

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

Факультет електроенерготехніки та автоматики

Кафедра відновлюваних джерел енергії

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

_____ Василь БУДЬКО

“ ____ ” _____ 2024 р.

Дипломний проєкт

на здобуття ступеня бакалавра

за освітньо-професійною програмою «Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії»

спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

на тему: Автономна мала гідроелектрична станція на річці Тетерів

Виконав: студент 4 курсу, групи ЕД-01

Макаревич Олексій Олексійович

Керівник: асист., канд. техн. наук Пазич С. Т.

Рецензент: _____

Засвідчую, що у цьому дипломному проєкті немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань

Студент _____

Київ – 2024

Національний технічний університет України
Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського

Факультет електроенерготехніки та автоматики

Кафедра відновлюваних джерел енергії

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Освітня програма – Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Василь БУДЬКО

«__» _____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проект студенту

Макаревич Олексій Олексійович

1. Тема проекту «Автономна мала гідроелектрична станція на річці Тетерів»

керівник проекту канд. техн. наук, асист. Пазич С.Т.

затверджені наказом по університету від «28» травня _____ 2024 р. № 2127-с

2. Термін подання студентом проекту «__» червня _____ 2024 р.

3. Вихідні дані до проекту

Потужність споживача, якому має постачатися електроенергія від малої гідроелектричної станції становить - 500 кВт. Місцезнаходження об'єкта енергоживлення Житомирська область.

4. Зміст пояснювальної записки:

а) загальні відомості використання малої гідроенергетики в Україні та світі.

Сучасний стан малої гідроенергетики на шляхи розвитку в майбутньому:

б) визначення гідроенергетичного потенціалу створу річки в обраному регіоні, розрахунок виробітку електроенергії від малої гідроелектричної станції, розрахунок електричного устаткування під обрані номінальні потужності малої гідроелектричної станції;

в) аналіз отриманих результатів;

г) охорона праці при роботі з електричним устаткуванням і ін.;

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо)

6. Дата видачі завдання « 1 » квітня 2024 р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Строк виконання етапів проекту	Примітка
1	Загальні відомості про малу гідроенергетику	7.04.2024	
2	Загальний аналіз використання малих гідроелектростанцій в Україні та світі	14.04.2024	
3	Шляхи розвитку малої гідроенергетики в Україні	24.04.2024	
4	Визначення гідроенергетичного потенціалу річки/створу річки	29.04.2024	
5	Енергетичний розрахунок потужності та виробітку малої гідроелектричною станцією	14.05.2024	
6	Аналіз отриманих результатів	24.05.2024	
7	Розрахунок та вибір електричного обладнання	31.05.2024	
8	Техніка безпеки при роботі з електричним устаткуванням, екологічні обмеження	8.06.2024	
9	Здача дипломного проекту	17.06.2024	

Студент _____

Олексій МАКАРЕВИЧ

Керівник проекту _____

Сергій ПАЗИЧ

АНОТАЦІЯ

Даний дипломний проєкт складається з 60 сторінок. Основна частина дипломного проєкту складається з 46 сторінок, 22 рисунка і 4 таблиць.

Мета проєкту: розрахунок автономної малої гідроелектричної станції для забезпечення живленням споживача.

Поставлені задачі:

- розглянути потенціал гідроенергії в Україні;
- зробити аналіз існуючих гідроелектричних станцій в Україні, їх загальну встановлену потужність;
- обрати місце встановлення гідроелектростанції і визначити гідроенергетичний потенціал річки;
- обрати необхідну кількість встановлення гідроагрегатів, вибрати для них генератори
- розробити електричну схему приєднання гідроелектричної станції до споживача
- привести інформацію щодо охорони праці на об'єкті

Ключові слова: мала гідроелектрична станція, гідротурбіна, гідроенергетичний потенціал.

ABSTRACT

This diploma project consists of 60 pages. The main part of the diploma project consists of 46 pages, 22 figures and 4 tables.

The purpose of the diploma project: calculation of an autonomous small hydroelectric station to provide power to the consumer.

Tasks set:

- consider the potential of hydropower in Ukraine;
- analyze the existing hydroelectric power stations in Ukraine, their total installed capacity;
- choose the location of the hydroelectric power station and determine the hydropower potential of the river;
- choose the required number of hydro units to be installed, choose generators for them
- to develop an electrical scheme for connecting the hydroelectric station to the consumer
- provide information on occupational health and safety at the facility

Keywords: small hydroelectric power station, hydro turbine, hydropower potential.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	10
РОЗДІЛ 1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ГІДРОЕНЕРГІЇ.....	11
1.1 Гідроенергетика в світі та в Україні.....	12
1.2 Загальний аналіз використання малих гідроелектростанцій в Україні та світі.....	21
1.3 Шляхи розвитку малої гідроенергетики в Україні та проблеми які вона зустрічає.....	26
1.4 Висновки до розділу.....	27
РОЗДІЛ 2 ЕНЕРГЕТИЧНІ РОЗРАХУНКИ МАЛОЇ ГЕС.....	28
2.1 Вибір географічного місця розташування.....	29
2.2 Визначення гідроенергетичного потенціалу річки/створу річки.....	31
2.3 Турбіни для малої гідроелектричної станції.....	37
2.4 Вибір гідротурбіни і генератора.....	39
2.5 Розрахунок параметрів і вибір генераторів.....	41
2.6 Висновки до розділу.....	44
РОЗДІЛ 3 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	46
3.1 Загальні положення.....	47
3.2 Вимоги безпеки перед початком роботи на місці.....	48
3.3 Висновки до розділу.....	49
ВИСНОВКИ.....	50
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	52
ДОДАТОК А.....	55
ДОДАТОК Б.....	56

					141.0112.010.БР		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Макаревич О.О.			Зміст	Літ.	Арк.
Перевір.		Пазич С.Т.					7
						ХПК	
Н. Контр.		Головко В.М.					
Затверд.		Будько В.І.					

Позначення та скорочення

ГЕС – гідроелектростанція;

МГЕС – мала гідроелектростанція

ГА – гідроагрегат

ККД – коефіцієнт корисної дії

КВВП – коефіцієнт використання встановленої потужності

					141.0112.010.БР			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Позначення та скорочення			
Розроб.		Макаревич О.О.						
Перевір.		Пазич С.Т.						
Н. Контр.		Головко В.М.						
Затверд.		Будько В.І.						
					Літ.	Арк.	Акрушів	
							8	
					ХПК			

ВСТУП

Хоча розвиток усіх залишкових гідроелектричних ресурсів у світі не може задовольнити майбутній світовий попит на електроенергію, очевидно, що це ресурс із найбільшими можливостями для забезпечення чистою відновлюваною енергією тих частин світу, які наразі мають найбільшу потребу. І коли гідроелектростанцію реалізують у складі багатофункціональної схеми розвитку водних ресурсів, вона може запропонувати низку додаткових переваг, з якими жодне інше джерело енергії не може конкурувати.

Гідроелектростанції не тільки забезпечують виробництво чистої відновлюваної енергії, але й сприяють стійкому розвитку регіонів. Вони можуть поліпшити доступ до питної води, забезпечити іригацію для сільського господарства, контролювати повені та покращувати річкову навігацію.

Крім того, створення гідроелектростанцій може сприяти розвитку місцевої економіки шляхом створення робочих місць під час будівництва та експлуатації, а також сприяти зниженню витрат на електроенергію в довгостроковій перспективі. Для України гідроенергетика є важливою складовою енергетичного балансу. Загальна потужність гідроелектростанцій у країні доволі велика і вона продовжує зростати завдяки проектам модернізації існуючих та побудові нових, переважно малих ГЕС.

У той же час важливо враховувати потенційні екологічні та соціальні впливи, пов'язані зі спорудженням великих гідроелектростанцій, такі як переміщення населення, вплив на рибні популяції та зміну екосистем. Застосування сучасних технологій та стратегій управління може допомогти мінімізувати ці негативні впливи та забезпечити сталий розвиток гідроенергетики.

					141.0112.010.БР		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Макаревич О.О.			Вступ	Літ.	Арк.
Перевір.		Пазич С.Т.					9
						ХПК	
Н. Контр.		Головко В.М.					
Затверд.		Будько В.І.					

Загалом, гідроелектроенергія залишається ключовим елементом у глобальному переході до більш чистих та стійких енергетичних систем, особливо для країн і регіонів, які мають значний потенціал водних ресурсів.

					141.0112.010.БР	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1

ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ГІДРОЕНЕРГІЇ

					141.0112.010.БР			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		Макаревич О.О.			РОЗДІЛ 1 Загальні відомості використання гідроенергії	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Перевір.</i>		Пазич С.Т.					11	
						ХПК		
<i>Н. Контр.</i>		Головко В.М.						
<i>Затверд.</i>		Будько В.І.						

1.1 Гідроенергетика в світі та в Україні

Мала гідроенергетика – сукупність гідроелектростанцій (ГЕС), які будуються та здійснюють роботу на малих та середніх річках.

Зазвичай до малих гідроелектростанцій відносять установки, чия потужність не перевищує 5 МВт (в таких країнах, як Іспанія, Німеччина, Австрія, Польща тощо). У Латвії та Швеції малі ГЕС мають потужність до 2 МВт, а в Греції та Португалії — до 10 МВт. Згідно з Законом України № 601-VI, малі гідроелектростанції (МГЕС) – це станції, які виробляють електроенергію з механічної енергії потоку води та мають встановлену потужність до 10 МВт.

Іноді відбуваються зміни в класифікації: у США, де стимулювали розвиток малої гідроенергетики через спрощення ліцензійних процедур для будівництва малих ГЕС, спочатку до малих ГЕС відносили установки з потужністю до 5 МВт, потім межу збільшили до 15 МВт, а в 1980 році – до 30 МВт. У СРСР до малих ГЕС відносили установки з потужністю до 30 МВт та діаметром робочого колеса турбіни до 3 м. Серед малих ГЕС також виділяють мікро-ГЕС, потужність яких не перевищує 100 кВт.

Також ГЕС поділяють на руслові, пригреблеві, дериваційні, гідро-акумуляуючі та припливні[1]. МГЕС найчастіше бувають руслового типу.

Руслові – це зазвичай низьконапірні станції, де напір води створюється безпосередньо за рахунок побудованої греблі, яка перегороджує річку та піднімає воду на необхідний рівень (рис.1.3). Будівля ГЕС є частиною греблі і безпосередньо приймає напір води. На Рис. 1.1 зображена руслова ГЕС на рівнинній річці. 1 - водосховище, 2 - бетонна гребля, 3 - будівля ГЕС (машинний зал), 4 - водоскид. На рис. 1.2 зображена руслова ГЕС на гірській річці.

					141.0112.010.БР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

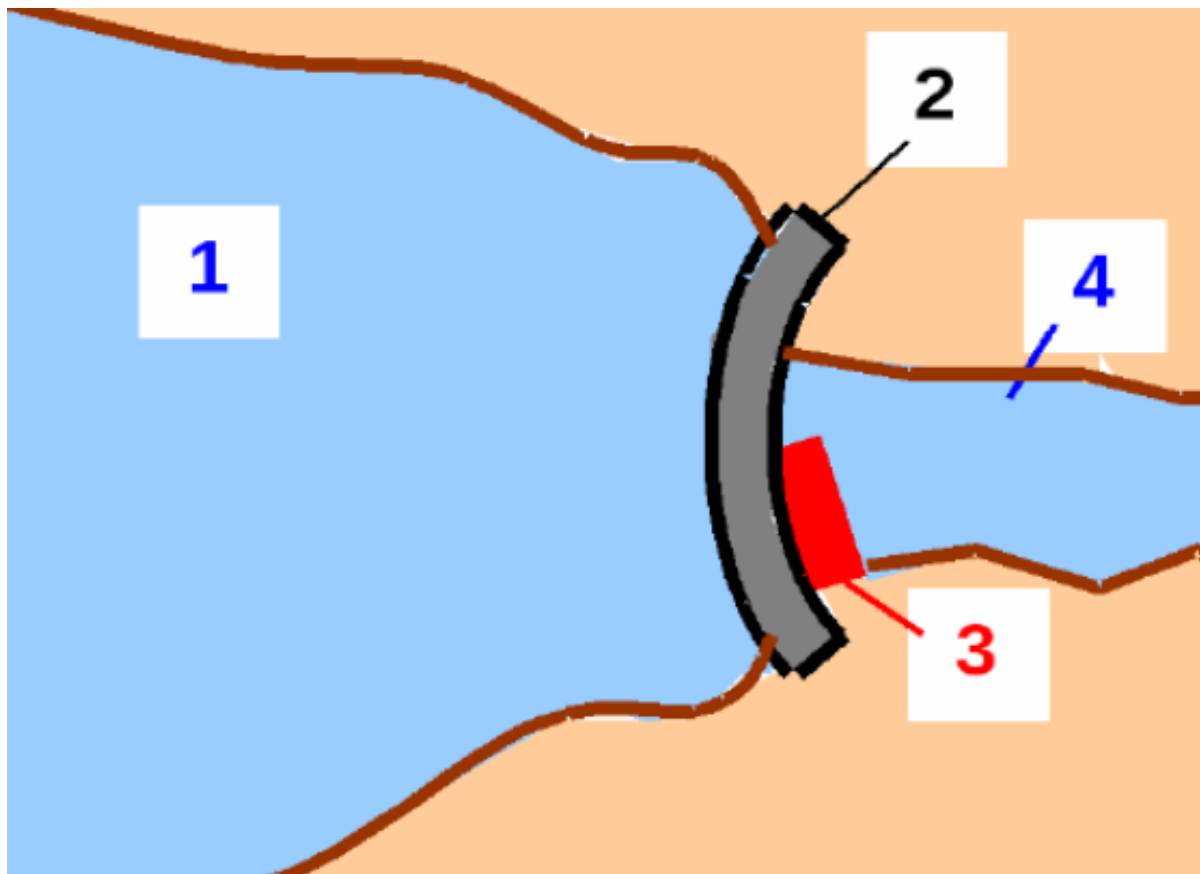


Рисунок 1.1 – Рислова ГЕС на рівнинній річці [1]

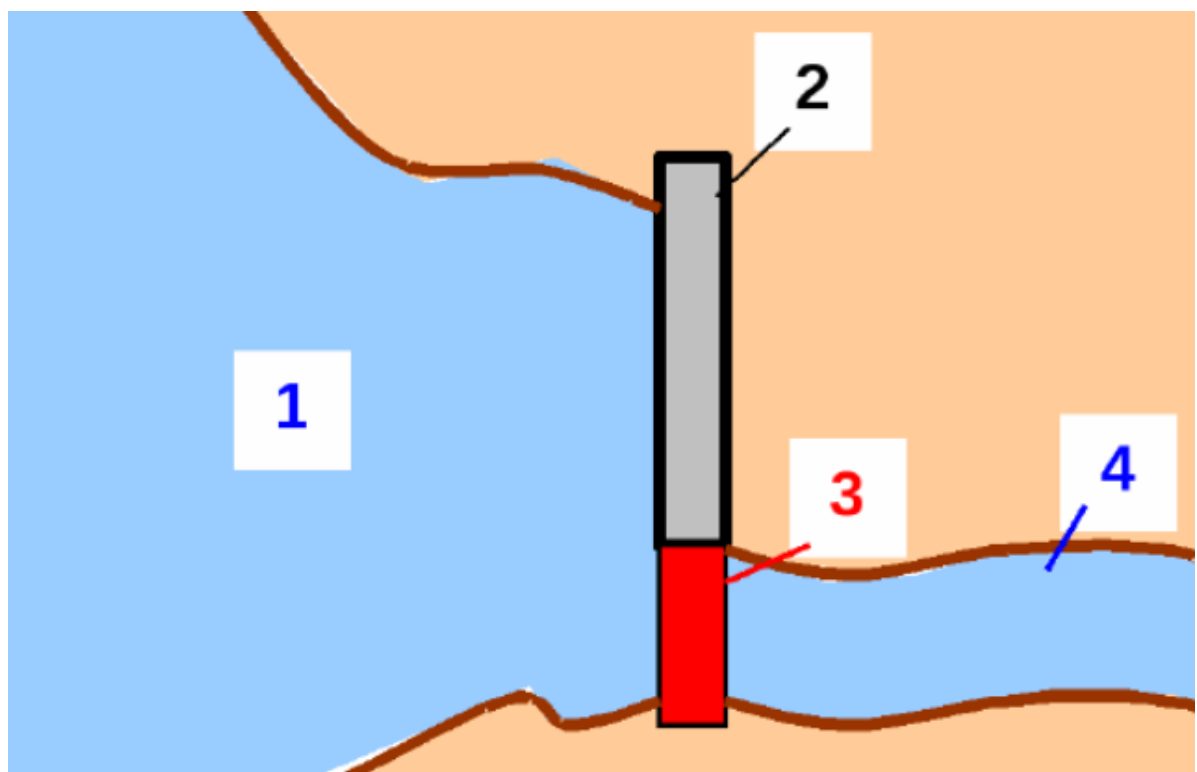


Рисунок 1.2 – Рислова ГЕС на гірській річці: 1 - водосховище, 2 - земляна гребля, 3 - бетонна гребля разом з будівлею ГЕС, 4 – водоскид [1]



Рисунок 1.3 – Приклад ГЕС руслового типу – ГЕС Вождя Джозефа, Бріджпорт, Вашингтон [2]

Пригреблеві ГЕС – високонапірні станції, де будівля ГЕС розташована за греблею, в її нижній частині. Вода подається до турбін через спеціальні напірні лотки або тунелі, а не безпосередньо, як у руслових ГЕС. Висота греблі в таких станціях значно вища, ніж у руслових. Пригреблева ГЕС зображена на Рис. 1.4: 1 – водосховище; 2 – затвор; 3 – трансформаторна підстанція з розподільним пристроєм; 4 – гідрогенератор; 5 – гідравлічна турбіна.

