

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
другого (магістерського) рівня освіти

на тему:

«ОБҐРУНТУВАННЯ СТРУКТУРИ ТА ПАРАМЕТРІВ МАЛОЇ
ГІДРОЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ ДЛЯ ЇЇ РОБОТИ В ЕНЕРГОСИСТЕМІ ЗА
«ЗЕЛЕНИМ» ТАРИФОМ »

Виконав: студент VI курсу
групи Ен-61 спеціальності
141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Микитин Р.О.

Керівник: Бабич М.І.

Рецензент: Лиса О.В.

ДУБЛЯНИ 2024

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

Рівень вищої освіти – *другий (магістерський) рівень*

Спеціальність 141 «*Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка*»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри _____
к.т.н., доцент С.В Сиротюк
“ _____ ” _____ 202_ р.

З А В Д А Н Н Я
на кваліфікаційну роботу студенту
Микитину Роману Олеговичу

Тема роботи: «Обґрунтування структури та параметрів малої гідроелектростанції для її роботи в енергосистемі за «Зеленим» тарифом»

Керівник роботи: _____ к.т.н., доцент, Бабич М.І.

затверджені наказом по університету від “12” вересня 2024р., № ____ /к-с.

1. Строк подання студентом роботи: _____.2024р.

2. Вихідні дані до роботи:

3. Вихідні дані до роботи: *матеріали літературного огляду, патентного пошуку і аналізу існуючих типів гідроелектростанцій та схем електрозабезпечення, довідкова та спеціальна література, аналіз останніх досягнень науки і техніки в галузі енергозабезпечення за рахунок потенціалу малої гідроенергетики.*

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які необхідно розробити)

Вступ

1. Аналіз стану питання в теорії та практиці

2. Обґрунтування системи електрозабезпечення автономного об'єкта за рахунок використання гідроенергії гірської річки

3. Методика обґрунтування параметрів гідроелектростанції на гірській річці

4. Охорона праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях

5. Техніко-економічне обґрунтування розробок кваліфікаційної роботи

Висновки

Перелік джерел посилання

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):
Графічний матеріал представлено у вигляді презентації.

6. Консультанти з розділів кваліфікаційної роботи:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада Консультанта	Підпис, дата		Відмітка про виконання
		завдання видав	завдання прийняв	
4	<i>Городецький І.М. к.т.н, доцент</i>			

7. Дата видачі завдання 12.09.2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ етапу	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Відмітка про виконання
1.	Отримання завдання. Вивчення рекомендованої літератури за темою КР, написання аналітичного огляду кваліфікаційної роботи, вивчення об'єкту (I розділ роботи).	12.09.2024 – 25.09.2024	
2.	Написання методичної частини роботи (II розділ роботи).	26.09.2024 – 01.11.2024	
3.	Розроблення установки, вибір та обґрунтування позицій щодо реалізації результатів роботи. Розроблення питань з охорони праці, Написання економічної частини. (III- V розділи роботи).	02.11.2024 – 24.11.2024	
4.	Кінцеве оформлення кваліфікаційної роботи та оформлення ілюстративних матеріалів, таблиць, здача КР на рецензування.	25.11.2024 – 01.12.2024	
5.	Підготовка до захисту в ЕК (написання доповіді). Пробний захист на кафедрі, виправлення зауважень. Завершення кваліфікаційної роботи в цілому	02.12.2024 – 06.12.2024	

Студент

_____ Микитин Р.О
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник кваліфікаційної роботи

_____ Бабич М.І
(підпис) (прізвище та ініціали)

УДК 658.630

Кваліфікаційна робота: 69 ст. текстової частини, 2 табл., 27 рис., 15 найменувань бібліографічних джерел.

Обґрунтування структури та параметрів малої гідроелектростанції для її роботи в енергосистемі за «зеленим» тарифом. Микитин Роман Олегович. Кваліфікаційна робота. Кафедра енергетики. Дубляни, Львівський НУП, 2024.

У кваліфікаційній роботі обґрунтовано структуру та параметри малої гідроелектростанції для її роботи в енергосистемі за «зеленим» тарифом.

Встановлено, що для ефективної генерації електроенергії під програму «зеленого» тарифу потрібна гідроелектростанція 200кВт .

Обґрунтовано тип, схему керування з використанням баластного навантаження, структуру і характеристики ГЕС, зокрема обґрунтовано гідроагрегат у складі турбіни Каплана і синхронного генератора. З врахуванням втрат, визначено встановлену потужність ГЕС, яка становить 200 кВт.

Розглянуто питання охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях.

Встановлено, що річний виробіток електричної енергії складатиме 1,050,000кВт·год/рік при собівартості 1 грн/кВт·год, а вкладені кошти в будівництво ГЕС окупляться за 5,5 роки.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1. АНАЛІЗ СТАНУ ПИТАННЯ В ТЕОРІЇ ТА ПРАКТИЦІ.....	7
1.1. Аналіз стану малої гідроенергетики та ефективності використання гідроенергетичного потенціалу річок України	7
1.2. Аналіз існуючих типів гідроелектростанцій та особливостей їх використання на річках	10
1.3. Обґрунтування теми, мети та об'єкту досліджень	13
2. АНАЛІЗ СТРУКТУРИ ТА ПАРАМЕТРІВ МАЛОЇ ГІДРОЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ	14
2.1 Розбір загальноприйнятих структур функціонування гідроелектростанції і її функціонування у комплексі	14
2.2 Теоретична оцінка продуктивності річки і вибір гідротурбіни	18
2.3 Аналіз гідроелектростанції з урахуванням роботи за програмою «Зелений тариф».....	28
3. ОБґРУНТУВАННЯ СТРУКТУРИ ТА ПАРАМЕТРІВ.....	30
3.1 Обґрунтування структури гідроелектростанції	30
3.2 Визначення гідроенергетичного потенціалу досліджуваної річки	33
3.4 Розрахунок параметрів гідротурбіни Каплана , генератора і їх компонентів.	44
3.5 Підстанція і контрольні системи	49
3.6 Обґрунтування комплексу малої гідроелектростанції під програму зеленого тарифу.....	54
4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	57
4.1 Структурно-функціональний аналіз процесу виробництва електричної енергії на гідроелектростанціях та розроблення моделі	57
4.2 Вимоги безпеки під час експлуатації гідроелектростанції	58
4.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях	60
5. РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ДОЦІЛЬНОСТІ БУДІВНИЦТВА МАЛОЇ ГІДРОЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ ПІД ПРОГРАМУ «ЗЕЛЕНОГО ТАРИФУ».....	62
ВИСНОВКИ.....	66
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	68

ВСТУП

Питання використання відновлювальних джерел енергії для генерації електроенергії вже не один рік турбує населення провідних країн світу. Атомна енергетика, видобуток твердопаливних ресурсів і природного газу призводять до кризи, а саме такої як зміна кліматичних умов, забруднення води і повітря, зміна ландшафтів, загроза масового вимирання.

Збереження кліматичних умов і запобігання глобального потепління це є головна ціль усього цивілізованого світу, а особливо України. Головна проблематика України полягає в потребі постійного видобутку твердопаливного палива, через що економічний сектор перебуває в списку найбільш проблемних галузей економіки. Опираючись на даний вид генерації електроенергії країна стає залежною від видобутку ресурсів тим самим породжуючи корупцію, монополізацію і призводить до 76% викидів парникових газів в атмосферу тим самим забруднюючи довкілля.

Відновлювальні джерела енергії або скорочено «ВДЕ» - це ресурси які відновлюються за короткий період часу, а саме енергія води(хвилі, припливи, течії), сонячне світло, вітер. ВДЕ дозволяють покрити потребу електроенергії забезпечивши приватний сектор, сільськогосподарські господарства і саме головне промисловість. Одним із головних джерел відновлювальної енергії є гідроелектростанції які не спричиняють викидів CO₂ під час генерації електроенергії і забезпечують стабільне постачання електроенергії що важливо для розвитку економічного сектору.

Доступність ВДЕ створює можливість покривати власні потреби електроенергії, а також заробляти фінансовий капітал з надлишків розподіляючи в мережу.

1. АНАЛІЗ СТАНУ ПИТАННЯ В ТЕОРІЇ ТА ПРАКТИЦІ

1.1. Аналіз стану малої гідроенергетики та ефективності використання гідроенергетичного потенціалу річок України

Україна має великий потенціал для використання водних ресурсів малих річок у енергетичних цілях, особливо в Карпатському регіоні, що становить близько 28% загального гідро потенціалу країни. Використання цього потенціалу дозволяє значно зекономити паливно-енергетичні ресурси та сприяє децентралізації енергетичної системи, що вирішує проблеми енергопостачання віддалених районів. В Україні налічується близько 23 000 річок, з яких лише 110 мають довжину понад 100 км, тому основні ресурси гідроенергетики зосереджені на малих річках, переважно в Карпатах (Закарпатська, Львівська, Івано-Франківська та Чернівецька області).

Станом на січень 2018 року в Україні функціонувало 136 малих гідроелектростанцій (МГЕС) із загальною потужністю 94,6 МВт, які у 2017 році виробили 212,5 млн кВт · год електроенергії.

В Україні планується будівництво кількох сотень малих ГЕС у Закарпатській області, від півсотні до півтори сотні в Івано-Франківській області, та до двох десятків у Львівській та Чернівецькій областях. Згідно з цими планами, у верхів'ях гірських річок буде збудовано каскади малих гідроелектростанцій дериваційного та пригребельного типу, а також водосховища для гідроаккумуляції. Наприклад, у Закарпатській області планується побудувати 360 міні ГЕС та сотні водосховищ у верхів'ях малих річок Карпат, які зберегли свою природну морфологію та екосистеми.

Однак будівництво МГЕС має не лише переваги, але й серйозні екологічні недоліки. Зокрема, можливе затоплення великих ділянок землі, зникнення цінних порід риб та втрата родючих ґрунтів. Тому розвиток гідроенергетики потребує усунення екологічних ризиків та впровадження заходів для зменшення

негативного впливу на довкілля. Сьогодні місця для будівництва МГЕС в Україні визначаються інвесторами, що не завжди враховує екологічні аспекти.

Третина запланованих малих гідроелектростанцій (МГЕС) у Закарпатті, згідно з місцевими та обласними схемами розташування, опинилися на територіях природно-заповідного фонду, що суперечить законам України про охорону природи. Сучасні дослідження показують, що гідроенергетику не можна вважати повністю відновлюваним джерелом енергії, оскільки справжню силу вода генерує у природних річках. Каскад малих ГЕС фрагментує річку, змінюючи її природний плин та гідрологічний потенціал. Мала гідроенергетика України наразі становить лише 0,2% від загальної електрогенерації, але за енергетичною стратегією до 2030 року її частка має зрости до 1,6%. Проте, поспішне будівництво малих ГЕС у Карпатах може мати негативний вплив на екологічні системи регіону.

Більшість гідроелектростанцій в Україні є великими енергетичними установками з водосховищами, розташованими в основному руслі річок Дніпро і Дністер. Деякі з них використовують водосховища разом з гідроакумуючими станціями (ГАЕС). Значна частина ГЕС України складається з малих ГЕС, потужність яких до 10 МВт, а також міні ГЕС (100-1000 кВт) та мікро ГЕС (до 100 кВт). За використанням водних ресурсів та концентрації напорів, ГЕС поділяють на руслові, пригреблеві, дериваційні, гідроакумуючі та припливні. Малі ГЕС бувають двох видів: ті, що працюють завдяки створеному напору (руслові та пригреблеві), та ті, що використовують енергію швидкості води без штучного створення напору (дериваційні). Малі ГЕС з греблею або дериваційним водоводом є найпоширенішими гідроенергетичними об'єктами, які будуватимуться або відновлюватимуться в Україні. Вони можуть використовувати або не використовувати водосховище для зберігання води. Використання малих ГЕС є виправданим з точки зору економії викопних паливних ресурсів та скорочення викидів парникових газів, оскільки використовується кінетична та гравітаційна енергія води.

Основні переваги сучасних малих ГЕС включають використання відновлюваної енергії водних ресурсів, підвищення енергонезалежності віддалених районів, низьку собівартість електроенергії, відсутність шкідливих викидів в атмосферу та високу маневреність у порівнянні з ТЕС та АЕС.

Проте, поряд з цими перевагами, малі ГЕС мають значні недоліки, які зосереджуються на негативному впливі на довкілля. Основні недоліки малих ГЕС включають негативний вплив на іхтіофауну через відсутність рибоходів, що призводить до зникнення унікальних видів риб, осушення річок, збільшення кількості паводків, замулення водосховищ, забруднення прилеглих територій та неестетичний вигляд дериваційних каналів. Крім того, малі ГЕС негативно впливають на рекреацію та розвиток туристичного бізнесу, що особливо актуально для Карпатського регіону. Карпати є заповідною та природоохоронною зоною і одним з ключових туристичних центрів України, який щороку відвідує понад 2 мільйони туристів. Масове будівництво малих ГЕС знижує туристичну привабливість Карпат і є небезпечним для природи цього регіону.

Тому будівництво малих ГЕС вимагає ретельного управління експлуатацією цих об'єктів відповідно до принципів належної екологічної практики, що дозволяє ефективно вирішувати питання якості води, контролю паводків, забезпечення потреб рибного господарства, рекреації та поповнення стоку в умовах межені. У наступних розділах наведено результати аналізу технологічних особливостей будівництва та експлуатації малих ГЕС, а також аналіз переваг та недоліків будівництва малих ГЕС у Карпатському регіоні (Закарпатська, Чернівецька, Івано-Франківська та Львівська області) [1]

1.2. Аналіз існуючих типів гідроелектростанцій та особливостей їх використання на річках

Виробництво електроенергії з використанням енергії води вважається добре відпрацьованою і перевіреною технологією. Традиційний спосіб виробництва електроенергії базується на використанні кінетичної енергії води, що утворюється під час падіння води з висоти і проходить через турбіну, обертаючи її та приводячи в дію електричний генератор. Кількість кінетичної енергії, що надходить до турбіни, визначається напором і витратою води, яка проходить через турбіну. Складові елементи об'єктів малої гідроенергетики є практично однаковими і включають турбіни, генераторні установки, будівлю електростанції, турбінний водовід, водоприймальну/водозабірну споруду, системи контролю і відповідний канал..

Класифікація ГЕС і ГАЕС підрозділяють за встановленою потужністю (для ГАЕС по потужності в генераторному режимі) на :

- потужні – більше 1000 МВт;
- середньої потужності – від 30 до 1000 МВт;
- малої потужності – менше 30 МВт.

Потужність ГЕС безпосередньо залежить від натиску води, а також від ККД використовуваного турбогенератора. Через те, що за природними законами рівень води постійно змінюється, в залежності від сезону, а також ще з низки причин, в якості вираження потужності гідроелектричної станції прийнято брати циклічну потужність.

Залежно від напору води, в ГЕС застосовуються різні види турбін. Для високонапірних - ковшові і радіально-осьові турбіни з металевими спіральними камерами. На середньонапірних ГЕС встановлюються поворотлопастні і радіальноосьові турбіни, на низьконапірних - поворотлопастні турбіни в залізобетонних камерах. Принцип роботи всіх видів турбін схожий: вода, що знаходиться під тиском (напір води), надходить на лопаті турбіни, які починають обертатися. Механічна енергія обертання турбіни передається на поєднаний з

нею електрогенератор, який виробляє електроенергію. Турбіни розрізняються за деякими технічними характеристиками, а також камерами - залізними або залізобетонними, і розраховані на різний натиск води.

Види гідроелектростанцій:

Руслові ГЕС (рис 1.1) — це зазвичай низьконапірні станції, де напір води створюється безпосередньо за рахунок побудованої греблі, яка повністю перегороджує річку і піднімає воду на потрібний рівень.

