

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

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

першого (бакалаврського) рівня освіти

на тему:

“ОБҐРУНТУВАННЯ ГІДРОЕНЕРГЕТИЧНОГО ПОТЕНЦІАЛУ
У СТВОРІ РІЧКИ ДЛЯ ОБЛАШТУВАННЯ
ГІДРОЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ”

Виконав: студент IV курсу групи Ен-41
спеціальності 141 “Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка”
(шифр і назва спеціальності)

_____ Іваночко Р. М.
(Прізвище та ініціали)

Керівник: _____ к.т.н., доцент Бабич М.І.
(Прізвище та ініціали)

Рецензент: _____
(Прізвище та ініціали)

ДУБЛЯНИ 2024

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

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський) рівень
Спеціальність 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

“ЗАТВЕРДЖУЮ”
Завідувач кафедри _____
доцент, к.т.н., С. В. Сиротюк
“ ____ ” _____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Іваночку Руслану Миколайовичу

1. Тема роботи: “Обґрунтування гідроенергетичного потенціалу у створі річки для облаштування гідроелектростанції”.

Керівник роботи Бабич Михайло Іванович, кандидат технічних наук, доцент
затверджені наказом по університету від 27 листопада 2023 року № 641 / к-с.

2. Строк подання студентом роботи 31.05.2024 р.

3. Вихідні дані до роботи: матеріали літературного огляду, патентного пошуку і аналізу методів визначення гідроенергетичного потенціалу річок, існуючих типів гідроелектростанцій, довідкова та спеціальна література, аналіз останніх досягнень науки і техніки в галузі енергозабезпечення.

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

Вступ

1. Характеристика об'єкта дослідження

2. Обґрунтування гідроенергетичного потенціалу річки

3. Методика обґрунтування параметрів гідроелектростанції

4. Охорона праці та довкілля

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:

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>	27.11.23 р.	27.11.23 р.	

7. Дата видачі завдання

27 листопада 2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	<i>Написання першого розділу</i>	<i>27.11.23-23.12.23</i>	
2	<i>Виконання другого розділу</i>	<i>24.12.23-19.01.24</i>	
3.	<i>Виконання третього розділу</i>	<i>20.01.24-25.02.24</i>	
4.	<i>Написання розділу: «Охорона праці та довкілля»</i>	<i>26.02.24-12.03.24</i>	
5.	<i>Розрахунок економічної ефективності розробок кваліфікаційної роботи</i>	<i>13.03.24-10.04.24</i>	
6.	<i>Завершення оформлення розрахунково-пояснювальної записки та ілюстративної частини</i>	<i>11.04.24-01.05.24</i>	
7.	<i>Завершення кваліфікаційної роботи в цілому</i>	<i>02.05.24-31.05.24</i>	

Студент _____ Іваночко Р. М.
(підпис)

Керівник роботи _____ Бабич М. І.
(підпис)

УДК 621.311.212

Іваночко Р. М. Обґрунтування гідроенергетичного потенціалу у створі річки для облаштування гідроелектростанції. Кваліфікаційна робота. Дубляни: Львівський національний університет природокористування, 2024 р. 42 с. текстової частини, 4 таблиці, 16 рисунків, 29 джерел посилання.

Метою кваліфікаційної роботи є обґрунтування гідроенергетичного потенціалу річки у досліджуваному створі річки та обґрунтування параметрів гідроелектростанції.

Для досягнення поставленої мети, необхідно виконати такі **завдання**: проаналізувати методи дослідження гідроенергетичного потенціалу; визначити гідроенергетичні ресурси досліджуваного створу річки; обґрунтувати схему створення концентрованого напору; обґрунтувати параметри гідротурбіни і генератора; здійснити техніко-економічні розрахунки.

Здійснено аналіз перспектив освоєння гідроенергетичного потенціалу малих річок для виробництва електричної енергії. Проаналізувати способи і методики визначення гідроенергетичного потенціалу обґрунтовано використання гідротехнічних споруд без використання греблі, а за допомогою деривації. Обґрунтовано місце розташування гідроелектростанції у створі річки Велика Уголька та визначено гідроенергетичний потенціал. Обґрунтовано параметри гідроелектростанції у складі пропелерної гідротурбіни Hydro-eKIDS Type L, синхронного генератора ГСФ-100М, дериваційного каналу довжиною 50 м, і діаметром 1,45 м. Запропоновано заходи з охорони праці та довкілля. Впровадження гідроелектростанції встановленою потужністю 56,67 кВт дозволить виробляти 396690 кВт·год електроенергії за рік.

Ключові слова: гідроелектростанція, річка, гідроенергетичний потенціал, гідротурбіна, дериваційний канал.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1. ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ’ЄКТА ДОСЛІДЖЕННЯ.....	8
1.1. Роль та місце гідроелектростанцій в енергетичній системі.....	8
1.2. Стан та перспективи використання гідроенергії малих річок в Україні.....	10
1.3. Обґрунтування теми кваліфікаційної роботи.....	12
2. ОБҐРУНТУВАННЯ ГІДРОЕНЕРГЕТИЧНОГО ПОТЕНЦІАЛУ РІЧКИ.....	13
2.1. Вибір ділянки річки для спорудження гідроелектростанції.....	13
2.2. Аналіз методів дослідження гідроенергетичного потенціалу річок.....	14
2.3. Визначення гідроенергетичного потенціалу на ділянці річки....	17
3. МЕТОДИКА ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ГІДРОЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ.....	20
3.1. Обґрунтування схеми використання гідроенергії.....	20
3.2. Вибір типу і розрахунок параметрів гідротурбіни.....	22
3.3. Вибір типу і розрахунок параметрів гідрогенератора.....	26
3.4. Обґрунтування структури гідроелектростанції та її гідротехнічних споруд.....	28
4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ДОВКІЛЛЯ	31
4.1. Структурно-функціональний аналіз процесу використання гідроенергії для виробництва електроенергії.....	31
4.2. Вимоги щодо безпечної експлуатації обладнання гідроелектростанції.....	33
4.3. Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях на гідроелектростанції.....	34

4.4 Охорона водних ресурсів річок під час їх енергетичного освоєння.....	35
5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ РОЗРОБОК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ.....	36
ВИСНОВКИ.....	39
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	40

ВСТУП

Внаслідок вологообігу енергія річок на землі є відновлюваною. Оскільки її циклічність на пряму залежить від річкового стоку, тому гідроенергетичні ресурси нерівномірно розподіляються протягом року і характеризуються мінливістю протягом років. В узагальненому вигляді гідроенергетичні ресурси, так само як і водні характеризуються середньобогаторічною величиною і визначають гідроенергетичним потенціалом [14].

На величину і розподіл гідроенергетичного потенціалу крім водних ресурсів, в значній мірі впливає рельєф території та різниця висот в місцевості де протікає річка. Крім того також необхідно врахувати, що енергія річок в природних умовах затрачається, або гаситься на розмив дна і берегів русла, на переробку та перенесення твердого матеріалу, на вилуговування та перенесення солей, на подолання тертя.

У процесі використання гідроенергетичних ресурсів завжди будуть виникати втрати: гідравлічні у гідроспорудах, механічними і електричними в обладнанні, частина ділянок річок (у гирлі) не може бути використана, також частина води буде затрачена на випаровування, а частина на фільтрацію. Все це треба враховувати при обчисленні (визначенні) гідроенергетичного потенціалу річки для обґрунтування параметрів гідроелектростанції на досліджуваній ділянці.

Таким чином, кваліфікаційна робота, в якій розглядається обґрунтування гідроенергетичного потенціалу у створі річки для облаштування гідроелектростанції є важливою і актуальною.

1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1 Роль та місце гідроелектростанцій в енергетичній системі

Якщо порівнювати різні відновлювані джерела енергії і гідроенергетику, то остання є єдиною галуззю, яка дає можливість зібрати надлишок виробленої електроенергії і зберегти його до моменту виникнення її дефіциту в загальній мережі. Крім цього процес виробництва електроенергії на гідроелектростанції в порівнянні з поширеними вітровими та сонячними електростанціями, характеризується стабільністю виробництва протягом доби, і не залежить напряму від погодних умов.

Також варто зазначити, що більшість країн взяли курс на стовідсоткове забезпечення своїх енергопотреб за рахунок відновлюваних джерел енергії, переважно сонячних та вітрових гідроелектростанцій. Але у зв'язку з мінливістю та непостійністю виробництва електроенергії на цих електростанціях, якраз зростає роль гідроелектростанцій, зокрема гідроакумулюючих, які здатні забезпечувати акумулюючи та балансуєчі можливості для мережі.

По суті гідроенергетика і допомагає сонячній і вітровій генерації бути ефективними при роботі на загальну мережу. Отже як звичайні гідроелектростанції так і гідроакумулюючі підвищують ефективність і надійність роботи енергосистем [26].

Охарактеризуємо основні функції гідроелектростанцій при роботі на енергосистему [30]:

- забезпечення чистою електричною енергією, що є основним завданням гідроелектростанцій;
- забезпечення пікових навантажень в мережі;
- резервне джерело енергії у випадку аварії (В порівнянні з іншими електростанціями, гідроелектростанції характеризуються швидким запуском гідроагрегатів і підключенням до загальної мережі, коли в енергосистемі є

аварія, і необхідно терміново доповнювати електроенергію; генератори гідроелектростанцій часто використовуються як аварійні резервні одиниці);

- накопичення енергії (для цього застосовують гідроакумулюючі електростанції, які перекачують воду і використовують електроенергію для зберігання енергії в періоди низького навантаження і виробляють електроенергію для подачі енергії в систему в час пік для задоволення потреб у навантаженні).

