

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
КАФЕДРА ТЕПЛОЕНЕРГЕТИКИ ТА ГІДРОЕНЕРГЕТИКИ

Кваліфікаційна робота
другий магістерський
(рівень вищої освіти)

на тему Аналіз можливостей використання берегової безгребельної ГЕС на річці Дністер

Виконав: студент 2 курсу, групи 8.1459
спеціальності гідроенергетика
(код і назва спеціальності)
освітньої програми гідроенергетика
(код і назва освітньої програми)
спеціалізації

(код і назва спеціалізації)

(ініціали та прізвище)
Керівник доцент, к.т.н. Осаул О.І.
(посада, ім'я, прізвище, науковий ступінь, підпис, ініціали та прізвище)
Рецензент професор, д.т.н. Банах В.А.
(посада, ім'я, прізвище, науковий ступінь, підпис, ініціали та прізвище)

Запоріжжя
2020

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Кафедра теплоенергетики та гідроенергетики
 Рівень вищої освіти другий магістерський
 Спеціальність 145 Гідроенергетика
(код та назва)
 Освітня програма Гідроенергетика
(код та назва)
 Спеціалізація _____
(код та назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри _____

« 14 » травня 2020 року

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ (СТУДЕНТЦІ)

Глеба Юлія Володимирівна

(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи (проекту) Аналіз можливостей використання берегової безгребельної ГЕС на річці Дністер

керівник роботи Осаул Олександр Іванович, к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ЗНУ від «25 » травня _____ 2020 року №601-с

2 Строк подання студентом роботи 15.12.2020

3 Вихідні дані до роботи H - 2,0 м Q - 20 м³/с, Dкрп 2 м, стурб = 1,2 м

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) екологічні аспекти при будівництві безгреб. бер ГЕС розрахунок потенціалу, потужності, аналіз тиску в ст. р. Дністер

5 Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

географічне розташування міста


6 Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Осаул О.І	02.09.20	02.09.20
2	Осаул О.І	02.10.20	02.10.20
3	Осаул О.І	22.11.20	22.11.20


7 Дата видачі завдання 02.09.2020

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Сбір даних - для аналізу енергетичного потенціалу на території України	05.09.20 – 02.10.20	
2	Розрахунок потенційної потужності електростанції	09.09.20 – 16.09.20	
3	Аналітичний збір інформації про без гребельні берегові ГЕС та р Дністер	18.09.20 – 21.09.20	
4	Оформлення та перевірка роботи згідно ДСТУ.	23.10.20 – 23.11.20	
5	Підготовка до захисту кваліфікаційної роботи.	23.11.20 – 05.12.20	

Студент  Глеба Ю.В.
(підпис) (ініціали та прізвище)Керівник роботи (проекту)  Осаул О.І.
(підпис) (ініціали та прізвище)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер  Каюков Ю.М.
(підпис) (ініціали та прізвище)

АНОТАЦІЯ

Глеба Ю.В. Аналіз можливостей використання безгребельної берегової ГЕС на річці Дністер.

Кваліфікаційна випускна робота для здобуття ступеня вищої освіти магістра за спеціальністю 145 - Гідроенергетика ,науковий керівник к.т.н доц. Осаул О.І. Інженерний навчально-науковий інститут Запорізького Національного університету,кафедра теплоенергетики та гідроенергетики, 2020.

Використання можливостей безгребельної берегової ГЕС на річці Дністер є метою дипломної роботи. В ході виконання роботи та опрацьованого матеріалу було проведено аналіз гідропотенціала річки Дністер збору інформації.

На основі існуючих даних виконані розрахунки потужності ГЕС та підібрані матеріали для використання моделі безгребельної ГЕС на річці Дністер поблизу м . Заліщики.

Ключові слова: гідроелектростанція, гідропотенціал, аналіз,гідротурбіна.

ABSTRACT

Gleba Yu. V. Analysis of possibilities of using the damless shore hydroelectric power station on the Dniester river.

Qualification final work for obtaining a master's degree in the specialty 145 - Hydropower, supervisor Ph.D. Osaul OI Engineering Institute of Zaporizhia National University, Department of Termal power engineering and Hydropower, 2020.

The use of the opportunities of the damless shore hydroelectric power station on the Dniester River is the purpose of the thesis. In the course of the work and the processed material, the analysis of the hydro potential of the Dniester River and the collection of information were carried out.

Based on the existing data, calculations of HPP capacity were performed and materials were selected for the use of the model of the damless HPP on the Dniester River near the city of Remains.

Key words: hydroelectric power plant, hydro potential, analysis, hydro turbine.

АННОТАЦИЯ

Глеба Ю.В. Анализ возможностей использования безгребельной береговой ГЭС на реке Днестр.

Квалификационная выпускная работа для получения степени высшего образования магистра по специальности 145 - Гидроэнергетика, научный руководитель к.т.н. доц. Есаул А.И. Инженерный навчально-науковий институт Запорожского Национального университета, кафедра теплоэнергетики и гидроэнергетики, 2020.

Использование возможностей безгребельной береговой ГЭС на реке Днестр является целью дипломной работы. В ходе выполнения работы и обработанного материала был проведен анализ гидропотенциала реки Днестр и сбора информации.

На основе существующих данных выполнены расчеты мощности ГЭС и подобраны материалы для использования модели безгребельной ГЭС на реке Днестр вблизи г. Залещики.

Ключевые слова: гидроэлектростанция, гидропотенциал, анализ, гидротурбина.

ЗМІСТ

ВСТУП	8
1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ГІДРОЕНЕРГЕТИЧНИХ РЕСУРСІВ В УКРАЇНІ	10
1.1 Аналітичний огляд енергетичного потенціалу в Україні	10
1.2 Аналітичний огляд малої енергетики в Україні	16
1.3 Гідротурбіни для малих ГЕС	22
2 АНАЛІТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ МІСЦЕВОСТІ ТА МОЖЛИВЕ ЗАСТОСУВАННЯ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ НА РІЧЦІ ДНІСТЕР	32
2.1 Ріки Українських Карпат	32
2.2 Аналітичний огляд річки Дністер	35
2.3 Дністровське водосховище	39
2.4 Аналітичний огляд безгребельних берегових ГЕС	40
2.5 Екологічні аспекти розвитку гідроенергетики	46

	7
2.6 Розрахунок потенційної потужності станції	57
3 ОХОРОНА ПРАЦІ	64
3.1 Електробезпека	64
3.2 Перша медична допомога при ураженні електричним струмом	67
3.3 Пожежна безпека	68
3.4 Санітарні норми на підприємстві	69
3.5 План ліквідації аварійних ситуацій	70
ВИСНОВКИ	72
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ	73

ВСТУП

Актуальність теми. Гідроенергетика є найбільш технологічно освоєним способом виробництва електроенергії, який широко використовується у світі і є гарантованим енергоресурсом. У той же час енергетична галузь потребує реалізації комплексних заходів спрямованих на забезпечення, використання новітніх технологій, підвищення безпеки експлуатації, мінімізації можливого негативного впливу на навколишнє середовище при забезпеченні високого рівня ефективності екологічності виробництва електроенергії. Тому дана тема є актуальною у сучасному світі.

Об'єкт дослідження – гідроенергетичні ресурси України, берегові та безгребельні електростанції, особливості переваг та недоліків.

Предмет дослідження – збір та аналіз інформації для подальшої роботи над проектною частиною безгребельної берегової ГЕС на річці Дністер.

Мета роботи – аналіз гідропотенціалу малих річок України та визначення доцільності встановлення міні ГЕС для енергозабезпечення місцевості.

Задачі дослідження – Для досягнення поставленої мети були поставлені наступні задачі:

- аналіз літературних джерел за тематикою досліджень;
- аналіз переваг і недоліків використання берегових та безгребельних ЕС;
- аналіз дослідження місцевості для майбутнього проектування ЕС;

Методи та засоби дослідження – У дипломній роботі були задіяні методи для пошуку та обробки інформації. Аналізуючи данні, вважати дану роботу, за початковий проект для подальшого використання.

Апробація роботи. Положення роботи викладені на XXIV та XXV студентській науково-технічній конференції студентів, магістрів, аспірантів і викладачів Інженерного навчально-наукового інституту Запорізького національного університету.

Структура та обсяг роботи. Магістерська робота включає вступ, три розділи, малюнок, таблиці, висновки та перелік джерел посилань. Загальний обсяг складає сторінок 79

1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ГІДРОЕНЕРГЕТИЧНИХ РЕСУРСІВ В УКРАЇНІ

1.1 Аналітичний огляд енергетичного потенціалу енергетики в Україні

Малі гідроелектричні станції (МГЕС) на сьогоднішній день є одними з екологічно чистих джерел енергії, що виробляють недорогу електроенергію. Енергетичний потенціал малих річок в Україні становить близько 12,5 млрд. кВт. год., що складає близько 28% загального гідропотенціалу всіх річок України. Первинним джерелом енергії для малої гідроенергетики є гідропотенціал малих річок [5].

Згідно з міжнародною класифікацією за нормативом ООН, до малих гідроелектростанцій (МГЕС) відносять гідроелектростанції потужністю від 1 до 10 МВт, до міні ГЕС - від 100 до 1 000 кВт, до мікро ГЕС - не більше 100 кВт. В Україні до мікро ГЕС відносять гідроелектростанції потужністю менше 200 кВт. складає 8100 млрд. кВт. год. в якому на частку малих ГЕС (МГЕС) припадає 10% [5]. Через постійно зростаючі ціни на енергоносії вартість електроенергії на традиційних електростанціях постійно підвищується. Використання енергії води, в тому числі гідроенергетичного потенціалу малих річок (див. таб. 1.1) сприятиме децентралізації об'єднаної енергетичної системи (ОЕС) і поліпшенню енергопостачання віддалених і важкодоступних районів сільської місцевості [5].

Таблиця 1.1 – Розподіл показників (% ,кВт) загального гідротехнічного потенціалу річок основних суббасейнів, басейну р. Дністер (у межах Українських Карпат) [4].

Басейн суббасейн	Езаг,кВт	Езаг,МВт	Езаг,за рік тис.кВт.год	%від ЗГП річок басейн
р.Дністер	226675	227	1985673	27,6
Стрв'яж	6105	6	53480	0,74
Бистриця(верхня)	9462	9	82887	1,15
Стрий	203952	204	1786620	24,8
Свіча	86797	87	760342	10,6
Сивка	6769	7	59296	0,82
Лімниця	125556	126	1099871	15,3
Луква	7798	8	68310	0,95
Бистриця	136286	136	1193865	16,6
Потенціал річок суббасейнів	582724	583	5104662	71,0
Потенціал річок суббасейнів та р. Дністер	809400	809	7090344	98,0

Гідроенергетика важлива не тільки з точки зору виробництва електричної енергії, але й цілим комплексом додаткових функції, які забезпечують сталість функціонування енергетичної системи (див. рис. 1.1) та економіки України.

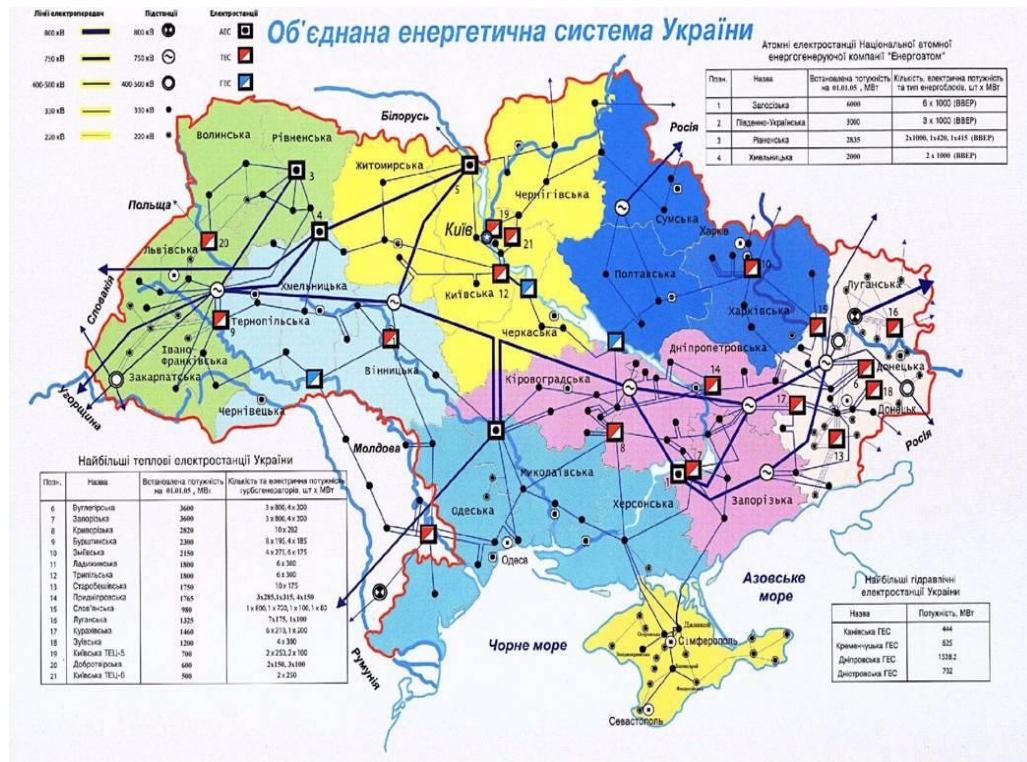


Рисунок 1.1 - Об'єднана енергетична система України.

Гідроенергетика є найбільш технологічно освоєним способом виробництва електроенергії, який широко використовується у світі та є гарантованим енергоресурсом. На сьогодні, гідроелектростанції експлуатуються у 159 країнах та забезпечують виробництво 16,3 % всієї виробленої у світі електроенергії, забезпечує найбільш ефективний процес отримання електроенергії, при низьких експлуатаційних затратах та тривалому терміні експлуатації.

У той же час енергетична галузь потребує реалізації комплексу заходів спрямованих на забезпечення використання новітніх технологій, підвищення безпеки експлуатації, мінімізації можливого негативного впливу на навколишнє середовище при забезпеченні високого рівня ефективності та екологічності виробництва електроенергії.

Потребує удосконалення система державного управління галуззю, передусім з точки зору удосконалення цінової та тарифної політики, з метою підвищення інвестиційної привабливості галузі. У зв'язку з цим важливу роль на даний час починає відігравати саме гідроенергетика, яка виступає

головним джерелом [4] високомобільного резерву. Однак, сьогодні у балансі потужностей ОЕС України потужність ГЕС складає біля 10 %, проти 16 % оптимальних. Для розв'язання цієї проблеми необхідно особливу увагу приділяти використанню потенціалу малих річок України. Незбалансована структура генеруючих потужностей в ОЕС України, зі значним переважанням базових потужностей (АЕС), відсутність маневруючих станцій, викликає великі труднощі в регулюванні добового графіка навантаження, нічних провалів енергоспоживання, забезпеченні аварійних і частотних резервів, призводить до зниження стійкості та надійності роботи ОЕС України в цілому [5].

Поряд із пріоритетами розвитку гідропотенціалу України, слід наголосити на відносній перевазі галузі, а саме її самодостатності. Україна має достатній науково-технічний потенціал і значний досвід в галузі дослідження гідроенергетичного потенціалу, проектування гідроелектростанцій, розробки конструкцій та виробництва гідротурбінного та електроенергетичного обладнання, вирішення водогосподарських та екологічних проблем при будівництві й експлуатації гідроелектростанцій.

Продуманий розвиток гідроенергетики має довгострокові економічні переваги ,перш за все з позиції можливості її диверсифікації, більш ефективного і багатоцільового використання гідроенергетичного потенціалу не тільки великих й малих річок. Даний напрямок прискорено формується в розвинених країнах та країнах ,що розвиваються , особливо в сільській місцевості, в районах віддалених від енергосистем [4].

Сучасні дослідження у галузі гідроенергетики свідчать, що гідроенергетикуне можна вважати цілком відновлювальним (альтернативним) джерелом енергії, як, наприклад, енергію вітру, сонця чи біомаси, оскільки справжню силу вода генерує у природних річках з природним руслом. Встановлення каскаду малих ГЕС фрагментує річку, каналізує її, перешкоджаючи природному її плину. Створення водосховищ на

гірських річках повністю змінює характер течії, завдяки, чому змінюється і їх гідрологічний потенціал (див. таб. 1.2).

Таблиця 1.2 – Гідроенергетичний потенціал малих ГЕС України.

Області	Гідроенергетичний потенціал		
	Загальний потенціал	Технічний потенціал	Доцільно-економічний потенціал
Вінницька	360	238	108
Волинська	115	76	35
Дніпропетровська	101	67	30
Донецька	189	125	57
Житомирська	336	222	101
Закарпатська	4532	2991	1357
Запорізька	51	33	15
Івано-Франківська	399	263	120
Київська	200	132	60
Кіровоградська	170	112	51
Луганська	436	288	131
Львівська	1814	1197	544
Миколаївська	157	104	47
Одеська	38	25	11
Полтавська	396	261	119
Рівненська	304	201	91
Сумська	298	197	89
Тернопільська	427	282	128
Харківська	268	177	80
Херсонська	2	2	1

Хмельницька	304	200	91
Черкаська	331	219	99
Чернівецька	884	583	265
Чернігівська	178	118	54
Всього	12290	8113	3684

Проведений аналіз енергетичного потенціалу енергії малих річок України та функціонування малих ГЕС на території України показує, що в Україні є значний потенціал розвитку цього виду відновлювальних джерел енергії.