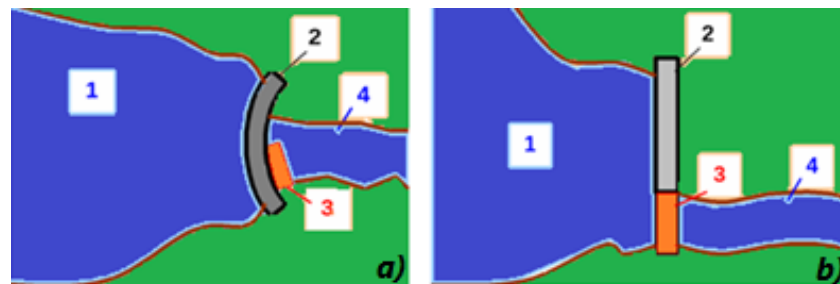


Рисунок 1.1 - Руслові ГЕС : а) руслова ГЕС на рівнинній річці; б) руслова ГЕС на гірській річці; 1- водосховища; 2- греблі; 3- будівлі ГЕС; 4- водоскиди

Будівля ГЕС входить до складу греблі і безпосередньо приймає напір води. Інколи це єдина споруда, що здатна пропускати воду, оскільки в греблі не передбачені інші спеціальні водоспускні отвори чи шлюзи (рис. 1.3). Такі гідро об'єкти будують на повноводних рівнинних річках та гірських річках, у місцях, де є вузьке русло з високими берегами .



Рисунок 1.3 - Візуалізація руслової ГЕС

Пригреблеві ГЕС (рис. 1.4) — високо напірні станції, в яких будівля ГЕС розташована за греблею, в її нижній частині. Вода до турбін станції подається через спеціальні напірні лотки чи тунелі, а не безпосередньо як в руслових. Висота греблі в цьому випадку значно вища, ніж у руслових ГЕС, інколи це може бути і дві греблі. Обмежувальним чинником висоти греблі і водночас потужності таких ГЕС є площа затоплення і підтоплення навколишніх земель (не тільки прилеглих)

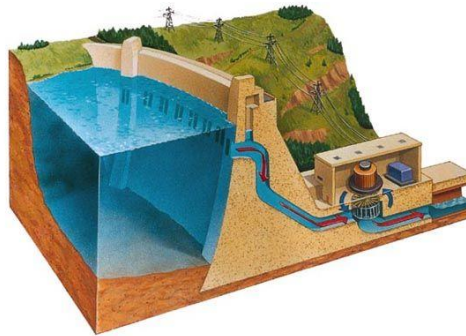


Рисунок 1.4 - Візуалізація пригреблевої ГЕС

Дериваційні ГЕС (рис. 1.5) — станції, напір води для яких створюється за рахунок напірної чи безнапірної деривації. Під деривацією у гідротехніці розуміють сукупність гідротехнічних споруд, що відводять воду з річки, водосховища або іншої водойми і підводять її до відповідних гідротехнічних споруд. Розрізняють такі типи дериваційних споруд — безнапірні (канал, тунель, лоток) і напірні (трубопровід, напірний тунель). Напірний тип застосовується в тому разі, якщо є істотні (більше кількох метрів) сезонні або тимчасові коливання рівня води в місці її забору. Воду трубою, каналом чи лотком відводять з русла на певну відстань до споруди ГЕС, яка розташована нижче за течією. Такі станції доцільно будувати у тих місцях (переважно гірських), де великий похил річки. У випадку напірної деривації водовід прокладається під великим похилом, або ж будується гребля, яка створює водосховище — змішана деривація, бо використовує два способи створення необхідної концентрації води.

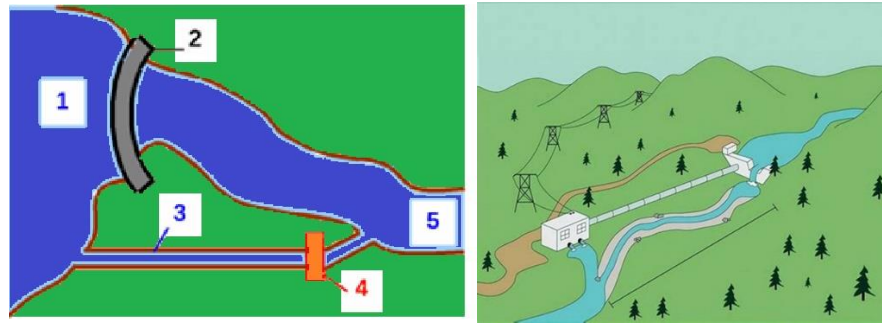


Рисунок 1.5 - Дериваційна напірна ГЕС :1 – гребля; 2 – дериваційний канал; 3 – будівля ГЕС; 4 – водоканал; 5 – водоскид

1.3. Обґрунтування теми, мети та об'єкту досліджень

Темою дослідження даної дипломної роботи виступає «Обґрунтування структури та параметрів малої гідроелектростанції для її роботи в енергосистемі за «зеленим» тарифом». Тема є актуальною через зростаючу потребу в екологічно чистих джерелах енергії та підтримку державних програм, спрямованих на розвиток відновлюваних джерел енергії.

Метою дослідження є аналіз ефективності та перспектив розвитку малих гідроелектростанцій в умовах зеленого тарифу. Це включає оцінку економічної доцільності, екологічних переваг та технічних аспектів впровадження таких станцій.

Об'єктом дослідження є мала гідроелектростанція, яка використовується для виробництва електроенергії з відновлюваних джерел. Це включає вивчення її конструкції, принцип роботи, а також впливу на навколишнє середовище.

Предметом дослідження є конкретні аспекти функціонування малих гідроелектростанцій під зелений тариф, такі як економічна ефективність, технічні характеристики, правові та регуляторні аспекти, а також вплив на екологію.

Проводячи аналіз існуючих малих гідроелектростанцій та їх ефективності можна оцінити економічну доцільність впровадження малих ГЕС під зелений тариф. Ці обґрунтування допоможуть структурувати дослідження та забезпечити його цілісність і наукову значущість

2.АНАЛІЗ СТРУКТУРИ ТА ПАРАМЕТРІВ МАЛОЇ ГІДРОЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ

2.1 Розбір загальноприйнятих структур функціонування гідроелектростанції і її функціонування у комплексі

В минулому розділі було розглянуто варіанти облаштування гідроелектростанцій на малих річках які залежали від природніх умов тим самим проаналізувавши особливості кожного варіанту. В даному розділі буде проведено аналіз структури гідроелектростанції і її компонентів. (рис 2.1)

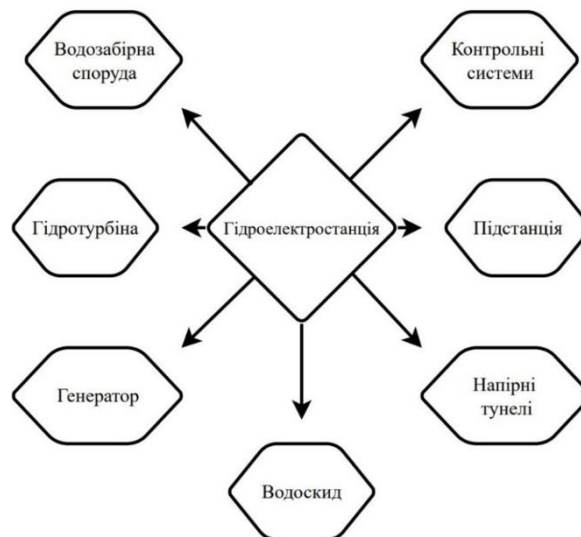


Рисунок 2.1 – Структурна схема гідроелектростанції

Детальне розуміння структури та функціонування гідроелектростанцій дозволяє краще оцінити їх значення в енергетичній системі та можливості для їх вдосконалення. Тому розглянемо кожен з пунктів докладніше:

Водозабірна споруда: Водозабірна споруда складається з різних елементів, таких як гребля, канали та фільтри, які запобігають потраплянню сміття в турбіни. Водозабірні канали спрямовують воду до напірних тунелів або безпосередньо до турбін. Фільтри очищують воду від сміття та відкладень, що можуть пошкодити турбіни.

- Функція: Забезпечує забір води з річки або водосховища.

- Приклади: Гребля, водозабірні канали.
- Важливість: Контролює об'єм води, що надходить до гідротурбін, запобігає надмірному витоку води.

Гідротурбіни: Гідротурбіни є основною частиною механізму, що перетворює енергію води в механічну енергію. Турбіни повинні бути виготовлені з міцних матеріалів, таких як сталь або алюміній, щоб витримувати великі навантаження. Правильний вибір та обслуговування гідротурбін є критичними для ефективної роботи гідроелектростанції.[5]

- Функція: Перетворюють кінетичну та потенційну енергію води в механічну енергію.
- Види: Радіально-осьові, осьові, пропелерні.
- Важливість: Є основним механічним пристроєм для виробництва енергії.

Генератори: Генератори перетворюють механічну енергію обертання турбін у електричну енергію за допомогою електромагнітної індукції. Генератори складаються з ротора, статора, обмоток та системи охолодження. Важливо, щоб генератори були правильно встановлені та налаштовані для оптимальної роботи. Генератори повинні бути захищені від впливу зовнішніх факторів, таких як волога та пил. Надійність і ефективність генераторів визначають економічну вигоду від роботи гідроелектростанції.

- Функція: Перетворюють механічну енергію турбін в електричну енергію.
- Принцип роботи: Використання електромагнітної індукції для генерації струму.
- Важливість: Генерація електроенергії для передачі в мережу.

Водоскид: Водоскид є важливим елементом гідроелектростанції, що забезпечує контроль рівня води у водосховищі. Водоскид запобігає переповненню водосховища та можливим повеням. Важливою функцією водоскиду є збереження безпеки гідроелектростанції та навколишніх територій. Забезпечення правильної роботи водоскиду є пріоритетом для операторів гідроелектростанції.

- Функція: Контролює рівень води у водосховищі та запобігає переповненню.
- Типи: Регульовані, нерегульовані.
- Важливість: Забезпечує безпеку гідроелектростанції та запобігає повеням.

Напірні тунелі та трубопроводи: Напірні тунелі та трубопроводи забезпечують ефективний транспорт води від водозабірної споруди до турбін. Підтримка високого тиску води в тунелях є критичною для ефективної роботи турбін.

- Функція: Транспортують воду від водозабірної споруди до гідротурбін.
- Матеріали: Бетон, сталь, полімери.
- Важливість: Забезпечують ефективний та безпечний транспорт води до турбін.

Підстанція: Підстанція відіграє ключову роль у передачі електроенергії від гідроелектростанції до електричної мережі. Вона включає трансформатори, вимикачі, захисні пристрої та системи управління. Трансформатори підвищують або знижують напругу електроенергії для ефективної передачі на великі відстані.

- Функція: Підвищує або знижує напругу електроенергії перед передачею в електричну мережу.
- Компоненти: Трансформатори, вимикачі, захисні пристрої.
- Важливість: Забезпечує передачу електроенергії з оптимальною напругою та захист системи.

Контрольні системи: Контрольні системи забезпечують управління та моніторинг всіх операцій гідроелектростанції. Вони включають автоматизовані системи керування, датчики та системи моніторингу. Автоматизовані системи дозволяють оптимізувати роботу турбін, генераторів та інших компонентів, забезпечуючи максимальну ефективність виробництва електроенергії. Датчики вимірюють різні параметри, такі як рівень води, тиск, температура та стан обладнання. Системи моніторингу збирають та аналізують дані

- Функція: Управляють роботою гідроелектростанції та забезпечують її безпеку.

- Технології: Автоматизовані системи керування, датчики, системи моніторингу.
- Важливість: Забезпечують стабільну та безпечну роботу всіх компонентів станції.

Розглянувши структурну схему і розібравши особливості компонентів гідроелектростанції варто проаналізувати принцип роботи генерації гідроенергії у комплексі.

Найбільш простим і ефективним для генерації електроенергії вважається принцип використання деривації водного потоку який і розглянеться в даній роботі . Деривація – це рішення яке дозволяє розташуватися коло річки вивівши воду трубопроводами на турбіну, після чого скидати воду далі в річку не порушуючи водний протік в подальшій частині річки. (рис 2.2)Цей принцип за часту використовується у гірській місцевості.[4]



Рисунок 2.2 – Гідроелектростанція яка використовує принцип деривації води

Вода протікаючи руслом річки потрапляє у водозабірну споруду тим самим заповнює водозабірний резервуар. Набравши необхідний рівень води транспортується напірним тунелем під високим тиском на гідротурбіну тим самим перетворюючи механічну енергію води в електричну. Згенерована електроенергія після чого потрапляє на підстанцію і розподіляється в мережу.

2.2 Теоретична оцінка продуктивності річки і вибір гідротурбіни

Теоретично правильна оцінка продуктивності річки і розташування на ній є одними із головних факторів високопродуктивної гідроелектростанції. При теоретичному аналізі можна розглянути суттєву кількість варіантів розташування гідроелектростанції і спрогнозувати стабільність роботи.

Ефективного вибору річки можна досягнути використовуючи наступні розрахунки

- Визначенням потенціалу втраченої енергії

Річка яка протікає з точки А в точку В, з висоти Z_A до Z_B , втрачаючи потенційну енергію, що відповідає перепаду висоти (рис 2.3).

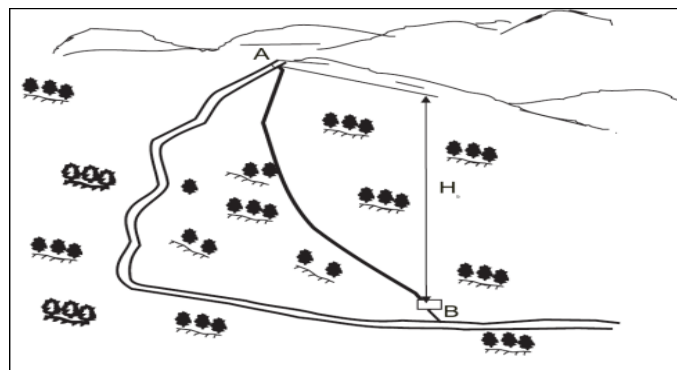


Рисунок 2.3 – Схематичне зображення річки

Відбувається ця втрата потенційної енергії незалежно від шляху вздовж потоку або через відкритий канал, напірний трубопровід чи турбіну. Потенціал втраченої енергії можна перевести на інформацію про втрачену потужність відповідно до рівняння:

$$P = Q \cdot Hg \cdot \gamma \quad (1)$$

Де:

- P – потужність у кВт, яку втрачає вода
- Q – витрата в м³/с
- Hg – валовий напір у м, $= Z_A - Z_B$
- γ – питома вага води, (9,81 кН/м³).

- Оцінка валового напору

Брутто-напір — це вертикальна відстань, через яку падає вода, віддаючи свою потенційну енергію (тобто між верхнім і нижнім рівнями поверхні води).

Для розрахунку брутто-напіру потрібні два показники, а саме:

H_{верхній} - висота рівня води у річці перед турбіною.

H_{нижній} - висота рівня води після турбіни, де вода повертається в річку.

Брутто-напір (*H_{brutto}*) обчислюється як різниця між висотою верхньої та нижньої точки, а саме :

$$H_{brutto} = H_{верхній} - H_{нижній} \quad (2)$$

➤ Оцінка чистого напору

Встановивши наявний валовий напір, необхідно зробити надбавки на втрати, від сміттєвих залишків, фрикційних труб, вигинів та клапанів. Крім цих втрат, деякі типи турбін потребують скидати свою воду в атмосферу вище рівня хвостової води (рівень нижньої поверхні).