Оскільки гідроенергетика є чистою енергією, а також врахувавши, її роль в енергосистемі, є певні вимоги до забезпечення режиму роботи гідроелектростанцій.

Для роботи з базовим навантаженням використовуються електростанції без регулюючої потужності. Гідроелектростанції з регульованою потужністю застосовують для скорочення пікового навантаження в засушливі періоди. А коли є паводки, вони як правило переходять у режим базового навантаження, і тоді теплові електростанції працюють на зниження пікових навантажень у ситсемі.

Тобто гідроелектростанції беруть участь в операціях зі скорочення пікових навантажень у посушливі періоди, що дає змогу тепловим електростанціям працювати в областях з високою ефективністю. Коли є дощі і відповідно паводки, гідроелектростанція починає працювати на базовому навантаженні, а теплова електростанція найбільше бере участь в операції зі скорочення пікових навантажень [29].

Також необхідно забезпечити таке навантаження гідроагрегату, за якого можлива його робота у зоні високого коефіцієнта корисної дії. Адже при роботі в зонах з низьким напором гідроелектростанції та низьким навантаженням вони не тільки неефективні, але також можуть працювати в зоні вібрації, що впливає на безпечну роботу та термін служби такого агрегату [29].

Отже гідроелектростанції є важливою складовою загальної енергосистеми, для виробництва чистої стабільної електроенергії.

1.2 Стан та перспективи використання гідроенергії малих річок в Україні

На малих гірських річка працюють гідроелектростанції потужність до 10 МВт, які прийнято відносити до об'єктів малої гідроенергетики [9]. У світі, як і в Україні, є великий попит на малу гідроенергетику. Це пов'язано з тим, що ресурси великої гідроенергетики є освоєними. Також малі гідроелектростанції є менш шкідливими для навколишнього середовища, оскільки не потребують спорудження водосховищ, які роблять багато шкоди як для природи так і для людей.

Україна володіє значним гідроенергетичним потенціалом, який в тій чи іншій мірі охоплює усі області (рис. 1.1).

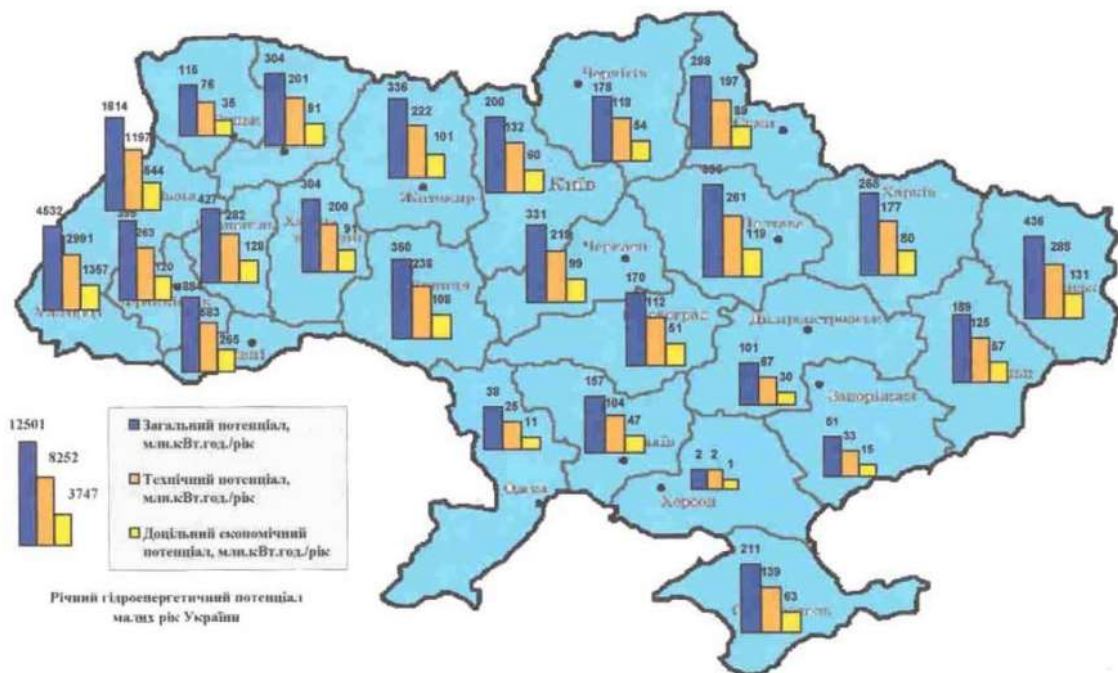


Рисунок 1.1 – Карта гідроенергетичного потенціалу малих річок України

Зокрема у нас є 63 тисячі малих річок, які складають третину від технічного потенціалу усіх річок України [9]. Загальний гідроенергетичний потенціал становить 12,5 млрд. кВт/год, третина з якого зосереджена у

Карпатському регіоні, зокрема це Закарпатська, Львівська, Івано-Франківська та Тернопільська області.

На жаль в Україні використано до 30 % потенціалу малих річок, а якщо дивитись на області з найбільшим потенціалом малих річок, то для Закарпаття це показник складає 12 %, Львівська область – 1% [27]. Свідченням такого стану є те, на сьогодні в Україні функціонують 170 малих гідроелектростанцій загальною встановленою потужністю 180 МВт з можливих 670 МВт (рис. 1.2) [9].

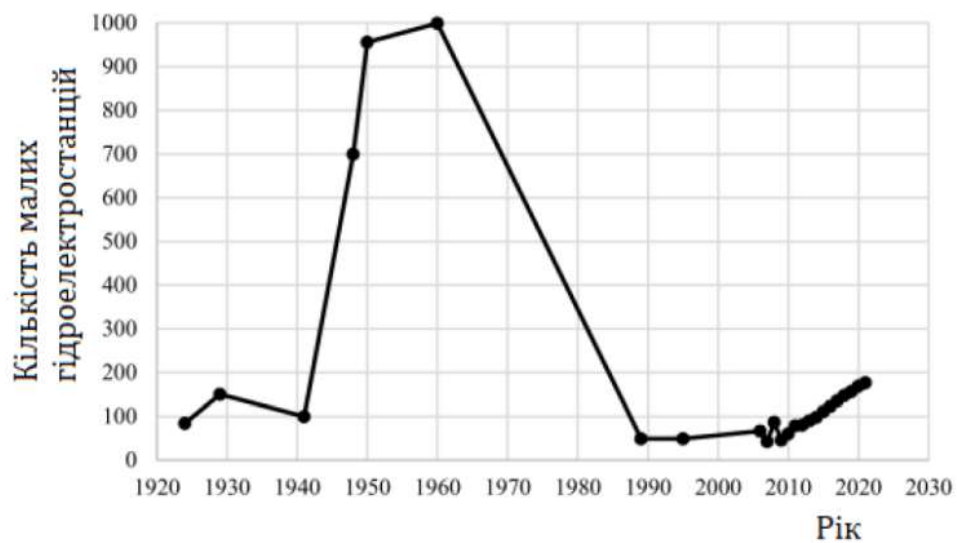


Рисунок 1.2 – Графік приросту малих гідроелектростанцій в Україні

Як бачимо, Україна володіє значним неосвоєним гідропотенціалом малих річок, особливо це стосується Карпатського регіону. Використання гідроенергії має ряд переваг в порівнянні з іншими відновлюваними джерелами, це і стабільність виробітку електроенергії, менша залежність від погодніх умов, відносно невеликі терміни будівництва та менші терміни окупності. А для деяких областей України, зокрема Закарпатської, можуть стати джерелом забезпечення усіх потреб в електроенергії, та забезпечення потреб в енергії споживачів, які знаходяться у віддалених важкодоступних районах Використання гідроенергетичних споруд гідроелектростанції сприяє захисту населених пунктів і сільського господарських угідь від паводків.

1.3 Обґрунтування теми кваліфікаційної роботи

Проаналізувавши питання щодо стану перспектив освоєння гідроенергетичного потенціалу малих річок для виробництва електричної енергії, ми прийшли до висновку що потенціал річок використовується на третину. Також встановлено що гідроенергію малих річок можна використати і для забезпечення потреб в енергії віддалених важкодоступних споживачів і для виробництва електроенергії на гідроелектростанціях та реалізації її в загальну мережу.

Перш ніж обґрунтувати тип гідроелектростанції та її параметри важливо встановити скільки гідроенергії з річки ми можемо використати саме для енергетичних потреб. Тобто насамперед важливо проаналізувати способи і методики визначення гідроенергетичного потенціалу та визначити його у конкретному досліджуваному створі річки. З огляду на це, кваліфікаційна робота, яка присвячена обґрунтуванню гідроенергетичного потенціалу у створі річки для облаштування гідроелектростанції є важливою і актуальною.

2 ОБҐРУНТУВАННЯ ГІДРОЕНЕРГЕТИЧНОГО ПОТЕНЦІАЛУ РІЧКИ

2.1 Вибір ділянки річки для спорудження гідроелектростанції

Вибір створу ділянки річки для спорудження на ній гідроелектростанції залежить від багатьох факторів, зокрема топографічних характеристик місцевості, гідрологічних характеристик русла, геологічних умов, близькості до об'єктів інфраструктури тощо. У загальному випадку, критерії, які впливають на вибір місця будівництва гідроелектростанції формують певні групи, а саме: соціальні, економічні, екологічні і технологічні критерії. Розглянемо детальніше ці групи, та загалом вимоги, які до спорудження гідроенергетичних об'єктів [4].