Гідротехнічний потенціал характеризує ту частину водної енергії, яку можна використати технічно і враховує всі втрати, пов'язані з виробництвом електроенергії.

Економічний потенціал малих ГЕС доцільно розглядати як частину енергії загального потенціалу ВДЕ, використання якої є доцільним з урахуванням економічних, політичних, суспільних та інших чинників.

Найбільший потенціал малих річок (близько 61 %) мають Закарпатська, Львівська, Івано-Франківська та Чернівецька області, а використовують лише 0,6 % потенціалу.

Разом з тим, 59 % кількості станцій розташовано у Вінницькій, Черкаській, Хмельницькій, Тернопільській та Житомирській областях, потенціал який становить близько 14%.

Запроваджений «Зелений» тариф і наявність вже існуючої інфраструктури забезпечують інтерес інвесторів до даного сегменту ринку (див. рис 1.2).

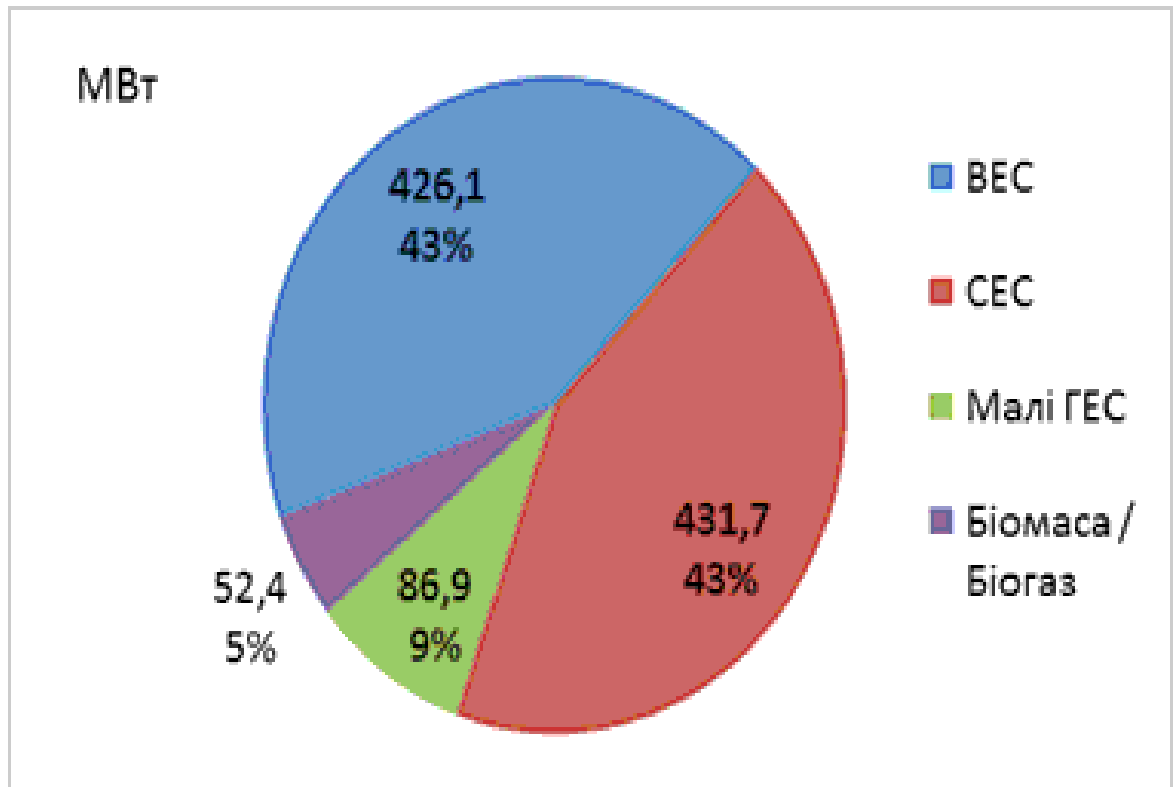


Рисунок 1.2 – Встановлена потужність виробників електричної енергії з ВДЕ за «зеленим тарифом» у 2015р.

«Зелений тариф для підприємств які експлуатують МГЕС встановлюється на рівні роздрібного тарифу для споживачів, що застосовується для пікового періоду часу[6].

Загальний гідроенергетичний потенціал України складає понад 44 млрд. кВт. год. (в тому числі МГЕС – приблизно 3,0 млрд. кВт. год.). На сьогодні економічно ефективний потенціал становить близько 17,5 млрд. кВт. год., з них вже використовується близько 11 млрд. кВт. год. (більше 60%) [1].

1.2 Аналітичний огляд розвитку малої енергетики в Україні

Масовий розвиток малої гідроенергетики почався у 20-30 роки. У 1924 р вже експлуатовалось 84 МГЕС, а 1929 їх кількість збільшилась до 150, сумарна потужність яких 8400 кВт. З розвитком гідро енергобудівництва, зростання централізації енергопостачання з низькими цінами на електрику та паливо у підприємств, в яких на балансі знаходилися МГЕС цікавість до них зникла і розпочалася їх консервація та стихійний демонтаж. Сотні МГЕС були закинутими і поступово руйнувались, греблі зруйновані і знаходились в аварійному стані.

На кінець 1980-х років всього було 49 станцій і до 1995 малою енергетикою ніхто не опікувався. Наступні 4 роки було виконано обстеження технічного стану обладнання та споруд. Висновки обстеження показали, що на території України збереглося 150 МГЕС які розділились на дві групи: 49 діючих та 101 недіюча. Характеристика технічного стану діючих МГЕС на час обстеження становила повністю відпрацьоване обладнання. Більшу кількість ГЕС які належали не енергетичним організаціям були законсервованими та списаними і знаходилися в зруйнованому стані.

Процес реконструкції малих ГЕС без використання бюджетних коштів почався з 2000 року. В цей період були реконструйовані та відновлені: Остапівська (375 кВт), Лисянська (200 кВт) та інші малі ГЕС [4].

Ревізійне обстеження стану малих ГЕС потужністю більше 100 кВт почалося з 2005 року. У квітні 2009 р. було прийнято закон Про внесення змін до закону України «Про електроенергетику». Основною метою цього закону було використання альтернативних джерел енергії і визначено, що розмір «зеленого» тарифу буде встановлюватися для кожного об'єкта господарської діяльності окремо. У 2015 році Асоціацією «Укргідроенерго» проведено узагальнення інформації щодо поточного стану малих гідроенергетичних об'єктів результати якого приведені у таблиці 1.3 [4].

Таблиця 1.3 – Інформація про стан малої гідроенергетики України на 2015 р

Об'єкт	Діючі малі ГЕС			Не діючі малі ГЕС		
	Кількість, одиниць	Потужність МВт	Середньо річне виробництво електроенергії млн.кВт.год.	Кількість одиниць	Орієнтовна потужність МВт	Можливе середньорічне виробництво млн.кВт.год
Вінницька	16	19,48	91,3	11	1,56	7,5
Волинська	-	-	-	-	-	-
Дніпропетровська	-	-	-	-	-	-
Донецька	-	-	-	-	-	-
Житомирська	14	2,47	9,8	28	5,90	23,4
Закарпатська	6	8,36	9,9	-	-	-
Запорізька	-	-	-	-	-	-
І-Франківська	4	2,59	5,5	13	0,90	1,8
Київська	5	2,46	5,2	9	1,07	8,5
Кіровоградська	4	12,25	40,0	8	1,0	4,0
Луганська	-	-	-	-	-	-
Миколаївська	4	12,87	46,7	-	-	-
Одеська	-	-	-	1	0,5	2,0
Полтавська	5	1,20	2,6	3	1,2	2,6
Рівненська	2	1,27	5,2	-	-	-
Сумська	3	0,79	13,3	1	0,16	1,0
Тернопільська	13	10,72	39,4	8	2,02	8,7
Харківська	1	4,50	15,0	-	-	-
Херсонська	-	-	-	-	-	-
Хмельницька	18	6,31	22,3	8	1,15	10,0
Черкаська	11	6,15	23,5	6	2,25	9,6
Чернівецька	1	1,0	9,0	2	0,38	2,3
Чернігівська	1	0,23	0,9	-	-	-

Львівська	2	0,57	2,2	7	8,0	17,0
АР Крим	4	0,15	0,5	-	-	-
Всього	114	94,20	342,2	106	26,00	98,4

Стабільне нарощування в останні роки потужностей малої гідроенергетики в Україні в першу чергу пов'язують з запровадженням зеленого тарифу. Для стимулювання розвитку МГЕС в Україні постановами НКРЕКП встановлюється щоквартально величина зеленого тарифу залежно від середнього офіційного курсу НБУ національної валюти до євро.

Так станом на рік НКРЕКП було встановлено зелений тариф суб'єктам господарювання, які виробляють електроенергію на об'єктах електроенергетики з використанням альтернативних джерел енергії.

Середньозважений тариф виробників електроенергії з використанням альтернативних джерел енергії у 2013 році становив 434,1 кп / кВт год, що майже на 52% більше порівняно з 2014 роком

Таблиця 1.4 - Середньозважений тариф виробників електроенергії в Україні

Одиниці виміру	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Коп./кВт год	93,8	137,4	276,9	267,4	286,0	434,1

Україна на період до 2030 року досягне 16 % від загальної потужності ОЕС України, що має забезпечити належний рівень маневрових та резервних потужностей. Кількість додатково виробленої електроенергії (у середньому-багаторічному обчисленні) збільшиться на 8 млрд. кВт·год. [1].

У Розвитку малої гідроенергетики України передбачено:

- оновлення і реконструкція існуючих і діючих МГЕС;

- будівництво нових малих ГЕС в районах децентралізованого енергопостачання;
- будівництво малих ГЕС в регіонах централізованого енергопостачання на наявних перепадах водосховищ та водотоків;
- нове будівництво з концентрацією напору.

МГЕС позитивно впливають на роботу енергосистеми, так як надають можливість виробляти електроенергію в пік навантажень і накопичувати воду в водосховищах з надлишком потужності в енергосистемі.

Реконструкція з продовженням строку експлуатації на 30-40 років понад 3,2 кВт потужностей гідроелектростанцій та побудова нових потужностей дозволить досягнути значного збільшення загальної потужності гідроелектростанцій ОЕС України.

Отже, встановлена потужність ГЕС та ГАЕС, відповідно до прогнозу Енергетичної стратегії України на період до 2030 року досягне 16 % від загальної потужності ОЕС України, що зумовить забезпечити достатній рівень маневрових та резервних потужностей. Обсяг додатково виробленої електроенергії (у середньо-багаторічному обчисленні) збільшиться на 8 млрд. кВт.год. [1].

У світі одним з видів відновлювальної енергетики вважають отримання енергії з малих гідроелектростанцій. Європейці активно розвивають даний вид генерації, так як це відносно дешевий спосіб отримати чисту енергію та її можна використовувати для балансування інших потужностей [4].

Державою наразі реалізується досить ефективна політика підтримки гідроенергетики в частині розвитку малих ГЕС, проте, для подальшого розвитку малої гідроенергетики України, не обхідно вжити таких заходів, як:

- створення галузевої програми з розвитку гідроенергетики України;
- налагодження виробництва обладнання, проектування та реалізації складних проектів;

- забезпечити високий рівень наукових досліджень та підготовку кадрів для розвитку галузі;
- забезпечення фізичного захисту об'єктів гідроенергетики від різних типів загроз;
- створення на базі гідроелектростанцій комплексних об'єктів електрогенерації;
- вирішення комплексу проблем в економічній, екологічній та соціальній сферах життєдіяльності та господарювання в сільській місцевості, в тому числі і районних центрах;
- розробка комплексних схем використання водних ресурсів на регіональному рівні при будівництві нових ГЕС; - проведення реконструкцій та заходів з продовження експлуатації об'єктів гідроенергетики;
- розробка стратегії та галузевої програми розвитку гідроенергетики до 2025 р;
- розробка карти потенціалу річок України щодо виробництва електроенергії тощо.

Виробництво електроенергії за допомогою малих ГЕС дасть змогу досягти значної економії паливно-енергетичних ресурсів, сприятиме децентралізації загальної енергетичної системи та забезпеченню енергетичної незалежності країни, що, у свою чергу, забезпечить можливість вирішення проблем як в енергопостачанні віддалених і важкодоступних районів сільської місцевості, так і в управлінні гігантськими енергетичними системами; а також сприятиме вирішенню комплексу екологічних проблем у сільській місцевості, в тому числі і районних центрах [4].

Енергетична галузь потребує реалізації комплексу заходів спрямованих на забезпечення використання новітніх технологій, підвищення безпеки експлуатації, мінімізації можливого негативного впливу на навколишнє середовище при забезпеченні високого рівня ефективності та екологічності виробництва електроенергії (див. рис.1.3).

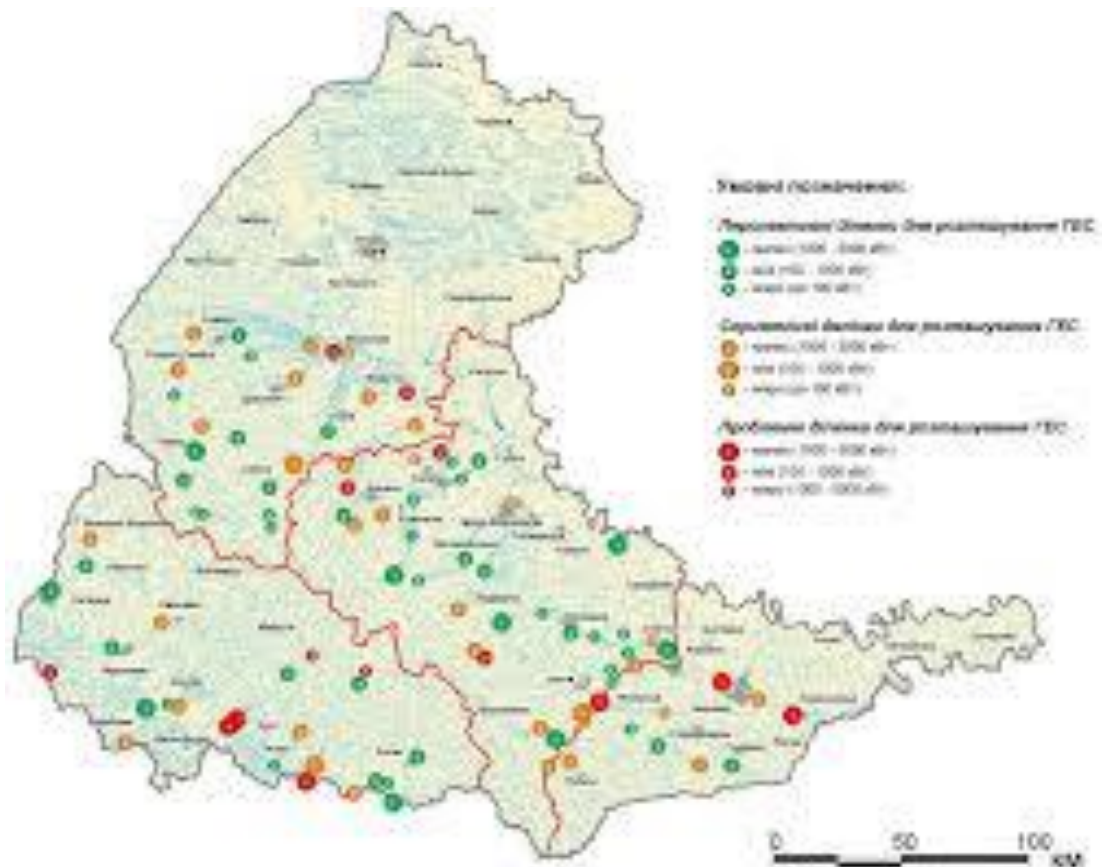


Рисунок 1.3 - Ділянки екологічно безпечного розташування малих ГЕС

Устаткування для малих ГЕС в теперішній час виробляють численні фірми багатьох країн, зокрема США, Японії, Швеції, Франції, Австрії, Чехії, Польщі, Італії та інші. Українські підприємства також володіють необхідним потенціалом виробництва устаткування для малої гідроенергетики. Так «Турбоатом» здійснює виробництво гідротурбін гідроелектричних агрегатів, Полтавський турбомеханічний завод (підйомно-механічне обладнання гідроспоруд), Ніжинський ремонтно-механічний завод (шлюзове обладнання), «Електротяжмаш» (потужні гідрогенератори), «Електронмаш» і «Хартрон» (системи управління).

Стандартизоване устаткування для малих ГЕС виробляється у широкому діапазоні параметрів потужність – від 2 кВт до 15 МВт; діаметр робочого колеса турбіни- від 190 до 3000мм частота обертання – від 50 до 2000 об/хв. Значну увагу приділяють підвищенню економічної ефективності

малих ГЕС за рахунок спрощення їх проектування, будівництва та експлуатації, типізації проектних рішень, стандартизації устаткування та повної автоматизації роботи ГЕС.

1.3 Гідротурбіни для малих ГЕС

На малих гідроелектростанціях використовують гідротурбіни в залежності від напору води:

- Ковшові та радіально-осьові застосовуються для високо напірних ГЕС.

