



ІНСТИТУТ ПРОБЛЕМ ЕКОЛОГІЇ
ТА ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

МАЛА ГІДРОЕНЕРГЕТИКА УКРАЇНИ

Том II

Технологічні особливості малих ГЕС

Київ – 2018

Авторський колектив:

*Василь Вовчак, Олександр Тесленко,
Олексій Самченко*

Редакція:

Сергій Єрмілов

«Мала гідроенергетика України. Технологічні особливості малих ГЕС. Том II». В цьому документі представлені результати аналітичного огляду технологій, що використовуються на малих гідроелектростанціях України в гірських та рівнинних регіонах з акцентом на Карпатському регіоні (Закарпатська, Івано-Франківська, Чернівецька та Львівська області) у порівнянні із сучасними аналогами, які застосовуються в Європейському Союзі за їх впливом на навколишнє середовище (включаючи екосистему річки) та ефективність їх використання.

Цей документ розроблено ТОВ «Інститут проблем екології та енергозбереження» на замовлення та за фінансової підтримки Всесвітнього фонду природи WWF в Україні.



Інформаційні матеріали, які використані для складання цього документу та представлені в ньому з посиланнями на джерела інформації, обиралися на власний розсуд авторів та не погоджувалися з Всесвітнім фондом природи WWF в Україні.

Думки авторів, викладені у цьому документі, можуть не співпадати з позицією Всесвітнього фонду природи WWF в Україні.

Зміст

ТОМ № 1

Анотація.....	5
Перелік скорочень та позначень.....	6
Вступ.....	7
1 Сучасні тенденції розвитку світової малої гідроенергетики.....	9
1.1 Загальна інформація.....	9
1.2 Огляд стану світової малої гідроенергетики.....	12
1.3 Екологічні аспекти малої гідроенергетики Європейського Союзу.....	19
1.4 Висновки.....	21
2 Гідроенергетичний потенціал України.....	23
2.1 Загальний енергетичний потенціал малої гідроенергетики.....	23
2.2 Гідроенергетичний потенціал малих річок України.....	28
2.3 Гідроенергетичний потенціал річок Карпатського регіону України.....	31
3 Мала гідроенергетика України.....	58
3.1 Етапи розвитку малої гідроенергетики України.....	58
3.2 Поточний стан малої гідроенергетики України та її внесок у загальну енергетичну систему.....	67
3.3 Перспективні напрямки розвитку малої гідроенергетики в Україні.....	74
3.4 Законодавчі стимули розвитку малої гідроенергетики.....	90
3.5 Екологічні аспекти малої гідроенергетики в Україні.....	96
Висновки.....	108
ДОДАТКИ.....	111
Додаток А – Класифікація ГЕС малої потужності у світовій практиці.....	112
Додаток Б – Динаміка встановленої потужності малих ГЕС в Європі.....	113
Додаток В – Методика визначення гідроенергетичного потенціалу Карпатського регіону.....	114
Додаток Г – Кількість МГЕС в Україні в період 1948 – 1960 р.р.....	122
Додаток Д – Діючі малі ГЕС України (станом на 2005 р.).....	123
Додаток Е – Недіючі малі ГЕС України (станом на 2005 р.).....	134
Додаток Ж – Перелік малих ГЕС, яким встановлено "зелений" тариф.....	151
Додаток З – План розвитку генеруючих потужностей на МГЕС України.....	161
Додаток И – Сценарії розвитку енергосектору України до 2050 року.....	166
Додаток К – Гідроенергетичний потенціал малих річок України.....	169
Додаток Л – Досвід Австрії в питаннях дотримання екологічних обмежень при будівництві МГЕС.....	179

ТОМ № 2

Анотація.....	5
Перелік скорочень та позначень.....	6
Вступ.....	7
1 Загальна інформація	10
2 Технологічні особливості будівництва і експлуатації МГЕС	12
2.1 Класифікація ГЕС.....	12
2.2 Типи та характеристика малих ГЕС.....	19
2.3 Характеристика основного обладнання малих ГЕС	28
2.4 Особливості МГЕС як об'єктів відновлювальної енергетики	39
2.5 Нормативна база щодо будівництва та експлуатації малих ГЕС.....	44
3 Вплив малих ГЕС на навколишнє середовище	49
3.1 Загальна інформація	49
3.2 Вплив малих ГЕС на довкілля.....	50
3.3 Вплив малих ГЕС на флору і фауну	56
3.4 Основні заходи щодо зменшення негативного впливу малих ГЕС на довкілля	61
3.5 Екологічні вимоги до малої гідроенергетики Карпатського регіону	65
4 Найкращі технології будівництва МГЕС	71
4.1 Деякі з найкращих технологій	71
4.2 Використання найкращих технологій на МГЕС України	84
4.3 Огляд технологічних рішень МГЕС Карпатського регіону	88
Висновки.....	93
Бібліографія	106
ДОДАТКИ.....	107
Додаток А – Водосховища.....	108
Додаток Б – Оцінка впливу малих ГЕС на довкілля	118
Додаток В – Рибопропускні та рибозагороджуючі пристрої.....	120
Додаток Г – Гідротехнічні споруди fish-friendly	131
Додаток Д – Загальні висновки проекту МГЕС «НижнійБистрий» на р. Ріка	139
Додаток Е – Довідка про стан нормативно-технічного забезпечення проектування об'єктів гідроенергетики в ПІК «Грант»	144

Анотація

В даному документі, що складається з двох томів, наведені результати огляду технологічних особливостей малих гідроелектростанцій (МГЕС), та їхній вплив на навколишнє природне середовище.

Метою роботи був огляд технологій, що використовуються на МГЕС в Україні в гірських та рівнинних регіонах з акцентом на Карпатському регіоні (Закарпатська, Івано-Франківська, Чернівецька та Львівська області) у порівнянні із сучасними аналогами, які застосовуються в Європейському Союзі за їх впливом на навколишнє середовище (включаючи екосистему річки) та ефективність їх використання.

Перший том документу складається з трьох розділів та додатків до них.

В першому розділі розглянуті стан та сучасні тенденції розвитку світової малої гідроенергетики, а також деякі екологічні аспекти розвитку малої гідроенергетики Європейського Союзу.

В другому розділі виконано аналіз досліджень гідроенергетичного потенціалу малих річок України та більше уваги приділено малим річкам Карпатського регіону України.

В третьому розділі досліджено етапи розвитку, поточний стан та перспективи малої гідроенергетики України, а також законодавчі стимули та екологічні аспекти розвитку малої гідроенергетики в Україні.

Другий том документу складається з чотирьох розділів та додатків до них.

В першому розділі наведено загальні інформаційні дані щодо типів малих ГЕС та їх впливу на навколишнє природне середовище.

В другому розділі представлено технологічні особливості будівництва та експлуатації малих ГЕС в Україні, а також проаналізовано наявну в Україні нормативно-технічну базу щодо цього.

В третьому розділі досліджено вплив малих ГЕС на екологічну систему та наведено основні заходи щодо зменшення негативного впливу на довкілля.

В четвертому розділі виконано огляд найкращих світових технологій будівництва малих ГЕС та наведено досвід їх впровадження на МГЕС України.

Перелік скорочень та позначень

АЕС – атомна електростанція;
ГАЕС – гідроакумуюча електростанція;
ГЕС – гідроелектростанція;
ГКД – галузеві нормативні документи;
ДБН – державні будівельні норми;
ДСТУ – державний стандарт України;
ЄС – європейський союз;
КМУ – Кабінет Міністрів України;
МГЕС – мала гідроелектростанція;
МНС – міністерство надзвичайних ситуацій;
НПР – нормальний підпірний рівень;
ОВНС – оцінка впливу на навколишнє середовище;
ПЗФ – природно-заповідний фонд;
ПУЕ – правил улаштування енергоустановок;
РМО – рівень мертвого об'єму;
СанПиН – санітарні норми і правила;
СНиП – будівельні норми і правила (рос. строительные нормы и правила);
СДО – стратегічна довкілля (екологічна) оцінка;
США – Сполучені Штати Америки;
ТЕС – теплова електростанція;
ФПР – форсований підпірний рівень;
ЧКУ – Червона книга України.

Вступ

Україна має значний потенціал енергетичного використання водних ресурсів малих річок (головним чином у Карпатському регіоні), що складає майже 28% загального гідропотенціалу всіх рік України¹.

При використанні гідропотенціалу малих річок України можна досягти значної економії паливно-енергетичних ресурсів, причому розвиток малої гідроенергетики сприятиме децентралізації загальної енергетичної системи, чим вирішить ряд проблем в енергопостачанні віддалених і важкодоступних районів сільської місцевості.

На території України налічується близько 23 000 річок, але лише 110 із них довші за 100 км, тому основні ресурси гідроенергетики зосереджені на малих річках, переважно у Карпатському регіоні, до якого належать Закарпатська, Львівська, Івано-Франківська і Чернівецька області¹.

Станом на січень 2018 р. в Україні діяло 136 малих гідроелектростанцій (МГЕС) із загальною встановленою потужністю 94,6 МВт, якими вироблено у 2017 році 212,5 млн. кВт·год електроенергії².

У Європейському Союзі (ЄС) на поточний час в експлуатації перебуває понад 800 ГВт гідроенергетичних потужностей з річним обсягом виробництва електроенергії близько 7080 ТВт·год. За оцінкою Міжнародного енергетичного агентства, 5 % світового потенціалу гідроенергетики реалізуються через МГЕС¹.

Серед країн провідне місце посів Китай (47 ГВт), друге – Японія (4 ГВт), третє – США (3,4 ГВт). На початок 2009 року сумарна потужність МГЕС зросла до 85 ГВт, лідером залишився Китай (51 ГВт). У першу п'ятірку увійшли Японія (3,3 ГВт), США (3 ГВт), Італія (2,6 ГВт), Бразилія (1,8 ГВт), Німеччина (1,4 ГВт)¹.

В Україні у найближчій перспективі планується збудувати кілька сотень малих ГЕС у Закарпатській області, у Івано-Франківській області, за різними даними, планується будівництво від півсотні до півтори сотні малих ГЕС, до двох десятків заплановано у Львівській та Чернівецькій областях³.

¹ Держенергоефективності України <http://saee.gov.ua/uk/ae/hydroenergy>

² Статистична інформація щодо об'єктів альтернативної електроенергетики, яким встановлено "зелений" тариф станом на 01.01.2018 року. Національна комісія, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг .
http://www.nerc.gov.ua/data/filearch/elektro/energo_pidpryemstva/stat_info_zelenyi_taryf/2017/stat_zelenyi-taryf.12-2017.pdf

³ WWF - World Wide Fund For Nature
http://wwf.panda.org/uk/our_work/rivers_and_wetlands/rivers/no_hydro/ua_ges_map1/

Згідно цих планів у верхів'ї гірських річок повинно розпочатись масове будівництво каскадів із сотень малих гідроелектростанцій дериваційного та пригребельного типу, а також низки водосховищ, які виконуватимуть гідроаккумуляційну функцію. Так, наприклад, лише у Закарпатській області у рамках Програми комплексного використання водних ресурсів Закарпатської області та згідно локальних та обласної схем розташування малих гідроелектростанцій заплановано побудувати 360 таких міні ГЕС та сотні водосховищ у верхів'ї малих річок Карпат, які на сьогодні ще є автентичними за своєю морфологією, гідрологічним режимом, динамікою, складом водних тварин та рослин, характером прибережних біотопів і слугують еталоном незайманих гірських річкових екосистем Європи⁴.

Спорудження МГЕС має не тільки переваги, а й низку серйозних недоліків, пов'язаних із екологічним впливом. Внаслідок спорудження гідроенергетичних об'єктів можуть затоплюватися великі ділянки землі, зникати цінні породи риб та втрачатися родючі ґрунти. Тому подальший розвиток гідроенергетики потребує усунення екологічних ризиків та впровадження заходів щодо зменшення негативного впливу на довкілля⁵.

Сьогодні місця влаштування МГЕС в Україні визначаються інвесторами, що не завжди 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», «Про охорону навколишнього природного середовища», «Про тваринний світ» та «Про рослинний світ»⁴.

Сучасні дослідження у галузі гідроенергетики свідчать, що гідроенергетику не 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. Каскад малих ГЕС фрагментує річку, каналізує її, перешкоджаючи природному її плину. Створені водосховища на гірських річках повністю змінюють характер течії, змінюючи водночас і їх гідрологічний потенціал⁴.

⁴ Регіональна економіка. – No 4 (66) Актуальні аспекти дієвості екологічних критеріїв при визначенні місць будівництва малих ГЕС у Карпатському регіоні. Станкевич-Волосянчук О. В., Лукша О. В., Волошин В.М. http://ekosphaera.org/wp-content/uploads/2018/02/Article_Hydropower.pdf

⁵ Держенергоефективності України <http://saee.gov.ua/uk/ae/hydroenergy>

Мала гідроенергетика України на сьогодні незначно (0,2 %) представлена в структурі електрогенеруючих потужностей держави. Згідно Енергетичної стратегії України до 2030 року її частку планують збільшити до 1,6% (у 8 разів) значною мірою за рахунок високого гідроенергетичного потенціалу малих річок Карпат, що загалом прийнятно з позицій охорони природи гір. Водночас ажіотажне будівництво малих ГЕС у Карпатах, спричинене «зеленим» тарифом, не лише не спроможне вплинути на енергетичний баланс країни, але й через непродуманість і поспішність вибору місць для малих ГЕС здатне заподіяти вкрай згубний і незворотній вплив на екологічно еталонні річкові системи Українських Карпат⁶.

В цій частині звіту представлені результати комплексного дослідження та аналізу технологічних особливостей будівництва та експлуатації малих ГЕС, зокрема наведені:

- типи МГЕС та їх конструктивні і експлуатаційні особливості;
- характеристика основного обладнання МГЕС;
- характеристика основних заходів (експлуатаційних, конструктивних, тощо) щодо зменшення негативного екологічного впливу МГЕС;
- особливості роботи (правила) водосховищ на гірських та рівнинних МГЕС;
- найкращі апробовані технології будівництва МГЕС та можливість їх застосування в Україні.

⁶ Регіональна економіка. – No 4 (66) Актуальні аспекти дієвості екологічних критеріїв при визначенні місць будівництва малих ГЕС у Карпатському регіоні. Станкевич-Волосянчук О. В., Лукша О. В., Волошин В.М. http://ekospha.org/wp-content/uploads/2018/02/Article_Hydropower.pdf

1 Загальна інформація

Переважна більшість існуючих гідроелектростанцій в Україні є енергетичними установками великої потужності з власними водосховищами, розташованими в основному руслі річок Дніпро і Дністер. Деякі станції використовують свої водосховища в комплексі з гідроакумуючими станціями (ГАЕС)⁷.

Однак значна частина всіх ГЕС України припадає на малі ГЕС, потужність яких становить до 10 МВт, а також на міні ГЕС, потужністю від 100 до 1000 кВт та мікро ГЕС, потужність не більше 100 кВт (за міжнародною класифікацією).

За використанням водних ресурсів і концентрації напорів, всі ГЕС поділяють на: руслові, пригреблеві, дериваційні, гідроакумуючі та припливні.

Малі ГЕС зазвичай існують двох видів:

- що працюють завдяки створеному напору за рахунок різниці рівнів води у водяному потоці (руслові та пригреблеві МГЕС);
- що використовують енергію швидкості води без штучного створення напору (дериваційні ГЕС).

Малі ГЕС з греблею, загатою або дериваційним водоводом вважаються найтипівішими гідроенергетичними об'єктами, які будуватимуться або відновлюватимуться в Україні. Вони можуть використовувати або не використовувати водосховище для зберігання води.

З точки зору економії викопних паливних ресурсів, які використовуються при виробництві електроенергії, зокрема вуглеводнів (природного газу, нафти та вугілля), а також скорочення викидів парникових газів та шкідливих речовин в атмосферне повітря, застосування малих ГЕС є цілком виправдане та привабливе для виробників електроенергії. При чому, вода не використовується як ресурс, а використовується тільки її кінетична та гравітаційна енергія.

Основними перевагами сучасних малих ГЕС є:

- використання відновлюваної енергії водних ресурсів;
- збільшення енергонезалежності віддалених районів;
- низька собівартість електроенергії;
- відсутність шкідливих викидів в атмосферу;
- висока маневреність (у порівнянні з ТЕС та АЕС), тощо.

⁷ Технічний звіт з оцінки потенціалу відновлюваної енергетики в Україні: Малі ГЕС. ПРОГРАМА ФІНАНСУВАННЯ АЛЬТЕРНАТИВНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ В УКРАЇНІ (ПРОГРАМА USELF).
http://www.uself.com.ua/fileadmin/documents/U-Small_Hydro_Technical_Report.pdf

Однак поряд з наведеними перевагами малі ГЕС мають суттєві недоліки, які зосереджуються на негативному впливі на довкілля.

Основними недоліками малих ГЕС є:

- негативний вплив на іхтіофауну (відсутність цивільних рибоходів, що призводить до зникнення унікальних видів риби);
- осушення річок;
- збільшення кількості паводків;
- замулення водосховищ;
- забруднення прилеглих територій;
- неестетичний вигляд дериваційних каналів, тощо.

Крім зазначених недоліків, малі ГЕС мають дуже негативний вплив на рекреацію та розвиток туристичного бізнесу, що вкрай актуально для Карпатського регіону. Карпатський регіон належить до заповідних та природоохоронних зон та є одним з ключових туристичних центрів в Україні, який щороку відвідує понад 2 мільйони мандрівників⁸. Будівництво значної кількості малих ГЕС знижує туристичну привабливість Карпат і є вкрай небезпечним для природи цього регіону.

За оцінкою фахівців (ГО «Всеукраїнська екологічна ліга»), масове будівництво малих ГЕС у гірських районах призводить до активації зсувів, 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 риб. Природні екологічні коридори суттєво руйнуються після будівництва об'єктів малої гідроенергетики⁸.

Тому будівництво малих ГЕС вимагає ретельного управління експлуатацією цих об'єктів у відповідності до принципів належної екологічної практики, яка дозволяє ефективно вирішувати питання якості води, контролю паводків, забезпечення потреб рибного господарства, рекреації і поповнення стоку в умовах межені.

В наступних розділах наведено результати аналізу технологічних особливостей будівництва та експлуатації малих ГЕС, а також аналізу переваг та недоліків будівництва малих ГЕС в Карпатському регіоні (Закарпатська, Чернівецька, Івано-Франківська та Львівська області).

⁸ ГО «Всеукраїнська екологічна ліга» http://www.ecoleague.net/images/pdf/zayavy/Mali_GES.pdf

2 Технологічні особливості будівництва і експлуатації МГЕС

Виробництво електроенергії з використанням енергії води вважається добре відпрацьованою і перевіреною технологією. Будь-яких значних проривів щодо технічного удосконалення навряд чи можна очікувати в найближчій перспективі, оскільки існуюча технологія вже зараз характеризується високим рівнем ефективності і надійності. Гідроенергетика в Україні є добре розвиненою і вивченою галуззю.

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

Існуючі ГЕС поділяються за потужністю, конструкцією, місцем розташування, тощо.

2.1 Класифікація ГЕС

ГЕС і ГАЕС підрозділяють за встановленою потужністю (для ГАЕС по потужності в генераторному режимі) на⁹:

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

Потужність ГЕС безпосередньо залежить від натиску води, а також від ККД використовуваного турбогенератора. Через те, що за природними законами рівень води постійно змінюється, в залежності від сезону, а також ще з низки причин, в якості вираження потужності гідроелектричної станції прийнято брати циклічну потужність. Наприклад, розрізняють річний, місячний, тижневий або добовий цикли роботи гідроелектростанції.

⁹ Развитие теплоэнергетики и гидроэнергетики» Книга 3. Развитие теплоэнергетики и гидроэнергетики
<http://energetika.in.ua/ua/books/book-3/part-2/section-4/4-1>

Гідроелектростанції також поділяються залежно від максимального використання напору води¹⁰:

- високонапірні - понад 60 м;
- середньонапірні - від 25 м;
- низьконапірні - від 3 до 25 м.

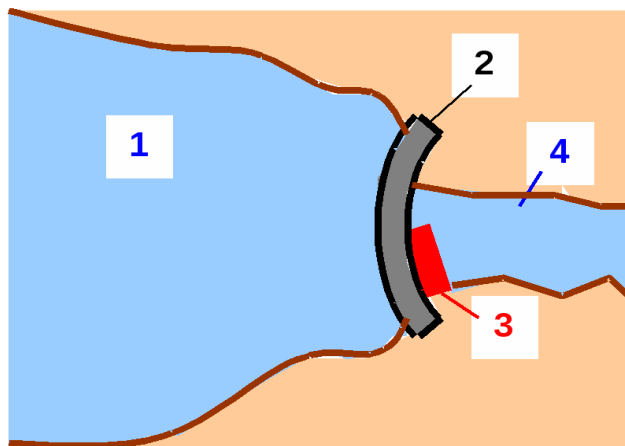
Залежно від напору води, в ГЕС застосовуються різні види турбін. Для високонапірних - ковшові і радіально-осьові турбіни з металевими спіральними камерами. На середньонапірних ГЕС встановлюються поворотнолопастні і радіально-осьові турбіни, на низьконапірних - поворотнолопастні турбіни в залізобетонних камерах. Принцип роботи всіх видів турбін схожий: вода, що знаходиться під тиском (напір води), надходить на лопаті турбіни, які починають обертатися. Механічна енергія обертання турбіни передається на поєднаний з нею електрогенератор, який виробляє електроенергію. Турбіни розрізняються за деякими технічними характеристиками, а також камерами - залізними або залізобетонними, і розраховані на різний натиск води.

ГЕС також розділяються в залежності від принципу використання природних ресурсів, і, відповідно, концентрації води, що утворюється. Тут можна виділити наступні види ГЕС: руслові, пригреблеві, дериваційні, а також гідроакумуючі¹⁰.

Руслові ГЕС (Рис. 2.1, Рис. 2.2) — це зазвичай низьконапірні станції, де напір води створюється безпосередньо за рахунок побудованої греблі, яка повністю перегороджує річку і піднімає воду на потрібний рівень. Будівля ГЕС входить до складу греблі і безпосередньо приймає напір води. Інколи це єдина споруда, що здатна пропускати воду, оскільки в греблі не передбачені інші спеціальні водоспускні отвори чи шлюзи (Рис. 2.3). Такі гідрооб'єкти будують на повноводних рівнинних річках та гірських річках, у місцях, де є вузьке русло з високими берегами¹⁰.

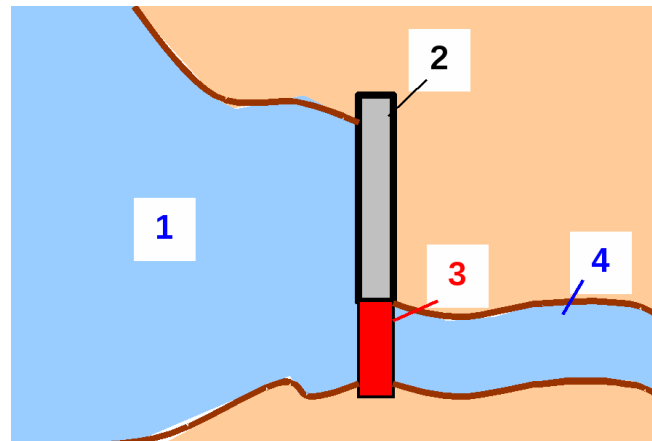
¹⁰ Матеріал з Вікіпедії — вільної енциклопедії.

<https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D1%96%D0%B4%D1%80%D0%BE%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BD%D1%86%D1%96%D1%8F>



1 – водосховище (верхній б'єф),
2 – бетонна гребля, 3 – будівля ГЕС
(машинний зал), 4 – водоскид

Рис. 2.1 – Руслова ГЕС
на рівнинній річці¹¹



1 – водосховище, 2 – земляна (насипна
або наливна) гребля, 3 – бетонна
(водозливна) гребля і будівля ГЕС, 4 –
водоскид

Рис. 2.2 – Руслова ГЕС
на гірській річці¹¹

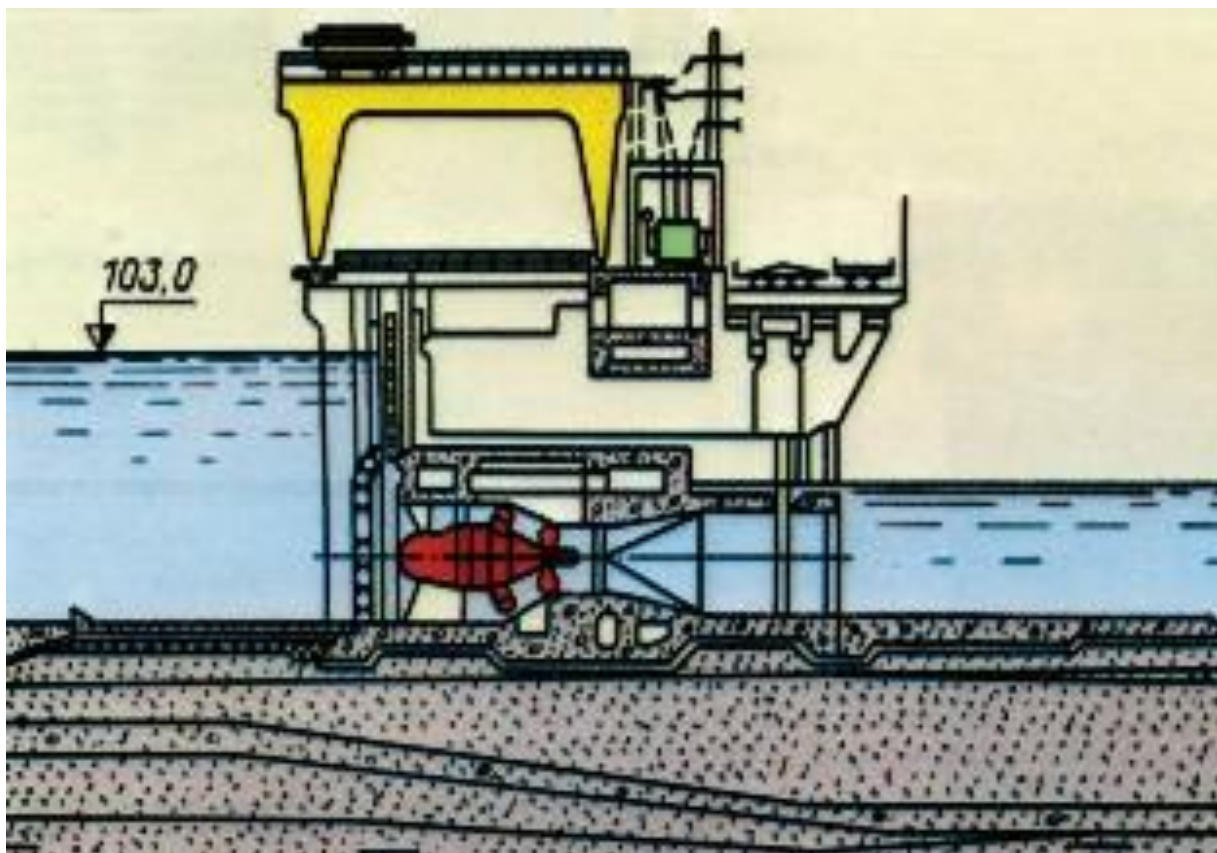
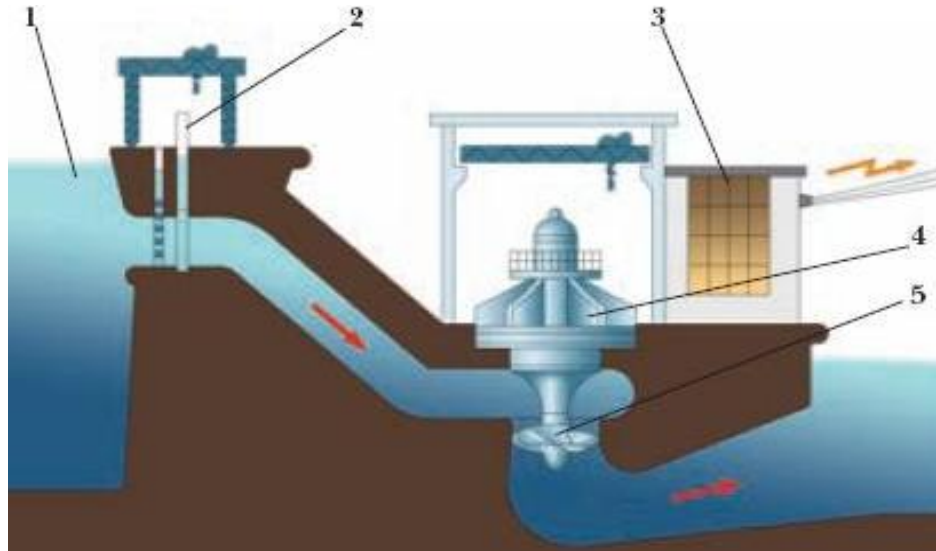


Рис. 2.3 – Конструкція руслової ГЕС¹²

¹¹ За матеріалами Кз рефераты: <http://netref.ru/6-elektrostancii-i-energосistemi-1-obshie-ponyatiya-elektrosta.html?page=3>

¹² «Развитие теплоэнергетики и гидроэнергетики» Книга 3. Развитие теплоэнергетики и гидроэнергетики <http://energetika.in.ua/ru/books/book-3/part-2/section-4/4-1>

Пригреблеві ГЕС (Рис. 2.4) — високонапірні станції, в яких будівля ГЕС розташована за греблею, в її нижній частині. Вода до турбін станції подається через спеціальні напірні лотки чи тунелі, а не безпосередньо як в руслових. Висота греблі в цьому випадку значно вища, ніж у руслових ГЕС, інколи це може бути і дві греблі. Обмежувальним чинником висоти греблі і водночас потужності таких ГЕС є площа затоплення і підтоплення навколишніх земель (не тільки прилеглих)¹³.



1 - водосховище; 2 - затвор; 3 - трансформаторна підстанція з розподільним пристроєм; 4 - гідрогенератор; 5 - гідравлічна турбіна

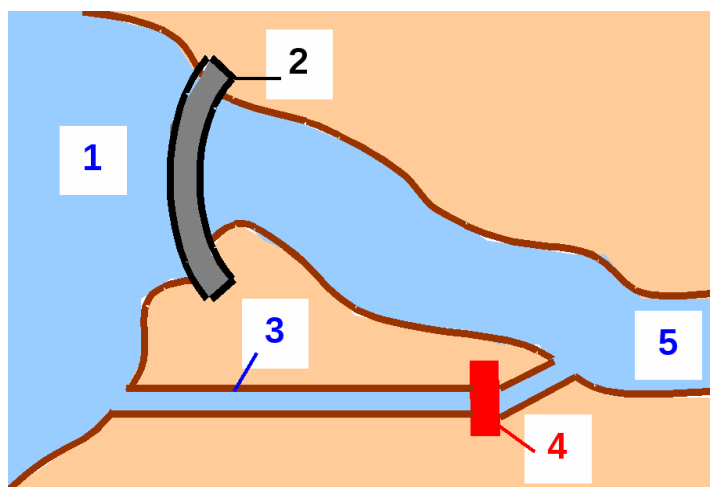
2.4 – Конструкція пригреблевої ГЕС¹⁴

Дериваційні ГЕС (Рис. 2.5) — станції, напір води для яких створюється за рахунок напірної чи безнапірної деривації. Під деривацією у гідротехніці розуміють сукупність гідротехнічних споруд, що відводять воду з річки, водосховища або іншої водойми і підводять її до відповідних гідротехнічних споруд. Розрізняють такі типи дериваційних споруд — безнапірні (канал, тунель, лоток) і напірні (трубопровід, напірний тунель). Напірний тип застосовується в тому разі, якщо є істотні (більше кількох метрів) сезонні або тимчасові коливання рівня води в місці її забору. Воду трубою, каналом чи лотком відводять з русла на певну відстань до споруди ГЕС, яка розташована нижче за течією. Такі станції доцільно будувати у тих місцях (переважно гірських), де великий похил річки. У випадку напірної деривації водовід прокладається під великим похилом, або ж будується гребля, яка створює водосховище — змішана деривація, бо використовує два способи створення необхідної концентрації води¹³.

¹³ Матеріал з Вікіпедії — вільної енциклопедії

https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B0%D0%BB%D1%96_%D0%93%D0%95%D0%A1_%D0%A3%D0%BA%D1%80%D0%B0%D1%97%D0%BD%D0%B8

¹⁴ Презентація: приплотинные гидроэлектростанции <http://www.ukgras.ru/gidroelektrostantsii-ges/klassifikaciya/38-prezentaciya-priplotinnye-gidroelektrostantsii.html>



1 – водосховище, 2 – гребля, 3 – дериваційний канал, 4 – будівля ГЕС, 5 – водоскид

Рис. 2.5 – Дериваційна напірна ГЕС^{15 16}

Дериваційні ГЕС застосовуються при широкому діапазоні напорів, починаючи від декількох метрів на малих ГЕС і до 2000 м (ГЕС Райссек в Австрії має напір 1767 м), і будуються звичайно в передгірних і гірських районах¹⁷.

Гідроакумулюючі ГЕС (ГАЕС) — здатні акумулювати вироблену надлишкову електроенергію в системі та генерувати її в періоди інтенсивнішого споживання. Принцип роботи таких електростанцій наступний: в певні проміжки часу (часи не пікового навантаження/споживання електроенергії), агрегати ГАЕС працюють як насоси, і закачують воду в спеціально обладнані верхні басейни. Коли виникає потреба в виробництві/споживанні електроенергії, вода з них поступає в напірний водопровід і, відповідно, приводить в дію гідралічні турбіни з електрогенераторами¹⁸.

Класифікація ГЕС наведена в таблиці 2.1 (підготовлена авторами звіту).

¹⁵ За матеріалами Kz рефераты: <http://netref.ru/6-elektrostancii-i-energosissemi-1-obshie-ponyatiya-elektrosta.html?page=3>

¹⁶ За матеріалами WESWEN http://weswen.ru/hydro_micro/

¹⁷ Развитие теплоэнергетики и гидроэнергетики» Книга 3. Развитие теплоэнергетики и гидроэнергетики <http://energetika.in.ua/ru/books/book-3/part-2/section-4/4-1>

¹⁸ Матеріал з Вікіпедії — вільної енциклопедії.

<https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D1%96%D0%B4%D1%80%D0%BE%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BD%D1%86%D1%96%D1%8F>

Таблиця 2.1 – Класифікація ГЕС

Особливість ГЕС	Тип ГЕС	Характеристика ГЕС	Застосування ГЕС
Спосіб створення напору	Руслові ГЕС	Напір води створюється за рахунок побудованої греблі, яка повністю перегороджує річку	Рівнинні та великі гірські ріки
	Пригреблеві ГЕС	Високонапірні станції	Великі рівнинні ріки
	Дериваційні ГЕС	Напір води створюється за рахунок напірної чи безнапірної деривації (відведення води від русла річки по каналу або системі водоводів)	Гірські річки
Величина напору	Низьконапірні до 20 м	Низьконапірний русловий гідровузол передбачає створення ГЕС з напором води в кілька метрів, водосховище якої зазвичай обмежується зоною природного затоплення заплави при сильних паводках.	Невеликі за водністю рівнинні та невеликі гірські ріки
	Середньонапірні від 20 до 70 м;	Середня величина напору води створюється за рахунок греблі.	Великі рівнинні та невеликі гірські ріки
	Високонапірні від 70 до 200 м і вище;	Високий напір створюється завдяки природному перепаду або завдяки будівництву греблі чи каналу.	Великі гірські ріки (водойми)

Продовження таблиці 2.1

Встановлена потужність	Потужні ГЕС від 25 МВт і більше	Потужні гідроелектро-станції мають, як правило, дуже великі розміри, і виробляють більше 25 МВт (50 МВт) потужності. Створення напору здійснюється за рахунок будівництва великих гребель.	Великі гірські ріки
	Середні ГЕС до 25 МВт	Середні по потужності ГЕС виробляють від 10 до 25 МВт (50 МВт) енергії.	Великі рівнинні та невеликі гірські ріки
	Малі ГЕС до 10 МВт	Малі ГЕС розрізняють за потужністю. Згідно з сучасною міжнародною класифікацією за нормативом ООН, до МГЕС відносять гідроелектростанції потужністю від 1 до 10 МВт (30 МВт*), до міні-ГЕС — від 100 до 1000 кВт, до мікроГЕС — не більше 100 кВт.	Невеликі рівнинні ріки з малим уклоном та малі гірські ріки

* в деяких країнах світу до 30 МВт

Розташування ГЕС безпосередньо залежить від природних умов, наприклад, від характеру і режиму річки. У гірських районах зазвичай зводяться високонапірні ГЕС, на рівнинних річках діють установки з меншим напором, але з суттєво великою витратою води. Гідробудівництво в умовах рівнин складніше через м'яку геологічну основу, на якій будується гребля, а також необхідність мати великі водосховища для регулювання витрати стоку. Спорудження ГЕС на рівнинах викликає затоплення прилеглих територій, що обумовлює значні матеріальні збитки.

На гірських ріках зазвичай споруджують ГЕС з низьконапірними греблями або дериваційні ГЕС.

2.2 Типи та характеристика малих ГЕС

При будівництві малих ГЕС зазвичай використовують напір води, створений природною різницею рівнів води у водяному потоці. Використання енергії швидкості води без створення напору можливо на невеликих гірських річках, які мають великий уклін.

Для створення напору на гірській річці будують греблі (пригреблеві МГЕС), або каналізують її частину (дериваційні МГЕС).

Пригреблеві МГЕС поділяються на пригреблево-заплавні, або заплавні, і пригреблево-русові, або руслові. При створенні напору у заплавних малих ГЕС водою заливається заплава, в руслових установках напір не виходить за межі русла.

Заплавні гідроелектростанції (Рис. 2.6) найчастіше будуються на рівнинних річках із невеликим похилом і сповільненою течією води. Гребля гідроелектростанції перетинає течію річки і дозволяє підняти рівень води в ній. При цьому вище греблі за течією утворюється водосховище, в якому накопичуються значні запаси води¹⁹.

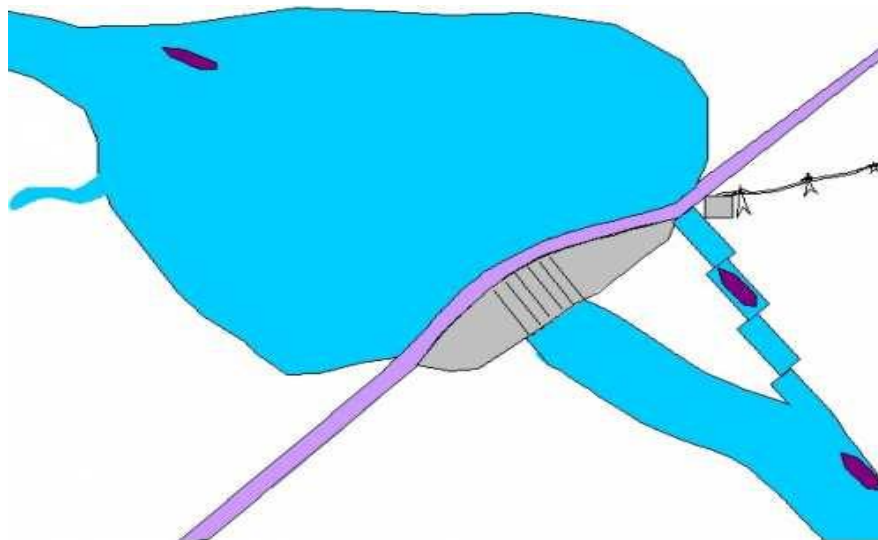


Рис. 2.6 - Заплавна гідроелектростанція з водосховищем²⁰

Водосховище можна використовувати для регулювання стоку: в ньому можна накопичувати воду в багатоводні періоди року, під час повені, і використовувати її в маловодні періоди. Таке регулювання є сезонним, і його можна здійснювати при достатньо великих розмірах водосховища. Електричні навантаження протягом доби значно змінюються, а витрати води в річці практично залишаються постійними. Тому для кращого використання енергії води застосовують добове регулювання стоку:

¹⁹ Майстерня своєї справи. Конструктивні види малих ГЕС. <https://msd.in.ua/konstruktivni-vidi-malix-ges/>

²⁰ Портал «ЭкоДело». ПРОЕКТ ВЫСВОБОЖДЕНИЯ ПЛОДОРодНЫХ ПОЙМЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ ОТ ВОДОХРАНИЛИЩ ГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ. <https://ecodelo.org/10321-proekt-vysvobozhdeniya-plodorodnykh-poimennykh-zemel-ot-vodokhranilishch-gidroelektrostantsii->

накопичують воду у водосховищі в період невеликих електричних навантажень, а використовують у часи максимальних навантажень. Залежно від умов може бути багаторічне, місячне і тижневе регулювання стоку²¹ (більш докладне описання роботи водосховищ та регулювання стоку наведене у Додатку А).

За призначенням водосховища поділяють на запасні, затримуючі (протиаводкові) і комплексні²².

Основне завдання запасних водосховищ полягає в підвищенні витрат води в маловодні періоди за рахунок спрацювання запасів води, створених в наслідок тимчасового затримання надлишків стоку над споживанням в багатоводні сезони або роки.

Затримуючі (протиаводкові) водосховища²² призначені в основному для боротьби з повенями і селевими потоками.

За рахунок тимчасового затримання частини стоку в періоди багатоводдя (паводка або повені) знижуються максимальні витрати води, що надходять в нижній б'єф водосховища, і запобігає небезпека повені.

Зазвичай затримуючі водосховища будуть каскадом у гірських районах з великою ймовірністю паводків або повеней. При цьому такі водосховища в міжсезоння мають мінімальну кількість води, на рівні мертвого об'єму (РМО), нижче рівня якого водосховище не може підтримувати нормальних умов експлуатації (Рис. А.1 Додатку А). В цьому випадку будівництво та використання таких протиаводкових водосховищ має максимальний ефект, що пояснюється їх спроможністю прийняти максимальну кількість води.

У випадку використання водосховища пригреблевої ГЕС в якості протиаводкового, або будівництва ГЕС на затримуючому водосховищі, ефект затримання паводкових вод значно погіршується. Це пояснюється тим, що водосховище, яке має нормальний підпірний рівень (НПР), необхідний для роботи гідровузла, може прийняти обсяги води тільки до форсованого підпірного рівня (ФПР), тримання якого допускається тимчасово і можливе в аварійних умовах та надзвичайних ситуаціях (при умові, якщо не відбувається руйнування споруд гідровузла і не затоплюються важливі об'єкти). При досягненні ФПР збільшується ймовірність зворотного ефекту, коли накопичена частина паводкової води вимушено скидається з водосховища для запобігання надзвичайних ситуацій.

²¹ Майстерня своєї справи. Конструктивні види малих ГЕС. <https://msd.in.ua/konstr-uktivni-vidi-malix-ges/>

²² Основы рационального природопользования: лесное хозяйство, водное хозяйство, регулирование речного стока: Учебное пособие. Автор/создатель: Мусохранов В.Е., Жачкина Т.Н. http://window.edu.ru/catalog/pdf2txt/639/77639/58699?p_page=15

Гребля зазвичай складається з двох складових: водопропускної частини для пропускання надлишку води в періоди повеней та льоду в часи льодоходу і безотворної частини, що закриває частину заплави для підтримання води на заданому рівні²³.

Розмір водопропускного отвору повинен забезпечувати проходження надлишку води під час весняних та літніх паводків і розраховуватися на пропуск максимальної витрати води. Якщо ширина пойми велика, водопропускний отвір займає тільки частину її ширини, в частині, що залишилася, будується більш дешева безотвірна гребля, через яку вода не повинна переливатися. При дуже вузькій ширині пойми безотвірна частина греблі може бути відсутньою і через всю пойму будується тільки водопропускна частина.

Заплавна ГЕС складається з греблі, завдяки якій створюється напір, зі споруди, в якій встановлюються турбіни та електричне обладнання, з водозабірної споруди, через яке надходить вода до турбін, і з відвідного каналу, по якому відводиться вода до русла річки нижче греблі.

Споруда ГЕС може розташовуватися за греблею і на лінії греблі. Якщо вона розташована за греблею, то буде більш простою і дешевшою, бо не буде витримувати тиск води з водосховища. Якщо напір менше 8-10 м, то споруда ГЕС, у більшості випадків є частиною греблі. Таке будівництво буде більш складним і вартісним.

Недоліком заплавних ГЕС є порівняно висока вартість гідротехнічних споруд, значні площі затоплень, тому при великих напорах і широких долинах такі конструкції малодоцільні²³.

На річках зі значною шириною пойми і малих схилах широко розповсюджені **русові гідроелектростанції**²³ (Рис. 2.7).

При створенні напору тільки в межах русла виключається затоплення прилеглих берегів долини, пойми і населених пунктів. У деяких випадках створення напору в глибокому вузькому руслі діє навіть позитивно на прилеглі ділянки землі, дозволяючи зрошувати лугові землі і пасовища²³.

²³ Майстерня своєї справи. Конструктивні види малих ГЕС. <https://msd.in.ua/konstruktivni-vidi-malix-ges/>



Рис. 2.7 - Руслова гідроелектростанція²⁴
(Яворська мала ГЕС, Львівська обл., р. Стрий потужність 450 кВт)

Руслові гідроелектростанції будуються двома способами²⁵.

При першому способі гребля і споруда ГЕС розташовуються в одну лінію, тобто споруда ГЕС є частиною греблі.

При другому способі споруда руслової ГЕС будується на обвідному каналі, прокладеному в обхід греблі. Такі канали в більшості випадків використовуються для спрямлення згинів річки. Гребля в цьому випадку будується в руслі річки окремо від споруди ГЕС.

Руслова гребля збільшує глибину води в річці, при цьому площа водного дзеркала води практично не змінюється. Об'єми води, що збираються у водосховищі руслової греблі, невеликі і тому можливості перерозподіляти природний стік води обмежені. Для руслових схем можливе тільки добове регулювання, що ускладнює експлуатацію ГЕС і потребує необхідності регулювання споживання електричної енергії.

Перевагами руслової ГЕС порівняно із заплавною є практична відсутність затоплення і відносно менша вартість споруд. До недоліків можна віднести необхідність зупиняти електростанцію на період проходження паводків, а також обмежені можливості регулювання стоку.

