.н., доц., Шевель Євген Вікторович

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

(підпис)

Консультанти:

з питань розроблення

стартап-проекту

(назва розділу)

к.т.н., доц. Лебедь Н.Л.

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

(підпис)

з питань охорони праці

(назва розділу)

к.т.н., доц. Каушанов С.Ф.

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

(підпис)

Рецензент

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

(підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент (-ка)

_____ (підпис)

Київ – 2021 року

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Теплоенергетичний факультет
Кафедра атомних електричних станцій та інженерної теплофізики

Рівень вищої освіти другий(магістерський)

Спеціальність 144 Теплоенергетика

Освітньо-професійна програма Теплофізика

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

/ВАЛЕРІЙ ТУЗ/

“ _____ ” _____ 2021р.

ЗАВДАННЯ
на магістерську дисертацію студенту

Харченку Олександр Віталійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. **Тема дисертації** Блок передачі теплоти з алюмінієвими термосифонами для системи автономного термоелектричного генератора

науковий керівник дисертації Шевель Євген Вікторович, к.т.н., доцент

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

затверджені наказом по університету від «__» _____ 2021 р. № _____

2. **Термін подання студентом дисертації** "28" листопада 2021 р.

3. **Об'єкт дослідження** є процеси теплообміну в низькотемпературних алюмінієвих термосифонах.

4. **Вихідні дані** термосифон типу «ТС-WATER», випарник: повздовжньо-оребрена труба, $d=33.5$ мм; довжина: 1350 мм, навколишнє середовище – вода; теплоносії - пентан. Термосифон типу «ТС-AIR», кількість ТС – 2 шт.; конденсатор: повздовжньо-оребрена труба, $d=33.5$ мм; довжина: 1350 мм, навколишнє середовище – повітря; теплоносії – ізобутан.

5. **Перелік завдань, які потрібно розробити** а) основна частина: виконати огляд літератури, розробити методика проведення експериментальних та CFD досліджень, провести дослід та виконати CFD-моделювання, обробити та представити результати, зробити необхідні висновки.

б) стартап-проект: описати ідею, технічний аудит, розробити програми стартапу.

в) охорона праці та навколишнього середовища: розробити технічні рішення щодо організації безпечної роботи з експериментальною установкою, а також гігієни праці та виробничої санітарії.

6. Орієнтовний перелік графічного (ілюстративного) матеріалу Лист 1 (A1): блок передачі теплоти, термосифон «ТС-WATER», термосифон «ТС-AIR».
Лист 2 (A1): корпус конденсатора «ТС-WATER», корпус випарника «ТС-AIR».
Лист 3-8 (A1): результати досліджень.

7. Консультанти розділів дисертації:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
з розроблення стартап-проекту	<i>к.т.н., доц. Лебедь Н.Л.</i>		
з питань охорони праці	<i>к.т.н., доц. Каштанов С.Ф.</i>		

8. Дата видачі завдання " 27 " жовтня 2021 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	<i>Видача завдання</i>	27.10.2021	
2	<i>Літературний огляд</i>	28.10.2021	
3	<i>Розробка експериментального стенду</i>	01.11.2021	
4	<i>Опис експериментальної установки</i>	02.11.2021	
5	<i>Методика проведення дослідження</i>	03.11.2021	
6	<i>Проведення експериментальних випробувань</i>	04.11.2021	
7	<i>Обробка та аналіз отриманих даних</i>	06.11.2021	
8	<i>Проведення CFD-моделювання</i>	08.11.2021	
9	<i>Обробка результатів CFD-моделювання</i>	15.11.2021	
10	<i>Оформлення графічної частини</i>	20.11.2021	
11	<i>Стартап-проект</i>	22.11.2021	
12	<i>Охорона праці</i>	25.11.2021	
13	<i>Оформлення пояснювальної записки</i>	27.11.2021	
14	<i>Підпис керівника магістерської дисертації</i>	28.11.2021	
15	<i>Проходження нормоконтролю</i>	29.11-05.12.2021	
16	<i>Попередній захист</i>	06.12-12.12.2021	
17	<i>Державний захист магістерської дисертації</i>	13.12-24.12.2021	

Студент

_____ (підпис)

Олександр ХАРЧЕНКО

_____ (Власне ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Науковий керівник

_____ (підпис)

Євген ШЕВЕЛЬ

_____ (Власне ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

МД: 135 с., 73 рис., 18 табл., 5 додатків, 37 джерел

Об'єкт дослідження – процеси теплообміну в низькотемпературних алюмінієвих термосифонах.

Предмет дослідження – вплив геометричних та режимних параметрів на розподіл температур (температурне поле) в системі БПТ.

Мета роботи – розробка автономного блоку живлення, складовими якого є двофазні алюмінієві термосифони та термоелектричні генератори, які в сукупності забезпечують перетворення теплової енергії в електричну за рахунок різниці температур на сторонах термоелектричного модуля. Для досягнення мети було здійснено проведення експериментального дослідження теплопроцесів в алюмінієвих термосифонах TC-Water та TC-Air для системи автономного термоелектричного генератору з метою визначення граничних теплових характеристик (максимального теплового потоку і термічного опору). А також проведення CFD-моделювання блоку передачі теплоти з метою визначення розподілу температур в системі при різних початкових умовах та знаходження температурного перепаду на стінках ТЕМО.

Метод дослідження – експериментальне дослідження та CFD-моделювання.