- Поворотно-лопатеві та радіально-осьові використовуються на середньо напірних ГЕС. А на низьконапірних ГЕС застосовують турбіни поворотно-лопатєвого типу. Розглянемо їхні види окремо.

Також гідротурбіни поділяються на дві групи за принципом роботи: активні та реактивні. Робоче колесо реактивної турбіни повністю занурене в потік води, а у активної турбіни робоче колесо що працює при атмосферному тиску і приводиться в дію окремими струменями води. З активних турбін основне поширене поняття набули так звані ковшові турбіни, робоче колесо яких складається з ковшів.

Реактивні турбіни у напрямку потоку що підводиться до робочого колеса і відводиться від нього ділиться на 3 системи:

- осьові;
- радіально-осьові;
- діагональні.

Осьові турбіни бувають:

- пропелерні;
- поворотнолопасні.

У пропелерних турбін лопаті нерухомі, щодо корпусу робочого колеса, у поворотнолопасних – лопаті мають можливість щодо корпусу і ставати під різним кутом до потоку.

Діагональні гідротурбіни відображають прагнення використовувати поворотнолопатеві турбіни при більш високих напорах. Вони відрізняються від осьових турбін тим, що лопаті робочого колеса встановлені з нахилом до осі обертання кут $45 \dots 60^\circ$ (див.рис.1.4)

Лопаті робочого колеса- поворотні, що дозволяє застосовувати поворотнолопатеві турбіни в області більш високих напорів і конкурувати з радіально- осьовими завдяки можливості більш широкого регулювання з урахуванням напору й витрат, підвищенню середньо експлуатаційного К.К.Д. Однак їх надійність нижча ніж радіально-осьових турбін.

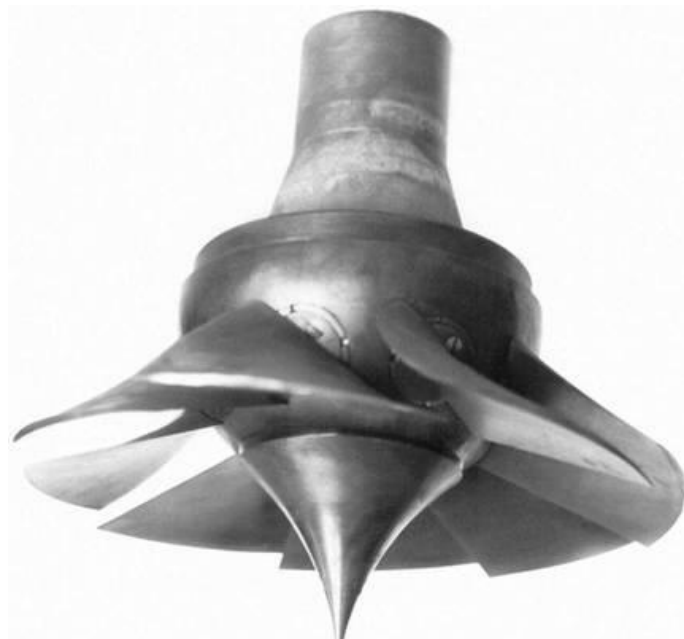


Рисунок 1.4 – Діагональна турбіна

Лопаті робочого колеса- поворотні, що дозволяє застосовувати поворотнолопатеві турбіни в області більш високих напорів і конкурувати з радіально- осьовими завдяки можливості більш широкого регулювання з урахуванням напору й витрат, підвищенню середньо експлуатаційного К.К.Д. Однак їх надійність нижча ніж радіально-осьових турбін.

Ковшоватурбіна Пельтона

Принцип роботи турбіни полягає в тому, що струмінь води який володіє значною кінетичною енергією, надходить з водоводу і впливає послідовно на ковші робочого колеса турбіни (див.рис.1.5).

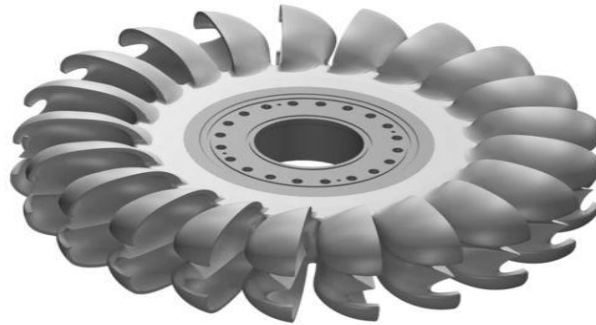


Рисунок 1.5 – Ковшова турбіна Пелтона

Ківш турбіни має виступ у вигляді ножа, який розділяє струмінь і забезпечує її розворот на 180%. При цьому створюється тиск на ківш, що приводить до обертання робочого колеса. Застосовуються такі турбіни на ГЕС при великих напорах (більше 300 м) і на малих ГЕС де турбіна має працювати при малих витратах води і напорі 100 м. Турбіна має від 12 до 40 лопатей. За положенням вала такі турбіни розділяють на дві групи горизонтальні та вертикальні. У горизонтальних використовують один або два струмені води. У вертикальних турбінах - застосовується охоплюючий спіральний водовід, що дає змогу використовувати різне число струменів. Вода до ковшових турбін підводиться по напірним водоводам.

Радіально-осьова турбіна Френсіса.

Принцип дії полягає в тому, що на робоче колесо (див.рис.1.6) вода надходить через підведення в направляючий апарат і після робочого колеса відводиться в трубу (відсмоктувальну). Підведенням турбіни є спіральна камера. Направляючий апарат розташовується по периметру робочого колеса і служить для досить плавного підведення води на лопаті робочого колеса, а також для регулювання води, що поступає в турбіну. У направляючому

апараті є лопаті, посажені на осі ,дозволяє за допомогою регулюючого кільця здійснювати поворот їх відносно осі,за допомогою важеля і тяг. По периметру направляючого апарату є ущільнення,що забезпечує мінімум об'ємних втрат при закритті лопатями живого прохідного перетину. Лопаті апарату можуть мати різну форму поверхні.Кількість лопатей в направляючому апараті 20...32 шт.

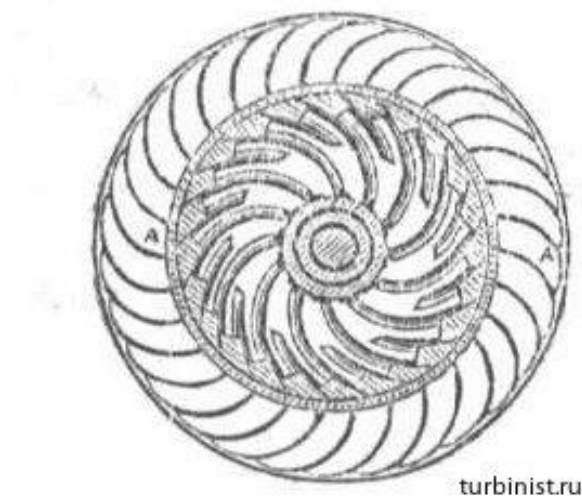


Рисунок 1.6 - Радіально- осьова турбіна Френсіса

Поворотно-лопатева турбіна Каплана

Принцип дії турбіни Каплана (див. рис.1.7) залежить від того як виготовлялися лопаті. Вони можуть бути фіксованими і поворотними.



Рисунок 1.7 – Поворотно-лопатева турбіна Каплана

В першому випадку лопаті нерухомо закріплені під обраним кутом, відповідним робочим тискам і оптимальним навантаженням генератора. Поворотні лопаті виправдано застосувати у великих турбінах при значних коливаннях напору і роботі генератора в умовах зі змінним навантаженням. За допомогою поворотних лопатей можна підтримувати незмінну частоту обертання робочого колеса і частоту вироблення напруги в генераторах. Цей тип турбіни найбільш ефективний при відносно незначному напорі від 10 до 40 м, на більш низьких напорах використовується також поворотно-лопасні турбіни, але з горизонтальним валом.

Мала гідроенергетика в Україні є одним з перспективних напрямків розвитку відновлюваної енергетики. До основних переваг використання у відновлювальній енергетиці саме енергії виробленої малими гідроелектростанціями можна віднести, зокрема такі:

- експлуатація діючих малих ГЕС дає можливість виробляти понад 400 млн. кВт. год. електроенергії за рік, що еквівалентно щорічній економії 120 тис. т дефіцитного органічного палива;
- малі ГЕС дають змогу зберегти природний ландшафт;

- відсутній негативний вплив на якість води, вона повністю зберігає природні властивості й може використовуватися для водопостачання населення;

- вироблену електроенергію на малих ГЕС можна використовувати для покриття пікового дефіциту електроенергії в енергосистемі;

- регулювання частоти, напруги та резервування потужності (див. рис 1.8) шляхом розвитку генерації на малих ГЕС забезпечує покращення якості та надійності електропостачання;

- будівництво малих ГЕС забезпечує акумулювання води для забезпечення потреб сфер економіки країни і захист прилеглих територій від паводків;

- на відміну від інших видів, основне обладнання для малих ГЕС виробляють на території України і за якістю воно не поступається аналогічній продукції виробників Європи, а також дешевше в кілька разів;

До недоліків малих ГЕС можна віднести:

- виникнення ризику підтоплення земель, проте використання комплексу природоохоронних та захисних заходів дає змогу вирішувати зазначену проблему.

Сьогодні на відновлення таких малих ГЕС необхідно значно менше зусиль як завдяки меншій кількості необхідної дозвільної документації, так і зв'язку із збереженням багатьох випадках інфраструктури (дамб тощо) [4]. Відновлення та будівництво нових станцій у регіонах відбувається не відповідно до потенціалу малих рік у цих регіонах.

Figure 1.1: Power systems of SEE in 2015*

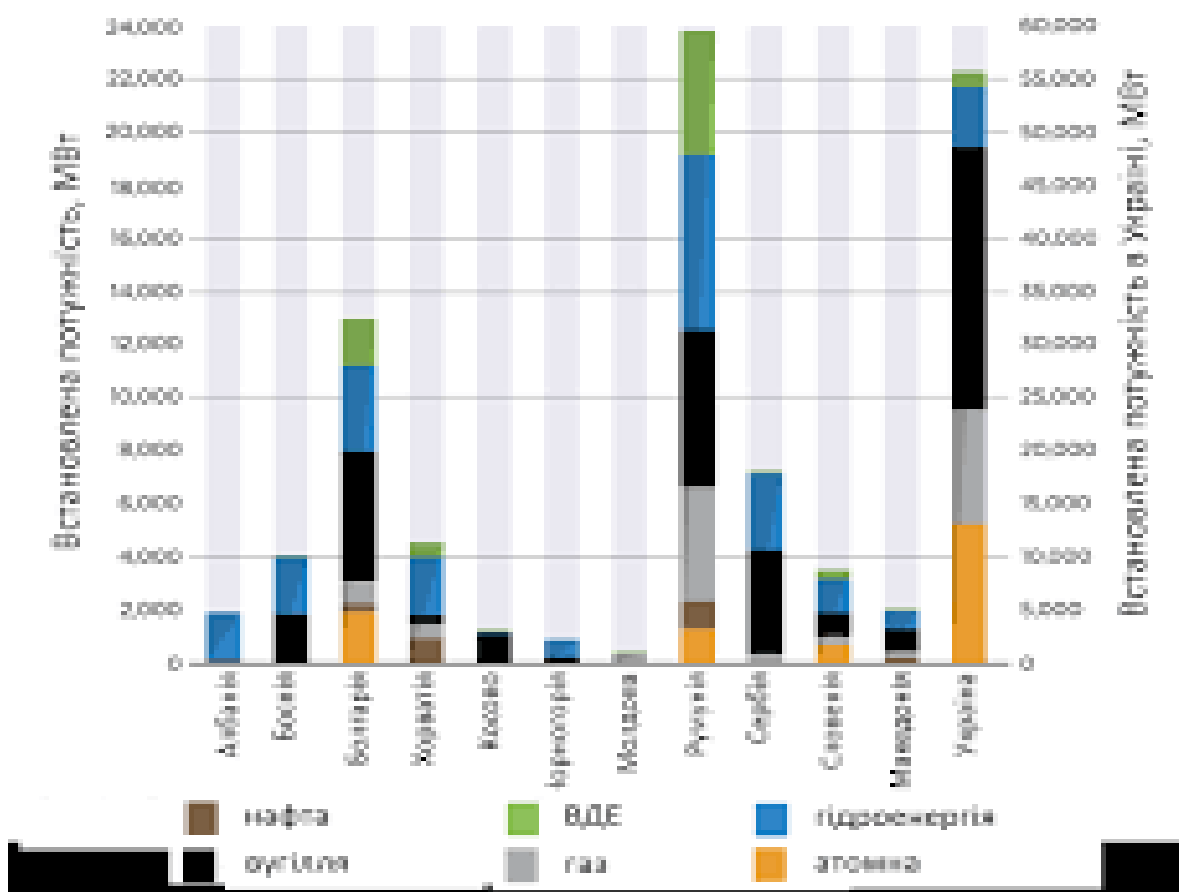


Рисунок 1.8 – Встановлена потужність в Україні в 2015р

Будівництво МГЕС має також широкі перспективи розвитку в різних регіонах світу з транскордонними річковими басейнами. Мала гідроенергетика вільна від багатьох недоліків великих ГЕС і визначна одним з найбільш економічних і екологічно безпечних способів отримання електроенергії, особливо при використанні невеликих водотоків

Розвиток малої гідроенергетики, (див. таб. 1.5) у свою чергу, крім забезпечення власними енергоресурсами, сприятиме прискоренню соціально-економічного розвитку за рахунок припливу інвестицій, створення нових робочих місць, використання водосховищ для риборозведення, рекреації і туризму.

Спорудження нових малих та середніх ГЕС, передусім у Карпатському регіоні на річках Тиса та Дністер (сумарною потужністю 1200 МВт і

виробництвом електроенергії близько 3000 млрд.кВт. год.) обумовлюється: - практичною відсутністю в Закарпатському регіоні власних виробників електроенергії (всього 5...6 %), що знижує гарантії надійного енергозабезпечення; - наявністю власних значних запасів гідроенергії, розташованих у безпосередній близькості до західних кордонів відкриває сприятливі можливості для експорту електроенергії; створює необхідність та можливість спільного вирішення енергетичних проблем і захисту від паводків, що також є завданням державної ваги і надає можливість забезпечити економію державних коштів.

Таблиця 1.5 – Основні показники розвитку малої гідроенергетики України

Кількість об'єктів електроенергії		Встановлена потужність, МВт.		Відпуск електроенергії в оптовий ринок електроенергії млн. кВт.год	
Станом на 31.12.2013	Станом на 31.03.2014	Станом на 31.12.2013	Станом на 31.03.2014	За 2013 рік	За 1 квартал 2014 року
ГЕС до 10мВт	93	95	76,5	76,9	286,0

Розвиток малої гідроенергетики в Карпатському регіоні, створює забезпечення власними енергоресурсами, а також сприятиме прискоренню соціально-економічного розвитку за рахунок припливу інвестицій, створенню нових робочих місць, використанню водосховищ для риборозведення, рекреації і туризму. Загальні першочергові величини розвитку малої гідроенергетики України, визначені на основі конкретних напрацювань, на кінець 2030 року оцінюються на рівні 1 247 МВт потужності з річним обсягом виробництва електроенергії (3,75...4,2) млрд.кВт.год./рік, що дозволить отримати економію органічного палива в обсягах, еквівалентних 1,5 млн. т. у. п./рік, або 1,3 млрд. куб. м. природного газу.

На сьогоднішній час місця влаштування МГЕС в Україні визначаються інвесторами, що незавжди обґрунтовано з екологічної точки зору. Третина із запланованих МГЕС у Закарпатті, згідно локальних та обласної схеми розташування малих гідроелектростанцій, опинилися у межах територій об'єктів природно-заповідного фонду, що суперечить Законам України «Про природно-заповідний фонд України». Лівова частка сучасних українських малих гідроелектростанцій зосереджена в центральних областях і на невеликих річках у Вінницькій, Житомирській, Черкаській, Полтавській, Київській областях.

За оцінкою фахівців (ГО «Всеукраїнська екологічна ліга»), масове будівництво малих ГЕС у гірських районах призводить до активації зсувів (див. рис. 1.9), селів та ерозійних процесів, які матимуть негативні наслідки для населених пунктів. Також застосування малих ГЕС призводить до зміни гідрологічного режиму територій, порушення прирічкових лісів, які нині захищають населення від раптових повеней під час катастрофічних погодних явищ. Крім того, погіршується якість води у річках і в цілому в регіоні, зникає більшість водних організмів, зокрема червонокнижних, втрачаються промислові види риби. Природні екологічні коридори суттєво руйнуються після будівництва об'єктів малої гідроенергетики [4].

