

Міністерство освіти і науки України  
Національний технічний університет  
«Дніпровська політехніка»

Інститут електроенергетики  
(інститут)  
Електротехнічний факультет  
(факультет)  
Кафедра Електроенергетики  
(повна назва)

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**  
кваліфікаційної роботи ступеню **магістра**  
(бакалавра, спеціаліста, магістра)

студента **Ярошенка Якова Васильовича**  
(ПІБ)

академічної групи **141М-18-3**  
(шифр)

спеціальності **141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка**  
(код і назва спеціальності)

спеціалізації \_\_\_\_\_

за освітньо-професійною **141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка**  
програмою  
(офіційна назва)

на тему **Розробка наплавної сонячної електростанції на території хвостосховища Полтавського гірничозбагачувального комбінату**  
(назва за наказом ректора)

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинговою	інституційною	
кваліфікаційної роботи	Ципленков Д.В.			
розділів:				
Перший	Ципленков Д.В.			
Другий	Ципленков Д.В.			
Третій	Ципленков Д.В.			
Четвертий (економічний)	Тимошенко Л.В.			
Рецензент				
Нормоконтролер	Олішевський Г.С			

Дніпро  
2019

**ЗАТВЕРДЖЕНО:**  
завідувач кафедри  
**Електроенергетики**  
(повна назва)

\_\_\_\_\_  
(підпис)                      Рогоза М.В.  
(прізвище, ініціали)

" \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 2019 року

## ЗАВДАННЯ на кваліфікаційну роботу

**кваліфікаційної роботи ступеню \_\_\_\_\_ магістра**  
(бакалавра, спеціаліста, магістра)

студенту Ярошенко Я.В. академічної групи 141М-18-3  
(прізвище та ініціали) (шифр)

спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка  
(код і назва спеціальності)

спеціалізації \_\_\_\_\_

за освітньо-професійною програмою Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка  
(офіційна назва)

на тему Розробка наплавної сонячної електростанції на території хвостосховища  
(назва за наказом ректора)

Полтавського гірничозбагачувального комбінату

затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від 17.04.19 № 626-л

Розділ	Зміст	Термін виконання
Перший	У першому розділі проводиться аналіз загального стану енергетики в Україні і сонячної енергетики як її сегменту	11.10.19 – 21.09.19
Другий	В другому розділі кваліфікаційної роботи здійснюється обумовлення місця розташування плавучої сонячної станції з урахуванням геофізичних і погодних умов	23.10.19 – 3.11.19
Третій	В даному розділі проводяться основні розрахунки і вибір комплектуючих до СЕС	4.11.19 – 18.11.19
Четвертий (економічний)	Економічний розділ показує фінансову ефективність розрахованого проекту	20.11.19 – 8.12.19

Завдання видано \_\_\_\_\_ Ципленков Д.В.  
(підпис керівника) (прізвище, ініціали)

Дата видачі 4.09.19

Дата подання до екзаменаційної комісії

Прийнято до виконання \_\_\_\_\_ Ярошенко Я.В.  
(підпис студента) (прізвище, ініціали)

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 97 сторінок, 2 таблиці, 27 рисунків, 3 додатки, 76 джерел.

НЕТРАДИЦІЙНІ ТА ВІДНОВЛЮВАНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ, СОНЯЧНА ЕЛЕКТРОСТАНЦІЯ, ПЛАВУЧИЙ ПОНТОН, ХВОСТОСХОВИЩЕ, ГІРНИЧОЗБАГАЧВАЛЬНИЙ КОМБІНАТ, ЕНЕРГОМЕРЕЖА, ЗЕЛЕНИЙ ТАРИФ, АВТОНОМНІ ЕНЕРГОСИСТЕМИ, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС.

Об'єкт розроблення – наплавна сонячна електростанція на хвостосховищі ПрАТ «Полтавський гірничозбагачувальний комбінат».

Мета роботи – створення альтернативного джерела зеленої енергетики для продажу енергії в мережу, або покриття частини власних потреб гірничозбагачувального комбінату. Проект складається з чотирьох розділів, вступу і висновку.

Результати роботи. В першому розділі було проведено аналіз двох найпопулярніших джерел альтернативної енергетики – сонячної та вітрової. Також приведено вплив людини на навколишнє середовище і можливості використання відновлюваних джерел енергії в Україні. Перед оцінкою потенціалу і стану сегменту сонячної енергетики в державі, приведено принцип роботи сонячних панелей і прийняте нестандартне розташування плавучої станції.