Чистий напір – це чистий напір води, від якого було вираховано втрати тиску в системі через тертя в трубопроводах, фітингах, клапанах та інших компонентах гідросистеми. Розрахунок чистого напору допомагає більш точно оцінити доступну енергію для турбіни. [6]

Розрахунок чистого напору:

- Визначте брутто напір (*H_{brutto}*): Брутто напір – це різниця висот між верхнім та нижнім б'єфами гідроелектростанції.
- Оцініть втрати напору (*H_{втрапи}*): Втрати напору враховують різні чинники, такі як тертя в трубопроводах, локальні втрати в клапанах, фітингах та інших компонентах системи.

Формула Дарсі-Вейсбаха для втрат напору:

$$H_{втрапи} = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g} \quad (3)$$

Де:

f – коефіцієнт тертя

L – довжина трубопроводу

D – діаметр трубопроводу,

v – швидкість потоку води

g – прискорення вільного падіння (9.81 м/с^2).

Формула для чистого напору:

$$H_{\text{чистий}} = H_{\text{brutto}} - H_{\text{втррати}} \quad (4)$$

Використання вище вказаних формул дозволяє провести високоефективну теоретичну оцінку продуктивності річки для поверхневого підбору водойми і майбутнього місця розташування малої гідроелектростанції.

Теоретичний підбір гідротурбіни для малої гідроелектростанції являє собою детальніший огляд пропозицій що дозволить вибрати найбільш підходящий варіант при врахуванні що мала гідроелектростанція буде працювати за рахунок деривації водного ресурсу.

Коротко проаналізувавши ринок турбін впливає що найбільш поширеними є два типи, а саме реактивні і активні.

Реактивні турбіни працюють за принципом реактивного ефекту. Вода потрапляє на лопаті турбіни під великим тиском тим самим створюючи реактивний потік. Вода змушує лопаті турбіни обертатися, перетворюючи кінетичну енергію води в механічну енергію.

Відносяться такі види турбін як (рис 2.4):

- Осьові
- Діагональні
- Радіально-осьові

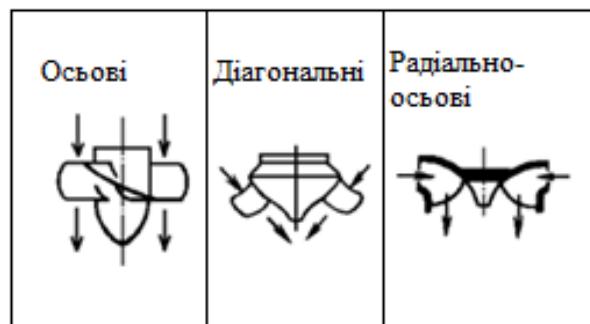


Рисунок 2.4- Види реактивних турбін

Активні турбіни працюють за принципом використання тиску води для перетворення в енергію. Вода потрапляє на лопаті турбіни під тиском, змушуючи їх обертатися і передаючи механічну енергію до генератора.

Відносяться такі види турбін як (рис 2.5) :

➤ Ковшові

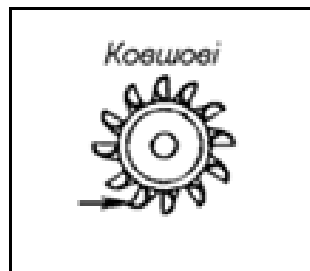


Рисунок 2.5 – Активна турбіна

Для проектування гідроелектростанції на річці Свіча з потужністю 200 кВт необхідно обрати оптимальну турбіну, враховуючи умови низького напору (20-30 м) і середню витрату води. Щоб обґрунтувати вибір турбіни, розглянемо кілька типів гідротурбін, їхні характеристики, особливості застосування та приблизні розрахунки для досягнення необхідної потужності.

Типи гідротурбін:

1. Турбін Пелтона

Пелтонова турбіна працює при дуже високих напорах (понад 300 м) і низьких витратах води. Вона використовує спеціальні ковшики для перетворення енергії струменя води на обертальний рух.

Переваги:

- Висока ефективність при дуже великих напорах.
- Добре підходить для гірських річок з високими перепадами висот.
- Недоліки:
- Не підходить для низьких напорів.
- Ефективність знижується при малих витратах води.

Порівняння з умовами на річці Свіча: турбіна Пелтона не підходить для цього проекту через низький напір річки Свіча (близько 20-30 м). Ця турбіна вимагає набагато більших напорів для ефективної роботи.

2. Турбіна Френсіса

Френсісова турбіна – це універсальна радіально-осьова турбіна, яка працює при середніх напорах (40-300 м) і середніх витратах води (5-100 м³/с).

Переваги:

- Висока ефективність при середніх напорах.
- Можливість використання у широкому діапазоні витрат води.
- Недоліки:
- Низька ефективність при низьких напорах (менше 30 м).
- Складна конструкція і потреба в точному налаштуванні.

Порівняння з умовами на річці Свіча: Френсісова турбіна може працювати при 20-30 метрах напору, але її ефективність буде нижчою, ніж у Капланової турбіни. Для оптимальної роботи Френсісова турбіна вимагає більшого напору (40 м і вище), що недосяжно в умовах річки Свіча.

3. Турбіна Каплана

Турбіна Каплана призначена для роботи при низьких напорах (від 2 до 30 м) і великих витратах води. Вона має регульовані лопаті, які дозволяють адаптувати роботу турбіни до змінних умов витрат води.

Переваги:

- Висока ефективність при низьких напорах.
- Підходить для змінних витрат води, характерних для малих річок.
- Регульовані лопаті дозволяють адаптувати роботу турбіни до змін у витратах води.

Порівняння з умовами на річці Свіча: Капланова турбіна є найкращим вибором для річки Свіча, оскільки вона здатна працювати за умов низького напору (20-30 м) і витрати води близько 1-2 м³/с. Вона ефективно функціонуватиме навіть при змінних витратах води, які можуть змінюватися протягом року.

Приблизні розрахунки для порівнювання

Вихідні дані:

- Необхідна потужність: 200 кВт (0.2 МВт).
- Напір води (H): 20 метрів.
- ККД турбіни (η): 90% (0,9) для Капранової турбіни.
- Густина води (ρ): 1000 кг/м³.
- Прискорення вільного падіння (g): 9,81 м/с².

Розрахунок необхідної витрати води:

Формула для потужності:

$$P = \eta \cdot \rho \cdot g \cdot H \cdot Q \quad (5)$$

Підставимо відомі значення:

$$200000 = 0,9 \cdot 1000 \cdot 9,81 \cdot 20 \cdot Q$$

$$200000 = 176580 \cdot Q$$

$$Q = \frac{200000}{176580} \approx 1,13 \text{ м}^3/\text{с}$$

Щоб забезпечити потужність 200 кВт на річці Свіча при напорі 20 метрів і ККД турбіни 90%, необхідна витрата води становить приблизно 1,13 м³/с.

Порівняння з іншими турбінами:

- Турбін Пелтона не зможе працювати ефективно при такому низькому напорі.
- Турбіна Френсіса може бути використана, але її ефективність при низькому напорі значно знизиться, тому для досягнення 200 кВт потрібно більше води або вищий напір.
- Турбіна Каплана – це найкращий вибір для даних умов, оскільки вона спеціально призначена для роботи при низькому напорі і середній витраті води. Вона дозволить досягти необхідної потужності 200 кВт при витраті води 1,13 м³/с.

Переваги вибору турбіни Каплана:

1. Ефективність при низькому напорі: Турбіна Каплана працює найкраще при напорах до 30 м, тому її застосування в умовах річки Свіча з напором 20 м є оптимальним.[7]

2. Можливість роботи при змінних витратах води: турбіна Каплана зберігає високу ефективність навіть при змінних витратах води, які можуть коливатися залежно від сезону. При витраті води $1,13 \text{ м}^3/\text{с}$ турбіна здатна забезпечити стабільну потужність 200 кВт.

3. Адаптивність: Регульовані лопаті дозволяють турбіні адаптуватися до змін у витратах води, підтримуючи стабільну роботу незалежно від рівня води. Це важливо для річки, де витрата може змінюватися протягом року.

Додаткові розрахунки для змінних умов:

1. При паводкових витратах води (наприклад, $3 \text{ м}^3/\text{с}$) потужність може значно збільшитися:

$$P = 0.9 \cdot 1000 \cdot 9.81 \cdot 20 \cdot 3 = 530,25 \text{ кВт}$$

Це означає, що турбіна Каплана здатна генерувати понад 500 кВт під час паводків, коли витрати води різко зростають.

2. При низьких витратах води (наприклад, $0.5 \text{ м}^3/\text{с}$) потужність буде:

$$P = 0.9 \cdot 1000 \cdot 9.81 \cdot 20 \cdot 0.5 = 88,375 \text{ кВт}$$

Навіть при низьких витратах води турбіна Каплана зможе забезпечити виробництво близько 88 кВт електроенергії, що є прийнятним результатом для безперервної роботи.

Капланова турбіна є найкращим варіантом для проекту гідроелектростанції на річці Свіча потужністю 200 кВт. Вона працює ефективно при низькому напорі (20 м) і витратах води близько $1,13 \text{ м}^3/\text{с}$, дозволяючи досягти необхідної потужності. Турбіна Каплана також добре пристосована до змінних умов, що робить її найкращим вибором для забезпечення стабільної роботи малих гідроелектростанцій.

Отже, головна перевага турбіни Каплана полягає у її здатності адаптуватися до різних умов потоку води, що забезпечується регульованими лопатями. Ці лопаті автоматично налаштовуються під різні витрати води і зміни висоти напору, що дозволяє турбіні постійно працювати з максимальною ефективністю. Незалежно від того, чи йдеться про річку з мінливим рівнем води

або стабільне водосховище, турбіна Каплана забезпечує стабільну і високу генерацію електроенергії.

Дизайн та конструкція цієї турбіни також сприяють зниженню втрат енергії. Завдяки аеродинамічним формам лопатей та спеціальним матеріалам, з яких вони виготовлені, турбіна Каплана мінімізує турбулентність і втрати енергії на поверхні лопатей. Це забезпечує не лише високу ефективність, але і довговічність турбіни.

Ефективність турбіни Каплана досягає вражаючих показників. У деяких випадках її ефективність може перевищувати 90%. Такий високий рівень продуктивності дозволяє значно знизити витрати на виробництво електроенергії та підвищити економічну вигоду від експлуатації гідроелектростанцій.

Турбіна Каплана є оптимальним вибором для гідроелектростанцій, які працюють у режимах з мінливими витратами води. Її надійність і ефективність роблять її популярною у всьому світі, особливо в регіонах, де важливо максимально використовувати потенціал гідроресурсів.[8]

Під час детального аналізу ринкових пропозицій які представлені приватними компаніями на даний час вибір був у сторону цілого комплексу турбогенератора. Схематична його будова зображена на рисунку 2.6 яка включає в себе:

- Генератор
 - Статор
 - Ротор
- Турбіну
 - Вал
 - Леза

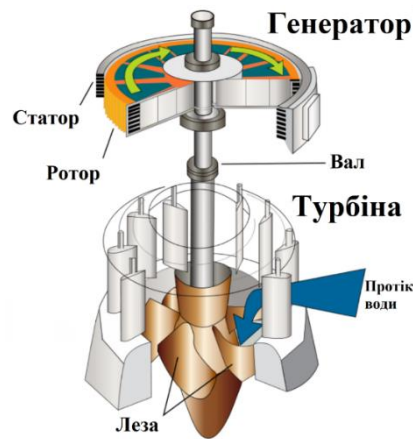


Рисунок 2.6 – Схематична будова турбогенератора Карпан

Данні турбогенератори виготовляє компанія FORSTER, виробництва Китаю. Ця машина є пристроєм з вертикальним валом, який має переваги простої конструкції для зручного ремонту. Лезо Каплана зазвичай керується реле тиску масла, встановленим у корпусі бігуна, яке може обертатися відповідно до зміни напору та навантаження, щоб підтримувати оптимальну координацію між кутом напрямної лопатки та кутом леза, таким чином покращуючи середню ефективність, а найвищий ККД турбіни такого типу перевищує 94%.

Проаналізувавши гірський потенціал України можна з впевненістю сказати що присутній не один десяток місць для розташування гідроелектростанції з даним типом гідротурбіни .

Придбати турбогенератор в Україні не складає проблемою, так як можлива і покупка закордонного обладнання . До турбін також пропонуються системи автоматики . Для даного виду турбін застосовують асинхронні генератори по причині реалізації в мережу вони є кращим варіантом так як можна отримати реактивну потужність для формування обертового поля генератора.

Також не буде лишнім провести аналітичну оцінку потужності установки для вироблення енергії яка буде опирається на вище вказані розрахунки і продуктивність потоку води. Коли розрахунки проведені обирається турбіна яка має мінімальний технічний потік, а ефективність вже є функцією робочого розряду.

Середнє річне виробництво енергії (E у кВт-год) є функцією:

$$E = \text{fn}(Q_{\text{median}}, H_n, \eta_{\text{turbine}}, \eta_{\text{transformer}}, \gamma, h) \quad (6)$$

Де:

Q_{median} = потік у м³/с для додаткових кроків на кривій тривалості потоку

H_n = заданий чистий напір

η_{turbine} = ККД турбіни, функція Q_{median}

$\eta_{\text{generator}}$ = ефективність генератора

$\eta_{\text{transformer}}$ = ККД трансформатора

γ = питома вага води (9,81 кН/м³)

h = кількість годин, протягом яких відбувається протік.

Виробництво енергії можна розрахувати, розділивши корисну площу на вертикальній 5% приросту смуги, починаючи з початку координат.

Для кожної смуги обчислюється Q_{median} , визначається відповідне значення η_{turbine} відповідною кривою ефективності.

Розрахунок проводиться наступним рівнянням:

$$E = W \times Q_{\text{median}} \times H \times \zeta_{\text{turbine}} \times \zeta_{\text{generator}} \times \zeta_{\text{transformer}} \times \gamma \times h \quad (7)$$

Де:

W = ширина смуги = 0,05 для всіх смуг, крім останньої, яку слід розрахувати

h = кількість годин у році

γ = питома вага води (9,81 кН/м³)

Тоді середньорічне виробництво енергії є сумою енергетичного внеску для кожної смуги. Де потужність кожної турбіни (кВт) буде задана добутком їх проектної витрати (м³/с), чистого напору (м), ККД турбіни (%) і питомою вагою води (кНм-3).

2.3 Аналіз гідроелектростанції з урахуванням роботи за програмою «Зелений тариф»

Гідроелектростанції (ГЕС) одним з головних елементів відновлювальної енергії, що генерує чисту електроенергію з мінімальним забрудненням довкілля. Програма зелений тариф в Україні стимулювала розвитку джерел відновлювального виробництва електроенергії за рахунок завищення ціни на вироблену електроенергію. Програма має багато переваг і обґрунтувань які розглянемо далі.

Економічне обґрунтування

➤ Фінансові переваги:

- Зелений тариф дозволяє економічно вигідний продаж електроенергії, що робить інвестиції в ГЕС привабливими.
- Тарифи на відновлювану енергію дозволяють швидше повернути вкладені початкові витрати на будівництво та встановлення ГЕС.
- Прогнозована стабільність фінансів сприяє залученню інвестицій та ресурсів.

➤ Низькі експлуатаційні витрати:

- Після запуску витрати на ГЕС є відносно низькими, що дозволяє отримувати стабільний прибуток.
- Низький рівень витрат на обслуговування обладнання та високий ресурс турбін забезпечують надійність системи.

Екологічне обґрунтування

➤ Зменшення викидів CO₂:

- Виробництво електроенергії на ГЕС не потребує викидів парникових газів.
- Використання відновлюваних ресурсів дозволяє зменшити потребу від викопного палива.

➤ Збереження водних ресурсів:

- ГЕС використовують природну силу води без суттєвого втручання або забруднення.
- Керування водосховищами дозволяє коригувати водний баланс регіону, що сприяє збереженню екосистем.