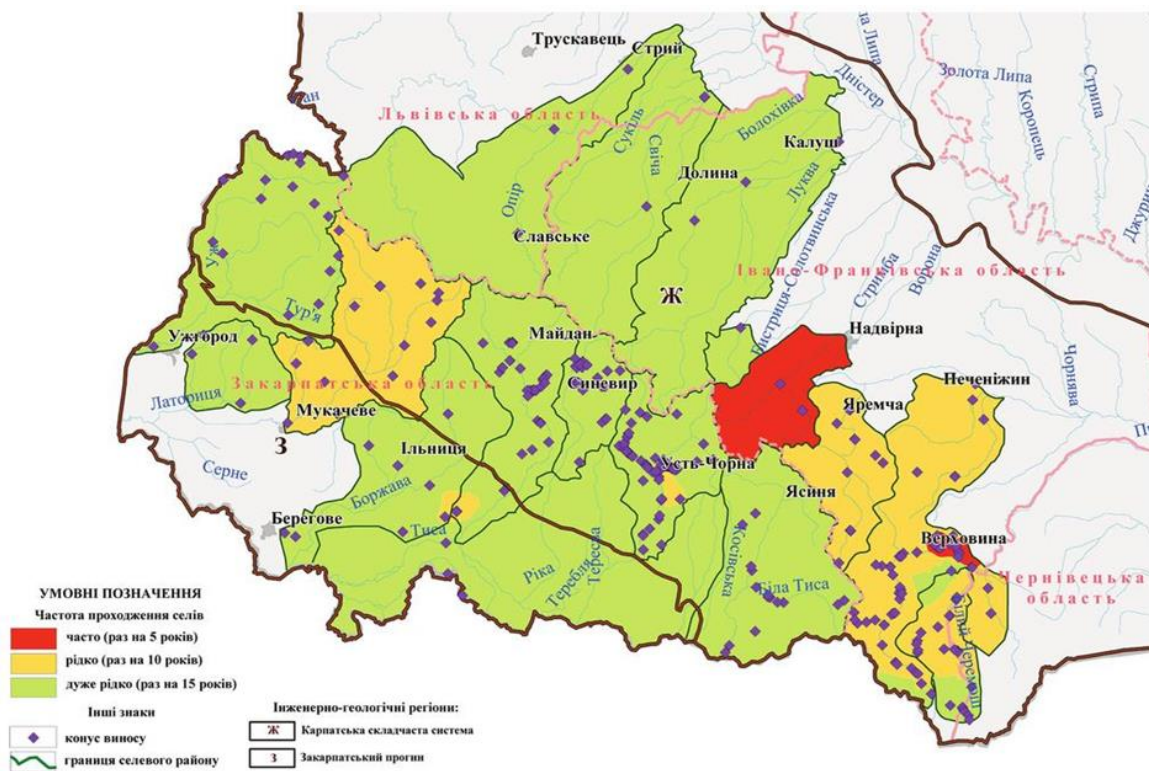


Рисунок 1.9 – Частота проходження зсувів

Україна має потужні ресурси гідроенергії малих рік – загальний гідроенергетичний потенціал малих рік.

Всесвітній фонд дикої природи WWF та українська громада, екологічна організація « Екосфера» виступили на захист довкілля тана підтримку місцевих громад проти створення каскаду із шести ГЕС на верхньому Дністрі.

2 АНАЛІТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ МІСЦЕВОСТІ ТА МОЖЛИВЕ ЗАСТОСУВАННЯ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ НА РІЧЦІ ДНІСТЕР

2.1 Ріки Українських Карпат

В Україні нараховується біля 73 тисяч річок ,з них в горах України – 29 700, а в Українських Карпатах – біля 28 тисяч. Розташування річок Карпат на карті України представлено на рисунку 2.1[2].

Проте річок протяжністю більше 10 км тут налічується лише близько 450 . Відповідно, основна частина карпатських річок належить до категорії малих, гідроресурси яких є джерелом енергії,що створює сприятливі умови для використання малих річок в гідроенергетиці.Їх загальна протяжність становить 36 тис. км. Густота гідро сітки тут найбільша в Україні:середня-від 0,5 до 0,7 км\км² і більше.

За рахунок цього річки Карпат можна використовувати для розвитку малої гідроенергетики як альтернативної. Найбільш важливим гідроенергетичним показником потужності (див.таб.2.1) водотоку є гідроенергетичний потенціал, як повна теоретична енергія річкового стоку.

Таблиця 2.1–Показникигідроенергетичної потужності річокУкраїнських Карпат і гідроенергетичних комплексів України

Гідроенергетичні комплекси та річки	Е _{ЗАГ.} , кВт	Е _{ЗАГ.} , мВт	Е _{ЗАГ} за рік тис. кВт
Річки Українських Карпат	2340531	2340,5	20503052
ГЕС Дніпровського каскаду	3660800	3660,8	
ГЕС Дністровського каскаду	743000	743	
Київська ГАЕС	235500	235,5	

Дніпровська ГАЕС	972000	972	
Малі ГЕС України(станом на 01.01.2018р)	150000	150	
Усі гідроенергетичні комплекси України	6063300	6063,3	11000000
Економічно ефективний гідроенергетичний			17500000

Ріки Українських Карпат відіграють важливу роль у розвитку альтернативної енергетики, зокрема малої гідроенергетики. Дослідження показали, що водотоки чотирьох основних басейнів Тиси, Сірету, Пруту та Дністра забезпечують 2340,5 МВт загальної гідроенергетичної потужності річок Карпатського регіону в межах України становить 38,6%.

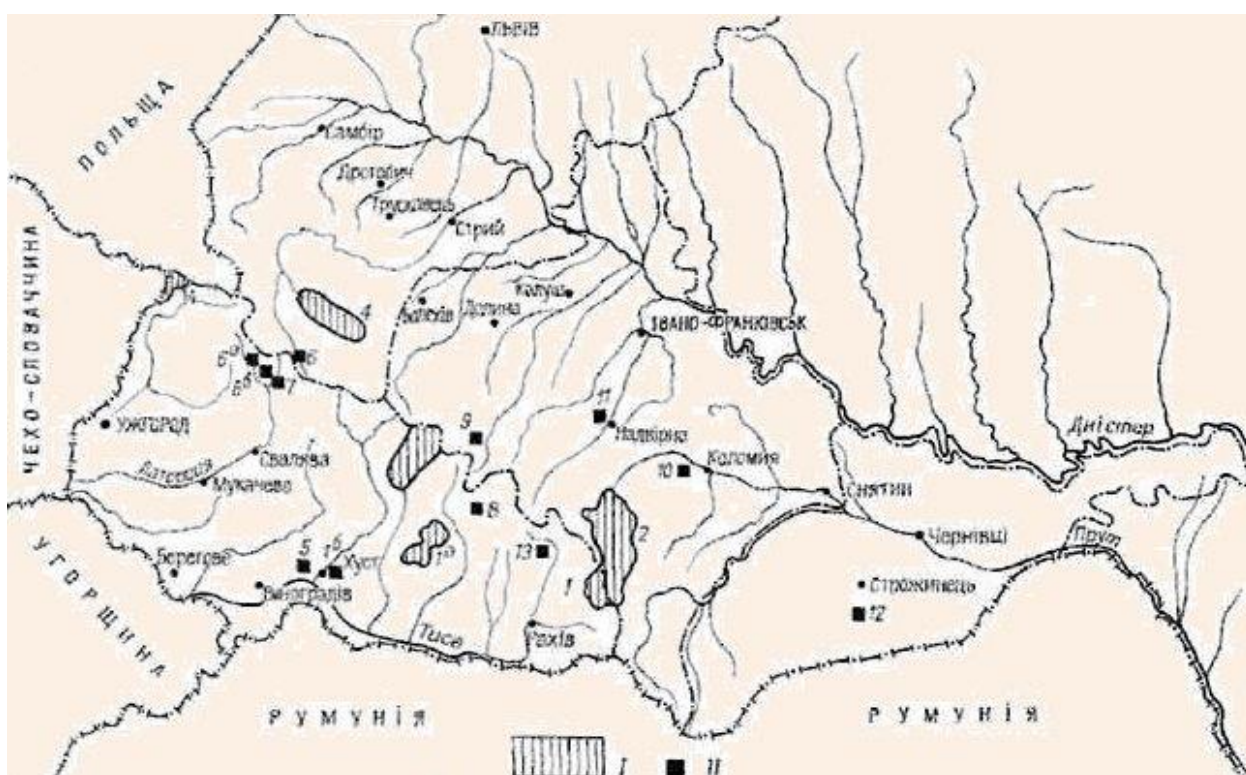


Рисунок 2.1 – Ріки Українських Карпат

Річки не судноплавні,раніше по них спавляли ліс. Подекуди стихію експлуатували як безкоштовне джерело енергії, але загалом в наслідок низького рівня технологічного забезпечення краю люди дали річкам та потокам спокій.

Українські Карпати є вододілом великих річкових систем і одночасно водозбором їх приток. Річки північно-східного макорсхилу належать до системВісли, Дністру і Дунаю (його великих приток першого порядку Пруту і Серету). Річки південно-західногомакросхилуУкраїнських Карпат тежнесутьсвої води в Дунай через систему йогонайбільшої притоки – Тиси. Витоки і притоки цих великих річок у горах течутьвпоперекхребтів. Притоки нижчого порядку мають долини, витягнутівздовжгірськиххребтів. У результаті сформувалося, так зване, решітчастерозчленуванняУкраїнських Карпат найбільшими гірськими річками та їх притоками[2].

Гірські річки завжди стрімкі. Похил (різниця абсолютних висот русла річки на певній ділянці поділена на довжину цього відтинку течії) у гірських річок у верхів'ях (на висоті 700...1300 м над рівнем моря) досягає 100 м/км.Найбільші багатоводні річки - Дністер у Прикарпатті і Тиса в Закарпатті є поздовжніми. Вони закладені в зонах крайових прогинів,які збирають усі поверхневі і підземні води,що стікають с гір.У таблиці 2.2наведена глибина річки Дністер та її живлення .

Таблиця 2.2 - Живлення та глибина річки Дністер

Річка	Довжина водного шляху,км	Гарантовані глибини,м	Живлення
Дністер	540	0,7-1,7	Змішане з переважанням снігового

У живленні карпатських річок беруть участь дощові, талі води із сезонних снігів, ґрунтові та підземні води. Роль цих джерел для різних річок неоднакова. При збільшенні висоти водозбору відбувається перерозподіл окремих джерел живлення зростає частка снігового і підземного живлення і дещо скорочується роль дощового. Режими річок залежать також від висоти місцевості, де вони протікають. Найбільше виражені ці відмінності у формуванні льодоставу, скресанні, початку весняного водопілля на південно-західному макросхилу Українських Карпат. Відчутний вплив на режим річок мають і особливості гірського рельєфу з характерним чергуванням підвищень, плоскогір'їв, різноорієнтованих і не однаково зволжених міжгір'їв та улоговин.

Характерною рисою річок Карпат є добре виражений паводковий режим з різкими коливаннями об'єму стоку, а, отже, і інтенсивності процесів розмивання русла. Невеличкі річки під час паводку за короткий час перетворюються в бурхливі потоки, які руйнують береги, дороги, прилеглі будівлі. Ще одна характерна риса режиму річок Українських Карпат – не стійкий і не тривалий льодостав на ріках. Часто він переривається великими відлигами.

2.2 Аналітичний огляд річки Дністер

Довжина річки 1362 км, з них на території України 925 км. Площа басейну 72100 км², з них на території України 52690 км².

Витік з невеликого джерела біля села Вовчого Турківського району Львівської області, розташованого в південній частині масиву Верхньодністровські Бескиди (Українські Карпати), на південний захід від гори Розлуч, на висоті 818 м. Гирло падає до Дністровського лиману на південь від с. Маяки Біляївського району Одеської області. Середньорічна багаторічна витрата води у створі гідро поста Заліщики – 230 м³/с. (див. рис 2.2).

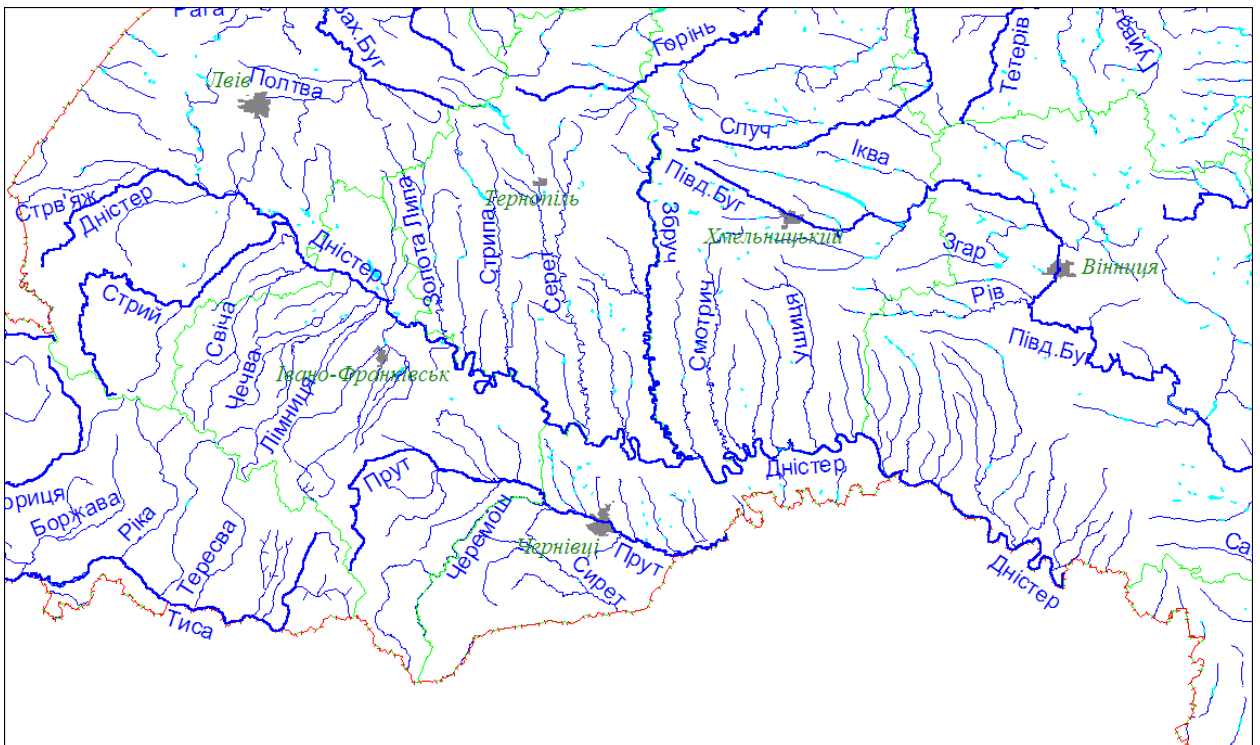


Рисунок 2.2 - Карта поверхневих вод Карпат

Основні притоки:

Праві: Стрий, Свіча, Лімниця, Бистриця, Серет, Збруч, Мурафа, Реут.

Ліві: Стривігор, Верещиця, Щирка, Гнила Липа, Золота Липа, Стрипа, Джурин, Серет, Нічлава, Збруч, Смотрич, Седениця, Ушиця, Жван, Жванчик, Лядова, Мурафа, Русава, Ягорлик, Кучурган.

Дністеретранскордонною річкоюміжУкраїною та Республікою Молдова. Дністер друга подовжині річкаУкраїни та дев'ята у Європі. Відвитоків до м.СтарийСамбір Дністер тече серед Карпатських гір, далі— по рівниннійтериторіїУкраїни та Молдови. Від с. Козлов(Могилів-Подільського району Вінницькоїобласті) до с. Німериуки (Сороцького району,республіки Молдова) по Дністру проходить державний кордон міжУкраїною та Молдовою. ДалірічкатечетериторієюМолдови. Від с. Пуркара (Штефан-Водськогорайону, республікиМолдова) до с. Паланки по Дніструпроходить

кордон між двома державами. Нижче с. Паланки Дністер течет територією України.

Басейн річки Дністер розташовується на південному заході України у семи областях: Львівська, Івано-Франківська, Тернопільська, Хмельницька, Вінницька, Чернівецька та Одеська обл. У верхів'ях басейну незначна його ділянка розташована на території Польщі. Басейн має форму овалу, який дуже витягнутий та зігнутий по середині завдовжки близько 700 км, при середній ширині 120 км. Висоти у гірській частині басейну сягають (1000..1800 м.)

Басейн річки Дністра налічує 14 886 річок, з них лише 11 його приток мають довжину більше 100 км. Основна особливість гідрографічної сітки басейну Дністра є відсутність значних приток. На території України налічується лише 6 річок, що належать до середніх; їх довжина не перевищує 250 км. Переважно це малі річки довжиною до 10 км. Річкова сітка у басейні розвинута нерівномірно. Вона найгустіша понад (1...1,5 км/км²) у карпатській частині басейну, менша – на лівобережжі (0,5...0,7 км/км²).

У басейні річки (див.рис.2.3) багато ставків водосховищ. На початку 21 століття у басейні Дністра (у межах України) налічується 3447 ставків загальний об'єм яких становить 244,4 млн.м³ та 65 водосховищ загальним об'ємом 3253,5 млн.м³.



Рисунок 2.3 - Район басейну річки Дністер

На Дністрі в Україні утворено три водосховища: Дністровське, Дністровськебуферне і Дністровськегідроакумлююче. Вони разом створюють комплекс Дністровськихводосховищ, головне призначенняякпротипаводкове так ігідроенергетичне. Води Дністра використовуються для водопостачання (див.рис.2.4) багатьох населених пунктів, зрошення; у верхів'ях річкою здійснюють лісосплав. Концентрація низки забруднюючихречовинперевищує 10 граничнодопустимихконцентрацій.