В другому розділі здійснено обговорення місця розташування плавучої сонячної станції з врахуванням фізико-географічних і метеорологічних умов.

В третьому розділі проведено розрахунок і компоновання плавучої сонячної електростанції з вибором необхідних компонентів для неї.

В техніко-економічному розділі було прораховано вартість запропонованого науково-технічного рішення, і, також розрахована економічна ефективність після введення його в дію. За підсумками розрахунків було встановлено, що при використанні такої системи можна досягти значних покращень не лише в локальному економічному сегменті, а й в екологічному.

Наукова новизна полягає в тому, що пропонується використовувати нестандартні території для компоновання СЕС, і, почати локальне покращення електроенергетичної мережі і екологічної обстановки в Україні.

## ABSTRACT

Explanatory note: 97 pages, 2 tables, 27 figures, 3 attachments, 76 sources.

NON-TRADITIONAL AND RENEWABLE ENERGY SOURCES, SOLAR POWER PLANT, FLOATING PONTOON, KHVOSTOSCHOVYSCHЕ (RESERVOIR OF MINING AND PROCESING WASTE), MINING ENGAGEMENT PLANT, ENERGY NETWORK, GREEN TARIF, AUTONOMOUS ENERGY SYSTEMS, TECHNOLOGICAL PROCESS.

The object of development is a floating solar power plant at the tailing of PJSC Poltava Mining and Processing Plant.

The purpose of the work is to create an alternative source of green energy for the sale of energy to the grid, or to cover part of the mining plant's own needs. The project consists of four sections, an introduction and a conclusion.

Results of work. The first section analyzes two of the most popular sources of alternative energy - solar and wind. The impact of the person on the environment and the possibilities of using renewable energy sources in Ukraine are also given. Before assessing the potential and condition of the solar energy segment in the country, the principle of operation of solar panels and the non-standard location of the floating station will be presented.

The second section discusses the location of a floating solar station, taking into account physical, geographical and meteorological conditions.

The third section calculates and assembles a floating solar power plant with the selection of the necessary components for it.

In the technical and economic section, the cost of the proposed scientific and technical solution was calculated, and the economic efficiency after its implementation was calculated. Based on the results of the calculations, it was found that using such a system could achieve significant improvements not only in the local economic segment but also in the environmental one.

The scientific novelty is that it is proposed to use non-standard territories for the layout of the SPP, and to begin local improvement of the electricity grid and environmental situation in Ukraine.

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ І ПОЗНАЧЕНЬ.....	7
ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1 СОНЯЧНА ЕНЕРГЕТИКА В УКРАЇНІ.....	11
1.1 Аналіз сучасного стану енергетики в Україні. Вплив людини на навколишнє середовище .....	11
1.2 Можливості використання відновлюваних джерел енергії в Україні. .....	14
1.3 Сонячна електростанція в Україні. Процес роботи і обумовлення вибору місця розташування .....	19
1.3.1 Кремнієві сонячні панелі .....	20
1.3.2 Потенціал сонячної енергетики .....	21
1.3.3 Стан сонячної енергетики в Україні.....	24
1.4 Локальна сонячна електростанція з нестандартним розташуванням. .....	28
Висновок по розділу.....	36
РОЗДІЛ 2 ОБУМОВЛЕННЯ МІСЦЯ РОЗТАШУВАННЯ ПЛАВУЧОЇ СЕС.....	37
2.1. Географічні і фізичні умови розташування сонячної електростанції .....	37
2.2 Погодні умови та території хвостосховища, підприємства і регіону в цілому.....	43
Висновок по розділу .....	47
РОЗДІЛ 3 СКЛАД І КОМПАНУВАННЯ СОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ.....	48
3.1 Сонячні панелі для плавучої електростанції .....	48
3.1.1 Двосторонні сонячні панелі .....	49