Річка характеризується багатьма створами, які можуть бути перспективними для спорудження гідроелектростанцій. Але насамперед перед вибором створу необхідно враховувати екологічний критерій – що передбачає заборона на затоплення природних територій, що особливо охороняються. За енергетичним критерієм передбачено можливість отримання максимальної потужності гідроелектростанцій при мінімальних капітальних затратах. Також необхідно врахувати:

- близькість до ліній електропередач;
- близькість до автомобільних доріг, залізниць, якими підвозяться матеріали та обладнання гідроелектростанцій;
- близькість до кар'єрів будівельних матеріалів у випадку спорудження гідротехнічних споруд, зокрема спорудження греблі.

Вибір ділянки для спорудження гідроелектростанції, вимагає комплексного дослідження даного питання. Часто необхідно порівняти багато варіантів, для того щоб обрати кращий. Для рівнинних річок особливості вибору відрізняються від гірських. Зокрема на рівнинних, неможливо забезпечити необхідний перепад місцевості для створення напору

без застосування гребель. В гірських умовах на малих річках можна знайти ділянки з необхідним напором, без створення спеціальних водозабірних споруд. Тому в даному дослідженні використаємо спорудження гідроелектростанції саме на гірській річці. Щоб обрати місце спорудження необхідно визначити гідроенергетичний потенціал досліджуваної ділянки.

2.2 Аналіз методів дослідження гідроенергетичного потенціалу річок

Гідроенергетичну потужність річки найбільш повно характеризує її загальний гідроенергетичний потенціал та показує повну теоретичну енергію річкового стоку. Однак не весь потенціал річки можна використати на гідроенергетичні потреби, тому прийнято розрізняти три категорії гідро потенціалу, зокрема [23]:

- гідропотенціал *теоретичний валивий* (потенціальні гідроенергетичні ресурси річки);

- гідропотенціал *технічний*, являє собою ту частину гідроенергетичних ресурсів (валового потенціалу), яка технічно освоюється, а бо ще можна освоїти;

- гідропотенціал *економічний*, це знов ж таки економічно ефективна частина технічного гідроенергетичного потенціалу досліджуваної річки.

Визначення гідроенергетичного потенціалу передбачає розрахунок потужності енергії стоку річки. Для коректного та об'єктивного визначення гідропотенціалу, більшість авторів рекомендує використовувати метод лінійного поділянкового обліку (рис. 2.1) [24]. Суть даного методу в тому, що після визначення – довжини ділянки, перепаду і витрати води – для кожної ділянки річки гідроенергетичні ресурси розраховують [24], кВт:

$$N_{\text{длі}} = 0,5g(Q_n + Q_k)H, \quad (2.1)$$

де Q_n , Q_k – відповідно витрата води на початку і в кінці ділянки річки, $\text{м}^3/\text{с}$; H – статичний напір, м.

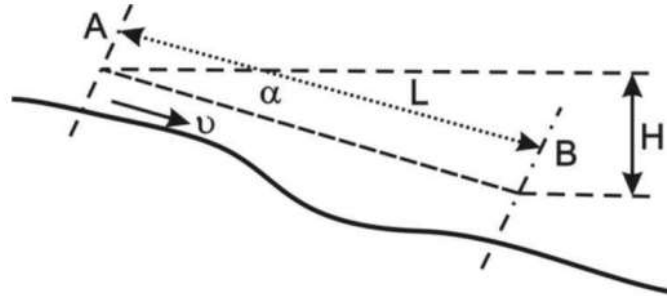


Рисунок 2.1 – До питання визначення потужності потоку на ділянці річки методом лінійного поділянкового обліку

Важливим поділ річки на ділянки. Як правило річку розбивають, або в точках зі значними змінами витрати води, або у створах з різкою перепадом, або позовжнім похилом ділянки річки. Похил можна використовувати як непрямий техніко-економічний показник для порівняння енергетичної цінності ділянок річок [23]. Тоді питому руслову потужність ΔN можна визначити, кВт/км:

$$\Delta N = \frac{9.81 \cdot Q \cdot H}{L} = 9.81 \cdot Q \cdot I \quad (2.2)$$

де I – похил ділянки річки, %.

Загалом руслова потужність усієї річки визначалась як сума потужностей усіх ділянок, кВт:

$$N = g \sum_{i=1}^n 0,5(Q_{ni} + Q_{ki})H_i, \quad (2.3)$$

де n – кількість ділянок.

Розглянемо детальніше як здійснюють розрахунок потужності водотоку відповідно до рисунку 2.1. Гідроенергією річки є її робота в часі. Вага води є силою, яка здійснює роботу потоку. Визначимо значення роботи

поток на ділянці річки А-В довжиною L для постійних показників похилу $\sin \alpha$, швидкості v і площі перерізу ω (рис. 2.1) [13].

За певний час t об'єм води ділянки зміститься за напрямком руху на $L=v \cdot t$. А у вертикальному напрямі зміститься точка прикладання сили тяжіння $F=m \cdot g=\rho \cdot v \cdot L \cdot g$ на висоту $L \cdot \sin \alpha=v \cdot \sin \alpha \cdot t$ [13]. Тоді роботу на ділянці L за час t знайдемо

$$A = \rho \cdot g \cdot \omega \cdot L \cdot v \cdot \sin \alpha \cdot t. \quad (2.4)$$

Можемо визначити потужність P [11]

$$P = \frac{A}{t} = \rho \cdot g \cdot \omega \cdot L \cdot v \cdot \sin \alpha. \quad (2.5)$$

Враховуваши що $v \cdot \omega = Q$ середня витрата води ($\text{м}^3/\text{с}$) на ділянці АВ, а $L \cdot \sin \alpha = H$ – напір (м), а також $\rho = 1000 \text{ кг}/\text{м}^3$, $g = 9.81 \text{ м}/\text{с}^2$, визначимо потужність P в кВт [13]:

$$P = 9,81 \cdot Q \cdot H. \quad (2.6)$$

Коли відомий поздовжній профіль усієї річки і дані її стоку, тоді потенційну потужність річки можна визначити за формулою, кВт

$$P = 9,81 \sum_{i=1}^n Q_i \cdot H_i. \quad (2.7)$$

де n – кількість досліджуваних ділянок річки.

Тоді потенціальні запаси гідроенергетичних ресурсів річки (гідроенергетичний потенціал) визначають виходячи з того що використання потенційної гідроенергії здійснюють 8760 год/рік, кВт·год [15]:

$$W = 8760 \cdot \sum_{i=1}^n 9,81 \cdot Q_i \cdot H_i = 85940 \sum_{i=1}^n Q_i \cdot H_i. \quad (2.8)$$

Отже використовуючи метод лінійного поділянкового обліку визначимо гідроенергетичні ресурси досліджуваної ділянки річки для облаштування на ній гідроелектростанції.

2.3 Визначення гідроенергетичного потенціалу на ділянці річки

Вихідними даними для визначення гідропотенціалу річки є

- відомості про рельєф річки;
- інформація про витрати води на гідрологічних постах (на річках де ведуться спостереження);

Щодо рельєфу річки, зараз є спеціальні програми, де можна побудувати цифрові моделі рельєфу. Для високої точності оцінювання річкової мережі варто поєднувати дані цифрові моделі з паперовим картографічним матеріалом.

Для дослідження нами обраного річку Велика Уголька, яка протікає в межах Тячівського району Закарпатської області. Притока річки Теремлі. Довжина 29 км, площа водозабору (басейну) 159 км². Річка є типово гірською, про що свідчить її значний похил – 42 м/км [5]. На річці Велика Уголька є водомірний пост № 35. Тому для визначення витрати води для гідроелектростанції скористаємось даними спостережень щодо витрати води різної забезпеченості (табл. 2.1).

Таблиця 2.1 – Витрати води різної забезпеченості в розрахунковому створі №35 річки Велика Уголька

№ створу	Річка	Площа водозабору, м ²	Витрати води (м ³ /с) забезпеченістю:						
			0,1%	0,5%	1,0%	5,0%	10%	25%	50%
35	Велика Уголька	159	213	156	85	48	32,2	24,5	9,2

Для гідроенергетичних розрахунків використовують середньорічну витрату води $Q_{50\%}$. Також важливо знати, як розподілена витрата води в річці впродовж року. Оскільки нам відомі лише витрати різної забезпеченості, для річок даного регіону приймемо розподіл стоку (табл. 2.2) [23].

Таблиця 2.2 – Розподіл витрати води у відносних одиницях

Місяць	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Рік
Q в частках	0,46	0,48	1,38	3,23	1,7	0,82	0,64	0,59	0,79	0,94	0,57	0,4	1

Застосувавши дані з таблиць 2.1 і 2.2 можемо визначити середньорічні витрати води для кожного місяця. Для середньої витрати води у створі річки Велика Уголька $Q_{50\%} = 9,2 \text{ м}^3/\text{с}$ розподіл витрати води за місяцями в абсолютних одиницях у досліджуваному створі отримаємо в таблиці 4.

Таблиця 4 – Розподіл витрати води за місяцями річки Велика Уголька

Місяць	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Q в $\text{м}^3/\text{с}$	2,39	2,49	7,17	16,79	8,84	4,26	3,33	3,07	4,11	4,88	2,96	2,08

Використовуючи отримані дані побудовано графік витрати води за місяцями (рис. 2.2). Найбільше води в період паводків – квітень травень – максимальна витрата води $16,79 \text{ м}^3/\text{с}$, найменше у грудні – $2,08 \text{ м}^3/\text{с}$.