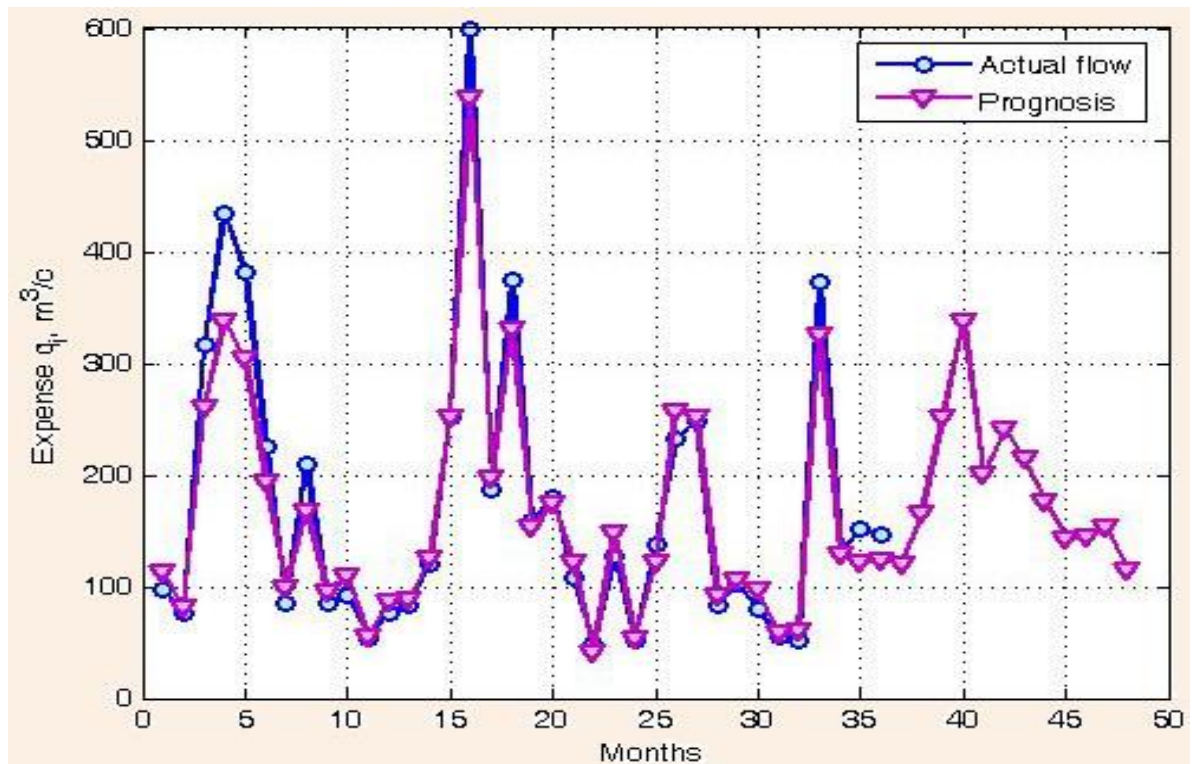


Рисунок 2.4- Помісячний прогноз стоку р. Дністер

2.3 Дністровське водосховище

Дністровське водосховище знаходиться на відстані 677,7 км від гирла Дністра, його довжина 194 км, розташоване на території Чернівецької, Хмельницької, Вінницької і Тернопільської областей. Характерними особливостями водосховища є його значна глибина, відносно мала ширина й велика звивистість. Дністровське водосховище створено на рівнинному плато в глибоко врізаній долині Дністра, з різко вираженою асиметричною долиною.

Дністровське буферне водосховище утворене на ділянці Дністра від Дністровської ГЕС до Дністровської ГЕС-2 і призначене для внутрішньодобового вирівнювання скидів води з ГЕС у нижню течію Дністра.

При впаданні до Дністровського лиману Дністер утворює плавне вулицю загальною площею 700 км². Це самостійний елемент ландшафту басейну Дністра. Плавні охоплюють частину долини Дністра від м. Бендери до лиману, поверхня її перерізана рукавами, старицями, що затоплюється під час паводків. Єдина ж і головна причина будівництва малих ГЕС на гірській річці — завдяки «зеленому тарифу», за яким закуповується електроенергія, вироблена на об'єктах електроенергетики з альтернативних джерел енергії. Тому будівництво окуповується вже через кілька років.

2.4 Аналітичний огляд безгребельних берегових ГЕС

В зв'язку з тим, що розробка проектів малих безгребельних електростанцій є необхідністю виконання робіт по підвищенню енергетичної незалежності в Україні, в моїй справжній роботі зосереджено увагу на об'єднанні двох факторів впливу. На ефективність виконання поставленої задачі, а саме: аналіз існуючого стану малої енергетики і пропозиції виконання останніх досягнень в проектах малих і безгребельних в тому числі електростанцій, принцип дії котрих базується на відомих природних явищах таких як «торнадо», де пріоритетною ознакою є оберталь-поступальний рух і різновісність перекачуваних середовищ таких як вода в суміші з повітрям. При цьому об'єднання цих двох явищ в одному пристрої, що є основою проекту малої електростанції тобто турбінний агрегат

За необхідністю від виду водяного потоку виділяють наступні типи станцій:

- руслові- вони розміщуються на річках з несильним потоком;
- стаціонарні- застосовують енергію водних річок з швидким потоком води, це дозволяє розраховувати на отримання більшої енергії води;

- мобільні - у більшій частині випадків вони споруджуються з використанням рукава з армованих матеріалів. Для таких станцій часто досить лише невеликого потоку [4].

За принципом дії:

- водяне колесо;
- пропелер;
- гірляндна установка;
- ротор Дар'є;

Переваги гідроелектростанцій:

- не викидають в атмосферу шкідливі речовини;
- екологічно – безпечна установка для навколишнього середовища;
- тривалий термін експлуатації;
- невичерпне джерело енергії;

Недоліками гідроелектростанцій є:

- продуктивність (чим більший напір тим більше електроенергії);
- пересихання в літку та промерзання взимку русла річки;
- обмежена можливість умов монтажу установки;
- потенційна небезпека для мешканців водних об'єктів;

Водяне колесо - це класичний вид ГЕС, який більш популярний. Принцип дії полягає в тому, що велике колесо здатне обертатися. Колесо розміщують (див.рис.2.5) у водному середовищі паралельно поверхні води, при цьому занурюється лише частково. Вся інша частина конструкції знаходиться над руслом, змушуючи рухатися весь механізм. Потужність передається на електричний генератор, який перетворить механічну енергію, в електричну напругу. До переваг цієї установки відносяться простота виробу та її мобільність, а не – мала продуктивність [4].

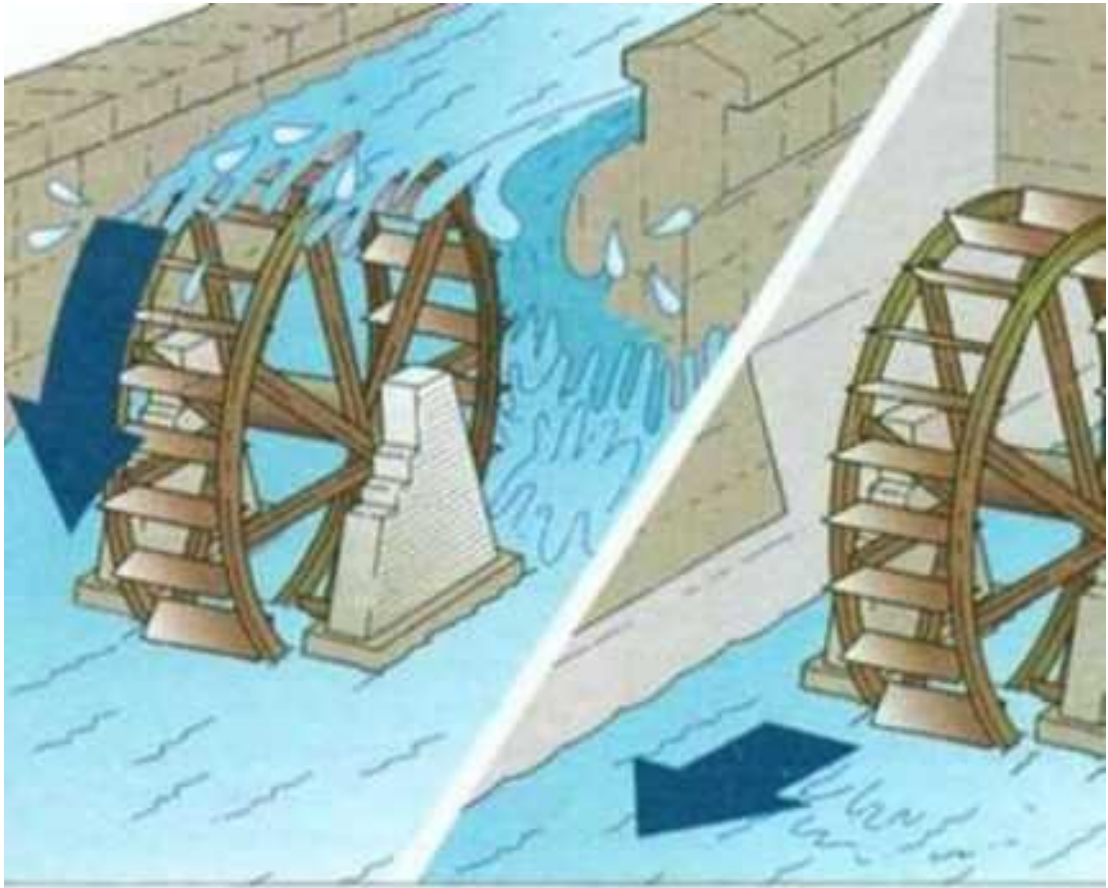


Рисунок 2.5 – Застосування водяного колеса

Установка пропелер – на рамі в вертикальному положенні розташований ротор і підводний вітряк, опускається під воду. Вітряк має лопаті, що обертаються під дією потоку води (див.рис.2.6). В даному випадку лопаті приводяться в рух за рахунок виникаючої підйомної сили, а не за рахунок тиску води. Причому напрямок руху лопатей перпендикулярно до напрямку течії потоку. Цей процес схожий на роботу вітрових електростанцій, тільки працює під водою.

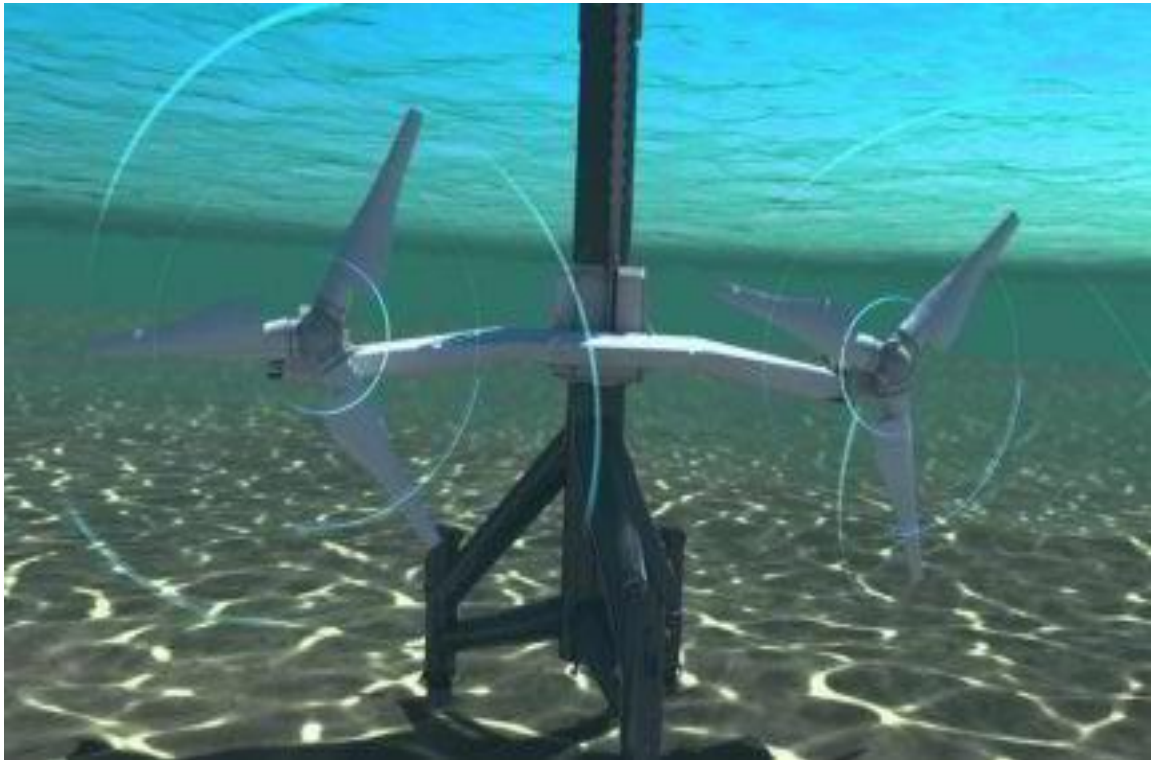


Рисунок 2.6 – Принцип роботи установки Пропелер

Переваги цієї установки в тому, що вона проста у виготовленні, мінімальні розрахунки на її виготовлення, має високий ККД, проста в налаштуванні та експлуатації. Та при таких вдалих перевагах цієї установки є недоліки, що можуть завдати рибалкам, водоплавним птахам і тваринам [4].

Гірляндна ГЕС – даного типу ГЕС – є трос, натягнутий над руслом і закріплений у опорному підшипнику (див. рис. 2.7). На ньому у вигляді гірлянди навішені і жорстко закріплені турбіни невеликого розміру які занурені у воду. Потік води обертає турбіни, обертання турбін подається на трос. Кінець троса з'єднаний з підшипником, другий кінець троса передає обертання на вал генератора. Чим змушує генератор виробляти електричну енергію. Перевагами цієї установки в тому, що збільшуючи ротори можна збільшити ККД, а до недоліків відносять ті фактори, що при перегороджуванні річки може виникати небезпека для оточуючих, великі затрати на

виготовлення конструкції, та складність винаходу, що знижує надійність установок [4].



Рисунок 2.7 – Установа Гірлянда

Ротор Дар'є – названа так на честь її розробника – Жоржа Дарині. знаходяться лопасті. Для кожної з лопатей в індивідуальному порядку підбираються потрібні параметри. Ротор опускається під воду у вертикальному положенні. Лопасті обертаються за рахунок перепаду тиску, що виникає під дією протікання по їх поверхні води. Цей процес подібний підйомній силі [4].

Перевагами можна вважати такі фактори як:

- обертається при будь якій зміні напрямку потоку;
- знижений шум;
- відносна простота виготовлення;

А до недоліків відносяться: великий термін окупності та навантаження на щоглу.

Переваги гідроелектростанцій:

- не викидають в атмосферу шкідливі речовини;
- екологічно – безпечна установка для навколишнього середовища;
- тривалий термін експлуатації;
- невичерпне джерело енергії;

Недоліками гідроелектростанцій є:

- продуктивність (чим більший напір тим більше електроенергії);
- пересихання в літку та промерзання взимку русла річки;
- обмежена можливість умов монтажу установки;
- потенційна небезпека для мешканців водних об'єктів;

Бельгійські вчені (див.рис.2.8) створили турбіну яка виробляє електроенергію будучи встановлена посеред невеликої річки. Завдяки винаходу, отриманої електрики вистачає на кілька розташованих домогосподарств [4].

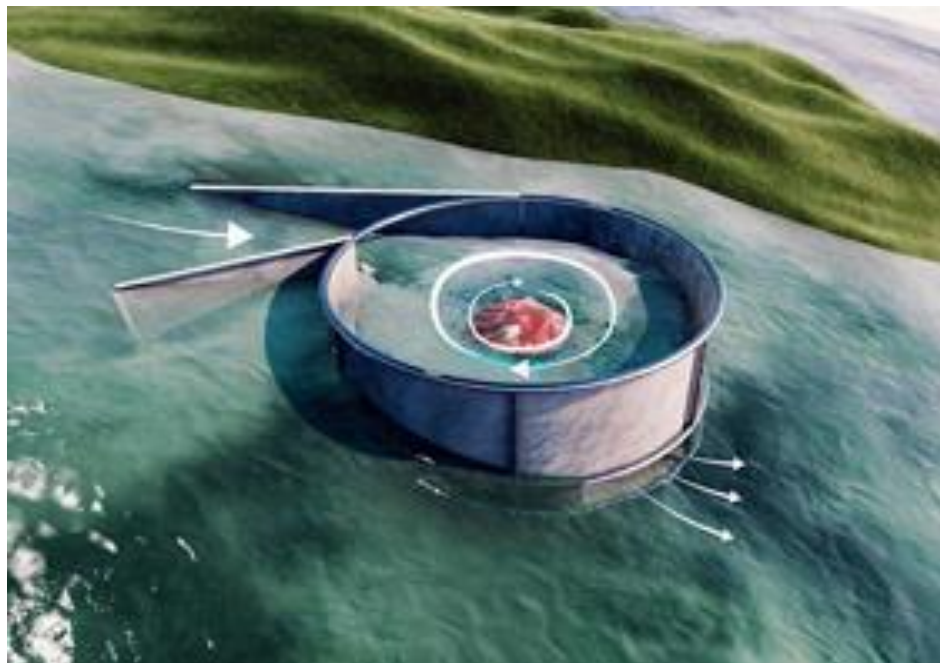


Рисунок 2.8 –Розробка бельгійського стартапу

Макет безгребельної ГЕС змодельовали за допомогою 3D друку. Розробники повідомили, що така турбіна має потужність до 200 кВт. Важливість розробки полягає в тому, що безгребельна ГЕС не впливає на природній потік річки, якщо риба і потрапляє в турбіну то легко зможе випливати з неї завдяки низькому тиску та особливій конструкції установки. Винахід не потребує частого технічного обслуговування, створена з міцного матеріалу, може безперервно працювати до 20 років. Автори розробки завдалися ціллю створити таку безгребельну ГЕС, щоб була проста у використанні на віддалених районах та стала своєрідним кроком на шляху до «зеленої енергії».