Обмеженням висоти греблі і, відповідно, потужності є площа затоплення і підтоплення навколишніх земель [1].

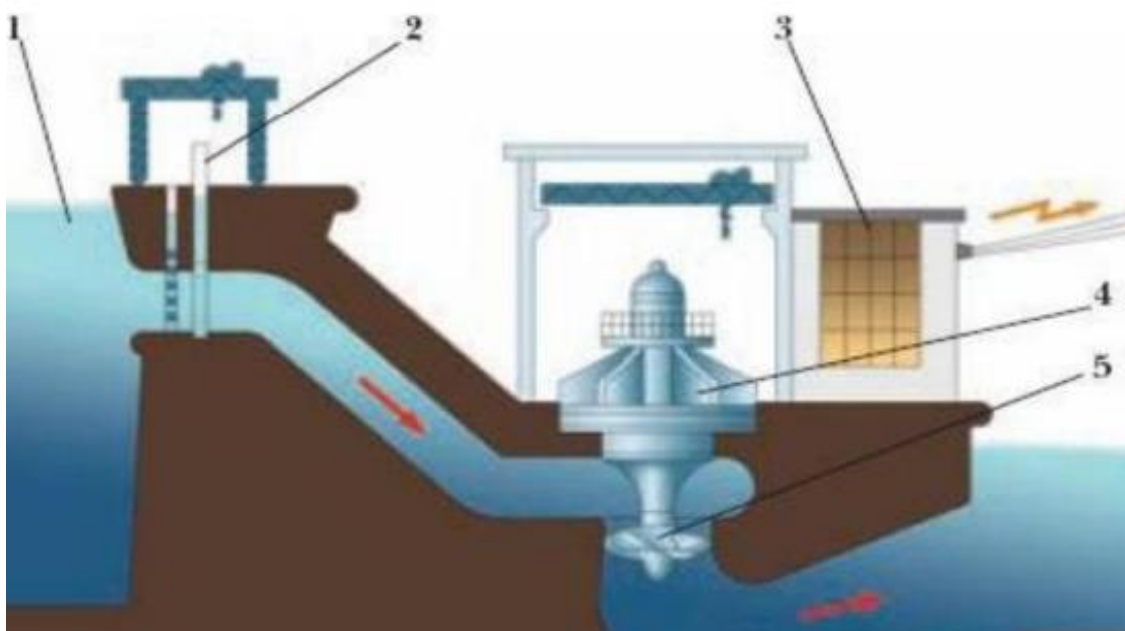


Рисунок 1.4 – Конструкція пригреблевої ГЕС [1]



Рисунок 1.5 – Приклад пригреблевої ГЕС – Хрінницька ГЕС, р. Стир, встановлена потужність 0,9 МВт [3]

Дериваційні ГЕС (рис. 1.6) – станції, напір води для яких створюється за рахунок напірної чи безнапірної деривації. Деривація у гідротехніці – сукупність гідротехнічних споруд, що відводять воду з річки, водосховища або іншої водойми і підводять її до відповідних гідротехнічних споруд.

					141.0112.010.БР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

Розрізняють такі дериваційні споруди – безнапірні (канал, тунель, лоток) і напірні (трубопровід, напірний тунель).

Напірні застосовуються у випадку, якщо є істотні, більше кількох метрів, сезонні або тимчасові коливання рівня води в місці її забору. Воду відводять з русла на певну відстань від споруди ГЕС, яка розташована нижче за течією за допомогою труби, каналу або лотка. Такі станції доцільно будувати у тих місцях, де великий похил річки (тобто, переважно гірських). У випадку напірної деривації прокладається водовід під великим нахилом, або будується гребля, яка створює водосховище — змішана деривація, тому що використовує два способи створення необхідної концентрації води.

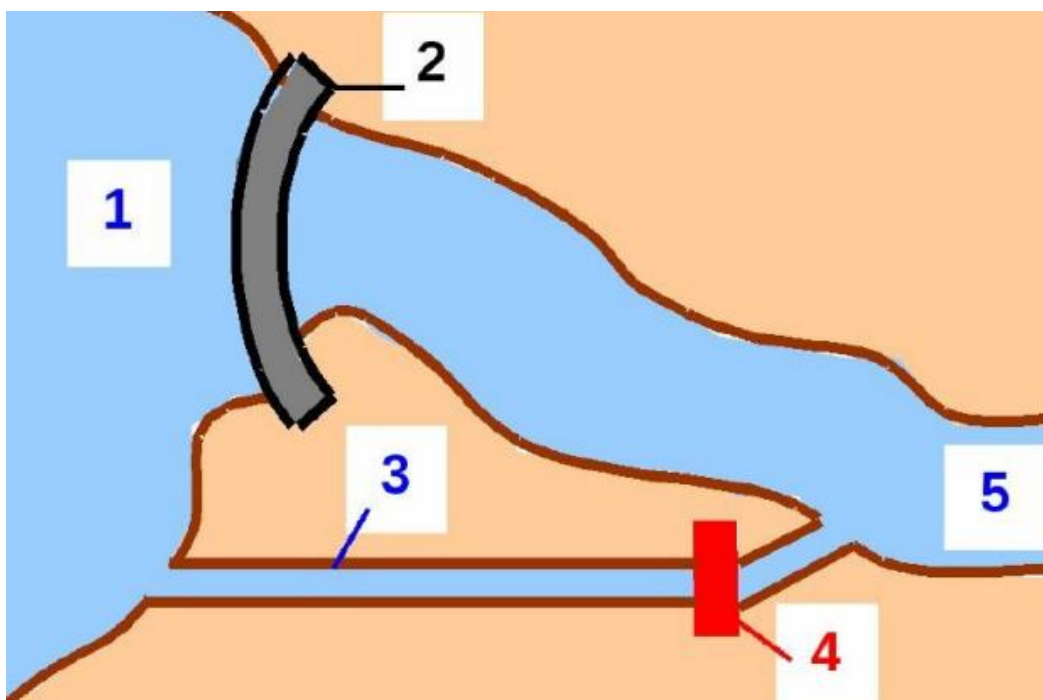


Рисунок 1.6 – Конструкція дериваційної ГЕС: 1- водосховище, 2 – гребля, 3 – дериваційний канал, 4 – будівля ГЕС, 5 – водоскид [1]

Дериваційні ГЕС застосовуються при широкому діапазоні напорів, починаючи від декількох метрів на малих ГЕС і до 2000 м, і будуються зазвичай в гірських і пригірських районах.

Будівництво греблі, особливо при великих напорах, є одним із витратних способів отримання висоти напору. Створення напору за більш економічними методами можливе завдяки дериваційним спорудам, таким як канали, штольні,

					141.0112.010.БР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

тунелі і трубопроводи. Вода забирається з річки через водозабірні споруди і транспортується вздовж річки на певну відстань. У цих спорудах нахил водної поверхні менший, ніж у самій річці, тому в кінці споруди утворюється значний напір, який використовується для турбін.

Дериваційна схема є більш вигідною там, де річка має значний поздовжній нахил. Дериваційні споруди повинні мати відповідні розміри для пропускання необхідного обсягу води для роботи турбіни, тому їх розміри відносно невеликі. Дериваційні гідроелектростанції можуть бути без будь-якої греблі або мати невелику греблю на початку дериваційних споруд для направлення води в канал або тунель. Відсутність греблі і, отже, водосховища, створеного нею, ускладнює практично неможливим регулювання стоку в дериваційних ГЕС. У деяких випадках будують спеціальні резервуари для регулювання стоку, розташовані вздовж схилу долини.

Переваги дериваційної схеми, порівняно з пригреблевою – повна відсутність затоплення та менша вартість будівництва [1]. На рис.1.7 зображена ГЕС дериваційного типу.



Рисунок 1.7 – Приклад дериваційної ГЕС [4]

					141.0112.010.БР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

На даний момент енергія вироблена на ГЕС забезпечує близько 15% світового виробітку електроенергії [5].

1.1.1 Екологічний вплив ГЕС на навколишнє середовище

У басейнах річок рівнинних регіонів, таких як Україна, значна частина площі водойм складається з мілководь (глибиною до 2 м). Це створює сприятливі умови для швидкого розмноження синьо-зелених водоростей. Цей процес відомий як "цвітіння" води і став особливо поширеним у другій половині XX століття. Ця проблема пояснюється широким застосуванням мінеральних добрив, які сприяють вивільненню азоту, фосфору та калію у водоймища через дощові стоки з ґрунту. Це призводить до зниження рибного запасу та вимагає додаткового очищення води для її використання.

Крім того, утворення великих водоймищ змінює мікроклімат регіону і часто не на краще.

Утворення штучних водосховищ часто призводить до негативного впливу на географічні, економічні та кліматичні характеристики біосфери. Наприклад, в СРСР довжина берегових ліній водосховищ перевищувала довжину морських кордонів країни, що призвело до значного переселення населення, переміщення промислових підприємств, доріг, ліній електропередач та інфраструктури загалом [6].

1.1.2 Рибопропускні споруди

Рибоходи (рис.1.8) — це невеликі канали, по яких вода з верхнього б'єфа тече в нижній, дозволяючи рибі долати потік і підніматися вгору. Вони бувають трьох типів: лоткові, ставкові та сходові. Лоткові рибоходи можуть бути вільними (з незначним похилом і гладкими стінками та дном), з підвищеною шорсткістю (з виступами на дні і стінках), або з неповними перегородками. Ставкові рибоходи складаються з кількох басейнів-ставків,

					141.0112.010.БР	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

з'єднаних каналами або лотками, які обходять греблю або розташовані по схилу земляної греблі. Сходові рибоходи являють собою лотки з східчастим дном і поперечними перегородками з отворами для риби. Вони найпоширеніші, оскільки підходять для багатьох видів риби.

Рибохідні шлюзи діють за принципом судноплавних шлюзів. Вони мають одну або дві камери з затворами на обох кінцях, дозволяючи працювати при великих напорах води, але вони потребують багато води і мають низьку пропускну здатність.

Рибопідйомні ліфти працюють як суднопідіймачі, піднімаючи рибу у заповнених водою камерах або в спеціальних сітках.

Іноді рибу пропускають через судноплавні шлюзи або водоскиди. Для спрямування риби до входу в рибопропускні споруди використовують сітки, ґратки та електричні загороди з вертикальними електродами, підвішеними до сталевих канатів [7].



Рисунок 1.8 – Рибохід на греблі на річці Джон-Дей, США [7]

1.1.3 ГЕС на зворотних водах

Використання мікро-, міні- та малих гідроелектростанцій (МГЕС) на наявних перепадах рівнів води активно впроваджується у всьому світі як частина відновлюваної енергетики. Державні установи підтримують ці проекти через встановлення спеціальних "зелених" тарифів або зелених сертифікатів, які стимулюють виробництво електроенергії з таких джерел. Генерування електроенергії такими станціями не має негативного впливу на флору і фауну, оскільки у зворотних водах відсутні риби, водні тварини та рідкісні птахи. Крім того, не потрібна будівництво гребель або нових водосховищ, що уникає затоплення навколишніх територій.

Будівництво МГЕС на вже існуючих спорудах водопостачання та водовідведення сприяє їхній модернізації, включаючи ремонт або заміну окремих елементів, а також підвищенню надійності завдяки встановленню сучасних систем управління та моніторингу. Існують приклади успішної експлуатації МГЕС на зворотних водах, що підтверджують технічну можливість реалізації таких проектів. Однак їхня економічна ефективність оцінюється індивідуально для кожної країни з урахуванням умов енергетичного ринку. Для відновлюваної енергетики встановлюється «зелений» тариф на вироблену електроенергію.

В Україні "зелений" тариф встановлюється відповідно до Закону України "Про альтернативні джерела енергії" (НКРЕКП) і Порядку встановлення, перегляду та припинення дії "зеленого" тарифу на електричну енергію для суб'єктів господарської діяльності та приватних домогосподарств, що виробляють електроенергію з відновлюваних джерел енергії. Цей тариф застосовується до електроенергії, виробленої з таких джерел як сонячна, вітрова, геотермальна енергія, енергія хвиль та припливів, гідроенергія, енергія біомаси, а також до газу з органічних відходів, газу каналізаційно-очисних станцій, біогазів, а також вторинних енергетичних ресурсів, включаючи доменний та коксівний газ, газ метан дегазації вугільних родовищ, і перетворення скидного енергопотенціалу технологічних процесів.

					141.0112.010.БР	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Технічні, технологічні та конструктивні особливості перетворення скидного енергопотенціалу, зокрема зворотних вод, чітко не прописані в законодавстві [1].

1.2 Загальний аналіз використання малих гідроелектростанцій в Україні та світі

Мала гідроенергетика в Україні є важливим компонентом електроенергетичної системи, забезпечуючи приблизно 2% від загального обсягу виробництва електроенергії на гідроелектростанціях. Середньорічний приріст встановленої потужності МГЕС склав 2,9%, що свідчить про поступове зростання їхнього внеску. Загальна частка малої гідроенергетики в енергобалансі країни становить 0,2%.

Історія розвитку МГЕС в Україні почалася ще у середині 20 століття, коли їхнє число зростало. Однак справжнє відродження цієї галузі відбулося в середині 1990-х років. Наприкінці 2008 року в країні працювало 79 МГЕС та 7 мікро-ГЕС з встановленою потужністю 110,7 МВт, які виробляли у середньому 399,4 млн кВт·год електроенергії на рік.