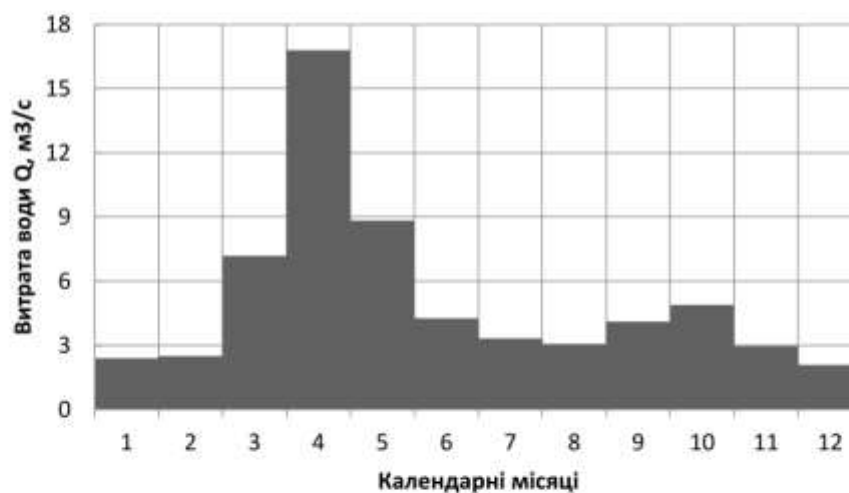


Рисунок 2.2 – Діаграма розподілу витрат води за місяцями річки Бронька

Також важливо мати тривалості витрат води протягом року. На рисунку 2.3 побудовано графік тривалості витрат $Q = f(t)$ для річки Велика Уголька.

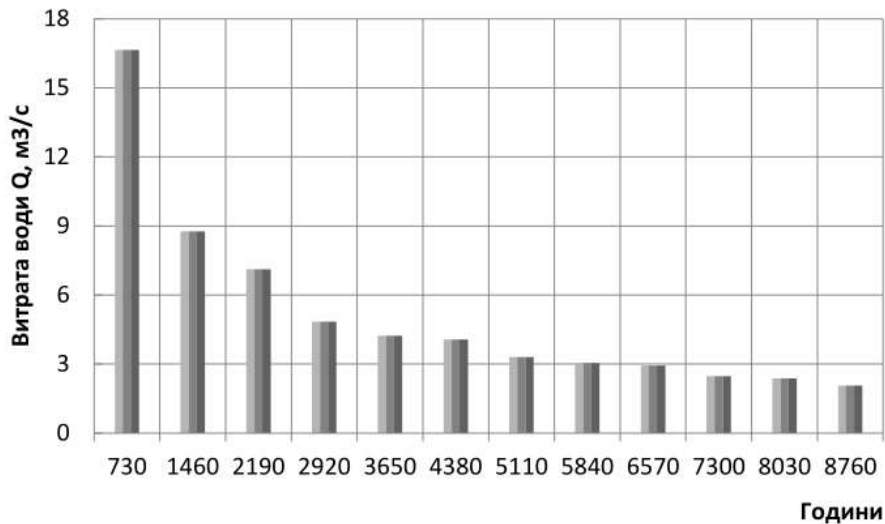


Рисунок 2.3 – Графік тривалості витрат $Q = f(t)$ для річки Велика Уголька

Використання води для гідроенергетичних потреб є обмеженим і можна використовувати лише 10 % від витрати води. Таким чином приймаємо витрату води для гідроенергетичних потреб за наймаловоднішим місяцем груднем $Q = 2,08 \text{ м}^3/\text{с}$. Напір можна створити або за допомогою греблі, або за допомогою деривації, тобто він створюється штучно. Напір ділянки приймаємо для попередніх розрахунків приймаємо $H = 5 \text{ м}$. Використовуючи формулу (2.6) визначимо потенційну потужність водотоку

$$P = 9,81 \cdot 2,08 \cdot 5 = 102,03 \text{ кВт.}$$

За використання потенційної гідроенергії протягом року, 8760 год/рік, гідропотенціал у досліджуваному створі визначимо за формулою (2.8)

$$W = 102,03 \cdot 8760 = 893730,24 \text{ кВт}\cdot\text{год.}$$

Отримане значення виражає потенційні запаси гідроенергії у досліджуваному створі. Що отримати реальні показники необхідно обґрунтувати параметри гідрообладнання у досліджуваному створі.

3 МЕТОДИКА ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ГІДРОЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ

3.1 Обґрунтування схеми використання гідроенергії

Для перетворення гідроенергії в електричну треба мати встановлені значення напору та витрати води. Дуже рідко можна зустріти ділянки річки, де вже є концентровані витрати води і напору для гідроенергетичного освоєння. Для ефективної роботи гідротурбіни напори створюють штучно.

В залежності від умов місцевості, допустимих напорів і витрат води, використовують різні схеми гідровузлів і конструкцій гідроелектростанцій.

Основними частинами гідроелектростанцій в залежності від її типу є головний вузол, силовий вузол і деривація (для дериваційного типу) [1].

Головний вузол являє собою глуху чи водозливну греблю, за допомогою якої можна підняти рівень води верхнього б'єфу до розрахункової висоти з метою подачі води в напірний басейн гідроелектростанції чи деривації. Головний вузол включає водоприймач, водоскид і водоспуск.

Силовий вузол складається з напірного трубопроводу, який з'єднує напірний басейн з гідротурбінами, будівлі станції та відсмоктувальної труби. Гідроагрегати і допоміжне обладнання розташоване у будівлі гідроелектростанції.

Окремим елементом може бути система деривації – водопровідних напірних трубопроводів, або безнапірних споруд у вигляді каналів, за допомогою яких вода з річки подається в напірний басейн гідроелектростанції.

Оскільки напір на гідроелектростанціях створюють штучно, залежно від умов місцевості річки важливо правильно обґрунтувати схему створення напору. Розглянемо основні схеми створення напору, які поділяють на гребельні, дериваційні і змішані (рис. 3.1).

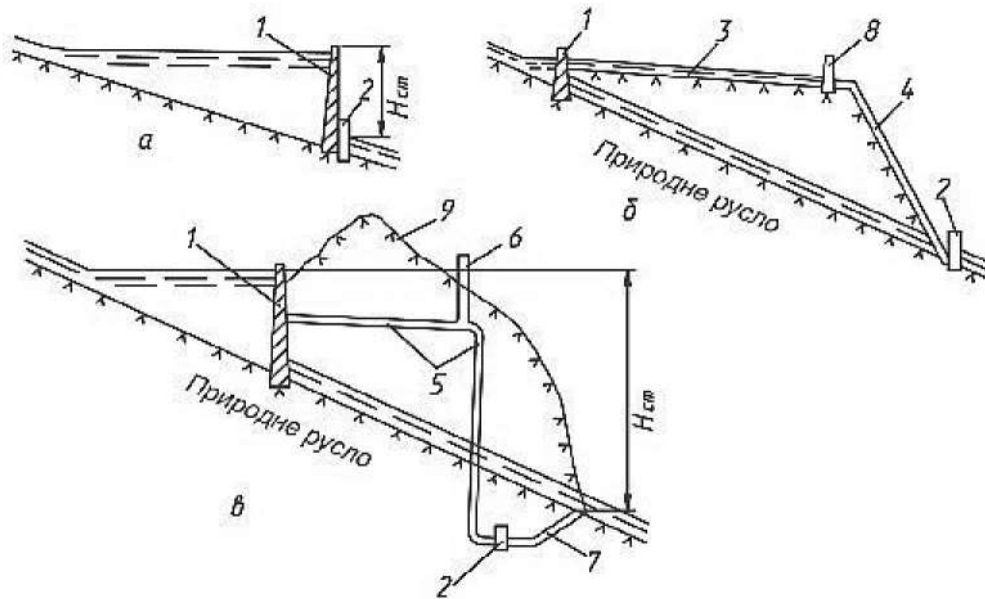


Рисунок 3.1 – Схеми створення концентрованого напору гідроелектростанцій: а – гребельна; б – дериваційна; в – гребельно-дериваційна; 1 – гребля; 2 – будинок гідроелектростанції; 3 – дериваційний канал; 4 – напірний трубопровід; 5 – напірний тунель; 6 – вирівнювальний резервуар; 7 – відвідний тунель; 8 – водоприймач; 9 – природна поверхня берегового схилу [13]

Найбільш поширеною на гідроелектростанціях є гребельна схема (рис. 3.1, а). Як бачимо з рисунку, напір створюється за рахунок підпору русла річки утвореного греблею. Характерною особливістю такої схеми є утворення водосховища, яке використовується для регулювання стоку. Дані схеми використовують на рівнинних річках, які характеризуються високими витратами води і відсутністю значних перепадів місцевості.

Наступною поширеною схемою створення напору є деривація (рис. 3.1, б). За даної схеми здійснюють відвід води штучним водоводом, який може бути напірним (трубопроводом) або безнапірним (каналом, тунелем). В цьому випадку для забору води часто застосовується гребля. Інколи може бути без використання греблі. Такі схеми переважно використовують у

гірській місцевості, де є значні похили на коротких ділянках, і можна створити значний напір.

Зрозуміло, що кожна з описаних схем має певні переваги. Тому інколи, за відповідних природніх умов, ці схеми поєднують в одній гідроелектростанції (рис. 3.1, в).