²⁴ Інститут відновлюваної енергетики НАН України. Презентація: Мала гідроенергетика України. Васько П. Ф. http://www.niss.gov.ua/public/File/2014_table/0620_pres2.pdf

²⁵ Майстерня своєї справи. Конструктивні види малих ГЕС. <https://msd.in.ua/konstruktivni-vidi-malix-ges/>

Будівництво греблі, особливо при значних напорах, є одним із дороговартісних способів отримання напору. Створити напір більш дешевим способом можливо за допомогою дериваційних споруд, до яких належать: канали, штольні, тунелі і трубопроводи. В усі ці споруди вода потрапляє з річки через водозабірні пристрої і транспортується вздовж річки на деяку відстань. При цьому поверхні води в цих спорудах дається менший уклін, ніж має поверхня води в річці, і тому в кінці споруди утворюється суттєвий напір, який і використовується для турбін.

На рис. 2.8 наведено схему створення напору для **дериваційних ГЕС**. Дериваційна схема тим доцільніша, чим більше поздовжній схил річки²⁶.

Дериваційні ГЕС існують двох типів²⁶.

Перший тип являє собою прокладення каналу або тунелю вздовж схилу долини річки, що має значний уклін і велику швидкість течії. В споруді вода буде мати значно меншу швидкість течії, ніж у річці, за рахунок чого утворюється напір.

На річках, що мають звивисту долину, можливий другий тип гідроелектростанцій. Спрямляючи окремі звиви річки каналом, можна також отримати значні напори.

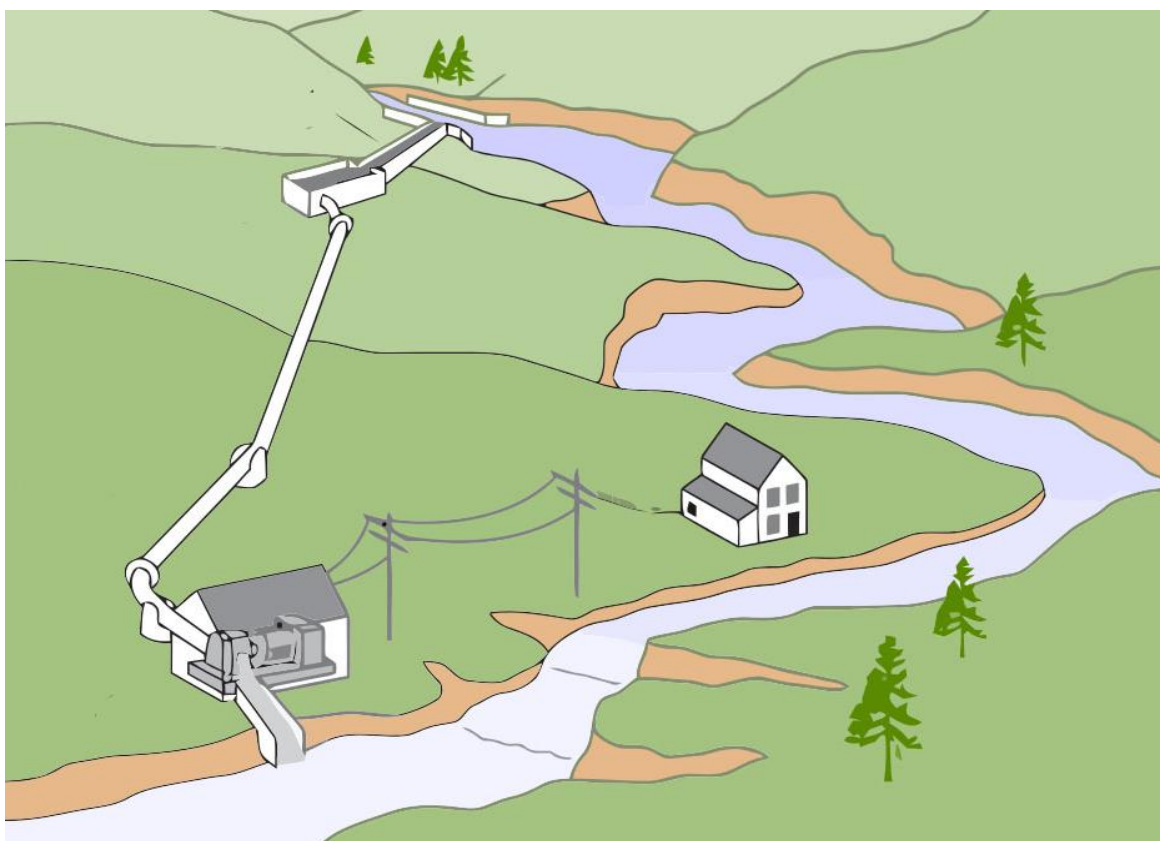


Рис. 2.8 - Дериваційна гідроелектростанція²⁷

²⁶ Майстерня своєї справи. Конструктивні види малих ГЕС. <https://msd.in.ua/konstruktivni-vidi-malix-ges/>

²⁷ Nepal Energy forum . 2.5 MW electricity within three years in far-west region.
<http://www.nepalenergyforum.com/2-5-mw-electricity-within-three-years-in-far-west-region/>

Дериваційні споруди повинні мати розміри, достатні для пропускання такої кількості води, якої необхідно для роботи турбіни, тобто їх розміри є порівняно невеликими.

Дериваційні гідроелектростанції зовсім не мають греблі або мають на початку дериваційних споруд невелику греблю, яка має призначення для направлення води в канал чи тунель. Відсутність греблі, а значить, і створюваного греблею водосховища роблять практично неможливим регулювання стоку дериваційними ГЕС. В деяких випадках будують спеціальні басейни регулювання, які розташовують уздовж схилу долини.

Перевагами дериваційної схеми, порівняно з пригреблевою є повна відсутність затоплення та менша вартість будівництва²⁸.

Для об'єднання переваг пригреблевих і дериваційних гідроелектростанцій будують змішані (пригреблево-дериваційні) станції. В змішаній ГЕС напір створюється як греблею, так і дериваційними спорудами, що розташовуються нижче греблі (Рис. 2.9). Використання водосховищ у верхів'ях річок або на притоках забезпечить регулювання стоку води.

Інтерес становить руслова дериваційна гідроелектростанція, схему конструкції якої показано на рисунку 2.10.

В руслі річки зі значним перепадом висот за течією розташовується занурена в річку труба великого діаметру. Вода, що витікає з труби, падає на турбіну з подальшою генерацією електричної енергії.

До особливого типу гідроелектростанцій слід віднести плавучі або безгреблеві станції, для яких характерна відсутність будь-яких гідротехнічних споруд. Енергія течії води з успіхом може бути перетвореною за допомогою мікро-ГЕС в електричну енергію для живлення численних індивідуальних споживачів. Наприклад, при швидкості течії річки 2-3,5 м/с і розмірах гідротурбіни всього 2,5 x 2,5 м потужність установки може становити 5-10 кВт.

²⁸ Майстерня своєї справи. Конструктивні види малих ГЕС. <https://msd.in.ua/konstruktivni-vidi-malix-ges/>

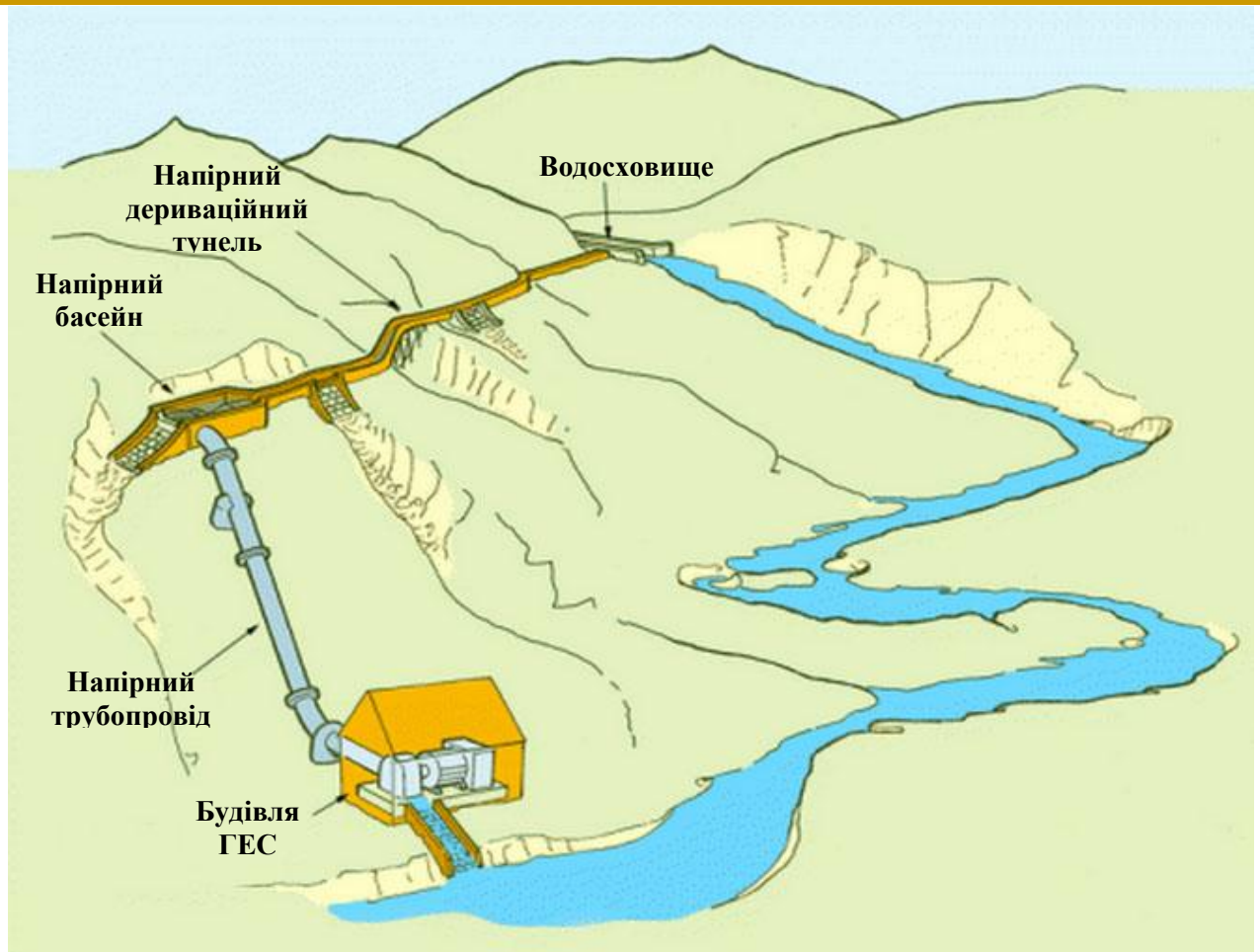


Рис. 2.9 — Пригреблево-дериваційна МГЕС²⁹

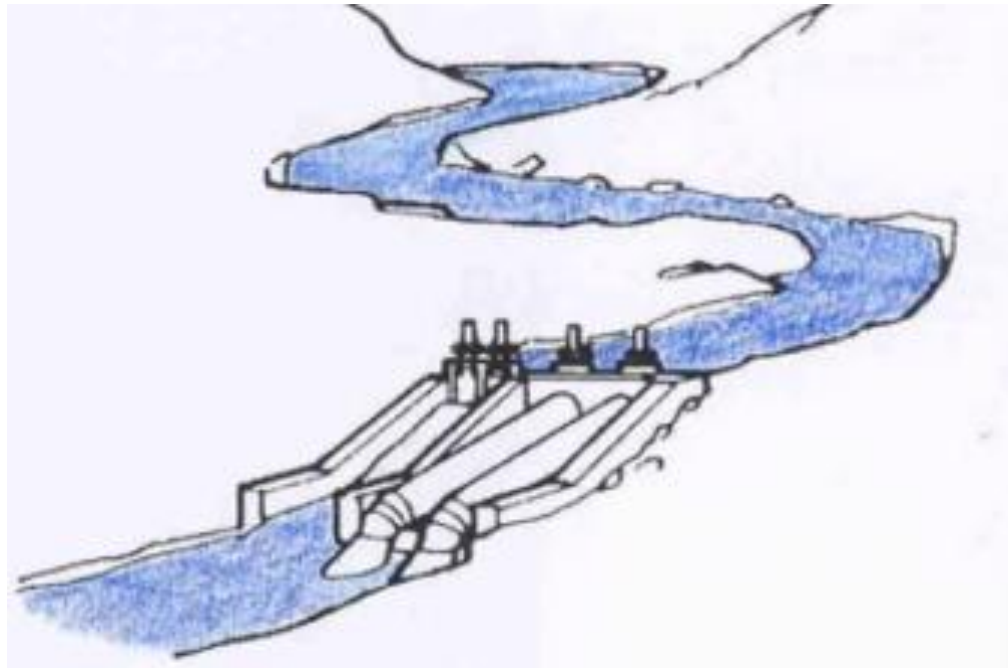


Рис. 2.10 - Руслова дериваційна гідроелектростанція³⁰

²⁹ Practical Action. Micro-hydro power. <https://practicalaction.org/micro-hydro-power>

³⁰ WESWEN. Микро ГЭС. http://weswen.ru/hydro_micro/

Таким чином, основною відмінністю ГЕС, зокрема МГЕС, які будуються на рівнинних та гірських річках є спосіб створення напору.

На рівнинних ріках (багатоводних) напір здебільшого створюється за допомогою будівництва греблі, яка повністю перетинає русло річки та створення заплави (водосховища). За наявності греблі створюється необхідний перепад рівнів та напір води, а за допомогою водосховища забезпечується необхідна її витрата.

На гірських ріках, завдяки природному перепаду, створюється природний напір води, необхідний для роботи малої ГЕС.

Якщо гірська річка має достатню витрату води протягом року, на такій річці доцільно будівництво руслової ГЕС. Для забезпечення стабільної витрати води, а також створення додаткового напору, зазвичай будується гребля та створюється заплава.

На невеликих гірських річках із значним уклоном та великим напором здебільшого будують МГЕС дериваційного, або пригреблево-дериваційного типу (якщо уклін річки не великий).

У цих типах ГЕС вода річки подається в труби, транспортується трубою на певну відстань (до кількох кілометрів), а потім від труби подають на турбіну для виробництва електроенергії, після чого вода повертається в річку нижче місця забору.

Такі ГЕС в цілому вважаються менш шкідливими для навколишнього середовища, ніж гідроелектростанції пригреблевого типу, адже безпосередньо потік не перекривається.

Гребельні МГЕС – це найбільш розповсюджені схеми використання енергії малих річок. Основною перевагою таких ГЕС є можливість повного використання стоку, тоді як станція дериваційного типу повинна забезпечити санітарні витрати нижче водозабірною вузла на рівні не нижче мінімальних витрат 95% забезпеченості. При наявності греблі для досягнення відповідного напору, утворюється водосховище, яке може слугувати для добового та сезонного регулювання роботи ГЕС. При цьому водосховище може мати багатоцільове використання, зокрема для водопостачання, рекреації, протипаводкового захисту як водоакумулююче.

До недоліків такого типу ГЕС слід віднести затоплення території водосховищем, що вимагає відчуження частини заплавлених земель, які в більшості випадків або заселені, або використовуються³¹.

На річках з відносно неширокою глибоко врізаною заплавою і слабозвиненим руслом доцільне створення МГЕС (або їх каскаду) з водосховищем тижневого чи сезонного регулювання, з виходом на заплаву. Це дозволяє повніше використовувати природний стік річки навіть при значному коливанні витрат води протягом року. Прийнятною є така схема в разі затоплення малоцінних земель та необхідності акумулювання води при паводках. При цьому підвищуються обсяги будівельних робіт з берегоукріплення вздовж русла річки. Основну регулюючу ємність каскаду малих ГЕС доцільно розташовувати у верхній течії ріки, де збитки від затоплення значно менші.

У практиці будівництва малих ГЕС у гірських і передгірних районах широко застосовуються дериваційні і змішані (гребельно-дериваційні) схеми. Основною перевагою ГЕС дериваційного типу у гірських районах є значний виграш у напорі³¹. Це надає можливість значно збільшувати потужність при незначних додаткових капіталовкладеннях, які пов'язані тільки з будівництвом ділянки каналу чи трубопроводу. Зникає потреба у відчуженні земель під водосховище. Дериваційний канал (трубопровід) можна прокласти по незайнятих землях з мінімальною смугою відчуження під будівництво. Водночас дериваційна система потребує більшої уваги при її експлуатації (замулення, можливі прориви, зміщення тощо).

З огляду на зазначене більшість проектів малих ГЕС в Карпатах передбачають будівництво ГЕС дериваційного типу.

³¹ Ужгородський національний університет. ГІДРОЕНЕРГЕТИЧНИЙ ПОТЕНЦІАЛ ЗАКАРПАТТЯ: СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЙОГО РАЦІОНАЛЬНОГО ВИКОРИСТАННЯ. С. С. Поп.
<https://dspace.uzhnu.edu.ua/jspui/bitstream/lib/1386/1/%D0%93%D0%86%D0%94%D0%A0%D0%9E%D0%95%D0%9D%D0%95%D0%A0%D0%93%D0%95%D0%A2%D0%98%D0%98%D0%A7%D0%9D%D0%98%D0%99%20%D0%9F%D0%9E%D0%A2%D0%95%D0%9D%D0%A6%D0%86%D0%90%D0%9B%20%D0%97%D0%90%D0%9A%D0%90%D0%A0%D0%9F%D0%90%D0%A2%D0%A2%D0%AF%20%D0%A1%D0%A2%D0%90%D0%9D%20%D0%A2%D0%90%20%D0%9F%D0%95%D0%A0%D0%A1%D0%9F%D0%95%D0%9A%D0%A2%D0%98%D0%92%D0%98.pdf>

2.3 Характеристика основного обладнання малих ГЕС

Складові елементи об'єктів малої гідроенергетики включають турбіни, генераторні установки, будівлю електростанції, турбінний водовід, водоприймальну/водозабірну споруду, системи контролю та регулювання і відвідний канал.

Загалом МГЕС складаються з наступних основних компонентів:

- відвідний канал або трубопровід, напірний трубопровід;
- турбіна або водяне колесо - перетворює енергію води в енергію обертання;
- генератор - перетворює енергію обертання в електричну;
- регулятор - управляє генератором;
- електротрансформаторний блок, який підводить електроенергію до споживача.

Гребля, дериваційний водовід або загата – це загальне визначення конструкції, яка будується поперек річки для забезпечення енергетичних та цілої низки водогосподарських потреб, які детально розглянуті у попередньому розділі³². Гребля є окремим видом загати, яка може бути великою або малою за розміром, і використовується для накопичення річкового стоку або створення напору. Дериваційний водовід є ще одним видом загати. Зазвичай ця споруда будується з меншим ухилом, ніж ухил річки, для того, щоб відводити або направляти весь річковий стік або його частину до водозабірної або іншої гідротехнічної споруди. Часто напірні та водопропускні характеристики гідроенергетичного об'єкту можна значно покращити за рахунок будівництва греблі і водосховища для збільшення рівня встановленої потужності гідроелектричної турбіни і генератора. Це досягається шляхом підвищення повного напору, накопичення річкового стоку, збільшення рівня витрат води, яка подається до турбінно-генераторної установки, а також утримування надлишкового річкового стоку в верхньому б'єфі греблі для майбутнього використання. Типова схема греблевої гідроелектростанції наведена на рис. 2.11.

³² Технічний звіт з оцінки потенціалу відновлюваної енергетики в Україні: Малі ГЕС. ПРОГРАМА ФІНАНСУВАННЯ АЛЬТЕРНАТИВНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ В УКРАЇНІ (ПРОГРАМА USELF)
http://www.uself.com.ua/fileadmin/documents/U-Small_Hydro_Technical_Report.pdf

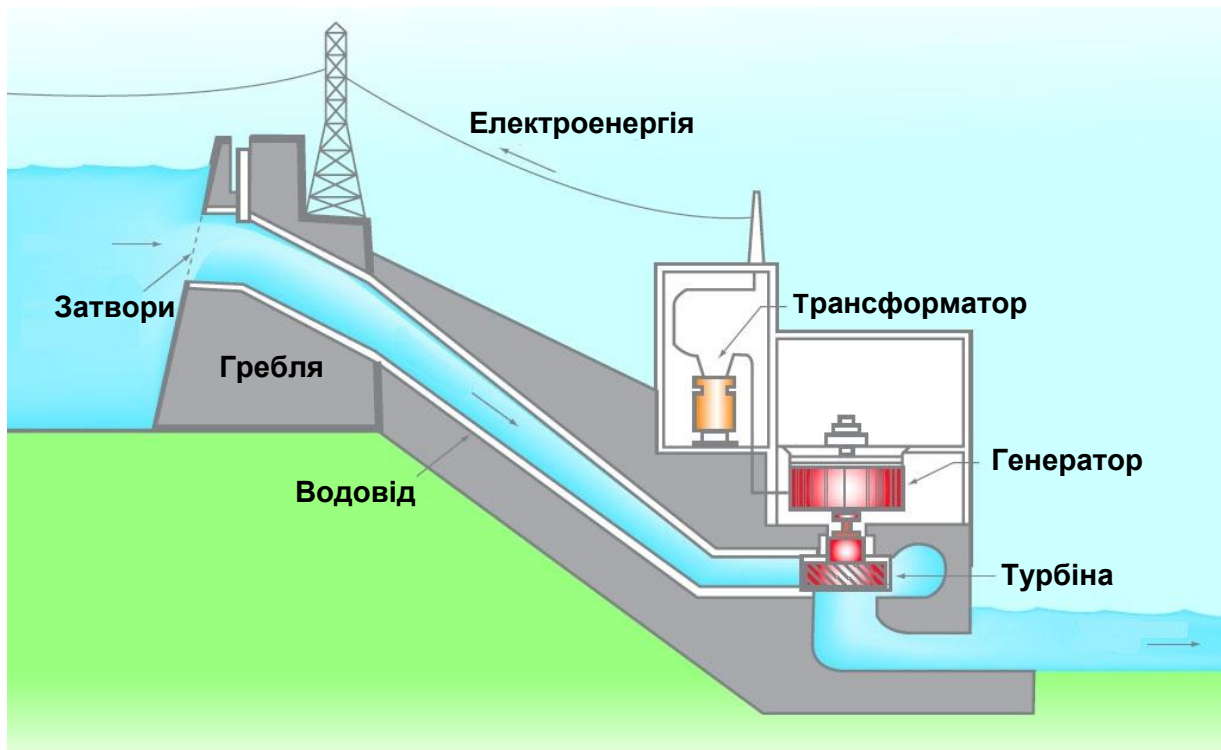


Рис. 2.11 – Типова схема греблевої гідроелектростанції³³

До складу всіх гідроенергетичних об'єктів входять турбіни³⁴, які перетворюють кінетичну (потенційну) енергію потоку води в механічну енергію обертання ротору турбіни.

За принципом дії гідротурбіни розділяються на два основних типи: активні і реактивні, причому кожен тип має турбіни різної конструкції. Застосування різних турбін обумовлено напором води та витратою.

Активні (вільноструменеві) турбіни використовують переважно кінетичну енергію струменя води, яка вільно витікає з сопла. Реактивні (напірноструменеві) використовують в основному потенційну частину енергії потоку. Кожен тип гідротурбін відповідає певному діапазону напору і витрати води і має свою область ефективного застосування.

За конструкцією розрізняють турбіни ковшового (Пельтон), радіально-осьового (Френсіс), поворотно-лопатевого (Каплан), похило-струменевого (Тюрго) типів, а також пропелерні (Томсон) та дворазові (Банки).

³³ [electricalschool.info](http://electricalschool.info/energy/1911-princip-raboty-gidrojelektrostantsii.html) Школа для Электрика. Принцип работы гидроэлектростанции.
<http://electricalschool.info/energy/1911-princip-raboty-gidrojelektrostantsii.html>

³⁴ Технічний звіт з оцінки потенціалу відновлюваної енергетики в Україні: Малі ГЕС. ПРОГРАМА ФІНАНСУВАННЯ АЛЬТЕРНАТИВНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ В УКРАЇНІ (ПРОГРАМА USELF).
http://www.uself.com.ua/fileadmin/documents/U-Small_Hydro_Technical_Report.pdf

Турбіни застосовують залежно від напору води, що використовується малою ГЕС. Так, турбіни ковшового і радіально-осьового типу розроблені і застосовуються для високонапірних ГЕС. Турбіни з поворотно-лопатевими і радіально-осьовими пристроями, застосовують на середньонапірних ГЕС. На низьконапірних станціях малої потужності встановлюють турбіни поворотно-лопатєвого типу.

Основні типи турбін для МГЕС, а також їх застосування наведено в таблиці 2.2. При виборі типу гідротурбін керуються діаграмою, наведеною на рис. 2.12.

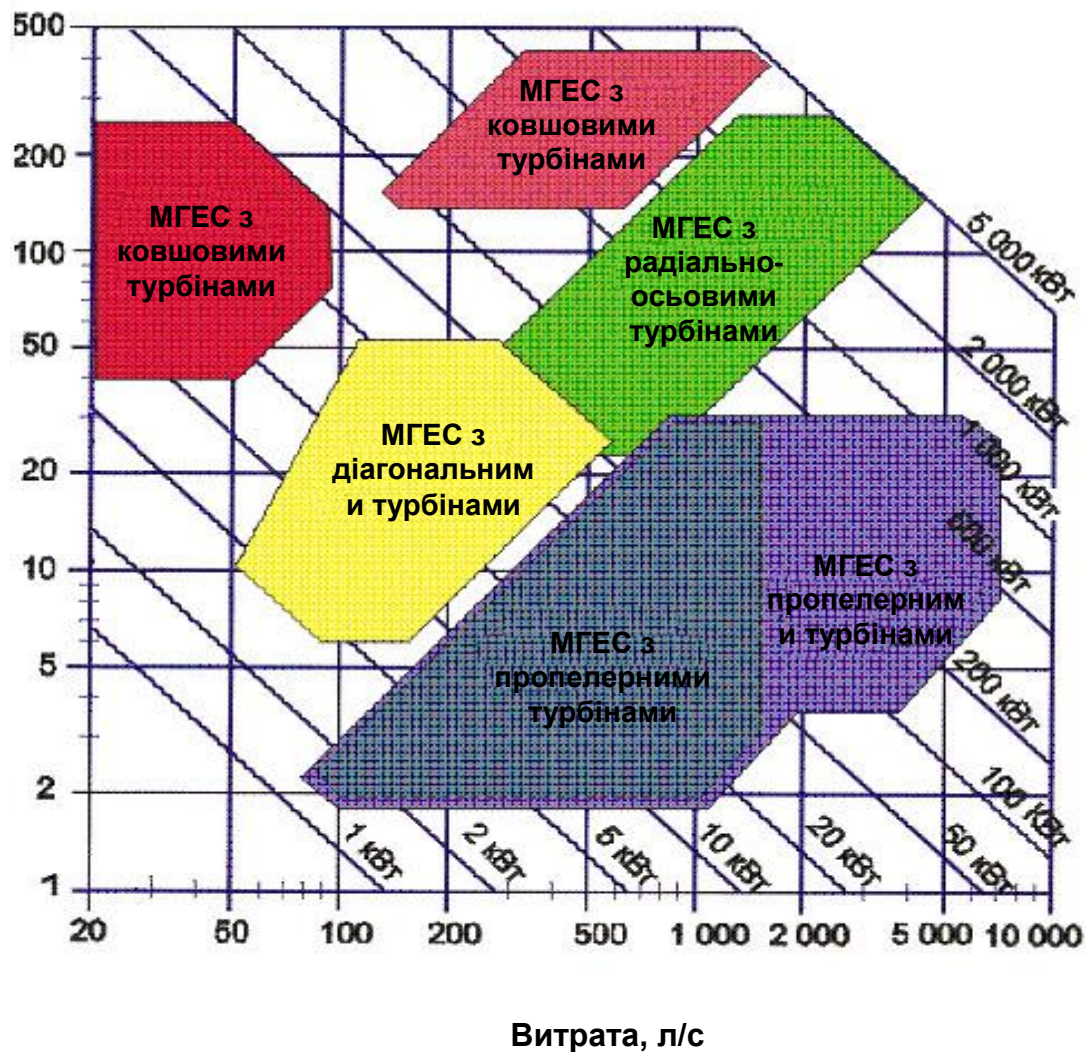
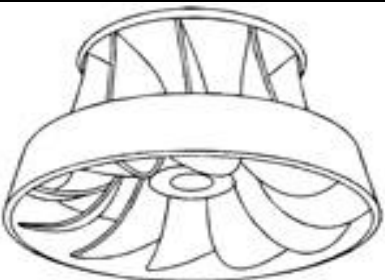


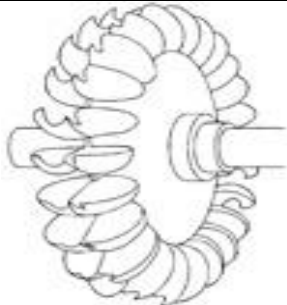
Рис. 2.12 – Діаграма вибору типу гідротурбін для МГЕС³⁵

³⁵ «МНТО ИНСЭТ». Пропеллерные турбины (полу-Капкан). http://www.inset.ru/r_offers/Axial_type.htm

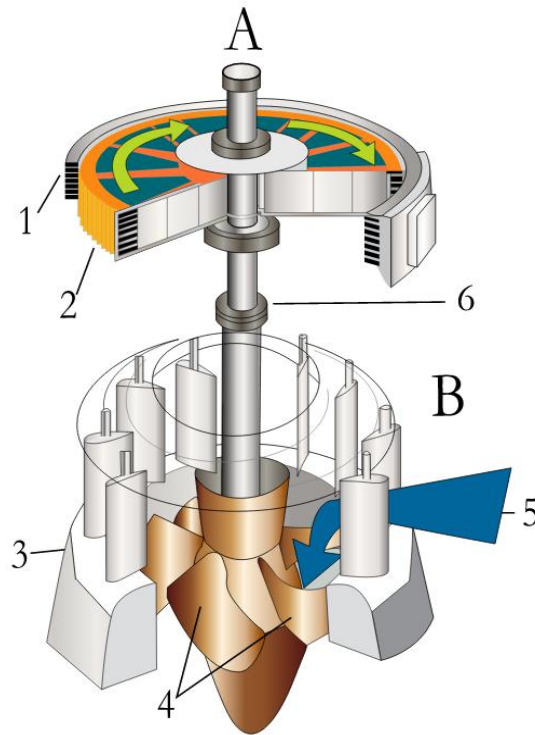
Таблиця 2.2 – Основні типи турбін для малих ГЕС

№ п/п	Тип гідротурбіни	Зовнішній вигляд	Основні показники	Характеристика
1	Томсон (пропелерна)		Напір: 6 ... 150 м Вихідна потужність: 15 кВт ... 4 МВт Виконання турбіни горизонтальне	Турбіна має найвищу швидкохідність серед всіх типів турбін. Це дозволяє при малих швидкостях потоку отримувати більш високу швидкість обертання. Високі обороти турбіни в свою чергу дозволяють застосовувати більш швидкохідні, а значить, більш легкі і дешеві електрогенератори або зменшувати витрати на передавальні пристрої (редуктори або ремінні системи передач). Турбіни застосовують при найнижчих напорах, коли швидкості потоку невеликі.
2	Каплан (поворотно-лопатевий)		Напір: 7 ... 40 м Вихідна потужність: 600 кВт ... 2 МВт Виконання турбіни вертикальне	Лопаті в турбіні можуть виготовлятися, як фіксованими, так і поворотними. У першому випадку лопаті нерухомо закріплені під обраним кутом, відповідним робочим тискам і оптимальним навантаженням генератора. Поворотні лопаті виправдано застосовувати 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.
3	Френсіс (радіально-осьова)		Напір: 30 ... 200 м Вихідна потужність: 250 кВт ... 2.5 МВт Виготовляються в вертикальному і горизонтальному виконаннях	Вода на робоче колесо радіально-осьової турбіни надходить із зовнішнього боку колеса і рухається по радіусу до центру турбіни. Пройшовши між лопатями складної просторової зігнутої форми, вода віддає енергію ротору, примушуючи його обертатися.

Продовження таблиці 2.2

4	Пельтон (ковшова)		Напір: 40 ... 700 м Вихідна потужність: 30 кВт ... 4 МВт Виготовляються в вертикальному і горизонтальному виконаннях	Цей тип турбін застосовують при великих напорах. Напірний трубопровід заходить до будівлі гідроелектростанції і закінчується соплом, що направляють струмінь на робоче колесо турбіни. Струмінь води, що вилітає з сопла, прокочується по увігнутій поверхні ковша і змінює напрямок свого руху на протилежне.
5	Тюрго (похило-струменева)		Напір: 35 ... 130 м Вихідна потужність: 30 кВт ... 2 МВт Виготовляються в вертикальному і горизонтальному виконаннях	Це активна турбіна, відома як турбіна Банкі-Мічелла (Banki-Michell), застосовується в більш широкому діапазоні напорів, ніж у турбін Каплана, Френсіса і Пельтона. Вода в турбіну підводиться до робочого колеса голчастим соплом. Робоче колесо має велике число лопатей, що змінюють напрямок руху струменів, що на них натікають, і викидаються з сопла під кутом до осі обертання колеса.
6	Банки (дворазова)		Напір: 6 ... 15 м Вихідна потужність: 1 кВт ... 15 кВт Виконання турбіни горизонтальне	Активна турбіна поперечно-струменевої течії. Особливість: подвійне перетворення енергії, яке відбувається під час «попадання» води на лопаті на вході і виході з полого ротора. Використання двох робочих фаз не забезпечує ніякої переваги за винятком того, що це дуже ефективний і простий спосіб відведення води з ротора.

Електрогенератор з'єднаний з турбіною, яка приводить його в дію³⁶. Турбіна повертає вал зі встановленим на ньому рядом магнітів повз мідні пластини і генератор. Електроенергія виробляється при обертанні ротору в стаціонарній обмотці. Гідроенергетичні генератори (так само, як і інші види генераторів) підбираються відповідно до розміру і потужності турбін, які приводять їх в дію (Рис. 2.13).



А Електрогенератор. В Гідротурбіна

1 – Статор, 2 – ротор, 3 – направляючий апарат, 4 – лопаті турбіни, 5 – потік води, 6 – ротор турбогенератора

Рис. 2.13 – Гідротурбогенератор³⁷

За розташуванням валу генератори підрозділяються на вертикальні і горизонтальні. З вертикальним валом переважно виконуються генератори середньої і великої потужності, так як така компоновка в більшості випадків зменшує розміри машинного залу, покращує умови роботи турбіни, монтажу і дозволяє знизити масу гідроагрегату.

Принципові схеми роботи гідро турбогенераторів різних типів наведено на рис. 2.14.

³⁶ Технічний звіт з оцінки потенціалу відновлюваної енергетики в Україні: Малі ГЕС. ПРОГРАМА ФІНАНСУВАННЯ АЛЬТЕРНАТИВНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ В УКРАЇНІ (ПРОГРАМА USELF)
http://www.uself.com.ua/fileadmin/documents/U-Small_Hydro_Technical_Report.pdf

³⁷ Матеріал из Википедии — свободной энциклопедии.

<https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B8%D0%B4%D1%80%D0%BE%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BD%D1%86%D0%B8%D1%8F>

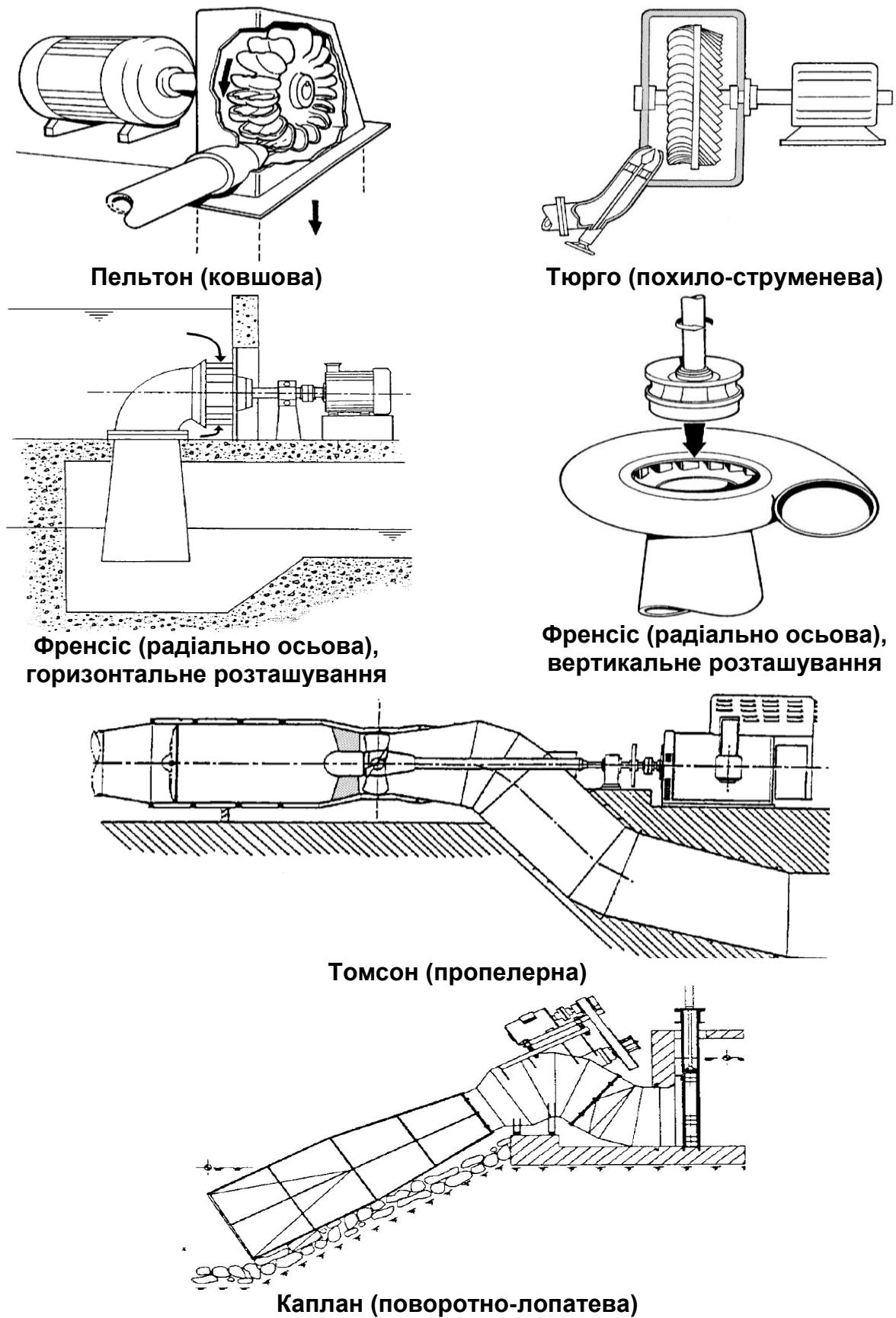


Рис. 2.14 – Принципові схеми роботи гідро турбогенераторів різних типів³⁸

³⁸ The British Hydropower Association. A GUIDE TO UK MINI-HYDRODEVELOPMENTS. The British Hydropower Association

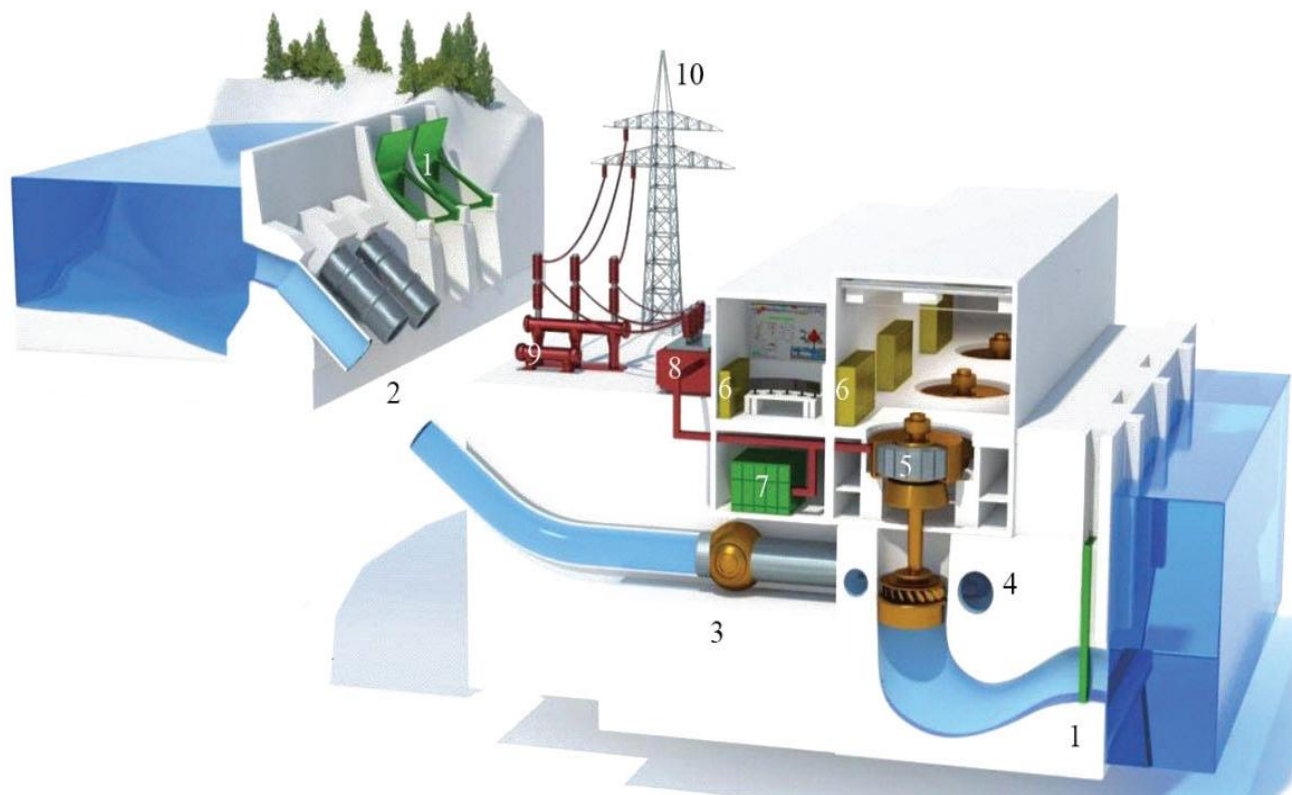
Будівля електростанції зазвичай представляє собою одно або дворівневу залізобетонну споруду, головним призначенням якої є розміщення основного (турбін, генераторів, систем контролю) і допоміжного обладнання³⁹.

В залежності від місця розташування будівлі електростанції, вона може бути спроектована як водонепроникна споруда (при розташуванні на заплавних ділянках) з метою запобігання шкоди, якої вода може заподіяти генератору та іншому електричному обладнанню, що розміщується всередині будівлі. Часто електроенергія спрямовується з електростанції до енергомережі через підвищувальний трансформатор, який може бути розташований як за межами будівлі, так і всередині або на її даху.

Інші вузли і елементи, які зазвичай розміщуються всередині будівлі електростанції (Рис. 2.15), можуть включати затвори водовипусків і відсічні вентиля, які використовуються тоді, коли необхідно відключити турбіну, або коли обсяги стоку перевищують пропускну потужність турбіни. У разі неможливості розміщення цих елементів всередині будівлі електростанції має бути передбачене окреме приміщення для гідротехнічних затворів. З будівлею електростанції також пов'язані такі елементи як відсмокювальна труба і відвідний канал, якими стік з турбіни надходить до приймаючого водного об'єкту. Деякі мікро- і малі ГЕС можуть працювати взагалі без будівлі електростанції, оскільки вони пристосовані до роботи в будь-яких погодних умовах. Трубопровідні конструкції з турбінами є прикладом систем, для яких наявність спеціальної будівлі електростанції не завжди є потрібною.

Турбінний водовід є трубою, якою вода надходить зі впуску водозабірної споруди або дамби до будівлі електростанції. У випадку малих гідроелектростанцій турбінні водоводи розміщуються на поверхні землі, але також можуть прокладатись у підземному тунелі. У разі потреби турбінні водоводи можуть прокладатись у вигляді надземного трубопроводу і можуть включати наступні елементи: упорні підшипники, компенсаційні стики, опори (роликові або фіксовані), витратоміри, затвори і їхні складові. Необхідно передбачити доступ до турбінного водоводу для його огляду і обслуговування³⁹.

³⁹ Технічний звіт з оцінки потенціалу відновлюваної енергетики в Україні: Малі ГЕС. ПРОГРАМА ФІНАНСУВАННЯ АЛЬТЕРНАТИВНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ В УКРАЇНІ (ПРОГРАМА USELF). http://www.uself.com.ua/fileadmin/documents/U-Small_Hydro_Technical_Report.pdf



1 – випускний гідрозатвор, 2 – напірний (турбінний) водовід, 3 – відсічний клапан, 4 – гідротурбіна, 5 – електрогенератор, 6 – прилади регулювання та контролю, 7 – розподільчий пристрій низької напруги, 8 – трансформатор, 9 – розподільчий пристрій високої напруги, 10 – лінія електропередач

Рис. 2.15 – Будівля типової ГЕС

(ANDRITZ HYDRO Презентація фірми мая 2015,

<http://docplayer.ru/39672215-Andritz-hydro-prezentaciya-firmy-maya-2015.html>)

Водоприймач направляє воду до турбінних водоводів⁴⁰. Оскільки водоприймачі є частиною конструкції греблі або водозабірної споруди, вони повинні бути оснащені певними елементами, які є обов'язковими. Наприклад, водоприймач має бути оснащений сталеву решіткою, яка захищатиме турбінний водовід від надходження сторонніх предметів - таких як великі колоди. Також у водоприймачі має бути встановлений відсічний клапан, за допомогою якого може бути припинене надходження стоку до турбінного водоводу з метою проведення технічного огляду і обслуговування останнього, або на випадок аварійного відключення турбінного водоводу.

⁴⁰ Технічний звіт з оцінки потенціалу відновлюваної енергетики в Україні: Малі ГЕС. ПРОГРАМА ФІНАНСУВАННЯ АЛЬТЕРНАТИВНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ В УКРАЇНІ (ПРОГРАМА USELF). http://www.uself.com.ua/fileadmin/documents/U-Small_Hydro_Technical_Report.pdf

Відсмоктувальна труба транспортує пропущену через турбіну воду до відвідного каналу і допомагає розсіяти енергію цієї води для того, щоб звести до мінімуму її вплив на приймаючий водний об'єкт⁴⁰. Ця гідравлічна система є настільки важливою, що будь-які недоліки в її конструкції можуть призвести до значного зростання неефективних втрат гідравлічного напору, результатом чого може стати падіння повного напору і загального енергетичного потенціалу.