Гідроенергетика є одним із ефективних методів виробництва електроенергії, який не використовує викопне органічне чи ядерне паливо. Вона має прогнозований відновлюваний енергоресурс, найнижчу собівартість порівняно з іншими традиційними та багатьма нетрадиційними технологіями, а також властивості маневрування та мобільності, що робить її унікальною. Крім того, вона відзначається значним експлуатаційним ресурсом.

На основі Енергетичної стратегії 2006 року, потенційні можливості малої гідроенергетики в Україні оцінювалися на рівні 1147 МВт встановленої потужності з річним обсягом виробництва електроенергії 3,75 млрд кВт·год/рік. Проте, згідно з Енергетичною стратегією 2013 року, економічно доцільний потенціал малих гідроелектростанцій в Україні оцінюється навіть вище — до 4 ГВт.

					141.0112.010.БР	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

За результатами наукових досліджень, ураховуючи чинну нормативно-правову базу в електроенергетичній та природоохоронній сферах, технічний потенціал малих річок України оцінюється на рівні 1270 млн кВт·год/рік (рис.1.10), що відповідає 376 МВт встановленої потужності (рис.1.9) малих ГЕС. Інформація також підтверджує, що значна частина цього потенціалу залишається невикористаною, а саме близько 1000 млн кВт·год/рік.

Ці дані відображають значний потенціал для розвитку малої гідроенергетики в Україні, особливо з урахуванням високого різноманіття водних ресурсів та можливостей їх використання для виробництва електроенергії.

Найбільші значення технічного потенціалу зосереджені в таких областях: Закарпатська (35%), Івано-Франківська (16%), Львівська (12%), Чернівецька (6%), Кіровоградська (4%), Тернопільська (3%) [3].

Станом на середину 2019 року в Україні на підконтрольній території знаходилися в експлуатації 156 малих ГЕС. Загальна встановлена потужність біля 102 МВт із середньорічним обсягом виробництва електроенергії у межах 225-255 млн. кВт·год/рік.

					141.0112.010.БР	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

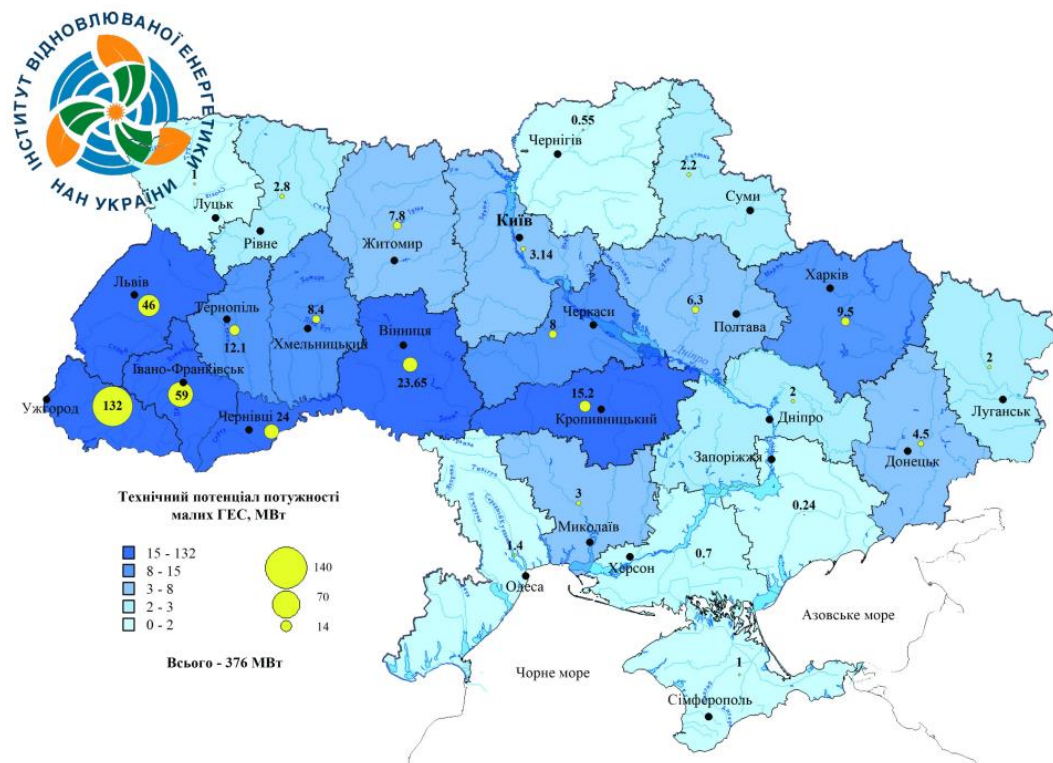


Рисунок 1.9 – Технічний потенціал потужності малих ГЕС, МВт [3]

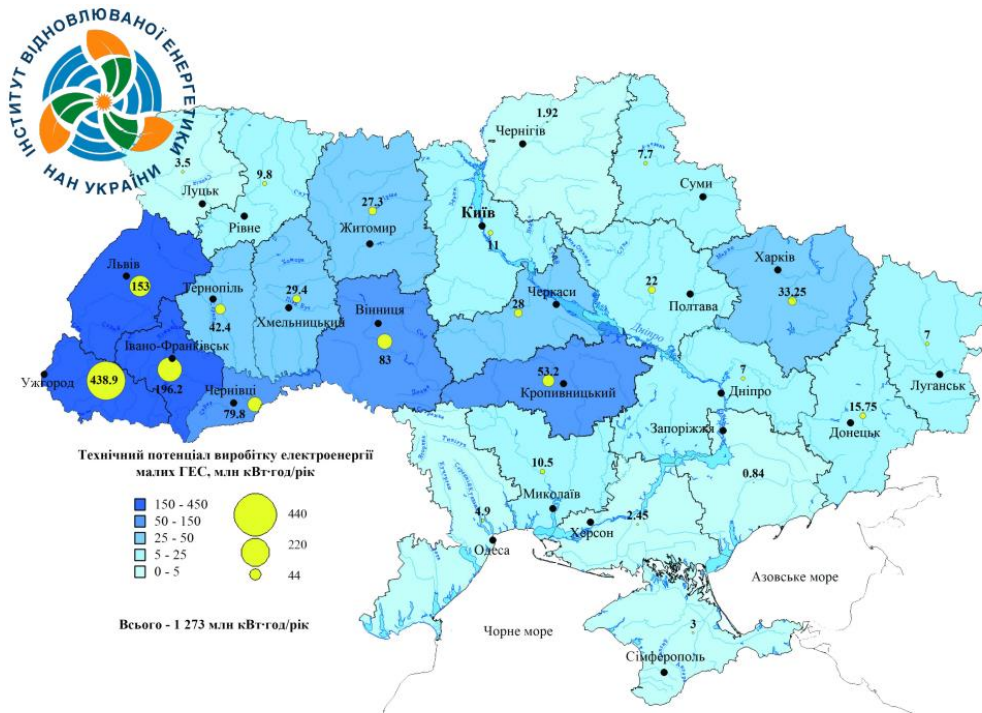


Рисунок 1.10 – Технічний потенціал виробітку електроенергії малих ГЕС, млн. кВт·год/рік [3]

На основі проведеного аналізу гідрологічних характеристик стоку малих річок за весь період спостереження, були обрані наступні основні річки для кожної зони (рис. 1.11):

					141.0112.010.БР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

- Поліська гідрологічна зона – р. Тетерів,
- Західна гідрологічна зона – р. Західний Буг,
- Правобережна-Дніпровська гідрологічна зона – р. Південний Буг,
- Лівобережно-Дніпровська гідрологічна зона – р. Псел,
- Сіверськодонецько-Приазовська гідрологічна зона – р. Оскіл,
- гідрологічна зона Українських Карпат: Тисо-Латорицька гідрологічна область – р. Тересва,
- Дністровсько-Прутська гідрологічна область – р. Стрий.



Рисунок 1.11 – Схема розташування гідрологічних зон [1]

На Рис.1.12 наведений гідроенергетичний потенціал малих річок за гідрологічними зонами у відсотковому співвідношенні.



Рисунок 1.12 – Розподіл гідроенергетичного потенціалу малих річок за гідрологічними зонами [1]

Також на Рис. 1.13 наведений технічний та природний потенціали річок по областям станом на 1 січня 2021 р.

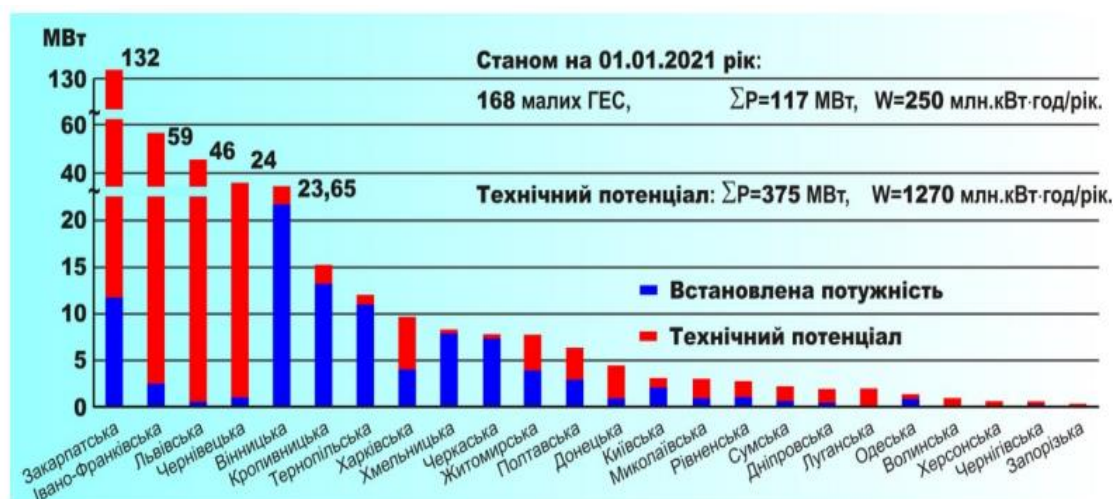


Рисунок 1.13 – Розподіл технічного і природного потенціалу річок по областям станом на 2021 р. [1]

1.3 Шляхи розвитку малої гідроенергетики в Україні та проблеми які вона зустрічає

Розвиток малої гідроенергетики сприятиме зниженню використання палива в енергетичній системі, зменшенню техногенного навантаження на довкілля та приверненню додаткових інвестицій до місцевих бюджетів. Будівництво каскадів малих ГЕС відкриває можливість ефективного використання гідропотенціалу для виробництва електроенергії та сприяє захисту територій від повеней. Проекти малих ГЕС мають відповідати принципам бережливого використання природних ресурсів і відповідати діючому законодавству України у цій галузі [8].

При відсутності комплексних змін у галузі гідроенергетики в найближчі роки, негативний вплив цієї сфери на навколишнє середовище буде лише зростати, що призведе до наступних наслідків:

- втрата біорізноманіття річкових та заплавної екосистем у місцях будівництва нових ГЕС, а також вище і нижче за течією, через неефективність рибопропускних споруд або їх відсутність;

- порушення шляхів міграції риб та зменшення доступності місць нересту для цінних видів, таких як дунайський лосось, що може призвести до втрати промислових рибних запасів;

- невиконання Україною міжнародних зобов'язань, зокрема, Рамкової конвенції про охорону та сталий розвиток Карпат і Угоди про асоціацію з ЄС, що може призвести до погіршення стану водних об'єктів;

- перевитрата бюджетних коштів на компенсацію власникам МГЕС через механізм "зеленого тарифу";

- втрата туристичної привабливості річок та річкових долин, що може призвести до зменшення потенціалу "зеленого" туризму та втрати джерела заробітку для місцевого населення;

- втрата інвестиційної привабливості місць, де будуються ГЕС, для інших сфер природокористування та життєдіяльності;

- зростання соціальної напруги в місцях будівництва ГЕС;

					141.0112.010.БР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

-збільшення частоти та масштабу прояву екологічно несприятливих процесів, таких як паводки, зсуви, ерозія та руйнування берегів;

-втрата води через випаровування з водосховищ, що стає проблемою в умовах зміни клімату та необхідності адаптації до його наслідків;

1.4 Висновки до розділу

Мала гідроенергетика в Україні має значний потенціал, який залишається неоексплуатованим. Очевидно, мала гідроенергетика України ніколи не зможе зрівнятися з, наприклад, малої гідроенергетикою Норвегії. Хоча потенційно можна створити сотні, можливо тисячі МГЕС, які можуть бути використані для виробництва електроенергії.

Однією з головних переваг малої гідроенергетики є її відносна екологічна чистота та низький рівень викидів парникових газів. Крім того, мала гідроенергетика може сприяти розвитку регіональних господарств, забезпечуючи робочі місця та забезпечуючи місцеві споживачі електроенергією.

Проте, для розвитку цієї сфери потрібно вирішувати деякі виклики. Серед них - складність технічної реалізації проектів, потенційні екологічні ризики, необхідність привернення інвестицій і, звісно, війна та її результати(також це буде актуально, так як через війну Україна втратила значні гідроенергетичні потужності).

					141.0112.010.БР	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 2
ЕНЕРГЕТИЧНІ РОЗРАХУНКИ МАЛОЇ ГЕС

					141.0112.010.БР				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					
Розроб.		Макаревич О.О.			РОЗДІЛ 2 Енергетичні розрахунки малої ГЕС		Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Пазич С.Т.						28	
							ХПК		
Н. Контр.		Головко В.М.							
Затверд.		Будько В.І.							

2.1 Вибір географічного місця розташування

Річка Тетерів протікає в Житомирській та Київській областях. Її загальна довжина – 365 км (рис.2.1), з них 247 км – межах Житомирської області. Площа водозбору – 15100 км². Перетинає Український кристалічний щит, має добре зрізані, здебільшого скелясті береги з виходами на поверхню гнейсів і гранітів. У деяких місцях має характер гірської річки, так як верхів'я Тетерева розташовані в межах Подільської височини.

На р. Тетерів в межах Житомирської області збудовані водосховища: Чуднівське, Денишівське, Відсічне, Житомирське, Білокриницьке, а на її притоках – Андрушівське, Ліщинське, Млищанське, Старосільське, Бердичівське, Скragліївське, Бистрикське, Швайківське, Слободищанське, Рудне-Городищинське, Райківське, Дворищанське, Іршанське, Малинське, Вознянське, Лумлянське, Карабачинське та Червонське [9].