Енергетичне обґрунтування

- Стабільне виробництво електроенергії:
 - ГЕС забезпечують стабільне та прогнозоване виробництво електроенергії.
 - Можливість зберігання енергії у водосховищах дозволяє використовувати енергетичні ресурси в потрібні проміжки часу.
- Енергетична незалежність:
 - Використання водного потенціалу сприяє енергетичній незалежності, зменшуючи потребу в імпорті електроенергії.

Для розрахунку прибутку можна скористатися такими вхідними даними:

- Потужність ГЕС: 150 кВт.
- Річний час роботи: 7000 годин .
- Ефективність роботи: 90%.
- Тариф зеленої енергії: 6,56/кВт·год (поточний зелений тариф в

Україні).

Розрахувати річну генерацію електроенергії можна за формулою :

$$E_{річна} = \text{Потужність} \times \text{Час} \times \text{Ефективність}$$

3. ОБГРУНТУВАННЯ СТРУКТУРИ ТА ПАРАМЕТРІВ

3.1 Обґрунтування структури гідроелектростанції

Особливості структури малої гідроелектростанції в даній дипломній роботі являється низька генеративна необхідність яка складає до 200 кВт. Через необхідність генерації електроенергії під програму «Зеленого тарифу» присутні обмеження від держави яка виступає у якості покупця.

В структуру малої гідроелектростанції даної роботи входить (рис 3.1):

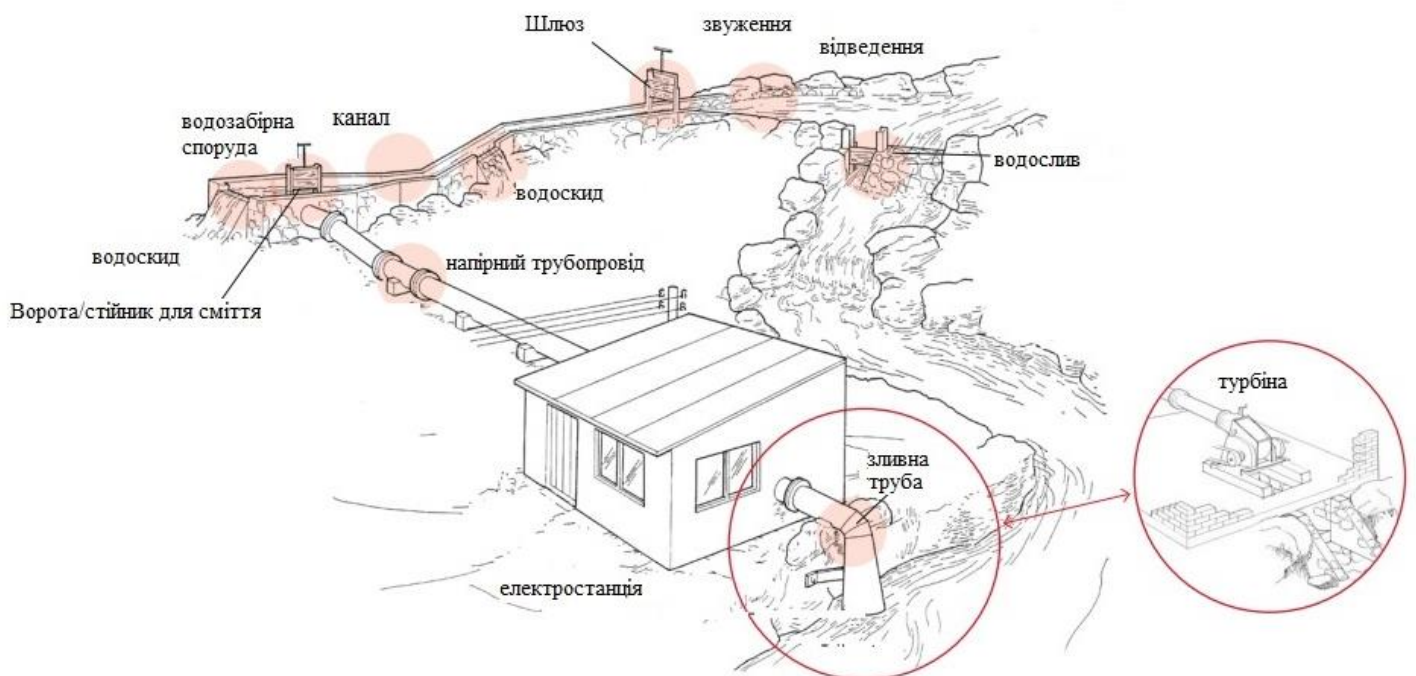


Рисунок 3.1 - Структура малої гідроелектростанції

1. Водозабірна споруда

Водозабірна споруда є першою і важливою частиною структури МГЕС, забезпечуючи надходження води до дериваційного каналу або трубопроводу.

Основними компонентами водозабірної споруди є:

- Водозабірна решітка: Запобігає потраплянню крупних часток сміття, листя та інших об'єктів у систему, що може пошкодити турбіну.

- Захисний фільтр: Забезпечує додатковий захист від дрібних частинок, підтримуючи чистоту води і ефективну роботу турбіни.

Вибір матеріалів та конструкції водозабірної споруди є критичним для мінімізації втрат води та забезпечення стабільної роботи МГЕС.

2. Дериваційний канал або трубопровід

Дериваційний канал або трубопровід транспортує воду від водозабірної споруди до гідротурбіни. Основні вимоги до дериваційного каналу або трубопроводу включають:

- Гладкі стінки: Використання матеріалів з низьким коефіцієнтом тертя для зменшення втрат напору.
- Оптимальний гідравлічний профіль: Забезпечує рівномірний розподіл потоку води та знижує турбулентність.

Використання дериваційного каналу є економічно вигідним, оскільки він дозволяє уникнути складних і дорогих будівництв гребель, зберігаючи при цьому природний гідрологічний режим річки.

3. Гідротурбіна

Гідротурбіна є основним елементом МГЕС, що перетворює кінетичну енергію води в механічну енергію. Для МГЕС потужністю до 200 кВт оптимальним вибором є:

- Турбіна Каплана : Ідеально підходить для великих перепадів висоти та низьких витрат води, що часто зустрічається у гірських районах. Турбіна має високий коефіцієнт корисної дії (85-90%) та виготовляється з міцних матеріалів, що забезпечує довговічність і стійкість до ерозії.

4. Генератор

Генератор перетворює механічну енергію від гідротурбіни в електричну. Основні характеристики генератора включають:

- Асинхронний або синхронний тип: Вибір залежить від вимог до стабільності та ефективності виробництва електроенергії.
- Система охолодження: Для запобігання перегріву та забезпечення стабільної роботи.

- Надійність генератора та його здатність працювати з високою ефективністю є ключовими факторами для успішної експлуатації МГЕС.

5. Система автоматизації та управління

Система автоматизації та управління забезпечує безперебійну роботу гідроелектростанції та оптимізацію її продуктивності. Вона включає:

- Контролери та датчики: Для моніторингу основних параметрів роботи, таких як температура, тиск, і потік води.
- Система автоматизації: Дозволяє автоматично регулювати потік води, забезпечуючи оптимальну роботу турбіни та захист від аварійних ситуацій.

Використання сучасних технологій автоматизації підвищує ефективність роботи МГЕС і знижує ризик збоїв та поломок.

6. Електрична підстанція

Електрична підстанція забезпечує підвищення напруги виробленої електроенергії для її передачі в загальну електромережу. Вона включає:

- Трансформатори: Для підвищення напруги і зменшення втрат при передачі електроенергії.
- Розподільні пристрої: Для захисту і розподілу електроенергії між споживачами.

Ефективна робота електричної підстанції є критичною для забезпечення надійної передачі електроенергії від МГЕС до кінцевих споживачів.

7. Інфраструктура обслуговування

Забезпечення доступу до основних компонентів МГЕС для технічного обслуговування та ремонту є важливим аспектом для довготривалої експлуатації. Основні елементи інфраструктури обслуговування включають:

- Технічні приміщення: Для зберігання обладнання та інструментів.
- Під'їзні дороги: Для забезпечення доступу транспортних засобів до гідроелектростанції.

Структура малої гідроелектростанції в області 200 кВт включає основні компоненти, які забезпечують ефективне виробництво електроенергії з використанням відновлюваних джерел. Водозабірні споруди, дериваційний канал, гідротурбіна, генератор, система автоматизації, електрична підстанція та інфраструктура обслуговування забезпечують надійну та ефективну роботу МГЕС. Впровадження таких проектів сприяє розвитку відновлюваної енергетики, збереженню навколишнього середовища та економічному зростанню, що робить їх особливо привабливими в умовах зеленої енергетичної політики.[8]

3.2 Визначення гідроенергетичного потенціалу досліджуваної річки

Ландшафт є одним із ключових факторів, що визначають ефективність та доцільність розміщення гідроелектростанції. У процесі планування та реалізації проекту з будівництва гідроелектростанції потужністю 200 кВт необхідно враховувати як природні, так і технічні аспекти, пов'язані з ландшафтом.

По-перше, перепади висот, характерні для певних місцевостей, створюють потенційні можливості для ефективного використання гідроенергетичних ресурсів. Високий перепад висоти дозволяє максимізувати кінетичну енергію води, що приводить до більш ефективної генерації електроенергії.

По-друге, геологічна структура ландшафту має значний вплив на вибір місця розташування гідроелектростанції. Міцні скельні основи забезпечують надійність конструкції дамб та інших гідротехнічних споруд, а наявність річкових долин сприяє природному накопиченню води.

По-третє, гідрологічні характеристики річки, такі як об'єм і стабільність потоку води, є вирішальними для оцінки потенціалу генерації електроенергії. Водозбірні басейни, розташовані в гірських регіонах, зазвичай забезпечують стабільний потік води протягом року завдяки таненню снігів навесні опадам.

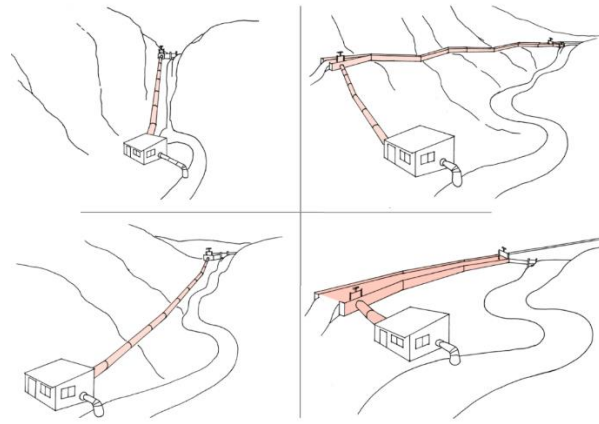


Рисунок 3.2 – Варіації розташування гідроелектростанції

Топографія місцевості також відіграє важливу роль у визначенні вартості та складності будівництва. Природні схили можуть використовуватись для розміщення дамб та інших споруд, що дозволяє знизити витрати на землю та будівельні роботи (рис 3.2).

Вплив на навколишнє середовище є ще одним важливим аспектом, який слід враховувати. Збереження природних екосистем, мінімізація шкоди для флори і фауни, а також запобігання ерозії ґрунтів – це важливі завдання при проектуванні та будівництві гідроелектростанції.[9]

Таким чином, аналіз ландшафту є невід'ємною частиною процесу планування та реалізації гідроенергетичних проектів. Врахування природних особливостей місцевості дозволяє не лише підвищити ефективність та надійність гідроелектростанції, але й мінімізувати негативний вплив на навколишнє середовище, забезпечуючи сталий розвиток енергетичної інфраструктури.

Для ефективного вибору ріки застосовуються формули і підрахунки взяті за основу з попереднього розділу. Обиравши річку для малої гідроелектростанції (МГЕС) в гірському регіоні України з потрібною стабільною продуктивністю в області 200 кВт вибір впав на річку Свіча . Ця річка характеризується значними перепадами висоти до 150 м та стабільним потоком води протягом року , що є важливими параметрами для ефективної роботи гідротурбіни Каплана . Отже обґрунтуємо вибір розрахунками і розглянемо схематичне розташування ділянки річки (рис 3.3).

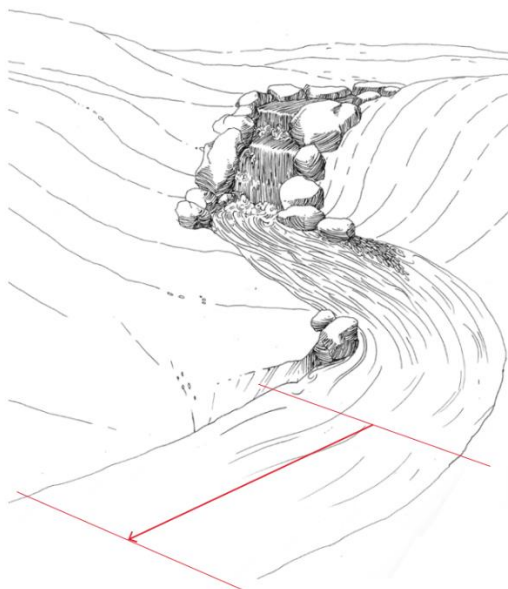


Рисунок 3.3 – Схематичне зображення розрахованої ділянки на ріці Свіча

Обґрунтування вибору ріки варто розпочати з розрахунку витрати води. З наукової точки зору для вимірювань такого типу використовують водомірні пости які дозволяють зібрати інформацію про стан рівня ріки протягом певного періоду часу. Такі пости можна зустріти де менші ріки впадають у більші, а саме Тисі, Ужі тощо. Розглянемо область потоку водного ресурсу (рис 3.4)

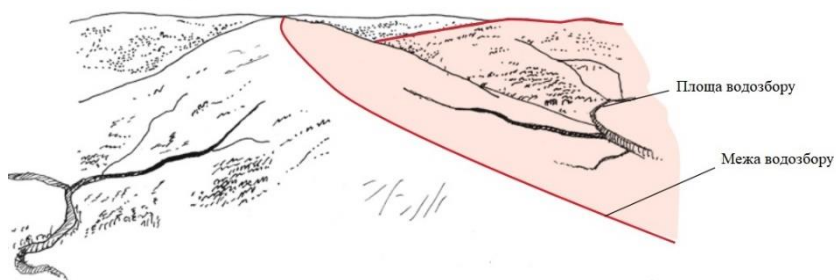


Рисунок 3.4 - Область потоку водного ресурсу

Також варто розглянути площу водозбору на Рисунку 3.5 :

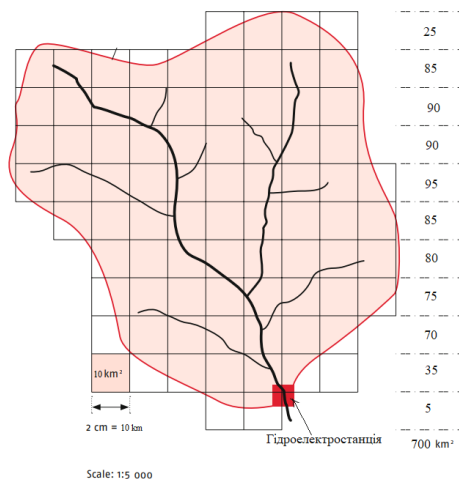


Рисунок 3.5 – Огляд площі водозабору

Отже, формула для розрахунку водного ресурсу на протязі десятиліття:

$$Q_0 = \frac{m \cdot F}{1000} \quad (8)$$

де:

F – площа водозабору, км² ;

m – середньорічний модуль стоку, л/с·км²

Опираючись наданні із досліджень сайту « Карпатська спадщина» [2] отримуємо наступні дані:

F – 700 км² ;

m – 10 л/с·км²

отримуємо :

$$Q_0 = \frac{m \cdot F}{1000} = \frac{10 \cdot 700}{1000} = 0,7 \text{ м}^3 / \text{с},$$

Це значення — стік через певну точку річки. Тепер для побудови розподілу стоку по місяцях у відносних одиницях нам потрібно мати середні місячні значення стоку або дані про місячні витрати (табл 1).