Відвідний канал є з'єднувальним елементом, який зазвичай має вигляд відкритого каналу, що повертає пропущену через турбіну воду до приймаючого водного об'єкту, забезпечуючи прийнятні рівні витрат стоку⁴¹. Ці елементи можуть мати різну конструкцію, яка визначається типом турбіни. Будь-які конструктивні недоліки в роботі відвідних каналів також можуть призвести до падіння чистого напору і зростання втрат гідравлічного напору. До складу конструкції відвідних каналів зазвичай входять секторні затвори або шандорні загородження для того, щоб відокремити відвідний канал від відсмоктувальної труби для проведення ремонту і обслуговування турбінного обладнання і відсмоктувальної труби.

Системи регулювання та контролю використовуються для регулювання роботи турбіни і генератора, а також для управління передачею електроенергії з електростанції на підстанцію⁴¹. Важливою природоохоронною рисою систем контролю є використання телеметричних даних про стан навколишнього середовища в якості підґрунтя для прийняття рішень щодо режиму роботи гідроелектростанції. Можливі види даних можуть включати, наприклад, дані щодо рівнів витрат річкового стоку в верхньому і нижньому б'єсах, параметри якості води для підтримання прийнятного стану річкової системи в умовах меженного стоку, забезпечення інтересів рибного господарства, контролю якості води (рівнів забруднення), підтримання рівнів води у водосховищі, планування екологічних та інших необхідних попусків.

Гідроенергетичні об'єкти, що розглядаються в цьому звіті, передбачають використання більшості або всіх згаданих вище елементів. Оскільки вони мають потужність до 10 МВт, вони належать до трьох класів - міні-, мікро- та малі ГЕС. В таблиці 2.3 наведені характеристики базових елементів конструкції складових ГЕС. На практиці розміри можуть змінюватись в дуже широких межах залежно від особливостей кожного окремого майданчика.

⁴¹ Технічний звіт з оцінки потенціалу відновлюваної енергетики в Україні: Малі ГЕС. ПРОГРАМА ФІНАНСУВАННЯ АЛЬТЕРНАТИВНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ В УКРАЇНІ (ПРОГРАМА USELF). http://www.uself.com.ua/fileadmin/documents/U-Small_Hydro_Technical_Report.pdf

Вочевидь, крім всього іншого основного та допоміжного обладнання ГЕС, основним обладнанням, особливо у МГЕС, є гідротурбіни, які сприймають та пропускають через себе потік води, створюють механічну енергію, яка передвоюється генератором в електричну.

Від конструкції та роботи турбіни залежить ефективність роботи всієї МГЕС, а також оцінюється її вплив на навколишнє середовище.

Таблиця 2.3 – Основні характеристики конструктивних елементів малих ГЕС^{42*}

Елементи	Тип ГЕС		
	Мікро (<100кВт)	Міні (100 кВт – 1,5 МВт)	Малі (1,5 МВт- 30 МВт)
Довжина греблі (м)	0-10	10-25	15-50
Водосховище (га)	0	0- 10	0 -50
Турбінний водовід			
Довжина (м)	0 - 100	10 - 1000	25 - 1000
Діаметр (м)	0,3 – 1,0	0,5 – 1,5	1,0 – 2,25
Будівля ГЕС (м ²)	Немає** - до 30	20 -120	100 - 225
Довжина відвідного каналу (м)	0 - 10	25 - 100	50 - 300

*Всі розміри змінюються в широких межах залежно від особливостей місця розташування ГЕС.

**Можуть не мати будівлі ГЕС – споруда може бути розташована на відкритому майданчику.

На поточний час малі ГЕС поширені у багатьох країнах світу. Вони характеризуються великим годинним напрацюванням, значними конструктивними запасами і високою надійністю, не вимагають постійної присутності обслуговуючого персоналу. Екологічні наслідки від будівництва і експлуатації МГЕС мінімальні. Мала гідроенергетика практично не залежить від погодних умов і здатна забезпечити стабільне виробництво електроенергії.

Однак будівництво МГЕС в Україні супроводжується негативними екологічними наслідками, які створюються як під час будівництва МГЕС, так і під час їх експлуатації. Основний вплив на довкілля МГЕС спричиняється гідротехнічними спорудами, зокрема при будівництві та експлуатації гребель, дериваційних каналів, гідротурбін.

⁴² Технічний звіт з оцінки потенціалу відновлюваної енергетики в Україні: Малі ГЕС. ПРОГРАМА ФІНАНСУВАННЯ АЛЬТЕРНАТИВНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ В УКРАЇНІ (ПРОГРАМА USELF). http://www.uself.com.ua/fileadmin/documents/U-Small_Hydro_Technical_Report.pdf

Так у Карпатах більшість малих ГЕС проектується у верхів'ях річок. В цих місцях ухил русла найбільший, отже, падаюча вода дає найбільшу енергетичну віддачу. У верхів'ях річки мають невисоку водність, тому для того, щоб виробити якомога більше електроенергії, з річок забирають великі обсяги води - часто з річки забирають практично всю воду, залишаючи замість живого потоку сухе русло, вкрите камінням⁴³.

Замість кількох кілометрів річки лишається кілька кілометрів труб. І проблема не тільки в спотворенні природних пейзажів. Забір основної частини води з річки викликає цілу низку екологічних та соціально-економічних проблем: наприклад, річка Чорний Черемош може опинитися в трубі в кількох місцях⁴⁴.

Негативний ефект від будівництва МГЕС також посилюється спотворенням ландшафтів та краєвидів, що має безпосереднє відношення до розвитку туристичної галузі регіону. З огляду на це, є чимало прихильників щодо недоцільності розвитку малої гідроенергетики Карпатського регіону.

Тому вплив МГЕС на екосистему є вкрай важливою задачею, особливо для Карпатського регіону, враховуючі кількість МГЕС, запланованих для будівництва.

2.4 Особливості МГЕС як об'єктів відновлювальної енергетики

(Розділ підготовлено за матеріалами публікації: Шляхи прискорення темпів розвитку малої гідроенергетики в Україні/М. Г. Тарасенко, М. М. Зінь, Ю. Б. Підгайний//Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського. - 2014. - Вип. 4. - С. 56-61. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vkdpu_2014_4_11)

Мала гідроенергетика порівняно з іншими галузями відновлюваної енергетики характеризується певними наступними особливостями⁴⁵, зокрема, технічного, економічного, екологічного та соціального характеру кожна з яких має свій вплив на інвестиційну привабливість проектів з впровадження малих ГЕС:

1. **Жорстка прив'язаність малих ГЕС до водних об'єктів.** Гідроелектростанцію можна спорудити лише безпосередньо на руслі річки (руслова ГЕС) або недалеко від нього (у випадку деривації). Сонячні та вітряні електростанції не є настільки прив'язаними до якогось конкретних об'єктів.

⁴³ Екологія. Право. Людина. Будівництво ГЕС. <http://epl.org.ua/environment-tax/mali-ges/>

⁴⁴ Тексти.org.ua. Карпати в дамбах. Гірські річки можуть забрати з русла і пустити в трубах. 14/03/2013. http://texty.org.ua/pg/article/editorial/read/44219/Karpaty_v_dambah_Girski_richky_mozhut_zabraty

⁴⁵ Шляхи прискорення темпів розвитку малої гідроенергетики в Україні/ М. Г. Тарасенко, М. М. Зінь, Ю. Б. Підгайний// Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського.- 2014. -Випуск 4 (87) – С. 56 – 61.

2. *Кожна річка України має водоохоронну зону*, на території якої відповідний закон забороняє будь-яку господарську діяльність. Звідси випливає, що спорудження малих ГЕС в Україні – поза законом.

3. *Річки – улюблене місце відпочинку громадян*. Відтак прилеглі до них території дуже часто є рекреаційними зонами, які також захищені відповідним законом від здійснення там будь-якої господарської діяльності.

4. Дуже часто річки протікають *територіями національних природних парків*, де законодавство також не дозволяє займатися гідроенергетикою.

5. *Зазвичай поблизу річок знаходяться населені пункти*. З економічних міркувань спорудження малої ГЕС часто потребує підняття рівня води на певній ділянці річки на один, два або навіть більше метрів. Це може спричинювати підвищення рівня ґрунтових водних горизонтів і, внаслідок цього, призводити до повного чи часткового затоплення підвальних приміщень в прилеглих приватних домогосподарствах, громадських спорудах або будівлях іншого призначення. Це вимагає переселення людей чи надання їм відповідних компенсацій, що може суттєво підвищити капітальні витрати на проект.

6. У верхньому б'єфі малої ГЕС з економічних міркувань *підтримують якомога вищий рівень води*. Якщо до цього б'єфу прилягає забудована і заселена місцевість, підвищуються ризики її затоплення під час весняних водопіль і літніх паводків з причини зменшення тієї частини площі поперечного перерізу русла річки, що не заповнена водою. Аналогічно зростають ризики затоплення територій іншого господарського призначення – присадибних ділянок, сільгоспугідь, пасовищ, сіножатей та ін.

7. *Можливі екологічні загрози*. В гірській місцевості під час спорудження малих ГЕС дуже часто з економічних міркувань застосовують трубку деривацію. Це загрожує частковим або повним спустошенням великої ділянки (до декількох кілометрів) основного русла річки, і, відповідно, важкими екологічними і соціальними наслідками: зникненням звичної для тієї чи іншої місцевості річкової флори і фауни, зменшенням туристичної привабливості місцевості, зникненням звичних місць водопою та купання свійських тварин і птиці тощо.

8. *Яскраво виражена індивідуальність проектів*. Не існує поняття «типовий проект малої ГЕС». Проекти малих ГЕС – незалежно від дати їх розроблення – суттєво відрізняються один від одного. Вони характеризуються яскраво вираженими

індивідуальними особливостями. На проекти у сфері малої гідроенергетики впливають геологія, гідрологія й геодезія місцевості, величина напору води на гідроспорудах ГЕС, наявність та особливості розташування населених пунктів, сільгоспугідь та багато інших чинників. З іншого боку, проекти у сфері сонячної і вітряної енергетики є дуже подібними між собою. Їх відмінність викликана в основному лише впровадженням нових технологій, якщо такі появляються на ринку.

9. *Історичні корені.* Використання енергії води для вироблення електрики та виконання роботи (переважно у технологічних процесах перероблення зерна) має в Україні давні історичні традиції. Було б дуже нерозумно цього не враховувати. Цілком логічно, що малу ГЕС доцільно споруджувати або відновлювати, насамперед, там, де вже колись діяла така ГЕС або водяний млин. З одного боку, це спрощує завдання пошуку місця спорудження гідроелектростанції. З іншої сторони, вимагає здійснення історичних пошуків і формування на їхній основі детальної карти потенційних місць, де можуть розташовуватися майбутні діючі малі ГЕС.

10. *Величина потужності.* На сьогоднішній день в Україні ще можна знайти місця, де без особливо великих витрат можна спорудити малі ГЕС одиничною потужністю до 1000 кВт. Станом на 2013 рік економічно вигідно споруджувати низьконапірні ГЕС одиничною потужністю не нижче 60 кВт. Переважно зводять ГЕС у діапазоні потужностей від 60 до 200 кВт, рідше – від 60 до 500 кВт. З фінансових міркувань хотілося б вище 500 кВт, але майданчики під настільки потужні ГЕС знайти на сьогоднішній день досить важко. Реально існує велика кількість місць для розташування мікро-ГЕС потужністю до 60 кВт. Якщо встановлена потужність низьконапірної мікро-ГЕС знаходиться в діапазоні від 10 до 60 кВт і термін її окупності перевищує шести років, то братися за неї на даному етапі економічно недоцільно. Причини цього наступні: а) відносно низький щорічний дохід від продажу виробленої електроенергії; б) відносно високі капіталовкладення; в) відносно високі експлуатаційні витрати; г) наявність ще досить великої кількості майданчиків під спорудження рентабельніших мікро-ГЕС більшої потужності (понад 60 кВт). З часом, як свідчать тенденції розвитку малої гідроенергетики в Україні, у випадку відповідної зміни економічних реалій значення мінімальної економічно доцільної потужності малих ГЕС знизиться. Для порівняння відзначимо, що на сьогоднішній день в Україні споруджують промислові ВЕС (вітряні електричні станції) на базі вітроустановок одиничної потужності 2000 кВт і вище, а також промислові фотовольтажні СЕС (сонячні електричні станції), потужність яких переважно знаходиться в межах від кількох тисяч

до майже сотні тисяч кіловат.

11. *Коефіцієнт використання встановленої потужності K_p* малих ГЕС значно перевищує аналогічний показник ВЕС і СЕС. Для правильно спроектованої малої ГЕС, яка працює паралельно з Об'єднаною енергетичною системою України і в режимі водотоку, він становить не менше 50–60 %. На сьогодні K_p діючих малих ГЕС України дорівнює приблизно 30 %. Це пояснюється тим, що вони були спроектовані переважно в середині ХХ століття і працювали в автономному режимі за нерівномірним графіком навантаження. Зазначений режим вимагав акумулювання води у верхньому б'єфі під час провалів у навантаженні (наприклад, у нічні години доби, коли електроенергія практично не вироблялася з причини малого попиту на неї) і роботи ГЕС на максимальну потужність в години пікового навантаження. В результаті цього коефіцієнт використання встановленої потужності ГЕС був невисокий, але це виправдовувалося тодішніми умовами експлуатації малих гідроелектростанцій – *автономним режимом роботи на змінне навантаження з періодичним акумулюванням води у верхньому водосховищі* (за наявності такого), якщо надходження води у це водосховище перевищувало поточну витрату води турбіною (турбінами), величина якої (витрати) зу мовлена існуючим у той чи інший момент часу електричним навантаженням ГЕС.

12. *Коефіцієнт завантаження за часом K_t* малих ГЕС значно перевищує аналогічний показник ВЕС і СЕС. Мала ГЕС, яка оснащена щонайменше двома гідроагрегатами, може виробляти електроенергію практично без перерв (8760 годин на рік), тобто для неї $K_t=100$ %. Це пов'язано з тим, що більшість річок в Україні не пересихають у посушливі періоди року, хоча й мають місце значні сезонні коливання витрати води у них. ВЕС простоє, якщо вітер відсутній або його швидкість є нижчою від деякого мінімального значення (наприклад, 3 м/с), а СЕС не може генерувати електроенергію в темний період доби (уночі). Якщо мала ГЕС оснащена лише одним гідроагрегатом, який зазвичай потребує періодичного ремонту та обслуговування, то її $K_t=90$ –100 %. За умови наявності підключеного електричного навантаження присутність двох або більше гідроагрегатів на малій ГЕС гарантує безперервність її роботи: якщо, наприклад, один з гідроагрегатів зупинено на ремонт, інший (-і) – працює (-ють).

13. *Питомі капіталовкладення.* Питомі капіталовкладення в малу гідравлічну енергетику переважно нижчі, ніж в сонячну та вітряну.

14. *Період окупності капіталовкладень.* Період окупності капіталовкладень в малу гідроенергетику на сьогодні здебільшого нижчий у порівнянні з аналогічним показником для інших відомих галузей відновлюваної енергетики.

Всі ці 14 особливостей малих ГЕС інвестор повинен враховувати у своїй діяльності. Позитивними особливостями малої гідроенергетики є ті, які наведені в пунктах 9, 11–14. Всі інші – негативні, тобто такі, що потребують або вирішення, або погодження. Незважаючи на це, інтерес до розвитку зазначеної галузі залишається досить високим.

Детальніше розглянемо пункт 10. З нього випливає, що малі гідроелектростанції мають обмежену потужність – до 10 МВт, але якщо говорити про більшість доступних і економічно прийнятних потужностей в Україні, то це приблизно в межах 60–500 кВт. Подібні проекти є полем діяльності приватних малих підприємств, фізичних осіб-підприємців. Великий інвестор за це братися не буде. Тут великі інвестиції не потрібні, та й річні прибутки теж будуть незначними. Капітальні витрати на спорудження низьконапірної малої ГЕС потужності 100–1000 кВт становлять в середньому 500–2500 тис. \$ США. Якщо навести для порівняння промислові ВЕС і СЕС, то тут потужності, капітальні витрати і доходи значно – на порядки – вищі. Нехай на сьогодні в Україні можна вкласти суму коштів, еквівалентну 500 тис. \$ США, в спорудження малої ГЕС потужності 100 кВт. Пропонуються альтернативи: промислова СЕС потужності 100 МВт або ВЕС потужності 40 МВт. Вітряна енергетична установка (ВЕУ) потужності 2000 кВт на сьогодні коштує приблизно 2 млн \$ США, вітряний парк із 20 таких ВЕУ – відповідно 40 млн \$ США. Звичайно, великий інвестор візьметься або за ВЕС, або за СЕС, або за обидві станції одночасно. Тут все простіше, зрозуміліше і немає великої кількості нюансів (див. пункти 1–12 із наведеного вище переліку щодо особливостей малих ГЕС). І, найголовніше, залучаються великі кошти, які після настання періоду окупності зазначених енергетичних об'єктів, який становить приблизно 7–8 років, на протязі наступних 5–10 років будуть багатократно помножені. Перевагою великих коштів є також те, що чим вони більші, тим менші відсотки, під які їх надають для інвестування в яку-небудь галузь позичальники. Великий інвестор займатися малими ГЕС не хоче, тому що йому це нецікаво, навіть якщо це прибутковий бізнес (насамперед тому, що мала ГЕС – відносно малі витрати і, найголовніше, відносно малі прибутки). Мале підприємство займатися промисловими ВЕС і СЕС не може, тому що йому жоден банк, інвестор чи інший позичальник під подібні проекти коштів не надасть – з тієї простої причини, що кредит, зазвичай,

надають під заставу якого-небудь майна, яке має відповідну вартість і яким таке підприємство в переважній більшості випадків не володіє (суми коштів, про які йдеться, наведено вище).

2.5 Нормативна база щодо будівництва та експлуатації малих ГЕС

(Розділ підготовлено за матеріалами: Сучасний стан, проблеми та перспективи розвитку гідроенергетики України. Аналітична доповідь. НІСД, 2014, 54 с. - Режим доступу: <http://www.niss.gov.ua/content/articles/files/GES-993ae.pdf>)

На поточний час в Україні при проектуванні, будівництві та експлуатації малих ГЕС проектні, будівельно-монтажні та експлуатуючі організації керуються загальною нормативно-правовою базою, яка має застосування при будівництві різних об'єктів.

Серед таких документів наступні:

Закони України:

«Про основи містобудування»

«Про будівельні норми»

«Про регулювання містобудівної діяльності»

«Про дозвільну систему у сфері господарської діяльності»

«Про Перелік документів дозвільного характеру у сфері господарської діяльності»

Постанови КМУ:

«Питання прийняття в експлуатацію закінчених будівництвом об'єктів» від 13.04.2011 № 461;

«Деякі питання виконання підготовчих і будівельних робіт» від 13.04.2011 № 466;

«Про заходи щодо упорядкування видачі документів дозвільного характеру у сфері господарської діяльності» від 21 травня 2009 року № 526;

Накази Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України:

«Про затвердження Порядку розроблення проектної документації на будівництво об'єктів» від 16.05.2011 N 45

«Про затвердження Порядку надання містобудівних умов та обмежень забудови земельної ділянки, їх склад та зміст» від 07.07.2011 р. N 109

Нормативні акти технічного характеру:

ДСТУ ІЕС 61116:2013 Настанова щодо електромеханічного устаткування малих гідроелектростанцій;

ДСТУ 7501:2014 Гідроенергетика. Гідроелектростанції малі. Терміни та визначення понять;

ДСТУ 8296:2015 Енергозбереження. Гідроенергетика мала. Методика визначення ресурсів;

ДСТУ EN 45510-5-4:2015 (EN 45510-5-4:1998, IDT) Настанова щодо поставок обладнання електростанцій. Частина 5-4. Гідравлічні турбіни, насоси гідроакумулювальної ГЕС і турбонасоси;

ДСТУ 2842-94 Турбіни гідравлічні. Терміни та визначення;

ДСТУ Б В.2.4-6:2012 Споруди водозабірні, водоскидні та затвори. Терміни та визначення;

ДБН А.2.2-3-2012 Склад та зміст проектної документації на будівництво»;

ДБН А.2.2-1-2003 «Склад і зміст матеріалів оцінки впливів на навколишнє природне середовище (ОВНС) при проектуванні і будівництві підприємств, будинків і споруд;

СНІП 2.06.01-86 «Гідротехнічні споруди. Основні положення проектування», затверджений Державним будівельним комітетом від 1987 року.

Судова практика:

Постанова Пленуму Вищого господарського суду України від 17.05.2011 N 6 «Про деякі питання практики розгляду справ у спорах, що виникають із земельних відносин»

Також існує комплекс Законів України, які врегульовують діяльність та визначають коротко та довгострокові пріоритети гідроенергетики:

Водний кодекс України;

Податковий Кодекс України;

Кодекс цивільного захисту;

Закони України:

«Про енергозбереження»;

«Про альтернативні джерела енергії»;

«Про електроенергетику»;

«Про функціонування паливно-енергетичного комплексу в особливий період»;

«Про ратифікацію Угоди про позику (Проект реабілітації гідроелектростанцій) між Україною та Міжнародним банком реконструкції та розвитку»;

«Про ратифікацію Протоколу про приєднання України до Договору про заснування Енергетичного Співтовариства»;

«Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2020 року».

Розвиток гідроенергетики також регулюють Постанови КМУ, підзаконні акти окремих відомств, серед тих, що були прийняті раніше слід відмітити наступні:

Постанова КМУ «Про Державну цільову економічну програму енергоефективності і розвитку сфери виробництва енергоносіїв з відновлюваних джерел енергії та альтернативних видів палива на 2010-2015 роки»;

Постанова КМУ «Про особливості приєднання до електричних мереж об'єктів електроенергетики, що виробляють електроенергію з використанням альтернативних джерел»;

Розпорядження КМУ «Про затвердження проекту та титулу будови другої черги реконструкції гідроелектростанцій ВАТ «Укргідроенерго»;

Наказ МНС України «Про затвердження Правил охорони життя людей на водних об'єктах України»;

Наказ МНС України «Про затвердження Правил безпеки при експлуатації каналів, трубопроводів, інших гідротехнічних споруд у водогосподарських системах»;

Наказ Держводгоспу України від 05.03.2002 року №50 «Про затвердження Правил експлуатації водосховищ Дніпровського каскаду».

Діють також галузеві нормативні документи та санітарні правила і норми:

ГКД 34.20.507-2003 «Технічна експлуатація електричних станцій і мереж. Правила»;

ГКД 34.21.542-93 «Гідротехнічні споруди гідроелектростанцій. Інструкція з експлуатації»;

ГКД 34.03.106-2003 «Безпека гідротехнічних споруд і гідротехнічного обладнання електростанцій України. Положення про галузеву систему нагляду»;

СанПиН 3907-85 «Санитарные правила проектирования, строительства и эксплуатации водохранилищ».

За даними проектно-інжинірингового комплексу «Грант» (Довідка про стан нормативно-технічного забезпечення проектування об'єктів гідроенергетики в ПІК «Грант» наведена у Додатку Е), в який входять ПАТ «УКРГІДРОПРОЕКТ», ТОВ «МІЖВІДОМЧИЙ ЦЕНТР ІНЖЕНЕРНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ» і ТОВ «УКРАТОМЕНЕРГОПРОЕКТ», на поточний час в галузі гідроенергетики діє низка нормативно-технічних документів, більшість яких була розроблена та затверджена у 60-90-ті роки минулого століття і потребують перегляду та актуалізації. В першу чергу, це стосується галузевих нормативних документів, затверджених Міненерго СРСР (таких документів близько 100), будівельних норм і правил (СНиП), стандартів, правил улаштування енергоустановок (ПУЕ) та низки інших.

Під час виконання проектних робіт за часів СРСР українські проектні організації (зокрема, ПАТ «Укргідропроєкт») користувалися нормативними документами, розробленими московськими та санкт-петербурзькими інститутами (таких документів близько 300 найменувань). На поточний час користуватися цими документами та посилаючись на них не має можливості, їх можна використовувати тільки в якості аналогів. Низка документів актуальні і на поточний час. З огляду на це існує потреба у перегляді та актуалізації цих нормативних документів на території України.

З метою організаційного забезпечення подальшого розвитку малої гідроенергетики, на думку спеціалістів-гідроенергетиків, доцільно розробити і ввести в дію низку документів, які б упорядковували виділення земельних ділянок і надання дозволів на будівництво об'єктів малої гідроенергетики, дозволів на спеціальне водокористування; а також питання юридичного оформлення права власності й користування на земельні ділянки із земель державної та комунальної власності.

Необхідно також розробити й затвердити нормативно-технічну базу проектування МГЕС та їх експлуатації; забезпечити дотримання природоохоронних вимог щодо відведення земель для розміщення об'єктів енергетики, розробити нормативно-правові акти щодо підключення малих ГЕС до електричної мережі енергокомпаній, настанови з паралельної роботи МГЕС з електричними мережами низької та середньої напруги.

Стримуючими чинниками розвитку малої гідроенергетики, окрім проблем нормативно-правового і організаційного характеру, є низка технічних труднощів, а також відсутність державних стандартів, які б регулювали будівництво малих ГЕС, а також несприйняття будівництва малих ГЕС місцевими жителями, активний спротив екологічних організацій тощо.

На сьогодні ⁴⁶, окрім вище перелічених проблем малої гідроенергетики, залишаються невирішеними певні теоретичні та методичні питання, зокрема недостатня вивченість гідрологічного режиму стоку малих водотоків, зменшення кількості гідрологічних постів, відсутність великомасштабних карт гідроенергетичного потенціалу річок, недосконалі методики оцінки і прогнозування впливу малих ГЕС на природне середовище тощо.

Державні стандарти з малої гідроенергетики відіграли б позитивну роль у підвищенні ефективності проектування, будівництва, відновлення та експлуатації

⁴⁶ Київський національний університет імені Тараса Шевченка. *Коротка історія розвитку та сучасний стан малої гідроенергетики на рівнинних річках України* / О. Г. Ободовський, Е. Р. Рахматулліна, Л. М. Тимуляк http://irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?C21COM=2&I21DBN=UJRN&P21DBN=UJRN&IMAGE_FILE_DOWNLOAD=1&image_file_name=PDF/glghge_2016_4_12.pdf

малих ГЕС. Якщо загалом у галузі відновлюваної енергетики розроблено та знаходяться на стадії впровадження (впроваджено) більше 50 нормативних документів, то лише три з них стосуються малої гідроенергетики (ДСТУ 8296:2015 Енергозбереження. Гідроенергетика мала. Методика визначення ресурсів, ДСТУ ІЕС 61116:2013 Настанова щодо електромеханічного устаткування малих гідроелектростанцій та ДСТУ 7501:2014 Гідроенергетика. Гідроелектростанції малі. Терміни та визначення понять).

Зокрема ДСТУ 7501:2014 Гідроенергетика. Гідроелектростанції малі. Терміни та визначення понять розроблено з метою установлення єдиних термінів та визначення понять стосовно гідроенергетики і поширено на малі гідроелектричні станції, їхні робочі характеристики та складові частини. В стандарті використані чинні термінологічні джерела інформації у сферах стандартизації та малої гідроенергетики, суміжних технічних питаннях.

Завданням стандарту є створення терміносистеми стосовно МГЕС для однозначності розуміння і трактування термінів. Призначення стандарту полягає в забезпеченні умов підвищення ефективності проектування, будівництва, відновлення та експлуатації МГЕС⁴⁷.

⁴⁷ П.Ф.Васько, докт.техн.наук, А.О.Бриль, А.В.Мороз Проект державного стандарту "Гідроенергетика. Гідроелектростанції малі. Терміни та визначення понять"

3 Вплив малих ГЕС на навколишнє середовище

Стратегічні плани розвитку малої гідроенергетики в Україні, оприлюднені в «Енергетичній стратегії України до 2030 року» (збільшення встановленої сумарної потужності малих ГЕС з 72 до 1140 МВт), передбачають регулювання майже всіх малих річок Західної та Центральної України⁴⁸. Зважаючи на таку значну кількість запланованих до будівництва малих гідроелектростанцій необхідно визначити всі негативні наслідки та доцільність введення їх в експлуатацію для національного господарства в умовах стратегії сталого розвитку.

Зважаючи на це при плануванні будівництва малих ГЕС, необхідно виконувати комплексні роботи щодо⁴⁹:

- 1) дослідження еколого-економічних факторів на які впливає спорудження гідроелектростанцій дериваційного та греблевого типу на малих річках;
- 2) формування методичного підходу до оцінки ефективності функціонування малої ГЕС.

3.1 Загальна інформація

Негативний вплив на екосистему внаслідок будівництва та експлуатації великих та малих ГЕС останнім часом досліджується багатьма вченими всього світу. Зокрема вчені з Австралії і КНР вивчили шкоду різних видів відновлюваної енергетики. В останні роки нових електростанцій такого типу вводиться набагато більше, ніж теплових і атомних. Це обумовлює актуальність дослідження екологічного збитку, що наноситься «зеленою» енергетикою. Виявилось, що в цілому він досить низький, за винятком гідроелектростанцій⁵⁰.

Дослідники відзначають, що загальна площа земель, затоплених великими ГЕС по всьому світу дорівнює 340000 км² (близько до площі Німеччини)⁵¹. Раніше на цих землях знаходилася низка специфічних заплавних екосистем, пов'язаних з регулярними розливами річок. Тепер вони припинили своє існування, що знизило різноманітність видів флори та фауни в цих регіонах.

⁴⁸ О. М. Маценко, канд. екон. наук, доцент. МЕТОДИЧНІ ЗАСАДИ ОЦІНКИ ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ МАЛИХ ГІДРОЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ. http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?C21COM=2&I21DBN=UJRN&P21DBN=UJRN&IMAGE_FILE_DOWNLOAD=1&image_file_name=PDF/VSU_ekon_2013_4_6.pdf

⁴⁹ «Вісник СумДУ. Серія Економіка», № 4' 2013

⁵⁰ АО ИД «Комсомольская правда». Гидроэлектростанции назвали самым вредным источником возобновляемой энергии. <https://www.cyprus.kp.ru/daily/26751/3780945/>

⁵¹ Trends in Ecology & Evolution. How Green is 'Green' Energy? <https://www.ecodebate.com.br/wp-content/uploads/2017/10/20171026-171026gibson-et-al.-2017-green-energy.pdf>

З затоплених водосховищами площ переселено десятки мільйонів людей, переміщено промислові підприємства, дороги, лінії електропередач, трубопроводів та ін. Передовсім, це стосується створення водосховищ, які затоплюють великі площі сільськогосподарських угідь та лісів. На кожний кіловат потужності гідроелектростанції затоплюється близько 300 м² землі. Нині на території колишнього СРСР під водою поховано близько 100 тисяч км² родючих земель⁵².

Інша негативна характеристика ГЕС - те, що водосховища ГЕС викидають багато вуглекислого газу і метану, парникових газів. Відразу після затоплення земель під водосховище, на їхньому дні починають гнити затоплені рослини. Вуглекислий газ і метан, що виробляються під час гниття, з часом потрапляють в атмосферу, посилюючи парниковий ефект.

У сезон низького рівня води трава покриває обезводнені берега водоймищ, а потім (у високий сезон) затоплюється знову, що відновлює гниття і викиди парникових газів в атмосферу. Так, бразильська ГЕС Куру-Уна, за підрахунками, викидає в 3,6 раз більше парникових газів, ніж ТЕС з тим же щорічним виробництвом електроенергії⁵³.

3.2 Вплив малих ГЕС на довкілля

(Розділ підготовлено за матеріалами статті: МЕТОДИЧНІ ЗАСАДИ ОЦІНКИ ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ МАЛИХ ГІДРОЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ. О. М. Маценко, канд. екон. наук, доцент та ін.. Сумський державний університет. Режим доступу: http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?C21COM=2&I21DBN=UJRN&P21DBN=UJRN&IMAGE_FILE_DOWNLOAD=1&Image_file_name=PDF/VSU_ekon_2013_4_6.pdf)

Завдяки наявності досить розгалуженої річкової системи на території України, що налічує більш ніж 63 тис. малих річок та водотоків загальною площею 135,8 тис. км, мала гідроенергетика має значний енергетичний потенціал, який оцінюється в 3750 млн. кВт·год. або 1387,6 тис. т. у. п.⁵⁴ Бажання зменшити енергозалежність української економіки від постачання енергоносіїв з сусідніх країн спонукало владу до створення умов для освоєння цього енергетичного потенціалу приватними енергокомпаніями. Введені в дію податкові пільги для енергокомпаній, що працюють з альтернативними

⁵² Техноекіологія: підручник /М.С. Мальований, В.М. Боголюбов, Т.П. Шаніна, В.М. Шмандій, Т.А. Сафранов. за ред. Мальованого М.С. – Херсон: ОЛДІ-ПЛЮС, 2014. – 616с.

⁵³ АО ИД «Комсомольская правда». Гидроэлектростанции назвали самым вредным источником возобновляемой энергии. <https://www.cyprus.kp.ru/daily/26751/3780945/>

⁵⁴ Проблемы восстановления и развития малой гидроэнергетики Украины [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://prodex.dn.ua/article/16>

джерелами енергії, відміна оподаткування на обладнання відновлюваних джерел енергії, а також впровадження «зеленого» тарифу зробили малі гідроелектростанції одними з найбільш інвестиційно привабливих в енергетиці. Зазвичай строк окупності малої ГЕС не перевищує 5 років при економічно доцільному строку експлуатації в 30-50 років.

Економічні показники будівництва, експлуатації та окупності різних видів електростанцій, приведених до потужності 1000 МВт наведені в таблиці 3.1.⁵⁵

Таблиця 3.1 – Економічні показники будівництва, експлуатації та окупності різних видів електростанцій, приведених до потужності 1000 МВт

Тип електростанції (ЕС)	Будівництво		Експлуатація		Вивід з експлуатації		Загальні витрати	Строк окупності, років
	Строк, років	Вартість, млрд. \$ США	Строк, років	Вартість, млрд. \$ США	Строк, років	Вартість, млрд. \$ США		
Комплекс вітрових ЕС	2,0	3,6	20,0	0,2	1,0	0,3	4,1	3,5 – 6,0
Комплекс сонячних ЕС	2,0	14,3	10,0	0,2	0,1	0,5	15,0	4,5 – 8,0
Комплекс малих ГЕС	3,0	3,5	50,0	0,5	1,0	1,0	4,8	5,0
АЕС	13,0	5,0 – 8,0	29,0	1,2	50,0 – 130,0	3,0 – 5,0	9,2 – 14,2	15,0 – 20,0
ПГЕС	2,0	0,7	30,0	2,0	0,8	0,4	3,1	4,8
Газомагутна	2,0	1,1	30,0	2,8	0,8	0,4	4,3	5,7
Вугільна	2,0	1,3	30,0	3,2	1,0	0,9	5,4	7,3

Зважаючи на те, що більшість існуючих на поточний час в Україні малих гідроелектростанцій збудовано на існуючих гідровузлах, де вартість будівництва не перевищує 1100-1800 долл. США за 1 кВт потужності, термін окупності таких ГЕС зменшується до 3-4 років⁵⁶. Отже, можна стверджувати, що приватні енергокомпанії дуже зацікавлені в подальшому розвитку малої гідроенергетики.

⁵⁵ Лаврентьев Н. А., Белорусская ветроэнергетика – реалии и перспективы / Н. А. Лаврентьев, Д. Д. Жуков // Электронный журнал энергосервисной компании «Экологические системы» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://esco-ecosys.narod.ru/2007_1/art93.htm

⁵⁶ Васильев Ю. С. Оценки ресурсов возобновляемых источников энергии в России / Ю. С. Васильев, П. П. Безруких, В. В. Елистратов, Г. И. Сидоренко. – СПб. : Изд-во Политехн. ун., 2009. – 250 с.

Головним аргументом щодо доцільності масового будівництва малих гідроелектростанцій на річках України як з боку центральної влади, так і з боку зацікавлених енергокомпаній є твердження про майже повну екологічну безпеку цих споруд. Дійсно, якщо порівнювати малі ГЕС з іншими видами електрогенеруючих станцій за кількістю шкідливих викидів в атмосферу вони виглядають набагато екологічно «чистішими».

Емісія різних електростанцій по повному циклу виробництва електроенергії (г/кВт·год) наведена в таблиці 3.2.⁵⁷

Таблиця 3.2 – Емісія різних електростанцій по повному циклу виробництва електроенергії (г/кВт·год)

Викиди, г/кВт·год	Малі ГЕС	Великі ГЕС	Сонячні фото- електростанції	Вугільні електростанції	Газомазутні електростанції
CO ₂	11,6	9,0	98-167	1026	402
SO ₂	0,024	0,03	0,2-0,34	1,2	0,2
NO _x	0,006	0,07	0,18-0,3	1,8	0,03

Дослідження проведені іспанською асоціацією відновлюваної енергетики показали, що виробництво 1 кВт·год. електроенергії малими ГЕС в цілому в 31 раз більш екологічно «чисте», ніж 1 кВт·год. електроенергії вироблене на ТЕС.⁵⁸

Незважаючи на таку екологічну та комерційну привабливість малої гідроенергетики в Україні існує сукупність негативних наслідків від її впровадження, що ставить питання про доцільність розвитку цього напрямку енергетики.

На рис. 3.1 наведені можливі негативні наслідки будівництва малих ГЕС на річках України.

⁵⁷ Прошкина И. П. Малая ГЭС – экологически чистый способ получения энергии / И. П. Прошкина // Возобновляемая энергия. - 2002. - № 1 - С. 8-13.

⁵⁸ Möllersten B. Vattenkraftsutbyggnad i små vattendrag. Swedish Society for the Conservation of Nature / B. Möllersten. – Stockholm, 1998. – P. 7-10.

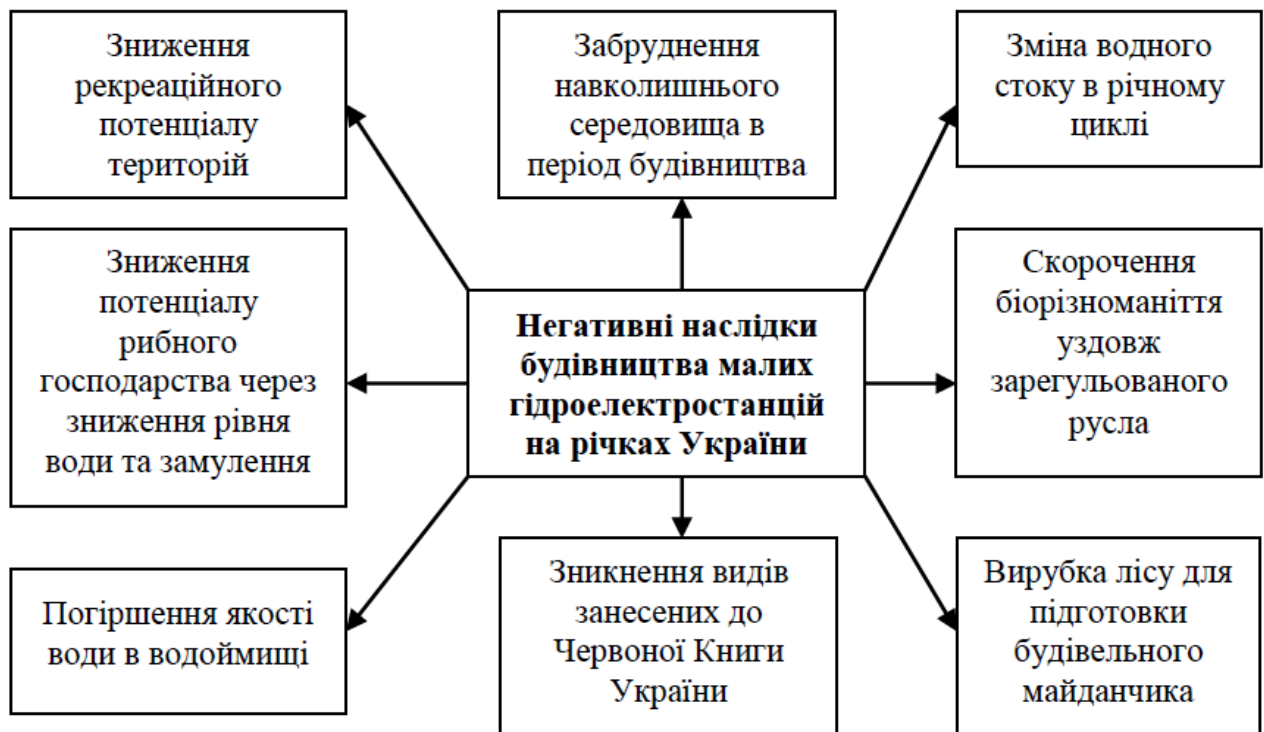


Рис. 3.1 – Можливі негативні наслідки будівництва малих ГЕС на річках України

Дослідження показали, що ще на етапі будівельно-монтажних робіт будівництво МГЕС має негативний вплив на навколишнє середовище, а саме⁵⁹:

- тимчасове вилучення земель під будівельні майданчики для будівництва гідротехнічних споруд, траси і для будівництва виробничих автодоріг;
- знищення лісу на схилах при вибірці ґрунту;
- порушення цілісності надр при прокладанні в них дериваційного тунелю, будівництві гідротехнічних споруд;
- утворення під час будівництва виробничих відходів у вигляді витягнутої породи (ґрунту);
- 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;

⁵⁹ Бриних В. А. Особое мнение к протоколу предварительного согласования участка под строительство каскада малых ГЭС на реке Адыр-Су о правовых основаниях строительства, негативном влиянии малых ГЭС, проектируемых к строительству на территории национального парка «Приэльбрусье» на окружающую среду, о видах воздействия на компоненты природной среды и предварительных расчетах прямого ущерба в результате реализации проекта / В. А. Бриних // Тематическое сообщество по вопросам больших плотин [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://russiandams.ru/sites/russiandams/files/review-page/files/brinih.doc>

– втрата середовища існування об'єктів тваринного світу та порушення шляхів міграцій внаслідок відчуження земель під будівельні майданчики.

Через зарегульованість малих річок та зменшення водного потоку у випадку будівництва нових малих ГЕС перед місцевими громадами стає загроза зменшення чи повного зникнення туристичного потоку, що подекуди є єдиним способом заробітку для населення. Особливо актуальна ця загроза для Карпат, де згідно «Програми енергозбереження та енергозабезпечення на період до 2015 року», розробленої на замовлення Закарпатської облдержадміністрації, заплановано будівництво 330 малих ГЕС.⁶⁰ Масове будівництво МГЕС на малих річках Карпат повністю знищить сферу водного туризму (рафтинг, гребний слалом та інші) та скоротить обсяги зеленого туризму, що приносять прибутки в розмірі 57,5 млн. долл. США на рік.

Також зарегулювання малих річок має негативний вплив на рибне господарство. Спорудження малих гідроелектростанцій на гірських річках призводить до повного зникнення осетрових і лососевих риб, через замулення водоймищ та зменшення рівня води в них, а також заняття їх ніші озерними видами (найчастіше щукою та окунем).⁶¹ Отже, будівництво гідроелектростанцій на річках Карпат ставить під загрозу вільні шляхи міграції до нерестилищ, природні нерестилища та місця нагулу рідкісних, зникаючих та занесених до Червоної книги України видів риб (такими видами є стерлядь прісноводна, дунайський лосось, хариус європейський, марена, струмкова форель та інші) та видів, які на території України зустрічаються лише в Закарпатському регіоні (ялець-андруга європейський (закарпатський), мінога (угорська), що в загальному є унікальною національною цінністю фауни України.

Особливістю зарегульованих малих річок є те, що рівень води в них коливається в залежності від потреб ГЕС. Найчастіше такі коливання відбуваються щоденно в межах 1 метра. Береги річки стають крутими і вузькими, а складові їх речовини (пісок, глина і ін) регулярно вимиваються⁶². Як результат відбувається замулення річки, а також прибережна рослинність уздовж руслових водосховищ часто утворює вузьку смугу без ознак зональності близько самого високого рівня води, а внизу зрідка можна виявити болотні і водні рослини.

Також в значній мірі від зарегульованості річки залежить біорізноманіття видів нижче рівня гідроелектростанції (нижній б'єф). Так, наприклад, зарегулювання малої річки призводить до того, що площа рослинного покриву після гідроспоруд скорочується

⁶⁰ Екологія. Право. Людина. Будівництво ГЕС. <http://epl.org.ua/environment-tax/mali-ges/>

⁶¹ Henricson J. Stream regulation in Sweden with some examples from central Europe The ecology of regulated streams / J. Henricson, K. Müller. – Plenum Press, New York, 1979. – P. 183-199.

⁶² Bednarek A. T. Undermining rivers: a review of the ecological impacts of dam removal / A. T. Bednarek // Environmental Management. – 2001. – N 27. – P. 803-814.

в середньому з 42 % від площі берегової зони до 2 %⁶³, без найменших ознак відновлення, а площа рослинного покриву з трав і чагарників падає приблизно з 50 % до 30 % площі берегової зони. Таким чином, вплив малих гідроелектростанцій на біорізноманіття прибережних рослин зберігається приблизно 70 років після його початку, і можливо, є необоротним⁶⁴.