АЛЮМІНІЄВІ ТЕРМОСИФОНИ, БЛОК ПЕРЕДАЧІ ТЕПЛОТИ, ГЕНЕРАЦІЯ ЕНЕРГІЇ, ЕКСПЕРЕМЕНТАЛЬНЕ ВИПРОБУВАННЯ, ТЕРМОЕЛЕКТРИЧНІ ГЕНЕРАТОРИ, CFD – МОДЕЛЮВАННЯ.

THE ABSTRACT

MD: 135 p., 73 fig., 18 tab., 5 appendixes, 37 sources

The object of research is the processes of heat exchange in low-temperature aluminum thermosyphons.

The subject of research - the influence of geometric and regime parameters on the temperature distribution (temperature field) in the BPT system.

The purpose of the work is to develop an autonomous power supply unit, which includes two-phase aluminum thermosyphons and thermoelectric generators, which together provide the generation of electricity due to the temperature difference on the walls of thermoelectric modules. To achieve this goal, an experimental study of heat processes in aluminum thermosyphons TC-Water and TC-Air for the system of autonomous thermoelectric generator was carried out in order to determine the limiting thermal characteristics (maximum heat flux and thermal resistance). As well as CFD-modeling of the heat transfer unit to determine the temperature distribution in the system under different initial conditions and finding the temperature difference on the walls of TEMO.

The purpose of the work is to conduct an experimental study of heat processes in aluminum thermosyphons TC-Water and TC-Air for the system of autonomous thermoelectric generator in order to determine the limiting thermal characteristics (maximum heat flux and thermal resistance). As well as conducting CFD-modeling of the heat transfer unit to determine the temperature distribution under different boundary conditions.

Research method - experimental research and CFD-modeling.

ALUMINUM THERMOSIPHONES, CFD - MODELING, ENERGY GENERATION, EXPERIMENTAL TESTING, HEAT TRANSFER UNIT, THERMOELECTRIC GENERATORS.

ЗМІСТ

Перелік умовних позначень, символів, одиниць, скорочень і термінів.....	9
Вступ.....	11
1 Літературний огляд.....	13
1.1 Термоелектричні системи охолодження і термостатування	13
1.2 Загальні характеристики та особливості роботи замкнутих двофазних термосифонів.....	21
1.3 Дослідження теплофізичних процесів в замкнутих двофазних термосифонах.....	26
1.4 Аналіз результатів комп'ютерного моделювання теплофізичних і гідродинамічних процесів в термосифоні.....	31
2 Розробка блоку передачі теплоти з алюмінієвими термосифонами для системи автономного термоелектричного генератора.....	35
2.1 Постановка задачі.....	35
2.1.1 Вихідні дані та 3D модель термосифонів.....	36
2.2 Фізична модель процесів в блоці передачі теплоти.....	38
2.2.1 Пристрій і принцип роботи двофазних термосифонів.....	38
2.2.2 Критерії вибору матеріалу корпусу термосифона та теплоносія.....	43
2.2.3 Термоелектричний модуль.....	45
2.3 Опис стенду для експериментального дослідження.....	48
2.3.1 Експериментальна установка для «ТС-WATER».....	48
2.3.2 Експериментальна установка для «ТС-AIR».....	50
3 Результати експериментального дослідження.....	53
3.1 Максимальна теплопередаюча здатність в стаціонарних умовах роботи- Q_{MAX}	53
3.2. Результати проведення експериментів «ТС-WATER».....	55
3.3 Результати проведення експериментів «ТС-AIR(1)» та «ТС-AIR(2)»....	56

4	Методика CFD – моделювання блоку передачі теплоти.....	61
4.1	Вибір та обґрунтування пакету CFD – моделювання.....	61
4.2	Послідовність виконання CFD – моделювання в пакеті «Fluent».....	62
5	Результати CFD -моделювання.....	73
6	Розроблення стартап проекту.....	96
6.1	Опис розділу.....	96
6.2	Резюме проекту.....	96
6.3	Канва бізнес моделі проекту.....	98
6.4	Організація проект.....	98
6.5	Ключові види діяльності проекту.....	98
6.6	Ціннісні пропозиції та споживачі.....	100
6.7	Основні бізнес-процеси проекту.....	101
6.8	Характер формування споживчої цінності проекту.....	102
6.9	Технологічний аудит ідеї проекту.....	102
6.10	Зміст ідеї проекту.....	102
6.11	Аналіз ідеї проекту.....	104
6.12	SWOT-аналіз проекту.....	105
6.13	Взаємовідносини між споживачами та канали збуту.....	106
6.14	Обґрунтування ресурсів та витрат проекту	107
6.15	Грошовий потік та економічна оцінка проекту.....	109
6.16	Висновки по розділу.....	110
7	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	112
7.1.	Технічні рішення та організаційні заходи з безпечної експлуатації лабораторного стенду та засобів обчислювальної техніки при виконанні науково-дослідної роботи.....	112
7.2	Технічні рішення та організаційні заходи з гігієни праці та виробничої санітарії.....	120
7.3	Безпека в надзвичайних ситуаціях.....	123
	Висновок.....	129

Перелік посилань.....	132
Додаток А Специфікація блоку передачі теплоти.....	136
Додаток Б Специфікація термосифону TC-WATER.....	138
Додаток В Специфікація термосифону TC-AIR.....	140
Додаток Г Технічне завдання.....	142
Додаток Д Довідка про впровадження.....	149