3.1.2 Розрахунок потужності сонячних панелей за кліматичних умов регіону.....	51
3.2 Техніко-фізичні характеристики сонячних панелей «JOLYWOOD JWD60N315».....	54
3.3 Вибір інверторного обладнання.....	55
3.4 Кабельне устаткування.....	57
3.5 Лінії з'єднання інверторів і трансформаторних підстанцій.....	59
3.6 Трансформаторні підстанції для СЕС .....	60
3.6.1 Компонування ТП .....	62
Висновок по розділу .....	67
<b>РОЗДІЛ 4 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ПЛАВУЧОЇ СОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ.....</b>	<b>68</b>
4.1 Капітальні вкладення .....	69
4.2 Розрахунок експлуатаційних витрат.....	70
4.2.1 Амортизаційні відрахування.....	70
4.2.2 Фонд заробітної плати .....	71
4.2.3 Фонд затрат на технічне обслуговування і поточний ремонт .....	72
4.3 Розрахунок терміну окупності станції.....	72
Висновок по розділу .....	75
<b>ВИСНОВОК.....</b>	<b>76</b>
<b>ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ПОСИЛАНЬ .....</b>	<b>79</b>
<b>ДОДАТОК А .....</b>	<b>89</b>
<b>ДОДАТОК Б.....</b>	<b>90</b>
<b>ДОДАТОК В .....</b>	<b>92</b>

## **ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ І ПОЗНАЧЕНЬ**

ВДЕ – відновлювані джерела енергії;

СЕС – сонячна електростанція;

ГЗК – гірничозбагачувальний комбінат;

ПЕК – паливно-енергетичний комплекс;

НЕК – національна енерго-компанія;

ТЕС – теплова електростанція;

АЕС – атомна електростанція;

ККД – коефіцієнт корисної дії;

## ВСТУП

За останні десятиліття потреби людей в енергії зростали в геометричній прогресії. Це нормально, адже оточуюче нас середовище з кожним днем потребує все більшої кількості енергії. Це незворотній шлях до цифрової епохи, до епохи новітніх технологій, які в минулому складно було навіть уявити. Для прикладу можна привести середньостатистичну сім'ю українців у одному із великих міст. На зорі 2000 – х, років все електрообладнання в такому сімействі складалося загалом із такого: телевізор, праска, піч (можливо мікрохвильова), холодильник, пральна машина, освітлення, тощо. Зараз же, банальних зарядних приладів для більшості електроніки вже більше ніж пальців на одній руці. А якщо додати сюди і можливість «осучаснити» свої апартаменти системою «Розумний дім», то отримаємо колосальну різницю з енергоспоживання.

Додавши до цього списку щорічно зростаючі тарифи на: опалення, електричну енергію, воду – можна зробити певний підсумок, що такі показники використання енергії в грошовому еквіваленті можуть стати вкрай важкими для сімейного бюджету. Адже дуже важко в наш час уявити будь-яку перспективну сферу зайнятості, де не використовують технології, що потребують електроспоживання. Якщо звернутись до цифр, то в 2018 році [1] середнє енергоспоживання в Україні зросло на 2.3% і це навіть з урахуванням втрат в енергомережі. Загалом – кількість спожитої електроенергії сягнула 153214 кВт\год. Найбільшими споживачами стали: населення, аграрна промисловість та будівництво.

Довгі роки, основними видами енергії в цілому світі залишається викопне паливо. Прості причини такої тенденції – ціна\якість. Навіть не зважаючи на ціни, що постійно коливаються (мається на увазі нафта і газ), спричиняючи в свою чергу проблеми для економіки різних країн, ресурси із надр нашої планети є найвигіднішими на даний момент з фінансової точки зору.

Проте, за останні десятиліття, прогрес, що спіткав людство в купі з нинішніми екологічними проблемами, відкриває двері до нових ідей. Навіть не зважаючи на те, що за різними експертними оцінками, викопного палива нам має вистачити ще на два-три покоління людей, вже зараз, інші говорять, що ми давно



минули «точку неповернення» і з кожною секундою врятувати навколишнє середовище або принаймні покращити екологічну обстановку стає все складніше. Також слід додати сюди і те, що на фоні енерговикористання нафти і газу відбуваються глобальні конфлікти.

На фоні багатьох чинників, зокрема і вище перерахованих, частка відновлюваних джерел енергії в загальних електромережах провідних країн світу, збільшується щороку. Можливо, це спровоковано і завдяки піару на фоні всіх наших енергетичних і екологічних проблем, але так чи інакше, поступово, в світі відмовляються від ідеї використання традиційних енергоресурсів або принаймні від спалювання твердих паливних елементів, що супроводжуються значними викидами в атмосферу шкідливих речовин.