На рис. 3.2 наведено коливання рівня води на зарегульованих та незарегульованих річках протягом року.⁶⁵

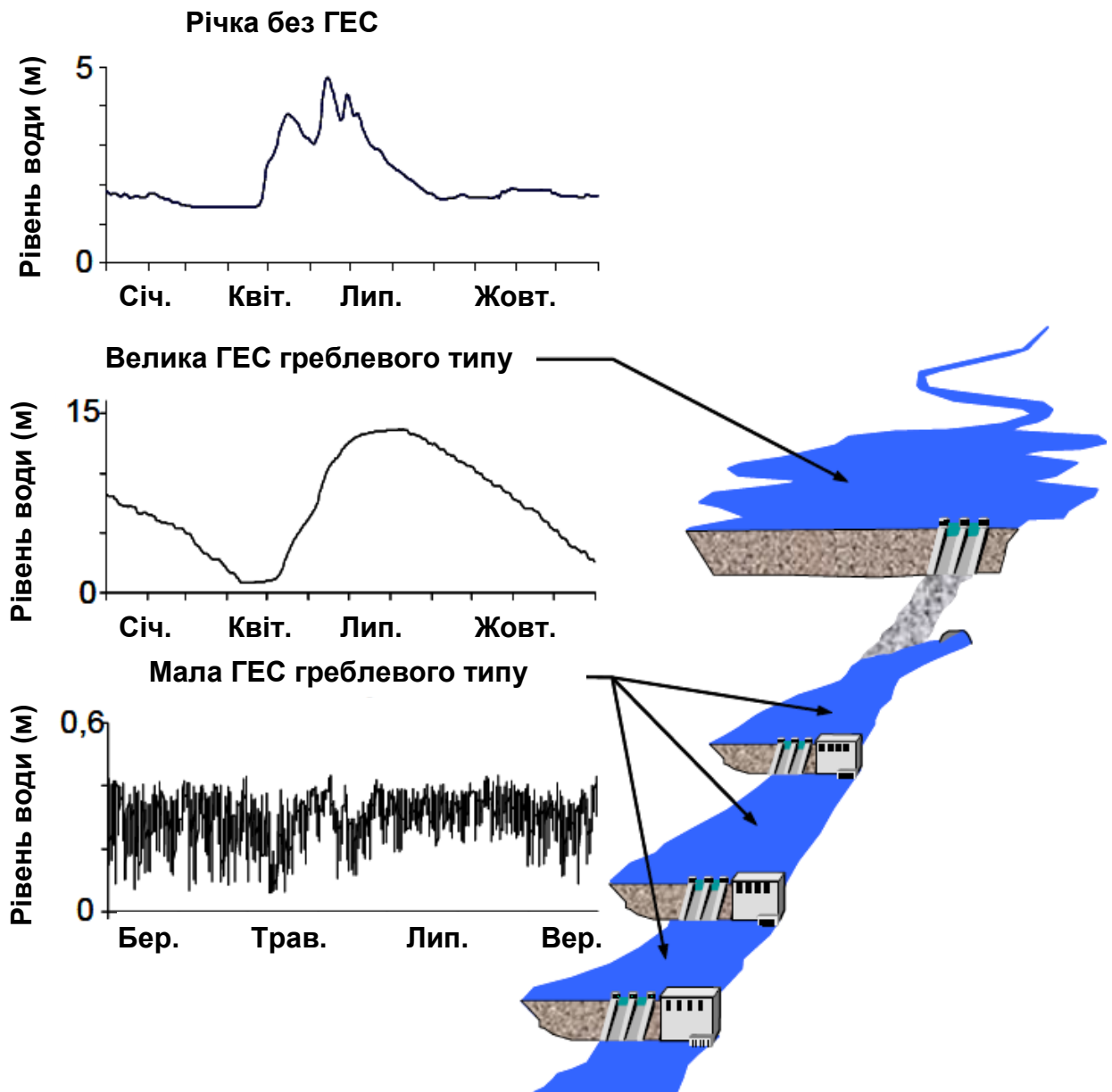


Рис. 3.2 – Коливання рівня води на зарегульованих та незарегульованих річках протягом року

⁶³ Nilsson C. Long-term responses of river-margin vegetation to water-level regulation / C. Nilsson, R. Jansson // Science 276, 1997. – P. 798-800.

⁶⁴ Jansson R. Effects of river regulation on river-margin vegetation: a comparison of eight boreal rivers / R. Jansson, C. Nilsson, M. Dynesius // Ecological Applications 10, 2000. – P. 203-224.

⁶⁵ Jansson R. The biological cost of hydropower / R. Jansson. – Umea, 2002. – 10 p.

Проаналізувавши основні негативні наслідки впливу малих ГЕС на навколишнє середовище та господарську діяльність важливим є формування методичного підходу до оцінки еколого-економічної ефективності їх функціонування, що враховував би перелічені вище фактори. До теперішнього часу не розроблено такої методики, а при експертній оцінці найчастіше користуються методиками розробленими для великих ГЕС⁶⁶ (Додаток Б).

3.3 Вплив малих ГЕС на флору і фауну

Будівництво малих ГЕС в Карпатському регіоні України має негативний вплив на флору і фауну, зокрема перешкодить руху на нерест форелі і інших гірських видів риби. Згідно вимог, у конструкції МГЕС передбачаються спеціальні ґрати, які убезпечують рибу від потрапляння в конструкції гідроелектростанцій, а сама риба обходить ГЕС по спеціально обладнаному рибоходу. Однак впроваджені рибоохоронні заходи на сучасних МГЕС України виконано тільки формально.

Особливо занепокоєні ситуацією працівники Інституту екології Карпат Національної академії наук України⁶⁷: *«Будівництво запланованої кількості малих ГЕС на Закарпатті супроводжуватиметься порушенням (у випадку спорудження загат) й цілковитим знищенням (у випадку спорудження водосховищ) узбережних й руслових біотопів. Функціонування малих ГЕС істотно впливатиме на гідрологічний режим водойм, оскільки основна маса води з річок буде відведена в труби. У зв'язку з цим очікується значне обміління їх русел і створення штучних перешкод (що вже має місце на збудованих ГЕС) для обміну генофондом між популяціями водних тварин. Насамперед, це стосується видів риб з родини лососевих – форелі струмкової, хариуса європейського (Червона книга України – надалі ЧКУ), лосося дунайського (ЧКУ), для яких під час розмноження характерні міграції у верхів'я потоків і струмків. Загати малих ГЕС створюють непрохідні перепони й «відрізають» лососевих риб від оптимальних для них нерестовищ. Існуючі рибовідводи на вже існуючих карпатських малих ГЕС не виконують своїх функцій, оскільки спроектовані й зроблені неправильно (більшість з них просто зневоднена). Таким чином, рідкісні види лососевих можуть цілковито зникнути. Зміна гідрології карпатських водотоків також негативно вплине на популяції інших рідкісних і червонокнижних видів риб і міног – ялец-андруги,*

⁶⁶ Abbasi T. Small hydro could add up to big damage / T.Abbasi, S.Abbasi // Science & Technology for Development News & Analysis [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://scidev.net/en/opinions/small-hydro-could-add-up-to-big-damage-1.html>

⁶⁷ «Універсум». МАЛІ ГЕС – ВЕЛИКІ ПРОБЛЕМИ. Володимир ДЕДИШИН, студент IV курсу факультету журналістики ЛНУ ім. Івана Франка <http://universum.lviv.ua/previous-site/journal/2012/3/hes.htm>

марени звичайної, міноги карпатської та деяких інших», – застерігає у зверненні до заступника голови Громадської ради при Закарпатській ОДА директор Інституту, доктор біологічних наук Микола Козловський.

На жаль, у гонитві за наживою власники малих ГЕС ігнорують вимоги природоохоронного законодавства та економлять на заходах щодо компенсації шкоди довкіллю. Зокрема, не обладнують ГЕС рибопропускними спорудами та ігнорують вимоги пропуску риби вгору за течією під час нересту.

Згідно зі ст. 66 Водного Кодексу України **«гідроенергетичні підприємства зобов'язані дотримувати 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»**, але на практиці ця норма не виконується через низку причин, в першу чергу через відсутність підзаконних нормативно-правових актів та неефективності контролюючих органів⁶⁸.

Також у відповідності до СанПиН 3907-85 «Санитарные правила проектирования, строительства и эксплуатации водохранилищ» (Раздел 4. Требования к режиму работы водохранилищ) обов'язковим є виконання наступних вимог щодо режимів роботи водосховищ:

- при водогосподарському розрахунку режиму роботи водосховища повинні бути забезпечені рівні і витрати води, що гарантують безперебійну роботу питних водозаборів, сприятливі умови культурно-побутового водокористування населення в верхньому і нижньому б'єфах, а також попередження утворення анофелогенних водойм;
- при комплексному використанні водосховищ створення необхідних санітарно-гігієнічних умов в нижніх б'єфах забезпечується спеціальними санітарними спусками. Величина мінімального санітарного попуску повинна бути не менше мінімальної середньодобової витрати водотоку в побутовому гідрологічному режимі літньої і зимової межени року 95% забезпеченості;
- у нижніх б'єфах каскаду водосховищ, в зв'язку з особливо складними гідрологічними умовами, величина мінімального санітарного попуску повинна забезпечувати швидкість течії не менше мінімальної, що мала

⁶⁸ Форпост. У гонитві за наживою власники малих ГЕС ігнорують вимоги природоохоронного законодавства. <http://forpost.lviv.ua/novyny/3033-u-gonitvi-za-nazhivoyu-vlasniki-malikh-ges-ignoruyut-vimogi-prirodookhoronnogo-zakonodavstva>

місце до спорудження гідровузла;

- відсутність стокового течії в зоні нижнього б'єфу ГЕС – забороняється;
- у режимі попусків слід підтримувати максимально можливу рівномірність. Неприпустимі різкі коливання рівнів і швидкостей течії в зоні нижнього б'єфу протягом доби.

«У квітні-червні в Україні триває нерест більшості видів риби. Греблі більшості ГЕС є нездоланною перешкодою для міграції риби, і, відповідно, ситуацію можна виправити тільки відкриттям шлюзів ГЕС та припиненням виробітку електроенергії на період нересту». Про це повідомив еколог правозахисної організації «Екологія. Право. Людина» Петро Тестов⁶⁹.

Але згідно з опитуванням, проведеним Міжнародною благодійною організацією «Екологія-Право-Людина» серед туристів, рибалок, місцевих мешканців – шлюзи більшості малих ГЕС закриті і риба вгору за течією підніматися не може⁷⁰.

Будівництво об'єктів електроенергетики на гірських річках негативно позначиться і на угрупованнях земноводних, які концентруються неподалік русел чи у заплавних водоймах. Так, підприємці ставлять під загрозу існування плямистої саламандри, личинки якої розвиваються винятково у струмках і потоках, карпатського та альпійського тритонів, для яких зміна гідрологічного режиму матиме згубний вплив, а також гірської купки і прудкої жаби⁷¹.

Відведення в труби основного водного потоку (при будівництві дериваційних МГЕС) спричинить зневоднення русла, що матиме негативні наслідки, як для водної екосистеми, так і для прируслових наземних екосистем. Як наслідок, під загрозою зникнення опиняться й численні угруповання рідкісних видів рослин, занесених до Червоної книги України, списків Бернської конвенції, Світового списку Міжнародного союзу охорони природи та Європейських червоних списків⁷¹.

Будівництво малих ГЕС супроводжується інколи порушенням, а в деяких випадках, значним руйнуванням узбережних та руслових біотопів, зміною ландшафтів. Експлуатація напірних дериваційних ГЕС істотно впливає на гідрологічний режим річок, оскільки передбачає забір основної маси річкової води у дериваційні водоводи (тракти) з метою створення необхідного напору та витрати води. У зв'язку з цим може

⁶⁹ Форпост. У гонитві за живою власники малих ГЕС ігнорують вимоги природоохоронного законодавства. <http://forpost.lviv.ua/novyny/3033-u-gonitvi-za-nazhivoyu-vlasniki-malikh-ges-ignoruyut-vimogi-prirodookhoronnogo-zakonodavstva>

⁷⁰ Екологія. Право. Людина. Як громада та районна влада можуть примусити власників малих ГЕС пропускати рибу на нерест. <http://epl.org.ua/about-us-posts/yak-gromada-ta-rajonna-vlada-mozhut-prymusyty-vlasnykiv-malyh-ges-propuskaty-rybu-na-nerest/>

⁷¹ «Універсум». МАЛІ ГЕС – ВЕЛИКІ ПРОБЛЕМИ. Володимир ДЕДИШИН, студент IV курсу факультету журналістики ЛНУ ім. Івана Франка <http://universum.lviv.ua/previous-site/journal/2012/3/hes.htm>

відбуватися значне обміління водотоків, порушуватися екологічний стік річок, створюватися штучна перешкода для обміну генофондом між популяціями гідробіонтів. Прокладання дериваційних трактів через ділянки, вкриті лісами, вимагає їх вирубки та будівництва нових елементів транспортної інфраструктури, що сприяє зменшенню стійкості берегових схилів водотоків⁷².

За різних режимів експлуатації ГЕС в районах їх розташування можуть проявлятися мікрокліматичні зміни, процеси підтоплення та заболочування, переробка та абразія берегової лінії, трансформація режиму ґрунтових вод, зона тимчасового затоплення територій, зміна рівнів та швидкості води у річці, замулення верхніх б'єфів, руслові трансформації та глибинна ерозія у нижніх б'єфах, зміни гідрохімічного та льодотермічного режимів річки тощо. Масштаб вищеперерахованих трансформацій обумовлюється величиною підпору води, а їх характер може визначати стан наземних екосистем буферних територій, ареали поширення представників флори та фауни, умови їх існування та розмноження в зоні тимчасового затоплення тощо. Зміна стану ресурсів може впливати на умови життєдіяльності населення та роботу народногосподарських об'єктів, оскільки більшість малих ГЕС розташована в межах населених пунктів, де найбільше проявляється підпір води⁷².

Масштаби та інтенсивність трансформації природних ресурсів, спричинені будівництвом та експлуатацією МГЕС, визначають умови існування представників флори та фауни наземних і водних екосистем. Незначна площа затоплень при створенні водосховища ГЕС буде сприяти трансформації кореневих систем кущової та деревовидної рослинності, що зростає в межах прибережної захисної смуги водотоку. Під час наповнення водосховища в ареали затоплень можуть потрапити ареали зооценозів безхребетних видів тварин, хребетні види тварин будуть мати змогу адаптуватись до змін середовища та освоїти нові ареали для існування⁷².

Визначення рівня трансформації природних ресурсів при експлуатації малих ГЕС є достатньо складною процедурою, оскільки зміни природних процесів та явищ відбуваються поступово, з різною інтенсивністю та через різні проміжки часу, сильно прив'язані до фонового стану довкілля. Основні трансформації природних ресурсів буферних територій зокрема пригреблевих ГЕС пов'язані із створенням підпору води. Русловий характер водойм ГЕС призводить, як правило, до трансформації водних ресурсів зарегульованих ділянок водотоків – параметрів гідралічного, руслового, температурно-льодового та гідрохімічного режимів води. За рахунок значного

⁷² Атаєв С.В. Рівненська філія ПВНЗ «Європейський університет», м. Рівне. ОЦІНКА ТРАНСФОРМАЦІЇ ПРИРОДНИХ РЕСУРСІВ ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ МАЛИХ ГЕС ПРИКАРПАТСЬКОГО РЕГІОНУ. <http://elar.nung.edu.ua/bitstream/123456789/193/4/4910p.pdf>

гідравлічного ухилу гірських водотоків, що мають каньйоноподібну малорозвинену заплаву, виникає можливість створення руслових водосховищ, режим експлуатації яких дозволяє сформувати необхідний гідравлічний напір з мінімальними трансформаціями природних ресурсів. Масштаб поширення підпору води визначає межі поширення цих трансформацій⁷³.

На території української частини Карпатського регіону планується спорудження понад 500 малих ГЕС⁷⁴. Це може призвести до суттєвих негативних наслідків для популяцій тварин, рослин та їх оселищ, ландшафтів, традиційного господарства та розвитку туризму, зокрема:

- порушується водопостачання у регіоні;
- річки опиняються в трубах, перекриваються греблями, безповоротно руйнуються природні річкові екосистеми;
- риба не має можливості мігрувати на нерест у верхів'я річок, що призводить до зникнення більшості видів риб на кожній з карпатських річок після початку будівництва бодай однієї малої ГЕС на ній;
- неминуха деградація лісів та інших природних комплексів, оселищ рідкісних представників флори і фауни, включених до Червоної книги України;
- річки втрачаються місця риболовлі та рафтингу, що цілком знищує можливості для розвитку туризму, пов'язаного з водними об'єктами;
- нарастають потенційні загрози, пов'язані з підтопленням, зсувами, проривами гребель;
- сукупний вплив на гірський регіон значної кількості об'єктів, їх інфраструктури призведе до наростання сейсмічних ризиків та деградації ландшафтів.

Науковці та представники екологічних громадських організацій звертають увагу на основні фактори негативного впливу малих ГЕС на довкілля⁷⁵:

- вплив на біорізноманіття, зокрема через фрагментації річкових екосистем, знищення середовища існування видів фауни і флори;

⁷³ Атаєв С.В. Рівненська філія ПВНЗ «Європейський університет», м. Рівне. ОЦІНКА ТРАНСФОРМАЦІЇ ПРИРОДНИХ РЕСУРСІВ ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ МАЛИХ ГЕС ПРИКАРПАТСЬКОГО РЕГІОНУ. <http://elar.nung.edu.ua/bitstream/123456789/193/4/4910p.pdf>

⁷⁴ WWF - World Wide Fund For Nature. Будівництво незаконних ГЕС має бути негайно зупинене! http://wwf.panda.org/wwf_news/?248510/Appeal-to-regional-authorities-about-hydro

⁷⁵ Буковинська правда. Чи доцільне у Сараті, що на Путильщині, будівництво мікрогес? <http://bukpravda.cv.ua/news/oblast/item/26416-%D1%87%D0%B8-%D0%B4%D0%BE%D1%86%D1%96%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B5-%D1%83-%D1%81%D0%B0%D1%80%D0%B0%D1%82%D1%96-%D1%89%D0%BE-%D0%BD%D0%B0-%D0%BF%D1%83%D1%82%D0%B8%D0%BB%D1%8C%D1%89%D0%B8%D0%BD%D1%96-%D0%B1%D1%83%D0%B4%D1%96%D0%B2%D0%BD%D0%B8%D1%86%D1%82%D0%B2%D0%BE-%D0%BC%D1%96%D0%BA%D1%80%D0%BE%D0%B3%D0%B5%D1%81?-%D1%84%D0%BE%D1%82%D0%BE.html>

- вплив на гідрологічне середовище, зокрема, через зміни гідрологічних режимів річок – кисневого і температурного режиму, водного режиму (включно із проходженням повеней і паводків), зміни рівнів забруднення водних об'єктів тощо;
- вплив на соціальне середовище, зокрема, через унеможливлення розвитку туризму, відтік туристів, зменшення туристичної активності регіону;
- вплив на інші види альтернативної економічної діяльності громад, зміни в умовах життя і господарювання, зміни у свідомості населення, спричинені руйнуванням традиційного середовища існування;
- вплив на геологічне середовище, що спричиняє до активізації негативних екзогенних геологічних процесів, таких як активізації ерозії, зміни у перенесенні і накопичення наносів, зсуви, підняття та падіння існуючих рівнів ґрунтових вод у зоні впливу ГЕС та інші.

3.4 Основні заходи щодо зменшення негативного впливу малих ГЕС на довкілля

Вплив малих ГЕС на довкілля найбільш всього проявляється у негативних наслідках, які торкаються існування риб, а також інших видів та представників флори та фауни на прилеглих територіях. Будівництво гребель, каналізація річок, їх зарегульованість призводить до зменшення популяції риби, а в деяких випадках до її повного зникнення.

Будівництво як великих, так і малих ГЕС повинно супроводжуватись реалізацією рибозахисних заходів, основною задачею яких є:

- унеможливлення попадання риб в гідротурбіни;
- мінімізацію пошкоджень риби в гідротурбінах при її потраплянні туди;
- створення можливості мігрування риби на нерест у верхів'я річок.

Основними рибозахисними заходами при будівництві та експлуатації МГЕС є:

- застосування рибозахисних споруд;
- будівництво рибопропускних споруд для створення можливості міграції риби;
- застосування більш безпечних для риби типів гідротурбін.

Рибопропускні та рибозахисні споруди

(Розділ підготовлено за матеріалами лекцій: Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева Гидролого-экологические аспекты рыбного хозяйства. Гидролого-экологические аспекты рыбного хозяйства на озерах, водохранилищах и реках. Рыбозащитные устройства. Рибопропускные шлюзы и рыбоподъемники. Лекция 8. Режим доступу: <http://www.ektu.kz/files/DistanceEducation/Resource/210479/%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%86%D0%B8%D1%8F%208%20%D1%80%D1%8B%D0%B1%D1%85%D0%BE%D0%B7.doc>)

Рибозахисні споруди – це окремі споруди або частини водозабірною пристрою ГЕС, призначені для запобігання попадання, травмування та загибелі личинок і молодих риб на водозаборах і відведення їх у життєздатному стані в безпечне місце водойми для природного господарського виробництва або господарського використання.

Рибопропускні споруди – це спеціальні гідротехнічні споруди, які призначені для безпечної міграції риб з верхнього б'єфу гідровузла до нижнього і у зворотному напрямку.

Зведення на річці гідровузлів є великою перешкодою для міграції риби і в деяких випадках тягне за собою її припинення. Зараз в світі вимоги до збереження біологічних ресурсів водотоків зростають і на деяких раніше побудованих ГЕС зводять рибопропускні споруди.

Серед різних гідротехнічних споруд, здатних порушити природні умови довкілля, місць відтворення і шляхів міграції, на першому місці, безумовно, стоять греблі, а також різні водозабори. Вплив цих споруд спостерігається у наступному:

- перегороджується шлях міграції або періодичних пересувань риб, внаслідок чого відсікаються від місця нересту риб, які розташовані у верхньому б'єфі, і відповідно скорочується відтворення рибного стада;
- знищуються місця нересту в верхньому б'єфі в місцях колишніх проточних ділянок річок і заплав, які перетворюються практично в стоячі водойми, де розмноження риб, які проводять ікрометання в проточній воді, стає неможливим - це має вплив на прохідних риб, якщо навіть вони пройдуть через греблю;
- погіршуються умови зворотного ската молоді. Основний скид води в нижній б'єф проводиться зазвичай через агрегати ГЕС, призначені для виробництва електроенергії, що мимоволі призводить до загибелі частини молоді при проходженні гідроагрегатів. Скидання ж води через водоскидні отвори греблі проводиться головним

чином в період весняних і в меншій мірі осінніх паводків;

- скорочуються площі нересту і корму риби нижче греблі, зокрема, в гирлових ділянках річок, якщо гребля регулює стік, затримує паводки і знижує їх піки, якщо частина води вилучається на зрошення і водопостачання.;

- змінюються гідрологічні та гідробіологічні умови річки в верхньому і нижньому б'єфах в разі утворення на річці регульованого водосховища: змінюються терміни паводків, температура води, швидкості течії, сольовий склад, перенесення органічних елементів тощо. Це позначається на умовах життя напівпрохідних риб в гирлах річок і прісноводних затоках.

Рибопропускні споруди є основним інженерним заходом для збереження рибних запасів в тих випадках, коли вище створу гідровузла є (і зберігаються) нерестовища.

Рибопропускні споруди підрозділяють на 2 основні групи:

1. споруди для самостійного проходу риби через перешкоди (непримусові рибопропускні споруди) - рибоходи;
2. споруди для переміщення риби (примусові рибопропускні споруди) - рибопропускні шлюзи і рибопідйомники.

Для забезпечення нормальної роботи рибопропускних споруд необхідно дотримуватися таких умов.

1. Для заманювання риби до входу в рибохід з верхнього б'єфу в нижній, необхідно подавати значну витрату води, а швидкість води в цьому місці повинна бути на рівні швидкості течії води в річці. Вхід у рибохід слід розташовувати таким чином, щоб риба могла легко його знайти.

2. Вхід в рибопропускні споруди треба розташовувати на такій ділянці русла нижче греблі, де швидкість течії прийнятна для даного виду риб. Краще розташовувати вхід на ділянці природного русла, а не в зоні затоплених берегів. Бажано перед входом споруджувати дамби або інші пристрої, що направляють риб до входу. З входу в рибопропускні споруди повинен виходити потік води з оптимальною для даного виду риб швидкістю (що повертає потік).

3. Швидкість течії води по рибоходу слід створювати в залежності від виду риби, що йде по рибоходу, щоб риба могла її подолати.

4. Розміри окремих конструктивних частин рибоходів необхідно вибирати в залежності від виду риб, які його проходилимуть. Тому ширину, довжину окремих басейнів (ступенів), ухил дна, відстані між басейнами для відпочинку риб, розміри впливних отворів і т. д. слід призначати в кожному окремому випадку спеціально.

5. При влаштуванні рибопідйомників розміри підхідного лотка і камер

рибоприймача необхідно створювати з урахуванням виключення травмування риби при підйомі її з нижнього б'єфу в верхній.

6. Робота підйомних та інших механізмів повинна бути по можливості безшумною, щоб не відлякувати рибу від споруди.

Рибоходи являють собою лотки або невеликі канали, за якими з верхнього б'єфу в нижній тече вода, а в зворотному напрямку піднімається риба. Для того щоб риба могла долати зустрічну течію, швидкість руху води в лотку створюють в певних межах, перевірених дослідним шляхом.

Для направлення риби до входу в рибопропускні спорудження в нижньому б'єфі застосовують **направляючі і загороджувальні пристрої**. Вони являють собою тенета або решітки, розташовані під кутом до напрямку течії води, причому їх верхній кінець розташовують біля входу у рибохід, а у нижнього кінця залишають конічної форми отвір, через який риба, яка рухається вгору пройти не може, а риба, яка скачується вниз проходить вільно.

Більш докладне описання конструкцій рибоходів та загороджувальних пристроїв наведено у Додатку В.

Гідротехнічні споруди

Негативним наслідком проходження риби через гідроспоруди, зокрема турбіни, є те, що частина риби отримує пошкодження і гине. Щоб зменшити шкоду, що наноситься рибі в елементах ГЕС, в світі з 1990-х рр. ведеться розробка особливих турбін для гідроелектростанцій - fish-friendly (дружній до риби)⁷⁶. Такі турбіни відрізняються особливістю геометрії з осьовим напрямком потоку, які покращують прохід риби, а також сприятливі гідродинамічні параметри для того, щоб забезпечити потрібний тиск води при проходженні риби через турбіну і при цьому мінімізувати її контакт з компонентами обладнання.

Крім гідротурбін, які убезпечують рибу при її проходженні крізь турбіну, також застосовуються гідротурбіни, які унеможливають таке проходження. В конструкції таких турбін передбачені елементи, які перешкоджають потраплянню риби до турбіни.

При використанні турбін, які унеможливають потрапляння риби до їх конструктивних елементів, також застосовуються спеціальні конструктивні елементи у греблях, які направляють рибу в обхід турбіни.

Більш детальне описання конструктивних особливостей гідротехнічних споруд з мінімальним негативним впливом на іхтіофауну наведено у Додатку Г.

⁷⁶ "Утро". Экологические ГЭС: миф или реальность. <https://utro.ru/articles/2015/09/15/1255453.shtml>

3.5 Екологічні вимоги до малої гідроенергетики Карпатського регіону

(Розділ підготовлено за матеріалами статей:

Ужгородський національний університет. С.С. Поп. ГІДРОЕНЕРГЕТИЧНИЙ ПОТЕНЦІАЛ ЗАКАРПАТТЯ: СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЙОГО РАЦІОНАЛЬНОГО ВИКОРИСТАННЯ. Режим доступу:

<https://dspace.uzhnu.edu.ua/jspui/bitstream/lib/1386/1/%D0%93%D0%86%D0%94%D0%A0%D0%9E%D0%95%D0%9D%D0%95%D0%A0%D0%93%D0%95%D0%A2%D0%98%D0%98%D0%A7%D0%9D%D0%98%D0%99%20%D0%9F%D0%9E%D0%A2%D0%95%D0%9D%D0%A6%D0%86%D0%90%D0%9B%20%D0%97%D0%90%D0%9A%D0%90%D0%A0%D0%9F%D0%90%D0%A2%D0%A2%D0%AF%20%D0%A1%D0%A2%D0%90%D0%9D%20%D0%A2%D0%90%20%D0%9F%D0%95%D0%A0%D0%A1%D0%9F%D0%95%D0%9A%D0%A2%D0%98%D0%92%D0%98.pdf>)

Інститут геологічних наук НАН України. Р.Б. Гаврилюк, І.М. Горбач, Я.І. Мовчан. МАЛА ГІДРОЕНЕРГЕТИКА В КАРПАТАХ В КОНТЕКСТІ СТРАТЕГІЧНОЇ ДОВКІЛЬНОЇ ОЦІНКИ. Режим доступу:

<http://enpuir.npu.edu.ua/bitstream/123456789/5550/1/Havryliuk%2C%20Horbach%2C%20Movchan%2C.pdf>

Величина гідроенергетичних ресурсів, насамперед, залежить від водності річок і рельєфу території. Використання гідроенергоресурсів може спричинювати зміни гідрологічного режиму річок, впливати на прилеглі екосистеми, зменшувати самоочисну здатність водотоку, а греблі водосховищ перекривають шляхи нерестових міграцій риби тощо. Тому використовувати всі потенційні запаси водної енергії річок неможливо в силу різних техніко-економічних та екологічних причин. Вибір створу, прийняття рішення щодо типу, потужності та облаштування ГЕС потребують ретельного комплексного вивчення з метою мінімізації впливу на водне та прилегле природне середовище та досягнення оптимального економічного ефекту від спорудженого об'єкту.

До основних ризиків, що пов'язані з малою гідроенергетикою відносяться наступні:

1. затоплення водосховищем гребельних ГЕС заплавних цінних земель, можливі підтоплення та перекриття дамбою міграції риби;
2. вразливість стабільного енергозабезпечення від локальних одиничних станцій при неполадках за відсутності альтернативних джерел;
3. вплив на флору і фауну у водотоках.

Однак з огляду на досвід розвинених країн, зокрема ЄС, які мають різні території та рівень економічного розвитку, можна стверджувати, що розвиток малої

гідроенергетики є прогресивним кроком у світовій енергетиці і вартий наслідування.

При будівництві об'єктів гідроенергетики необхідно враховувати екологічні обмеження, тобто не порушити рівновагу у природних системах. Зокрема, для дериваційних ГЕС обов'язковим є забезпечення санітарного стоку, тобто мінімальної кількості води, яку заборонено забирати з джерела для запобігання його вичерпання. Ця величина дорівнює мінімальному стоку повторюваністю один раз в 20 років (95% забезпеченість). Він дозволяє зберігати у водному джерелі флору і фауну, здійснювати самоочищення води, підтримувати естетичний вигляд водотоку.

Певно, що до будівництва малих ГЕС висуваються жорсткі геологічні вимоги, насамперед, в гірських районах. Слід зазначити, що геоморфологія Карпат обумовлена геологічним розвитком гірської системи та передгірних ділянок. Тут зафіксована значна кількість давніх зсувів, які знаходяться в стадії стабілізації. Техногенні дії пов'язані з ризиком можливої активізації геологічних процесів, серед яких переважають зсуви, обвали, селі, ерозія.

При проектуванні малих гідроелектростанцій необхідно враховувати і їхні суттєві особливості. Насамперед, ГЕС на гірських річках принципово відрізняються від ГЕС на рівнинних річках за режимом використання водних потоків. Так, для водного режиму річок Карпатського регіону характерною особливістю є наявність паводків на річках протягом більшої частини року, нестійкої літньо-осінньої та зимової межени та нечітко вираженої весняної повені, сформованої талими і дощовими водами. Відповідно річковий стік протягом року дуже нерівномірний і в перспективі потребує продуманої системи часткового регулювання, особливо в період рясних дощів. Це сприяло б раціональнішому використанню гідроенергетичного потенціалу регіону.

Світовий досвід показує, що при експлуатації сучасних дериваційних МГЕС застійні процеси у водотоках не спостерігаються, а отже, для них не характерні проблеми гідробіологічного забруднення і зниження спроможності водотоку до самоочищення. Для ГЕС гребельного типу з плином часу у водоймах відбувається деяке збіднення видового складу живих організмів і зменшення кількості біомаси. Це пов'язано зі збільшенням мулових відкладень на стадії замулення ложа водосховища. Через збільшення дзеркала водної поверхні зростають втрати води на випаровування, що тягне за собою помітне збільшення безповоротних витрат води з річки. Зміни термічного режиму в нижньому б'єфі залежать від глибини й об'єму водосховища, району його розміщення. Однак для малих водосховищ зміни термічного режиму в нижньому б'єфі несуттєві.

Водосховище гребельних ГЕС впливає на мікроклімат довколишніх ландшафтів. У прибережній зоні відбувається зміна радіаційного балансу, температури й вологості

повітря, вітрового режиму й опадів. Ці зміни залежать від розмірів (площі, протяжності, об'єму) водосховища, особливостей навколишньої природи. Результати досліджень показують, що зона прямого впливу малих ГЕС на мікроклімат їхньої прибережної території в холодний період займає 250 – 300 м, у період потепління 25 – 50 м.

Певні труднощі при гідротехнічному будівництві викликають питання збереження іхтіофауни річки. Так, греблі перекривають міграційні шляхи риби, водосховища затоплюють нерестилища, риба гине при потраплянні у турбіни ГЕС тощо. Для запобігання негативного впливу на іхтіофауну, при будівництві дериваційної МГЕС, необхідно використовувати спеціальні захисні решітки на водозаборі з метою уникнення потрапляння риби та ікринок у дериваційний канал (трубопровід). Для МГЕС гребельного типу необхідно будувати обвідні канали для міграції риби.

Таким чином, розвиток малої гідроенергетики Карпатського регіону можливий тільки при жорсткому дотриманні всіх вимог щодо мінімізації негативного впливу на довкілля на етапах проектування та будівництва МГЕС та її експлуатації.

Будівництву кожної МГЕС повинно передувати комплексне оцінювання гідроенергетичного потенціалу ріки з подальшим виконанням комплексної оцінки впливу на навколишнє середовище.

Згідно із законодавством, мала енергетика віднесена до екобезпечних видів діяльності. Водночас, є підстави вбачати у реалізації цих програм загрозу для стану екосистем Карпат та для розвитку регіону. Масштабні програми втручання у довкілля безумовно потребують Стратегічної довкільної (екологічної) оцінки (СДО). Лише її результати можуть бути підставою для висновків щодо реалізації певних програм.

Розробниками програм розбудови мережі МГЕС ведеться активна пропаганда доцільності побудови МГЕС та переваги, які вона принесе: зниження ціни на електроенергію для цілого регіону, зменшення ризику підтоплень населених пунктів, надійне водозабезпечення регіону, поява нових робочих місць.

Водночас, у верхів'ях ріки мають невисоку водність, тому для того, щоб виробити якомога більше електроенергії, з рік забирають великі об'єми води – часто із річки забирають практично всю воду, залишаючи замість живого потоку сухе русло, вкрите камінням.

Згідно схем розташування МГЕС (зокрема, в Закарпатській області), десятки об'єктів заплановано побудувати навіть на територіях природно-заповідного фонду (ПЗФ), в т.ч. з абсолютним режимом заповідання. Такі види риб, як форель струмкова та харіус європейський (останній занесені до Червоної Книги України), а також цілий ряд водних червонокнижних водних комах зникнуть через втрату середовища свого існування (оселищ). Це пов'язано з тим, що зазнають зміни швидкоплинні, неглибокі,

насичені киснем річки з кам'яним дном та будуть знищені умови для відтворення потомства (личинки киснелюбних водних комах, а також ікра форелі та хариуса – чутливі до складу і композиції глин, температури та забруднення води, вимагають певного донного субстрату для прикріплення.

Окремо варто акцентувати увагу на порушенні компонентів ландшафтів в процесі будівництва. Зокрема, земляні роботи, які будуть проводитись під час будівництва МГЕС, а також зміна гідрологічного режиму річок, на яких побудовано МГЕС, можуть провокувати утворення зсуви та призводити до їхньої активності, погіршення естетичних та рекреаційних властивостей.

В рамках проведення СДО необхідно надати особливої уваги дослідженню комплексного впливу усієї мережі МГЕС на довкілля Карпат та необхідності різностороннього дослідження проблеми. Таке дослідження повинно включати літологічні, гідрологічні та біотичні складові природної сфери, питання розрахунку потреб в енергетичних ресурсах та оцінку можливих джерел, способів транспортування та диспетчеризації енергопостачання, комбінування регіональних та локальних енергоджерел різного типу, аспекти енергоощадливості, питання соціальної сфери, зокрема рекреації тощо. СДО малої гідроенергетики Карпат повинна надати висновки щодо необхідності розвитку даної галузі та будівництва окремих об'єктів.

Пріоритетним для обмеженого гідроенергетичного будівництва на гірських річках Карпат повинен бути захист території від паводків шляхом регулювання паводкового стоку водосховищами і лише у окремих можливих випадках — для попутного виробництва електроенергії. Сьогодні в регіоні нараховується майже 1000 км дамб, технічний стан яких здебільшого незадовільний і викликає побоювання щодо їх техногенної та екобезпечності. Реконструкція занедбаних дамб призведе до зменшення кількості аварійних об'єктів, підвищить захищеність території від паводків, створить умови для розвитку сучасної гідроенергетики, з врахуванням останніх технологічних досягнень.

Необхідно враховувати, що будівництво гідротехнічних об'єктів на річках Карпат, в тому числі дамб та водосховищ, гідроенергетичних комплексів потребують детального дослідження у кожному окремому випадку. Реалізація даних проектів можлива лише на основі комплексного наукового обґрунтування екозбалансованого використання природних ресурсів Українських Карпат з врахуванням рекомендацій СДО і повинна супроводжуватись процедурою оцінки впливу на навколишнє середовище (ОВНС).

З метою збереження екологічної безпеки в ріці необхідно залишати в незмінному природному стані витрату, яка дорівнює ґрунтовому живленню (в розрахунках за цю

величину була прийнята мінімальна середньомісячна витрата маловодного року). Одним з чинників вибору перспективних ділянок розміщення МГЕС стало визначення і оцінка гідроенергетичного потенціалу в межах основних басейнових систем регіону усіх малих рік (довжиною більше 10 км).

Виходячи з аналізу гідроекологічного потенціалу, екологічно безпечна складова потенційних гідроенергетичних ресурсів була обґрунтована на рівні 15%⁷⁷. Ця величина для Карпатського регіону складає 4,5 млрд. кВт·год за рік, тобто на сьогоднішній день загальна потужність екологічно безпечних МГЕС складає понад 500 тис.кВт.

Виконані наукові еколого-експертні оцінки робочих проектів малих ГЕС дозволяють зазначити наявність екологічних засторог⁷⁷. На ділянці ріки між водоприймачем та водоскидом (де в руслі залишається санітарна витрата), з часом будуть спостерігатися процеси зменшення руслової ерозії. Однак, в межах ложа штучної водойми вище підпірної греблі для дереваційного типу малих ГЕС може відбуватися розмив берегів, перевід частини стоку в підруслівий, підвищення рівня ґрунтових вод (на ділянці водойми), можливе надмірне зволоження дзеркала ковзання зсувів бортів долини.

Порушення геологічного середовища спричинять будівельні роботи, а саме⁷⁷: підрізка схилу, насипи, траншеї і канали, заглиблення під фундаменти споруд і стовпи ліній електропередач, спорудження трубопроводу, зміна форм рельєфу, втрата стабільності порід, зародження процесів ерозії.

На думку експертів⁷⁷, необхідно рекомендувати інвесторам одночасно із розробкою робочих проектів малих ГЕС розробляти необхідну робочу документацію щодо берегоукріплення гірських рік в межах зони впливу малих ГЕС. Проектом потрібно передбачити заходи із запобігання та зменшення розвитку небезпечних геологічних процесів і явищ. Вертикальне планування території повинно виконуватись із максимальним збереженням рельєфу. При виконання цих заходів забруднення поверхневих вод в період будівництва і експлуатації малих ГЕС не відбуватиметься.

Річки Карпатського регіону мають надзвичайно важливий екологічний та природно-естетичний потенціал, що саме і змушує підходити комплексно і виважено до оцінки енергетичних ресурсів водотоків та майбутнього їх використання через розвиток малої гідроенергетики, як альтернативної.

Системний розвиток гідроенергетики повинен передбачати проведення комплексного оцінювання.

⁷⁷ НАУКОВА ЕКОЛОГО-ЕКСПЕРТНА ОЦІНКА ПРОЕКТІВ МАЛИХ ГЕС В ІВАНО-ФРАНКІВСЬКІЙ ОБЛАСТІ. Івано-Франківській національний технічний університет нафти і газу. http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?C21COM=2&I21DBN=UJRN&P21DBN=UJRN&IMAGE_FILE_DOWNLOAD=1&Image_file_name=PDF/ebzp_2013_2_6.pdf.

Визначення гідроенергетичного потенціалу річок, зокрема, передбачає оцінку:

- впливу МГЕС на довкілля;
- можливості застосування сучасного енергоефективного та екологічно безпечного обладнання та технологій будівництва МГЕС, які відповідають гідротехнічним показникам ріки;
- використання існуючої гідроенергетичної інфраструктури та особливостей місцевого ландшафту;
- вартості генерації електроенергії на МГЕС у порівнянні з іншими джерелами відновлювальної енергії;
- забезпечення енергетичної безпеки регіону, тощо.

Проведення комплексного аналізу доцільності будівництва МГЕС Карпатського регіону, з визначенням згаданих показників, дозволить використовувати енергетичний потенціал регіону з максимальною ефективністю та мінімальним негативним впливом на довкілля.

Чималої уваги на стадії проектування МГЕС необхідно приділяти підбору основного обладнання, зокрема гідротурбінам, рибопропускним та рибозагороджувачим пристроям.

На сьогоднішній день технології, що використовуються на об'єктах енергетики все більше вдосконалюються. При цьому підвищується їхня надійність, економічність, ефективність, зменшується негативний вплив на довкілля. Не виключенням є і технологічне обладнання, яке застосовується на ГЕС, включаючи малі гідроелектростанції.

На поточний час Україна має унікальну можливість використовувати найкращі сучасні технології для будівництва ГЕС, які розробляються і застосовуються у багатьох розвинених державах світу.

4 Найкращі технології будівництва МГЕС

4.1 Деякі з найкращих технологій

Як випливає з виконаного аналізу технологічних особливостей МГЕС, основним обладнанням, яке застосовується при виробництві електроенергії на ГЕС є гідротурбіна.

Устаткування для малих ГЕС в теперішній час виробляють численні фірми багатьох країн, зокрема США, Японії, Швеції, Франції, Австрії, Чехії, Польщі, Італії та ін. 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)⁷⁸.

Стандартизоване устаткування для малих ГЕС виробляється у широкому діапазоні параметрів⁷⁸: потужність – від 2 кВт до 15 МВт; діаметр робочого колеса турбіни – від 190 до 3000 мм; 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. З огляду на досвід країн, які мають різний рівень економічного розвитку, можна стверджувати, що розвиток малої гідроенергетики є прогресивним кроком у світовій енергетиці і вартий наслідування.

Серед європейських країн лідерами у розвитку малої гідроенергетики є Австрія та Італія, природні умови яких подібні до природних умов Закарпаття.

Австрійський винахідник Франц Цотлётерер (Franz Zotlöterer) з містечка Оберграфендорф (Obergrafendorf) придумав незвичайну схему для малих ГЕС. Його проект називається "Техніка виру" (Wasserwirbeltechnik), а міні-ГЕС - "Гравітаційно-коловоротна станція"⁷⁹.

З метою уникнення негативних екологічних наслідків при спорудженні гребельних

⁷⁸ Ужгородський національний університет. С.С. Поп. ГІДРОЕНЕРГЕТИЧНИЙ ПОТЕНЦІАЛ ЗАКАРПАТТЯ: СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЙОГО РАЦІОНАЛЬНОГО ВИКОРИСТАННЯ.

<https://dspace.uzhnu.edu.ua/jspui/bitstream/lib/1386/1/%D0%93%D0%86%D0%94%D0%A0%D0%9E%D0%95%D0%9D%D0%95%D0%A0%D0%93%D0%95%D0%A2%D0%98%D0%98%D0%A7%D0%9D%D0%98%D0%99%20%D0%9F%D0%9E%D0%A2%D0%95%D0%9D%D0%A6%D0%86%D0%90%D0%9B%20%D0%97%D0%90%D0%9A%D0%90%D0%A0%D0%9F%D0%90%D0%A2%D0%A2%D0%AF%20%D0%A1%D0%A2%D0%90%D0%9D%20%D0%A2%D0%90%20%D0%9F%D0%95%D0%A0%D0%A1%D0%9F%D0%95%D0%9A%D0%A2%D0%98%D0%92%D0%98.pdf>

⁷⁹ Мини-ГЭС по принципу водоворота Электронный ресурс – Режим доступа: <http://aenergy.ru/865>.

міні-ГЕС винахідник запропонував частину потоку поблизу берега відводити в спеціальний канал, що направляє воду до греблі у вигляді циліндру (Рис. 4.1).



Рис. 4.1 – Гравітаційно-коловоротна міні ГЕС⁸⁰

Гребля являє із себе бетонний циліндр, до якого вода підходить по дотичній та зривається в центрі в глибину. Так в центрі циліндра утворюється вир, який і закручує турбіну. Цей тип міні-ГЕС найбільш оптимальний для електростанцій потужністю до 150 кВт. Задовільний ККД з'являється, починаючи з перепаду висот більше 0,7 м (Рис. 4.2).

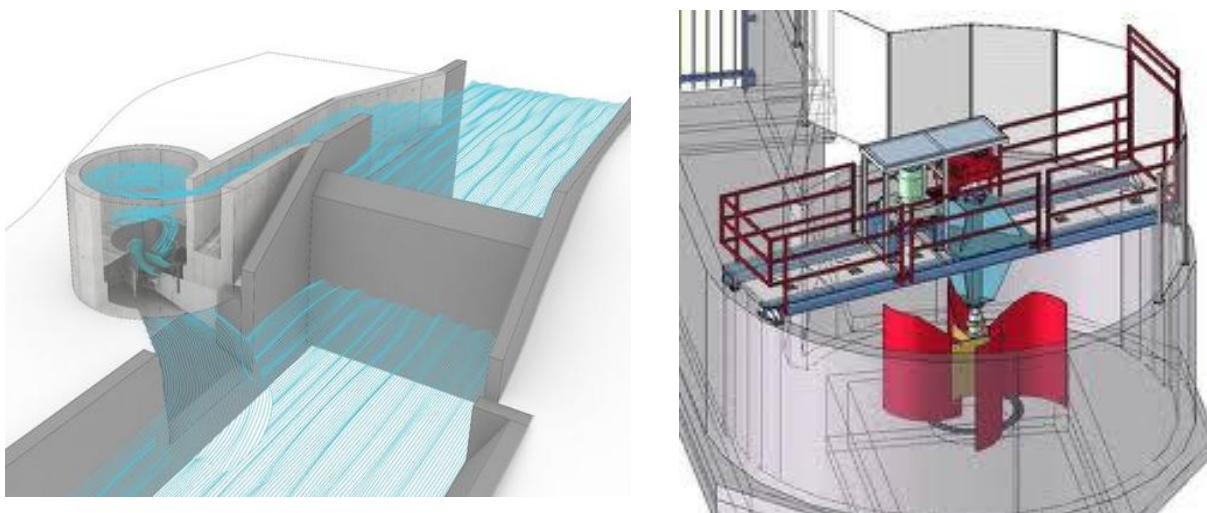


Рис. 4.2 – Конструктивні особливості гравітаційно-коловоротної міні ГЕС^{81,82}

⁸⁰ Мини-ГЭС по принципу водоворота Электронный ресурс – Режим доступа: <http://aenergy.ru/865>.