2.5 Екологічні аспекти розвитку гідроенергетики

На сьогоднішній день з проблемою негативного екологічного впливу малих ГЕС стикаються багато країн світу. Аналіз стану малої гідроенергетики країн показав, що основною причиною негативного впливу МГЕС на довкілля (див. рис. 2.9) є не технологічні особливості, а саме організаційні, коли у гонитві за вигодою інвестори йдуть на порушення встановлених норм і правил щодо будівництва та експлуатації МГЕС [4].

Зважаючи на це при плануванні будівництва малих ГЕС, необхідно виконувати комплексні роботи щодо:

- дослідження екології – економічних факторів на які впливає спорудження гідроелектростанцій на малих річках;
- формування методичного підходу до оцінки ефективності функціонування малої ГЕС.

Головним аргументом щодо доцільності масового будівництва малих гідроелектростанцій на річках України є твердження про майже повну екологічну безпеку цих споруд. Якщо порівнювати малі ГЕС з іншими

видами електрогенеруючих станцій за кількістю шкідливих викидів в атмосферу вони виглядають набагато екологічно «чистішими».



Рисунок 2.9 - Можливі негативні наслідки будівництва малих ГЕС на річках України

Аналіз досліджень показав, що ще на етапі будівельно-монтажних робіт будівництво МГЕС має негативний вплив на навколишнє середовище, а саме:

- зміна якості води річок (збільшення вмісту завислих речовин) при будівництві водозаборів і тимчасових гребель;
- забруднення атмосферного повітря при роботі автотранспортної техніки та роботі установок, проведенні буро-вибухових робіт;
- забруднення водотоків стічними водами від будівельних містечок;
- повне знищення сфери водного туризму;

- знищення осетрових і лососевих риб, через замулення водоймищ та зменшення рівня води в них.

Отже будівництво МГЕС на річках Карпат України ставить під загрозу шляхи міграції риб до нерестилищ та місця нагулу рідкісних та занесених до Червоної Книги України. Зробивши висновки негативних наслідків впливу малих ГЕС на навколишнє середовище важливим фактором є формування методичного підходу до оцінки еколого-економічної ефективності та їх функціонування, але до теперішнього часу не розроблено такої методики.

Будівництво малих ГЕС в Карпатському регіоні має, негативний вплив на флору та фауну. Згідно вимог у конструкції МГЕС, передбачаються спеціальні ґрати, які убезпечують рибу від потрапляння в конструкції гідроелектростанцій, а сама риба обходить МГЕС по спеціально обладнаному рибоходу. Однак впроваджені рибоохоронні заходи виконано тільки формально.

Згідно зі ст.66 Водного Кодексу України «гідроенергетичні підприємства зобов'язані дотримуватися встановлених правил експлуатації водосховищ, режимів накопичення та спрацювання запасів води, режимів коливань рівня у верхньому і нижньому б'єфах та пропускання води через гідровузли, забезпечувати у встановленому порядку безперебійний пропуск суден, а також пропуск риби до місць нересту відповідно до проектів рибопропускних споруд».

У травні 2017 року Верховною Радою України було прийнято Закон України «Про оцінку впливу на довкілля» (ОВД). В основі цього закону запропоновано нову європейську модель процедури оцінки впливу на довкілля. Введення у дію вищезазначеного закону надає можливість скасувати, раніш діючий закон «Про екологічну експертизу». Закон «Про оцінку впливу на довкілля» надає можливість впровадити зобов'язання, які передбачені Угодою про асоціацію ЄС. Закон «Про оцінку впливу на довкілля» дозволить забезпечити на належному рівні виконання Україною низки міжнародних зобов'язань.

З вище наведеного можна зробити висновок, що дії даного закону спрямовані на попередження та запобігання шкоді довкіллю, забезпечення екологічної безпеки, охорони довкілля, раціонального використання та відтворення природних ресурсів.

У Квітні 2004 року була ратифікована міжнародна «Рамкова конвенція про охорону та сталий розвиток Карпат», що зумовило охорону розвитку Карпат та поліпшення якості життя, зміцнення економіки місцевих громад, а також збереження природних цінностей та культурної спадщини.

Конвенцією передбачено розвиток енергетики та запровадження екологічно безпечних методів виробництва, розподілу та використання електроенергії, що зменшують негативний вплив на довколишнє середовище та більш широке використання відновлюваних джерел енергії.

Розвиток гідроенергетики в Україні з екологічної точки зору повинен бути узгоджений з екологічним законодавством, положеннями Водного кодексу України, Законом України «Про затвердження Загальнодержавної цільової програми розвитку водного господарства та екологічного оздоровлення басейну річки Дністер на період до 2021 року.

Додатково необхідно враховувати, що побудова об'єктів гідроенергетики змінює ландшафт та умови землекористування, температуру та якість води, впливає на біо різноманіття та може призвести до збільшення викидів парникових газів в процесі розкладу органічних сполук.

Для того, щоб отримувати максимальні прибутки і швидко повертати свої інвестиції, забудовники зацікавлені робити малі гідроелектростанції максимально потужними. Максимальну потужність ГЕС видають де на річках максимальні рівневі перепади, пороги чи перекати, якими характеризуються річки в Карпатах – природному заповідному регіоні

В процесі розробки проектів виникає конфлікт інтересів між інвестиційною привабливістю проектів будівництва малих ГЕС та необхідними капітальними витратами, які спрямовані на мінімізацію об'єктів малої гідроенергетики на довкілля, єдиним позитивним чинником малих ГЕС

при визначенні впливу на довкілля, є зменшення викидів парникових газів, які зменшуються завдяки використанню викопного палива шляхом безпаливного виробництва електроенергії.

Для організаційного забезпечення подальшого розвитку малої гідроенергетики, потрібно розробити та ввести у дію ряд документів, за допомогою яких буде упорядковано виділення земельних ділянок та надання дозволів на будівництво малої гідроенергетики, дозволів на спеціальне водокористування, питання юридичного оформлення права власності та користування на земельні ділянки із земель державної та комунальної власності, розроблення та затвердження нормативно-технічної бази проектування МГЕС та їхньої експлуатації, врахування природоохоронних вимог у процесі відведення земель для розміщення об'єктів енергетики, розроблення нормативно-правових актів для підключення малих ГЕС до електричної мережі енергетичних компаній.

При будівництві, реконструкції та модернізації ГЕС, необхідно дотримуватися основних принципів охорони навколишнього природного середовища, які визначені Законом «Про охорону навколишнього природного середовища». Для гідроенергетичних потреб дозволяється використовувати землі які надані під електрогенеруючі об'єкти, згідно з Положення Земельного Кодексу. До земель, які належать природно-заповідному фонду відносяться природні території та об'єкти – заповідники, національні природні парки, біосферні заповідники, регіональні ландшафтні парки, заказники, пам'ятки природи, заповідні урочища. На основі вітчизняних та міжнародних документів в природноохоронній сфері розроблено рекомендації з вибору місць спорудження малих ГЕС.

Запропоновано чотири категорії територій, як для заборони, такі будівництва малих ГЕС.

Категорія «виняткової зони», де будівництво малих ГЕС повинно бути категорично заборонено, території та об'єкти природно-заповідного фонду України високого статусу заповідання

Категорія «небажаної зони», де будівництво малих ГЕС повинно бути також заборонено: території та об'єкти природно заповідного фонду України нижчого статусу заповідання (заказники, заповідні урочища, пам'ятки природи); території, які межують з цими територіями та об'єктами природно заповідного фонду й екологічно з ними пов'язані річки.

Категорія «можливої зони», де можливий діалог між зацікавленими сторонами (бізнесом, владою, місцевими громадами та екологічними організаціями) в плані будівництва малих ГЕС: долини та водозабори річок, які входять до територій об'єктів природно- заповідного фонду нижчого статусу.

Категорія «зони будівництва», де прийняті умови для будівництва малих ГЕС: долини та водозбори річок, які є частиною територій та об'єктів природно- заповідного фонду України. З урахуванням чотирьох наведених категорій, при будівництві малих ГЕС у Карпатах потрібно дотримуватися наступних принципів:

- при виборі місць для будівництва слід надавати перевагу ділянкам у середній або нижній течії гірських річок, а не верхів'ю, бо саме у середній та нижніх течіях переважно знаходяться місця категорій 3 та 4

- вважати недоцільним (хоча це і вигідно інвесторам) будувати малі ГЕС потужністю до 1 МВт і менше, бо вони генерують мізерну кількість електроенергії.

- дотримуватися пріоритету відновлення зруйнованих та колись покинутих малих ГЕС, а також реконструкції та збільшення потужності вже існуючих малих ГЕС і лише після цього розглядати питання будівництва зовсім нових малих ГЕС, при цьому – якщо це економічно доцільно для регіону, а не лише для інвестора. Уведення такого випереджаючого аналізу повинно стати першим кроком для застосування цивільного екологічного менеджменту в країні та успішного і безконфліктного розвитку малої гідроенергетики в Карпатському регіоні.

У відповідності до цих критеріїв Європейським Банком Реконструкції та Розвитку (ЄБРР) була виконана спроба визначити відповідні зони високої, середньої екологічної чутливості і потенційній можливості будівництва малих ГЕС на річках України.

З метою залучення представників бізнесових кіл до участі в реалізації проектів у сфері сталої енергетики Європейський Банк Реконструкції та Розвитку (ЄБРР) розпочав реалізацію Програми фінансування альтернативної енергетики в Україні. Спільно з відповідними державними органами влади України, ЄБРР організував проведення Стратегічного екологічного аналізу (СЕА) для програми USELF. Основним завданням СЕА є визначення оптимальних технологій відновлюваної енергетики для найбільш перспективних у плані розвитку відновлюваної енергетики районів України.

Матеріали СЕА складають аналіз просторових обмежень, який виконано для встановлення можливості розміщення того чи іншого енергетичного об'єкта в певному місці.

Реалізація проекту Програми USELF в районах, де існують технічні обмеження та об'єктів високої чутливості, найімовірніше буде неможливо

Чинне законодавство України в Законі «Про оцінку впливу на довкілля» передбачає необхідність виконання Стратегічної екологічної оцінки (СЕО), стратегічних планів та програм, яка визначена Директивою Європейського Союзу (ЄС)

Будівництво об'єктів електроенергетики на гірських річках негативно позначиться і на угрупованнях земноводних, які мешкають неподалік русел. Так під загрозу існування потрапляє плямиста саламандра, личинки якої розвиваються винятково у стумках і потоках. Як наслідок під загрозою зникнення опиняться й численні види рідкісних рослин, занесених до Червоної Книги України.

Зміна природних ресурсів та явищ відбувається поступово, з різною інтенсивністю та через рівні проміжки часу, які тісно пов'язані до фонового

стану довкілля, що визначає рівень трансформації природних ресурсів при експлуатації малих ГЕС.

У деяких країнах, до яких відноситься і Україна, законодавча база, яка регламентує роботу МГЕС, або взагалі відсутня, або є недосконалою. В основному у розвинених країнах нові вимоги до охорони навколишнього середовища створюють обмеження для освоєння потенційних створів МГЕС, так як мають на увазі додаткові витрати, які роблять реалізацію проектів недоцільною, або повністю перешкоджають освоєнню. Досвід розвинених країн демонструє застосування МГЕС для енергозабезпечення віддалених районів, які не можуть отримати доступ до електромережі або коли альтернатива (наприклад газові лампи) дійсно більш небезпечна.

Таким чином, експлуатація збудованих та будівництво нових МГЕС в Україні, зокрема в Карпатському регіоні повинно здійснюватись з дотриманням жорстких норм та правил, які регламентують їх вплив на екосистему. Україна має чималий власний досвід малої гідроенергетики, а також унікальну можливість скористатися досвідом інших країн.

Інтенсивне використання природних енергетичних ресурсів вже сьогодні викликає негативні наслідки, що полягають у їх виснаженні та зміні клімату місцевого й глобального масштабу. На національному та міжнародному рівнях особлива увага приділяється питанням енергозбереження, екологічності та надійності енергетики. У гідроенергетиці регулювання та акумулювання стоку річки (див. таб. 2.3) виконують, в першу чергу, задачу енергетичного водокористування.

Таблиця 2.3 – Помісячний прогноз стоку р. Дністер м³/с

Місяць рік	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1995	107	155	199	315	206	181	96,3	35,4	78,4	51,6	116	69,0

1996	81,0	51,2	53,2	607	265	95,3	82,8	164	364	205	127	119
1997	69,6	230	156	271	336	256	222	226	128	181	135	182
1998	187	213	156	417	315	544	507	206	139	248	357	106
1999	171	113	542	485	204	161	157	126	105	106	73,7	191
2000	70,0	315	301	538	91,9	52,5	94,1	69,9	69,2	39,2	37,3	56,0
2001	66,8	134	368	182	98,7	430	408	261	254	105	189	92,6
2002	218	300	245	200	127	170	90,8	155	127	217	150	64,4
2003	58,4	51,9	236	263	120	63,7	71,4	36,6	44,5	95,3	116	48,3
2004	147	180	257	133	108	68,6	84,2	415	115	135	216	154
2005	96,8	75,8	316	434	381	226	85,2	210	84,3	92,6	53,1	75,8
2006	82,9	120	251	599	187	375	159	179	108	48,9	128	52,6
2007	138	232	248	84,0	102	79,1	56,0	51,9	372	131	151	146

Соціально-економічні вимоги стосовно будівництва малих ГЕС докладно наведені у багатьох вітчизняних законах і програмах з охорони, збереження та розумного використання природних ресурсів, а також в міжнародних конвенціях, договорах і протоколах до них. До основних нормативних документів можна віднести закон України про охорону навколишнього середовища, про природно-заповідний фонд України, водний та земельний кодекси, Бернську конвенцію, про охорону дикої флори та фауни і природних середовищ існування. Також слід враховувати природоохоронні положення міжнародного документа «Керівні принципи розвитку гідроенергетики», затверджено 18-19 червня 2013 року в м. Сараєво (Боснія і Герцеговина). Керуючись цим документом, громадські та екологічні організації України розробили «Критерії і принципи вибору місць для будівництва малих ГЕС на гірських річках Карпат, які пройшли апробацію на громадських слуханнях та обговореннях [4].

Природоохоронні обмеження на використання гідроенергетичного ресурсу річки під час будівництва малих ГЕС можуть бути зведені до двох типів:

- обмеження на використання території для будівництва малих ГЕС (національні природні парки, заповідники, пам'ятки природи, місця корисних копалин і мінеральних вод, історико-культурні території, значні площі затоплення;

- обмеження на використання води для виробництва електроенергії малою ГЕС (безперервне функціонування рибоходів, межень, повені та паводки, оперативні заходи з регулювання водного потоку через гідроспоруди, регулювання потужності ГЕС по водотоку).

На сьогодні Національна система природоохоронних територій України складається з понад 8 тисяч захищених територій загальною площею 3,3 млн.га (6,05 % національної території). Це зокрема 19 природних та 4 біосферних заповідника, 40 національних парків, 45 регіональних ландшафтних парків, 3078 пам'яток природи, 2729 заказників, 616 ботанічних, зоологічних садів, дендропарків та парків пам'яток садово-паркового мистецтва, 793 заповідних урочища [4].

Кожна річка також повинна аналізуватися на відповідність вимогам екологічно-правової бази стосовно будівництва малої ГЕС.

На більш ніж 63 тисячах маленьких річках України на 2014 рік працювало близько 100 малих ГЕС. Це становить приблизно 0,2% потужності від загального річного виробництва електроенергії в Україні. У національній стратегії гідропотенціал малих річок України оцінюється в 3,75 млрд. кВт. ч. До 2020 року в Україні планують завершити реконструкцію і відновлення малих ГЕС загальною потужністю 135 МВт (0,44 млрд. кВт. ч) і почати будівництво нових.

На гірських річках в Закарпатті, Івано-Франківську, Львівській та Чернівецькій областях планується будівництво близько 570 малих гідроелектростанцій. На думку екологів це загрожує цілим рядом

екологічних і соціально-економічних проблем: зникнення водних організмів, погіршення туристичного потенціалу територій, зниження доходів місцевих жителів від обслуговування туристів, зміна гідрологічного режиму при створенні водосховищ в одних місцях і пересихання річок в інших, збільшення загрози сейсмічної активності. Рішенням перелічених вище проблем може бути проект Франца Цотлетера під назвою «Техніка виру» [8]. ГЕС цього типу дістали назву берегових або гравітаційно-вирових станцій.

Ця гребля має вигляд бетонного циліндра, до якого вода підходить по дотичній, потрапляючи в центрі на глибину. Так в центрі циліндра утворюється вир, який і закручує. Діаметр басейну з виром складає 5,5 метрів. На основі цього принципу в 2005 році в Австрії була побудована ГЕС. Додатковою перевагою станції являється те, що вир змішує забрудники, одночасно добре аеруючи воду сприяє інтенсивній роботі мікроорганізмів, які очищують її природним чином. Таким чином станція відновлює процеси, що йдуть в звичайній річці, якій властиві численні повороти [8].