Одним із найбільш актуальних рішень є – сонячні електростанції. Всі позитивні і негативні моменти в більш глобальному розгляді будуть представлені нижче. Тут, можна додати, що вже зараз структура створення сонячних панелей і вироблення енергії за допомогою нашого світила, кардинально відрізняється від своїх прототипів 5 – 10 річної давнини, не говорячи про початок ХХІ-го і кінець ХХ-го століття.

Але все таки, один значний мінус хотілося б згадати ще на початку, це енергомережі, шляхи передавання електроенергії в Україні. Навіть на зважаючи на те, що при своєму проектуванні вони розроблялися із можливістю збільшення передаваної потужності, вже зараз існують проблеми, які пов'язані із застарілим обладнанням і потребою частково їх розведення (розвантаження). Саме останній пункт, дає змогу здійснити «нетрадиційна» енергетика. Адже за допомогою відновлюваних джерел енергії (в подальшому ВДЕ) можна створити децентралізовані енергомережі шляхом їх автономного електропостачання за рахунок сонячних електростанцій або інших потужностей зеленої енергетики.

Отже, відновлювані джерела енергії в такому випадку виглядають промінням надії, і, сам шлях до використання «зеленої енергетики» вже зараз починає перетворюватися на буденну реальність, а не фантастичні ідеї «гіків», які намагаються змінити світ.

Важливість і актуальність даної магістерської роботи полягає у дослідженні неспецифічного регіону України на потенціал відновлюваної енергетики, сонячної енергетики і створенні нової сонячної електростанції для наших умов, а

саме – плавучої СЕС. Також, це аналіз локальної території, що обмежена певними географічними, фізичним і промисловими об'єктами, для отримання результатів, що дозволять розробити ефективну автономну систему енергопостачання з використанням електричних фотомодулів, що виробляють електроенергію з сонячного випромінювання. В подальшому, це дозволить не лише збільшити виробництво електроенергії, а й також покращити її якість за рахунок впровадження нових технологій, вплинути на ефект децентралізації не лише в суспільно-політичному устрої України, а і в енергетичному. Тим самим, це призведе до збільшення долі генерування енергії на базі відновлюваних джерел, і, як локальному, так і глобальному позитивному впливу на екологічну і соціальну ситуацію в регіоні та країні в цілому.

Об'єкт дослідження: можливість розташування плаваючої сонячної електростанції в нестандартних умовах.

Суб'єкт дослідження: хвостосховище відходів виробництва Полтавського гірничо-збагачувального комбінату (ГЗК), що розташований в місті Горішні Плавні, Полтавської області.

Ціль дипломного проекту (назва проекту) полягає у проведенні дослідження потенціалу і всіх можливих аспектів, які можуть впливати на генерацію електроенергії плавучої сонячної електростанції в нестандартних умовах. А також розрахунок і проектування даної СЕС для вироблення електроенергії в загальну енергомережу України.

До завдань цього проекту слід віднести:

- Вибір місця розташування плавучої сонячної електростанції;
- Розрахунок габаритів СЕС і території яку вона може займати;
- Визначити можливий і технічний потенціал сонячних ресурсів для вибраної території;
- Обрати найбільш доцільні компоненти для проектування плавучої СЕС;
- Розробити схему електропостачання для плавучої СЕС;
- Розрахувати економічну доцільність даного проекту на основі існуючих даних.

## ВИСНОВОК

Підбиваючи підсумки, перш за все, хотілося би зазначити, що вибір місця розташування зіграв важливу роль у розрахунку СЕС, адже вже готові промислові енергетичні умови дуже важко в наш час знайти у вільному доступі. До того ж плавуча платформа на таких технологічних об'єктах як хвостосховище, ще не проходила експлуатацію в жодній з країн світу.

Загалом, подібне географічне розташування має ряд своїх особливостей. В першу чергу це звичайно що, сама взаємодія плавучої СЕС, до того ж такої потужної (280 МВт), з вже встановленими енергоносіями і споживачами на потужному гірничо-видобувному комбінаті викликає деякі умовності, наприклад якість вже існуючого обладнання, технологічний процес ГЗК, та ін. Проте, керуючись думкою, що розташування СЕС таких масштабів повинно, безумовно, тягти за собою покращення енергомережі, принаймні локально, можна розраховувати на позитивний результат взаємодії «зеленого» джерела енергії з промисловством, яке, можна сказати не завдає позитивного впливу на екологічну обстановку в регіоні.

Також, не слід забувати і про процеси введення в дію і обслуговуванню СЕС, потрібно дотримуватися чіткого логістичного контролю аби не впливати на технологічний процес ГЗК.