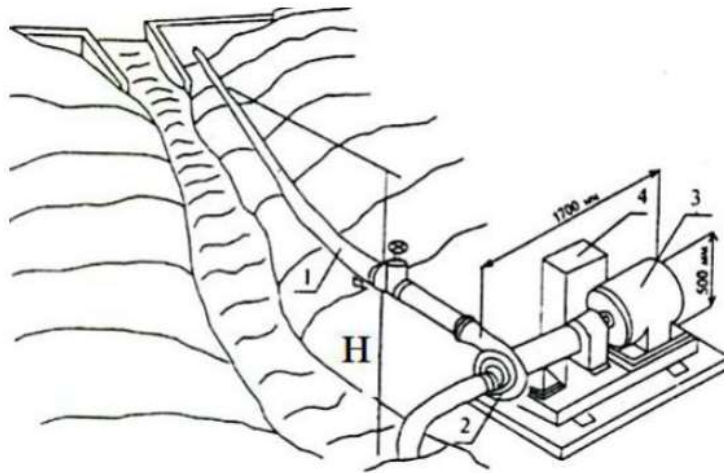


Рисунок 3.2 – Схема дериваційної гідроелектростанції для умов гірської річки Велика Уголька: 1 – деривація, 2 – гідротурбіна, 3 – гідрогенератор, 4 – блок управління

Таким чином схема створення напору залежить від місцевості річки. Оскільки в даному дослідженні використано типово гірську річку Велика Уголька, раціонально обрати дериваційну схему створення напору (рис. 3.2), яка з погляду екології має переваги над гребельною гідроелектростанцією.

3.2 Вибір типу і розрахунок параметрів гідротурбіни

Основним елементом будь якої гідроелектростанції є гідротурбіна. Гідротурбіна перетворює гідроенергію річки в механічну енергію. Гідротурбіни вибирають за напором і витратою води, і визначивши ці показники, можна обрати турбіну за номограмою поданою на рисунку 3.3.

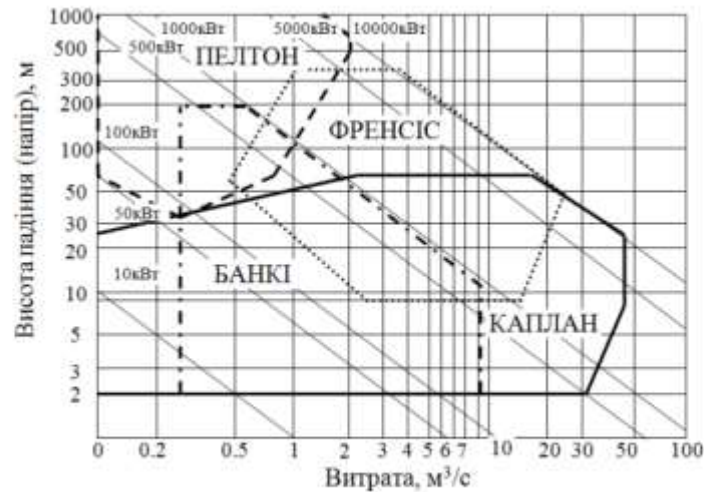


Рисунок 3.3 – Номограма основних типів гідротурбін

Визначимо основні параметри гідротурбіни на сонові вихідних даних річки Велика Уголька – $Q = 2,08 \text{ м}^3/\text{с}$, $H_{br} = 5 \text{ м}$.

Як було визначено в попередньому пункті концентрований напір H_{br} , утворимо за допомогою дериваційного трубопроводу. Для гідротурбіни треба визначити напір нетто, тому розрахуємо втрати напору.

Насамперед визначимо діаметр дериваційного трубопроводу d , м [13]:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot v}}, \quad (3.1)$$

де v – швидкість води (приймають $v = 0,75-1,25 \text{ м/с}$).

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 2,08}{3,14 \cdot 1,25}} = 1,45 \text{ м}.$$

Тоді середню швидкість визначимо [11]:

$$v = \frac{4Q}{\pi d^2} = \frac{4 \cdot 2,08}{3,14 \cdot 1,45^2} = 1,26 \text{ м/с}. \quad (3.2)$$

Розрахуємо число Рейнольдса за формулою [13]

$$R_e = \frac{v \cdot d}{\nu}, \quad (3.3)$$

де ν – кінематичний коефіцієнт в'язкості рідини (приймаємо $\nu=1,5 \cdot 10^{-6}$ м²/с[13]), м²/с.

$$Re = \frac{1,26 \cdot 1,45}{0,0000015} = 1218000.$$

Коефіцієнт гідравлічного тертя λ визначимо [13]

$$\lambda = \frac{0,3164}{Re^{0,25}}. \quad (3.4)$$

$$\lambda = \frac{0,3164}{1218000^{0,25}} = 0,0096.$$

Використовуючи формулу Дарсі-Вейсбаха визначимо втрати напору, м [13]:

$$h_l = \lambda \frac{l v^2}{d 2g}, \quad (3.5)$$

де l – довжина дериваційного трубопроводу ($l = 50$ м), м.

$$h_l = 0,0096 \cdot \frac{50}{1,45} \cdot \frac{1,26^2}{2 \cdot 9,81} = 0,26 \text{ м.}$$

Загальні втрати напору визначимо з врахуванням місцевих втрат напору, як 10 % від загальних втрат [13]:

$$h = 1,1 \cdot (h_l), \quad (3.6)$$

де $1,1$ – коефіцієнт, який враховує 10 % втрат у місцевих опорах.

$$h = 1,1 \cdot (0,26) = 0,286 \text{ м.}$$

Тоді робочий напір H дорівнює [13]:

$$H = H_{br} - h = 5 - 0,286 = 4,72 \text{ м.} \quad (3.7)$$

Визначимо діаметр робочого колеса за формулою [13]:

$$D = 0,55 \cdot \sqrt{\frac{Q}{\sqrt{H}}}, \text{ м.} \quad (3.8)$$

$$D = 0,55 \cdot \sqrt{\frac{2,08}{\sqrt{4,72}}} = 0,54 \text{ м.}$$

Заокруглюємо діаметр колеса до найближчого стандартного значення і $D = 0,56$ м.

Частоту обертання робочого колеса визначимо [13]:

$$n_T = 30 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot g \cdot H}{\pi \cdot D}}, \text{ об/хв.} \quad (3.9)$$

$$n = 30 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 9,81 \cdot 4,72}{3,14 \cdot 0,56}} = 217,7 \text{ об/хв.}$$

Для розрахованих значень підбрали пропелерну гідротурбіну Hydro-eKIDS Type L (рис. 3.4), технічні характеристики якої подано в таблиці 3.1 [28].

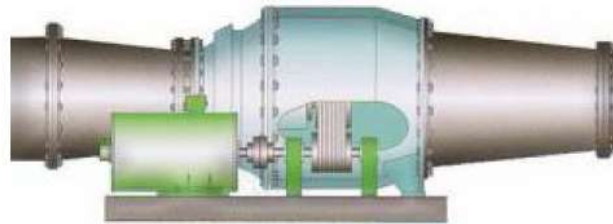


Рисунок 3.4 – Загальний вигляд гідроагрегату з пропелерною гідротурбіною Hydro-eKIDS Type L

1 – електрогенератор; 2 – гідротурбіна; 3 – підшипники; 4 – передача.

Таблиця 3.1 – Технічні характеристики гідротурбіни Hydro-eKIDS Type L

Тип турбіни	Потужність турбіни, кВт	Частота обертання, об/хв.	Діаметр робочого колеса, м	Діапазон напорів, м	Витрата, м ³ /с	ККД, η_T
Type L	10-200	750, 1000	0,55	2-15	1-3,5	0,87

Для обраної гідротурбіни здійснимо перерахунок потужності, кВт [1]:

$$P_T = 9,81 \cdot Q \cdot H \cdot \eta_T = 9,81 \cdot 2,08 \cdot 4,72 \cdot 0,87 = 83,79 \text{ кВт.} \quad (3.10)$$

Допустима висота всмоктування для умов річки Велика Уголька:

$$H_S = 10 - \frac{\nabla}{900} - 1,05 \cdot \sigma \cdot H, \text{ м,} \quad (3.11)$$

де ∇ – розміщення гідротурбіни над рівнем моря (для заданих умов річки Велика Уголька $\nabla = 420$ м), м; σ – коефіцієнт кавітації (приймають $\sigma = 0,35$ для гідротурбін пропелерних).

$$H_S = 10 - \frac{420}{900} - 1,05 \cdot 0,35 \cdot 4,72 = 7,79 \text{ м.}$$

Розрахунки вірні, оскільки $H = 4,726$ м є меншим за $H_S = 7,79$ м.

3.3 Вибір типу і розрахунок параметрів гідрогенератора

В парі з обраною гідротурбіною Hydro-eKIDS Type L доцільно застосувати синхронний гідрогенератор горизонтального виконання, який є простий в конструкції і ефективним в роботі.

Для визначення активної потужності гідрогенератора насамперед необхідно обґрунтувати передачу, яка буде з'єднувати гідротурбіну з генератором. Згідно зі схеми 3.4 приймаємо клинопасову передачу (рис. 3.5).

Тоді активну потужність генератора визначимо

$$P_G = P_T \cdot \eta_g \cdot \eta_{пер} = 83,79 \cdot 0,93 \cdot 0,95 = 74,03 \text{ кВт,} \quad (3.12)$$

де η_g – коефіцієнт корисної дії генератора, $\eta_g = 0,93$; $\eta_{пер}$ – коефіцієнт корисної дії для клинопасової передачі, $\eta_{пер} = 0,95$.

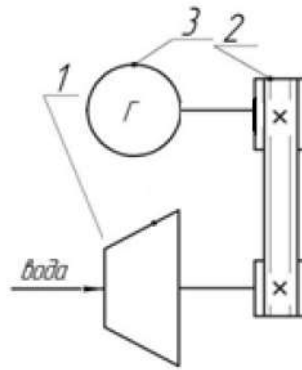


Рисунок 3.5 – Принципова кінематична схема:

1 – гідротурбіна; 2 – клинопасова передача; 3 – генератор

Для обраної передач визначимо передавальне число:

$$u = \frac{n_T}{n_r} \quad (3.13)$$

де n_T – частота обертання робочого колеса турбіни, об/хв; n_r – частота обертання вала гідрогенератора, об/хв.

$$u = \frac{217,7}{1000} = \frac{1}{4,559}$$

Відповідно до розрахунків приймаємо синхронний генератор ГСФ-100М потужністю 100 кВт, трифазний, частота обертів 1000 об/хв, коефіцієнт корисної дії – 0,89 [12].