Гравітаційно-вирова станція - це така станція, в якій шкоду навколишньому середовищу зведено до мінімуму. Під час її розробки за основу бралась Європейська Рамочна Водна Директива. На основі цілей Директиви відбувалася розробка основних складових частин станції.

Головною особливістю станції є турбіна. Ковшова турбіна (турбіна Пелтона) - активна гідравлічна турбіна, яка використовується за звичай при дуже великих напорах. Сегнерове колесо - пристрій, заснований на реактивній дії витікання води з каналів сегнерова колеса. Колесо складається з вертикальної труби, по якій підводиться вода на якій закріплені дві відігнуті труби, що вільно обертаються, з горизонтально відігнутими в протилежні сторони трубами з відкритими кінцями, через які рідина витікає, приводячи турбіну до обертання [8].

Одним з найважливіших недоліків станції є те, що при великих габаритах отримувана енергія не є значною. Збільшення габаритів вирового баку не веде до різкого збільшення отримуваної енергії, до того ж збільшення габаритів до необмежених значень не є раціональним.

Для подальших розрахунків у результаті детального аналізу річок карпатського регіону обрано річку Дністер біля містечка Заліщики (див. рис 2.10).



Рисунок 2.10 - Розташування міста Заліщики на карті.

2.6 Розрахунок потенційної потужності станції.

На основі формул для розрахунку параметрів ГЕС, взятих за приклад даних, вирахуємо основні параметри для вже запусненої гравітаційно – вирової електростанції.

Вхідні дані для розрахунку:

Таблиця 2.4 - Вхідні дані для розрахунку

Потужність станції	167 кВт
Витрата води	1м ³ /с
Напір	2.0м
ККД турбіни	0,8
Кількість турбін	2 шт
Діаметр вирового баку	5м
ККД генератора	0,9

За допомогою розрахункових формул розрахуємо ККД генератора станції за формулою потужності ГЕС

$$N_{\text{ГЕС}}=g \cdot Q_{\text{гес}} \cdot H \cdot \eta_{\text{т}} \cdot \eta_{\text{ген}}, \quad (2.1)$$

де $N_{\text{ГЕС}}$ - потужність ГЕС.

g - прискорення вільного падіння, м/с²

$Q_{\text{ГЕС}}$ - витрата води через станцію, м³/с;

H -напір води, м;

$\eta_{\text{т}}$ -ККД турбіни;

$\eta_{\text{ген}}$ -ККД генератора.

Тоді ККД розрахуємо за формулою

$$\eta_{\text{ген}}=\frac{N_{\text{гес}}}{g \cdot Q_{\text{гес}} \cdot H \cdot \eta_{\text{т}}} \quad (2.2)$$

$$\eta_{\text{ген}}=\frac{167}{9,81 \cdot 1 \cdot 2 \cdot 0,8}=10,64.$$

Активна потужність генератора, кВт

$$N_{\text{ген}} = N_{\text{ГЕС}} \cdot \eta_{\text{ГЕН}}, \quad (2.3)$$

$$N_{\text{ГЕН}} = 167 \cdot 10.64 = 1776.88. \text{ кВт}$$

Розрахуємо діаметр турбіни на станції, м

$$D_1 = \sqrt{\frac{N_{\text{ГЕС}}}{g \cdot Q_{\text{ГЕС}} \cdot H \cdot \eta_T \cdot \sqrt{H}}}, \quad (2.4)$$

$$D_1 = \sqrt{\frac{167}{9,81 \cdot 1 \cdot 2 \cdot 0,8 \cdot \sqrt{2}}} = 2.75.$$

Швидкість входу потоку води до станції, м/с

$$V_C = k_V \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H}, \quad (2.5)$$

$$V_C = 0.17 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 2} = 1.065.$$

В якості прикладу для розрахунку візьмемо річку Дністер біля містечка Заліщики . Вибір даного об'єкта заснований на тому,аби дослідити станцію на можливе застосування в даному місці [31].

Вихідні дані для розрахунку:

діаметр корпусу турбіни - $D_{\text{корп}} = 2$ м;

діаметр робочого колеса - $d_{\text{турб}} = 1,2$ м;

напір води – $H = 2$ м

витрата води – $Q = 20$ м³/с

Параметри активної турбіни(турбіна Пелтона):

Для попередніх розрахунків станції будемо брати з річки на кожен трубопровід 0,5% від витрати води, тобто сумарна витрата води на трубопроводи складає, м³/с

$$Q_1 = 100 \text{ л/с} = 0,100 \text{ м}^3/\text{с}$$

Розрахуємо діаметр одного сопла, за умови, що кількість сопел дорівнює 6 штукам, мм

$$d_0 = 17.3 \cdot \sqrt{\frac{Q}{Z_0 \cdot \sqrt{H}}}, \quad (2.1)$$

де Q- витрата води, л/с.

Z₀- кількість сопел, шт;

H- розрахунковий напір станції, м.

$$d_0 = 17.3 \cdot \sqrt{\frac{100}{6\sqrt{2}}} = 60 \text{ мм.}$$

Швидкість витікання води через сопло:

$$V = \varphi \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H} \quad (2.2)$$

де φ – коефіцієнт швидкості для насадки, що конічно звужується при куті конусності $13^\circ 24'$.

де g – прискорення вільного падіння, $g = 9,81 \text{ м/с}^2$.

$$V = 0.945 \cdot \sqrt{2 \cdot 9.81 \cdot 2} = \sqrt{39.24} = 6.26 \cdot 0.945 = 5.92 \text{ м/с}$$

Далі необхідно знайти окружну швидкість U та швидкість обертання турбіни n_1 з рівнянь (2.3) та (2.4) об/мин, м/с

$$\omega = V - U = \frac{\pi \cdot n_1}{30}, \quad (2.3)$$

де U – окружна швидкість, м/с

$$U = \frac{\pi \cdot r \cdot n_1}{30} \quad (2.4)$$

Розв'яжемо систему, що складається з рівнянь (2.3) та (2.4)

$$\begin{cases} V - U = \frac{\pi \cdot n_1}{30} \\ U = \frac{\pi \cdot r \cdot n_1}{30} \end{cases} \quad (2.5)$$

$$\begin{cases} V - \frac{\pi \cdot r \cdot n_1}{30} = \frac{\pi \cdot n_1}{30} \\ U = \frac{\pi \cdot r \cdot n_1}{30} \end{cases} \quad (2.6)$$

$$\begin{cases} V = n_1 \cdot \left(\frac{\pi}{30} + \frac{\pi \cdot r}{30} \right) \\ U = \frac{\pi \cdot r \cdot n_1}{30} \end{cases} \quad (2.7)$$

$$\begin{cases} n_1 = \frac{V}{\frac{\pi}{30} + \frac{\pi \cdot r}{30}} \\ U = \frac{\pi \cdot r \cdot n_1}{30} \end{cases} \quad (2.8)$$

$$\begin{cases} n_1 = \frac{5,92}{\frac{3,14}{30} + \frac{3,14 \cdot 0,6}{30}} = 37 \text{ об/хв} \\ U = \frac{3,14 \cdot 0,6 \cdot 37}{30} = 2,33 \text{ м/с} \end{cases} \quad (2.9)$$

Реактивна турбіна.

Швидкість обертання Сегнерова колеса має співпадати зі швидкістю витікання води із сопла активної турбіни, окружна швидкість має також співпадати. Розрахунок цих параметрів здійснюється з системи [31], отже результуючі значення співпадають:

$$n_1 = 37 \text{ об/хв}$$

$$U = 2,33 \text{ м/с}$$

Розрахункова потужність ГЕС складає:

$$N = \rho \cdot Q \cdot (V - U) \cdot U \quad (2.10)$$

$$N=1000 \cdot 0.25 \cdot (5,92-2,33) \cdot 2,33=167 \text{кВт.}$$

Конструкція ні є кінцевою, тому лопатей можна очікувати більшу кількість, за рахунок чого можна підвищити показники.

За рахунок оптимізації конструктивних елементів та матеріалів з яких вони будуть виготовленими, для подальшого збільшення показників електровиробництва на пропонує мій береговій електростанції, вище названі пропозиції є резервом, який може бути використаний за рахунок провадження подальших проектів.

3.ОХОРОНА ПРАЦІ

При проектуванні безгребельної ГЕС потужністю на річці Дністер, згідно Законодавства України потрібно дотримуватися безпечних та нешкідливих умов праці .

Враховуючи, що ГЕС є об'єктом потенційної небезпеки розділ охорони праці має важливе значення.

Аналіз умов праці при роботі та налагоджуванні обладнання показує, що основна небезпека пов'язана з:

1. Можливістю ураження електричним струмом високої напруги
2. Затоплення території через порушення цілісності станції
3. Виділення озону
4. Пожежонебезпека
5. Вирубка частини зелених насаджень, що може призвести до розмиву берегів

Перед початком роботи роботодавець повинен у повній мірі розповісти працюючому про всі умови праці, відшкодування, провести інструктаж з техніки безпеки, забезпечити проходження медогляду. Ці завдання є необхідними для безаварійної роботи підприємства або установи.

3.1 Електробезпека

Електробезпека – це система організаційних та технічних заходів і засобів, які забезпечують захист людей від шкідливого та небезпечного електричного струму, електричної дуги, електромагнітного поля та статичної електрики (ГОСТ 12.1.009-76).

Основні причини нещасних випадків від дії електричного струму:

1. Випадковий дотик, наближення на небезпечну відстань до струмопровідних частин , що перебувають під напругою;

2. Поява напруги дотику на металевих конструктивних частинах електроустаткування (корпусах, кожухах, тощо) в результаті пошкодження ізоляції або з інших причин;

3. Поява напруги на відключених струмопровідних частинах на яких працюють люди, внаслідок помилкового включення установки;

4. виникнення напруги кроку на поверхні землі через замикання проводу на землю.

Основними заходами захисту від ураження електричним струмом є :

1. Забезпечення недоступності струмопровідних частин, що перебувають під напругою для випадкового дотику;

2. Контроль і профілактика пошкоджень ізоляції ;

3. Захист від небезпеки при переході з вищої на нижчу напругу;

4. Організація безпечної експлуатації електроустановок;

5. Захист від випадкового дотику до струмопровідних частин, застосуванням кожухів, огорож, подвійної ізоляції;

6. усунення небезпеки ураження з появою напруги на корпусах, кожухах та інших частинах електроустаткування, що досягається захисним заземленням, зануленням, захисним відключенням;

Ступінь впливу електроструму на організм людини залежить від його величини і протяжності впливу. Велику роль відіграє величина напруги, оскільки при напругах близько 100 В і вище настає пробій верхнього рогового шару шкіри, внаслідок чого електричний опір людини різко зменшується, а струм зростає. При напрузі 500 В і вище, відмінностей у впливі постійного та змінного струмів практично не спостерігається.

Відповідно до вимог ПУЕ слід виконати заземлення, занулення (або інші захисні заходи) при номінальній напрузі вище 42В змінного струму і вище 110В постійного струму приміщеннях з підвищеною небезпекою.

Для заземлення електроустаткування у виробничих та інших приміщеннях використовують здебільшого виносні заземлюючі пристрої з штучними заземлювачами. При цьому металеві елементи кожного

електрообладнання під'єднують окремими заземлюючими пристроями до транзитної шини, яка прокладається всередині будівлі і не менше, ніж у двох місцях під'єднується до заземлювачів

Занулення – свідоме електричне з'єднання з нульовим захисним провідником металевих струмо - непровідних частин, які можуть виявитися під напругою. Занулення повинно відповідати вимогам ДСТУ Б В 2.5-38:2008 «Улаштування блискавки захисту будівель і споруд».

У електричних мережах розрізняють нульовий захисний (N_3) і нульовий робочий (N_p) провідники. Нульовий захисний провідник служить для з'єднання занулюваних частин устаткування з глухо заземленою нейтраллю джерела струму, нульовий робочий провідник – для підключення до основної мережі напругою 380В освітлювальних приладів, машин і електроапаратів, які працюють за фазою напруги 220 В.

Захист від електричних статичних полів полягає в знятті з ізолюваних від землі металевих частин устаткування електричної напруги, яка виникає внаслідок статичної електризації під час технічних процесів, що супроводжуються тертям (змотування тканини, паперів, плівки), роздрібненням твердих тіл, пересипанням сипучих матеріалів, переливанням рідин – діелектриків (бензин, керосин). Для статичної електрики на людину може проявлятися у вигляді слабкого, помірного чи навіть сильного уколу, який сам по собі не являє небезпеки, але може бути непрямою причиною нещасного випадку внаслідок рефлекторного руху людини до небезпечної зони.

Одним із найбільш ефективних і простих методів захисту від статичної електрики є заземлення не менше, ніж у двох місцях одного приміщення наявних трубопроводів і апаратів.

Блискавкозахист – захист від атмосферної електрики призначений для забезпечення безпеки людей, які працюють з електроустаткуванням, від

ураження електричним струмом , дії електричної дуги та електромагнітного поля.

Блискавкозахист складається з блискавкоприймача , токовому та заземлювача .

Блискавкоприймач служить для безпосереднього перехоплення розряду блискавки. До складу блискавки захисту входить стумовідвід.Цей елемент є частиною системи, що відводить струм блискавки від блискавкоприймача до заземлювача. В якості струмовідводу зазвичай використовується сталевий стрижень , або сталева смуга поперечним перерізом не менше 48 мм².

Заземлювач – це металевий стрижень, заглиблений у ґрунт для забезпечення розтікання струму в землю. Імпульсний опір заземлювача визначається категорією об'єкта блискавки захисту та нормується «Інструкцією з проектування та влаштування блискавки захисту».

Основні ізоляційні електрозахистні засоби здатні довгий час витримувати робочу напругу електроустаткування , тому ними дозволяється торкатися до струмопровідних частин.

До таких засобів відносяться діелектричні гумові рукавиці, інструменти з ізольованими ручками , ізоляційні і струмовимірювальні кліщі.

Застосування і випробування електрозахисних засобів регламентується відповідними правилами .

3.2 Перша медична допомога при ураженні електричним струмом

Рятування потерпілих від впливу електричного струму залежить від швидкості звільнення їх від дії струму, а також від швидкості та правильності надання їм допомоги [37].

Послідовність надання першої допомоги :

1. Усунути вплив на організм ушкоджуючих факторів, які загрожують здоров'ю та життю потерпілих.

2. Викликати швидку медичну допомогу, або вжити заходів , щодо транспортування потерпілих до лікувального закладу.

3. Виконати необхідні заходи з рятування потерпілих в послідовності:

– відновити прохідність дихальних шляхів;

– здійснити штучне дихання;

– провести непрямий масаж серця;

4. Підтримати основні життєві функції потерпілих до прибуття швидкої допомоги.

В місцях постійного чергування персоналу повинні бути аптечка з необхідними засобами для надання першої медичної допомоги . плакати з інформацією про правила надання першої медичної допомоги [37].

3.3 Пожежна безпека

Система попередження пожежі – це комплекс організаційних заходів та технічних засобів, спрямованих на усунення умов виникнення пожежі [38].

У комплекс протипожежних засобів входять попередження виникнення пожеж, обмеження поширення вогню при виникненні пожежі, створення умов для успішної евакуації людей з приміщення, яке горить, і забезпечення умов для швидкої ліквідації пожежі.

Для забезпечення безпечної евакуації людей з приміщень і будівлі на підприємстві передбачені такі заходи:

– застосовуються засоби пожежної сигналізації й засоби повідомлення персоналу при виникненні пожежі;

– з робітниками і обслуговуючим персоналом передбачено проведення інструктажу по техніці пожежної безпеки занять і бесід;

– не допускається завалювання виходів різними матеріалами, сміттям та іншими предметами;

До первинних засобів пожежогасіння належить вогнегасники, пожежний інвентар (бочки з водою, пожежні відра, ящики з піском, совкові лопати, протипожежні покривала) [38].

Загальні вимоги пожежної безпеки:

– кожен повинен знати правила поведінки при пожежі, шляхи евакуації вміти користуватися первинними засобами пожежогасіння, знати місце їх знаходження;

– легкозаймисті та горючі рідини необхідно зберігати у спеціально відведених місцях окремо від інших матеріалів.

Правила поведінки людей при виникненні пожежі:

– у випадку виникнення пожежі необхідно викликати спеціалізовану пожежну частину та повідомити керівництво підприємства і негайно розпочати ліквідацію пожежі всіма наявними способами;

– здійснити необхідні заходи , щодо гасіння пожежі власними силами;

– евакуювати людей і майно;

– виходячи з приміщення , де виникла пожежа, потрібно щільно зачинити двері , щоб зменшити надходження кисню до приміщення;

Головна небезпека від якої гинуть люди на пожежі — дим і гаряче повітря , тому у задимленому приміщенні дихати потрібно тільки через мокру щільну тканину, пам'ятаючи, що поблизу підлоги концентрація диму найменша[38].

3.4 Санітарні норми на підприємстві

Залежно від ступеня виробничої шкідливості та умов технологічного процесу, а також заходів з очищення шкідливих відходів в атмосферу промислові підприємства поділяються на 5 класів[36].