⁸¹ ЭкоТехника. Новая водоворотная турбина делает гидроэнергетику по-настоящему «зеленой». <https://ecotechnica.com.ua/energy/voda/3137-novaya-vodovorotnaya-turbina-sdelat-gidroenergetiku-po-nastoyashchemu-zelenoj.html>

⁸² Гидроэлектростанция Сергея Бодрова. <https://fermer.ru/forum/samodelkin-ratsionalizator/126438?page=12>

ККД перетворення енергії падаючої води в такий міні-ГЕС в електричний струм досягає 73%. Експериментальний зразок, встановлений на струмку, виробив понад 50 МВт-год електроенергії при робочому перепаді висот води 1,3 м і витраті 1 м³/сек. Максимальна електрична потужність такої міні-станції досягає 9,5 кВт⁸³.

При дії такої міні-ГЕС швидкість обертання турбіни низька і для риби, що потрапила у вир, лопаті колеса не являють небезпеки. До того ж лопаті не розсікають воду, а повертаються синхронно з виром.

Суттєвим із точки зору екології є і те, що у вирі хороша аерація води, що сприяє кращій терморегуляції у водоймі та поліпшенню роботи мікроорганізмів у воді, які очищають її природним шляхом.

Вир, що утворюється в міні-ГЕС, сприяє терморегуляції у водоймі - збільшена площа контакту води з повітрям призводить до її охолодження влітку; взимку ГЕС продовжує працювати під льодом, найбільш щільна вода тягнеться до центру виру, по краях циліндра утворюється крижана скоринка, яка виступає в ролі утеплювача, що не дає занадто сильно охолотитися центру.

Вартий особливої уваги винахід італійських фахівців, які розробили і впровадили в практику систему решіток «Grizzly», що запобігає потраплянню риби і навіть ікринок при заборі води на ГЕС⁸⁴. З використанням таких решіток можливе спорудження міні-ГЕС практично без порушення гідробіологічного режиму водотоку (Рис. 4.3). Важливо також, що при цьому не порушується естетичний вигляд ландшафту.

Решітки Grizzly Power дозволяють захистити водозабори МГЕС від:

- потрапляння крупного бруду (> 30 мм до 50 мм) до водозабірних пристроїв. ;
- потрапляння риби та інших представників іхтіофауни (розміром > 0,2-2 мм, в залежності від ширини зазору) до гідротурбін;

Крім захисту риб від потрапляння до турбін та запобігання потрапляння бруду до водозабору застосування решіток Grizzly Power дозволяє звести до мінімуму обслуговування обладнання МГЕС.

⁸³ Вартість зразка міні-ГЕС склала 75 тис. Дол

⁸⁴ GRIZZLE power. Water intake rake PROTEC Електронний ресурс www.wild-metal.com.

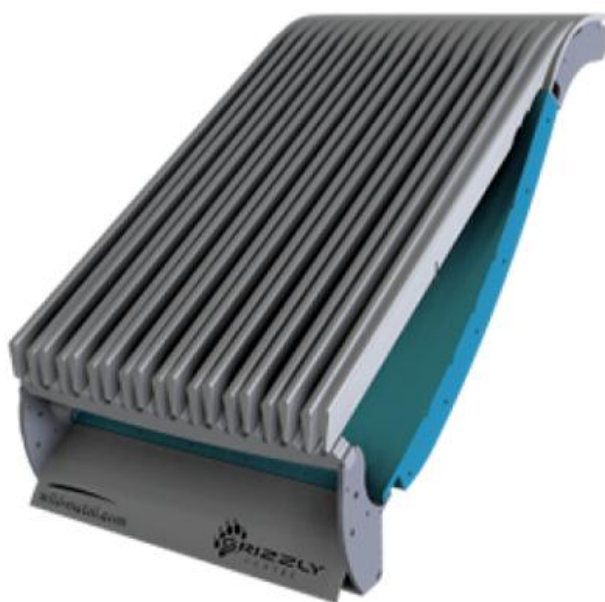


Рис. 4.3 – Система решіток «Grizzly Power»⁸⁵

Практичне застосування решіток Grizzly Power можливо на дериваційних ГЕС (Рис. 4.4). Такі решітки розташовують на водозаборі, з якого вода направляється до дериваційного каналу. При цьому, риба та інші живі істоти, а також бруд, які знаходяться в потоці води проходять з потоком і не потрапляють до водозабору.

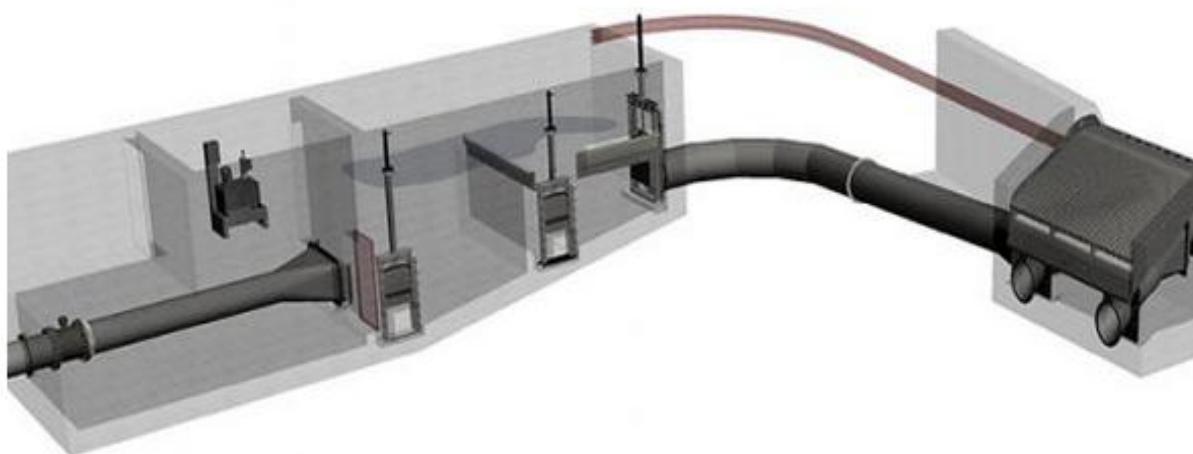


Рис. 4.4 – Решітки Grizzly Power на дериваційній ГЕС⁸⁵

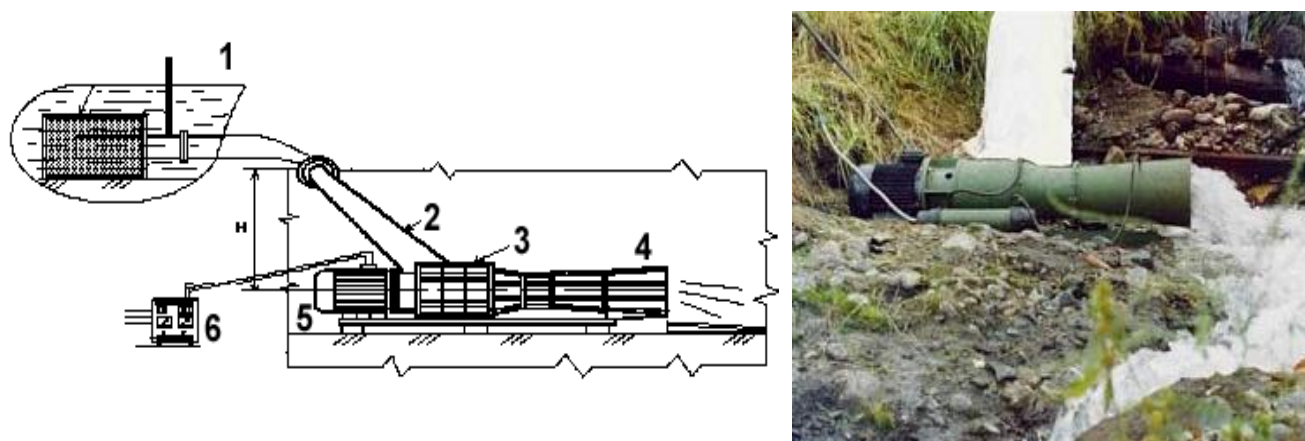
В Україні водозабірні решітки Grizzly Power впроваджені на МГЕС Шипот-2 потужністю близько 1000 кВт⁸⁶. Це друга міні-ГЕС на річці Шипот, яка була введена в експлуатацію в грудні 2014 року.

⁸⁵ GRIZZLE pover. Water intake rake PROTEC Електронний ресурс <https://www.wild-metal.com/en/protec>

⁸⁶ Група енергетичних компаній «РЕНЕР». <http://rener.com.ua/hydrostation>

Водозабірні решітки Grizzly Power, які впроваджені на МГЕС Шипот-2 за своєю структурою здатні не пропускати частинки розміром 0,3 мм, тобто здатні не пропускати у водозабірні споруди ікринки. Крім цього, внутрішня обробка дериваційного трубопроводу харчовими емаллями унеможливорює будь-який вплив на склад води.

Компанією «МНТО ИНСЭТ»⁸⁷ (Росія, м. Санкт-Петербург) була розроблена сучасна гідротурбіна для мікро ГЕС з діапазоном потужностей від 5 кВт до 100 кВт. Гідроагрегати для малих і мікроГЕС, що випускаються МНТО "ІНСЕТ", призначені для експлуатації в широкому діапазоні напорів і витрат з високими енергетичними характеристиками і випускаються з пропелерними, радіально-осьовими і ковшовими турбінами. У комплект поставки входять, як правило, турбіна, генератор і система автоматичного управління гідроагрегатом (Рис. 4.5).



1 – Водозабірний пристрій, 2 – водовід, 3 – турбіна, 4 – випускний колектор, 5 – генератор, 6 – пристрій автоматичного регулювання

Рис. 4.5 – Схема мікро ГЕС "ІНСЕТ"⁸⁷

МікроГЕС "ІНСЕТ" - надійні, екологічно чисті, компактні, джерела електроенергії для сіл, хуторів, дачних селищ, фермерських господарств, а також млинів, хлібопекарень, невеликих виробництв у віддалених, гірських і важкодоступних районах, де немає поблизу ліній електропередач.

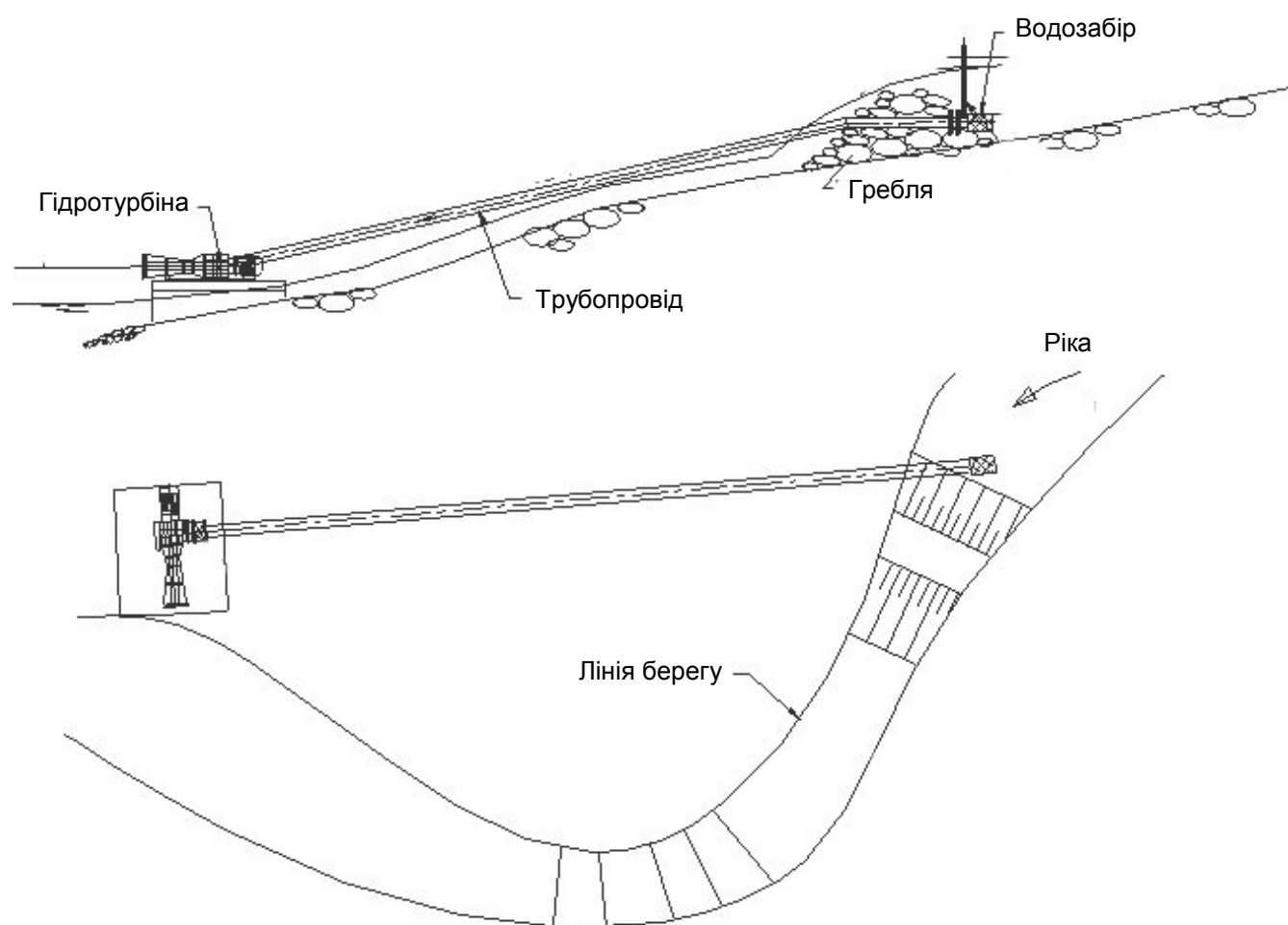
Основні характеристики мікроГЕС "ІНСЕТ" наведені в таблиці 4.1.

⁸⁷ «МНТО ИНСЭТ», <http://www.inset.ru/r/index.htm>

Таблиця 4.1 – Основні характеристики мікроГЕС "ІНСЕТ"

Найменування	Потужність, кВт	Напір, м	Витрата, м ³ /с
МГЭС-10Пр	до 5 кВт	2,0- 4,5 м	0,07 - 0,14 м ³ /с
МГЭС-10Пр	до 10 кВт	4,5-10,0 м	0,10 - 0,21 м ³ /с
МГЭС-15Пр	до 15 кВт	4,5-12,0 м	0,10 - 0,3 м ³ /с
МГЭС- 50Пр	до 50 кВт	2,0-10,0 м	0,30 - 0,90 м ³ /с
МГЭС-100Пр	до 100 кВт	6,0-18,0 м	0,50 - 1,20 м ³ /с

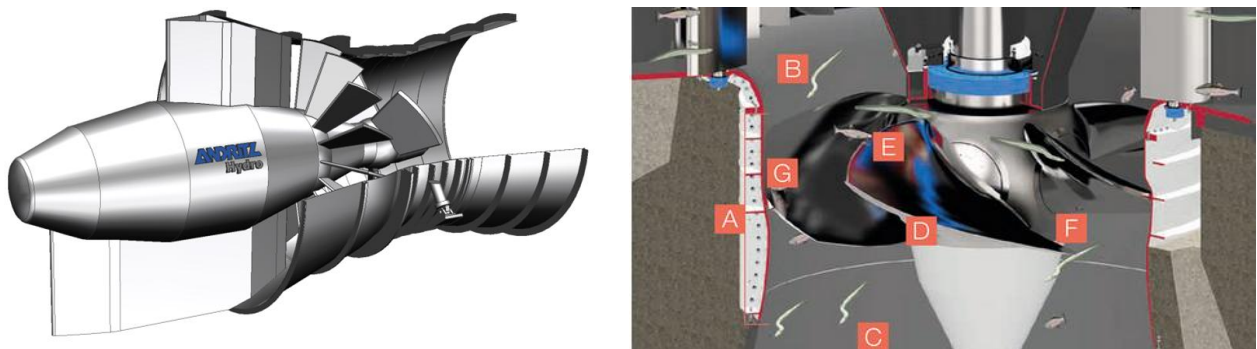
Представлені в таблиці мікро ГЕС призначені для роботи за греблево-дериваційною схемою (Рис. 4.6), коли за допомогою невеликої греблі створюється необхідна витрата води, а напір створюється за допомогою перепаду висот дериваційним каналом (трубопроводом).

Рис. 4.6 – Робота мікро-ГЕС "ІНСЕТ" за греблево-дериваційною схемою⁸⁸⁸⁸ «МНТО ИНСЭТ». <http://www.inset.ru/r/index.htm>

Австрійська компанія Andritz Hydro⁸⁹ є світовим лідером з виготовлення і постачання устаткування для гідроелектростанцій. Діяльність Andritz Hydro зосереджена на розробці рибопродуктивних рішень для збереження життєздатності рибних популяцій при одночасному застосуванні високоефективних енергетичних технологій.

Починаючи з 90-х років, компанія Andritz Hydro дотримувалася комбінованої стратегії розробки гідроенергетичного обладнання, яка спрямована на забезпечення високих показників виживання риби. Різні конструктивні особливості турбогенераторів, які можуть мінімізувати механізми травми, викликаними різними стресовими факторами (вимірюваними, фізичними величинами, які можуть бути пов'язані з кожним механізмом травми). Варто зазначити, що оптимальний вибір конструктивних параметрів для виживання риби може дещо відрізнятися від тих дизайнерських міркувань, в яких єдиним завданням є максимізація виробництва енергії або мінімізація витрат.

В гідротурбінах компанії Andritz Hydro реалізовані конструктивні та експлуатаційні особливості, які убезпечують рибу від потрапляння в турбіни (Рис. 4.7).



А – Швидко змінюється тиск; В – Допустима напруга; С – Турбулентність;
 D – Кавітація; Е – Вплив на вал та інші компоненти; F – Тертя;
 G – Абразивне зношування

Рис. 4.7 – Гідротурбіна fish-friendly компанії Andritz Hydro⁹⁰

Серед таких конструктивних та експлуатаційних особливостей наступні:

- змінна швидкість обертання турбіни у широкому діапазоні. Це дозволяє зменшувати частоту обертання турбіни в період міграції риби та запобігти її потраплянню у робоче колесо і загибелі;

⁸⁹ <https://www.andritz.com/group-en>

⁹⁰ The Big Difference. Fish-Friendly Designs by ANDRITZ HYDRO. <https://www.andritz.com/hydro-en/hydronews/hn31/fish-friendly-designs>

- оптимізація режиму експлуатації турбіни. Зокрема припиняти роботу ГЕС у період активної міграції риби;
- максимальна мінімізація зазорів між лопатками ротору (робочого колеса) турбіни та її нерухомим корпусом. Це унеможливує потрапляння риби до робочого колеса і її загибелі;
- мінімізація турбулентності водного потоку дозволяє уникнути травмування риби через її закручування, згинання та розтягування. Це також запобігає дезорієнтації риби в потоці.

Однією з сучасних технологій, яка має практичне застосування для МГЕС є шнекові турбіни, або Archimedes Hydropower Screw. Такі турбіни знайшли широке застосування на малих ГЕС у всьому світі. Зокрема польською компанією HYDROMEW⁹¹ виготовляються сучасні шнекові турбіни (Рис. 4.8).

З 2012 року понад 400 гідроустановок Archimedes Hydropower були встановлені в основному в Європі. Одна з таких турбін з 2011 року експлуатується у Великобританії для забезпечення електроенергією замку Віндзор.

Ця міні ГЕС, яка має 2 гідроустановки мають електричну потужність 300 кВт. Archimedes Hydropower перша установка на річці Темза, а турбіни діаметром 4 метра є найбільшими гвинтами Архімеда у Великобританії⁹² (Рис. 4.9).



Рис. 4.8 – Шнекова гідротурбіна
(Archimedes Hydropower)⁹¹

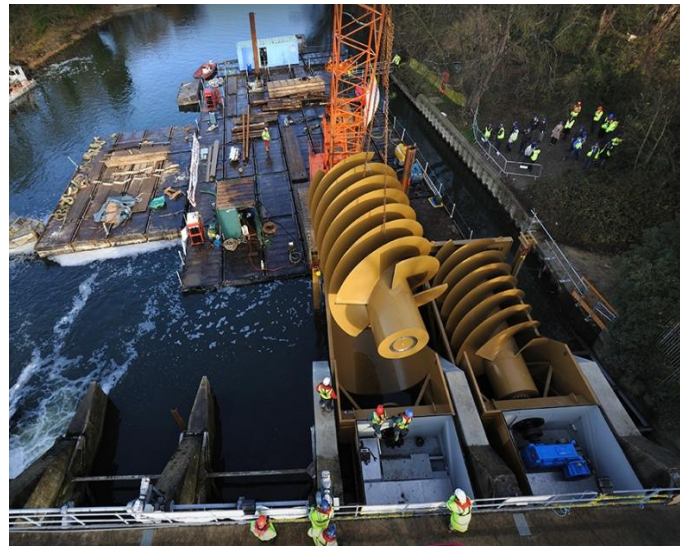


Рис. 4.9 – Будівництво міні ГЕС
на р. Темза⁹³

⁹¹ <http://hydromew.pl/>

⁹² Windsor Castle (UK) <http://www.landustrie.nl/en/products/hydropower/projects/windsor.html>

⁹³ Queen going 'green' as hydropower plant nears completion <http://www.jackson-civils.co.uk/news/item/12-queen-going-green-as-hydropower-plant-nears-completion>

Однією з переваг шнекової турбіни є висока ефективність роботи (більше 80 %) при малій швидкості обертання валу. При цьому такі турбіни можуть працювати на великих потоках води (від 0,5 м³/сек до 12 м³/сек) та малих перепадах (від 1 м). Діапазон потужності складає від 10 кВт до 650 кВт⁹⁴.

Основними перевагами шнекових турбін є:

- простота конструкції з мінімальною кількістю рухомих частин, які потребують ремонту або заміни;
- простота управління на базі існуючих систем автоматичного управління;
- завдяки самоочищенню гідротурбін, вони можуть працювати в забрудненій воді, без додаткових зусиль для їх очищення та обслуговування;
- повна безпека для риб та інших видів іхтіофауни, які вільно проходять скрізь турбінну не ушкоджуючись (для міграції риб вверх за течією будуються додаткові рибоходи);
- відсутність необхідності встановлення рибозахисних споруд та сіток для бруду (встановлюється лише решітка для запобігання потрапляння великого бруду);
- відсутність кавітації та турбулізації потоку води.

З метою підвищення ефективності роботи всієї ГЕС рекомендується встановлення двох шнекових турбін, кожна з яких розрахована на мінімальні гідротехнічні показники ріки (витрата та перепад).

Друга турбіна використовується як резервна та для збільшення потужності у багатоводні періоди року.

Шнекові турбіни можуть працювати як безпосередньо в потоці ріки, так і на відвідному каналі (Рис. 4.10).

Одним з найбільш перспективних технологічних рішень при будівництві малої ГЕС є впровадження кількох турбін різної потужності. Це аргументується тим, що створити ємне верхнє накопичувальне водосховище при будівництві нової малої ГЕС, сьогодні практично неможливо, за винятком проектів станцій у малонаселених гірських районах. Тому режим роботи гідротурбін повинен відповідати графіку витрат води в річці, тобто ГЕС повинні працювати «по водотоку».

⁹⁴ ANDRITZ Atro. Шнековые гидроэнергетические установки
<http://sevit.com.ua/equipment/images/docs/ANDRITZ%20Atro.pdf>

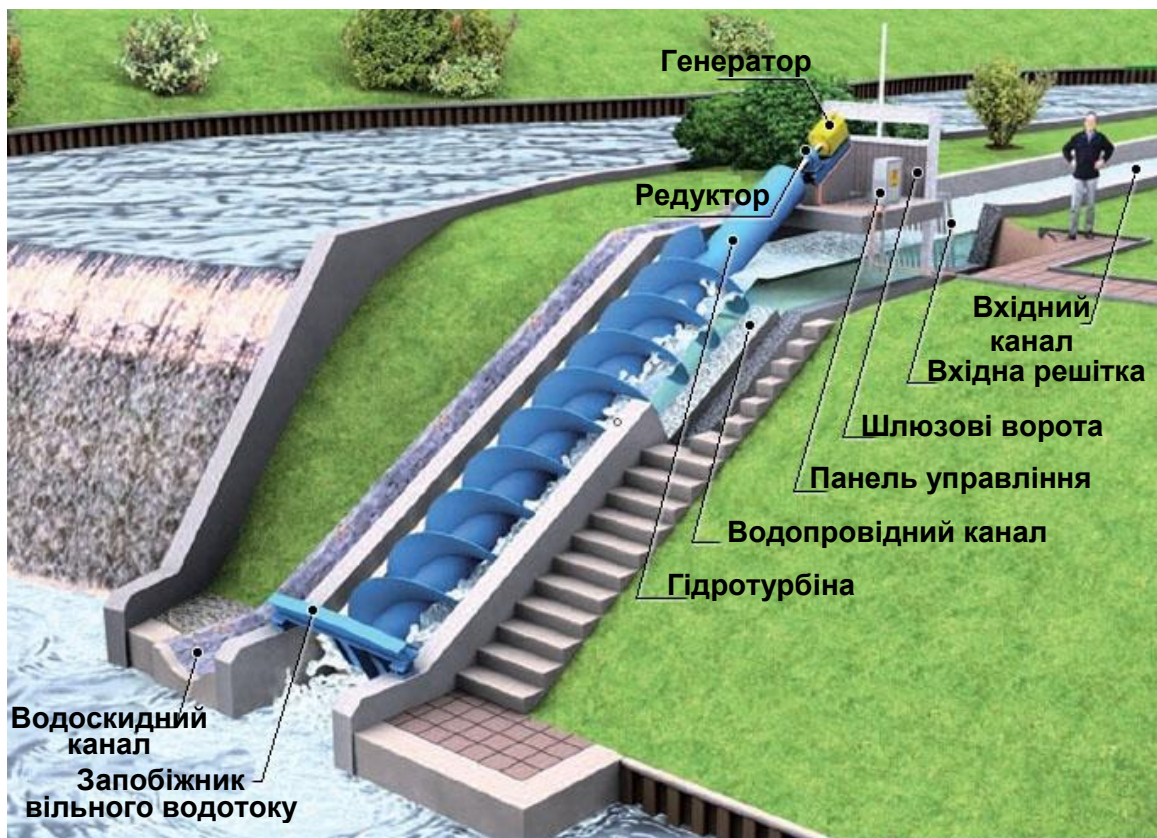


Рис. 4.10 – Основні конструктивні елементи ГЕС зі шнековою турбіною⁹⁵

Оскільки річні графіки витрат води в малих річках досить нерівномірні, установка на ГЕС однієї турбіни для режиму роботи «по водотоку» неефективна, і як правило, на ГЕС встановлюють дві - три турбіни, що підвищує економічність використання водних ресурсів, показники надійності, а також дозволяє залишати в руслі ріки санітарних протік.

Для низьконапірних ГЕС з напорами приблизно до 15 м найбільшого поширення набули горизонтальні осьові трубні пропелерні гідротурбіни. Такі турбіни є екологічно «чистими», адже масляне мастило деталей в межах проточної частини не застосовується.

Установка на малій низьконапірній ГЕС кількох турбін різних типорозмірів з різними характеристиками і з різною пропускною здатністю дозволяє відмовитися від досить складної конструкції турбіни подвійного регулювання типу Каплан. А для високонапірних ГЕС це допомагає розширити діапазон роботи станції від номінальної розрахункової витрати через ГЕС до мінімальної, що становить іноді менше 10% від розрахункового.

⁹⁵ Small Hydropower Generation. http://www.ze-energy.net/english/product/small_hydropower/

Так на введених в експлуатацію в 2012 р. – 2013 р. малих ГЕС Прочовци-1 і Прочовци-2 в Сербії, де встановлено по дві турбіни Френсіса різної потужності, в маловодні періоди малі турбіни несуть навантаження при витраті через ГЕС близько 0,2 м³/с, видаючи в мережу приблизно 40 ... 45 кВт, а при великій воді потужності малих агрегатів становлять від 280 ... 300 кВт і до 600 ... 700 кВт на великих агрегатах⁹⁶.

Крім сучасних підходів при будівництві малих ГЕС та використання основного гідротехнічного обладнання (гідротурбін), важливим елементом переважної більшості МГЕС є сучасні рибоходи.

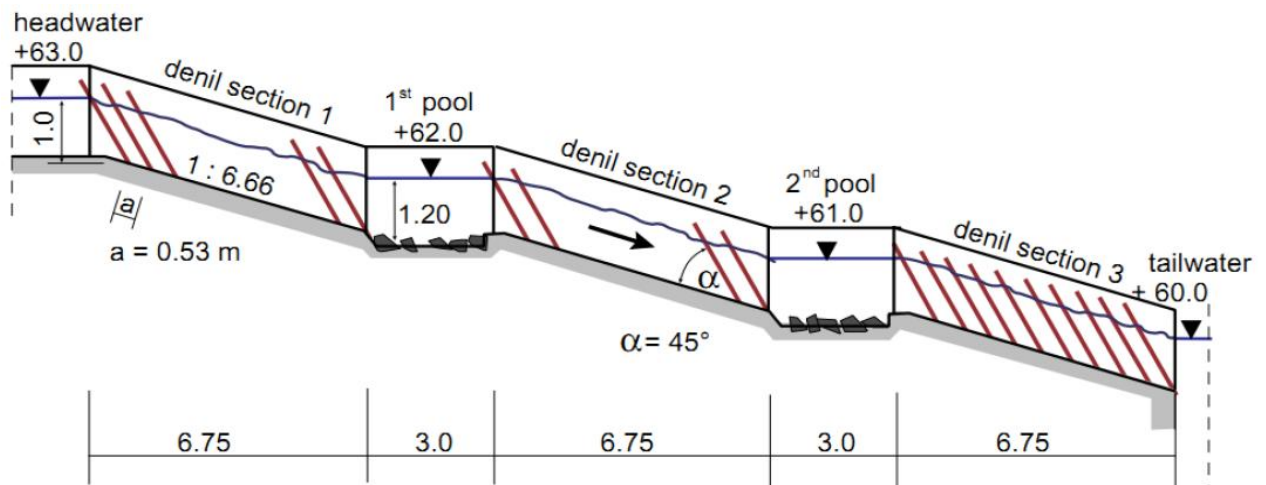
В переважній більшості станцій дериваційного типу вся вода, що відбирається для пропуску через турбіну, потрапляє назад у річку в нижній б'єф в повному обсязі через дериваційний тунель певної відстані. Тому питання санітарних попусків для таких станцій в природне русло, де постійно буде знаходитись тільки обсяг санітарного попуску і вода переливів під час повені і паводків, визначатиме життєдіяльність водних живих ресурсів. Основні вимоги до санітарного попуску – це забезпечення прийнятної для риби швидкості потоку та прийнятних глибин. На думку Інституту гідробіології НАН України⁹⁷, що у 2012 р. проводив ґрунтовні іхтіологічні дослідження на р. Білий Черемош, з такою задачею найкраще справляється рибохід типу Деніла (Denil Fishway). Рибохід Деніла (Рис. 4.11) є комбінацією типових секцій для руху риби та басейнів для відпочинку риби. Його легко застосувати для різних перепадів висот, оскільки в секціях руху риби зберігається стала швидкість течії.

Рибохід Деніла, який був розроблений в 1909 році бельгійським вченим Г. Денілом, є відкритий підвідний канал з водобійними стінками і дном. Перегородки розташовані таким чином, щоб створювати зворотний потік у стінок і дна, що в свою чергу уповільнює основний потік. Рибохід в такому випадку може бути встановлений на відносно крутому схилі, зазвичай з відношенням висоти до довжини 6/1 і зберігати максимальну швидкість менше 1,21 м/сек. Ці моделі рибоходів ефективно застосовуються в місцях, де мало простору. Такі типи рибних сходів можуть бути побудовані і ймовірно обійдуться дешевше, ніж вже конкретні готові споруди.

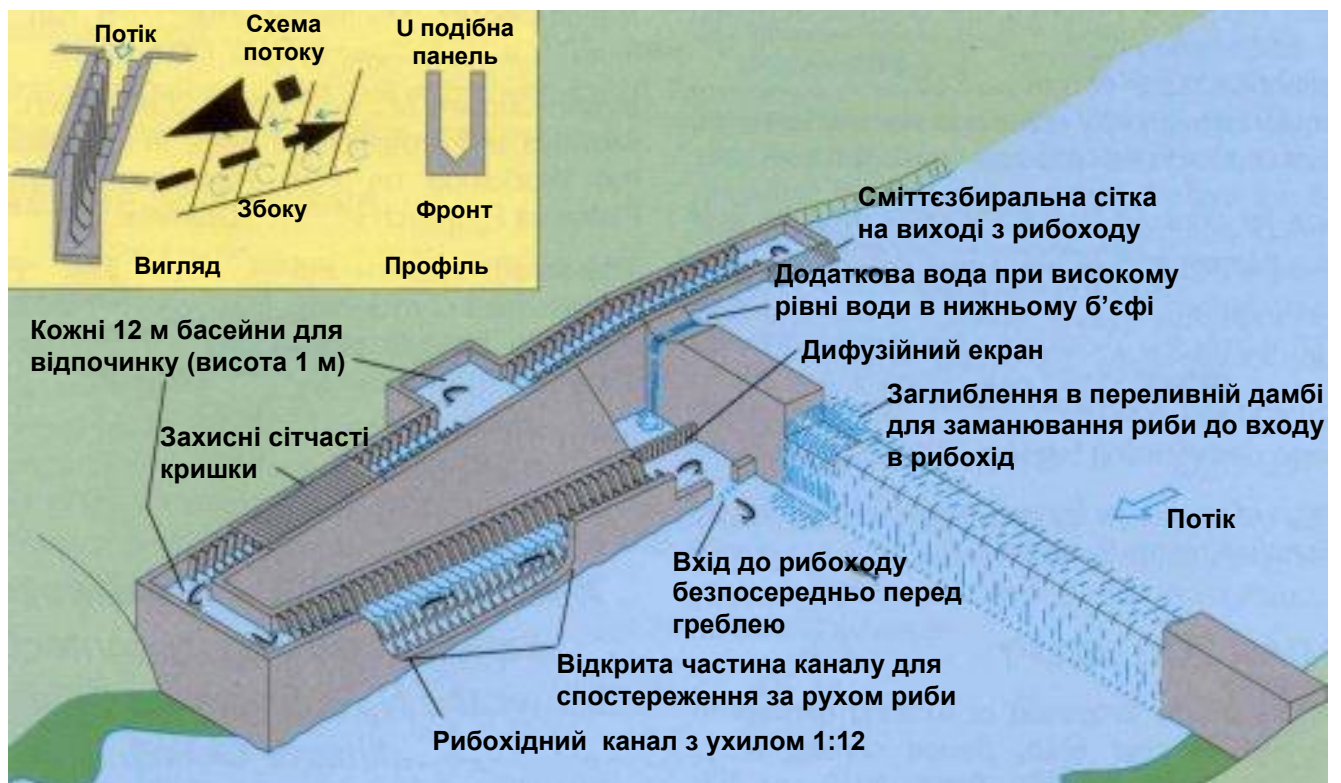
Так як в відсіках рибоходу Деніла немає водосховищ або спокійних місць, сходи повинні бути забезпечені відсіками для перепочинку риби з висотою наповнення приблизно 1,82 метра.

⁹⁶ Бумарсков С. А., директор (ООО «Минигидро», г. Харьков) ОБ ОПЫТЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ГИДРОТУРБИН ДЛЯ НИЗКОНАПОРНЫХ И ВЫСОКОНАПОРНЫХ МАЛЫХ ГЭС. <http://ep3.nuwm.edu.ua/1709/1/Vt6232.pdf>

⁹⁷ Наукова еколого-експертна оцінка проектів малих ГЕС в Івано-Франківській області / Я. О. Адаменко, Л. М. Архипова, С. В. Пернеровська // Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування. - 2013. - № 2. - С. 26-31. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ebzp_2013_2_6

Рис. 4.11 – Рибохід Деніла⁹⁸

Перевага рибоходу Деніла полягає в тому, що він діє над нижнім б'єфом величиною 0,91 – 1,06 метра напірними водами, що є достатнім для того, щоб покрити потоки на самих маленьких ГЕС (Рис. 4.12).

Рис. 4.12 – Конструктивні особливості рибоходу Деніла⁹⁹

⁹⁸ Наукова еколого-експертна оцінка проектів малих ГЕС в Івано-Франківській області / Я. О. Адаменко, Л. М. Архипова, С. В. Пернеровська // Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування. - 2013. - № 2. - С. 26-31. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ebzp_2013_2_6

⁹⁹ NSW Department of Primary Industries. Fishways. <https://www.dpi.nsw.gov.au/fishing/habitat/rehabilitating/fishways>

Таким чином, на сьогоднішній день існують технології будівництва малих ГЕС, які базуються як на традиційному сучасному гідротехнічному обладнанні (гідротурбіни типів Каплан, Пельтон та інші), так і на інноваційному. При чому, при жорсткому дотриманні правил будівництва і експлуатації МГЕС і традиційне, і інноваційне гідротехнічне обладнання може бути використане з мінімальним негативним впливом на довкілля.

У 2017 р. в рамках проекту ПРООН/ГЕФ - Минприроды России «Задачи сохранения биоразнообразия в политике и программах развития энергетического сектора России» було підготовлено збірник інноваційних рішень щодо збереження біорізноманіття для гідроенергетичного сектора¹⁰⁰.

У Збірнику викладені відомості про вітчизняні та зарубіжні технології, рішення і практики в галузі збереження біологічного різноманіття для застосування в гідроенергетичному секторі. Представлена у збірнику інформація може бути використана для прийняття рішень і вибору методів запобігання / скорочення / відновлення / компенсації техногенних впливів на біологічне різноманіття, що надаються підприємствами в сфері будівництва, виробництва, транспорту і розподілу електричної енергії, виробленої на гідроенергетичних об'єктах.

Зокрема у Збірнику наведені світові практики щодо збереження біологічного різноманіття на стадії проектування, будівництва, експлуатації та ліквідації гідроенергетичних об'єктів. Також розглянуто сучасні технологічні рішення, які впроваджено на різних гідроенергетичних об'єктах світу.

Крім цього, у 2013 р. Міжнародною комісією з охорони ріки Дунай (ICPDR) розроблено збірник з результатами досліджень та практичних прикладів передової практики впровадження найкращих технологій у сфері гідроенергетики «Керівні принципи розвитку стійкої гідроенергетики в Дунайському басейні»¹⁰¹

Існуючий світовий досвід будівництва та експлуатації гідроенергетичних об'єктів (зокрема малих ГЕС) дозволяє застосовувати в Україні найкращі практики та технології, які дозволяють використовувати альтернативні джерела енергії та уникнути негативного впливу на довкілля.

¹⁰⁰ Електронний ресурс: <http://www.rushydro.ru/upload/iblock/453/Sbornik-Sohranenie-Bioraznoobraziya-Gidroenergetika-prevju.pdf>

¹⁰¹ Guiding Principles on Sustainable Hydropower Development in the Danube Basin https://www.icpdr.org/main/sites/default/files/nodes/documents/annex_-_case_studies_and_good_practice_examples_final.pdf

4.2 Використання найкращих технологій на МГЕС України

На сьогоднішній день деякі з передових гідроенергетичних технологій вже знайшли застосування на МГЕС України.

Однією з компаній яка застосовує інноваційні технологічні рішення при будівництві МГЕС є групи енергетичних компаній "RENER"¹⁰².

Діяльність групи енергетичних компаній "RENER" розпочалася у 2005 році і на сьогоднішній день компанія займає провідне місце у розвитку та впровадженні відновлювальної енергетики в Карпатському регіоні, а саме у спорудженні сонячних та гідроелектростанцій з подальшим виробництвом електричної енергії та передачею її місцевим локальним мережам.

Зокрема компанією збудовано та уведено в експлуатацію такі гідроенергетичні об'єкти:

- мала ГЕС потужністю 1,16 МВт на р. Красна (с. Красна, Тячівський р-н, Закарпатська область);
- мала ГЕС-1 потужністю 1,02 МВт на р. Шипіт (с. Тур'я Поляна, Перечинський р-н, Закарпатська область)
- міні ГЕС-2 потужністю 999 кВт на р. Шипіт (с. Тур'я Поляна, Перечинський р-н, Закарпатська область);
- міні-ГЕС «Брустурянка» потужністю 996 кВт на р. Брустурянка (с. Лопухів, Тячівський р-н, Закарпатська область);
- міні-ГЕС "Яновець" потужністю 994,3 кВт на р. Яновець (с. Руська Мокра, Тячівський район, Закарпатська область).

Основні характеристики МГЕС групи енергетичних компаній "RENER" наведені в таблиці 4.2.

Під час проектування та будівництва МГЕС група енергетичних компаній "RENER" впроваджує сучасні гідротехнічні технології. Зокрема на МГЕС Шипот-2 впроваджено водозабірні решітки Grizzly Power, які за своєю структурою здатні не пропускати частинки розміром 0,3 мм, тобто здатні не пропускати у водозабірні споруди ікринки.

¹⁰² <http://rener.com.ua/>

Таблиця 4.2 – Основні характеристики МГЕС групи енергетичних компаній "RENER"¹⁰³

Найменування	Значення				
Найменування МГЕС	Міні ГЕС на р. Красна	Міні-ГЕС "Шипіт 1"	Міні-ГЕС "Шипіт 2"	Міні-ГЕС «Брустурянка»	Міні-ГЕС «Яновець»
Місце розташування	с. Красна, Тячівський район, Закарпатська область	с. Тур`я Поляна, Перечинський район, Закарпатська область	с. Тур"я Поляна, Перечинський район, Закарпатська область	с. Лопухово, Тячівський район, Закарпатська область	с. Руська Мокра, Тячівський район, Закарпатська область
Введення в експлуатацію	січень 2011 (I черга) липень 2013 (II черга)	березень 2012	вересень 2014 року	серпень 2016 року	жовтень 2017 року
Встановлена потужність	800 кВт (I черга) 360 кВт (II черга)	1,02 МВт	999,0 кВт	996,0 кВт	994,3 кВт
Тип	Дериваційна	Дериваційна	Дериваційна	Дериваційна	Дериваційна
Довжина деривації	1850 м	2950 м	2769 м	750 м	4110 м
Діаметр трубопроводу	1,2 м	1,4 м	1,0 м	2,2-2,4 м	1,4-1,2 м
Напір бруто	52 м	59,5 м	124,7 м	16,5 м	86,21 м
Максимальна витрата води	2,8 м ³ /с	2,3 м ³ /с	0,9 м ³ /с	7,8 м ³ /с	1450,0 л/с
Тип турбіни	Френсіс (Тов Міні- Гідро", Харків)	поперечноструменева (CINK Hydro-Energy, Czech Republic)	4-х форсункова, вертикальна, Пельтрон (Troyer AG, Італія)	«Каплан» з подвій- ною регуляцією (Gerpert, EN-CO, Італія)	Pelton TPV-825-6- 295 (Sora SRL, Італія)
Очікуваний річний виріток електроенергії	4,0 млн. кВт.год	4,3 млн. кВт.год	4,7 млн. кВт.год	5,2 млн. кВт.год	4,8 млн. кВт.год

¹⁰³ За даними групи енергетичних компаній "RENER" <http://rener.com.ua>

За словами інвесторів, проект такої міні-ГЕС був виконаний за участі провідних італійських фахівців з максимальними вимогами, які існують в ЄС (Рис. 4.13). Зокрема дериваційний канал (трубопровід довжиною близько 3 км) прокладено у ґрунті та всередині оброблено харчовими емаллями, що унеможливило будь-який вплив на склад води. При цьому виконано відновлення верхнього шару ґрунту, зроблено берегоукріплення, збудовано рибохід з фіксованою витратою води на рівні 150 л/с.



Водозабір



Рибохід



Гідротурбіна

Рис. 4.13 – МГЕС Шипот-2¹⁰⁴

На МГЕС Шипот-2 встановлена перша в Україні турбіна типу Пельтона, яка здатна працювати як на малих витратах води, так і на великих, що значно відрізняє цю ГЕС існуючих.

Однак, зі слів екологів МГЕС Шипот-2 побудована із порушенням. Зокрема МГЕС збудована у верхів'ї ріки Шипот із порушенням схеми комплексного використання водних ресурсів з близькістю до природно-заповідного фонду. При будівництві ГЕС не було виконано екологічних та гідрологічних досліджень.

На МГЕС «Яновець» у селі Руська Мокра також встановлено запатентована система водозабору Grizzly Power.

Також при проектуванні Міні-ГЕС «Брустурянка» (с. Лопухово, Тячівський район, Закарпатська область) передбачено цілий спектр сучасних удосконалень, котрі сьогодні практикують у Європі. Міні-ГЕС «Брустурянка» побудована за сучасними стандартами з врахуванням усіх аспектів збереження навколишнього середовища. Більше того, її унікальні особливості, що спроектовані провідними італійськими експертами, кардинально відрізняють її від інших аналогів в Україні. Завдяки новітнім технологіям міні-ГЕС не тільки робить внесок в енергетичну незалежність України, але й турбується про довкілля (Рис. 4.14).

¹⁰⁴ За даними групи енергетичних компаній "RENER" <http://rener.com.ua>



Рис. 4.14 – МГЕС «Брустурянка»¹⁰⁵

На МГЕС встановлено систему очищення річки Брустурянка від сміття: воно регулярно збирається, вивозиться та утилізується у відповідності до санітарних норм, не приносячи шкоду довкіллю і не турбуючи західних сусідів України.

Склопластик, з якого виконано трубопровід (AMIANITIT, Німеччина), та біорозкладне мастило Panolin¹⁰⁶ (Швейцарія) забезпечують екологічно безпечну взаємодію з водою.

Окрім того, гідроелектростанція обладнана додатковою протипаводковою системою: автоматичний шлюз-регулятор дозволяє регулювати рівень води та мінімізувати негативні наслідки від можливих повеней, ризик виникнення яких на Закарпатті дуже високий.

За словами італійських експертів станція відповідає найвищим європейським стандартам якості¹⁰⁷. На станції збудовано рибохід та суворо дотримується пропуск

¹⁰⁵ За даними групи енергетичних компаній "RENER" <http://rener.com.ua>

¹⁰⁶ Повністю синтетичне, екологічно безпечне турбінне масло на основі насичених складних ефірів. Застосовується в якості масла для змащення, масла для підшипників і в якості керуючої рідини в гідротурбінах. <http://www.kleenoilpanolin.com/ru/panolin/oele/>

¹⁰⁷ <http://rener.com.ua/news/136>

санітарних витрат води, впроваджено сучасні берегоукріплюючі споруди, водовгамовуючі конструкції. Оптимальне розміщення рибоходу визначено інженерними, гідравлічними, біологічними і економічними міркуваннями і базується на вивченні світового досвіду та особливостей поведінки місцевих видів риб.