Обчислим загальний річний стік:

$$Q_{total} = 0,7 + 0,6 + 0,75 + 1,0 + 1,2 + 1,5 + 1,6 + 1,4 + 1,1 + 0,85 + 0,75 + 0,65 = 11,65 \text{ м}^3 / \text{с}$$

Обчислити відносний стік для кожного місяця за формулою:

$$S_i = \left(\frac{Q_i}{Q_{total}} \right) \times 100 \quad (9)$$

де:

- Q_i — стік за місяць
- Q_{total} — загальний стік за рік

Розрахунок відносно стоку кожного місяця проходить на прикладі січня :

Для січня:

$$S_{\text{січень}} = (0.711.65) \times 100 \approx 6.0\%$$

Закінчивши розрахунок можна розглянути результати у (таблиці 1).

Таблиця 1 – Результати відносного стоку для кожного місяця

Місяць	Стік (м³/с)	Відносний стік(%)
Січень	0.7	6.0
Лютий	0.6	5.15
Березень	0.75	6.44
Квітень	1.0	8.59
Травень	1.2	10.29
Червень	1.	12.87
Липень	1.6	13.73
Серпень	1.4	12.03
Вересень	1.1	9.46
Жовтень	0.85	7.29
Листопад	0.75	6.44
Грудень	0.65	5.58

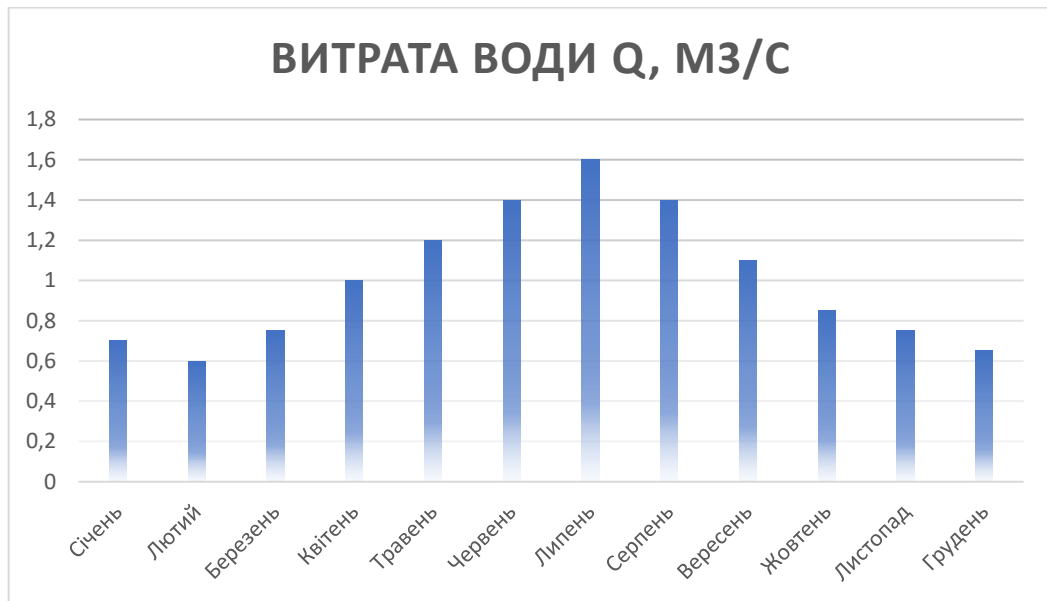


Рисунок 3.6 – Графік витрати води по місяцях

Для того щоб можна було провести розрахунки які необхідна для побудови високоефективної гідроелектростанції я створив криву забезпеченості побудовану за даними спостережень від найбільшої витрати до найменшої. (Рисунок 3.7)

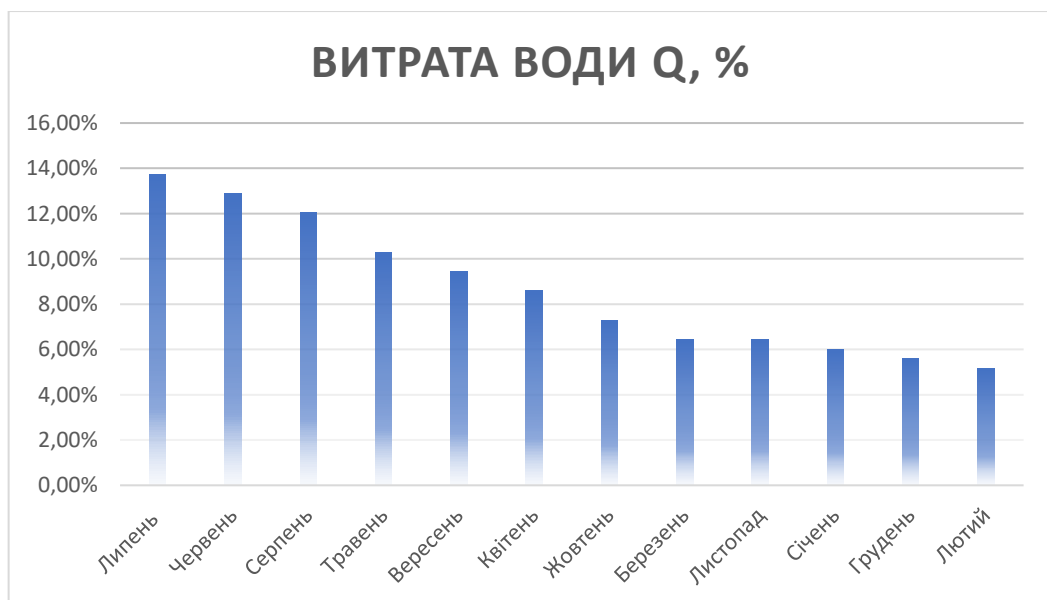


Рисунок 3.7 – Оцінка витрат води

Розподіл стоку по місяцях у відносних одиницях дає змогу краще зрозуміти сезонні коливання витрат води в річці, що має важливе значення для ефективної роботи гідроелектростанцій. Ось основні моменти:

1. Максимальний стік (липень):

В липні спостерігається найвищий стік (13.73%). Це означає, що влітку річка має найбільше води, що може бути корисним для вироблення електроенергії. Гідроелектростанція може виробляти в цей час більше енергії, що дозволяє отримати вищий дохід у рамках програми «Зелений тариф». Однак потрібно враховувати можливі повені через надлишковий стік, що може вимагати додаткових заходів для безпеки.

2. Мінімальний стік (лютий і грудень):

У зимові місяці (лютий і грудень) спостерігається найменший стік (5.0 - 6.0%), коли річка містить менше води через холодну погоду і замерзання. У цей час гідроелектростанція може виробляти менше електроенергії. Це потрібно враховувати при плануванні стабільного постачання енергії, зокрема, за допомогою додаткових джерел енергії або зберігання.

3. Весняне танення снігу (березень — травень):

У період весняного танення снігу (березень, квітень, травень) стік води збільшується. Це може допомогти гідроелектростанції виробляти більше електроенергії, але також потребує уважного управління, щоб уникнути повеней та шкоди для інфраструктури.

4. Робота за «Зеленим тарифом»:

У рамках програми «Зелений тариф» найвища вигода від вироблення електроенергії отримується в періоди високого стоку, зокрема влітку (липень), коли стік є найбільшим. Це забезпечує стабільний дохід. Проте в зимові місяці, коли стік мінімальний, потрібно враховувати можливість зниження вироблення енергії, тому важливо мати стратегію для оптимізації роботи станції в ці періоди.

Цей розподіл стоку дає змогу краще планувати роботу гідроелектростанцій і правильно оцінювати потенціал річки для виробництва відновлювальної енергії, що є важливим для довгострокового стабільного функціонування станцій, особливо за програми «Зелений тариф».

Розрахунок параметрів з урахуванням втрат

Для розрахунку чистого напору і врахування втрат потенціалу втраченої енергії, скористаємося формулами.

1. Перепад висоти (H_{brutto}) можна розглянути на Рисунку 3.8:

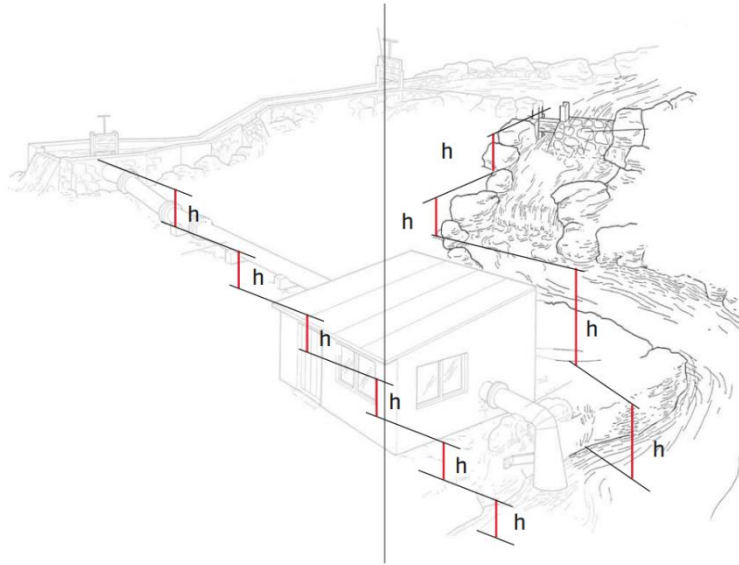


Рисунок 3.8 – Перепади висоти

- Перепад висоти річки Свіча становить приблизно 31 метрів ($H_{brutto} = 31\text{м}$).
- 2. Втрати напору ($H_{втрати}$):
- Втрати напору можуть складатися з втрат на тертя в дериваційному каналі та локальних втрат у фітингах і клапанах.
- Використаємо формулу Дарсі-Вейсбаха для оцінки втрат напору:

$$H_{втрати} = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g} \quad (10)$$

Де:

f – коефіцієнт тертя

L – довжина трубопроводу

D – діаметр трубопроводу,

v – швидкість потоку води

g – прискорення вільного падіння ($9,81 \text{ м/с}^2$)

Припустимо:

$f = 0,03$

$L = 115 \text{ м}$

$$D = 0,8 \text{ м}$$

$$v = 3 \text{ м/с}$$

Підрахунок втрат:

$$H_{\text{втрати}} = 0.03 \cdot \frac{115}{0.8} \cdot \frac{3^2}{2 \cdot 9.81} \approx 1,93821 \text{ м}$$

Чистий напір (H_{netto}):

- Формула чистого напіру дорівнює брутто напору мінус втрати напору:

$$H_{\text{чистий}} = H_{\text{brutto}} - H_{\text{втрати}}$$

Підрахунок значення:

$$H_{\text{чистий}} = 31 \text{ м} - 1.94 \text{ м} \approx 29,06 \text{ м}$$

Потужність (P):

- Розрахуємо потужність з урахуванням чистого напору:

$$P = \eta \cdot \rho \cdot g \cdot Q \cdot H_{\text{чистий}} \quad (11)$$

Де:

$$\eta = 0.9$$

$$\rho = 1000 \text{ кг/ м}^3$$

$$g = 9.81 \text{ м/с}^2$$

$$Q = 0.7 \text{ м}^3/\text{с}$$

$$H_{\text{чистий}} = 29,06 \text{ м}$$

Проведемо підрахунок:

$$P = 0.9 \cdot 1000 \cdot 9.81 \cdot 0.7 \cdot 29.06 \approx 179599 \text{ Вт} = 179.599 \text{ кВт}$$

Тим самим було доведено що річка Свіча підходить для генерації електроенергії.

3.3 Розрахунок розмірів водозабірної споруди, напірних тунелів і водоскиду

Розрахунок розмірів водозабірних споруд, напірних тунелів і водоскиду

Вихідні дані:

- Потужність гідроелектростанції (P): 200 кВт
- Дебіт води (Q): 0,7 м³/с
- Перепад висоти (H): 31 м
- Густина води (ρ): 1000 кг/м³
- Прискорення вільного падіння (g): 9,81 м/с²

1. Водозабірні споруди

Визначення площі поперечного перерізу водозабірних споруд

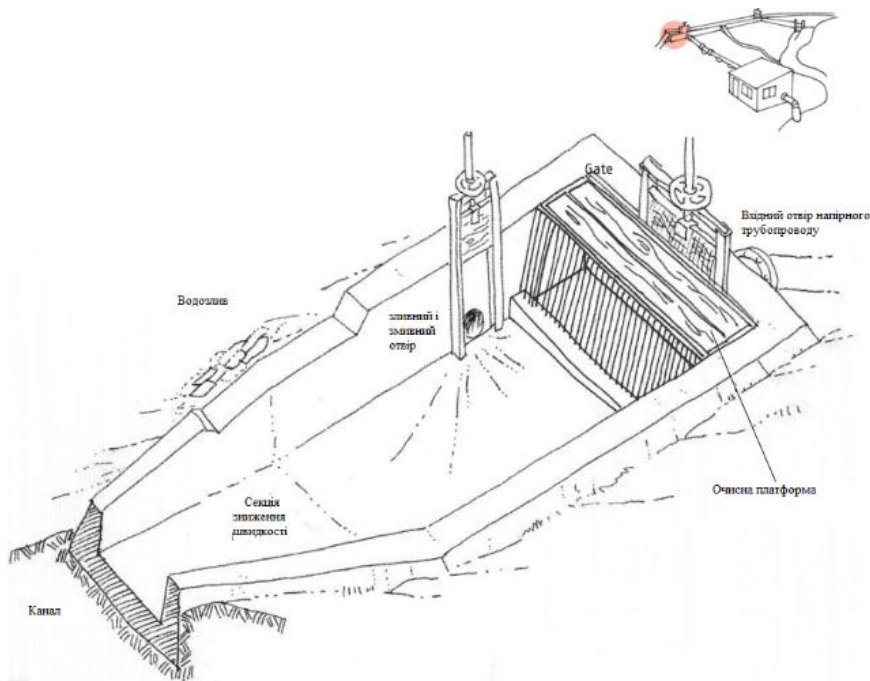


Рисунок 3.9 – Водозабірні споруди

Площа поперечного перерізу (A) водозабірних споруд може бути визначена за допомогою дебіту води (Q) і швидкості потоку води (v):

$$A = \frac{Q}{v} \quad (12)$$

Припустимо швидкість потоку води $v = 3 \text{ м/с}$:

$$A = \frac{0.7 \text{ м}^3/\text{с}}{3 \text{ м/с}} \approx 0,2334 \text{ м}^2$$

Отже, площа поперечного перерізу водозабірних споруд повинна бути не менше $0,2334 \text{ м}^2$

2. Розрахунок діаметра напірного тунелю (рис 3.10) :

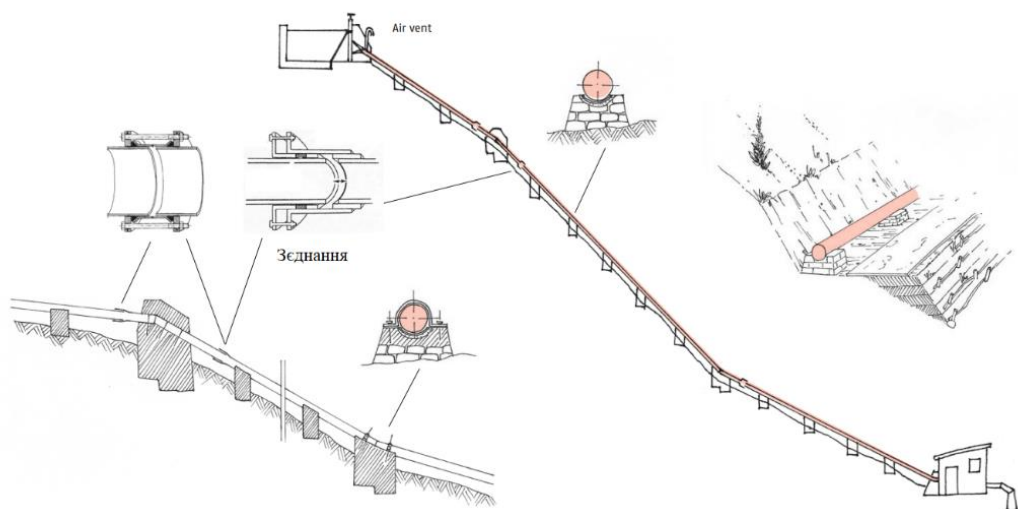


Рисунок 3.10- Напірний тунель

Формула розрахунку:

$$A = \frac{\pi D^2}{4} \quad (13)$$

Тоді:

$$D = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} \approx \sqrt{\frac{4 \cdot 0.2334}{3.14}} \approx 0.54 \text{ м} \approx 54 \text{ см}$$

3. Водоскид

Визначення площі водоскиду

Водоскид повинен мати достатню пропускну здатність для ефективного відведення води після турбіни. Площа поперечного перерізу водоскиду також визначається за формулою:

$$A = \frac{Q}{v} \quad (14)$$

Припустимо, що швидкість потоку води у водоскиду $v = 2.5 \text{ м/с}$:

$$A = \frac{0.7 \text{ м}^3/\text{с}}{2.5 \text{ м/с}} \approx 0.28 \text{ м}^2$$

Розрахунок діаметра водоскиду

Якщо водоскид має круглий переріз, діаметр (D) може бути визначений з площі:

$$D = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} \approx \sqrt{\frac{4 \cdot 0.28}{3.14}} \approx 0.59 \text{ м} \approx 59 \text{ см}$$

Для малої гідроелектростанції потужністю в області 200 кВт необхідні наступні розміри компонентів:

- Водозапірні споруди: діаметр 54 см, площа поперечного перерізу 0,2334 м².
- Напірні тунелі: діаметр 27 см, площа поперечного перерізу 0,0563 м².
- Водоскид: діаметр 59 см, площа поперечного перерізу 0,28 м².