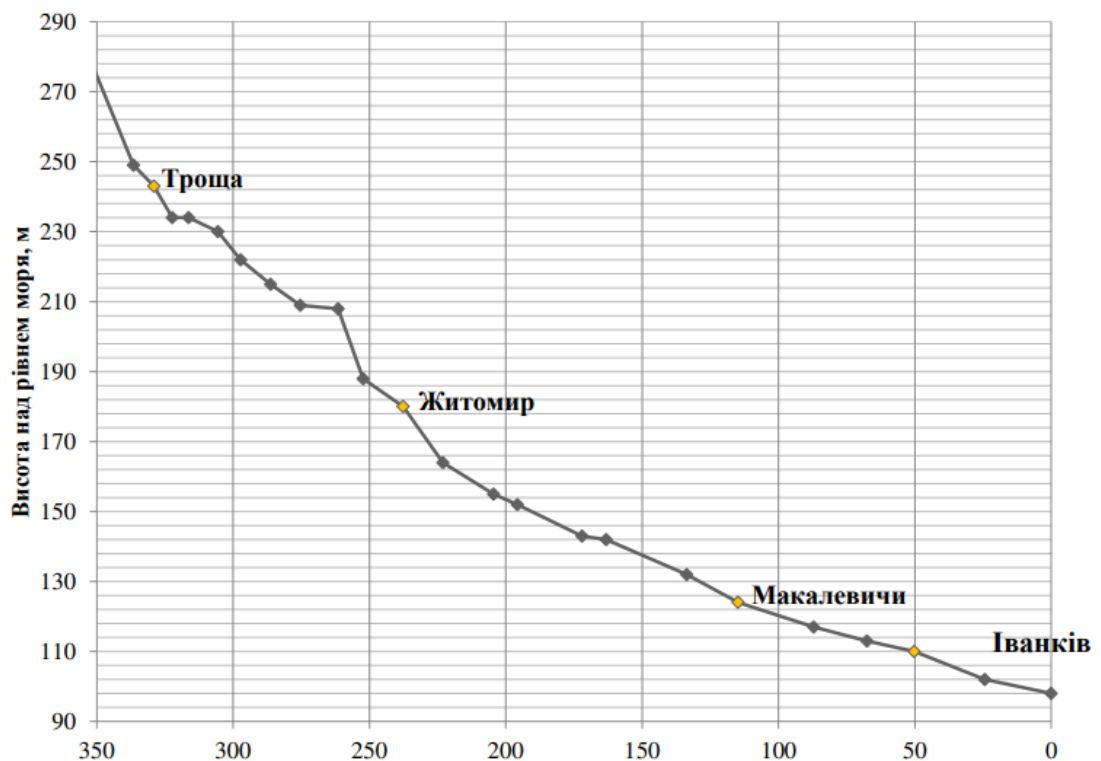


Рисунок 2.1. Довжина річки від гирла, км [9]

2.1.1 Повздовжній профіль річки Тетерів

Геологічна будова берегів річки Тетерів дуже різноманітна. Вже на початку свого витоку, через 20 км, починаються гранітні утворення, покриті пісками і лесом. На обох берегах зустрічаються скелі з різних кристалічних порід, які в деяких місцях досягають значної висоти (Житомир) і утворюють мальовничі ущелини зі стрімкими стінами, що простягаються до міста Радомишля і трохи нижче. В певних місцях, як біля гирла Кам'янки, у значній кількості зустрічається звичайний граніт. Біля села Козіївка серед гранітів знаходиться єдине в регіоні родовище кристалічного вапняку (справжнього мармуру), скелі якого утворюють дно і правий берег річки. У районі Радомишля береги містять поклади залізної руди, через що в давнину там виникла рудня для переплавки руди. Ця місцевість до сьогодні носить офіційну назву «Рудня» [16].

У районі Житомира та Коростишева річка Тетерів має скелясті береги. Завдяки цьому в Житомирі було побудовано водосховище та електростанцію. Від Козіївки Коростишівського району до Радомишля річка протікає вузькою долиною з крутими схилами та в'юнким руслом у межах Українського кристалічного масиву. Русло річки порожисте. За переказами старожилів Радомишля та дослідників міста, Тетерів багато разів змінював своє русло. Доказом цього є старі канали, які свідчать про те, що в різні історичні періоди вони були руслом Тетерева. У Радомишлі лівий берег Тетерева крутий і схилистий, а правий берег рівний. Після Радомишля, перед селом Березці, на Тетереві є природні гранітні утворення, які жителі Радомишля влітку використовують як пляж.

На ділянці нижньої течії, після смт Пісківка, Тетерів набуває ознак типової рівнинної річки з численними меандрами, старицями і затоками. У пониззі, в межах Полісся, долина Тетерева розширюється до 4 км, а ширина русла становить 40—90 м.

Основне живлення — снігове і дощове. Тетерів творить багато протоків і рукавів; декотрі глухі рукави влітку пересихають, а головне русло часто

					141.0112.010.БР	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

змінює своє розташування. Річка Тетерів замерзає в другій половині листопада і звільняється від криги в середині березня. Весняна повінь підвищує рівень річки на 2-5 метрів, розливаючись місцями на декілька кілометрів і затоплюючи низинні береги. Період повноводдя триває досить довго — до початку літа. У цей час річка стає сплавною від села Вишевичі до гирла протягом 150 км. За архівними даними, по ній сплавливали до 800 плотів за сезон.

2.2 Визначення гідроенергетичного потенціалу річки/створу річки

Витрата води — одна з основних гідрологічних та енергетичних характеристик річкового стоку, яка змінюється стохастично протягом року. Тому в гідроенергетичних розрахунках використовують статистичні дані вимірювань витрат води за період не менше останніх 10-15 років. Формування річкового стоку складається з випадкових та сезонних коливань, що змушує застосовувати ймовірнісні методи оцінки стоку за допомогою ймовірнісних розподілів. Найбільш поширені трипараметричні гамма-розподіли. В Україні найчастіше використовують трипараметричний гамма-розподіл Крицького-Менкеля. Робота ГЕС має обмеження у використанні річкового стоку, оскільки гідроелектростанція повинна враховувати санітарні попуски, повені (коли ГЕС працює вхолосту), межень та інші природоохоронні обмеження. Тому ймовірнісні розподіли використовують для визначення енергетичних показників роботи ГЕС відповідно до поставлених задач. Прийняті природоохоронні обмеження на використання гідроенергетичного ресурсу річки відповідають чинній нормативно-правовій базі. Ці обмеження мають два типи: обмеження на використання води для виробництва електроенергії малою ГЕС та обмеження на використання території для її спорудження [11].

Номінальна витрата води в створі ГЕС $Q_n=20 \text{ м}^3$ при напорі $H=3,5 \text{ м}$. потужність ГЕС 500 кВт. Кількість агрегатів в складі ГЕС $n=4$ шт.

					141.0112.010.БР	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Досліджувані енергетичні показники ГЕС з декількома гідроагрегатами в складі станції розраховуються за наступним алгоритмом. Даний алгоритм враховує обмеження по використанню річкового стоку, який ґрунтується на визначені забезпеченості річкового стоку:

$$P(Q, C_S, C_V) = 1 - F(Q), k_p = Q/Q_{cp} \quad (2.1)$$

де k_p - модульний коефіцієнт, $F(Q)$ – функція розподілу витрат води; C_V – коефіцієнт варіації, C_S – коефіцієнт асиметрії, Q_{cp} – середнє багаторічне значення витрат води, м³/с; Q – поточне значення витрат води, м³/с.

Для початку розрахунку необхідно побудувати залежність модульного коефіцієнта від забезпеченості витрат води стоку річки (Додаток А) в діапазон p (від 0 до 100, у відсотках) для визначених значень C_S/C_V з коефіцієнтами варіації $C_V(0,4;0,8;1,2)$.

Графічне зображення ординат забезпеченості витрат води створу річки, малої ГЕС в складі трьох агрегатів показано на рис.1. В діапазоні річної імовірнісної забезпеченості витрат води $p(0-0,1(p_{min}))$, який враховує періоди наявності повеней і паводків з підтопленням нижнього б'єфу та оперативні заходи з регулювання водного потоку через гідроспоруди, гідроагрегати станції не працюють. Діапазон річної імовірнісної забезпеченості витрат води $p(0,9-1(p_{max}))$ враховує ту частину стоку, яку не можна спрацьовувати для забезпечення мінімального рівня води в верхньому б'єфі в посушливі періоди року. Робочий проміжок витрат для малої ГЕС знаходиться в діапазоні від 0,1 до 0,9.

Діаграма використання стоку води річки ГЕС з регулюванням потужності по водотоку в складі 4 агрегатів на рис.2.2 показує етапи пуску першого і наступних агрегатів.

					141.0112.010.БР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

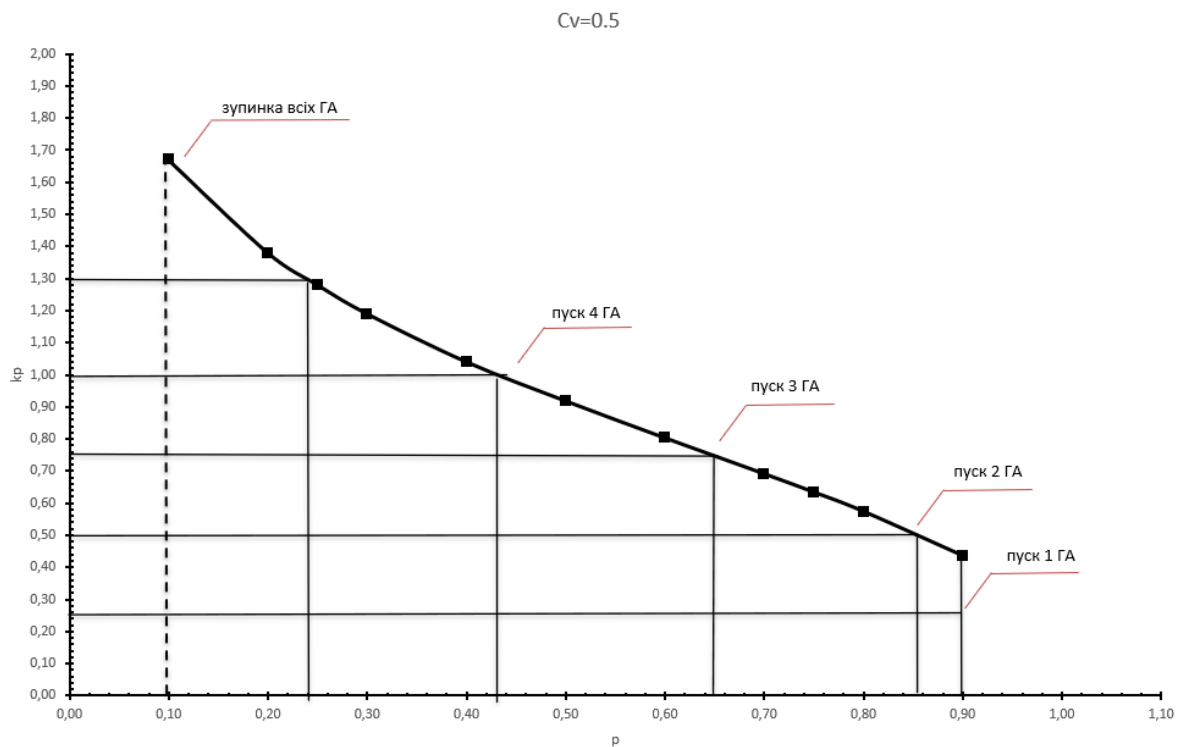


Рисунок 2.2 – Діаграма стоку води річки малою ГЕС в складі 4-х гідроагрегатів для визначених C_S/C_V та C_V

Перед початком розрахунку потрібно зняти точки з кривої забезпеченості для кожного агрегату ГЕС окремо, для ряду значень $k_p(0,5-0,75-1-1,3)$. Потужність ГЕС визначаються за формулами:

$$N = 7 \cdot Q_N \cdot H = 7 \cdot 20 \cdot 3,5 = 490 \text{ кВт} \quad (2.2)$$

де N – потужність ГЕС, кВт; Q_N – витрати води через ГЕС, $\text{м}^3/\text{с}$; H – напір води в МГЕС, м.

ГЕС складається з 3 чи 4 агрегатів, потужність кожного розраховується:

$$N = 7 \cdot \frac{Q_N}{3} \cdot H; \quad N = 7 \cdot \frac{Q_N}{4} \cdot H, \text{ кВт} \quad (2.3)$$

де N_i – потужність i -го гідроагрегату ГЕС, кВт; Q_i – витрати води i -го гідроагрегату через ГЕС.

Наприклад, якщо ГЕС складається з 4-ох гідроагрегатів, відповідно забезпеченість визначається для кожного гідроагрегату окремо при наступних номінальних значеннях $k_p=(0,5; 0,75; 1; 1,3)$. ГЕС з 4-ма гідроагрегатами за умови, що ми робимо розрахунок для $k_p=1$, модульні коефіцієнти для кожного

гідроагрегату будуть наступні – $k_{p1}=0,25$, $k_{p2}=0,5$, $k_{p3}=0,75$, $k_{p4}=1$ з відповідними значеннями забезпеченості p .

$$k_{pi} = \frac{k_p}{n} = 0,25 \quad (2.4)$$

де k_{pi} – модульний коефіцієнт i -го гідроагрегату ГЕС, n – кількість гідроагрегатів в складі ГЕС;

Річний виробіток електроенергії W_i для кожного гідроагрегату окремо відповідно визначаються за формулою:

$$W_i = N_i \cdot 8760 \cdot (p_i - 0,1) = 490 \cdot 8760 \cdot (0,433 - 0,1) = 1429,37 \text{ кВт*год} \quad (2.5)$$

де W_i – річний виробіток енергії i -го гідроагрегату ГЕС, кВт*год; p_i – забезпеченість i -го агрегату.

Потужність ГЕС з різною кількістю гідроагрегатів в її складі визначається:

$$N_{\text{ГЕС}} = n \cdot N_i, \text{ кВт} = 1 \cdot 122,5 = 122,5 \text{ кВт} \quad (2.6)$$

Річний виробіток електроенергії всієї ГЕС визначається із сумою забезпеченості всіх гідроагрегатів, відповідно формула розрахунку:

$$\begin{aligned} W_{\text{ГЕС}} &= N_i \cdot 8760 \cdot (\sum_{i=1}^n p_i - n \cdot 0,1) = 490 \cdot 8760 \cdot (0,433 - 0,1) = \\ &= 1429,37 \text{ кВт*год} \end{aligned} \quad (2.7)$$

Тривалість роботи гідроагрегатів та станції в годинах:

$$T_i = 8760 \cdot (p_i - 0,1) = 8760 \cdot (0,433 - 0,1) = 2917,08 \text{ год} \quad (2.8)$$

Число годин використання встановленої потужності (КВВП) стації:

$$T_{\Pi} = \frac{W_{\text{ГЕС}}}{n \cdot N_i} = \frac{1429370}{1 \cdot 490} = 2917,08 \quad (2.9)$$

Для більшої кількості гідроагрегатів та для $k = 0,25; 0,5; 0,75$ розрахунки аналогічні. Результати цих розрахунків занесені до таблиць 2.1 і 2.2.

					141.0112.010.БР	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.1. Річний обсяг виробництва електроенергії ГЕС при $C_s/C_v = 2$, $C_v=0,5$

Кількість гідроагрегатів		W _{ГЕС} МВт·год/рік				N _{ГЕС} кВт			
		k				k			
		0,50	0,75	1,00	1,30	0,50	0,75	1,00	1,30
1	ГЕС	1624,67	1760,96	1429,37	770,06	245,00	367,50	490,00	637,00
2	ГЕС	170,82	2168,20	2339,36	2159,51	245,00	367,50	490,00	637,00
	1	858,48	1287,72	1624,67	1774,48	122,50	183,75	245,00	318,50
	2	812,34	880,48	714,68	385,03	122,50	183,75	245,00	318,50
3	ГЕС	186,20	2257,80	2509,62	2568,72	245,00	367,50	490,00	637,00
	1	572,32	858,48	1144,64	1488,03	81,67	122,50	163,33	212,33
	2	572,32	812,34	888,53	824,00	81,67	122,50	163,33	212,33
	3	541,56	586,99	476,46	256,69	81,67	122,50	163,33	212,33
4	ГЕС	193,89	2298,58	2615,14	2686,83	245,00	367,50	490,00	637,00
	1	429,24	643,86	858,48	1116,02	61,25	91,88	122,50	159,25
	2	429,24	643,86	812,34	887,24	61,25	91,88	122,50	159,25
	3	429,24	570,62	586,99	491,05	61,25	91,88	122,50	159,25
	4	406,17	440,24	357,34	192,51	61,25	91,88	122,50	159,25

Таблиця 2.2. Річна тривалість роботи ГЕС і число годин КВВП при $C_s/C_v = 2$, $C_v=0,5$

k	Кількість гідро- агрегатів	Тривалість роботи, год/рік					КВВП станції
		Гідроагрегати				ГЕС	
		1й	2й	3й	4й		
0,5	1	6631,32	-	-	-	6631,32	6631,32
	2	7008	6631,32	-	-	7008	6819,66
	3	7008	7008	6631,32	-	7008	6882,44
	4	7008	7008	7008	6631,32	7008	6913,83
0,75	1	4791,72	-	-	-	4791,72	4791,72
	2	7008	4791,72	-	-	7008	5899,86
	3	7008	6631,32	4791,72	-	7008	6143,68
	4	7008	7008,00	6210,84	4791,72	7008	6254,64
1	1	2917,08	-	-	-	2917,08	2917,08
	2	6631,32	2917,08	-	-	6631,32	4774,20
	3	7008	5439,96	2917,08	-	7008	5121,68
	4	7008	6631,32	4791,72	2917,08	7008	5337,03
1,3	1	1208,88	-	-	-	1208,88	1208,88
	2	5571,36	1208,88	-	-	5571,36	3390,12
	3	7008	3880,68	1208,88	-	7008	4032,52
	4	7008	5571,36	3083,52	1208,88	7008	4217,94

За результатами розрахунків, що занесені до табл. 2.1 і 2.2 було побудовано залежність річного виробітку електроенергії від потужності ГЕС з різною кількістю гідроагрегатів (рис. 2.3).