Таким чином для обраного синхронного генератора може визначити остаточну потужність P_r , кВт [12]:

$$P_r = P_T \cdot \eta_T \cdot \cos\varphi \cdot \eta_{кл.пер}, \text{ кВт}, \quad (3.12)$$

де η_T – коефіцієнт корисної дії генератора; $\eta_{пер}$ – коефіцієнт корисної дії приводу від турбіни до генератора; $\cos\varphi$ – коефіцієнт потужності генератора.

$$P_{rA} = 83,79 \cdot 0,89 \cdot 0,8 \cdot 0,95 = 56,67 \text{ кВт}.$$

Отже потужність гідроагрегату у складі пропелерної гідротурбіни і синхронного генератора складає 56,67 кВт.

3.4 Обґрунтування структури гідроелектростанції та її гідротехнічних споруд

За встановленою потужністю обґрунтована гідроелектростанція відноситься до мікро-ГЕС (за класифікацією до 200 кВт [1]). Тому структура, та склад гідротехнічних споруд має свої особливості, і залежить в першу чергу від річки, тобто умов експлуатації.

До структури гідроелектростанції входить пропелерна гідротурбіна, синхронний генератор, блок автоматики, допоміжне обладнання. Залежно від того, куди буде подаватись електроенергія, може бути додаткове обладнання, наприклад система баластного навантаження для автономного споживача.

Важливою складовою будь-якої гідроелектростанції є її гідротехнічні споруди, від обґрунтування яких залежить ефективність роботи усієї гідроелектростанції, а також вплив на середовище.

Усе силове обладнання розташоване в будівлі гідроелектростанції. Розміри будівлі залежать в першу чергу від встановленої потужності. Для мікрогідроелектростанції будівлі виконують з залізобетону або сендвіч-панелей, де є облаштована кімната для персоналу і зал з силовим обладнанням. Також тут розміщена відсмоктувальна труба, які забирає воду від гідротурбіни і подає її назад в річку (рис. 3.6).

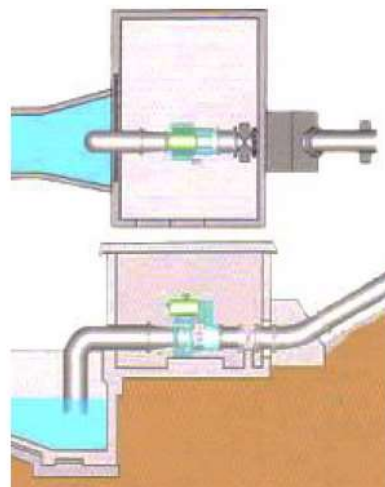


Рисунок 3.6 – Компоновка будівлі гідроелектростанції

Обов'язково має бути передбачений затвор на турбінному трубопроводі, для технічного обслуговування турбіни чи у випадку аварійних ситуацій. Важливо також перед встановленням гідроагрегату, максимально точно вирівняти підлогу, оскільки від цього буде залежати ефективна робота гідротурбіни. Незважаючи на невеликі розміри мікрогідроелектростанції, її будівля має бути спроектована, як водонепроникна споруда, для запобігання доступу води до електрообладнання.

Також у будівлі гідроелектростанції частину площі виділено під водоскид, який має бути влаштований таким способом, щоб була завжди затоплена відсмоктувальна труба. А для уникнення розмиву відвідного каналу потрібно облаштувати залізобетонне облицювання відсмоктувальної труби.

Водозабірний вузол. Комплекс обладнання, яке призначено для забору води з річки. На річці Велика Уголька застосуємо водозабірний шлюз, загальний вид якого подано на рисунку 3.7.

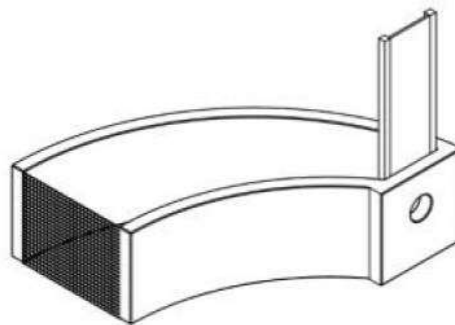


Рисунок 3.7 – Загальний вигляд водозабірної шлюзу

Гірські річки характеризуються сильними швидкими течіями, тому важливо укріпити береги для водозабірної вузла, а стінки і фундамент пропонуємо виконати з армованою сіткою з залізобетону. Для захисту від різних по сторонніх предметів які пливуть в потоці, встановимо металеву захисну сітку (рис. 3.8). Якщо потрібно перекрити доступ води до турбіни, використаємо затвор з металеві пластини.

Елементом який з'єднує водозабірний шлюз і гідротурбіну є дериваційний напірний трубопровід. За результатами розрахунків довжина трубопроводу складає 50 м, а діаметр 1,45 м. Трубопровід не є суцільним, а зварений з частин по 10 м. У місці стиків є опори з залізобетону (рис. 3.8).

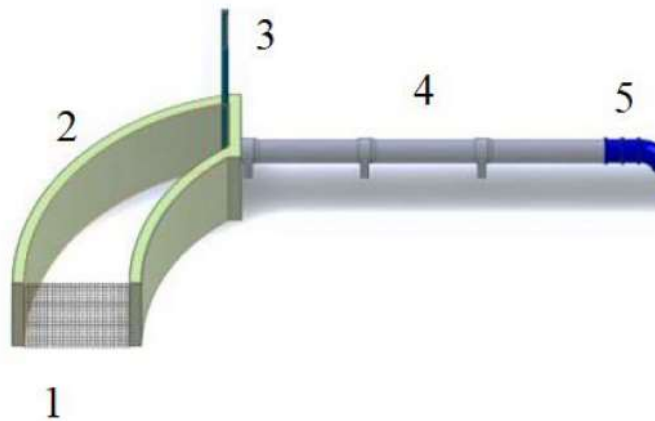


Рисунок 3.8 – Водозабірний вузол з напірним трубопроводом: 1 – металева захисна решітка; 2 – стінки водозабірного вузла; 3 – затвор; 4 – дериваційний напірний трубопровід; 5 – турбінний трубопровід

На мікрогідроелектростанції не потрібно, як такого обслуговуючого персоналу, оскільки більшість процесів є автоматичними, зокрема регулювання струму, напруги, частоти і потужності. Більшість роботи пов'язана з водозабором, а саме очистка від сторонніх предметів, реагування на збільшення води у період паводків, чи зменшення у посушливий сезон, льодоутворенням тощо.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ДОВКІЛЛЯ

4.1 Структурно-функціональний аналіз процесу використання гідроенергії для виробництва електроенергії

Розробка заходів з охорони праці розпочинається з визначення оціночних показників безпеки при роботі устаткування гідроелектростанції.

Енергетичне устаткування включає гідротурбіну й гідрогенератор; допоміжне устаткування на агрегатному рівні; систему автоматичного регулювання роботи гідротурбіни; систему автоматичного керування допоміжним устаткуванням; систему збудження гідрогенератора. Це обладнання, з погляду безпеки праці, є акумуляторами ряду специфічних небезпечних і шкідливих виробничих чинників. Розглянемо основні з них.

Для технологічного процесу виробництва електроенергії на гідроелектростанціях характерні такі небезпечні фактори:

Травмування електричним струмом через несправність захисного заземлення, використання пошкоджених кабелів і електропроводів або неналежний санітарний стан підлоги приміщення.

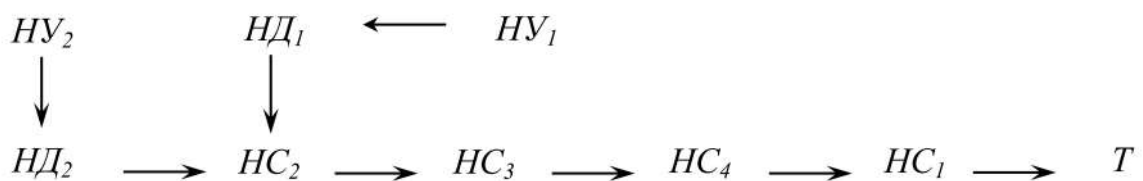


Рисунок 4.1 – Модель процесу

Проаналізуємо фактор:

1. Вид робіт: робота біля щита керування гідроелектктростанції;
2. Небезпечна умова (НУ): відсутні захисні дерев'яні щити на підлозі НУ₁; вийшов з ладу захист заземлення НУ₂;
3. Небезпечна дія (НД): при роботі працюючий стоїть у небезпечній зоні НД₁; при роботі працюючий знаходиться не у зазначеному місці НД₂;

4. Небезпечна ситуація (НС): ураження струмом через відсутність дерев'яних щитів $НС_1$; ураження струмом через неналежний стан підлоги $НС_2$; ураження струмом через пошкодження кабелів $НС_3$; ураження струмом через неналежний захист заземлення $НС_4$.

5. Травма (Т).

Для запобігання небезпечним ситуаціям необхідно здійснювати заходи. Зокрема необхідно перевіряти стан захисного заземлення, усувати несправність захисного заземлення, проводити нагляд за пошкодженнями електропроводів, виготовити необхідну кількість захисних щитів на підлогу.