Ці розміри забезпечать ефективну пропускну здатність для стабільної роботи гідроелектростанції, мінімізуючи втрати напору та забезпечуючи надійне відведення води після проходження через турбіну.

3.4 Розрахунок параметрів гідротурбіни Каплана , генератора і їх компонентів.

Для детального розрахунку параметрів гідротурбіни Каплана для малої гідроелектростанції (МГЕС) в області до 200 кВт на річці Свіча, врахуємо всі необхідні фактори та параметри. Зробимо наступні розрахунки з використанням фізичних формул.

Вихідні дані

- Перепад висоти (H): 31 м
- Дебіт води (Q): 0,7 м³/с
- Ефективність гідротурбіни ($\eta_{\text{турбіна}}$): 90% або 0.9
- Густина води (ρ): 1000 кг/м³
- Прискорення вільного падіння (g): 9,81 м/с²

В попередньому розділі ми провели розрахунки перших двох кроків з детальним аналізом тому вкажемо тільки результати.

Крок 1: Розрахунок чистого напору (H_{netto})

$$H_{\text{чистий}} \approx 29,06 \text{ м}$$

Крок 2: Розрахунок потужності гідротурбіни (P_{turbine})

$$P_{\text{турбіни}} = 179,599 \text{ кВт}$$

Крок 3: Розрахунок кінетичної енергії потоку води (E)

Кінетична енергія потоку води визначається за формулою:

$$E = \frac{1}{2} m v^2 \quad (15)$$

Припустимо, об'єм води (V) = 1 м³:

$$m = \rho \cdot V = 1000 \text{ кг}$$

Швидкість потоку води (v) = 3 м/с:

$$E = \frac{1}{2} \cdot 1000 \cdot (3)^2 = 4500 \text{ Дж}$$

Крок 4: Розрахунок об'єму потоку води (Q)

Об'єм потоку води визначається за формулою:

$$Q = A \cdot v \quad (16)$$

Припустимо, площа поперечного розрізу (A) = 0,0845 м²:

$$Q = 0,0845 \cdot 3 = 0,2535 \text{ м}^3/\text{с}$$

Крок 5: Розрахунок діаметра робочого колеса турбіни

Для гідротурбіни Каплана важливо знати діаметр робочого колеса, що визначає ефективність перетворення енергії. Припустимо, що швидкість обертання колеса (n) = 350 об/хв. Використаємо формулу для діаметра колеса (D):

$$D = \frac{60 \cdot v}{\pi \cdot n} \quad (17)$$

Крок 6: Розрахунок потужності генератора (P_{gen})

З урахуванням ефективності генератора ($\eta_{\text{генератор}}$) = 95% або 0.95:

$$P_{\text{генератора}} = P_{\text{турбіна}} \cdot \eta_{\text{генератор}} \quad (18)$$

Підставимо значення:

$$P_{\text{генератора}} = 179.599 \text{ кВт} \cdot 0.95 \approx 170.619 \text{ кВт}$$

Аналіз взаємодії параметрів:

1. Чистий напір (H_{netto}): Врахування втрат напору є важливим для точного розрахунку чистого напору, що забезпечує реальну ефективність роботи турбіни.

2. Потужність гідротурбіни ($P_{turbine}$): Показує, скільки енергії може бути отримано від потоку води при даному чистому напорі та ефективності турбіни.

3. Кінетична енергія (E): Відображає енергію, що міститься у потоці води, і допомагає зрозуміти потенціал водного ресурсу.
4. Об'єм потоку води (Q): Описує об'єм води, що протікає через турбіну, і є ключовим параметром для розрахунку потужності.
5. Діаметр робочого колеса турбіни (D): Визначає розміри турбіни, що впливає на ефективність перетворення енергії води в механічну енергію.
6. Потужність генератора (P_{gen}): Відображає реальну вихідну потужність електроенергії, враховуючи ефективність генератора.

Дуже важливо пам'ятати, про ККД яке характеризує не тільки здатність турбіни до використання оптимальним чином, а також її гідродинамічну поведінку.

Середній ККД означає, що гідравлічна конструкція не є оптимальною, і це є важливим чинником через який можуть виникнути проблеми (наприклад, кавітація, вібрація тощо), можуть значно зменшити річний виробництва та пошкодження турбіни.[10]

Слід зазначити, що для турбін напір вимірюється в точці удару струменя, який завжди знаходиться над рівнем води за течією. Це фактично означає зменшення голови. При порівнянні різниця незначна для схем із середнім напором продуктивність імпульсних турбін з реакційними турбінами, які використовують весь наявний потенціал голови.(рис 3.11)

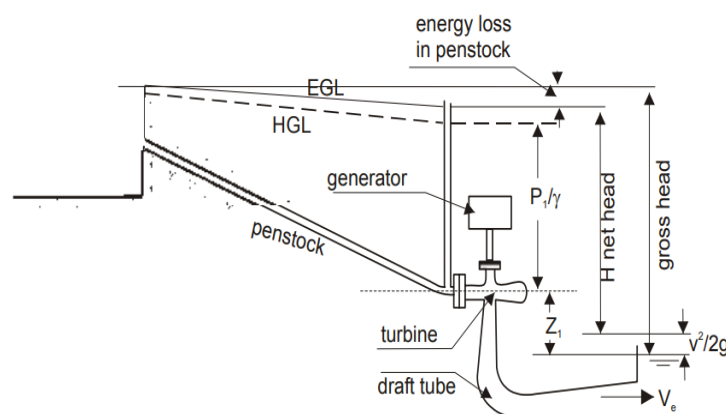


Рисунок 3.11 - Схематичний вигляд втрат енергії в гідроелектростанції

Через втрати енергії, що утворюються в реакційних турбінах, бігун споживає менше енергії, ніж турбінна питома гідравлічна енергія всієї машини, як визначено на малюнку. Ці втрати є по суті втрати на тертя в спіральному корпусі, направляючих лопатках і бігунів лопаті плюс кінетичні залишки енергії в трубці тяги. Тягова трубка або дифузор призначений для відновлення максимально можливої частки кінетичної енергії води, що витікає з лопатей. Енергія, що залишилася, особливо важлива в дуже низьких головах (< 5 м), де він може досягати до 80% чистого напору (тоді як на середньому напорі це рідко перевищує 3% - 4%). Тягова труба має такий вплив на роботу та ефективність турбіни, що тільки виробник турбіни може правильно спроектувати її відповідно до своїх лабораторних розробок.[12]

Щоб оцінити загальну ефективність, ККД турбіни потрібно помножити на ККД прискорювача (якщо використовується) і генератора.

Коли потік відхиляється від номінального розряду, гідравлічний ККД турбіни змінюється. Як проектний розряд реакційних турбін зазвичай вибирається таким, щоб відрізнитися від найкращого ККД розряду ефективність.

Турбіни Каплана з подвійним регулюванням можуть задовільно працювати в широкому діапазоні витрат - приблизно від однієї п'ятої від номінального розряду.

Розрахунок параметрів гідротурбіни Каплана для малої гідроелектростанції в області 200 кВт показує, що при ефективності турбіни 90% та генератора 95%, чистому напорі 29,06 м і об'ємі потоку води 0,7 м³/с, станція може генерувати близько 170,6 кВт електроенергії. Взаємодія параметрів дозволяє досягти максимальної ефективності та надійності роботи гідроелектростанції, забезпечуючи її економічну вигоду та відповідність програмі «Зелений тариф».

Також варто було б розрахувати асинхронний генератор і для розрахунку генератора, який буде використовуватися в малій гідроелектростанції до 150кВт, врахуємо основні параметри та вимоги.

Вихідні дані :

- Потужність генератора ($P_{\text{ген}}$): 170,6 кВт
- Напруга генератора (V): 400 В
- Коефіцієнт потужності ($\cos \varphi$): 0,95
- Частота обертання (n): 300 об/хв

Крок 1: Визначення струму генератора

Струм генератора (I) можна визначити за формулою:

$$I = \frac{P_{\text{ген}}}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos \varphi} \quad (20)$$

Підставимо значення:

$$I = \frac{170.6}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0.95} \approx 259 \text{ А}$$

Крок 2: Визначення номінальної потужності генератора

Номінальна потужність генератора (S) розраховується за формулою:

$$S = \frac{P_{\text{ген}}}{\cos \varphi} \quad (21)$$

Підставимо значення:

$$S = \frac{170.6}{0.95} \approx 179.5 \text{ кВА}$$

Крок 3: Визначення кількості полюсів

Кількість полюсів генератора (p) розраховується за формулою для синхронної частоти обертання:

$$p = \frac{120 \cdot f}{n} \quad (22)$$

де f — частота мережі (припустимо 50 Гц).

Підставимо значення:

$$p = \frac{120 \cdot 50}{300} = 20$$

Отже, генератор повинен мати 20 полюсів.

Крок 4: Розрахунок реактивної потужності генератора

Реактивна потужність (Q) визначається за формулою:

$$Q = S \cdot \sin(\arccos(\cos\varphi)) \quad (23)$$

Підставимо значення:

$$Q = 179,5 \times 0,312 \approx 56 \text{ кВАр}$$

Отже, реактивна потужність генератора становить приблизно 56 кВАр.

Аналіз взаємодії параметрів

- Активна потужність (P): Це фактична потужність, яка використовується для виконання корисної роботи, такої як освітлення, обігрівання і живлення електричних пристроїв.
- Реактивна потужність (Q): Потужність, яка не використовується для виконання корисної роботи, але необхідна для підтримки електромагнітного поля в електричних машинах і мережах.
- Номінальна потужність (S): Загальна потужність, що включає як активну, так і реактивну складові.

Ці параметри взаємодіють між собою, щоб забезпечити стабільну і ефективну роботу генератора. Активна потужність визначає корисну роботу генератора, тоді як реактивна потужність підтримує стабільність системи. Використання правильного балансу між цими потужностями є критичним для ефективної роботи електричних систем.

Отже, для малої гідроелектростанції в області 150 кВт при частоті обертання 300 об/хв рекомендується генератор з номінальною потужністю 179.5 кВА, який забезпечує струм 259 А при напрузі 400 В. Генератор повинен мати 20 полюсів для забезпечення стабільної роботи. Реактивна потужність генератора становить 56 кВАр. Ці параметри забезпечать надійну та ефективну роботу гідроелектростанції, відповідну вимогам зеленої тарифної політики.

3.5 Підстанція і контрольні системи

У схемі малої гідроелектростанції роль електростанції полягає в захисті електромеханіки обладнання, яке перетворює потенційну енергію води в електрику.

Для розгляду електростанції можна розглянути наведений схематичний вигляд закритої електростанції із вбудованим водозабірним отвором, яка підходить для схем з низьким напором.

На схематичному вигляді можна побачити що під конструкція є частиною водозливної ємності та втілює електроприймач за яким знаходиться сміттєвий люк, вертикальна вісь турбіни Каплана, з'єднана з генератором, тяговою трубою і хвостовою трубою. Апаратура контролю і вихідні трансформатори розташовані в передній частині генератора. Щоб зменшити вплив на навколишнє середовище, електростанцію можна повністю занурити і таким чином помітно зменшується рівень звуку та візуальний ефект зникає. (Рис 3.12)

У схемах середнього та високого напору електростанції більш звичайні.

Проявляє себе входом для напірного трубопроводу і хвостовиком. Через принцип дії, таку електростанцію можна розташувати навіть під землею.

Електростанція також може бути біля основи існуючої дамби, куди вода надходить через існуючу нижню випускну трубу або забірну вежу.

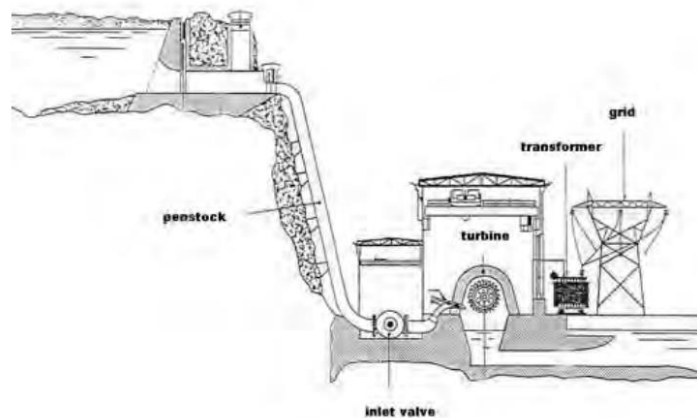


Рисунок 3.12 - Схематичний вигляд електростанції – високого напору

Для детального огляду проведемо розрахунки.

Вихідні дані:

- Потужність генерації: 170,619 кВт
- Напруга генератора: 400 В
- Напруга в електромережі: 10 кВ
- Коефіцієнт потужності ($\cos\varphi$): 0,95

Крок 1: Визначення номінальної потужності трансформатора

Трансформатор використовується для підвищення напруги з генератора до рівня електромережі. Для розрахунку номінальної потужності трансформатора (S), використовується формула:

$$S = \frac{P}{\cos\varphi} \quad (24)$$

Де:

P — потужність генерації (170,619 кВт),

$\cos\varphi$ — коефіцієнт потужності (0,95).

Підставимо значення:

$$S = \frac{170,6}{0,95} \approx 179,57 \text{ кВА}$$

Отже, номінальна потужність трансформатора повинна бути не менше 179,57 кВА, щоб покрити втрати та забезпечити стабільну роботу.

Крок 2: Визначення струму первинної обмотки

Струм в первинній обмотці трансформатора (I_1) розраховується за формулою:

$$I_1 = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot V_1} \quad (25)$$

Де:

S — номінальна потужність трансформатора (179,57 кВА),

V_1 — напруга генератора (400 В).