Місця виконання робіт, руху людей і транспорту в зимовий період очищають від снігу та льоду і посипають піском , а літом поливають водою .

Сміття та відходи виробництва збирають у ящики, які встановлені у спеціально відведених місцях, а потім вивозять з території об'єкта або спалюють.

Проїзди та проходи на території виробничого об'єкта розташовують з урахуванням технологічного процесу та протипожежних заходів:

Проїзди та пішохідні доріжки асфальтують або ж на них роблять інше тверде покриття. Проходи для пересування людей улаштовують достатньої ширини та правильно спланованими [40].

Обсяг виробничих приміщень на одного працюючого повинен складати не менше 15 м³, а площа приміщення не менше 4, 5 м². Висота приміщення від підлоги до стелі для енергетичного і транспортно– складського господарства має бути не менше 3 м.

Підлога повинна бути гладкою, але не слизькою, зручною для очищення.

Виробничі приміщення повинні мати стулки рами, що відкриваються, або якісь інші пристрої для провітрювання

Виробничі приміщення в яких тривалий час знаходиться обслуговуючий персонал устатковують приладами опалення. Біля входу у виробничі будівлі передбачаються металеві решітки для очищення взуття.

Допоміжні приміщення та будівлі слід розташовувати в місцях з найменшим впливом шуму, вібрацією, пилю та інших шкідливих факторів виробництва [40].

3.5 План ліквідації аварійних ситуацій

ПЛАС (План ліквідації аварійних ситуацій) є документом, який разом з схемами енергозбереження, ситуаційними і планами поверхів обов'язково повинен входити до складу аварійних документів об'єкту, визнаного потенційно небезпечним.

Метою плану локалізації і ліквідації аварійних ситуацій і аварій є планування дій персоналу підприємства, спецпідрозділів, населення, центральних і місцевих органів виконавчої влади і органів місцевого самоврядування по локалізації і ліквідації аварій і пом'якшення їх наслідків.

Перелік виробництв(цехів,відділень,виробничих ділянок) і окремих об'єктів,для яких розробляється ПЛАС, визначається і затверджується власником підприємства за узгодженням з територіальними управліннями Держ. наглядохоронпраці і з територіальними органами Міністерства України з питань надзвичайних ситуацій і у справах захисту населення[39].

Аварії залежно від їх масштабу можуть бути трьох рівнів: А,Б,В. На «А» аварія характеризується розвитком аварії в межах одного виробництва(цеху,відділення,виробничої ділянки),яке є структурним підрозділом підприємства. На рівні «Б» аварія характеризується переходом за межі структурного підрозділу і розвитком її в межах підприємства. На рівні «В» аварія характеризується розвитком і переходом за межі території підприємства, можливістю дії вражаючих чинників аварії на населення довколишніх населених районів і інших підприємств,а також на довкілля. ПЛАС повинен охоплювати усі рівні розвитку аварії, встановлених в процесі аналізу небезпек. ПЛАС розробляється з урахуванням усіх станів підприємства(об'єкту): пуск,робота,зупинка і ремонт. ПЛАС має бути погоджений з територіальними органами державної служби з надзвичайних ситуацій,територіальними установами державної сан епідерм служби і при необхідності з органами місцевого самоврядування[39].

ПЛАС повинен містити:

- оперативну частину, в якій дається коротка характеристика небезпеки об'єкта(технологічного блоку,установки і т.д.),заходи щодо захисту персоналу і діям з локалізації та ліквідації аварійних ситуацій[39].

- розрахунково - пояснювальну записку,в якій міститься докладний аналіз небезпеки можливих аварійних ситуацій на об'єкті.

ВИСНОВКИ

1 На теперішній час багато питань зосереджено на засобах енергозбереження, екологічності здобуття енергії та надійності енергетики. Особлива увага в провідних країнах світу приділяється використанню поновлювальних джерел енергії, до яких відносяться не тільки загальна потужна гідроенергетика але,що не більш важливо - мала гідроенергетика.

2 Потужна та мала гідроенергетика відзначається виробництвом електроенергії де не застосовують органічне та ядерне паливо, при цьому гарантованим є відновлювальні енергоресурси,довгостроковим терміном служби та надійністю експлуатації.

3 За очевидними перевагами ГЕС шкодять природному руслу річок,змінюючи їх,з їхнім впливом виникають зсуви берегових ліній. Розробка та впровадження проектів малих безгребельних електростанцій дають можливість уникнути відомих негараздів і підвищити енергетичний потенціал малих річок.

4 Необхідність розробки нормативно-правових актів державного та регіонального рівнів,що забезпечують захист природнього навколишнього середовища та шкідливого впливу в результаті життєдіяльності людини. Ці акти є вимогою часу. До використання при нових об'єктах гідроенергетики.

5 При будівництві малих безгребельних (берегових)ГЕС вимагає унормування кількісних значень екологічних критеріїв та технічних обмежень на екологічно - безпечне використання стоку води малих річок для виробництва електроенергії зі збереженням функціонування рибоходів,регулювання потужності ГЕС по водотоку

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Енергетичний потенціал альтернативної енергетики в Україні.: URL: <https://481-Текст%20статті-480-1-10-20151106.pdf>. (дата звернення 03.09.2020).

2. Ріки в Українських Карпатах.: URL: <https://podorozg.ostriv.in.ua/publication/code-BA17CFBA7BD6/list-18EE4023327>. (дата звернення 03.09.2020).

3. Гідроенергетика. Держенергоефективності України. Державне агентство з енергоефективності та енергозбереження України.: URL: <https://saee.gov.ua/uk/ae/hydroenergy>. (дата звернення 03.09.2020).

4. Мала гідроенергетика України . Том I та Том II. Технологічні особливості малих ГЕС.: URL: <https://energyukraine.org/wp-content/uploads/2018/05otchet-MGES2.pdf>. (дата звернення 10.09.2020).

5. Критерії й принципи вибору місць для будівництва МГЕС на гірських річках Карпат. Асамблея громадських рад Закарпаття, 2013 р.: URL: https://zakgromrada.org.ua./arhiv/materials_170713.pdf. (дата звернення 10.09.2020).

6. Проблеми та перспективи малої гідроенергетики в Україні. Ю.С.Власюк., Д.В.Стефанишин.: URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/286062533>. (дата звернення 10.09.2020).

7. Гидроэлектростанции малой мощности .Учеб. пособие/Под. ред. В.В. Елистратова- СПб.: Издательство Политехн. ун-та 2005-432ст(дата звернення 10.09.2020).

8. В.В.Вакина, И.Д. Денисенко, А.Л.Столяров « Машиностроительная гидравлика. Примеры расчётов. Главное издательство объединения «Вища школа». 1987р. 234с.(дата звернення 10.09.2020).

8. Пат. WO2011051421/Gravitationwaternvortexpowerplant/ФранцЦотлетер ер(Австрія). Заявлено 29.10.10. Опубліковано 05.05.11.: URL: <https://w.w.w.google.com.ua/patents/WO2011051421A2?cl=de&hl=ru&dq=gravitation+water+power+plant>. (дата звернення 11.09.2020).

9. Гідроенергетика :Учебник для вузов /А.Ю. Александровский , М.И.Кнеллер, Д.Н.Коробова и др. Под.ред.В.И. Обрезкова-2е издание перераб и доп-М; Энергоатомиздат .1988г-512с:ил.(дата звернення 11.09.2020).

10. Проблемы строительства малых ГЭС в карпатском регионе.: URL: <https://w.w.w.biowatt.com.ua/analitika/problema-stroitel-stva-maly-h-ge-s-v-karpatskom-regione/>. (дата звернення 12.09.2020).

11. Пелєвін. А.С. Використання енергії малих річок. :URL:https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/24664/1/Pielievin_magistr.pdf. (дата звернення 10.09.2020).

12. Сокольский А.К. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии. Учебное пособие. М:РГОТУПС,2006р. 104с. (дата звернення 12.09.2020).

13. Подгоринов А.Л. Хілобоченко Л.С. Гідроенергетичне використання малих річок України. К:АН УРСР 1959р. 193с (дата звернення 11.09.2020).

14. Лежнюк П.Д., Хоменко В.О., Аналіз стану та перспективи розвитку малої гідроенергетики в Україні. Експлуатація малих ГЕС та каскадів малих ГЕС у сучасних умовах. Вісник Вінницького політехнічного інституту 2012 №6 118-123с.(дата звернення 06.09.2020).

15. Сучасний стан ,проблеми та перспективи розвитку гідроенергетики України. Аналіт. доп./О.М.Суходоля, А.А.Сидоренко, С.В.Бегун, А.А.Білуха-К.:НІСД,2014-112 с.(дата звернення 11.09.2020).

16.Перспективи розвитку відновлювальної енергетики в Україні до 2030 року/Д.Жілен,Д.Сайгін,Н.Вагнер-Абу-Дабі:IRENA,2015-57с- Режим доступу:https://sae.gov.ua/sites/default/files/UKP%20IRENA%20REMAR%20_%202015.pdf.(дата звернення 03.09.2020).

17.Карамушка О.М. Мала гідроенергетика України. Стратегія та поточні проблеми розвитку. Погляд асоціації «Укргідроенерго»/О.М.Карамушка//Гідроенергетика України.-2012-№4-52-55с.(дата звернення 03.09.2020).

18.Григорьев С.В. Потенциальные энергоресурсы малых рек СССР/Под ред. д-ра. техн. наук Д.Л.Соколовского. Ленинград: Гидрометеиздат, 1946. 117с.(дата звернення 03.09.2020).

19.Гидрология и гидротехнические сооружения. Под. ред. Г.Н.Смирнова-М.: Энергоатомиздат, 1988.-301с.(дата звернення 05.09.2020).

20.Гидроенергетика и комплексное использование водных ресурсов СССР. Под ред. П.С.Непорожного.-М.: Энергия, 1982.-321с.(дата звернення 09.09.2020).

21.Гидрология и гидрометрия. Под ред. Г.В. Железнякова – М.: Энергия, 1981.-103с. (дата звернення 09.09.2020).

22.В.І. Вишневский, О.О.Косовец. Гідрологічні характеристики річок України.-К. :Ника-центр 2003.-324с.(дата звернення 09.09.2020).

23.Гидрологические основы гидроэнергетики. Под ред. А.Ш. Резниковского- М.: Энергоатомиздат, 1989-241с.(дата звернення 08.09.2020).

24.Гидроэлектрические станции. Под ред. Ф.Ф. Губина и Г.И.Кривченкот-М.: Энергия, 1980.-245с.(дата звернення 08.09.2020).

25. Гидроэнергетика. Под ред. Обрезкова В.И.М.: Энергоатомиздат, 1988.- 2784 с.(дата звернення 08.09.2020).

26. Бусырев А.И., Топаж Г.И. Лопастные гидромашины. Выбор основных параметров и элементов проточной части реактивных гидротурбин: Учебное пособие. СПб.: изд-во Политехнического ун-та, 2007.- 123 с. (дата звернення 09.09.2020).

27. Гидроэнергетическое и вспомогательное оборудование гидроэлектростанций ч1./ Под ред. Ю.С. Васильева, Д.С. Щавелева.- М.: Энергоатомиздат, 1988.-340 с. (дата звернення 08.09.2020).

28. Справочник по гидротурбинам: Справочник/ В.Б. Андреев, Г.А. Броновский, И.С. Веремеенко. Под общ. ред. Н.Н. Ковалева. -Л.: Машиностроение, Ленинград. Отд-ние, 1984.-496 с, ил. (дата звернення 09.09.2020).

29. Рожкова Л.Д. Электрооборудование станций и подстанций/ Л.Д. Рожкова, В.С. Козулин. -М.: Энергоатомиздат, 1987.-648 с. (дата звернення 05.09.2020).

30. В.В. Вакина, И.Д. Денисенко, А.Л. Столяров. // «Машиностроительная гидравлика. Примеры расчетов». К, Главное издательство издательского объединения «Вища школа», 1987р., 234 с. (дата звернення 05.09.2020).

31. Справочник по гидротехнике // Всесоюзный научно-исследовательский институт водоснабжения, канализации, гидротехнических сооружений и инженерной гидрогеологии.-М.: 1955.,-648 с. (дата звернення 05.09.2020).

32. Гидроэнергетические станции – Н.Н. Аршеневский и др., Под ред. Карелина В.Я.-М.: «Энергоатомиздат», 1987.-464 с. (дата звернення 06.09.2020).

33.Васько П.Ф. Сучасний стан, потенційні можливості та передумови подальшого розвитку малої гідроенергетики в Україні//Відновлювальна енергетика-2006-№1.- С.60-65.(дата звернення 09.10.2020).

34. Закон України №1572-IV від 07.04.2004 «Про ратифікацію Рамкової конвенції про охорону та сталий розвиток Карпат»//Верховна Рада України,2004.:URL:<http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/1672-15> (дата звернення 25.10.2020).

35. Васько П.Ф., Ибрагимова М.Р. Энергетическая эффективность малой гидроэлектростанции при экологических ограничениях на использование стока воды реки для производства электроэнергии// Альтернативная энергетика и экология (ISJAEE)-2017-№04-06 (216-218).- С103-115.-ISSN 1608-8298/(дата звернення 06.11.2020).

36.Охорона праці на підприємстві.
:URL:<https://pravdop.com/ua/publications/komentarii-zakonodatelstva/ohrana-truda-na-predpriyatii-glavnie-trebovaniya/>. (дата звернення 07.09.2020).

37. Методи і засоби захисту від ураження електричним струмом.:URL:<https://buklib.net/books/35195>. (дата звернення 07.09.2020).

38. Рекомендації щодо оснащення об'єктів первинними засобами пожежогасіння.:URL:<https://nuczu.edu.ua/material/avtomat/ukr/lessons/25/5.html/>.(дата звернення 07.09.2020).

39. План локалізацій і ліквідацій аварійних ситуацій і аварій – ПЛАС.:URL:<https://studfiles.net/preview/5544696/page:27/>. (дата звернення 07.09.2020).

40 Державних санітарних норм та правила«Гігієнічна клас. Про затвердження тарифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища,вЗдоровья.:URL:<https://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/z0472-14-08.04.2014>.(дата звернення 07.09.2020).

41. Закон України №1572-IV від 07.04.2004 « Про ратифікацію Рамкової конвенції про охорону та сталий розвиток Карпат»//Верховна Рада України, 2004.: URL: <https://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/1672-15> (дата звернення 25.10.2020).

42. Мини ГЭС. Виды и работа. Применение и устройство. Особенности.: URL: <https://electrosam.ru/glavnaja/jelektrooborudovanie/jelektropitanie/mini-ges/>. (дата звернення 08.10.2020).

43. Гідроелектростанція своїми руками: як побудувати автономну міні ГЕС.: URL: <http://sovet-ingenera.com/eco-energy/eko-dom/gidroelektrostanciya-svoimi-rukami.html> (дата звернення 20.10.2020).

44. Основні типи генераторів. Альтернативна енергія.: URL: <http://alternative-energy.com.ua/uk/osnovni-tipi-gidrogeneratoriv>. (дата звернення 15.10.20).

45. Гірляндна міні ГЕС своїми руками. Майстер-класи своїми руками: URL: <http://jak-zrobyty.pp.ua/8055-gsrlyandnaya-mn-ges-svoyimi-rukami.html>. (дата звернення 10.10.20).

46. Малые гидроэлектростанции (МГЭС). Классификация, типы, достоинства и недостатки мини ГЭС.: URL: <http://gigavat.com/mini-ges.php>. (дата звернення 24.10.2020).

47. Малая и микрогидроэнергетика. Бесплатное электричество-мини ГЭС своими руками.: URL: <http://microhydro.ru/besplatnoe-elektrichestvo-mini-ges-svoimi-rukami/>. (дата звернення 26.10.2020).

48. Маленькі ГЕС. Чи малі перспективи малої гідроенергетики.: URL: <http://solydus.ru/uk/malenzie-ges-nemalye-perspektivy-maloi-gidroenergetiki.html>. (дата звернення 05.10.2020).

49. Гідротурбіни і оборотні машини.:

[URL:https://energetika.in.ua/ua/books/book-3/part-2/sectoin-5/5-2](https://energetika.in.ua/ua/books/book-3/part-2/sectoin-5/5-2). (дата звернення 07.10.2020).

50. Основные типы гидрогенераторов.: [URL:https://genport.ru/article/osnovnye-tipy-gidrogeneratorov](https://genport.ru/article/osnovnye-tipy-gidrogeneratorov). (дата звернення 01.11.2020).

51. Виготовлення гідротурбінного обладнання ГЕС. Герасимов. Г .Г 2016-331ст. (дата звернення 29.10.2020).

52. Сучасний рівень та основні напрямлення розвитку гідробудівництва України.: [URL:https://dspace.nbuv.gov.ua/bitstream/handle](https://dspace.nbuv.gov.ua/bitstream/handle)

53. Гідроелектростанція своїми руками: як побудувати автономну міні ГЕС.: [URL:http://sjvet-ingenera.com/eco-energy/eko-dom/gidroelektrostantsiya-svoimi-rukami.html](http://sjvet-ingenera.com/eco-energy/eko-dom/gidroelektrostantsiya-svoimi-rukami.html). (дата звернення 05.10.2020).

54. Подгорінов А.Л., Хілобоченко Л.С., Гідроенергетичне використання малих річок України.: АН-УРСР. 1959. 193с.