Травмування через відсутність захисних пристроїв приводів та обертальних елементів під час роботи силового обладнання гідроелектростанції.

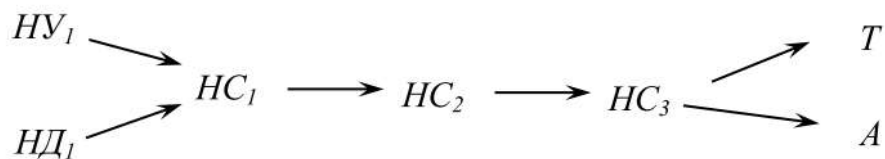


Рисунок 4.2 – Модель процесу

Здійснимо короткий аналіз даного фактора:

1. Вид робіт: обслуговування силового обладнання гідроелектростанцій;

2. Небезпечна умова (НУ): відсутні захисні пристрої приводу та гідротурбіни $НУ_1$;

3. Небезпечна дія (НД): при роботі працюючий знаходиться у небезпечній зоні $НД_1$;

4. Небезпечна ситуація (НС): захоплення одягу працівника $НС_1$; затулювання його $НС_2$; заклинювання гідротурбіни $НС_3$;

5. Травма Т; аварія А.

Заходи запобігання небезпечним ситуаціям: організувати постійний контроль за станом і наявністю захисних пристроїв.

4.2 Вимоги щодо безпечної експлуатації обладнання гідроелектростанції

Під час експлуатації обладнання гідроелектростанції повинна бути забезпечена безперебійна його робота, постійна готовність до максимально можливого навантаження. Процеси на гідроелектростанції повинні бути повністю автоматизовані, зокрема пуск гідроагрегату в генераторний режим і режим синхронного компенсатора та виведення з генераторного режиму і режиму синхронного компенсатора, переведення гідроагрегату з генераторного режиму в режим синхронного компенсатора і навпаки.

Гідроагрегати повинні працювати з повністю відкритими затворами, установленими на турбінних водоводах; граничне відкриття напрямного апарата гідротурбіни повинно бути не вище ніж значення, що відповідає максимально допустимому навантаженню гідроагрегату (генератора, генератора-двигуна) при даному напорі і висоті всмоктування [9].

Умови, які дозволяють пуск гідроагрегату, його нормальний та аварійний стан та незаплановану зміну навантаження, повинні бути викладені в інструкціях з експлуатації, затверджених технічним керівником гідроелектростанції, які знаходяться на робочих місцях персоналу.

Пуск гідроагрегату забороняється у випадках:

- напору, що виходить за межі допустимих значень;
- дефектів системи регулювання гідроагрегату, які призводять до не виконання гарантій регулювання і нормального управління гідроагрегатом;
- несправності пристроїв дистанційного управління аварійними затворами, клапанів зриву вакууму, клапанів впуску повітря і неробочих випусків, системи гальмування гідроагрегату.

У процесі експлуатації гідротурбіни повинен бути організований систематичний нагляд за витіканням оливи в системі регулювання гідротурбін, щоб не допускати забруднення акваторії б'єфу. У разі виявлення витікання оливи через ущільнення лопатей гідроагрегат підлягає ремонту.

4.3 Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях на гідроелектростанції

Гідроагрегат повинен бути негайно зупинений дією захистів або персоналом у таких випадках:

- пожежі в генераторі;
- зниженні тиску оливи в системі регулювання нижче допустимої межі;
- припинення потоку мастила через підшипник гідроагрегату;
- підвищенні частоти обертання ротора гідроагрегату понад значення, встановлене заводом-виробником;
- обриву тросу зворотного зв'язку у системі регулювання (за його наявності) або зникнення електричного сигналу зворотного зв'язку;
- виявлення несправності технологічних та/або електричних захистів, що діють на зупинення гідроагрегату.

Гідроагрегат повинен бути розвантажений або зупинений за узгодженням з технічним керівником мікро-ГЕС у таких випадках:

- несправній роботі системи регулювання;
- появі стукоту і невластивих шумів у проточній частині гідротурбіни або всередині генератора;
- збільшенні биття вала гідроагрегату і вібрації опорних вузлів агрегату, оливопроводів і золотників системи регулювання;
- зменшенні подачі води на змащування турбінного підшипника;
- підвищенні рівня води на кришці турбіни або в капсулі вище від допустимого значення у разі відмови або недостатній продуктивності дренажних насосів;
- порушенні нормальної роботи допоміжного устаткування, якщо усунення причин порушення неможливе без зупинки агрегату.

Значення усіх параметрів, що обмежують пуск і роботу гідроагрегату, повинні бути установлені на підставі даних заводів-виробників або спеціальних випробувань і вказані в інструкції з експлуатації.

4.4 Охорона водних ресурсів річок під час їх енергетичного освоєння

Річки є джерелами водопостачання багатьох населених пунктів, їх широко використовують при меліоративних роботах. Їх водні ресурси становлять понад 40% загального басейну річкового стоку [19].

Енергетичне освоєння малих річках, зокрема для виробництва електроенергії на гідроелектростанціях має свої наслідки. Для зменшення негативного впливу на малі річки насамперед важливо обмежитись від застосування водосховищ, адже будівництво водосховищ пов'язано з екологічними й соціальними проблемами, а саме: зменшенням площ плодоносних земель; порушенням природних водних екосистем; переселенням людей, які мешкають у зоні затоплення; скороченням кількості корисних речовин у землях, розташованих вниз за течією, тощо. Таке завдання можна вирішити за допомогою використання гідроелектростанції. Для виробничих потреб забирають частину води з річки, використовують її кінетичну енергію для отримання електроенергії, а потім повертають до загального русла, що не впливає на якість води, вона не втрачає первинних природних якостей і може використовуватись для подальших потреб населення [16].

Малі річки можуть бути збережені за раціонального і екологічно обгрунтованого освоєння їх стоку, особливо за умови використання екологічних гідроустановок. Використання гідроелектростанцій дає ряд позитивних наслідків: перетворення гідрографічної мережі; здійснення необхідного для народного господарства комплексного перерозподілу стоку в часі на потреби енергетики, меліорації, водного транспорту тощо; зменшення або повна ліквідація таких шкідливих явищ природи, як повені, селі, маловоддя; поліпшення природних умов; оздоровлення прилеглих територій; водний благоустрій.

5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ РОЗРОБОК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Проекти в галузі гідроенергетики є дороговартісними. Тому на етапі техніко-економічного обґрунтування необхідно прораховувати у скільки обійдеться введення в експлуатацію гідроелектростанції, для замовника, інвестора, споживача тощо. У цьому пункті обчислимо капіталовкладення, собівартість та економічну ефективність від впровадження гідроелектростанції на річці Велика Уголька.

Особливістю гідроенергетичного будівництва є зростання питомих затрат на 1 кВт встановленої потужності з її зменшенням. Як бачимо з рисунка 5.1, майже половина затрат припадає на гідротехнічні споруди, а саме будівлю, водозабір, деривацію [2].

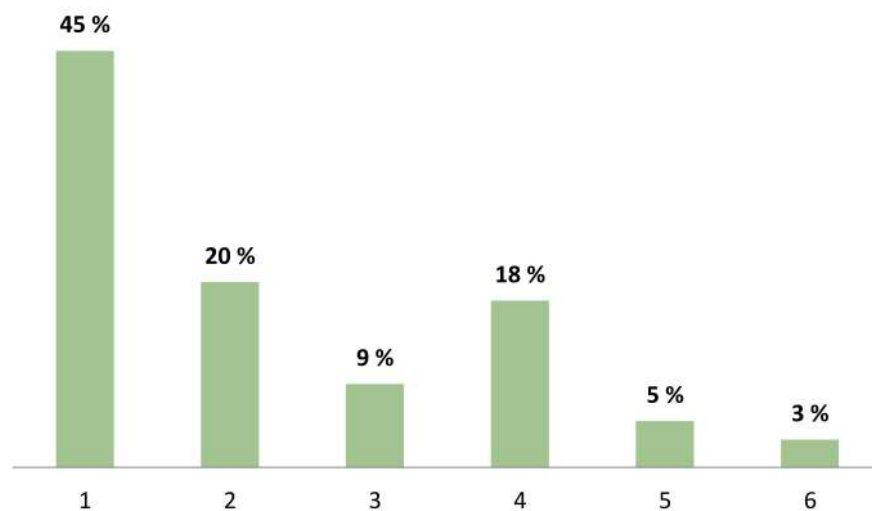


Рисунок 5.1 – Структура затрат на будівництво мікрогідроелектростанції:

1 – гідроспоруди; 2 – проектні роботи; 3 – неочікувані витрати;
4 – гідроагрегат; 5 – допоміжне електрообладнання; 6 – інше обладнання

Загальні капіталовкладення K у спорудження гідроелектростанції визначимо

$$K = Z_1 + Z_2 + Z_3 + Z_4 + Z_5, \text{ грн}, \quad (5.1)$$

де Z_1 – затрати на гідроагрегат (турбіна, генератор, комплектуюче обладнання), грн; Z_2 – затрати на водозабірні споруди (водовідвід, ґрати, затвори, напірний резервуар, дериваційний водопровід), грн; Z_3 – затрати на будинок, грн; Z_4 – затрати на трансформатор, грн; Z_5 – затрати на додаткове обладнання, грн.

Всю інформацію по затратах отримали з каталогів виробників [21], досліджень вітчизняних вчених щодо вартісних показників впровадження гідроелектростанцій [2; 3]. А саме для гідроелектростанцій встановленою потужністю до 100 кВт питомі затрати на: гідроагрегати – 14000-25000 грн/кВт, допоміжне обладнання – 1600-1900 грн/кВт [2; 21].