Підставимо значення:

$$I_1 = \frac{179,57 \times 10^3}{\sqrt{3} \cdot 400} \approx 259,18 \text{ А}$$

Крок 3: Визначення струму вторинної обмотки

Струм у вторинній обмотці трансформатора (I_2) розраховується за аналогічною формулою, але з напругою мережі:

$$I_2 = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot V_2} \quad (26)$$

Де:

V_2 — напруга в електромережі (10 кВ).

Підставимо значення:

$$I_2 = \frac{179,57 \times 10^3}{\sqrt{3} \cdot 10^4} \approx 10,3 \text{ А}$$

Крок 4: Вибір кабелів

Для первинної обмотки потрібні кабелі, які витримують струм 259,18 А.

Для вторинної обмотки — кабелі, що витримують струм 10,3 А.

Втрати трансформатора складаються з втрат на мідь і втрат на залізо. Припустимо, втрати на мідь складають 1% від номінальної потужності, а втрати на залізо — 0.5%:

$$P_{\text{мідь}} = 0,01 \cdot S = 0,01 \cdot 179,57 \approx 1,7957 \text{ кВт} \quad (27)$$

$$P_{\text{мідь}} = 0,005 \cdot S = 0,005 \cdot 179,57 \approx 0,89 \text{ кВт} \quad (28)$$

Сумарні втрати:

$$P_{\text{втрати}} = P_{\text{мідь}} + P_{\text{залізо}} = 1,79 + 0,89 \approx 2,68 \text{ кВт} \quad (29)$$

Отже проведемо аналіз розрахунків:

1. Номінальна потужність трансформатора: Потужність трансформатора 179,57 кВА забезпечує необхідний запас для покриття втрат і стабільної роботи гідроелектростанції.

2. Струм первинної обмотки: Струм у первинній обмотці 259,1А вимагає використання відповідних кабелів, які витримують цей рівень струму.

3. Струм вторинної обмотки: Струм у вторинній обмотці 10,3 А вимагає використання кабелів, розрахованих на цей рівень.

4. Втрати трансформатора: Втрати на мідь і залізо складають 2,68 кВт, що незначно впливає на загальну ефективність системи.

Проаналізувавши ринкові пропозиції від приватних компаній які виготовляють обладнання для малих гідроелектростанцій було підібрано

гідротурбіну Каплана і електрогенератор на 200 кВт. Характеристики можна розглянути в (Табл.2).

Таблиця 2 – Характеристики турбогенератора від компанії Forster

Назва виробу: турбогенераторна установка Каплан потужністю 200 кВт			
Технічні параметри			
Напір	H_p	29	м
Протік води	Q_g	0.7	м ³ /с
Потужність	P	200	кВт
Технічна специфікація			
Турбіна		Генератор	
Модель	ZDK283-LMY-135	Модель	SF-W200-24/1730
Одиниця витрати Q_{11} (м ³ /с ⁰)	1.71	Номінальний ККД генератора η_f (%)	93
Швидкість обертання блоку n_{11} (об / хв)	168,8	Частота генератора f (Гц)	50
Максимальна гідравлічна тяга P_t (t)	4,85	Номінальна напруга генератора U (V)	400
Номінальна швидкість обертання n (rpm/min)	250	Номінальний струм генератора I (A)	361
ККД турбіни η_t (%)	90	Збудження	Безщітковий
Максимальна швидкість на злітно-посадковій смузі n_{fmax} (rpm/min)	489	Спосіб підключення	Пряме підключення
Номінальна потужність N_I (кВт)	218	Максимальна розбігова швидкість n_{fmax} (об/хв)	500
Номінальний розряд Q_g (м ³ /с)	6.23	Номінальна швидкість обертання n_g (об / хв)	250
ККД реальної машини турбіни η_g (%)	0,87	Форма підтримки підрозділу	Вертикальний

Розрахунок параметрів підстанції для малої гідроелектростанції показує, що необхідна потужність трансформатора складає 179,57 кВА для забезпечення надійної роботи. Струм у первинній і вторинній обмотках визначає вибір кабелів для забезпечення безпечної передачі електроенергії. Втрати трансформатора мінімальні і незначно впливають на загальну ефективність системи, що робить проект підстанції економічно вигідним і відповідним програмі «Зелений тариф».

Також варто звернути увагу на контрольні системи які є ключовим елементом для безпечної та ефективної роботи малої гідроелектростанції (МГЕС). Вони дозволяють автоматично керувати обладнанням, контролювати основні параметри і швидко реагувати на відхилення та аварійні ситуації. Системи моніторингу і управління забезпечують вимірювання тиску, температури, швидкості потоку води та рівня води, а також автоматичне керування турбіною та генератором.[13]

Також важливі системи захисту турбіни і генератора від механічних пошкоджень та перегріву, і захисту від затоплення, які попереджають затоплення будівель і обладнання. Дистанційні системи керування і моніторингу дозволяють контролювати роботу МГЕС на відстані та оперативно реагувати на проблеми. Всі ці системи працюють разом, щоб забезпечити надійність, безпеку і ефективність гідроелектростанції, зберігаючи екологічну рівновагу та економічну вигоду.

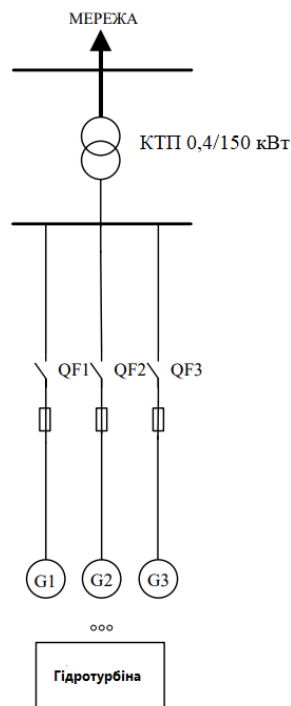


Рисунок 3.11 – Схема підключення

3.6 Обґрунтування комплексу малої гідроелектростанції під програму зеленого тарифу

В умовах сучасного розвитку відновлюваної енергетики і впровадження екологічно чистих технологій, будівництво малої гідроелектростанції (МГЕС) є важливим і перспективним напрямком. Використання водних ресурсів для генерації електроенергії дозволяє значно знизити залежність від викопних видів палива, а також зменшити викиди парникових газів. Це робить МГЕС особливо

привабливими для реалізації під програму зеленого тарифу, що стимулює виробництво відновлюваної енергії. У цьому розділі обґрунтуємо комплекс малої гідроелектростанції потужністю в області 200 кВт, спираючись на розрахунки параметрів, проведені вище, та пояснимо, чому це вигідно.

Для ефективної роботи МГЕС необхідно встановити водозапірні споруди, які забезпечать стабільний потік води до гідротурбіни. Водозапірні споруди повинні мати діаметр 54 см і площу поперечного перерізу 0,2334 м². Такі розміри забезпечують достатню пропускну здатність для стабільного потоку води 0,7 м³/с при швидкості 2 м/с.

Напірні тунелі повинні мати діаметр 45 см і площу поперечного перерізу 0,2334 м². Це забезпечує мінімальні втрати напору і стабільний потік води до гідротурбіни при швидкості 3 м/с. Використання гладких матеріалів для стінок тунелів допоможе зменшити втрати на тертя і зберегти енергію потоку води.

Водоскид повинен мати діаметр 59 см і площу поперечного перерізу 0,28 м² для ефективного відведення води після проходження через турбіну. Це дозволить уникнути підтоплення і зменшити вплив на навколишнє середовище.

Встановлення гідротурбіни Каплана є оптимальним вибором для МГЕС з великими перепадами висоти. При чистому напорі 29,06 м та об'ємі потоку води 0,7 м³/с, турбіна Каплана забезпечує потужність 170,6 кВт при ефективності 90%. Генератор з номінальною потужністю 178 кВА і ефективністю 95% перетворює механічну енергію турбіни в електричну енергію. Це забезпечує стабільну вихідну потужність генератора 170,6 кВт, що дозволяє виробляти 150 кВт на програму «Зеленого тарифу» і 20 кВт дозволяє використовувати на свої потреби по електроспоживанню.

Контрольні системи малої гідроелектростанції забезпечують її безперебійну і безпечну роботу. Система моніторингу і управління стежить за тиском, температурою, швидкістю потоку води і рівнем води. Система регулювання потоку води контролює засувки і клапани, забезпечуючи оптимальну роботу турбіни.

Система захисту турбіни і генератора виявляє перегрів та механічні пошкодження, автоматично вимикаючи обладнання при необхідності. Система захисту від затоплення попереджає затоплення будівель і обладнання, відкачуючи воду до безпечного рівня. Система дистанційного керування дозволяє контролювати роботу гідроелектростанції на відстані, а система енергоменеджменту оптимізує споживання електроенергії. Усі ці системи працюють разом для забезпечення стабільної та ефективної роботи станції

Також суттєвою є і економічна вигода, впровадження малої гідроелектростанції під програму зеленого тарифу має кілька переваг:

- Економічна ефективність: Високий тариф на закупівлю електроенергії забезпечує швидку окупність початкових інвестицій.
- Сталий розвиток: Використання відновлюваних джерел енергії сприяє збереженню природних ресурсів і зниженню викидів парникових газів.
- Енергетична незалежність: Генерація власної електроенергії зменшує залежність від зовнішніх джерел і підвищує енергетичну безпеку.
- Мінімальні витрати на обслуговування: Сучасні технології і системи автоматизації зменшують потребу в регулярному технічному обслуговуванні.
- Збільшення доходів: Високі тарифи на електроенергію дозволяють отримувати стабільний дохід від продажу надлишкової енергії в мережу.

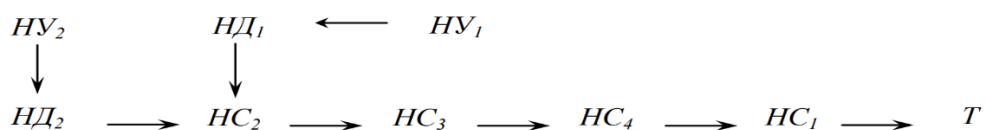
Отже комплекс малої гідроелектростанції потужністю в області 170 кВт під програму зеленого тарифу обґрунтовано на підставі проведених розрахунків параметрів та впровадження сучасних технологій. Водозапірні споруди, напірні тунелі, водоскид, гідротурбіна Каплана, генератор і контрольні системи забезпечують стабільну і ефективну роботу станції. Економічна вигода, сталий розвиток, енергетична незалежність, мінімальні витрати на обслуговування та збільшення доходів роблять впровадження проекту привабливим і перспективним. Це сприяє розвитку відновлюваної енергетики, збереженню навколишнього середовища та економічному зростанню.

4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Структурно-функціональний аналіз процесу виробництва електричної енергії на гідроелектростанціях та розроблення моделі

Для аналізу ризиків і моделювання можливих аварій і травм на гідроелектростанціях (ГЕС) доцільно використовувати метод логічного моделювання. Цей метод дозволяє структурувати небезпечні ситуації і оцінювати їх наслідки. Його застосовують для аналізу існуючих або потенційних небезпек, які можуть бути виявлені під час обстеження робочих місць, агрегатів, споруд і виробничих процесів.

Початок розробки заходів з охорони праці базується на аналізі безпеки основного обладнання ГЕС. Основними компонентами, що підлягають ретельному вивченню з точки зору безпеки, є гідротурбіна, гідрогенератор, допоміжне обладнання, система автоматичного регулювання роботи гідротурбіни та система збудження генератора. Це обладнання може бути джерелом небезпечних та шкідливих виробничих факторів, таких як ураження електричним струмом, механічні травми, а також небезпеки, пов'язані з високими тисками та потужними водними потоками.



Розглянемо приклад небезпечного фактора, пов'язаного з ризиком ураження електричним струмом через несправність заземлення або пошкоджені кабелі.

Аналіз факторів:

1. Вид робіт: технічне
2. Небезпечні умови (НУ):
 - Відсутність захисних дерев'яних щитів на підлозі (НУ1);
 - Несправність системи захисного заземлення (НУ2).

3. **Небезпечні дії (НД):**

- Працюючий знаходиться в небезпечній зоні (НД1);
- Працюючий виконує роботу не у визначеному місці (НД2).

4. **Небезпечні ситуації (НС):**

- Ураження електричним струмом через відсутність захисних дерев'яних щитів на підлозі (НС1);
- Ураження електричним струмом через незадовільний стан підлоги (НС2);
- Ураження електричним струмом через пошкоджені кабелі (НС3);
- Ураження електричним струмом через несправність заземлення (НС4).

5. **Травма (Т):** ураження електричним струмом, яке може призвести до серйозних травм або смерті.

Заходи для запобігання небезпечним ситуаціям:

1. Регулярно перевіряти стан системи захисного заземлення.
2. Своєчасно усувати несправності захисного заземлення.
3. Проводити регулярний нагляд за станом електропроводів і кабелів та замінювати пошкоджені.
4. Підтримувати належний санітарний стан підлоги в приміщенні.
5. Виготовити необхідну кількість захисних дерев'яних щитів на підлогу.

Дотримання цих заходів дозволить знизити ризик травмування електричним струмом і зменшити ймовірність виникнення аварійних ситуацій на гідроелектростанціях.

4.2 Вимоги безпеки під час експлуатації гідроелектростанції

Гідроагрегати та допоміжне обладнання, що знаходяться в експлуатації на гідроелектростанціях (ГЕС), повинні бути повністю автоматизовані. Включення гідроагрегату в генераторний режим, режим синхронного компенсатора, а також їх виведення та перемикання між режимами повинні здійснюватися автоматично,

за допомогою одного командного імпульсу. Це забезпечує швидкість та безпеку експлуатації, мінімізуючи людський фактор.

Гідроагрегати повинні працювати з повністю відкритими затворами на турбінних водоводах, а граничне відкриття напрямного апарату гідротурбіни не повинно перевищувати значення, що відповідає максимально допустимому навантаженню агрегату при відповідному напорі води та висоті всмоктування. Для насос-турбін в насосному режимі граничне відкриття також має бути обмежене, щоб не перевищити максимальну потужність гідрогенератора в даних умовах.[14]

Гідроагрегати повинні працювати в режимі автоматичного регулювання частоти обертання. Переведення регулятора гідротурбіни на ручне управління допускається тільки у виняткових випадках, з дозволу технічного керівника ГЕС. При цьому необхідно забезпечити:

- Автоматичний і ручний пуск та зупинку гідроагрегату.
- Стійку роботу агрегату у всіх режимах.
- Плавне регулювання потужності агрегату без гідроударів та поштовхів в системі оливопроводів.
- Автоматичну зміну обмеження граничного відкриття апарата в залежності від зміни напору води.

Для забезпечення безпеки експлуатації гідроагрегатів необхідно дотримуватися наступних вимог:

1. Пуск агрегату забороняється, якщо:

- Напір води перевищує допустимі значення, встановлені заводом-виробником.
- Є дефекти в системі регулювання, що перешкоджають нормальній роботі агрегату.
- Несправні системи дистанційного управління аварійними затворами, клапанами впуску повітря або випуску води.

2. Агрегат повинен бути негайно зупинений, якщо:

- Відбувається пожежа в генераторі.

- Тиск оливи в системі регулювання падає нижче допустимого рівня.
- Припиняється подача мастила до підшипників гідроагрегату.
- Частота обертання ротора перевищує гранично допустиме значення.
- Виникають несправності в системах регулювання або електричних захистах.

3. Гідроагрегат має бути розвантажений або зупинений, якщо:

- Є несправності в системі регулювання.
- Виявлено стук або шум у гідротурбіні чи генераторі.
- Збільшується биття вала агрегату або вібрація у вузлах.
- Знижується подача води для змащування підшипників турбіни.
- Підвищується рівень води на кришці турбіни вище допустимого через несправність дренажних насосів.
- Допоміжне обладнання працює з порушеннями, які неможливо усунути без зупинки агрегату.