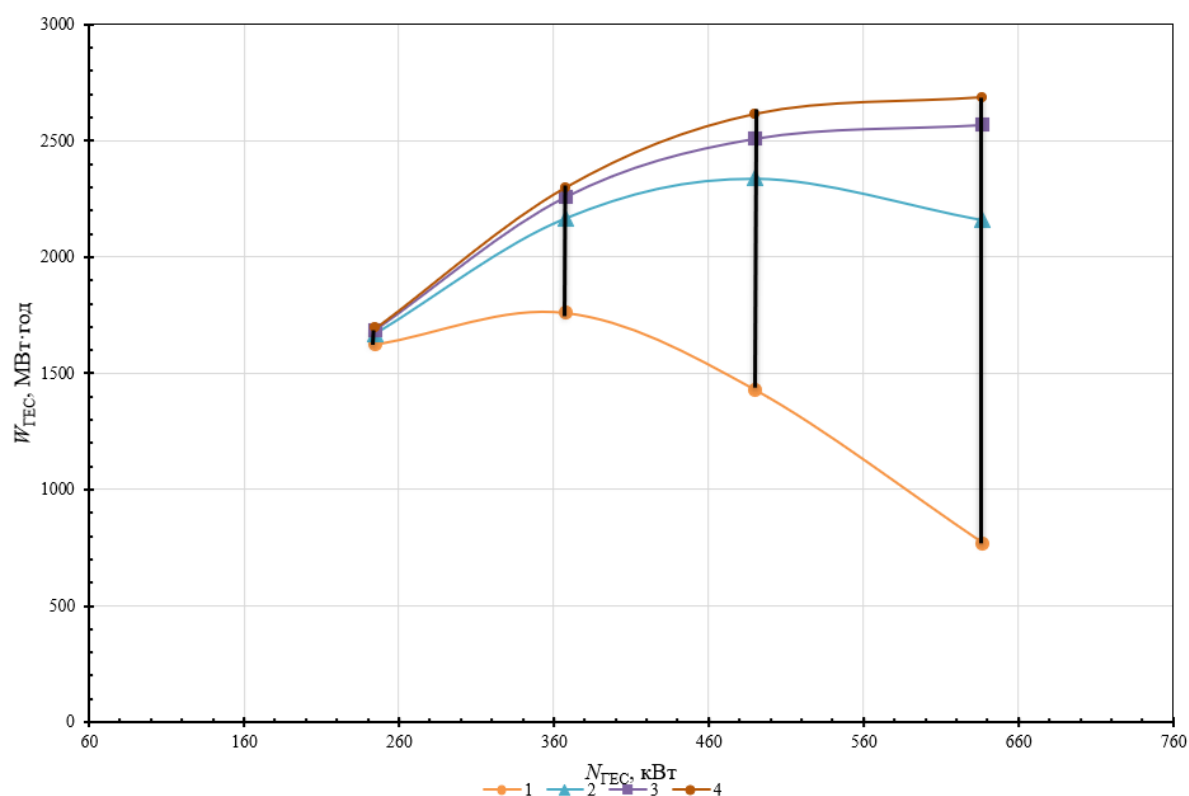


Рисунок 2.3 – Залежність річного виробітку електроенергії від потужності ГЕС з різною кількістю гідроагрегатів, при $C_S/C_V=2$, $C_V=0,5$

Участь кожного ГА на МГЕС з різною кількістю ГА показана на рис. 2.4:

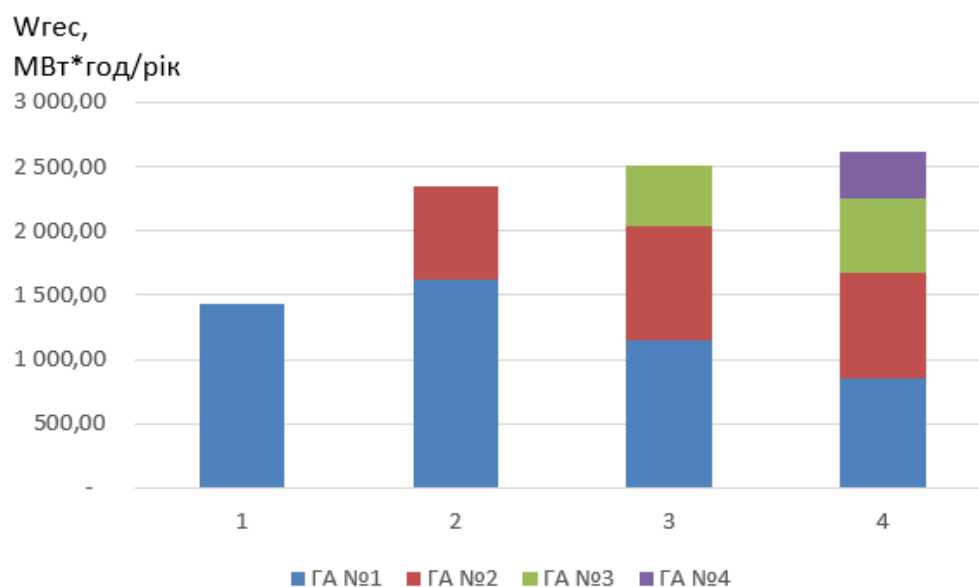


Рисунок 2.4 – Гістограма співвідношення виробітку МГЕС з різною кількістю гідроагрегатів

2.3 Турбіни для малої гідроелектричної станції

В залежності від напору води, в ГЕС застосовуються різні види турбін. Для високонапірних ділянок використовуються ковшові та радіально-осьові турбіни з металевими спіральними камерами. На середньонапірних ГЕС встановлюються поворотнолопатеві та радіально-осьові турбіни. На низьконапірних - поворотнолопатеві турбіни в залізобетонних камерах. На низьких напорах працюють турбіни типів Cross-Flow, Vortex та Flygt.

Flygt турбіни є спеціалізованими заглибними турбінами, розробленими для використання в умовах низьких напорів і змінних водних потоків. Вони були розроблені шведською компанією Flygt, яка є частиною корпорації Xylem. Ці турбіни відомі своєю універсальністю і надійністю, і можуть працювати як в режимі турбіни, так і в режимі насоса, що робить їх особливо корисними для різноманітних застосувань.

Flygt турбіни часто використовуються в системах водопостачання та водовідведення, а також у малих гідроелектростанціях. Їх конструкція включає заглибний електродвигун і робоче колесо, яке може бути спроектовано для ефективної роботи як у насосному, так і в турбінному режимі. Це дозволяє цим турбінам використовувати зворотний потік води для генерації електроенергії або перекачування води в залежності від потреби.

Основна перевага Flygt турбін (рис.2.5) полягає в їх простоті установки і обслуговування. Оскільки вони є заглибними, їх можна легко встановити у вже існуючі водні шляхи без необхідності в значних будівельних роботах або великих інвестиціях в інфраструктуру [12].

					141.0112.010.БР	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

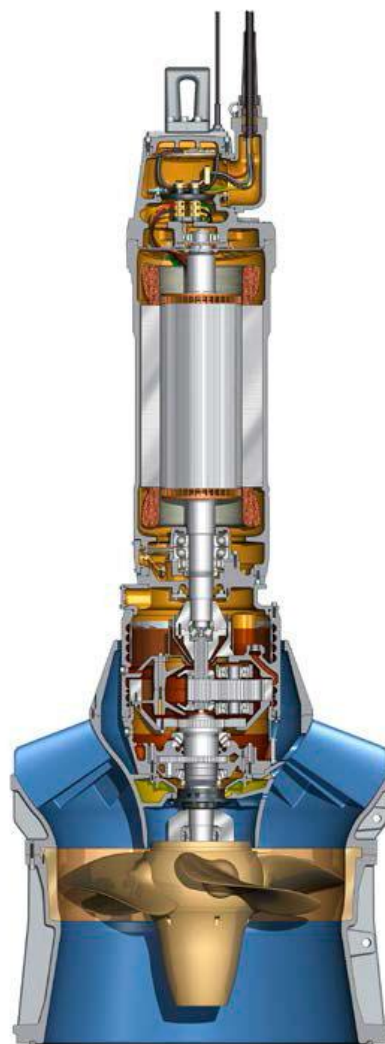


Рисунок 2.5 – Турбіна Flygt [12]

Усі генератори повністю занурювальні можуть встановлюватись на глибину 20 метрів. Довговічні підшипники та ізоляція генератора класу Н забезпечують збільшений термін служби. Датчики температури в обмотці статора та головному підшипнику, а також датчики протікання в корпусі статора та кабельному введенні дозволяють контролювати генератор на наявність попередніх несправностей, до того, як вони стануть проблемою. На рис. 2.6 представлені поля характеристик турбін Flygt.

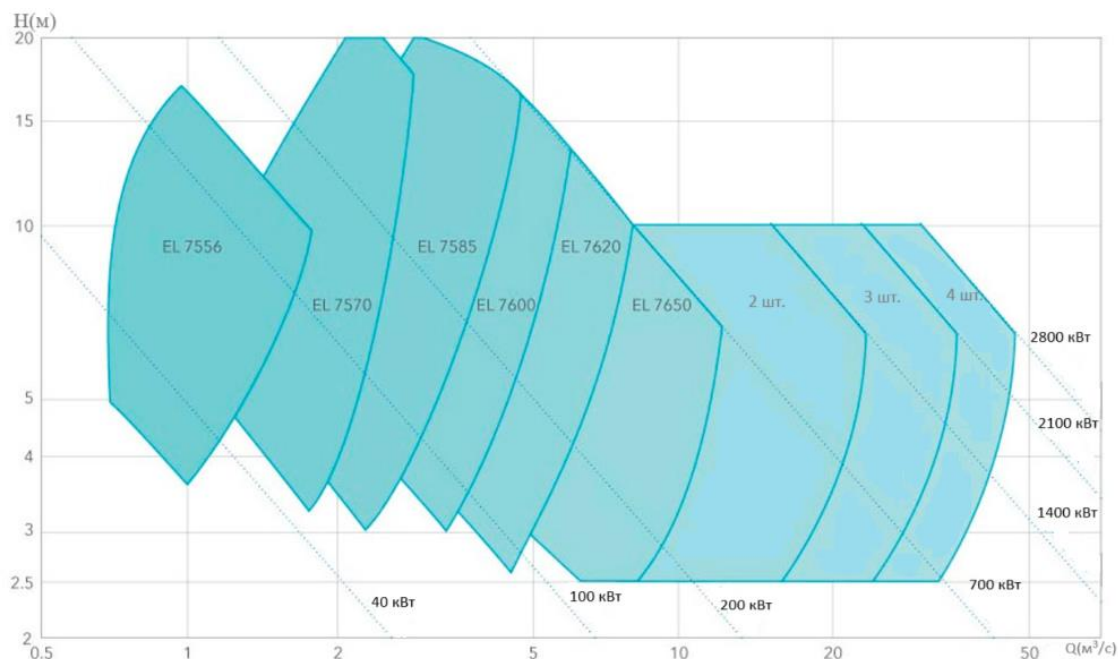


Рисунок 2.6 – Поля характеристик гідротурбін Flygt [11]

2.4 Вибір гідротурбіни і генератора

Для аналізу ефективності представлених вище гідроагегатів використаємо формулу розрахунку потужності:

$$P = \eta \cdot \rho \cdot g \cdot Q \cdot H, \text{ кВт} \quad (2.10)$$

де η — коефіцієнт корисної дії, ρ — густина води (1000 кг/м^3), g — прискорення вільного падіння ($9,81 \text{ м/с}^2$), Q — витрата води ($5 \text{ м}^3/\text{с}$), H — напір води ($3,5 \text{ м}$).

Для зазначених параметрів підходящими будуть турбіни, що працюють при низьких напорах. Cross-Flow, Vortex та Flygt турбіни мають підходящі параметри. Оберемо турбіни Flygt. Коефіцієнт корисної дії для даного типу турбін за даними з різних джерел становить від 60% до 85%. Нехай ККД буде 0,8 або 80%.

Розрахуємо потужність для турбіни за формулою:

$$P = \eta \cdot \rho \cdot g \cdot Q \cdot H = 0,8 \cdot 1000 \cdot 9,81 \cdot 5 \cdot 3,5 = 137,34 \text{ кВт}$$

Однією з найбільш оптимальних в розрізі ціна/ефективність є турбіна Flygt EL7620 з потужністю від 110 кВт до 700 кВт (табл.2.3). Агрегат повністю герметичного занурювального виконання (IP68), може встановлюватися на глибину до 20 метрів. Пропелери доступні з чотирма або п'ятьма лезами та виготовляються з алюмінієвої бронзи або нержавіючої сталі. Кут нахилу леза можна встановити вручну (крок – 1 градус). Встановлення в колону діаметром 2,0 м.

Таблиця 2.3 – Технічні дані обраної турбіни

Модель	EL 7620
Потужність N	110-700 кВт
Напруга	380-6600 В
Матеріал лопатей	Бронза, дуплексна нержавіюча сталь

Нижче на рис.2.7 зображені характеристики даної гідротурбіни.