Але, в більшості своїй, подібний проект має бути виграшним для всіх сторін. Адже:

*По-перше.* Це, як вже було написано раніше, повинно збурити дії задля покращення енергомереж в цілому регіоні (як мінімум). Тому що, електроенергія вироблена від ВДЕ володіє неймовірною якістю, економічністю і екологічністю. Саме тому, транспортування її повинно відбуватися відповідними магістралями.

*По-друге.* Покращення екологічної ситуації, особливо в регіонах де знаходяться важкі гірничі підприємства, є для нашої країни вкрай важливим. Розташували плавучий каскад сонячної електростанції на хвостосховищі, ми зможемо в десятки (або і сотні) разів зменшити викиди шкідливих речовин разом з пилом від відстійника хвостосховища. Також, це позитивно повпливає на флору та фауну

навколишнього середовища, адже рідина з резервуару буде затримуватися і використовуватися частіше, через це потреби в чистій воді будуть значно меншими, а викиди шкідливої досягнуть свого можливого мінімуму.

*По-третьє.* Що стосується самого технологічного процесу ГЗК, то, така масивна конструкція СЕС (майже 280 га), яка розміститься в чаші хвостосховища, дозволить використовувати його і мати прямий доступ до рідини в ньому, на протязі всього календарного року, адже взимку, через температуру, яка буде підвищена через роботу СЕС (локально) рідина в середині сховища не буде замерзати. Також, додаткові палі (сваї), які розташуються на «березі» хвостосховища, послугують додатковими тримачами форми його чаші, а це дозволить зменшити кількість процесів досипання нових шарів піску та ін. Тобто, такий масивний каскад СЕС допоможе не лише заощаджувати підприємству на електроенергії, а й на догляді за хвостосховищем. Звичайно, будівництво плавучої станції не зменшує відповідальність за працездатність та екологічність ГЗК, проте воно дає змогу розгромидити такі питання.

*По-четверте.* Плавуча СЕС, дозволить певною мірою обійти деякі гострі питання, що стосуються класичних сонячних електростанцій. Адже, не потрібно вести діалоги про земельні ділянки, не потрібно проходити значний процес (який може бути більше строку будівництва СЕС) для отримання всіх необхідних дозволів. Так як ПГЗК знаходиться в приватній власності, з всіма дозволами і врегульованими питаннями можна цей процес перед будівництвом, значною мірою, скоротити.

Після проведення розрахунків, вибору всіх необхідних комплектуючих було отримано хороші показники вироблення електроенергії протягом року, високий ККД. Звичайно, що цінність комплектуючих, для такого виду електростанції достатньо висока, навіть без врахування транспортних послуг, але слід пам'ятати, що подібного роду станція буде позитивно впливати на загальний стан енергомережі локально у регіоні, та в цілому в Україні.

Отже плавуча сонячна електростанція може розглядатись на рівні із стандартними, класичними СЕС.

Взагалі, всі аспекти впливу саме плавучої СЕС на енергосистему, екологію та ін., можна винести в окрему групу тезисів. Так як, подібних проектів, мається на увазі СЕС на хвостосховищі (яке ще працює), ніхто не робив, важко точно спрогнозувати всі можливі пункти і теми, які стосуються всіх процесів від проектування і отримання дозволів, до будівництва і введення в експлуатацію. Проте, вже зараз очевидно, що переваг повинно бути значно більше.

Таким чином, якщо вже зараз почати подібну програму децентралізації, завтра (звичайно метафорично) ми зможемо вийти на якісно новий рівень не лише в енергоспоживанні і енергопостачанні, а й в соціально-економічному сегменті.

ВДЕ це привабливий сегмент капіталовкладень і інвестування, в тому числі і закордонних програм. Якщо вірити вченим-дослідникам навколишнього середовища, то незворотна точка, або ж «точка неповернення» в плані забруднення навколишнього середовища людством пройдена десятком років тому, і, найменше, що ми можемо зробити зараз, це спробувати зменшити відсоток негативного впливу на природу нашої планети, принаймні спробувати, адже Земля, як і Україна, у нас – одна.

Для більш детального ознайомлення з матеріалами кваліфікаційної роботи звертайтеся до заступника завідуючого кафедри електроенергетики проф. Луценко І.М.  
Електронна адреса [lutsenko.i.m@nmu.one](mailto:lutsenko.i.m@nmu.one)