Враховавши, що питома вартість спорудження мікрогідроелектростанції коливається в межах 80-100 тис. грн/кВт встановленої потужності [2], визначимо затрати

$$K = 850000 + 2300000 + 680000 + 125000 + 78000 = 4033000 \text{ грн.}$$

Відрахування на гідроелектростанцію I_p визначимо, грн/рік:

$$I_p = A \cdot K, \text{ грн,} \quad (5.2)$$

де A – відрахування на амортизацію (A – 10 % від капітальних затрат для гідроелектростанцій малої потужності [13]).

$$I_p = 0,1 \cdot 4033000 = 403300 \text{ грн.}$$

Наступним етапом є визначення собівартості виробленої електроенергії. Для цього насамперед треба визначити річний виробіток.

Для малої гідроенергетики приймають виробництво електроенергії на гідроелектростанції протягом 80 % (забезпеченість витратою води на 80 %) річного часу тобто $T = 7000$ год/рік [1]. Тоді річний виробіток порахуємо

$$W_p = P_{ГА} \cdot T = 56,67 \cdot 7000 = 396690 \text{ кВт·год/рік.} \quad (5.3)$$

Визначимо собі варті виробленої електроенергії за формулою z_e , грн/кВт·год:

$$z_e = \frac{I_p}{W_p}, \text{ грн/кВт·год.} \quad (5.4)$$

Тоді

$$z_e = \frac{403300}{396690} = 1,01 \text{ грн/кВт·год.}$$

Для визначення терміну окупності гідроелектростанції є різні варіанти, залежно від того куди буде подаватись вироблена електроенергія. Якщо гідроелектростанція працюватиме на мережу, то можна рахувати окупність за зеленим тарифом (для потужності до 150 кВт, ціна $k_3 = 4,84$ грн/кВт·год). Якщо на автономну мережу, то можна порівнювати з ціною на електроенергією для побутових споживачів. Визначимо прибуток Π за першим варіантом, тобто за зеленим тарифом, грн

$$\Pi = W_p \cdot (k_3 - z_e) \text{ грн.} \quad (5.5)$$

$$\Pi = 396690 \cdot (4,84 - 1,01) = 1519322,7 \text{ грн.}$$

Термін окупності порахуємо, грн

$$T = \frac{K}{\Pi} \text{ років.} \quad (5.6)$$

$$T = \frac{4033000}{1519322,7} = 2,65 \text{ років.}$$

Таким чином термін окупності гідроелектростанції встановленою потужністю 56,67 кВт у створі річки Велика Уголька складає 2,65 років.

ВИСНОВКИ

У роботі здійснено аналіз перспектив освоєння гідроенергетичного потенціалу малих річок для виробництва електричної енергії. Встановлено, що гідроенергію малих річок можна використати і для забезпечення потреб в енергії віддалених важкодоступних споживачів і для виробництва електроенергії на гідроелектростанціях та реалізації її в загальну мережу.

Проаналізувати способи і методики визначення гідроенергетичного потенціалу. Для досліджуваного створу річки, обґрунтовано використання гідротехнічних споруд без використання греблі, а оскільки річка гірська, концентрований напір створюється за допомогою деривації.

У роботі обґрунтовано місце розташування гідроелектростанції, а також визначено гідроенергетичний потенціал у створі річки Велика Уголька. Визначено тип і структуру гідроелектростанції. Обґрунтовано параметри гідроелектростанції у складі пропелерної гідротурбіни Hydro-KIDS Type L, синхронного генератора ГСФ-100М, дериваційного каналу довжиною 50 м, і діаметром 1,45 м.

Запропоновано заходи з охорони праці та довкілля, описано вимоги щодо безпечної експлуатації обладнання гідроелектростанції.

Впровадження гідроелектростанції у досліджуваному створі річки Велика Уголька встановленою потужністю 56,67 кВт дозволить виробляти 396690 кВт·год за рік чисто електроенергії. Термін окупності гідроелектростанції до трьох років.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. 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.
2. 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.
3. Будівництво мікро ГЕС дериваційного типу на р. Боржава. URL: <https://uamap.org.ua/storage/uploads/3740.pdf> (дата звернення: 25.12.2023).
4. Васько П. Ф., Мороз А. В. Потенціал використання гідроенергетичних ресурсів основних малих річок України. *Відновлювальна енергетика України*. 2016. № 3. С. 50-56.
5. Велика Уголька (річка). URL: [https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%B5%D0%BB%D0%B8%D0%BA%D0%B0_%D0%A3%D0%B3%D0%BE%D0%BB%D1%8C%D0%BA%D0%B0_\(%D1%80%D1%96%D1%87%D0%BA%D0%B0\)](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%B5%D0%BB%D0%B8%D0%BA%D0%B0_%D0%A3%D0%B3%D0%BE%D0%BB%D1%8C%D0%BA%D0%B0_(%D1%80%D1%96%D1%87%D0%BA%D0%B0)) (дата звернення: 15.02.2023).
6. Відновлювані джерела енергії / За заг. ред. С.О. Кудрі. Київ: Інститут відновлюваної енергетики НАНУ, 2020. 392 с.
7. Віхорев Ю. О. Аналіз особливостей впровадження об'єктів малої гідроенергетики в Україні та європейських країнах. *Гідроенергетика України*. 2005. № 3. С. 56–60.
8. Власюк Ю. С., Стефанишин Д. В. Про проблеми та перспективи малої гідроенергетики в Україні. Математичне моделювання в економіці. 2018. № 1. С. 126-138.
9. Вовчак В., Тесленко О., Самченко О. «Мала гідроенергетика України. Аналітичний огляд. Том І». Інститут проблем екології та енергозбереження. Київ. 2018. 181 с.

10. Вовчак В., Тесленко О., Самченко О. «Мала гідроенергетика України. Технологічні особливості малих ГЕС. Том II». Інститут проблем екології та енергозбереження. Київ. 2018. 145 с.

11. Гідроенергетика. веб-сайт. URL: <https://saee.gov.ua/uk/ae/hydroenergy>. (дата звернення: 10.01.2024).

12. Генератор ГСФ-100М. URL: <https://pakuniversal.com.ua/ua/p1640509324-generator-gsf-100m.html> (дата звернення: 06.04.2024).

13. Золотухін В.І., Лутаєв В.В. Водноенергетичні розрахунки при проектуванні гідроелектростанцій : навч. посіб. Рівне, 2005. 203 с.

14. 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.

15. Кукурудза С. І., Сиротюк М. І., Кравченко Т. Я. Методика оцінки гідроенергетичних ресурсів малих річок (на прикладі Закарпаття) : тексти лекцій. Львів : Ред.-вид. відділ Львів. ун-ту, 1996. 70 с.

16. Ландау Ю. М., Сіренко Л. И. Гідроенергетика і навколишнє середовище. Київ: Лібра, 2004. 481 с.

17. Мала гідроенергетика на Закарпатті: веб-сайт. URL: https://zn.ua/ukr/energy_market/mala-gidroenergetika-na-zakarpatti-pershiiy-mlinec-glevkiy-.html (дата звернення: 12.12.2023).

18. Огляд ситуації щодо гідроенергетики в Україні. URL: https://censor.net.ua/blogs/4415/oglyad_situats_schodo_gdroenegetiki_v_ukran (дата звернення: 11.01.2024).

19. Охорона та раціональне використання природних ресурсів і рекультивация земель: навч. пос. / П.П. Надточій, Т.М. Мислива, В.В., Морозов та ін.; За заг. ред. П.П. Надточія, Т.М. Мисливої. Житомир: Видавництво “Державний агроекологічний університет”, 2007. 420 с.

20. Пістун І. П. Безпека життєдіяльності: навч. посіб. Суми : Університетська книга, 1999. 301 с.
21. Прайс-лист Міні ГЕС. URL: http://www.stozhary.biz/price_miniges.php (дата звернення: 11.04.2024).
22. Принципи збалансованого розвитку гідроенергетики : Аналітичний документ / Г. К. Веремійчик, Р. Б. Гаврилюк, та ін. Київ : Видавництво «Фенікс», 2018. 20 с.
23. Рудько Г. І., Консевич Л. М. Наукові основи екологічної оцінки та оптимального використання гідроресурсів Карпатського регіону України. Київ : Знання, 1998. 137 с.
24. Сиротюк М. І. Відновні енергетичні ресурси Закарпатської області: оцінка потенціалу та проблеми використання : дис. кандидата географ. наук : 11.00.11. Львів, 1997. 185 с.
25. Сухарев С. М., Чудак С. Ю., Сухарева О. Ю. Техноекологія та охорона навколишнього середовища : навч. посібник. Львів: Новий світ, 2004. 280 с.
26. Чому гес і гаес необхідні енергетичній системі країні? URL: https://uhe.gov.ua/media_tsentr/novyny/chomu-ges-i-gaes-neobkhidni-energetichniy-sistemi-kraini (дата звернення: 15.02.2024).
27. Щербина О. М. Енергія для всіх: техн. довідник. Ужгород : Вид-во В. Падяка, 2000. 192 с.
28. Hydro-eKIDS Type L. Micro hydro power generating equipment. URL: <http://www.bur-oak-resources.ca/attachments/ekids.pdf>. (дата звернення: 22.03.2024).
29. The role of hydroelectric power plant s power. URL: <https://www.vostokturbo.com/info/the-role-of-hydroelectric-power-plant-s-power-59467351.html> <https://www.vostokturbo.com/info/the-role-of-hydroelectric-power-plant-s-power-59467351.html> (дата звернення: 10.12.2023).