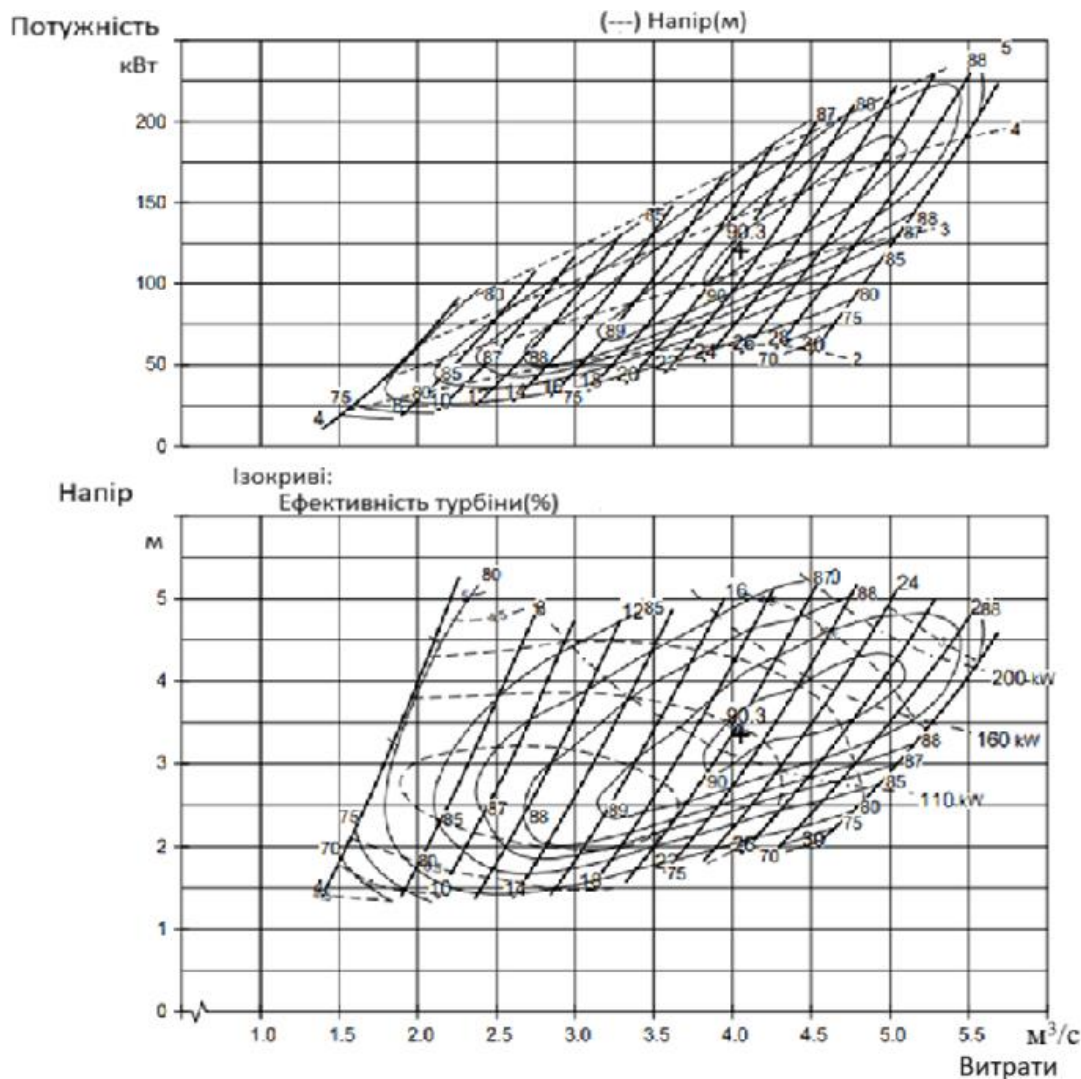


Рисунок 2.7 – Характеристики гідротурбіни EL 7620: залежність потужності від витрат (зверху) і залежність напору від витрат (знизу) [12]

2.5 Розрахунок параметрів і вибір генератора

Для забезпечення стабільної роботи гідроелектростанції з чотирма гідроагрегатами необхідно використовувати чотири генератори, по одному на кожен гідроагрегат. Це забезпечить оптимальну ефективність і надійність системи, дозволяючи кожному гідроагрегату працювати незалежно і ефективно.

Одним з важливих аспектів вибору генераторів є їхня відповідність стандартам якості та безпеки. Важливо, щоб генератори були сертифіковані відповідно до міжнародних стандартів, таких як ІЕС (International

Electrotechnical Commission) або IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers). Це забезпечить високу якість обладнання та його довговічність.

Ще одним важливим фактором є інтеграція генераторів з системами автоматичного контролю та моніторингу, які дозволяють в реальному часі стежити за параметрами роботи генераторів і швидко реагувати на будь-які зміни або відхилення від норми.

Генератори повинні мати достатньо високий ККД (не менше 90%), низький рівень вібрації, шуму, здатність працювати при різних кліматичних особливостях і температурних режимах локації. Це забезпечить стабільну роботу гідроелектростанції в будь-яких умовах.

Оскільки гідроагрегат генерує 137,34 кВт, генератор повинен мати потужність трохи вищу для врахування можливих втрат і забезпечення запасу потужності.

Для потрібних генераторів ККД складає близько 92-97%. Припустимо, що ККД генератора становить 95%. Тоді номінальна потужність на виході генератора:

$$P_{\text{ген}} = N \cdot \eta = 122,5 \cdot 0,95 = 116,4 \text{ кВт} \quad (2.11)$$

Виходить, що необхідна номінальна потужність генератора буде 110 кВт.

Тоді гістограма співвідношення виробітку МГЕС з різною кількістю ГА зображена на рис. 2.8:

					141.0112.010.БР	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

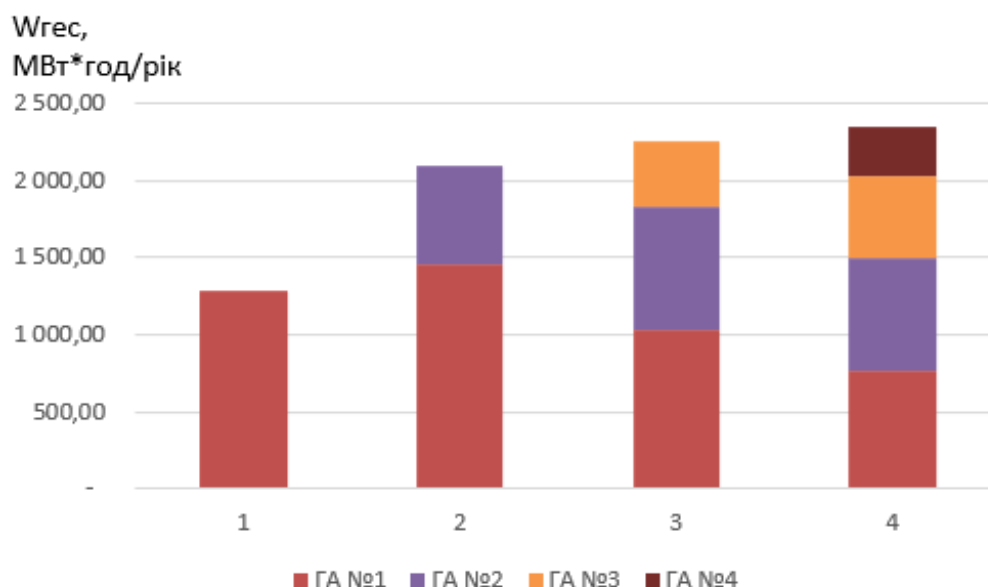


Рисунок 2.8 – Гістограма співвідношення виробітку МГЕС з різною кількістю ГА при номінальній потужності ГА 110 кВт

В табл.2.4 представлені технічні характеристики генератора:

Таблиця 2.4 Характеристики генератора

Параметр	Значення
Модель	43-44-6BC
Напруга	400 В
Частота	50 Гц
Потужність	160 кВт
ККД	94,8%
Частота обертання	1200 об/хв

На рис. 2.9 наведена електрична схема приєднання МГЕС до споживача. На трансформаторній підстанції відбувається трансформація напруги до необхідної величини для подальшої подачі енергії споживачу.

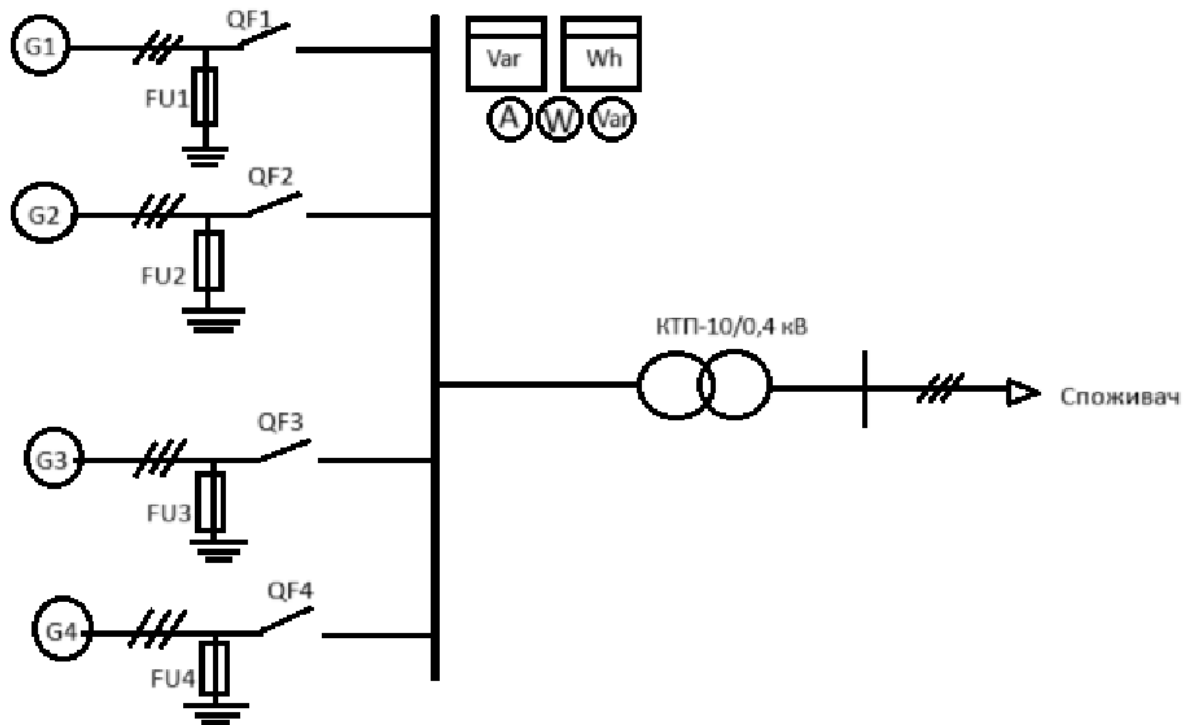


Рисунок 2.9 – Електрична схема приєднання малої гідроелектричної станції до споживача

2.6 Висновки до розділу

Перед тим як починати проводити аналіз станції зі споживачем потрібно оцінити гідроенергетичний розподіл річки.

Обираючи між 3-а і 4-а ГА, найбільша ефективність буде у МГЕС з 4 гідроагрегатами. Розрахунки показали, що найбільша потужність ГЕС (при потужності 500 кВт, в діапазоні від 0,5 до 1,3) складає при 4 гідроагрегатах, а не при 3. Хоча, для повного аналізу ефективності і подальшого вибору краще провести економічний розрахунок.

При номінальній потужності гідроагрегату 110 кВт гістограма співвідношення виробітку МГЕС з різною кількістю ГА максимально схожа на гістограму з потужністю гідроагрегату 122,5 кВт.

					141.0112.010.БР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

Було обрано модель турбін та генераторів, які будуть забезпечувати потрібний виробіток енергії для потенційного споживача.

Також було створено електричну схему приєднання МГЕС до споживача.

					141.0112.010.БР	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 3
ОХОРОНА ПРАЦІ

					141.0112.010.БР							
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата								
Розроб.		Макаревич О.О.			РОЗДІЛ 3 Охорона праці				Літ.		Арк.	Акрушів
Перевір.		Пазич С.Т.									46	
									ХПК			
Н. Контр.		Головко В.М.										
Затверд.		Будько В.І.										

3.1 Загальні положення

Охорона праці – система заходів, що спрямованні на забезпечення безпеки працівників під час їх трудової діяльності. При прийнятті на роботу та під час роботи працівники зобов'язані проходити інструктажі та навчальні заходи за рахунок роботодавця з питань щодо безпеки на робочому місці, надання першої медичної допомоги у разі нещасного випадку і порядку дій, правил під час аварійної ситуації на підприємстві та/або на робочому місці.

Гідроелектростанція є підприємством, де експлуатують складні технічні машини, конструкції, механізми та обладнання, що потребує виконання робіт підвищеної небезпеки. Фахівці, які обслуговують це устаткування, мають бути кваліфікованими, регулярно проходити навчання та перевірку знань з охорони праці. Ці високі вимоги спрямовані на забезпечення надійного виробітку електроенергії, поєднуючи виробничі завдання з головним – захистом життя і здоров'я працівників.

У часи війни день охорони праці набуває особливого значення. Коли країна втрачає найкращих, неприпустимо допускати смертельні випадки на виробництві. Підвищення уваги працівників і керівництва до безпеки та гігієни праці, впровадження ефективних практик для забезпечення безпеки на виробництві є критичними аспектами сучасного цивілізованого виробничого середовища.

Статистика свідчить, що найбільша кількість травматизму на виробництві трапляється, коли знижується увага працівників, зазвичай наприкінці робочого дня, тижня або перед обідньою перервою, зокрема через вплив кліматичних змін на організм. На жаль, через недбале ставлення до виконання робіт, правила з охорони праці часто порушуються, що коштує здоров'я та життя працівників [14].

Через те, що обладнання на ГЕС має велику вагу, для його встановлення або ремонту потребуються вантажопідйомні крани. Під час таких робіт працівники зобов'язані дотримуватися «Правил охорони праці під час

					141.0112.010.БР	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

експлуатації вантажопідіймальних кранів, підіймальних пристроїв і відповідного обладнання» [15].

Працівники або керівники, які виконують роботи з експлуатації та технічного обслуговування ГЕС, відповідно до вимог ГКД 34.12.102-95 "Навчання, інструктаж і перевірка знань працівників підприємств, установ і організацій Міністерства України з питань охорони праці та експлуатації обладнання. Положення" [17], повинні періодично проходити перевірку професійної кваліфікації і знань стосовно питань охорони праці. Керівники робіт по нарядах на електростанції повинні мати кваліфікаційну групу з безпеки не нижче IV.

До виконання робіт, пов'язаних з експлуатацією та ремонтом обладнання на ГЕС допускаються особи віком більше 18 років, які пройшли медичний огляд, інструктаж з техніки безпеки, перевірку знань з охорони праці, пожежної безпеки, домедичної допомоги, порядок дій при аварійній ситуації та повітряної тривоги.

Перед допуском до самостійного виконання робіт на ГЕС працівник повинен пройти стажування під наглядом досвідченого працівника протягом не менше ніж перших десяти робочих змін [18].

3.2 Вимоги безпеки перед початком роботи на місці

На початку робочої зміни робоче місце та робоче обладнання повинно бути перевірено на відсутність несправностей. В разі наявності несправностей, які працівник не здатен усунути власними силами, він повинен доповісти про них керівнику. Працівники і ремонтні служби перед початком робочої зміни повинні отримати наряд-допуск на проведення робіт вказавши їх зміст, місце проведення, дату й час початку та закінчення робіт.

Перед початком роботи працівники повинні перевірити засоби індивідуального захисту на предмет відсутності пошкоджень. Повідомити керівнику при наявності пошкоджень. Необхідно вимкнути усі прилади, через

					141.0112.010.БР	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

які можлива подача напруги на робоче місце, перевірити відсутність напруги на робочому місці, за необхідності його заземлити.

До проведення ремонтних робіт в робочому приміщенні гідротурбіни необхідно зупинити її і упевнитись, що не відбудеться випадковий запуск. Після завершення ремонтних робіт переконатися, що весь персонал залишив приміщення, після чого можна проводити запуск [17].

Основними заходами щодо запобігання нещасним випадкам, що стались внаслідок ведення бойових дій під час виконання працівниками трудових (посадових) обов'язків, є:

- проведення інструктажів для працівників щодо заходів безпеки під час повітряної тривоги;

- забезпечення дієвого контролю за обов'язковим виконанням працівниками заходів, передбачених у разі отримання сигналу «Повітряна тривога»;

- проведення навчання щодо надання першої домедичної допомоги потерпілим внаслідок ведення бойових дій [19].

3.3 Висновки до розділу

В даному розділі приведені основні правила та рекомендації з експлуатації та ремонту обладнання на ГЕС, описані обов'язки працівників і їх керівників, заходи щодо нормалізації умов праці та безпеки під час виконання робіт.