На будівництво МГЕС пішло більше 5 років та 150 мільйонів гривень.

4.3 Огляд технологічних рішень МГЕС Карпатського регіону

Крім сучасних МГЕС на Закарпатті також працює одна із старих електростанцій (не відноситься до малих ГЕС) - Теремле-Ріцька ГЕС (Рис. 4.15).



Рис. 4.15 – Зовнішній вигляд Теремле-Ріцької ГЕС (не належить до малих ГЕС)¹⁰⁸

Теремле-Ріцька гідроелектростанція (не належить до малих ГЕС) — ГЕС у Хустському районі (Закарпаття); розташована в долинах річок Теремлі й Ріки. Збудована в 1949–1955 роках. Перший промисловий струм одержано в 1956 році. Потужність 27 000 кВт, щорічне виробництво електроенергії в середньому (залежно від рівня води в річках) 123 млн. кВт-годин¹⁰⁹.

¹⁰⁸ Матеріал з Вікіпедії — вільної енциклопедії.

https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%B1%D0%BB%D0%B5-%D0%A0%D1%96%D1%86%D1%8C%D0%BA%D0%B0_%D0%93%D0%95%D0%A1

¹⁰⁹ http://www.wikiwand.com/uk/%D0%A2%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%B1%D0%BB%D0%B5-%D0%A0%D1%96%D1%86%D1%8C%D0%BA%D0%B0_%D0%93%D0%95%D0%A1

Унікальні природні умови району будівництва дозволили народитися незвичайному інженерному рішенню. Дві річки Тересля і Ріка розташовані майже паралельно, з невеличким вододілом по Бовцарському хребту, але на різних за висотою рівнях. При такому розташуванні гідроелектричної станції виникала можливість використання натурального перепаду: воду із басейну р. Тересля пропонувалося скидати у басейн р. Ріка, що значно підвищувало потужність водного потоку.

Між річками споруджено дериваційний тунель, яким води річки Тереслі через ГЕС потрапляють до річки Ріка (Рис. 4.16).



Рис. 4.16 – Схема Тересля-Ріцької ГЕС¹¹⁰

Залізобетонна водозливна гребля на річці Тересля має довжину 153 м, ширину 3 м і найбільшу висоту 45,8 м. Ця гребля утворює невеличке Вільшанське водосховище площею 1,6 км². Через дериваційний тунель завдовжки 3700 м вода поступає до напірно-станційного вузла та далі по металевому турбінному водоводу фінського виробництва (довжина 350 м, діаметр 2,2 м) подається в машинний зал ГЕС, що розташований на річці Ріка.

¹¹⁰ Тересля-Рикская ГЕС

<http://karpaty.polnaya.info/%D0%BD%D0%B5%D0%BE%D0%B1%D1%8B%D1%87%D0%BD%D0%BE%D0%B5/%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%B1%D0%BB%D1%8F-%D1%80%D0%B8%D0%BA%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F-%D0%B3%D0%B5%D1%81/>

На станції встановлено три струйно-ковшових турбіни («турбіна Пелтона», Pelton) потужністю по 9 МВт кожна, які працюють без перерви до цього часу.

Гідросилове обладнання ГЕС зараз уже вважається (майже) зношеним і застарілим, але знаходиться у робочому стані.

Основним видом діяльності компанії «Акванова Девелопмент»¹¹¹ (входить до складу холдингу «Акванова») є будівництво нових, відновлення старих та експлуатація малих гідроелектростанцій на території України. На сьогоднішній день холдинг експлуатує 20 малих гідроелектростанцій загальною встановленою потужністю понад 20 МВт.

Однією з таких малих гідроелектростанцій є МГЕС «Нижній Бистрий» на р. Ріка, Закарпатської області, Хустського району, с. Нижній Бистрий.

Зі слів інвесторів¹¹² збудована мала ГЕС долатиме екологічні негаразди, що з часом виникають, зокрема паводки і пересихання річки. І таким регулюючим чинником буде слугувати надувна гребля, яка заповнюється водою, створюючи водосховище. Обладнання цього типу вперше використовується в Україні і може бути гарним прикладом для інших проектів. Під час водопілля гребля буде автоматично здуватись і пропускати воду по звичайному руслу річки, не затоплюючи при цьому верхнього б'єфу. Що ж до пересихання річки, то воно неможливе завдяки передбаченій в проекті рибопропускній споруді (Рис. 4.17).



Рис. 4.17 – Зовнішній вигляд МГЕС «Нижній Бистрий» на р. Ріка¹¹³

¹¹¹ ТОВАРИСТВО З ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ «АКВАНОВА ДЕВЕЛОПМЕНТ»
<http://aquanovadevelopment.com.ua/news.html>

¹¹² <http://aquanovadevelopment.com.ua/projects/proekt-mges-nizhnijbistrij.html>

¹¹³

В кінці каналу ГЕС знаходиться розширювальний резервуар за яким розташовані сміттєзатримуючі решітки, які запобігають попаданню сміття до приточної частини ГЕС (в основному листя та дрібні гілки залишаються на захисних решітках водозабірної споруди).

Науково-експертна рада Всеукраїнської екологічної ліги (громадська організація, що спеціалізується на екологічній безпеці та підвищенню рівня екологічної освіти та культури населення) схвалила інспектований проект МГЕС на р. Ріка в с. Нижній Бистрий та визнала його доцільним і таким, що відповідає екологічним критеріям безпечності.

Загальні висновки проекту МГЕС «Нижній Бистрий» на р. Ріка наведені у Додатку Д. Схема МГЕС «Нижній Бистрий» на р. Ріка наведена на рис. 4.18.



Рис. 4.18 – Схема МГЕС «Нижній Бистрий» на р. Ріка¹¹⁴

Основні характеристики МГЕС «Нижній Бистрий» на р. Ріка наведені в таблиці 4.3.

¹¹⁴ ТОВАРИСТВО З ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ «АКВАНОВА ДЕВЕЛОПМЕНТ»
<http://aquanovadevelopment.com.ua/news.html>

Таблиця 4.3 – Основні характеристики МГЕС «Нижній Бистрий» на р. Ріка

№ п/п	Найменування	Значення
Загальні відомості та параметри ГЕС		
1	Назва ГЕС	МГЕС «Нижній Бистрий»
2	Назва річки	р. Ріка
3	Місцезнаходження ГЕС	с. Нижній Бистрий, Хустського району, Закарпатської обл.
4	Тип установки	пригреблева
5	Тип ГЕС	Дериваційна
6	Встановлена потужність	2000 кВт
7	Очікуваний середній річний виробіток електроенергії	9,9 млн. кВт-год
Характеристика водотоку		
8	Площа водозбору	781 км ²
9	Модуль стоку	33,7 л/с/км ²
10	Середньобагаторічна витрата	27,8 м ³ /с
11	Максимальна витрата 1%	1235 м ³ /с
Водосховище		
12	Відмітка НПР	260,32 м
13	Відмітка ФПР	260,9 м
14	Повна ємність водосховища	0,3 млн.м ³
15	Площа водного дзеркала при НПР	22 га
16	Довжина (по профілю річки)	1,1 км
17	Найбільша глибина (біля греблі)	4 м
18	Середня глибина	1,4 м
19	Характер регулювання стоку	По стоку річки

Висновки

Використання енергії води з метою отримання енергії застосовувалося людством з давніх-давен. На початку це була механічна енергія, яка застосовувалася у млинах чи дробарках, а згодом на невеличких заводах чи підприємствах, збудованих на берегах річок.

Пізніше, з розвитком промисловості, енергію води почали використовувати для виробництва електроенергії, яка має більш широке застосування.

Індустріалізація вимагала все більших обсягів електроенергії, тому і гідроенергетика набирала своїх обертів, використовуючи більш потужні турбіни та генератори на великих гідроелектростанціях (ГЕС), які будувалися на великих, повноводних річках. Механічні водяні колеса на заводах замінювалися електричним приводом, а невеликі ГЕС занепадали.

На початку 20-х років¹¹⁵ в Україні налічувалося 84 гідроелектростанцій загальною потужністю 4000 кВт, а наприкінці 1929 року - вже 150 станцій загальною потужністю 8400 кВт, серед них Вознесенська (840 кВт), Бузька (570 кВт), Сутиська (1000 кВт) і інші. У 1934 році була введена в експлуатацію Корсунь-Шевченківська ГЕС (2650 кВт), яка за своїми технічними показниками була однією з кращих станцій того часу.

У післявоєнний період електрифікація сільського господарства також ґрунтувалася на збільшенні потужності і поліпшенні техніко-економічних показників малих гідроелектростанцій. На початку 50-х років кількість побудованих малих ГЕС становило 956 одиниць із загальною потужністю 30000 кВт¹¹⁵. Однак у зв'язку з розвитком централізованого електропостачання і стійкою тенденцією до концентрації виробництва електроенергії на потужних теплових та атомних електростанціях, будівництво малих ГЕС було зупинено. Почалася їх консервація, демонтаж, сотні малих ГЕС були зруйновані.

Однак сьогодні у більшості розвинених країн світу досягнуто високого рівня освоєння ресурсів малої гідроенергетики. Західна Європа освоїла 85% свого потенціалу малої гідроенергетики, що є найвищим показником в світі¹¹⁶. Такі країни, як Австрія, Франція і Німеччина вже освоїли значну частку своїх потенціалів. Загальна встановлена потужність МГЕС в Західній Європі становить 6183 МВт, а потенціал оцінюється у 7243 МВт. Крім

¹¹⁵ ЗАГАЛЬНИЙ АНАЛІЗ СТАНУ МАЛОЇ ГІДРОЕНЕРГЕТИКИ УКРАЇНИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ. О. С. Шаперчук, Ю. А. Маковська.
<http://ep3.nuwm.edu.ua/2145/1/%D0%A8%D0%B0%D0%BF%D0%B5%D1%80%D1%87%D1%83%D0%BA%20%D0%9E.%D0%A1.%20-%20%D0%97%D0%B0%D0%B3%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B8%D0%B9%20%D0%B0%D0%BD%0%D0%BB%D1%96%D0%B7%20%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BD%D1%83%20%D0%BC%D0%B0%D0%BB%D0%BE%D1%97%20%D0%B3%D1%96%D0%B4%D1%80%D0%BE%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B3%D0%B5%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B8.pdf>

¹¹⁶ Организация Объединенных Наций по промышленному развитию и Международный центр малой гидроэнергетики. Доклад о мировом развитии малой гидроэнергетики 2016.
http://www.smallhydropowerworld.org/fileadmin/user_upload/pdf/2016/WSHPDR_ES_Russian_final_01.pdf

Бельгії і Швейцарії, всі країни Західної Європи ввели зелені тарифи для МГЕС. Так, потужність експлуатованих малих ГЕС у 2016 р. становила: у Австрії – 1368 МВт, у Франції – 2021 МВт, в Німеччині – 1826 МВт, в Швейцарії – 859 МВт. Лідерами у використанні малих ГЕС Південної та Північної Європи є такі країни, як Норвегія – 2242 МВт, Італія – 3173 МВт та Іспанія - 2104 МВт¹¹⁷.

Широке освоєння малої гідроенергетики також спостерігається в країнах, що розвиваються. Світовим лідером у використанні малої гідроенергетики є Китай, де потужність малих ГЕС становить близько 39800 МВт і ведеться їх розгорнуте будівництво¹¹⁸.

В Індії, де потенціал малої гідроенергетики оцінюється в 11914 МВт, експлуатуються 420 малих ГЕС сумарною потужністю понад 2 тис. МВт і планується будівництво понад 4000 малих ГЕС¹¹⁸.

Останніми роками в Україні ситуація щодо розвитку МГЕС докорінно змінюється: відновлюються старі, будуються нові малі гідроелектростанції.

Основним поштовхом щодо цього є прийнята в Україні у 2006 р. Енергетична стратегія до 2030 року, яка передбачала, що у 2030 р. частка відновлюваної енергетики у сумарному споживанні первинної енергії складатиме 19%. Крім цього, активне відновлення малих ГЕС в Україні розпочалось після встановлення у 2008 р. «зеленого тарифу» на електроенергію.

Однак зростаючі темпи будівництва МГЕС в Україні із занепокоєнням зустріли громадськість, екологи, юристи та решта небайдужих. Основною причиною такого занепокоєння є негативні, а в деяких випадках жакливі екологічні наслідки будівництва та експлуатації гідроенергетичних об'єктів, зокрема в Карпатському регіоні.

Зважаючи на значний енергетичний потенціал малих річок Карпатського регіону (Закарпатська, Чернівецька, Івано-Франківська та Львівська області), який складає 7628,7 млн. кВт-год/рік, або 61 %¹¹⁹ загального, особлива увага екологів та громадськості прикута до цього регіону України. Адже плани будівництва малих ГЕС у Карпатах лякають своїм масштабом. Наприклад, у Закарпатській області, на виконання Програми комплексного використання водних ресурсів Закарпатської області, планується збудувати 330 малих ГЕС, в Івано-Франківській області, за різними даними, планується будівництво від півсотні до півтори сотні малих ГЕС, до двох десятків заплановано у Львівській та

¹¹⁷ Организация Объединенных Наций по промышленному развитию (ЮНИДО) Доклад о мировом развитии малой гидроэнергетики 2016.

http://www.smallhydroworld.org/fileadmin/user_upload/pdf/2016/WSHPDR_ES_Russian_final_01.pdf.

¹¹⁸ «Развитие теплоэнергетики и гидроэнергетики» Книга 3. Развитие теплоэнергетики и гидроэнергетики <http://energetika.in.ua/ru/books/book-3/part-2/86-entsiklopediya/elektroenergetika-ta-okhrona-navkolishnogo-seredovishcha-funktsionuvannya-energetiki-u-suchasnomu-sviti/chastina-1-vidnovlyvalna-netraditsijna-energetika/rozdil-2-dzherela-vidnovlyvalnoji-netraditsijnoji-energetiki/249-2-4-mala-gidroenergetika>

¹¹⁹ Сучасний стан, проблеми та перспективи розвитку гідроенергетики України. Аналітична доповідь. НІСД, 2014, 54 с. <http://www.niss.gov.ua/content/articles/files/GES-993ae.pdf>

Чернівецькій областях¹²⁰. Виконання таких планів означатиме фактичну екологічну смерть більшості карпатських рік, занепад сплавного туризму, спотворення краєвидів.

Основними наслідками такого будівництва може бути:

- осушення річок;
- зникнення унікальних видів риби та більшості водних організмів;
- погіршення якості води у річках;
- підвищення рівня ґрунтових вод, тощо.

За висновками міжнародних експертів, МГЕС мають найменший негативний вплив на довкілля, серед інших гідроенергетичних об'єктів, зокрема великих ГЕС різних типів та ГАЕС. Підтвердження цього є стрімкий розвиток та кількість МГЕС у державах ЄС, зокрема у Австрії, Франції, Німеччині, Норвегії, Швейцарії та ін.

З метою з'ясування основних причин негативного впливу МГЕС на довкілля в Україні виконано аналіз технологічних особливостей будівництва та експлуатації МГЕС на гірських річках.

Основними типами МГЕС, які будують на гірських річках в Україні та державах ЄС, є МГЕС пригреблевого та дериваційного типів.

Будівництво МГЕС дериваційного типу передбачає направлення частини водного потоку річки у спеціальний канал для створення напору, необхідного для обертання турбіни. Основною вимогою при будівництві МГЕС такого типу є визначення та забезпечення у руслі ріки мінімальної (санітарної) витрати води, яка повинна дорівнювати ґрунтовому живленню (в розрахунках за цю величину необхідно прийняти мінімальну середньомісячну витрату маловодного року). Решта витрати води в річці може бути використана для МГЕС.

Відповідно СанПиН 3907-85, величина санітарного пропуску повинна бути не менше мінімальної середньої середньодобової витрати водотоку в побутовому гідрологічному режимі літньої і зимової межени року 95% забезпеченості. Але, на думку експертів, така витрата є недостатньою для збереження гідробіонтів гірських рік, що підтверджується їхтіологічними дослідженнями¹²¹.

Особливої уваги при будівництві дериваційних МГЕС слід приділяти прокладанню каналів, тунелів чи лотків, в які спрямовується частина русла ріки. Прокладання каналів слід виконувати із максимальним збереженням рельєфу. При підземному прокладанні необхідно передбачати берегоукріплення гірських рік, відновлення ландшафту,

¹²⁰ Екологія. Право. Людина. Будівництво ГЕС. <http://epl.org.ua/environment-tax/mali-ges/>

¹²¹ НАУКОВА ЕКОЛОГО-ЕКСПЕРТНА ОЦІНКА ПРОЕКТІВ МАЛИХ ГЕС В ІВАНО-ФРАНКІВСЬКІЙ ОБЛАСТІ. Івано-Франківській національний технічний університет нафти і газу. http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?C21COM=2&I21DBN=UJRN&P21DBN=UJRN&IMAGE_FILE_DOWNLOAD=1&Image_file_name=PDF/ebzp_2013_2_6.pdf.

збереження флори і фауни, тощо.

На сьогоднішній день в Україні будівництво МГЕС дериваційного типу відбувається із порушенням зазначених вимог. Більшість запропонованих проектів малих ГЕС у Карпатах передбачають будівництво ГЕС дериваційного типу. У цих типах ГЕС вода з річки подається до труби, транспортується трубою на певну відстань (до кількох кілометрів), а далі з труби подається на турбіну для виробництва енергії, після чого повертається у річку нижче від місця забору.

У Карпатах більшість малих ГЕС проектується у верхів'ях рік¹²². В цих місцях ухил річок найбільший, отже, падаюча вода має найбільший енергетичний потенціал. У верхів'ях ріки мають невисоку водність, тому для того, щоб виробити якомога більше електроенергії та пришвидшити повернення інвестицій, з ріки забирають великі об'єми води, іноді із річки забирають практично всю воду, залишаючи замість живого потоку сухе русло, вкрите камінням. При цьому розрахунки потужності ГЕС виконуються чи не на максимальний водотік, який спостерігається тільки у весняно-осінній період, решта часу русло річки залишається без води. Замість кількох кілометрів ріки залишається кілька кілометрів труб. І проблема не лише у спотворенні природних краєвидів. Забір основної частини води із ріки спричиняє цілу низку екологічних та соціально-економічних проблем¹²²:

- зникнення водних організмів (в тому числі червонокнижних риб і комах) через знищення середовища існування і відтворення молоді;
- погіршення туристичного потенціалу територій;
- зміни гідрогеологічної обстановки включно із загрозою зниження рівня ґрунтових вод – відповідне зниження доходів місцевих жителів від обслуговування туристів;
- негативний вплив на природоохоронні території.

Прокладання дериваційних каналів здійснюється з найменшими інвестиційними витратами, тобто на поверхні повздовж русла ріки. Деривація може бути як безнапірною, при використанні каналів, лотків, безнапірних тунелів або напірною, з напірними тунелями, трубопроводами. Однак для здешевлення проектів та отримання максимальної вигоди від будівництва МГЕС, в Україні застосовують напірну деривацію з напірними трубопроводами. В якості напірних трубопроводів застосовують металеві трубопроводи великого діаметру, розрахованих на максимальний водотік, для прокладання яких облаштовують фундаментні бетонні опори, місце встановлення яких, розміри та навантаження іноді не відповідають розрахунковим. Крім цього, труби, які використовуються для дериваційних каналів, зазвичай, вже були у використанні, тому у

¹²² Екологія. Право. Людина. Будівництво ГЕС. <http://epl.org.ua/environment-tax/mali-ges/>

річку потрапляють забруднення, які знаходилися в трубі (іржа, масло, інші нафтопродукти та забруднювачі).

Будівництво МГЕС пригреблевого типу супроводжується будівництвом греблі, яка перегороджує русло річки, створюючи тим самим штучну перешкоду водотоку. При цьому частина землі навколо русла затоплюється, створюючи водосховище.

Будівництво таких МГЕС також повинно виконуватися із дотриманням певним екологічних вимог, основні з яких повинні бути спрямовані на забезпечення мінімального водотоку у нижньому б'єфі ГЕС.

Застосування МГЕС пригреблево типу має виправдання при будівництві каскаду ГЕС, розташованих одна за одною. Однак таке будівництво, особливо в гірських місцевостях має певні ризики, зокрема: якщо під час чергового паводку, які проходять щорічно в гірському регіоні, верхня дамба не витримає, існує ризик, що решта зруйнуються, як складене в ряд доміно.

Внаслідок будівництва та функціонування МГЕС можуть посилюватися зсуви. Уздовж гірських річок такі процеси характерні, а земляні роботи, які будуть проводитися під час будівництва МГЕС, зміна гідрологічного режиму річок, на яких будуть побудовані МГЕС, можуть провокувати утворення нових місць зсувів і приводити до посилення їх активності¹²³.

Крім цього, будівництво греблі, яка перегороджує річку зупиняє водотік, і вже в кількох кілометрах перед дамбою, стрімка горна річка перетворюється у малорухомий водний потік. При цьому у воді змінюється біологічний режим, що призводить до зникнення одних організмів та появи інших. Крім того, в річці збільшується кількість органіки: завдяки перегнивання маси опалого листя в застоююї воді вище греблі з'являється нехарактерний для гірських річок планктон. Цей факт, безсумнівно, впливає на якість води та її насичення киснем в річці нижче за течією.

Одним з негативних впливів гідроелектростанцій на довкілля є перешкоджання міграції риб у зарегульованих річках. Зведення гребель, регулювання стоку річок і безповоротне водовилучення порушують міграційні закономірності риби.

Охорона риб при міграціях, збереження їх міграційних шляхів - одне з основних завдань, яке необхідно вирішувати при плануванні, будівництві та експлуатації МГЕС. Забезпечення міграцій риб в річках в умовах зарегульованості і вилучення стоку вимагає відновлення міграційних шляхів, а для цього необхідна розробка і застосування рибоохоронних заходів, а також створення спеціальних пристроїв і споруд -

¹²³ Тексти.org.ua. Карпати в дамбах. Гірські річки можуть забрати з русла і пустити в трубах.
http://texty.org.ua/pg/article/editorial/read/44219/Karpaty_v_dambah_Girski_richky_mozhut_zabraty

рибопропускних, рибозахисних, штучних нерестовищ і тощо.

Міграція риби в зарегульованих річках закінчується перед першими греблями в каскаді гідровузлів. Величина збитків, які наносяться від втрати місць нересту під час будівництва гідротехнічних об'єктів, визначається кількістю таких місць. Зарегульованість стоку в нижніх ділянках рік погрожує повним зникненням або різким скороченням окремих видів риби.

Такі рішення є вкрай неприйнятними при будівництві МГЕС у країнах ЄС, де екологічні вимоги є чіткими і непорушними. Зокрема, в Австрії витрачається від п'яти до восьми років на спорудження однієї малої гідроелектростанції, маючи чітку законодавчу базу і новітню техніку. Будівництву передують роки розрахунків та досліджень, щоб максимально вписатися в природні умови, зменшити вплив на навколишнє середовище, врахувати всі нюанси¹²⁴.

Зважаючи на такі особливості, будівництво малих ГЕС у країнах ЄС супроводжується жорстким екологічним контролем з боку держави. Основною вимогою при будівництві пригреблевої МГЕС є забезпечення мінімально необхідного водотоку у нижньому б'єфі, особливо у маловодні сезони.

Відповідно до висновку Інституту гідробіології НАН України, експлуатація малих ГЕС в Карпатському регіоні можлива за наступних умов¹²⁵:

- наявність регулюючого пристрою для пропуску санітарних, іхтіологічних та екологічних витрат води;
- наявність працездатного рибоходу з параметрами для пропуску іхтіофауни, яка характерна для верхів'їв гірських рік;
- наявність працездатного рибозахисту на водозабірній споруді;
- пропуск води на ділянку природного русла від водоприймача до водовипуску повинен відповідати рекомендованим рівням в кожному конкретному випадку, і бути не меншим мінімальної середньомісячної витрати маловодного року.

Саме такі умови не зменшуватимуть природного обсягу популяцій гідробіонтів та не матимуть негативного впливу на існуюче водне біорізноманіття.

Мінімізація або уникнення встановлених негативних впливів можлива шляхом повної відповідності запланованих дій до діючого чинного природоохоронного законодавства та проєктованих техніко-технологічних рішень і застосування комплексу заходів, спрямованих на охорону навколишнього середовища.

¹²⁴ DsNews. Мини-ГЭС под напряжением. <http://www.dsnews.ua/economics/mini-ges-pod-napryazheniem-29052012100100>

¹²⁵ Івано-Франківській національний технічний університет нафти і газу НАУКОВА ЕКОЛОГО-ЕКСПЕРТНА ОЦІНКА ПРОЕКТІВ МАЛИХ ГЕС В ІВАНО-ФРАНКІВСЬКІЙ ОБЛАСТІ. http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?C21COM=2&I21DBN=UJRN&P21DBN=UJRN&IMAGE_FILE_DOWNLOAD=1&Image_file_name=PDF/ebzp_2013_2_6.pdf

Запропоновано інженерно-технічні рішення для реалізації їх на практиці при будівництві малих ГЕС, які мінімізують техногенний вплив до приведення стану природно-техногенних гідроекосистем в оптимальний – безпечний.

З метою уникнення таких негативних наслідків, у країнах ЄС надають перевагу не пригреблевим МГЕС, а русловим, в яких для виробництва електроенергії використовується не напір створений дамбою, а потік річки. Тобто, у країнах ЄС протічним станціям надається перевага над станціями з дамбами, в яких накопичується велика кількість води і при її скиді завдається шкода рибі.

Зазначені негативні наслідки, зокрема проблеми з відтворенням водних мікроорганізмів та риб можливі в тому випадку, якщо при будівництві МГЕС не враховуються санітарні норми води та рибоходи. На кожній МГЕС повинна дотримуватись фіксована кількість санітарної норми води, яка не змінюється протягом усього року, а також забезпечення водотоку по рибоходу.

Окремої уваги при будівництві МГЕС заслуговують рибозахисні та рибопропускні заходи та споруди.

За висновками експертів, значна частина риби зазнає ушкоджень та гине при потраплянні у гідроагрегати, зокрема турбіни ГЕС. На сьогоднішній день у всьому світі і в Україні також, для МГЕС застосовуються типові конструкції турбін, виготовлення яких здійснюється на сучасних підприємствах Європи, США, Росії та України. Сучасні гідротурбіни мають найкращі техніко-економічні та екологічні показники. Конструкції застосовуваних для МГЕС турбін були значно удосконалені, що надало змогу їх широкого застосування. Однак питання щодо загибелі риби в цих турбінах не вирішені остаточно.

Останніми роками розробляються так звані fish-friendly турбіни (дружні рибам). На сьогоднішній день існує два основних типи таких турбін:

- 1) конструкцією яких передбачені спеціальні канали для безперешкодного проходу риби;
- 2) конструкція яких унеможлиблює потрапляння риби до конструктивних елементів турбіни.

Одним з виробників таких турбін є німецький машинобудівний концерн Voith, який виробляє fish-friendly турбіни типу Каплан та Френсіс (австрійська компанія Voith Hydro).

Крім класичних конструкцій гідротурбін, які розглянуті в цьому звіті, також знаходять застосування нові конструкції турбін, зокрема шнекова турбіна.

Шнекова турбіна застосовується на річках з відносно низьким перепадом рівня (від 1 м до 10 м) і з низькою витратою води (до приблизно 10 м³/сек. на одну турбіну). Завдяки унікальній конструкції і повільного руху лопатей, турбіна вважається безпечною для

водної дикої природи, зокрема для риб. Шнекові турбіни можуть бути використані на різних МГЕС, де є жорстка вимога до обладнання щодо охорони навколишнього середовища і дикої природи.

Також останніми роками розробляються нові типи МГЕС, які повністю є безпечними для довкілля. Прикладом такої МГЕС є гравітаційно-коловоротна електростанція, гребля якої являє собою бетонний циліндр, до якого вода підходить по дотичній та зривається в центрі в глибину. Так в центрі циліндра утворюється вир, який і закручує турбіну. При дії такої міні-ГЕС швидкість обертання турбіни низька і для риби, що потрапила у вир, лопаті колеса не являють небезпеки. До того ж лопаті не розсікають воду, а повертаються синхронно з виром.

Незважаючи на значні досягнення у розробці так званих fish-friendly турбіни, у переважній більшості українських і закордонних МГЕС застосовуються гідротурбіни класичної конструкції. Тому основними заходами щодо мінімізації негативного впливу МГЕС на екосистему є тип гідроелектростанції (пригреблевого чи дериваційного), будівельні та конструктивні рішення, потужність гідротурбін, а також безумовна наявність рибозахисних та рибопропускних споруд.

У державах ЄС при будівництві МГЕС на гірських річках особливої уваги приділяється організації міграції риб, як вниз за течією, так і ввверх. Особливого значення це має для тих видів риб, які піднімаються для нересту у верхів'я річок.

Для збереження популяції іхтіофауни річок і її різноманітності застосовуються різні рибозахисні споруди, засновані на тих чи інших способах. Рибозахисні споруди передбачають для попередження травмування та загибелі риб у конструкцій гідротехнічних споруд, а також для направлення риб в рибопропускні споруди.

Основними видами рибозахисних споруд є:

- рибозагороджуючі:
 - екранні (жалюзі, плоскі сітки, стрічкові обертові сітки, сітчасті барабани з рибовідводами, конусні з рибовідводами, фільтруючі);
 - фізіологічні (електричні, пневматичні, візуально-світлові, звукові);
- рибовідвідні (інженерго-екологічні):
 - обхідні тракти (канали), в тому числі з басейнами для риб;
- рибовідгороджуючі (екологічні):
 - запани, зонні огороження (стаціонарні та рухомі), поверхневі та донні водозабори.

Застосування тих чи інших рибозахисних споруд унеможлиблює потрапляння риби до гідротехнічних споруд і її травмування.

На деяких МГЕС ЄС застосовується комплекс з рибозахисних споруд, призначених

як для різних видів риби (які враховують природні особливості поведінки), так і для риб різного розміру та віку (доросла риба або мальок).

В Україні на деяких МГЕС має місце застосування тільки рибозагороджуючих споруд у вигляді сіток, які затримують дорослу рибу, а мальки з легкістю потрапляють до водозабору, а з відти з потоком води направляються в турбіну.

При будівництві МГЕС у країнах ЄС виконується комплексне дослідження, в ході якого з'ясовують вид іхтіофауни річки, її особливості, природні вимоги, умови життя, тощо. Всі ці дослідження виконуються на стадії передпроектного опрацювання. За результатами такого дослідження у проект закладаються ті чи інші рибозахисні споруди.

Особливої уваги під час проектування МГЕС у країнах ЄС приділяється рибопропускним спорудам, які дають змогу як безперешкодно оминати рибі гідротехнічні елементи ГЕС, рухаючись вниз за течією, так і вільно рухатись уверх. Особливо це актуально для мігруючих видів риб, нерест яких відбувається у верхівнях річок.

Досвід будівництва МГЕС в Україні, зокрема у Карпатському регіоні свідчить про порушення вимог щодо облаштування рибозахисних та рибопропускних споруд.

При будівництві рибопропускних споруд не витримуються вимоги щодо їх розміру, конструкцій, водотоку, тощо. В результаті риба або не може подолати перешкоду, або її розмір дуже великий.

Розглянуті у цьому звіті типи рибозахисних та рибопропускних споруд та вимоги до них свідчать про грубе їх порушення при будівництві українських МГЕС.

Досвід країн ЄС демонструє важливість та можливість правильної організації безперешкодної міграції риб в руслі ріки для збереження її біорізноманіття.

Особливого значення рибозахисні та рибопропускні споруди мають при будівництві каскаду МГЕС, насамперед на гірських річках. Будівництво каскаду МГЕС передбачає будівництво гребель та організації водосховищ.

В таких випадках МГЕС у ЄС і світі будують, виходячи з мінімального водотоку річки, а решта напору і витрати води забезпечується водосховищем.

Однак в таких випадках річка матиме зарегульований характер із значними стрибками в ній рівня води. Це в свою чергу призводить до розмиття берегів, замулення, а також поступового зникнення окремих представників флори і фауни.

Для запобігання цього в процесі будівництва та експлуатації каскаду МГЕС необхідно проводити роботи щодо берегоукріплення, промивки наносів потоком води, яка скидається з водосховища, організації вільної міграції риб та забезпечення достатнього водотоку протягом року.

Однією з особливостей пригреблевих МГЕС, розташованих поодинокі чи в каскаді, є

можливість регулювати стік річки. Крім техніко-економічного значення (для регулювання виробництва електроенергії), регулювання стоку також має значення при сезонних паводках. В таких випадках тала або дощова вода, яка потрапляє у річку збирається у водосховищах, звідки поступово зливається в ріку, убезпечуючи тим самим потрапляння значних обсягів води у низов'я річки, попереджуючи тим самим затоплення.

Використання водосховищ в якості протипаводкових заходів можливо лише у випадках попереднього оцінювання можливої кількості опадів для визначення обсягу водосховища, з метою убезпечення ще гіршої ситуації, коли обсяг води, що накопичується у водосховищі перевищує його об'єм і значна кількість води одномоментно скидається у русло ріки. Крім того, при будівництві протипаводкових водосховищ, їх подальша експлуатація повинна здійснюватись з мінімальним обсягом води, для забезпечення максимального приймання води під час паводку.

На сьогоднішній день у розвинених країнах найбільш ефективними протипаводковими заходами є не будівництво водосховищ, а так звані організаційні заходи, серед яких видалення водоростей і рослинності з русла, очистка водойми від мулових відкладень і усунення великогабаритних затоплених предметів і сміття. Зазвичай, цих заходів достатньо для запобігання паводку малої і середньої інтенсивності. Якщо ж весняні повені є серйозною проблемою, то необхідно проведення днопоглиблювальних робіт, а також робіт з розширення русла ріки. Це найнадійніший метод збільшення пропускної здатності русла, а значить, паводкова вода буде вчасно йти з навколишніх водойм і територій, зводячи до мінімуму ризик нанесення збитку. В особливих випадках необхідний серйозний аналіз причин затоплення, і реалізація повного комплексу протипаводкових робіт, який включає будівництво водосховищ. Такий підхід є актуальним і для Карпатського регіону.

Деградація річкових екосистем і зникнення аборигенних видів риби в рівнинних річках України є результатом знищення заплавних лісів і будівництва гребель. Сьогодні в Україні незарегульованими залишилися тільки річки Карпат, тому саме тут залишилася велика частина аборигенних киснелюбивих видів риби, яка вимерла в рівнинних річках. Саме тому до третього видання Червоної книги України було внесено так багато видів з Карпатського регіону. Від стану гірських річок залежить також чисельність популяцій земноводних, які також занесені до Червоної книги.

На сьогоднішній день з проблемою негативного екологічного впливу малих ГЕС стикаються багато країн світу. Аналіз стану малої гідроенергетики країн світу показав, що основною причиною негативного впливу МГЕС на довкілля 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. У деяких країнах, до яких відноситься і Україна, законодавча база, яка регламентує роботу МГЕС або взагалі відсутня або є недосконалою.

Позитивного досвіду у вирішенні цих питань досягли держави ЄС, Грузія, Вірменія, Балканські держави. Однак і в цих країнах є ще багато проблем в гідроенергетиці, які потребують вирішення.

Зокрема досвід розвитку малої гідроенергетики в Вірменії показує¹²⁶, що хороша законодавча база - один з ключових чинників, здатних каталізувати процвітання видобутку енергії за допомогою малої води. Важливим кроком було створення карти гідропотенціалу країни і банку конкретних проектів під реалізацію. Оскільки після перемоги в тендері інвестор відразу приступає до будівництва малої ГЕС з готовим пакетом документів, термін окупності станції скорочується до 2-3 років. Завдяки таким крокам за останні п'ять років в Вірменії з'явилося більше 80 нових гідростанцій.

У деяких, в основному, 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. Наприклад, в Норвегії і Швеції економічний потенціал МГЕС практично повністю освоєний через новий закон, який зробив подальше освоєння потенційних створів нелегальним або економічно недоцільним¹²⁷.

Основним з обмежень при будівництві МГЕС, які впроваджуються у країнах ЄС є обмеження електричної потужності, яка обумовлюється не наявним або доступним до використання енергетичним потенціалом річки, а обґрунтованим з економічної та екологічної точки зору енергетичним потенціалом.

Екологічні обмеження потужності МГЕС обумовлені витратою води на турбіну та санітарним водотоком в річці. З таких міркувань обирається потужність турбіни МГЕС, яка в багатьох країнах Європи не перевищує 5 МВт.

Похідною потужності МГЕС має бути їх призначення. Як вже зазначалося, використання енергії води малих річок завжди мало локальний характер, для конкретного заводу чи населеного пункту, віддаленого від загальнодержавних електричних мереж.

В Україні МГЕС входять до складу загальної енергосистеми, але їх частка є дуже незначною (0,2 %). Тому мала енергетика України через її незначну питому вагу в

¹²⁶ Програма развития Организации Объединенных Наций Страна: Кыргызстан ПРООН-ГЭФ. Проект: РАЗВИТИЕ МАЛЫХ ГЭС. Разработка комплексных рекомендаций и предпочтений для застройщиков малых ГЭС. <http://www.creeed.net/wp-content/uploads/2013/06/Kazakova.pdf>.

¹²⁷ Организация Объединенных Наций по промышленному развитию (ЮНИДО) Доклад о мировом развитии малой гидроэнергетики 2016. http://www.smallhydropowerworld.org/fileadmin/user_upload/pdf/2016/WSHPDR_ES_Russian_final_01.pdf.

загальному енергобалансі не може істотно впливати на умови енергозабезпечення країни.

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. Зокрема, британська організація «Практична дія» впровадила МГЕС Тунг-Кабірі, в сільській місцевості в Кенії. Система, побудована місцевою громадою, генерує 18 кВт, що достатньо для будинків в радіусі 3 км. Вироблена електроенергія належить місцевій громаді¹²⁸.

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.

Розвиток української малої гідроенергетики повинен бути у законному руслі, в якому чітко прописані вимоги щодо¹²⁹:

1. Виділення особливо цінних річкових ділянок із законодавчим закріпленням природоохоронного статусу і заборони будівництва МГЕС на таких ділянках.
2. Виділення цінних річкових ділянок, на яких можливе будівництво лише екологічно найменш шкідливих МГЕС – наприклад, безгреблевих малих ГЕС природного стоку, а також заборона на повне перегородження русла річок будь-якими греблями або стінками.
3. Здійснення планування гідроенергетичного використання річок з урахуванням планів соціально-економічного розвитку територій, правового статусу земель.
4. Проведення якісної оцінки впливу на навколишнє середовище або обов'язкової державної екологічної експертизи проектів МГЕС, що базуватиметься на даних всебічних наукових досліджень.
5. Здійснення моніторингу впливу існуючих МГЕС на довкілля.
6. За умови погіршення екологічного стану річки або прилеглої території – для вжиття заходів для усунення негативного впливу МГЕС на довкілля як умови їх подальшої роботи; законодавчо закріплена можливість зносу МГЕС у випадку, якщо негативний вплив на довкілля не може бути усунений без такого зносу.

¹²⁸ CEE Bankwatch Network gratefully acknowledges EU funding support. Строительство малых гидроэлектростанций на Западных Балканах. <https://bankwatch.org/blog/stroitelstvo-malykh-gidroelektrostantsii-na-zapadnykh-balkanakh?lang=ru>

¹²⁹ Інформаційне агентство «Україна Комунальна». Чи є міні-ГЕС альтернативною енергетикою? <http://law.jkg-portal.com.ua/ua/publication/one/chomu-mn-ges-ne-je-alternativnoju-jenergetikoju-v-ukrajin-44309>

7. Виділення ділянок для будівництва МГЕС на підставі містобудівної документації, узгодженість їх з планами розвитку територій та рівний і конкурентний доступ до ділянок всіх суб'єктів господарювання (наприклад, на підставі аукціонів)
8. Надання переваги екологічно невиснажливим технологіям для освоєння гідроенергетичного потенціалу річок (наприклад, безгреблеві МГЕС природного стоку), які не мають негативного впливу на довкілля, притаманного дериваційним і греблевим малим ГЕС.
9. Оснащення малих, міні- та мікро-ГЕС капітального типу рибоходами, та/або іншими рибопропускними і рибозахисними спорудами і пристроями, здатними забезпечити міграцію всіх мігруючих аборигенних видів риб
10. Накладення мораторію на будівництво МГЕС до вироблення допустимих критеріїв і їх закріплення на законодавчому рівні.

Таким чином, твердження про те, що малі ГЕС є нешкідливими для довкілля, або якщо і мають негативний вплив, то мінімальний, справедливо тільки для МГЕС побудованих із жорстким дотриманням норм і правил, які б враховували як технологічні, так і соціально-економічні і насамперед екологічні вимоги.

Бібліографія

1. Регулирование речного стока: учебное пособие/О.Г. Савичев, С.Ю. Краснощёков, Н.Г. Наливайко; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009. – 114 с.
2. The British Hydropower Association. A GUIDE TO UK MINI-HYDRO DEVELOPMENTS.
3. Станкевич-Волосянчук О. І., Лукша О. В. СТОП масовому будівництву міні ГЕС у верхів'ї річок Карпат (хроніки та аналіз адвокаційної кампанії у Закарпатті) – Ужгород: Поліграфцентр «Ліра», 2013. – 84 с.
4. Сборник инновационных решений по сохранению биоразнообразия для гидроэнергетического сектора. Вторая редакция. Проект ПРООН/ГЭФ - Минприроды России "Задачи сохранения биоразнообразия в политике и программах развития энергетического сектора Росси.
5. А. М. Гаврилов. Основы учета стока на гидроэлектростанциях. Гидрометеорологическое издательство. Ленинград, 1965 г.
6. Технічний звіт з оцінки потенціалу відновлюваної енергетики в Україні: Малі ГЕС. ПРОГРАМА ФІНАНСУВАННЯ АЛЬТЕРНАТИВНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ В УКРАЇНІ (ПРОГРАМА USELF).
7. Гидроэлектростанции малой мощности. Учебное пособие/ Под ред. В.В. Елистратова. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2005. 432 с.
8. Волков И. М., Кононенко П. Ф., Федичкин И. К., Гидротехнические сооружения, М., Колос, 1968
9. Субботин А.С. Основы гидротехники. Гидрометеоиздат. Ленинград 1983 г.

ДОДАТКИ

Додаток А – Водосховища

Чималої уваги при будівництві ГЕС пригреблевого типу приділяється створенню водосховищ. Це пояснюється складністю їх будівництва та специфічними вимогами до їх експлуатації. Разом з цим, важливим аспектом при створенні та експлуатації водосховищ є їх вплив на довкілля, зокрема природне навколишнє середовище та людину.

Головною метою створення водосховищ є регулювання стоку для надійного водопостачання, іригації, гідроенергетики, водного транспорту і з метою боротьби з повеннями. Для цього в водоймищах акумулюється стік в одні періоди року, сезону, місяця, тижні, доби і за потреби віддається накопичена вода в інші періоди. Процес акумуляції стоку називається наповненням водосховища, а процес віддачі накопиченої води - його спрацювання.

Водосховища поділяють за характером ложа, типу його поповнення водою, географічним розташуванням, розташуванню в водному басейні, характеру регулювання стоку.

Основними параметрами водосховищ є:

1. Розміри - глибина, довжина, ширина, площа дзеркала води;
2. Характер регулювання - добове, тижневе, сезонне, річне і багаторічне з відповідними цим періодам рівнями води та кількість корисного об'єму;
3. Рівні води (Рис. А.1) – нормальний підпірний рівень (НПР), підтримка якого можлива найдовше (проектний рівень); форсований підпірний рівень (ФПР) - тимчасово допускається вище НПР, можливий в умовах аварійних та надзвичайних ситуацій, при якому не відбувається руйнування споруд гідровузла і не затоплюються важливі об'єкти; рівень мертвого об'єму (РМО), нижче якого водосховище не може підтримувати нормальних умов експлуатації;
4. Обсяги води - повний (обсяг нижче НПР), корисний (між НПР і РМО) і мертвий обсяг (нижче рівня РМО).

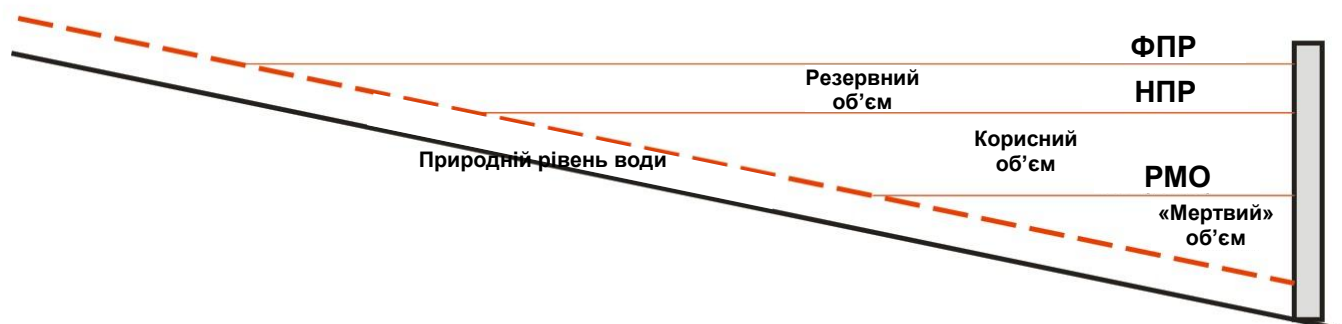


Рис. А.1 – Рівні води водосховища

Водосховища бувають двох основних типів:

1. Річкові або руслові, які розташовуються в долинах річок. Мають витягнуту форму, течія в них зазвичай стокова; водна маса за своїми характеристиками близька річковим водам. В умовах широких долин набувають ясно виражені риси штучних озер.

2. Озерні, для яких характерне формування водних мас, істотно відмінних за своїми фізичними властивостями від властивостей води припливу (або приток). Течії в цих водосховищах пов'язані найбільше з вітровим впливом на водну поверхню.

Створення водосховищ можливо:

1. На гірських річках з великими ухилами;
2. На рівнинних річках, коли затоплюються не тільки долини, а й вододільні простори і межиріччя. Тому озерні водосховища не мають чітко вираженої руслової форми і багаторазового перевищення довжини над максимальною шириною.

Основні характерні особливості водосховищ:

1. Зростання глибин у напрямку до греблі, виключаючи ті, до складу яких вже входять озера з великими глибинами;
2. Сповільнений водообмін і швидкості течії (в порівнянні з річкою);
3. Нестійкість деяких показників якості води та ряду особливостей гідрологічного режиму.

Особливості роботи водосховищ

При будівництві МГЕС греблевого типу (на гірських чи рівнинних ріках) для створення необхідного напору води та перепаду, а також запасу води, створюються водосховища.