Всі параметри, що регулюють пуск і роботу гідроагрегатів, повинні бути встановлені на підставі заводських рекомендацій та результатів натурних випробувань і зазначені в інструкціях з експлуатації. Дотримання цих вимог є критичним для безпечної та стабільної роботи гідроелектростанції.

4.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях

У разі надзвичайних ситуацій (НС) на гідроелектростанції важливим завданням є захист не тільки персоналу станції, але й навколишнього населення, яке може постраждати від наслідків аварій. Заходи з безпеки мають бути розроблені з урахуванням специфіки місцевості, розміщення об'єкта та характеру потенційних загроз. Для цього важливо оцінити вплив аварійних ситуацій на населення та екологічне середовище, що дозволить правильно підібрати способи захисту.[15]

Ефективна організація захисту в НС ґрунтується на своєчасному попередженні, правильній оцінці загроз та координації всіх наявних ресурсів і

заходів для мінімізації впливу надзвичайних подій. Використання сучасних систем моніторингу і раннього оповіщення про НС значно підвищує рівень безпеки і дозволяє уникнути масових жертв.

Основними заходами для захисту населення в умовах НС є евакуація, тимчасове укриття в безпечних зонах, а також використання захисного обладнання і засобів індивідуального захисту (ЗІЗ). Евакуація повинна бути організована чітко і своєчасно, з урахуванням шляхів виходу та можливих напрямків поширення загрози. Укриття населення в захисних спорудах, таких як сховища, можуть значно знизити ризики ураження.[16]

Важливим елементом безпеки є ЗІЗ, які захищають організм від небезпечних факторів, таких як хімічні, радіаційні та біологічні речовини. Засоби індивідуального захисту включають респіратори, протигази, спеціальний захисний одяг, які допомагають запобігти проникненню шкідливих речовин в організм. Також важливо забезпечити населення медичними препаратами, які дозволять знизити наслідки ураження — до таких препаратів належать радіопротектори, антидоти, протибактеріальні засоби.[17]

Медичні засоби індивідуального захисту допомагають не тільки зберегти життя, але й зменшити вплив шкідливих речовин на організм. Вони сприяють підвищенню стійкості організму до токсичних впливів і дозволяють швидко надати першу допомогу. Ці засоби включають препарати для профілактики отруєнь та лікування наслідків контакту з небезпечними речовинами.

5. РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ДОЦІЛЬНОСТІ БУДІВНИЦТВА МАЛОЇ ГІДРОЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ ПІД ПРОГРАМУ «ЗЕЛЕНОГО ТАРИФУ»

Будівництво малої гідроелектростанції (МГЕС) під програму «Зеленого тарифу» є перспективним напрямком розвитку відновлюваної енергетики. Використання гідроресурсів для генерації електроенергії сприяє зниженню залежності від викопних видів палива та зменшенню викидів парникових газів. У цьому розділі розглянемо економічну доцільність будівництва МГЕС потужністю 200 кВт, аналізуючи витрати, доходи та період окупності проекту.

Витрати на будівництво

Основні витрати на будівництво МГЕС включають:

1. Проектування та узгодження — 3909666 грн.[17]

- Інженерно-технічні дослідження: 623883 грн
- Проектна документація: 1455727 грн
- Консультаційні послуги: 707067 грн
- Юридичні витрати: 415922 грн
- Адміністративні збори: 291145 грн
- Екологічні дозволи: 415922 грн

2. Будівельні роботи — 11976000 грн[17]

Підготовчі роботи:

- Очищення та підготовка майданчика: 500000 грн

Будівельні роботи

- Будівництво водозабірних споруд: 4180000 грн
- Прокладання напірних тунелів: 3090000 грн
- Будівництво водоскидів: 2090000 грн
- Будівництво будівлі ГЕС: 2616000 грн

3. Закупівля обладнання — 7360000 грн.[16],[17]

- Гідротурбіна Каплана : 1744000 грн
- Генератор: 2308000 грн
- Контрольні системи (датчики, PLC, НМІ, автоматичні системи): 3308000 грн.

4. Монтажні роботи — 1816000 грн. [17],[18]

- Встановлення турбіни та генератора: 616000 грн
- Монтаж систем управління та автоматизації: 1200000 грн
- Підключення до електромережі: 1500000 грн

5. Пусконаладжувальні роботи — 5232000 грн[17]

- Тестування обладнання: 3400800 грн
- Налаштування систем управління: 1874800 грн

Резервний фонд — 3270000 грн

Для непередбачених витрат, що можуть виникнути у процесі будівництва або налаштування обладнання.

Підсумок

- Проектування та узгодження: 1090000 грн
- Будівельні роботи: 11976000 грн
- Закупівля обладнання: 7360000 грн
- Монтажні роботи: 1816000 грн
- Пусконаладжувальні роботи: 5232000 грн
- Резервний фонд: 3270000 грн

Загальні витрати: 33563666 грн

Операційні витрати

Щорічні операційні витрати на експлуатацію та обслуговування МГЕС

включають:

1. Технічне обслуговування:
 - Регулярні перевірки та обслуговування обладнання.
2. Заробітна плата персоналу:
 - Оплата праці обслуговуючого персоналу.
3. Енерговитрати:
 - Витрати на споживання електроенергії для власних потреб станції.
4. Страхування та податки:
 - Витрати на страхування обладнання та сплату податків.

Щорічні операційні витрати оцінюються у 872000 грн.

Доходи

Доходи від роботи МГЕС формуються за рахунок продажу електроенергії за зеленим тарифом. Припустимо, що зелений тариф становить 6,56 грн за кВт·год. Розрахуємо річний дохід.

1. Виробництво електроенергії:
 - Потужність генератора: 150 кВт.
 - Кількість робочих годин на рік: 7000 год.

Річне виробництво електроенергії:

$$E_{\text{річна}} = 150 \text{ кВт} \cdot 7000 \text{ год} \approx 1050000 \text{ кВт/год}$$

Річний дохід:

$$\text{Дохід} = 1,050,000 \times 6,56 \approx 6888000 \text{ грн}$$

Окупність проекту:

Окупність проекту розраховується як відношення загальних витрат до річного доходу мінус операційні витрати.

1. Чистий річний дохід:

$$\text{Чистий дохід} = \text{Дохід} - \text{Операційні витрати} \approx 6888000 \text{ грн} - 872000 \text{ грн} = 6016000 \text{ грн.}$$

2. Період окупності:

$$\text{Період окупності} = \frac{\text{Загальні витрати}}{\text{Чистий річний дохід}} \approx \frac{33563666 \text{ грн}}{6016000 \text{ грн}} \approx 5,5 \text{ років}$$

Отже, період окупності проекту будівництва МГЕС становить приблизно 5,1 років.

Вигоди проекту

1. Швидка окупність: Проект окуповується за 5,5 роки, що робить його дуже привабливим для інвесторів.
2. Сталий розвиток: Використання відновлюваних джерел енергії зменшує викиди парникових газів і сприяє збереженню екосистем.
3. Підвищення енергетичної незалежності: МГЕС забезпечує власну генерацію електроенергії, зменшуючи залежність від зовнішніх джерел.
4. Економічна вигода: Високий зелений тариф забезпечує стабільний дохід від продажу електроенергії в мережу.

5. Мінімальні витрати на обслуговування: Сучасні технології дозволяють знизити витрати на обслуговування та забезпечити довготривалу експлуатацію станції.

6. Збереження природних ресурсів: Використання гідроенергії зменшує потребу у викопних видах палива, сприяючи охороні навколишнього середовища.

7. Стимулювання місцевої економіки: Будівництво і експлуатація МГЕС створює робочі місця і сприяє розвитку місцевої інфраструктури.

8. Диверсифікація енергопостачання: МГЕС додає різноманітність у структуру енергопостачання, зменшуючи ризики від можливих перебоїв в постачанні інших видів енергії.

9. Технологічні інновації: Впровадження сучасних технологій у будівництво МГЕС сприяє підвищенню загального технологічного рівня регіону.

10. Покращення якості життя: Зменшення забруднення навколишнього середовища позитивно впливає на здоров'я населення і якість життя.

Економічна доцільність будівництва малої гідроелектростанції під програму «Зеленого тарифу» підтверджується швидкою окупністю та стабільним доходом. Впровадження МГЕС сприяє сталому розвитку, збереженню навколишнього середовища та підвищенню енергетичної незалежності регіону. Завдяки високому зеленому тарифу і мінімальним витратам на обслуговування, проект є економічно вигідним та перспективним для інвесторів. Це робить МГЕС важливим елементом відновлюваної енергетики, який забезпечує стабільну та екологічно чисту генерацію електроенергії.

Результати розрахунків :

- Загальні витрати: 33563666 грн.
- Щорічні операційні витрати: 872000 грн.
- Виробництво електроенергії на рік: 1050000 кВт·год.
- Річний дохід: 6888000 грн.
- Чистий річний дохід: 6016000 грн.
- Період окупності: 5,5 років.

ВИСНОВКИ

В умовах сучасного світу, де екологічні проблеми стають все більш нагальними, будівництво малої гідроелектростанції під програму «Зеленого тарифу» має важливе значення. Така ініціатива не лише сприяє зменшенню викидів парникових газів, але й дозволяє ефективно використовувати природні ресурси для генерації чистої енергії. Це особливо важливо в контексті переходу на відновлювані джерела енергії, що є пріоритетним напрямком для багатьох країн, включаючи Україну.

Будівництво МГЕС вимагає значних початкових інвестицій, проте економічна ефективність такого проекту очевидна. Розрахунки показують, що загальні витрати на будівництво станції становлять 33563666 грн, а щорічні операційні витрати — 872000 грн. Ці витрати швидко окупляться завдяки високому зеленому тарифу на електроенергію, що сприяє стабільному доходу. За оцінками, річний дохід від продажу електроенергії становитиме 6888000 грн, що дозволяє отримати чистий річний дохід у розмірі 6016000 грн. Таким чином, період окупності проекту становить 5.5 роки, що робить його надзвичайно привабливим для інвесторів.

Крім економічних переваг, МГЕС сприяє сталому розвитку регіонів. Будівництво та експлуатація станції створюють нові робочі місця, сприяючи розвитку місцевої економіки. Це особливо важливо для малих населених пунктів, де інфраструктура часто потребує покращення. Крім того, генерація власної електроенергії зменшує залежність від зовнішніх джерел та підвищує енергетичну безпеку регіону.

Важливою перевагою МГЕС є мінімальний вплив на навколишнє середовище. Використання водних ресурсів для генерації електроенергії є екологічно безпечним та сприяє збереженню природних екосистем. Це робить МГЕС важливим елементом екологічної політики, що спрямована на збереження довкілля та зменшення викидів шкідливих речовин.

Інноваційні технології, що використовуються при будівництві та експлуатації МГЕС, забезпечують високу ефективність та надійність роботи

станції. Сучасні гідротурбіни, генератори та контрольні системи дозволяють оптимізувати процес генерації електроенергії та мінімізувати витрати на обслуговування. Це не лише забезпечує довготривалу експлуатацію обладнання, але й підвищує загальну ефективність станції.

Охорона праці та безпека є пріоритетними аспектами при будівництві та експлуатації МГЕС. Забезпечення безпечних умов праці та ефективне управління ризиками допомагають запобігти нещасним випадкам і зберегти здоров'я працівників. Організація роботи, регулярні перевірки обладнання та навчання працівників сприяють підтримці високих стандартів безпеки на робочому місці.

Проект будівництва МГЕС під програму «Зеленого тарифу» також стимулює розвиток місцевої інфраструктури. Інвестиції в інфраструктурні проекти сприяють покращенню доріг, комунікацій та інших об'єктів, що позитивно впливає на якість життя населення. Крім того, це дозволяє залучати додаткові інвестиції в регіон та сприяє його економічному зростанню.

Враховуючи всі ці фактори, можна зробити висновок, що будівництво малої гідроелектростанції під програму «Зеленого тарифу» є економічно вигідним та екологічно доцільним проектом. Це дозволяє отримати стабільний дохід, забезпечити швидку окупність інвестицій та сприяти сталому розвитку регіонів. Впровадження сучасних технологій та високих стандартів безпеки забезпечує надійну та ефективну роботу станції, роблячи проект привабливим для інвесторів.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Бабич М. І. Обґрунтування варіантів конфігурації проекту мікрогідроенергетики Карпатського регіону України. Вісник львівського державного аграрного університету : агроінженерні дослідження. 2007. № 11. С. 37–43.
2. Бабич М. І., Коробка С. В. Методика обґрунтування параметрів турбіни та дериваційного каналу мікрогідроелектростанції для умов гірської річки. Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету: електронне наукове фахове видання. 2023. Вип. 13, том 1. 10 с.
3. Боярчук В., Бабич М., Кригуль Р., Шолудько Я. Дослідження функціональних та вартісних показників малих гідроелектростанцій. Вісник львівського національного аграрного університету : агроінженерні дослідження. 2013. № 17. С. 281-286.
4. Свіча (річка): веб-сайт. URL: [https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D1%80%D0%BE%D0%BD%D1%8C%D0%BA%D0%B0_\(%D1%80%D1%96%D1%87%D0%BA%D0%B0\)](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D1%80%D0%BE%D0%BD%D1%8C%D0%BA%D0%B0_(%D1%80%D1%96%D1%87%D0%BA%D0%B0)) (дата звернення: 21.09.2024).
5. Васько П. Ф., Мороз А. В. Потенціал використання гідроенергетичних ресурсів основних малих річок України. Відновлювальна енергетика України. 2016. № 3. С. 50-56
6. Васько П. Ф. Сучасний стан, потенційні можливості та передумови подальшого розвитку малої гідроенергетики в Україні. Відновлювальна енергетика. 2006. № 1. С. 60–66. 7. Відновлювані джерела енергії для домогосподарств. URL: <https://saee.gov.ua/uk/content/renewables> (дата звернення: 11.12.2020).
7. Відновлювані джерела енергії / За заг. ред. С.О. Кудрі. Київ: Інститут відновлюваної енергетики НАНУ, 2020. 392 с
8. Вовчак В., Тесленко О., Самченко О. Мала гідроенергетика України. Інститут проблем екології та енергозбереження. Київ, 2018. Т. II. Технологічні особливості малих ГЕС. 145 с.

9. Вовчак В., Тесленко О., Самченко О. «Мала гідроенергетика України. Аналітичний огляд. Том І». Інститут проблем екології та енергозбереження. Київ. 2018. 181 с.
10. Генератори на постійних магнітах. веб-сайт. URL: <http://www.windkraft.com.ua/product/generatoru-na-postojannyh-magnitah-10-kvt-500-obmin/> (дата звернення: 29.09.2024).
11. Гідроенергетика. веб-сайт. URL: <https://saee.gov.ua/uk/ae/hydroenergy>. (дата звернення: 29.10.2024).
12. Золотухін В.І., Лутаєв В.В. Водноенергетичні розрахунки при проектуванні гідроелектростанцій : навч. посіб. Рівне, 2005. 203 с.
13. Комплексне використання відновлюваних джерел енергії: Курс лекцій [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: М.П. Кузнєцов, О.А. Мельник. Електронні текстові дані (1 файл: 7,93 Мбайт). Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. 304 с.
14. Ландау Ю. М., Сіренко Л. І. Гідроенергетика і навколишнє середовище. Київ: Лібра, 2004. 481 с.
15. Пістун І. П. Безпека життєдіяльності: навч. посіб. Суми : Унів. кн., 1999. 301 с.
16. Alibaba company High Quality Low Water Head 200kw Kaplan Turbine Generator Unit веб-сайт. URL: <https://www.alibaba.com/product-detail/High-Quality-Low-Water-Head-200kw-1601016551573.html>(дата звернення: 29.10.2024).
17. Andritz company веб-сайт. URL: <https://www.andritz.com/hydro-en>(дата звернення: 29.10.2024).
18. УКРЕНЕРГО веб-сайт. URL: <https://ua.energy/>(дата звернення: 29.10.2024).