					141.0112.010.БР	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

У даному проєкті було наведено загальні дані по гідротехнічному потенціалу України, а також розглянуто типи гідроелектростанцій. Найбільш оптимальною територією для побудови малої ГЕС вважаються гірські та пригірські регіони, в річках яких напір достатньо високий, що робить гірські ГЕС ефективнішими за їх рівнинні аналоги. Тим не менш велика кількість гірських районів є заповідними зонами і охороняються державою, тому гірські ГЕС будуються повільніше і мають бути більш ретельно спроектованими.

В якості експерименту було обрано рівнинну річку більша частина якої протікає в Житомирській області – Тетерів. Згідно з джерелами на ній вже знаходяться декілька МГЕС та водосховищ і потенційно можна побудувати ще 5-6 МГЕС. Була обрана потужність близька до максимально можливої на цій річці – 500 кВт. За результатами розрахунків було вирішено, що МГЕС повинна мати 4 гідроагрегати.

Проведено вибір основного обладнання гідроелектричної станції. На основі отриманих розрахункових даних, а також даних щодо споживання було проведено енергетичний аналіз МГЕС, при якому визначено можливий час роботи станції. Виходить, що кожний гідроагрегат має свій час роботи в році. В залежності від кількості гідротурбін та коефіцієнта k (який дорівнює 50%, 75%, 100% та 130% від потужності) число годин змінюється. Наприклад для 100% перший гідроагрегат працює максимальні 7008 годин з 8760, а вже другий менше – 6631 годину, третій та четвертий відповідно менше.

Після цього відбувався підбір підходящих низьконапірних гідротурбін. Була обрана турбіна шведської компанії Flygt. Вона має всі необхідні характеристики: потужність від 110 кВт до 700 кВт; агрегат повністю герметичного занурювального виконання, який може встановлюватися на глибину до 20 метрів. Під неї було підібрано відповідний генератор.

Також було приведено основні правила з охорони праці на гідроелектричних станціях: правила та рекомендації з експлуатації та ремонту

					141.0112.010.БР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

обладнання на ГЕС, обов'язки працівників і їх керівників, заходи щодо нормалізації умов праці та безпеки під час виконання робіт.

					141.0112.010.БР	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Гідроенергетика: курс лекцій [Електронний ресурс]: навчальний посібник для студ. спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»/уклад.: В.І. Будько, П.Ф. Васько, С.Т. Пазич, /КПІ ім. Ігоря Сікорського, – Електронні текстові дані (1 файл: 13,6 Мбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 205 с. (дата звернення 01.05.2024)
2. Chief Joseph Dam, URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Run-of-the-river_hydroelectricity#/media/File:Chief_Joseph_Dam.jpg (дата звернення 01.05.2024)
3. Хрінницька ГЕС, URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A5%D1%80%D1%96%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D1%86%D1%8C%D0%BA%D0%B0_%D0%93%D0%95%D0%A1 (дата звернення 01.05.2024)
4. Теребле-Ріцька ГЕС, URL: <https://wikimapia.org/19846334/uk/%D0%A2%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%B1%D0%BB%D0%B5-%D0%A0%D1%96%D1%86%D1%8C%D0%BA%D0%B0-%D0%93%D0%95%D0%A1> (дата звернення 01.05.2024)
5. 2023 World Hydropower Outlook
<https://www.hydropower.org/publications/2023-world-hydropower-outlook> (дата звернення 01.05.2024)
6. Колотило Д. М. К 61 Екологія і економіка: Навч. посібник. — К.: КНЕУ, 1999. — 368 с.: іл. ISBN 966–574–157–8. URL: <https://files.znu.edu.ua/files/Bibliobooks/Inshi59/0043737.pdf> (дата звернення 01.05.2024)
7. Рибопропускні споруди, URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D0%B8%D0%B1%D0%BE%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%BF%D1%83%D1%81%D0%BA%D0%BD%D1%96_%D1%81%D0%BF%D0%BE%D1%80%D1%83%D0%B4%D0%B8 (дата звернення 15.05.2024)

					141.0112.010.БР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

8. Київська ГЕС і ГАЕС під час реконструкції втілюють європейські стандарти. URL: https://uhe.gov.ua/media_tsentr/novyny/kiivska-ges-i-gaes-pid-chas-rekonstrukcii-vtilyuyut-evropeyski-standarti (дата звернення 15.05.2024)
9. Атлас енергетичного потенціалу відновлюваних джерел енергії України / за заг. ред. С.О. Кудрі. – Київ: Інститут відновлюваної енергетики НАН України, 2020. – 82 с (дата звернення 15.05.2024)
10. Мороз А.В. Технічний потенціал гідроенергетичних ресурсів малих річок України : дис. ... канд. техн. наук: 05.14.08. Київ. 2015. 227 с (дата звернення 15.05.2024)
11. Фізика і техніка відновлюваної енергетики: Розрахункова робота [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»/уклад.: С.Т. Пазич,– Електронні текстові дані (1 файл: 0,8 Мбайт). – Київ: КПІ ім Ігоря Сікорського, 2023. – 36 с (дата звернення 15.05.2024)
12. Насосне обладнання PumpSelect: <https://pumpselect.com.ua/uk/> (дата звернення 01.06.2024)
13. Flygt hydro turbines, URL: https://www.xylem.com/siteassets/brand/flygt/resources/technical-brochure/xyl0093_hydroturbine_bro_a4_170619.pdf (дата звернення 01.06.2024)
14. НАЛЕЖНА РОБОТА СЛУЖБИ ОХОРОНИ ПРАЦІ НА ГІДРОЕЛЕКТРОСТАНЦІЯХ – ЗАПОРУКА ЗБЕРЕЖЕННЯ ЗДОРОВ'Я СПІВРОБІТНИКІВ. URL: https://uhe.gov.ua/media_tsentr/novyny/nalezhna-robota-sluzhby-okhorony-pratsi-na-hidroelektrostantsiyakh-zaporuka (дата звернення 15.06.2024)
15. Про затвердження Правил охорони праці під час експлуатації вантажопідіймальних кранів, підіймальних пристроїв і відповідного обладнання. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0244-18#Text> (дата звернення 15.06.2024)

					141.0112.010.БР	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

16. Радомишль. Місто з глибини віків. URL: https://radomyshl.blogspot.com/2014/10/blog-post_9.html (дата звернення 15.06.2024)
17. ГКД 34.12.102-95 "Навчання, інструктаж і перевірка знань працівників підприємств, установ і організацій Міністерства України з питань охорони праці та експлуатації обладнання. Положення". URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=5907 (дата звернення 15.06.2024)
18. ЯК ПРАЦЮЄ СЛУЖБА ОХОРОНИ ПРАЦІ НА ФІЛІЇ «КАСКАД КИЇВСЬКИХ ГЕС І ГАЕС». URL: https://uhe.gov.ua/media_tsentr/novyny/yak-pracyue-sluzhba-okhoroni-praci-na-filii-kaskad-kiivskikh-ges-i-gaes (дата звернення 15.06.2024)
19. Як подбати про безпечну працю під час воєнного стану. URL: <https://oppb.com.ua/articles/yak-podbaty-pro-bezpechnu-pratsyu-pid-chas-voyennogo-stanu> (дата звернення 15.06.2024)

					141.0112.010.БР	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

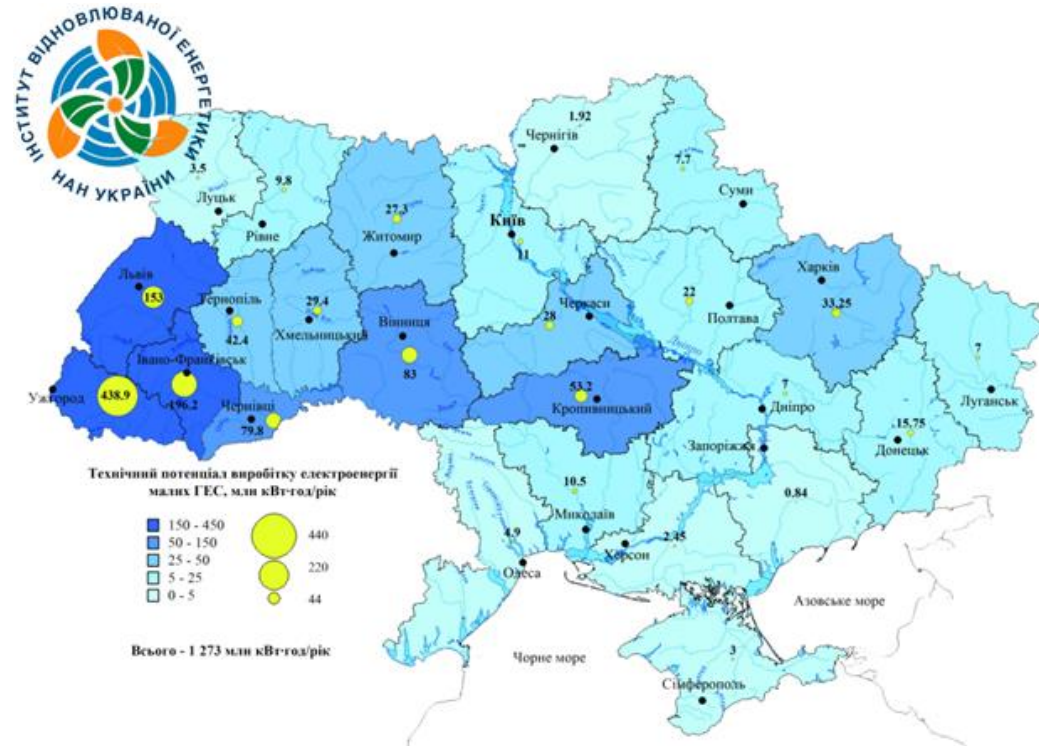
ДОДАТОК А

Ординати кривої забезпеченості Крицьго-Менкеля трипараметричного
гамма-розподілу в модульних коефіцієнтах (кр)

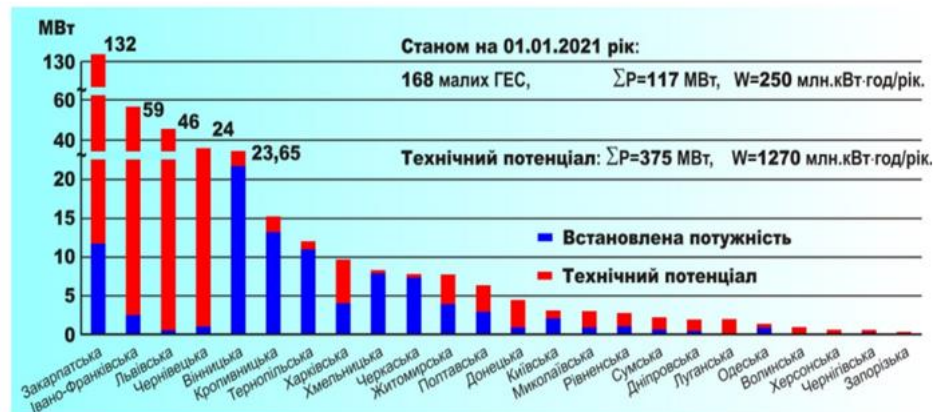
C_s/C_v-2

$p \%$	Коефіцієнт варіації, C_v									
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
0,01	1,42	1,92	2,52	3,20	3,98	4,85	5,81	6,85	7,98	9,21
0,1	1,34	1,73	2,19	2,70	3,27	3,87	4,56	5,30	6,08	6,91
0,3	1,30	1,64	2,02	2,45	2,91	3,42	3,96	4,55	5,16	5,81
0,5	1,28	1,59	1,94	2,32	2,74	3,20	3,68	4,19	4,74	5,30
1,0	1,25	1,52	1,82	2,16	2,51	2,89	3,29	3,71	4,15	4,60
3	1,20	1,41	1,64	1,87	2,13	2,39	2,66	2,94	3,21	3,51
5	1,17	1,35	1,54	1,74	1,94	2,15	2,36	2,57	2,78	3,00
10	1,13	1,26	1,40	1,54	1,67	1,80	1,94	2,06	2,19	2,30
20	1,08	1,16	1,24	1,31	1,38	1,44	1,50	1,54	1,58	1,61
25	1,06	1,13	1,18	1,23	1,28	1,31	1,34	1,37	1,38	1,39
30	1,05	1,09	1,13	1,16	1,19	1,21	1,22	1,22	1,22	1,20
40	1,02	1,04	1,05	1,05	1,04	1,03	1,01	0,984	0,955	0,916
50	0,997	0,986	0,970	0,948	0,918	0,886	0,846	0,800	0,748	0,693
60	0,972	0,938	0,898	0,852	0,803	0,748	0,692	0,632	0,568	0,511
70	0,945	0,886	0,823	0,760	0,691	0,622	0,552	0,488	0,424	0,357
75	0,931	0,858	0,784	0,708	0,634	0,556	0,489	0,416	0,352	0,288
80	0,915	0,830	0,745	0,656	0,574	0,496	0,419	0,352	0,280	0,223
90	0,873	0,754	0,640	0,532	0,436	0,352	0,272	0,208	0,154	0,105
95	0,842	0,696	0,565	0,448	0,342	0,256	0,181	0,120	0,082	0,051
97	0,821	0,660	0,517	0,392	0,288	0,202	0,139	0,088	0,046	0,030
99	0,782	0,594	0,436	0,304	0,206	0,130	0,076	0,040	0,019	0,010
99,5	0,761	0,560	0,394	0,269	0,166	0,099	0,054	0,027	0,012	0,005
99,7	0,748	0,537	0,374	0,240	0,144	0,082	0,042	0,019	0,008	0,003
99,9	0,719	0,492	0,319	0,192	0,107	0,052	0,027	0,008	0,004	0,001

Технічний потенціал виробітку електроенергії малих ГЕС, млн. кВт·год/рік

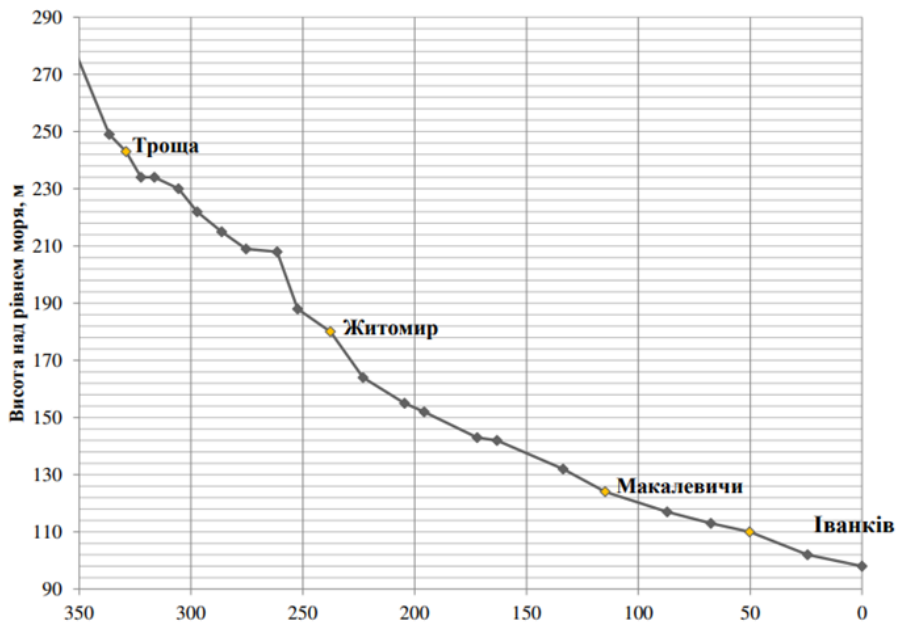


Розподіл технічного і природного потенціалу річок по областях станом на 2021 р.