Водосховища є об'єктами азональними, які можуть бути створені в будь-якій географічній зоні. Але особливості гідрологічного режиму водоймищ істотно залежать і від зональних чинників, в відповідно до яких виділяють рівнинні і гірські водойми.

Перші з них (рівнинні) характеризуються значною площею водного дзеркала і затоплення земель на одиницю об'єму і напору, невеликими максимальною (зазвичай не більше 25 м) і середньою (5-10 м) глибинами, щодо невеликої глибини спрацювання (2-7 м), великими вимірюванням площі дзеркала при коливаннях рівня, високою інтенсивністю переробки берегів і, як правило, комплексним використанням.

Гірські водосховища, навпаки, характеризуються відносно невеликою площею акваторії і затоплення земель, великими глибинами (нерідко більше 100-200 м), менш різкими, в порівнянні з рівнинними водосховищами, змінами площі дзеркала при спрацюванні, відсутністю значних вітрохвильової переробки та підтоплення берегів, складених водотривкими скельними породами, інтенсивним наповненням наносами

внаслідок значного стоку останніх.

Водосховища на рівнинних та гірських МГЕС характеризуються замулюванням або занесенням та втратою води, що вимагає певних правил їх експлуатації.

Водосховища є акумуляторами наносів. Відкладення дрібних наносів називається замулюванням, великих - занесенням. Якщо не вдається виділити дрібні і великі наноси, то загальний процес акумуляції наносів називається замулюванням.

В результаті замулення водосховища зменшується його ефективність, як регулятора стоку (внаслідок зменшення корисного об'єму), і відбувається додаткове затоплення земель.

Основним способом в боротьбі з замуленням є промивка наносів потоком води, яка скидається з водосховища. Також практикується залишати водосховище на зимовий період без води (з мінімальною кількістю), якщо в ній немає потреби.

Загалом рекомендуються наступні заходи запобігання замуленню:

- будівництво водосховищ не в основному руслі ріки, а в бічних балках;
- відведення паводка через бічний канал;
- облаштування на початку водосховища поперечних донних галерей;
- облаштування в греблі донних водоспусків;
- облаштування ставків в річках вище по течії;
- створення об'ємів для збору наносів;
- раціональний водний режим;
- агротехніка водозбору.

При експлуатації водосховища протягом сезонів та років відбувається втрата води внаслідок наступних основних причин:

- випаровування;
- фільтрація (під греблею, в обхід греблі);
- кригоутворення;
- шлюзування (для суднохідних річок).

Для запобігання втратам води з водосховища застосовують спеціальні конструктивні елементи при будівництві греблі.

При втратах води, її поповнення відбувається природнім шляхом (внаслідок опадів, танення снігів, криги).

Крім зазначеного, водосховища мають низку особливостей, зокрема:

1) водосховища зазнають значні зміни рівня води протягом року, але пов'язані ці коливання не з природними факторами, а з штучним регулюванням стоку - накопиченням і скиданням вод;

2) проточність вод призводить до меншого нагрівання води, ніж в озерах; дрібні водосховища замерзають раніше, а великі - пізніше, ніж річки, але і ті й інші розкриваються пізніше річок;

3) мінералізація вод водосховищ більше, ніж у річок, особливо в жаркому поясі, де велике випаровування;

4) у водосховищ відбувається інтенсивна деформація берегової зони вітровими хвилями, перетворення крутих берегів йде по абразійному типу, пологих - по акумулятивному;

5) інтенсивна акумуляція наносів призводить до замулення водосховищ: на гірських річках вони замулюються швидко - за десятки років внаслідок рясного стоку наносів, на рівнинних річках довше - за сотні років.

Основними перетвореннями, що виникають у водосховищі внаслідок дії техногенних факторів, є: зміна гідродинамічного режиму водного об'єкта (зміна амплітуди коливань рівня, швидкості і напрямку течій, параметрів вітрового хвилювання і ін.) внаслідок зміни режиму експлуатації водосховища і роботи ГЕС; зміна загального і локального гідрохімічного режиму в результаті скидів стічних вод; переформування ложа і берегів безпосередньо (в результаті будівництва інженерних і берегоукріплювальних споруд) і побічно (через зміну гідродинамічних умов). Крім того, зазначені зміни впливають на видовий склад і популяційної чисельність біоценозів.

Безумовно, створення водосховищ на річках пов'язано зі зміною природних умов, як в самій річковій системі, так і на прилеглих територіях. Вирішуючи багато водогосподарських проблем, водосховища породжують і нові: в першу чергу між метою їх створення та наслідками для навколишнього середовища.

До числа позитивних змін в природі і господарській діяльності відносяться: зменшення або повна ліквідація таких негативних природних явищ, як повені та маловоддя; перерозподіл стоку між сезонами і роками різної водності; поліпшення умов водопостачання промисловості та населення, особливо в маловодні роки і періоди, і низка інших.

Поряд з цим створення водосховищ спричиняє і ряд небажаних, зазвичай, неминучих порушень природного середовища, основними з яких є: руйнування берегів, розмив русла річки в нижньому б'єфі, підвищення рівня ґрунтових вод, перебудова фауни водойми. Однак ці процеси прогнозовані і пом'якшуються при проведенні відповідних заходів. Спрямованість, масштаб і глибина змін природного середовища визначаються насамперед морфометричними характеристиками водосховища, гідрометеорологічними і геолого-геоморфологічними умовами регіону.

Вимоги до режиму роботи гідроенергетичних об'єктів і їх водосховищ

Режим роботи гідроенергетичних об'єктів з водосховищами енергетичного призначення повинен забезпечити ефективне функціонування і узгодження часто суперечливих інтересів всіх учасників водогосподарського комплексу, включаючи водопостачання комунального господарства, промисловості, сільського господарства, зрошення, гідроенергетику, водний транспорт, рибне господарство, рекреацію, захист від повеней, охорону навколишнього середовища в зоні впливу водосховища і в нижньому б'єфі, на основі дотримання правил експлуатації.

При цьому в умовах природного припливу в водосховище слід оптимально розподілити водні ресурси в розрізі року для років різної забезпеченості, що особливо важливо для маловодних років, з огляду на сільськогосподарські, рибогосподарські, санітарно-екологічні та інші попуски в нижній б'єф.

На режим спрацювання і наповнення водосховища, зокрема на швидкість зміни рівнів, накладаються певні обмеження, пов'язані із забезпеченням надійної роботи споруд гідровузла і стійкості берегових схилів, умовами прояви наведеної сейсмічності, екологічними вимогами і ін. Робота ГЕС в нерівномірному режимі при регулюванні добового графіка навантаження енергосистеми обмежується умовами нижнього б'єфу. Ці обмеження можуть бути значно зменшені при роботі в умовах каскаду ГЕС або влаштуванні нижнього буферного водосховища з ГЕС, яка працює в базовому режимі.

У режимі роботи ГЕС і попусків в нижній б'єф в розрізі року враховуються сільськогосподарські, рибогосподарські, санітарно-екологічні та інші попуски для забезпечення обводнення заплавних земель, нерестовищ, підтримки стабільної екологічної обстановки, включаючи гирла річки, і нормальних умов життя населення. При цьому екологічне обґрунтування має стати основою для розробки режиму експлуатації.

На багатьох гідроенергетичних об'єктах захист від повеней долини річки нижче гідровузла є однією з найважливіших функцій, для чого передбачається в корисному об'ємі водосховища обсяг для регулювання паводків, який повинен бути спрацьований до сезону паводків.

При експлуатації водосховищ на особливу увагу і підготовку вимагає пропуск паводків через споруди гідровузла (близько 23% аварій на гідровузлах пов'язані саме з пропуском паводків), який передбачає наступні заходи та рішення:

- прогноз паводку;
- передпаводкове спрацювання, якщо воно передбачене правилами експлуатації;
- пропуск паводків через водоскидні споруди гідровузла і агрегати ГЕС

відповідно до регламенту;

- форсування рівня вище НПР при роботі всіх водоскидних отворів і агрегатів ГЕС в разі пропуску високих паводків з трансформацією їх водосховищем відповідно до регламенту, передбачених правилами експлуатації.

Протягом всього періоду експлуатації водосховища слід забезпечити підтримання належного експлуатаційного рівня природоохоронного комплексу. У нього входять водоохоронні заходи і відповідний режим в водоохоронній зоні, споруди інженерного захисту, заходи щодо запобігання забруднення стічними водами, щодо недопущення шкоди іхтіофауні та ін. В ряді випадків в процесі експлуатації ГЕС для недопущення негативних наслідків доводиться змінювати режим експлуатації, виконувати додаткові заходи, наприклад укріплення берегів на ділянках їх інтенсивної переробки, спорудження захисних дамб і ін.

Вимоги до режимів роботи водосховищ регламентуються СанПиН 3907-85 «Санитарные правила проектирования, строительства и эксплуатации водохранилищ», а саме:

- при водогосподарському розрахунку режиму роботи водосховища повинні бути забезпечені рівні і витрати води, що гарантують безперебійну роботу питних водозаборів, сприятливі умови культурно-побутового водокористування населення в верхньому і нижньому б'єсах, а також попередження утворення анофелогенних водойм;
- при комплексному використанні водосховищ створення необхідних санітарно-гігієнічних умов в нижніх б'єсах забезпечується спеціальними санітарними спусками. Величина мінімального санітарного попуску повинна бути не менше мінімальної середньодобової витрати водотоку в побутовому гідрологічному режимі літньої і зимової межени року 95% забезпеченості;
- у нижніх б'єсах каскаду водосховищ, в зв'язку з особливо складними гідрологічними умовами, величина мінімального санітарного попуску повинна забезпечувати швидкість течії не менше мінімальної, що мала місце до спорудження гідровузла;
- відсутність стокового течії в зоні нижнього б'єфу ГЕС – забороняється;
- у режимі попусків слід підтримувати максимально можливу рівномірність. Неприпустимі різки коливання рівнів і швидкостей течії в зоні нижнього б'єфу протягом доби.

В процесі експлуатації ГЕС з урахуванням введення в дію інших ГЕС каскаду, природних умов і вимог учасників водогосподарського комплексу, уточнень прогнозів

впливу гідроенергетичного об'єкта на навколишнє середовище на підставі даних натурних спостережень і рекомендацій моніторингу можуть вноситися зміни в правила і режими експлуатації.

У зв'язку з тим, що експлуатація водосховищ і ГЕС не є статичним процесом з урахуванням змін з часом пріоритетів в водокористування, законодавства, соціальної та економічної політики, вимог безпеки та ін., режим роботи та правила експлуатації повинні гнучко реагувати на мінливі умови і відповідати їм.

Практично термін служби великих ГЕС з водосховищами у багатьох випадках необмежений, вони визначають соціально-економічні умови життя цілих регіонів. Найважливішим завданням є забезпечення їх надійної роботи при тривалій експлуатації, для чого потрібні періодично реконструкція та ремонтні роботи.

При експлуатації технологічного обладнання гідроенергетичного об'єкта для недопущення негативних впливів на навколишнє природне середовище повинні використовуватися конструкції і системи, які практично виключають потрапляння в воду турбінного і трансформаторного масла через ущільнення в процесі роботи гідроагрегату, у випадку скидання водомасляної суміші в аварійній ситуації при гасінні пожежі на трансформаторі і ін.

Рациональне використання природних ресурсів водосховищ - водних, гідроенергетичних, біологічних, рекреаційних, мінеральних тощо, ґрунтується на комплексному використанні водосховищ для різних галузей економіки, соціальної сфери, охорони природного середовища. До основних напрямів підвищення ефективності використання ресурсів водосховищ комплексного призначення відносяться: оптимізація гідрологічного, гідрохімічного та гідробіологічного режимів, забезпечення якості води відповідно до нормативних вимог водокористувачів і водоспоживачів; рациональне використання берегової зони і мілководь; спрямоване формування та охорона екосистем; рибогосподарське освоєння з формуванням кормової бази, нерестовищ, зарибненням; підвищення корисної біопродуктивності.

Регулювання стоку

Регулювання стоку - це процес його перерозподілу водосховищем відповідно до вимог водогосподарського комплексу (енергетика, водопостачання, зрошення, судноплавство, боротьба з повеннями, рибне господарство тощо). Річковий стік акумулюється в водосховище в періоди, коли природний приплив води перевищує потреби в ній, і витрачається в періоди, коли потреба в воді перевищує приплив.

Період акумуляції річкового стоку називається наповненням водосховища, а період

віддачі наповненої води - спрацювання водосховища.

Розрізняють основні і спеціальні види регулювання стоку.

До основних видів регулювання стоку відносять: добове, тижневе, річне і багаторічне.

Добове регулювання призначене для забезпечення нерівномірної витрати води через агрегати ГЕС відповідно до вимог добових коливань навантаження енергосистеми обумовлене споживанням електроенергії при порівняно постійному протягом доби притоці води. При добовому регулюванні цикл регулювання становить одну добу і до кінця циклу рівень води у верхньому б'єфі повертається до вихідного положення - РМО. Рівень води в нижньому б'єфі буде відповідати витраті води в нижньому б'єфі. Завдяки добовому регулюванню в години малого навантаження ГЕС у верхньому б'єфі запасається надлишковий приплив, а в години підвищеного навантаження він спрацьовується. Якщо об'єм водосховища достатній для акумулювання всього надлишкового припливу, то цей весь приплив використовується для збільшення потужності ГЕС в порівнянні з потужністю ГЕС при тільки природному припливі.

Добове регулювання дозволяє підвищити участь ГЕС в покритті піків навантаження і забезпечити більш доцільний рівномірний режим роботи теплових і атомних електростанцій.

На режим добового регулювання ГЕС іноді накладаються обмеження неенергетичних учасників комплексного гідровузла (судноплавство, рибне господарство, водозабір в нижньому б'єфі тощо).

Тижневе регулювання забезпечує нерівномірне споживання води агрегатами ГЕС протягом тижня відповідно до вимоги тижневих коливань навантаження енергосистеми. У неробочі (вихідні та святкові дні) навантаження в енергосистемі падає. У цей період ГЕС може знизити свою потужність, а надлишок води акумулюється в водосховище. У робочі дні ГЕС може збільшити потужність завдяки спрацюванню раніше акумульованих в водосховище обсягів води.

При тижневому регулюванні режим роботи ГЕС зі збільшеною потужністю, зазвичай, не супроводжується збільшенням вироблення електроенергії. Вироблення електроенергії може збільшитися тільки в разі зменшення неенергетичних скидів води за рахунок ємності водосховища. На режим тижневого регулювання ГЕС можуть також накладатися обмеження неенергетичних учасників водогосподарського комплексу.

Річне регулювання дозволяє перерозподіляти стік води протягом року відповідно до потреб енергосистеми і водоспоживачів. Цикл регулювання дорівнює 1 року. У багатоводні періоди водосховище наповнюється, а в маловодні - спрацьовується. Для

проведення річного регулювання потрібно об'єм водосховища, що становить 5-10% середньорічного стоку при частковому (сезонному) і 40-60% при повному річному регулюванні.

Водосховище річного регулювання дозволяє здійснювати добове і тижневе регулювання.

Багаторічне регулювання призначене для збільшення витрати ГЕС і вироблення електроенергії в маловодні роки за рахунок стоку багатоводних років. При багаторічному регулюванні водосховище наповнюється протягом ряду багатоводних років і спрацьовується протягом маловодного періоду.

Особливістю багаторічного регулювання є мінливість тривалості циклу регулювання. При багаторічному регулюванні можливо збільшити гарантовану потужність ГЕС та вироблення електроенергії за рахунок скорочення або ліквідації неенергетичних скидів води.

Крім основних видів регулювання існують також спеціальні види, до яких відносяться:

- контррегулювання, або перерегулювання, витрат води, що надходить від вище розташованої ГЕС, вирівнює витрати води;
- трансформація паводків і повеней проводиться водосховищем з метою затримки пікової частини паводку і зменшення повені на річці нижче водосховища⁴
- аварійне використання водосховища ГЕС передбачає його спрацювання при аварії в електроенергетичній системі. В цьому випадку ГЕС приймає на себе додаткове навантаження до ліквідації аварії. Після ліквідації аварії в енергосистемі спрацьований обсяг відновлюється за рахунок зниження навантаження ГЕС або за рахунок найближчого за часом паводку.

У практиці проектування і експлуатації ГЕС розрахунки річного та багаторічного стоків проводяться, зазвичай, за диспетчерськими графіками, які представляють собою залежність витрати води від позначки верхнього б'єфу (або обсягу води у водосховищі) і часу.

Залежно від завдань, характеру і складу водоспоживачів застосовують різні види регулювання стоку, які класифікують за трьома основними ознаками: призначенням, тривалості і ступеня регулювання стоку.

За ступенем використання стоку розрізняють повне і неповне регулювання. При повному регулюванні використовується весь стік, і водосховище працює без скидання; при неповному - частина стоку не використовується і йде на скидання.

Каскадне регулювання стоку має місце, якщо водосховища розташовані послідовно у вигляді сходинок на одній річці.

З метою отримання гідроенергетичного ефекту від каскадного регулювання стоку, вираженого в підвищенні сумарної гарантованої (мінімальної) потужності або вироблення енергії по каскаду, при проектуванні застосовується компенсуюче регулювання. При цьому гідроенергетичний ефект компенсуючого каскадного регулювання стоку складається з двох складових: 1) ефекту за рахунок асинхронності стоку на різних річках басейну, що є результатом розбіжності фаз коливання стоку основної річки (річок) і її приток; 2) ефекту за рахунок компенсації бічної припливності і нестійкої енерговіддачі менш зарегульованої ГЕС на інших водотоках спусками з водосховищ-компенсаторів - власне ефект компенсуючого регулювання стоку.

Основним завданням розрахунку регулювання стоку високих повеней і літньо-осінніх паводків є визначення максимальних рівнів водосховища і максимальних витрат води в нижньому б'єфі. Регулювання повеней здійснюється обсягом водосховища, призначеним для щорічного обов'язкового спрацювання і наповнення, а саме: а) при сезонному регулюванні - повним корисним обсягом; б) при багаторічному - сезонною складовою корисного об'єму.

Додаток Б – Оцінка впливу малих ГЕС на довкілля

(Розділ підготовлено за матеріалами статті: МЕТОДИЧНІ ЗАСАДИ ОЦІНКИ ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ МАЛИХ ГІДРОЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ. О. М. Маценко, канд. екон. наук, доцент та ін.. Сумський державний університет. Режим доступу: http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?C21COM=2&I21DBN=UJRN&P21DBN=UJRN&IMAGE_FILE_DOWNLOAD=1&Image_file_name=PDF/VSU_ekon_2013_4_6.pdf)

Необхідною умовою реалізації проекту спорудження малої ГЕС є визначення коефіцієнту еколого-економічної ефективності функціонування МГЕС:

$$k_{ef} = \frac{D_{ен}}{B_{в.з.}} \geq 1$$

де

k_{ef} – коефіцієнт еколого-економічної ефективності функціонування МГЕС;

$D_{ен}$ – сумарний дохід від виробництва електроенергії за весь період функціонування малої гідроелектростанції, грн:

$B_{в.з.}$ – сумарні витрати на будівництво та експлуатацію гідроспоруд, а також витрати пов'язані з компенсацією збитків природним об'єктам та господарській діяльності, млн грн.

Сумарний дохід від виробництва електроенергії ($D_{ен}$) та сумарні витрати на будівництво та експлуатацію гідроспоруд ($B_{в.з.}$) визначаються за формулами:

$$D_{ен} = t_p \cdot (8760 - t_{пр}) \cdot P_{пот} \cdot k_{кпд} \cdot T_{зел},$$

та

$$B_{в.з.} = B_{буд} + B_{екс.} + B_{стр} + 3_{нф.з.д.},$$

де

$t_p=30$ – економічно доцільний період експлуатації гідроагрегатів, років;

$t_{пр}$ – кількість часу на рік, коли мала гідроелектростанція не працює через брак води, погодні умови чи через планові ремонти, годин;

$P_{пот}$ – встановлена сумарна потужність всіх гідроагрегатів малої ГЕС, кВт;

$k_{кпд}$ – коефіцієнт приведення до реальної потужності, що залежить від швидкості течії, зазвичай коливається в рамках 0,65-0,95;

$T_{зел}$ – ставка «зеленого» тарифу, грн/кВт год.

$B_{б\gamma\delta}$ – сумарні витрати на проведення проектно-вишукувальних робіт, дозвільних процедур та виконання будівельно-монтажних робіт, млн грн;

$B_{екс}$ – сумарні поточні витрати за весь період експлуатації гідроелектростанції на виконання планових та аварійних ремонтів, періодичне чищення русла, підготовку гідроспруд до зими та інше, млн грн;

$B_{стр}$ – витрати на страхування гідроспруд від прориву та затоплення об'єктів господарського призначення нижче за течією, млн грн;

$З_{пф.г.д}$ – збитки нанесені природному фонду та господарській діяльності функціонуванням малої гідроелектростанції, визначаються за формулою:

$$З_{пф.г.д} = З_{рек} + З_{риб}$$

$З_{рек}$ – збитки від погіршення чи знищення рекреаційної зони, визначаються за формулою:

$$З_{рек} = \sum_{i=1}^n З_p + P_n + P_a,$$

$З_p$ – збитки об'єкта рекреаційної зони та недоотриманий прибуток від рекреаційної діяльності внаслідок функціонування гідроспруд, млн грн;

i – кількість об'єктів рекреаційної зони;

P_n – витрати на відновлення ресурсів природного походження, млн грн;

P_a – витрати на відновлення ресурсів антропогенного походження, млн грн.

$З_{риб}$ – збитки рибному господарству, млн грн, визначаються за формулою:

$$З_{риб} = \sum_{i=1}^m (N_i \cdot B_i + \sum_{p=1}^5 N_p \cdot B_p),$$

де

N_i – прямі збитки рибному господарству від зменшення чисельності риби i -го виду в натуральному вираженні, т (од.);

B_i – вартість 1 т (од.) риби i -го виду;

N_1 – збитки від втрат потомства в натуральному виразі, т;

N_2 – збитки від загибелі кормових організмів для планктону в натуральному виразі, т;

N_3 – збитки від загибелі кормових організмів для бентосу в натуральному виразі, т;

N_4 – збитки від втрат нерестовищ в натуральному виразі, т;

N_5 – збитки від втрати потомства в натуральному виразі, т.

Додаток В – Рибопропускні та рибозагороджуючі пристрої

(Розділ підготовлено за матеріалами лекцій: Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева Гидролого-экологические аспекты рыбного хозяйства. Гидролого-экологические аспекты рыбного хозяйства на озерах, водохранилищах и реках. Рыбозащитные устройства. Рибопропускные шлюзы и рыбоподъемники. Лекция 8. Режим доступу: <http://www.ektu.kz/files/DistanceEducation/Resource/210479/%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%86%D0%B8%D1%8F%208%20%D1%80%D1%8B%D0%B1%D1%85%D0%BE%D0%B7.doc>)

Рибоходи являють собою лотки або невеликі канали, за якими з верхнього б'єфу в нижній тече вода, а в зворотному напрямку проти течії піднімається риба (або в обох напрямках). Для того, щоб риба могла долати зустрічну течію, швидкість руху води в лотку створюють в певних межах, перевірених дослідним шляхом.

Залежно від конструктивних особливостей рибоходи підрозділяються на лоткові, ставкові і сходові.

Лоткові рибоходи - це рибоходи з однаковою швидкістю течії по всьому перетину.

Це канали, жолоби, лотки в яких швидкість течії води залежить від їх довжини і різниці рівнів верхнього і нижнього б'єфів. Довжина таких рибоходів досягає кількох кілометрів і, щоб не робити їх занадто довгими, на їх верхньому кінці встановлюють шлюзи, що регулюють швидкість течії. Можна, також створити в каналі перешкоди, що уповільнюють проток води: встановлюють в шаховому порядку бетонні блоки, роблять почергові неповні перегородки від правого і лівого бортів, роблять шорсткувате бетонне дно, або засипають дно бруківкою.

Вільні лоткові рибоходи мають гладке (без штучної шорсткості) дно і стінки лотка і являють собою по суті швидкотоки (Рис. В.1) з ухілами не більше 0,05. Вільні рибоходи застосовують дуже рідко і тільки при невеликих гідровузлах з напором до 2 - 3 м.

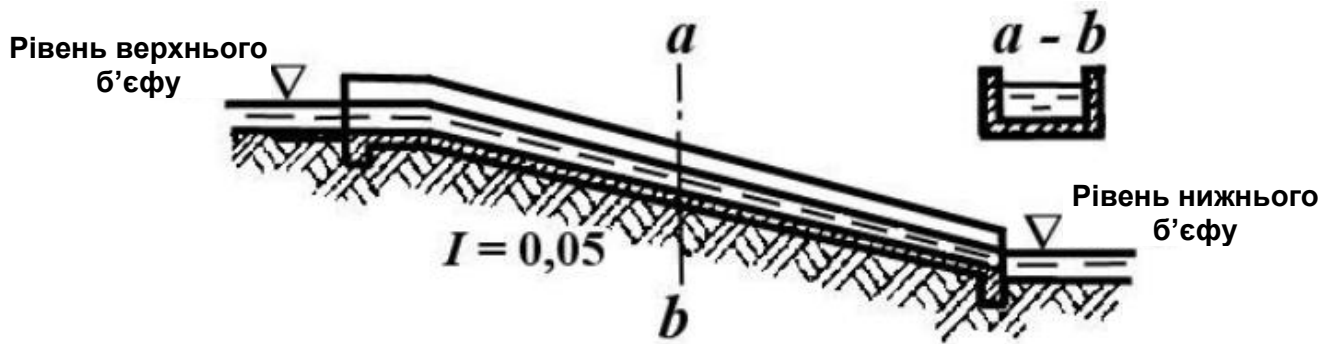


Рис. В.1 – Схема вільного лоткового рибоходу (без перегородок)

Лоткові рибоходи з неповними перегородками (Рис. В.2) дозволяють знизити швидкості течії води до 0,8 - 2,0 м/с. Такі рибоходи більш економічні, ніж вільні лоткові рибоходи, але бурхливий режим потоку з вирами викликає ушкодження риби при проходженні. Тому такі лотки застосовують теж рідко.

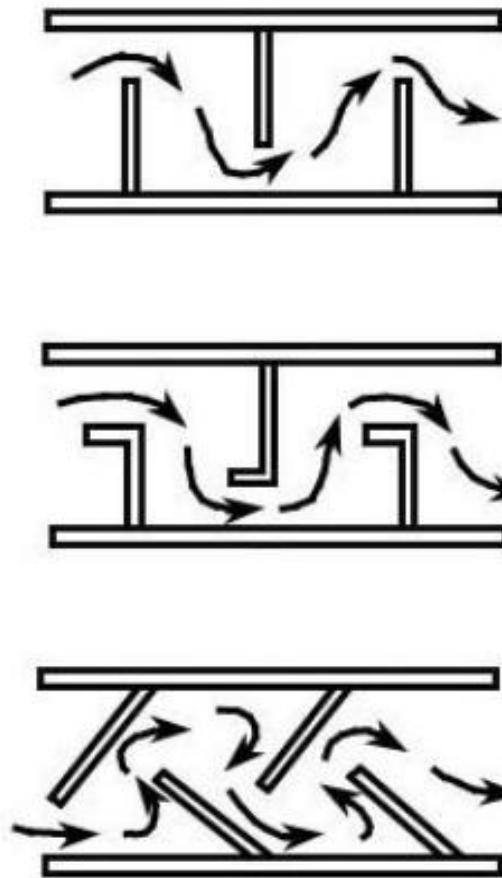
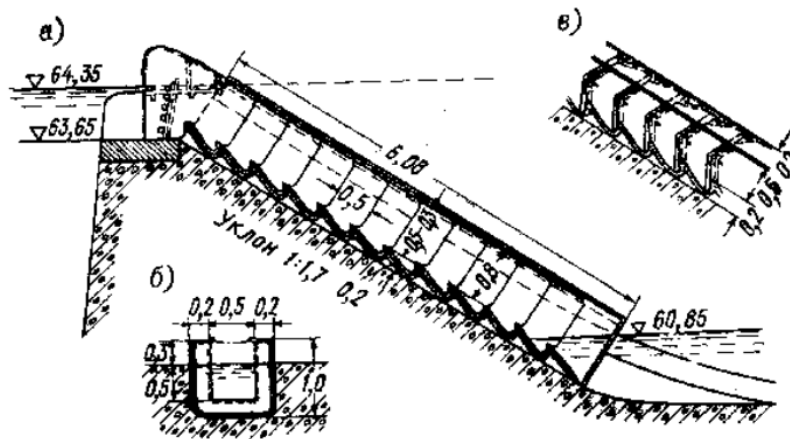


Рис. В.2 – Схеми лоткових рибоходів з неповними перегородками

Більш поширене застосування мають лотки з шорсткуватим бетонним дном (Рис. В.3 та рис. В.4).



а - поздовжній розріз; б - поперечний розріз; в - план
Рис. В.3 – Лотковий рибохід підвищеної шорсткості

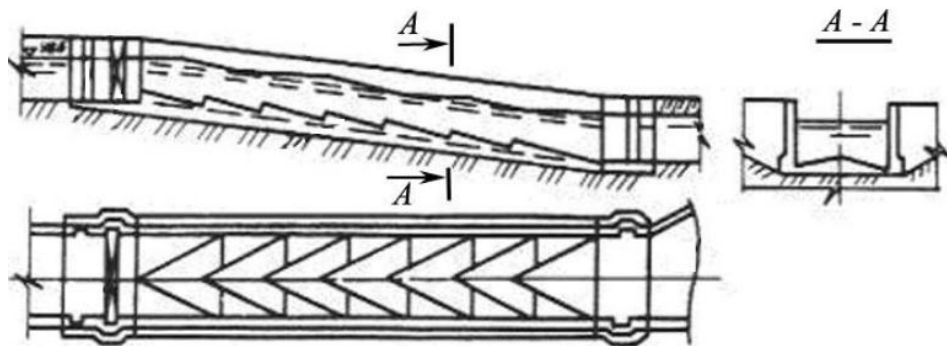


Рис. В.4 – Лотковий рибохід з шорсткістю у вигляді спеціальних зубів

Лоткові рибоходи підвищеної шорсткості виконують шляхом влаштування по дну та стін лотка порогів, укладання брусків. У таких рибоходах допускаються ухили в межах від 1:10 до 1:1,7 і напори до 5 - 7 м, проте середні швидкості води не перевищують 2 - 2,5 м/с.

Рибоходи з шорсткістю у вигляді спеціальних зубів, поширені за кордоном.

Рибоходи зі змінною швидкістю течії є ставкові і сходові рибоходи.

Ставкові рибоходи влаштовують в природному ґрунті берега в обхід греблі або по схилу земляної греблі (Рис. В.5). Вони являють собою ряд басейнів - ставків, з'єднаних між собою короткими каналами або лотками. Швидкість течії в каналах - висока, а в ставках - низька, і риби можуть в них відпочивати. Ставки роблять довжиною по 3 - 5 м і глибиною 0,6 - 0,8 м. Рівні води в суміжних ставках різняться на 0,5 - 1,5 м.

Ставкові рибоходи зазвичай працюють ефективно, так як в них створюються звичні для риби природні умови, і вона має можливість відпочивати в ставках. Однак для влаштування таких рибоходів необхідні відповідні ґрунти і рельєф берега, що обмежує їх застосування. Ставкові рибоходи дають можливість риbam долати напори

до 15 м (для лососевих риб).

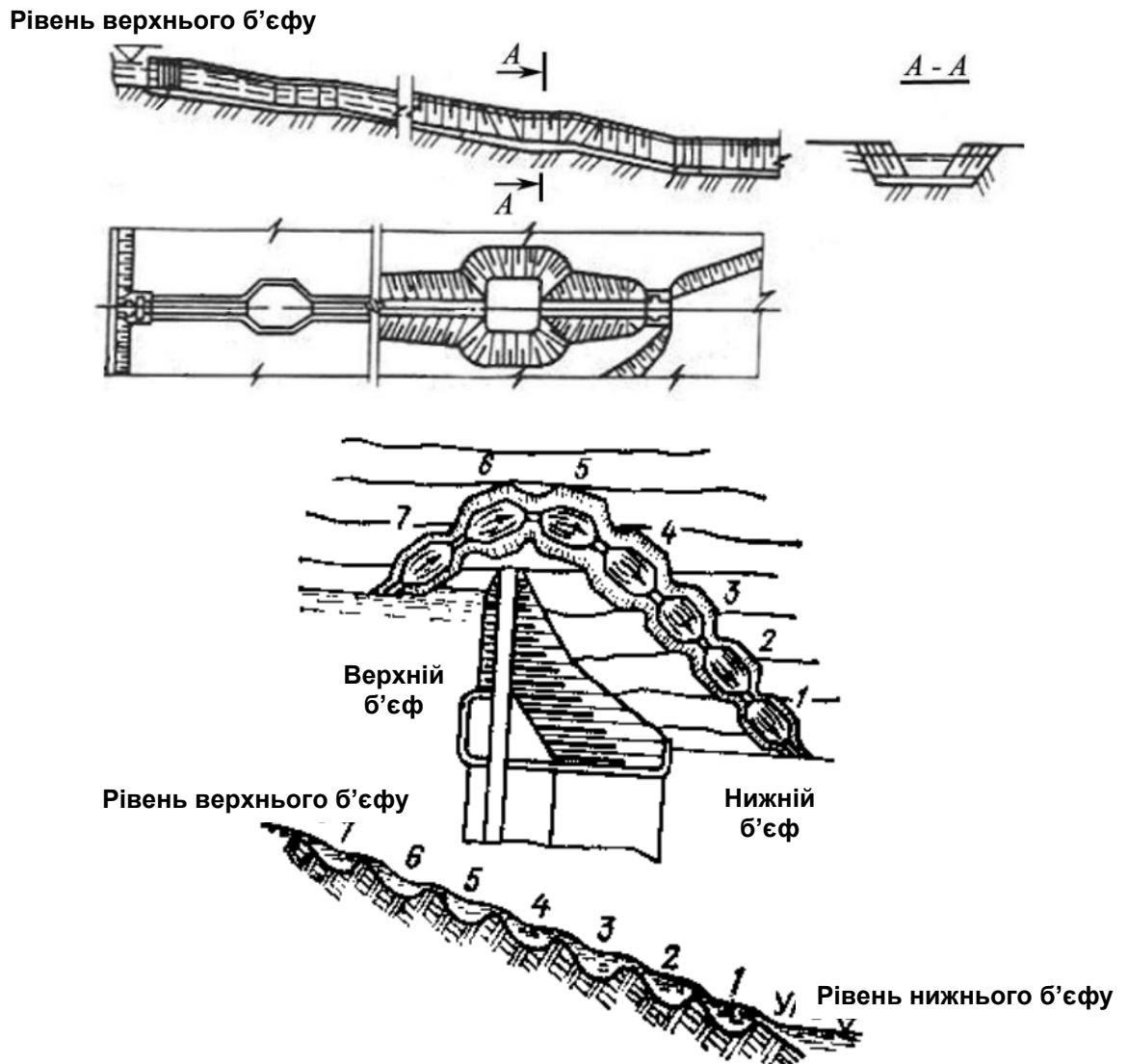


Рис. В.5 – Ставковий рибхід

Сходові рибоходи являють собою лотки із ступінчастим дном і з поперечними перегородками, в яких для проходу риби влаштовані впливні отвори (Рис. В.6). З метою кращого гасіння енергії потоку води впливні отвори розташовують (уздовж рибоходу) в шаховому порядку і в залежності від породи риб роблять поверхневими (наприклад, для оселедців) і донними (для осетрових риб).

Сходові рибоходи зазвичай мають по кілька маршів з висотою підйому 2,5 - 4 м в кожному, а між маршами для відпочинку риб влаштовують подовжені басейни. Побудовані рибоходи мають ухили від 1:7 до 1:12.

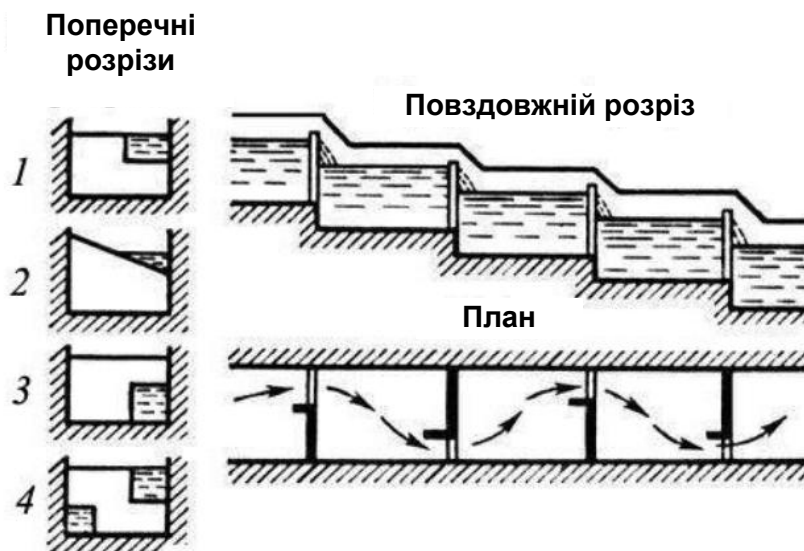


Рис. В.6 – Сходові рибоходи

З усіх існуючих типів рибоходів сходові є найбільш поширеними, придатними для різних порід риб. Їх будують на гідровузлах з напором до 30 м, застосовуючи різні матеріали; в них можна створювати звичні для риб природні умови річки, в тому числі і штучне освітлення. Тому сходові рибоходи (разом із ставковими) практично витіснили всі інші типи.

Приклади рибоходів різних типів наведено на рис. В.7.

Одним з яскравих прикладів будівництва сучасного рибоходу є рибоходи гідровузла малої ГЕС «Іффецхайм» на річці Рейн (Німеччина), який збудовано у 2001 р.

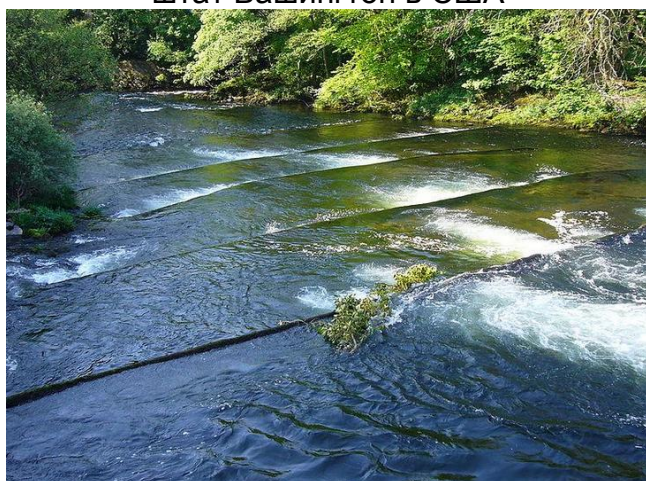
Сходовий рибохід (Рис. В.8) веде в обхід гідроелектростанції. Висота підйому лотка - 11 м. Лоток шириною 330 см з ухилом дна 1:15 на ділянці протяжністю близько 200 м розбитий на 37 басейнів довжиною по 4,5 м, з'єднаних один з одним вертикальними проходами. Площа кожного з басейнів 15 м^2 , глибина 1,5 м, а загальна довжина конструкції, включаючи вхід і вихід, становить 300 м. У лоток з верхнього б'єфу подається вода з постійною витратою $1,2 \text{ м}^3/\text{с}$. На нижній ділянці лоток впадає в квадратний басейн, куди також входить вода від малої ГЕС (потужністю 1,2 МВт) з витратою $11,8 \text{ м}^3/\text{с}$. З цього басейну в нижній б'єф ведуть три коротких лотка сходового рибоходу однакової конструкції з витратою води в кожному більш $4 \text{ м}^3/\text{с}$, що створює хороші умови для заманювання риби і її входу до рибоходу.



Рибохід ГЕС Джон Дей на річці Колумбія штат Вашингтон в США



Рибохід на річці Мейзе в Нідерландах



Нижня частина рибоходу на річці Дарт в Великобританії



Рибопропускні спорудження на ГЕС Коівукоскі, м. Котка, Фінляндія



Невеликий рибохід на річці Оттер в Великобританії



Рибохід для пропуску на нерест сьомги і горбуші на Нижньо-Тулумской ГЕС

Рис. В.7 – Приклади рибоходів різних типів

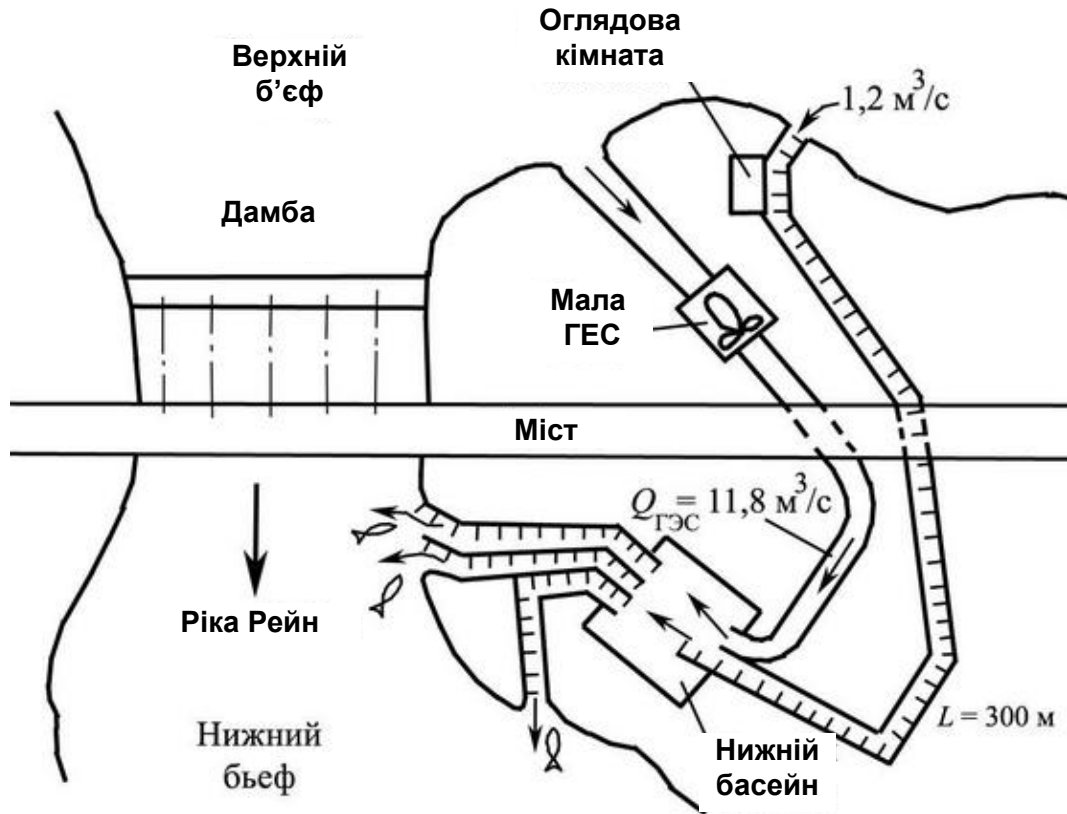


Рис. В.8 – Схематичний план рибоходу гідровузла «Іффецхайм» на річці Рейн (Німеччина)

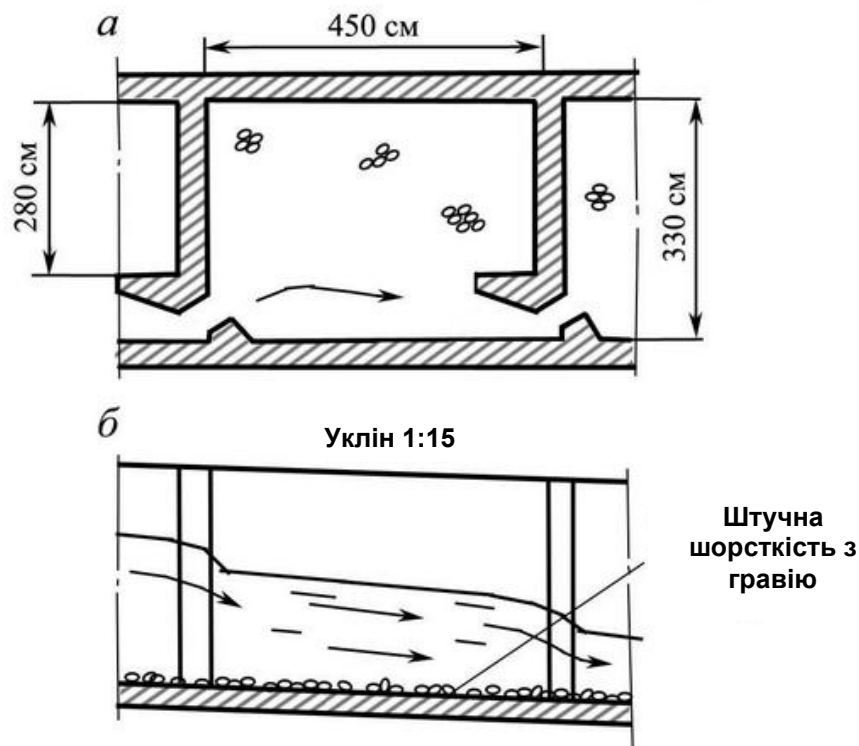
Недоліком більшості рибопропускних споруд, як уже зазначалося, є саме малі «спонукальні» витрати води, що ускладнює знаходження рибою «потрібного» струменя в нижньому б'єфі, особливо коли працює ГЕС.

На рибороді гідровузла Іффецхайм в Німеччині зроблена оглядова кімната, а також пастка на виході з лотка в верхній б'єф для спостережень, підрахунку риби і дослідницьких цілей. Спеціальні відеокамери спостерігають за поведінкою риби і ведуть рахунок поглов'я.

Рибохід аналогічної конструкції введений в експлуатацію на гідровузлі Габсхайм (Франція) на річці Рейн в 2002 році.

Крім рибоходів також застосовуються рибопропускні шлюзи, які за принципом роботи схожі з судноплавними шлюзами, а також рибопідйомники, які здійснюють підйом риби в пересувній наповненій водою камері або в спеціальній сітці.