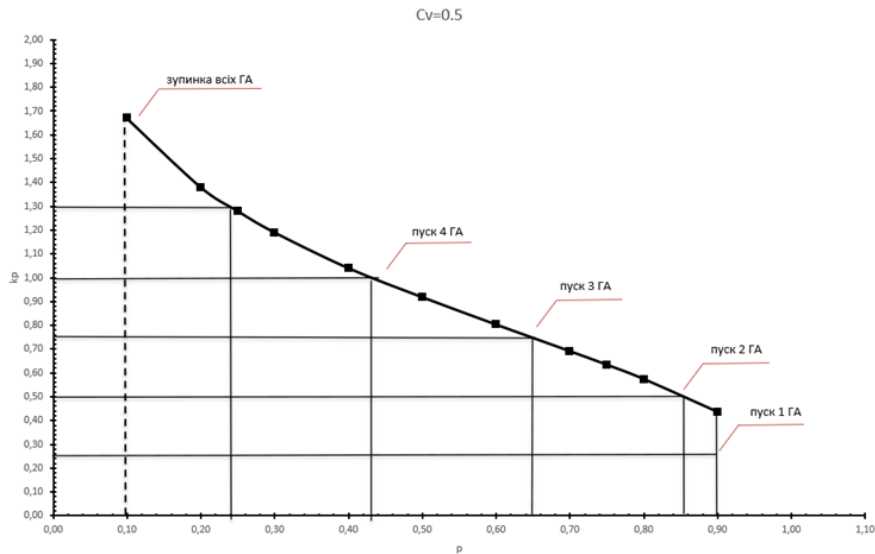


					141.0112.010.БП		
					Графічна частина		
№	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			
Розробив	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Лист 56		
Перевірив	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			
Т.юнк.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Листів 60		
Н.Контр.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			
Затвердив	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», ФЕА, ЕД-01		
Затвердив	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			

Довжина річки Тетерів від витoku до гирла, км



Діаграма стоку води річки малою ГЕС в складі 4-х гідроагрегатів

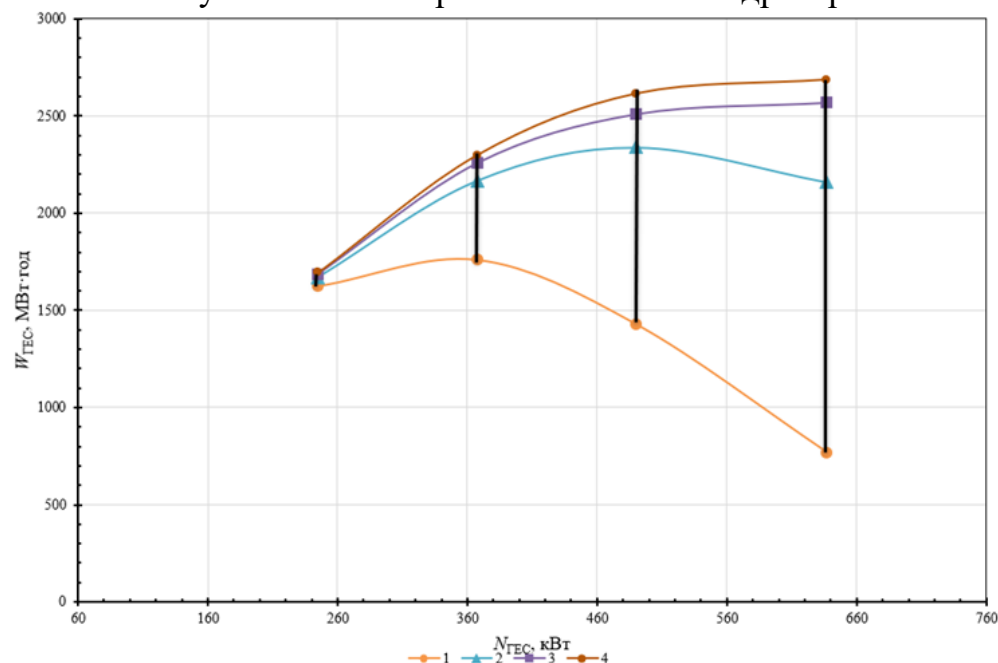


						141.0112.010.БП			
Ім'я	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Графічна частина				Лист
Розробив		Макаревич О.О.							Маса
Перевірив		Павлич С.Т.							
Т.контр.									
Н.контр.		Головко В.М.			НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», ФЕА, ЕД-01				Листів 60
Затвердив		Будько В.І.							

Річний обсяг виробництва електроенергії ГЕС

Кількість гідроагрегатів		W _{ГЕС} МВт·год/рік				N _{ГЕС} кВт			
		k				k			
		0,50	0,75	1,00	1,30	0,50	0,75	1,00	1,30
1	ГЕС	1624,67	1760,96	1429,37	770,06	245,00	367,50	490,00	637,00
2	ГЕС	170,82	2168,20	2339,36	2159,51	245,00	367,50	490,00	637,00
	1	858,48	1287,72	1624,67	1774,48	122,50	183,75	245,00	318,50
3	ГЕС	186,20	2257,80	2509,62	2568,72	245,00	367,50	490,00	637,00
	1	572,32	858,48	1144,64	1488,03	81,67	122,50	163,33	212,33
4	ГЕС	193,89	2298,58	2615,14	2686,83	245,00	367,50	490,00	637,00
	1	429,24	643,86	858,48	1116,02	61,25	91,88	122,50	159,25
5	ГЕС	193,89	2298,58	2615,14	2686,83	245,00	367,50	490,00	637,00
	1	429,24	643,86	858,48	1116,02	61,25	91,88	122,50	159,25
6	ГЕС	193,89	2298,58	2615,14	2686,83	245,00	367,50	490,00	637,00
	1	429,24	643,86	858,48	1116,02	61,25	91,88	122,50	159,25
7	ГЕС	193,89	2298,58	2615,14	2686,83	245,00	367,50	490,00	637,00
	1	429,24	643,86	858,48	1116,02	61,25	91,88	122,50	159,25
8	ГЕС	193,89	2298,58	2615,14	2686,83	245,00	367,50	490,00	637,00
	1	429,24	643,86	858,48	1116,02	61,25	91,88	122,50	159,25

Залежність річного виробітку електроенергії від потужності ГЕС з різною кількістю гідроагрегатів



Річна тривалість роботи ГЕС і число годин КВВП

k	Кількість гідро- агрегатів	Тривалість роботи, год/рік					КВВП станції
		Гідроагрегати				ГЕС	
		1й	2й	3й	4й		
0,5	1	6631,32	-	-	-	6631,32	6631,32
	2	7008	6631,32	-	-	7008	6819,66
	3	7008	7008	6631,32	-	7008	6882,44
	4	7008	7008	7008	6631,32	7008	6913,83
0,75	1	4791,72	-	-	-	4791,72	4791,72
	2	7008	4791,72	-	-	7008	5899,86
	3	7008	6631,32	4791,72	-	7008	6143,68
	4	7008	7008,00	6210,84	4791,72	7008	6254,64
1	1	2917,08	-	-	-	2917,08	2917,08
	2	6631,32	2917,08	-	-	6631,32	4774,20
	3	7008	5439,96	2917,08	-	7008	5121,68
	4	7008	6631,32	4791,72	2917,08	7008	5337,03
1,3	1	1208,88	-	-	-	1208,88	1208,88
	2	5571,36	1208,88	-	-	5571,36	3390,12
	3	7008	3880,68	1208,88	-	7008	4032,52
	4	7008	5571,36	3083,52	1208,88	7008	4217,94

					141.0112.010.БП				
					Графічна частина				
Из	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		Лит.	Маса		
Розробив	Макаренко О. О.								
Перевірив	Павлич С. Т.								
Т.контр.						Лист 58	Листів 60		
Н.Контр.	Головко В.М.				НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», ФЕА				
Затвердив	Будько В.І.				ФЛ-01				

Гістограма співвідношення виробітку МГЕС з різною кількістю гідроагрегатів

W_{гес},
МВт*год/рік

3 000,00

2 500,00

2 000,00

1 500,00

1 000,00

500,00

-

1

2

3

4

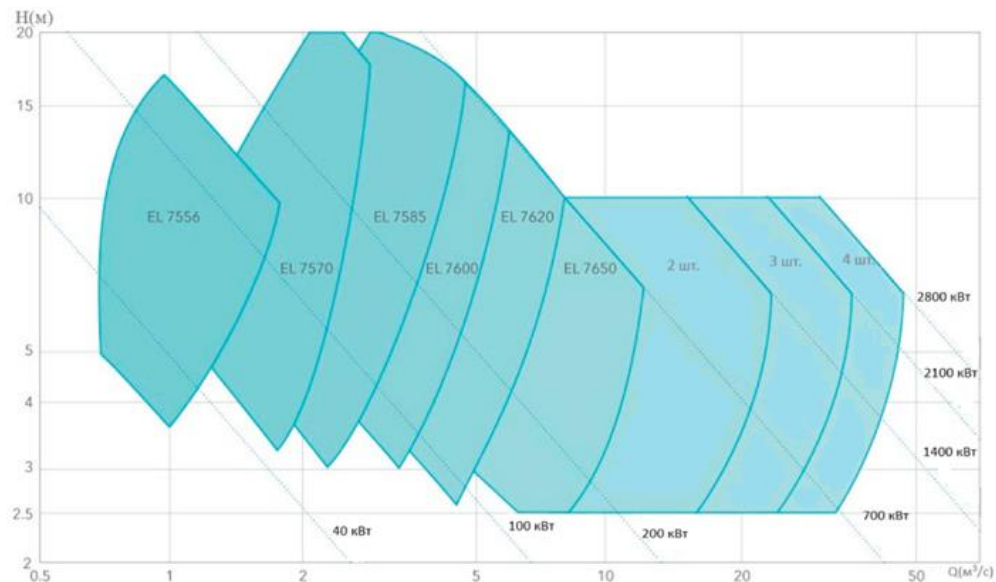
■ ГА №1

■ ГА №2

■ ГА №3

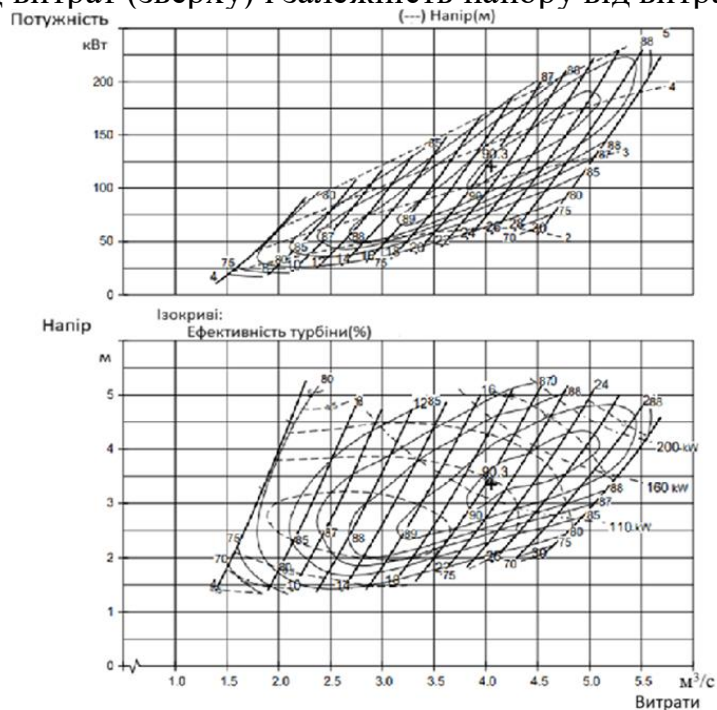
■ ГА №4

Поля характеристик гідротурбін Flygt

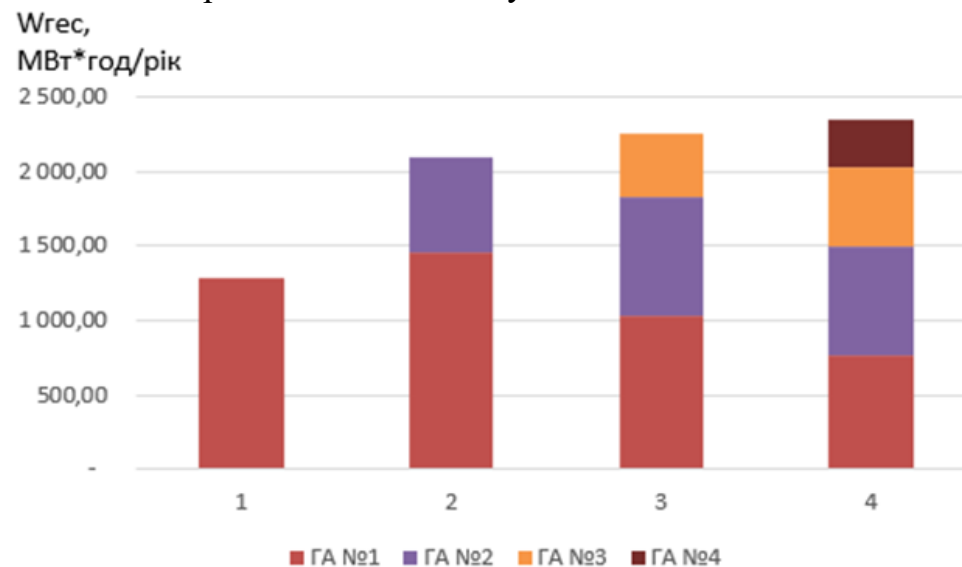


						141.0112.010.БП			
						Графічна частина	Лист	Маса	
Из	Лист	№ докум.	Підпис	Дата					
Розробив		Макарович О.О.							
Перевірив		Павлич С.Т.							
Т.конгр.							Лист 59	Листів 60	
Н.Контр.		Головко В.М.					НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», ФЕА,		
Затвердив		Будило В.І.					ЕД-01		

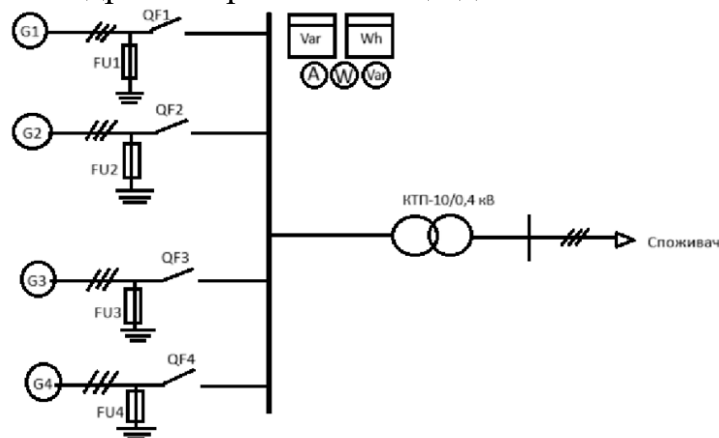
Характеристики гідротурбіни EL 7620: залежність потужності від витрат (зверху) і залежність напору від витрат (знизу)



Гістограма співвідношення виробітку МГЕС з різною кількістю ГА при номінальній потужності ГА 110 кВт



Електрична схема приєднання малої гідроелектричної станції до споживача



						141.0112.010.БП			
						Графічна частина	Лист	Маса	
Ил.	Лист	№ доум.	Підпис	Дата					
Розробив		Макаревич О.О.							
Перевірив		Павлич С.Т.							
Т.контр.							Лист 60	Листів 60	
Н.Контр.		Головко В.М.					НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», ФЕА,		
Затвердив		Будило В.І.					ЕД-01		