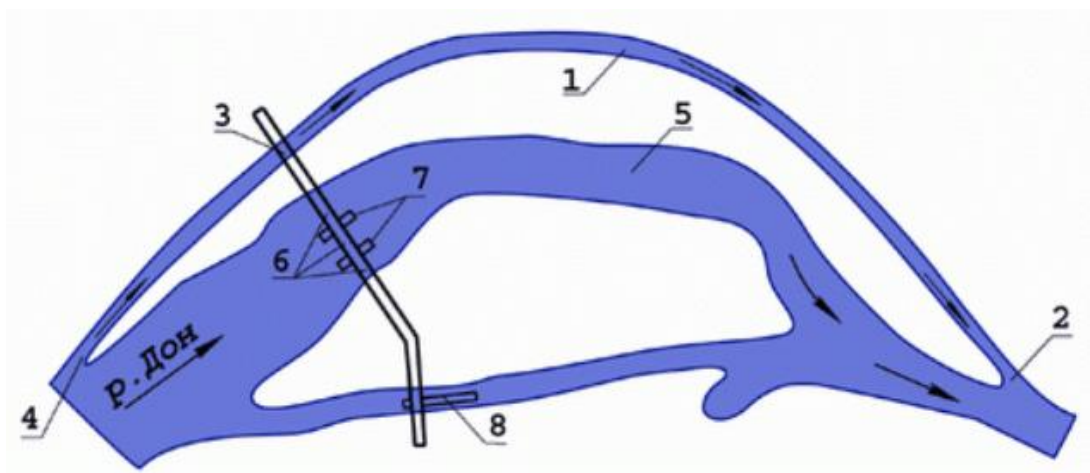
Такі рибопропускні заходи мають місце на великих ГЕС, розташованих на великих рівнинних ріках.



а - план секції лотка; б - поздовжній розріз

Рис. В.9 – Конструкція лотка рибоходу «Іффецхайм»:

Останніми роками як на великих, так і на малих ГЕС застосовують обвідні канали (Рис. В.10).



1 - рибохідно-нерестовий канал; 2 - вхідний оголовок; 3 - головний регулятор (шлюз-регулятор); 4 - вихідний оголовок; 5 - річка; 6 - водоскидна гребля; 7 - рибопропускний шлюз; 8 - транспортний і швидкісний пасажирський судноплавні шлюзи

Рис. В.10 – Рибохідно-нерестовий канал на великій ГЕС

Пропуск дорослої риби в нижній б'єф після нересту, а також молоді може відбуватися:

- через водозливи гребель (при тиску до декількох десятків метрів);
- через турбіни поворотні, пропелерні і радіально-осьові - тільки при великих діаметрах робочого колеса, малій швидкості обертання, великих зазорах між робочим колесом і напрямним апаратом, при тиску до 20 - 30 м;
- через рибоходи, але в зворотному напрямку.

Для направлення риби до входу в рибопропускні спорудження в нижньому б'єфі застосовують **направляючі і загороджувальні пристрої** (Рис. В.11, а). Вони являють собою тенета або решітки, розташовані під кутом до напрямку течії води, причому їх верхній кінець розташовують біля входу у рибохід, а у нижнього кінця залишають конічної форми отвір, через який риба, яка рухається вгору пройти не може, а риба, яка пливе до низу проходить вільно.

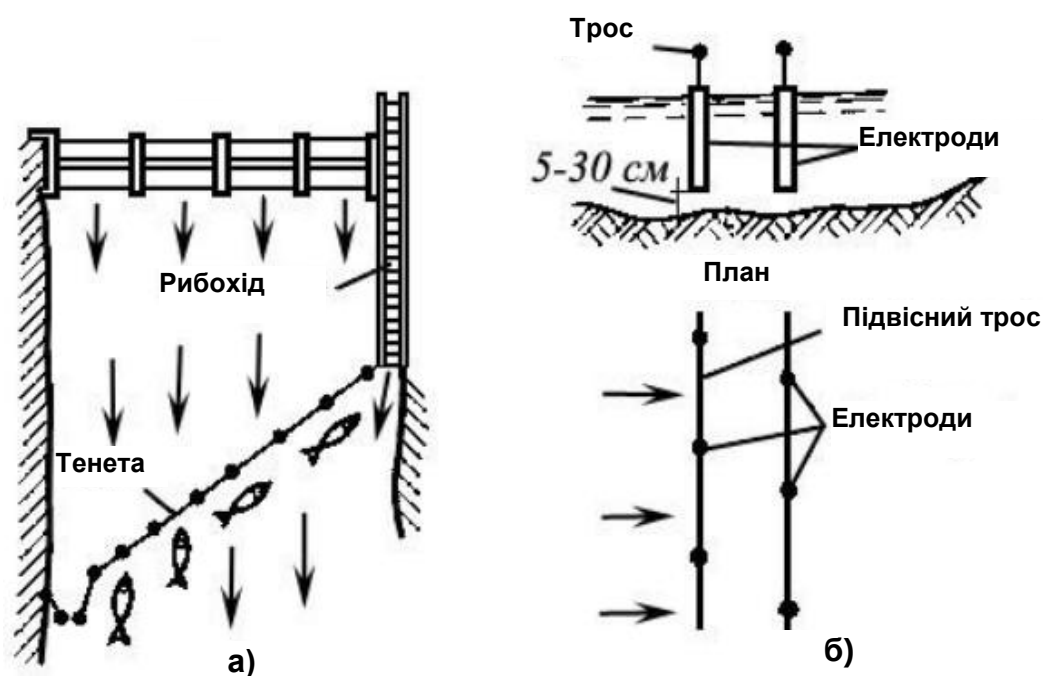
Тенета роблять з оцинкованого або мідного дроту діаметром 1,5 - 2,0 мм або з капрону і підвішують їх на поплавцях.

Недоліком тенет і решіток є те, що вони потребують постійного очищення від сміття, інакше створюється певний, небажаний, підпір гідроелектростанції знизу. Цього недоліку теоретично не мають електрозагороджувальні пристрої, що складаються з вертикальних електродів - труб, підвішених до сталевих канатів в два ряди (Рис. В.11, б). При пропуску електричного струму між електродами створюється електричне поле, в якому риба відчуває роздратування і пройти його не може. Є й інші конструктивні рішення електрозагороджувальних пристроїв.

У верхньому б'єфі для загородження входу рибі в водозабірні споруди застосовують такі ж пристрої, як і в нижньому б'єфі.

Забезпечення інтенсивного пропуску риби з нижнього б'єфу в верхній багато в чому залежить від вдалого розташування рибопропускної споруди в тілі греблі і від його розмірів. Розміри рибопропускних споруд залежить від напору, створеного греблею, рельєфу місцевості в створі греблі і конструктивних рішень всього комплексу споруд, що входять до складу гідротехнічного вузла.

Вибір типу рибопропускної споруди залежить від напору гідротехнічного вузла, в якому передбачається її будівництво, а також виду та кількості риби, яка повинна бути пропущена через рибопропускні спорудження з нижнього б'єфу в верхній та в зворотному напрямку.



а - схема розташування направляючих тенет; б - електрозагороджувальні пристрої

Рис. В.11 – Направляючі і загороджувальні пристрої для риби

На гідротехнічних вузлах для малих ГЕС з напором до 30 м рекомендується застосовувати рибоходи сходового типу, при великих напорах краще влаштовувати рибопідйомники і рибопропускні шлюзи, так як сходові рибоходи матимуть великі розміри і, отже, дорого коштуватимуть.

Для пропуску лососевих риб придатні рибоходи, в яких створюються умови, близькі до природних. Для пропуску осетрових і оселедцевих риб краще застосовувати рибопідйомники і рибопропускні шлюзи, так як великим осетровим риbam важко підніматися по рибоходу і долати швидкість у впливних отворах до 2 м/с; оселедцеві ж риби, які згуртовуються на нерест в великих кількостях, будуть травмуватися в вузьких рибоходах.

Для ефективної роботи рибопропускних споруд, крім їх конструктивних якостей, дуже важливе значення має правильне розташування їх у водотоці відносно берегів і споруд в гідровузлі, а також належне розміщення спрямовуючих і загороджувальних пристроїв.

Необхідно, перш за все, щоб вхід в рибопропускний пристрій був розташований в зоні помітного свіжого струменя води, що надходить з верхнього б'єфу. Для цього потрібно пропускати достатні витрати води, але з доступними для риби швидкостями поблизу входу. Вхід розташовують зазвичай на відстані не менше 10 - 30 м від

рісберми (укріплена ділянка дна водотоку в нижньому б'єфі) водозливної греблі. Від будівлі гідроелектростанції ця відстань може бути трохи менше (в залежності від швидкостей потоку, що виходить з відсмоктуючих труб).

Краще розташовувати вхід на ділянці природного русла, а не в зоні затоплених берегів. Бажано перед входом споруджувати дамби або інші пристрої, що направляють рибу до входу. З входу в рибопропускні споруди повинна виходити ламінарний струмінь з оптимальною швидкістю для даного виду риби (що повертає потік).

Входи в рибопропускні споруди працюють добре, якщо вони відкриті зверху і мають природне освітлення або добре освітлені лампами денного світла.

Додаток Г – Гідротехнічні споруди fish-friendly

Дружні до риби (fish-friendly) турбіни відрізняються особливістю геометрії з осьовим напрямком потоку, які покращують прохід риби, а також сприятливі гідродинамічні параметри для того, щоб забезпечити потрібний тиск води при проходженні риби через турбіну і при цьому мінімізувати її контакт з компонентами обладнання.

Лопаті такої турбіни типу Каплан мають вдосконалену форму, що дозволяє оптимізувати розподіл тиску. В результаті риба майже не стикається з лопатями і не створюється небезпечних для неї перепадів тиску. Всі ці фактори суттєво сприяють збільшенню виживаності риб: 95 - 96% риби проходить такі турбіни без пошкоджень¹³⁰.

Такі гідротурбіни мають конструкцію робочих колес з лопатями S-образного типу і нижнім розташуванням сервомотора¹³¹. Така конструкція робить турбіни «рибопропускними», що дозволяє значно скоротити пошкодження і загибелі риби під час її проходження через турбіни. Крім того, конструкція таких гідротурбін повністю виключає попадання машинного масла в воду.

Також, останнім часом знаходять застосування гідротурбіни fish-friendly типу Френсіс, лопаті яких мають спеціальну конструкцію, яка мінімізує швидкість руху води та тиск. Це забезпечує виживання риби при проходженні таких турбін від 98 до 100 %.

Гідротурбіни fish-friendly типів Каплан та Френсіс наведені на рис. Г.1 та Г.2.

На поточний час виробником таких fish-friendly турбін типу Каплан та Френсіс є австрійська компанія «Фойт Хайдро» (Voith Hydro), яка є найбільшим постачальником екологічно чистого гідроенергетичного обладнання і світовим лідером в проектуванні і будівництві гідроелектростанцій.

Німецький машинобудівний концерн Voith, крім іншої продукції машинобудування, є також лідером у світі з виробництва сучасного гідроенергетичного обладнання та має дочірні компанії в багатьох країнах світу. Зокрема, австрійська компанія Kössler («Кесслер») GmbH & Co KG, 100% дочірня компанія підприємства Voith Hydro, є одним з європейських лідерів ринку в області малої гідроенергетики з широким асортиментом продукції.

¹³⁰ «Энергия без границ». ГЭС, которые нравятся рыбе. <http://peretok.ru/articles/freezone/17517/>

¹³¹ Электромаш. Гидроэнергетика и двигателестроение России привлекают крупных иностранных игроков. http://www.elmash.net/company/blog/?ELEMENT_ID=1074&bxajaxid=57d9f50f9848b9091ab79486e82ea453

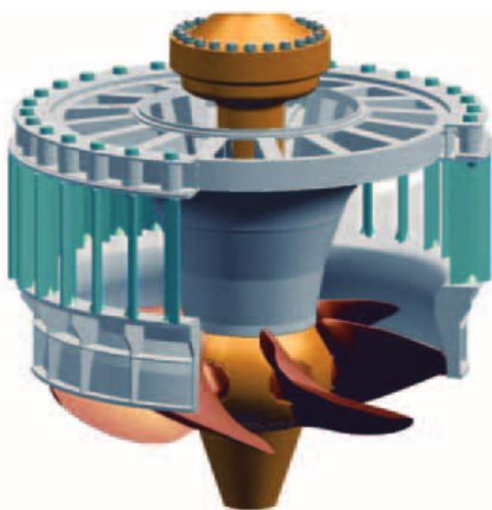


Рис. Г.1 – Гідротурбіна fish-friendly
типу Каплан¹³²



Рис. Г.2 – Гідротурбіна fish-friendly
типу Френсіс¹³³

Kössler є компетентним комплексним постачальником малих гідроелектростанцій та електромеханічного обладнання під ключ і гідравлічних сталевих конструкцій.

Розроблений компанією Voith Hydro гідроагрегат StreamDiver™ поєднує в собі вимоги до економіки та екології. Інноваційна технічна концепція StreamDiver™ забезпечує мінімальне технічне обслуговування та експлуатаційні витрати. Він може бути встановлений безпосередньо в систему водозливу, а тому технологія будівництва та периферійного обладнання може бути зведена до мінімуму¹³⁴.

StreamDiver™ (Рис. Г.3) являє собою компакту турбіну в блоці, який може бути використаний для модульних розширень в якості мінімального потоку турбіни. Діапазон потужності від 60 кВт до 600 кВт з висотою скидання від 2 м до 6 м та швидкості потоку між 2,4 м³/с і 16 м³/с. Регулювання потоку відбувається шляхом включення та виключення окремих турбін.

Крім економічних аспектів, розвиток StreamDiver™ фокусує увагу на екологічних питаннях. Наприклад, для змащення підшипників турбіни використовується вода. В результаті, компактна турбіна може працювати без будь-якого мастила, яке є потенційним забруднювачем води.

¹³² Francis and Kaplan Turbines. <https://www.htl-kapfenberg.ac.at/zeitung/2003/Francis.htm>

¹³³ Hydro World. Development Status of the Alden "Fish-Friendly" Turbine.

<https://www.hydroworld.com/articles/hr/print/volume-32/issue-2/articles/development-status-of-the-alden--fish-friendly--turbine.html>

¹³⁴ Voith has developed an innovative, reliable, and eco-friendly turbine – the StreamDiver™. <http://voith.com/corp-en/hydropower-components/streamdiver.html>



Рис. Г.3 – Гідроагрегат StreamDiver™ компанії Voith Hydro¹³⁵

Розроблена американською дослідницькою лабораторією Voith Hydro турбіна Alden має значно вищі показники виживаності риби (98-100 %) після проходження через турбіну, ніж звичайні конструкції турбін. Завдяки цій технології, популяція риби залишається стабільною, бо турбіна Alden обертається повільніше, ніж звичайні турбіни та має тільки три лопаті ротора, форма яких зводить до мінімуму зусилля зсуву, швидкості зміни тиску та мінімальний тиск у водовід (Рис. Г.4).

Турбіна Alden призначена для мінімізації пошкодження риби шляхом зменшення або усунення у конструкції турбіни елементів, які спричиняють ці пошкодження.

Альтернативою турбіни Alden є інша розробка Voith Hydro – чисті рибні турбіни Карлана (Каплана). Доведено, що виживають майже 100 % всіх риб, що проходить через таку турбіну. Крім того, ця технологія також забезпечує, що турбіна працює більш ефективно, ніж у випадку зі звичайними турбінами¹³⁶.

¹³⁵ <http://voith.com/corp-en/hydropower-components/streamdiver.html>

¹³⁶ https://voith.com/corp-en/VH_Product_Brochure_Fish-friendly-turbines_Going-with-the-flow_13_vvk_t3378e_en.pdf

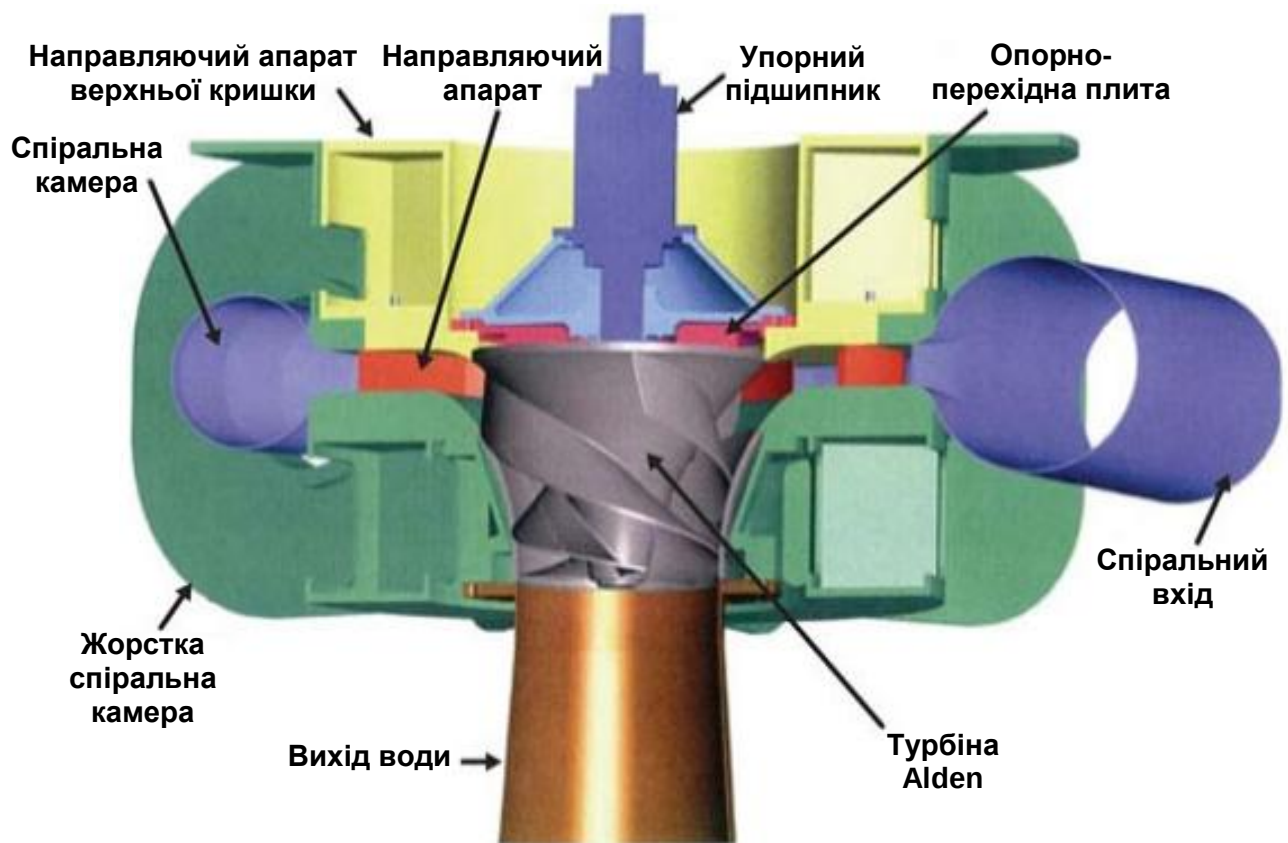


Рис. Г.4 – Гідротурбіна fish-friendly типу Alden¹³⁷

Гідроагрегати з турбінами StreamDiver™ можуть бути встановлені у МГЕС як вертикально, так і горизонтально (Рис. Г.5).



Рис. Г.5 – Вертикальне та горизонтальне розташування гідротурбін StreamDiver™¹³⁸

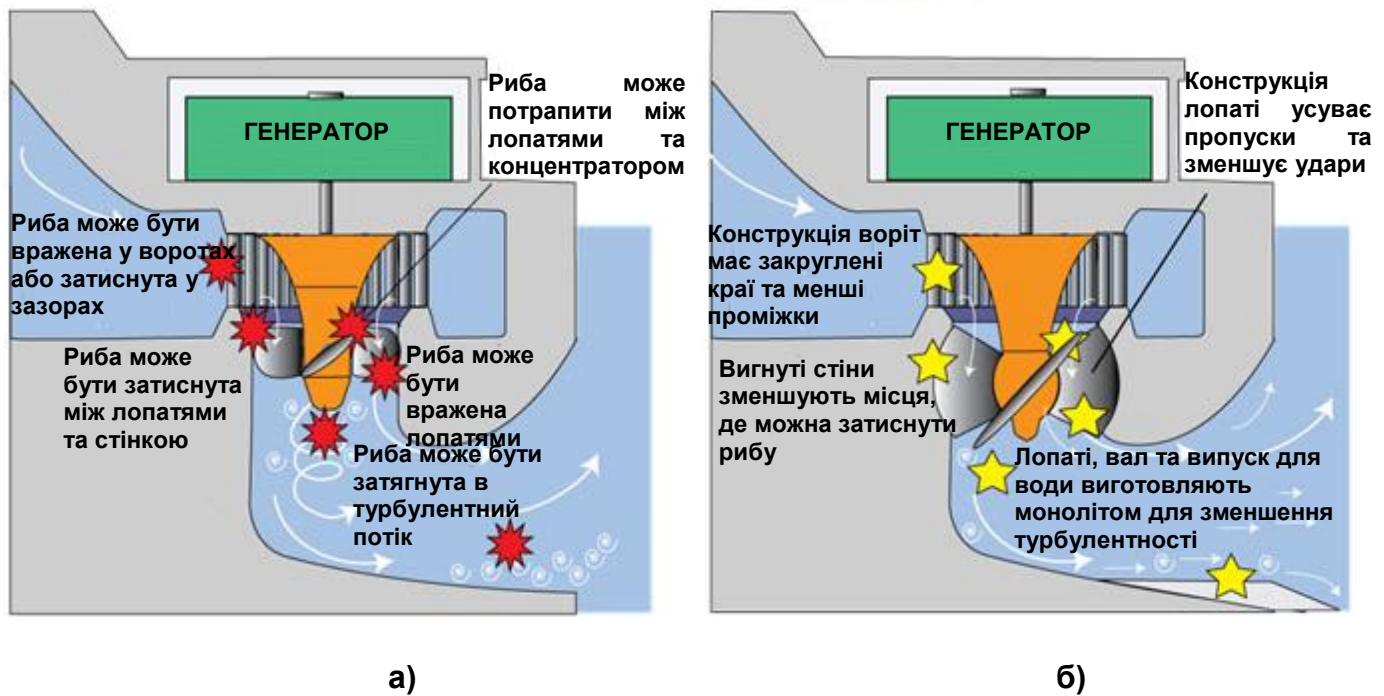
¹³⁷ Hydro World. Determining the Best Methods for Reducing Fish Mortality.

<https://www.hydroworld.com/articles/print/volume-19/issue-4/articles/fish-passage/determining-the-best-methods-for-reducing.html>

¹³⁸ <http://voith.com/corp-en/hydropower-components/streamdiver.html>

Крім гідротурбін, які забезпечують рибу при її проходженні крізь турбіну, також застосовуються гідротурбіни, які унеможливають таке проходження. В конструкції таких турбін передбачені елементи, які перешкоджають потраплянню риби до турбіни.

На рисунку Г.6 наведено порівняння звичайної гідротурбіни із турбіною fish-friendly.



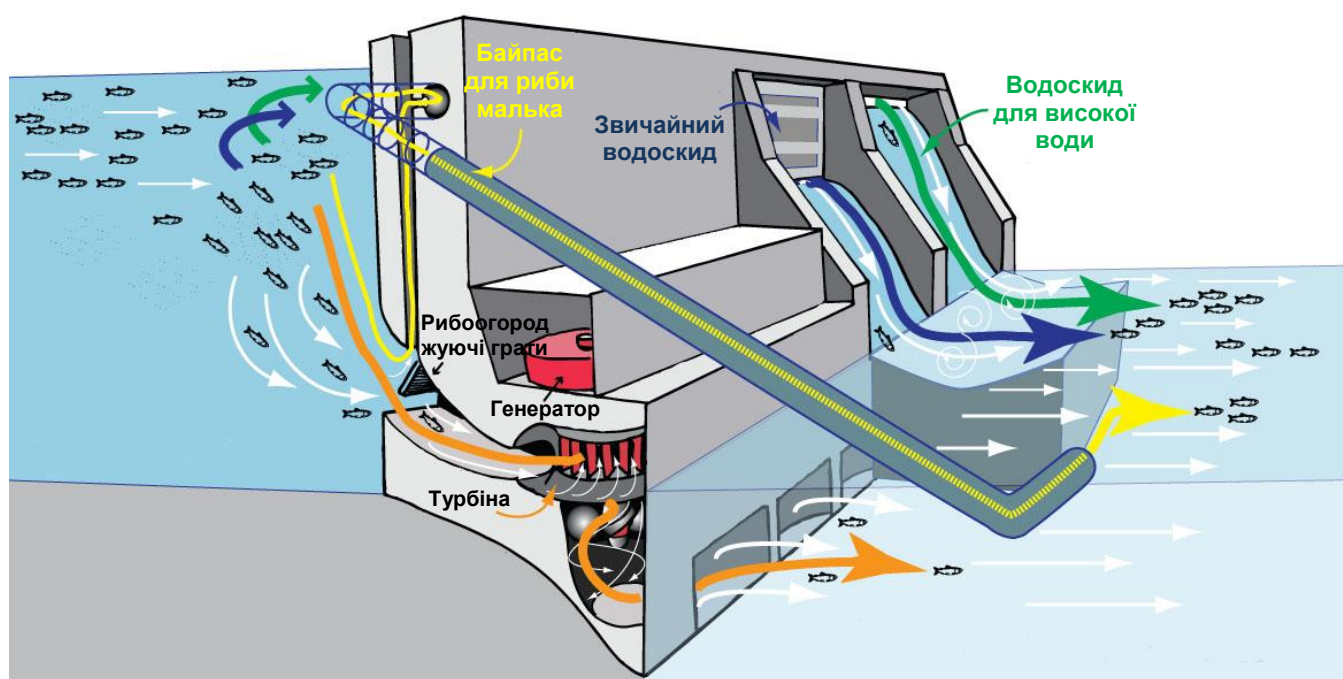
а) звичайні гідротурбіни, б) fish-friendly турбіни

Рис. Г.6 – Конструктивні особливості звичайних гідротурбін та fish-friendly турбін¹³⁹

При використанні турбін, які унеможливають потрапляння риби до їх конструктивних елементів, також застосовуються спеціальні конструктивні елементи у греблях, які направляють рибу в обхід турбіни.

Будівництво таких гребель вимагає додаткових затрат, адже в їх конструкції передбачаються спеціальні байпаси для малька, рибоогороджуючі ґрати, тощо (Рис. Г.7).

¹³⁹ Fish Friendly Technology. <https://sites.google.com/site/betasaveourdams/fish-friendly-technology>

Рис. Г.7 – Гребля з рибозахисними елементами¹⁴⁰

Крім вдосконалення конструкцій традиційних гідравлічних турбін, останнім часом розробляються та знаходять широке застосування спеціальні турбіни, які не мають негативного впливу на рибу, при її потраплянні до конструктивних елементів турбіни.

Однією з таких турбін є шнекові турбіни (Рис. Г.8).

Шнекова турбіна – це гідродинамічна турбіна, яка використовується для передачі потенційної енергії водного потоку в обертальний рух власне турбіни для вироблення електроенергії, по використанню схожа з водним колесом, але з набагато більш високою ефективністю. Турбіна складається з ротора в формі гвинта Архімеда, який обертається в напівкруглому жолобі. Вода тече в жолобі і своєю вагою тисне на лопаті турбіни, яка, в свою чергу, змушує обертатися електрогенератор. Вода витікає вільно з кінця турбіни в річку. Верхній кінець гвинта з'єднаний з електрогенератором через редуктор.

Шнекова турбіна застосовується на річках з відносно низьким перепадом рівня (від 1 м до 10 м) і з низькою витратою води (до приблизно 10 м³/сек. на одну турбіну)¹⁴¹. Завдяки унікальній конструкції і повільного руху лопатей, турбіна вважається безпечною для водної дикої природи, зокрема для риб. Шнекові турбіни можуть бути використані на різних гідроелектричних станціях, де є жорстка вимога до обладнання щодо охорони навколишнього середовища і дикої природи.

¹⁴⁰ NOAA Fisheries Service. About Juvenile Passage Routes.

http://www.westcoast.fisheries.noaa.gov/fish_passage/about_dams_and_fish/about_juvenile_passage_routes.html

¹⁴¹ ЧУП "Профи-Агропарк". Шнековая турбина Архимеда. <https://profi-agropark.deal.by/p5479325-mini-ges.html>

Схема та зовнішній вигляд шнекової турбіни наведено на рис. Г.8 та Г.9 відповідно.

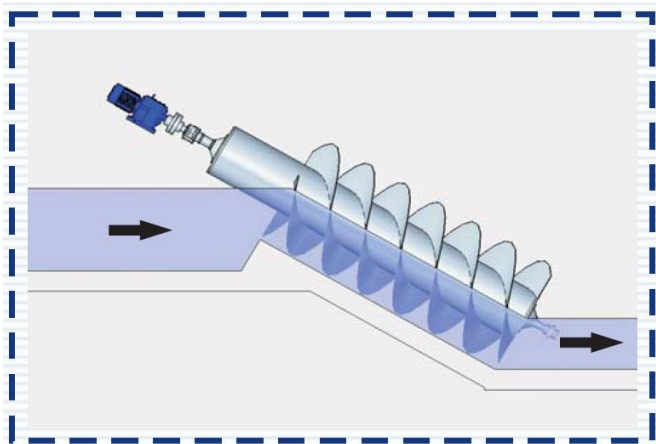


Рис. Г.8 – Схема шнекової турбіни¹⁴²



Рис. Г.9 – Зовнішній вигляд шнекової турбіни¹⁴³

Шнекова турбіна має такі переваги¹⁴³:

- проектний термін експлуатації гідроелектростанції становить не менше 30 років! За умови капітального ремонту шнека ГЕС може прослужити необмежений час;
- великі розміри гвинта і повільна швидкість його обертання дозволяють риbam і великому сміттю без шкоди для електростанції безперешкодно подолати ГЕС. На відміну від інших малонапірних ГЕС не потрібно установки системи очищення води, що подається;
- оскільки риба з легкістю і без шкоди для себе долає таку турбіну, такі ГЕС вважаються екологічно безпечними поновлюваними джерелами енергії;
- оскільки шнекова турбіна не має зливу і відстійників, а на вихідній стороні турбіни досить лише незначного бетонування, вартість будівництва малої ГЕС обходиться досить дешево.

Зовнішній вигляд МГЕС зі шнековою турбіною наведено на рис. Г.10.

¹⁴² ЭнергоАэроКомплекс. Гидроэлектростанции малой мощности на основе шнековых турбин производства GESS-CZ, s.r.o. (Чехия).

<http://www.aerikom.ru/%D0%93%D0%B8%D0%B4%D1%80%D0%BE%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BD%D1%86%D0%B8%D0%B8/>

¹⁴³ Elektrogenerator.net . Малые и мини ГЭС с турбиной типа "Архимедов винт".
http://elektrogenerator.net/smallhydropower/arhimedov_vint.html



Рис. Г.10 – Зовнішній вигляд МГЕС зі шнековою турбіною¹⁴⁴

Підбір потужності генератора для шнекової турбіни здійснюється у відповідності до перепаду (різниці рівнів), а також витрати води (Рис. Г.11).

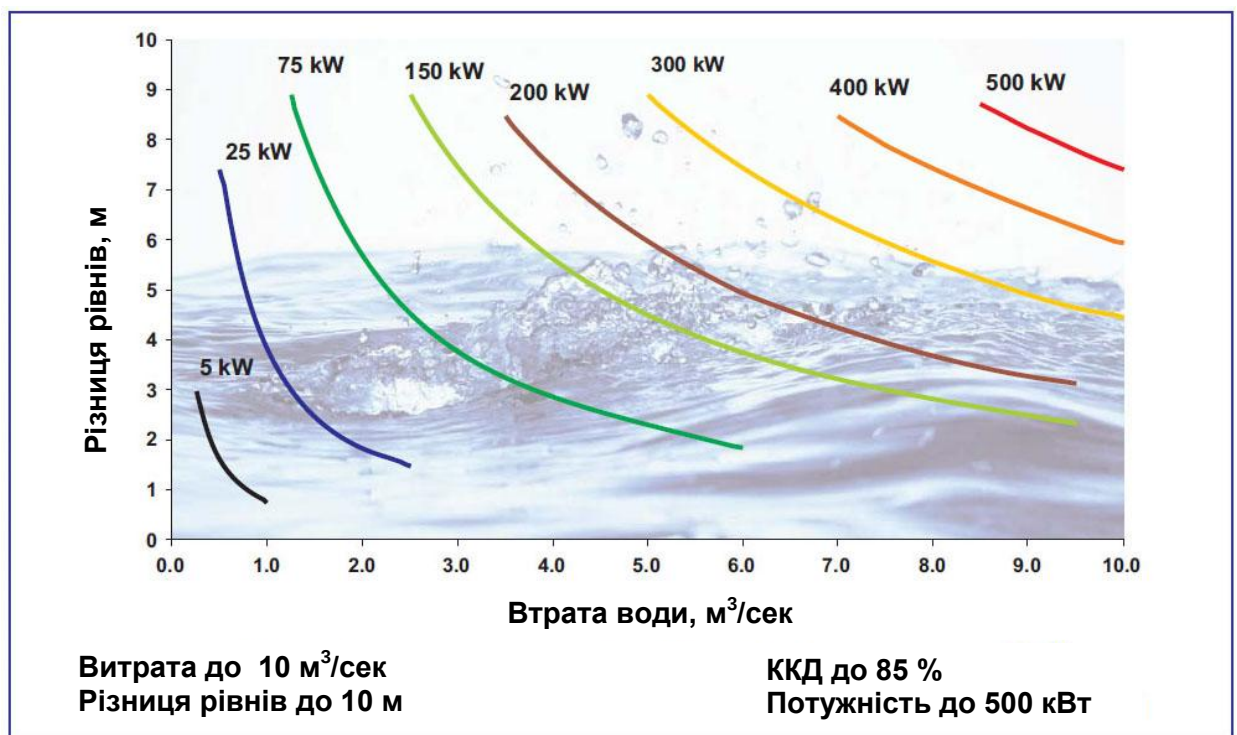


Рис. Г.11 – Підбір потужності генератора для шнекової турбіни¹⁴⁵

¹⁴⁴ ЧУП "Профи-Агропарк". Шнековая турбина Архимеда. <https://profi-agropark.deal.by/p5479325-mini-ges.html>

¹⁴⁵ ЭнергоАэроКомплекс. Гидроэлектростанции малой мощности на основе шнековых турбин производства GESS-CZ, s.r.o. (Чехия). <http://www.aerikom.ru/%D0%93%D0%B8%D0%B4%D1%80%D0%BE%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BD%D1%86%D0%B8%D0%B8/>

Додаток Д – Загальні висновки проекту МГЕС «Нижній Бистрий» на р. Ріка**МГЕС «Нижній Бистрий» ТОВ «Акванова Девелопмент»:
загальні висновки проекту****Вступ**

В даному документі викладений нетехнічний аналіз проекту будівництва малої гідроелектростанції «Нижній Бистрий» ТОВ «Акванова Девелопмент» в с. Нижній Бистрий, Хустського району, Закарпатської області.

Також він надає короткий виклад потенційних екологічних та соціальних впливів та інших екологічних і соціальних питань, які являються важливими для проектної діяльності. Відповідні заходи для пом'якшення основних несприятливих екологічних та соціальних впливів, що можуть виникнути протягом будівництва та експлуатації проекту, також вказані в Таблиці 1 в кінці даного документу.

Це нетехнічне резюме проекту (НРП) буде розміщене в місцях, вказаних нижче, для публічного розкриття інформації. Екологічні та соціальні документи будуть доступні для ознайомлення у робочий час у наступних місцях:

- *Офіси ТОВ «Акванова Девелопмент» (Київ, Ужгород). Адреса: 01133, Київ, вул. Щорса, 32 А, оф. 1 Телефон: +38 044 569 17 70/75*
- *Нижньобистрівська сільська рада: Степан Бритвак (Голова сільської ради. Адреса: 904420, с. Нижній Бистрий, 406, Хустський район, Закарпатська область Телефон: +38 050 020 71 44*
- *Хустська районна адміністрація. Адреса: 90400, м. Хуст, вул. Карпатської Січі, 21 , Телефон: +38 031425-21-75*

Для подальшої інформації щодо даного проекту чи для надання зауважень до проекту або екологічної та соціальної документації, будь ласка, звертайтеся до:

Ім'я	Контактна інформація
<i>Юлія Листрова, менеджер проекту Кинів Богдан, заступник директора ТОВ «Акванова Девелопмент»</i>	<i>Підприємство: ТОВ «Акванова Девелопмент» Поштова адреса: 01133, Київ, вул. Щорса, 32 А, оф. 1 Телефон: +38 050 442 13 08, +38 099 041 11 92 Електронна адреса: jlistrovaya@cei.com.ua, bkyniv@gmail.com</i>

Опис запропонованого будівництва

Проект передбачає будівництво малої гідроелектростанції з потужністю в 2 МВт та близько 9,9 ГВт/год виробітку електроенергії щорічно, яка буде продаватися в мережу по «зеленому тарифу».

Станція буде розташована в с. Нижній Бистрий, населення якого складає 1195 осіб. Вона, головним чином, буде складатися з річкової греблі, водосховища, дериваційного каналу, будівлі ГЕС та приєднаних ліній електропередачі. Бетонна гребля (97 м довжиною, 2 м висотою та 9,5 м шириною) буде доповнена зверху надувною греблею (82 м довжиною та 2 метри висотою). Дериваційний канал з бетону (близько 270 м) буде повністю закритим та практично невидимим після закінчення робіт. Будівля ГЕС буде містити дві турбіни типу Каплан.

Водосховище, що буде розташоване вище греблі на відстань до 1200м вище за течією, займе площу біля 5,6га (включаючи 4га існуючої водної поверхні річки).

Підключення до електромережі планується через існуючу повітряну лінію електропередачі, розташовану неподалік (близько 100 м), тому лінія електропередачі буде короткою. Також на майданчику будуть знаходитися підземні електричні кабелі. Майданчик вже має існуючий доступ до дороги.

Площа земельних ділянок, виділених під проект, складає 1,15 га, що задовольняє потреби розташування річкової греблі (0,7 га), дериваційного каналу (0,3 га) та будівлі ГЕС (0,15 га).

Використовуючи відновлювану гідроенергію, проект матиме відчутні екологічні переваги перед іншими видами виробітки енергії, як, наприклад, переробка горючих копалин (газ, вугілля) чи ядерна енергія. Це сприятиме скороченню викидів парникових газів та боротьбі з повеннями на річці, створюватиме нові робочі місця і підвищуватиме безпеку енергопостачання в регіоні.

Власником проекту є ТОВ «Акванова Девелопмент», спільне підприємство групи українських підприємців та спілки італійських інвесторів. Підприємство було засноване для проектування та будівництва проектів МГЕС.

Рис. Д.1 показує місце розташування будівельного майданчика проекту.

Вид на загальній карті



Вид зблизька

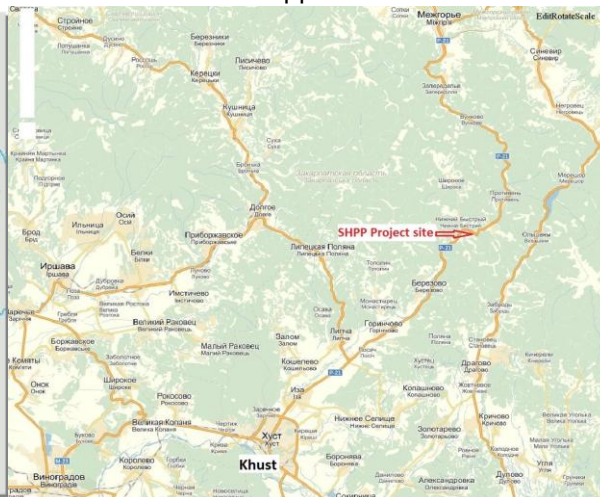


Рис. Д.1 – Розташування будівельного майданчика

Огляд питань з екології, здоров'я, безпеки та соціальних питань

Дослідження та документи проекту

Деякі документи в сукупності складають екологічну та соціальну документацію для цього проекту. На додаток до цього нетехнічного резюме, інші матеріали включають в себе наступні документи.

Оцінка впливу на навколишнє середовище (ОВНС)

Для задоволення українських національних нормативних вимог, у 2014 році була проведена оцінка впливу на навколишнє середовище (ОВНС) підрядчиком проекту, приватною компанією "Нордік" зі Львову, з відповідною ліцензією.

Додаткові дослідження

Додаткові дослідження наземних фауни і флори проектної території були проведені, і їх результати були включені у звіт по ОВНС.

Ще одне дослідження водної фауни і популяції риби річки Ріка поблизу проектної території проводилося ТОВ "Центр ЛТД" навесні/влітку 2014 року, з особливим акцентом на червонокнижні та вразливі види. Дослідження містить рекомендації про заходи щодо пом'якшення наслідків і поліпшення попередньої конструкції рибоходу. Крім того, окреме дослідження, щоб визначити підходяще проектне рішення для рибоходу, було проведене на початку 2014 італійським партнером проекту, ТОВ "Овадапроджетті".

План екологічних та соціальних заходів (ПЕСЗ)

В рамках оцінки екологічних і соціальних впливів, був проведений огляд питань охорони навколишнього середовища, здоров'я, безпеки та соціального управління. Із загального огляду був розроблений План екологічних та соціальних заходів (ПЕСЗ). Цей документ визначає заходи щодо послаблення наслідків задля уникнення, зменшення або контролю потенційних несприятливих впливів проекту

на навколишнє середовище і населення. Основні заходи щодо послаблення, запропоновані в ПЕСЗ, наведені в таблиці 1 в кінці даного документа.

План взаємодії із зацікавленими сторонами (ПВЗС)

План взаємодії із зацікавленими сторонами (ПВЗС) був розроблений для того, щоб описати, як ТОВ «Акванова Девеломент» буде вести діалог з особами та організаціями, що зацікавлені в проекті або будуть знаходитися під його впливом, на різних стадіях підготовки та впровадження проекту. Розробник призначить особу, відповідальну за зв'язки з громадськістю, яка буде підтримувати діалог з групою зацікавлених осіб та місцевою громадою. У будь-який час до та протягом будівництва та експлуатації будь-яка зацікавлена особа матиме змогу виразити занепокоєння, надати свої зауваження та відгуки щодо проекту. Всі ці відгуки та скарги будуть своєчасно прийняті, оброблені та забезпечені відповідями розробником.

Чутливі місцевості

Територія проекту вважається такою, що має середню екологічну чутливість у зв'язку з присутністю цінних місць існування біорізноманіття та червонкнижних видів, але жодна заповідна ділянка не знаходиться в безпосередній близькості, а також на території проекту не знаходяться місця чи об'єкти археологічної та культурної спадщини.

Даний проект буде побудовано на річці Ріка, гірській річці середнього розміру з відносно швидкою течією, та місцем існування кількох червонокнижних видів риб. Річка Ріка є частиною басейну Дунаю та на даний момент у її руслі не розташовано жодної ГЕС.

Місцева школа та найближчі житлові приміщення розташовані на відстані близько 50 м від проектного майданчика. Проте, рівні шуму та вібрації, що генеруються турбінами, як очікується, будуть повністю відповідати допустимим санітарним нормам.

Потенційні проектні впливи та заходи з їх послаблення

Оцінка потенційних екологічних та соціальних впливів встановила, що на додаток до його переваг, проект може мати потенційні негативні впливи на навколишнє середовище та населення, при необорезному ставленні. Тому, до розробника проекту будуть виставлені вимоги здійснити певні дії (далі «заходи з послаблення впливу»), щоб запобігти, знизити чи послабити негативні впливи даного проекту. Короткий виклад ідентифікованих основних впливів та заходів з їх послаблення наданий в таблиці Д.1.

Таблиця Д.1 – Огляд основних потенційних впливів проекту та заходи з їх послаблення

№	Питання	Потенційний вплив	Заходи з послаблення впливу
1	Загальнобудівельна діяльність	Впливи під час будівництва основних (гребля, дериваційний канал, будівля ГЕС) та пов'язаних проектних конструкцій, наприклад, виїмка ґрунту, пил, шум, викиди в атмосферу від задіяних автомобільних засобів, збільшення кількості дорожніх заторів та впливів на стан доріг тощо	- Підготовка та реалізація плану з управління будівництвом для скорочення і пом'якшення наслідків основного будівництва, у тому числі шуму, викидів в атмосферу, утворення відходів та утилізації, підвищення рівня заторів; - Безперервний моніторинг впливу для дотримання відповідних національних екологічних норм і вимог ЄБРР.
2	Види, що перебувають під охороною, чутливі середовища проживання та біорізноманіття	Впливи на річкову гідрологію та водну екосистему, що призводять до фрагментації середовища проживання та потенційних змін в кількості та складі водних видів, головним чином риби	- Провести до початку будівництва екологічні дослідження та пов'язані з ними оцінки проектних впливів для встановлення надійної базової лінії; - Розробити та впровадити ефективні рибозахисні споруди та рибоходи (наприклад, рибопідйомник) у проектній документації; - Розробити та впровадити вимоги для контролю за термінами діяльності (наприклад, під час нересту).
3	Якість води	Впливи на якість води та водозбір	- Переконалися, що об'єкт не сприяє погіршенню якості води і водозбіру у верхньому та нижньому б'єфах об'єкта; - Контролювати якість води у верхньому та нижньому б'єфах об'єкта до початку здійснення проекту будівництва і в процесі експлуатації спеціально призначеними незалежними експертами.
4	Доступність води та підтримка мінімального постійного попуску води протягом року	Вплив на об'єм води в річці, доступний для екологічних та соціальних потреб	- Провести спеціальні дослідження з оцінки водних ресурсів та інтегрувати їх результати в розробку інженерного проекту; - Підтримувати мінімальну екологічну течію (попуск) води в річці протягом року, що є достатньою для підтримки існуючих видів тварин на передпроектних рівнях, а також соціальних та рекреаційних потреб населення; - Стежити за рівнем води в річці протягом року.
5	Надзвичайні ситуації: повені, ерозії землі, землетруси	Впливи проекту на величину та пом'якшення наслідків повеней, зсуви та інші потенційні надзвичайні ситуації	- Планувати та впровадити профілактичні та прогнознi методи зведення до мінімуму загострення ефектів, викликаних зсувами або ерозією, які можуть виникнути в результаті зміни землекористування у зв'язку з проектною діяльністю; - Розробити відповідні плани дій у надзвичайних ситуаціях і підтримувати високий рівень готовності персоналу до надзвичайних ситуацій.

Додаток Е – Довідка про стан нормативно-технічного забезпечення проектування об'єктів гідроенергетики в ПІК «Грант»

Справка о состоянии нормативно-технического обеспечения проектирования объектов гидроэнергетики в ПИК «Грант» по положению на февраль 2018г.

В производственных подразделениях ПИК «Грант» (ПАО «Укрэнергопроект», ООО «Гидротехпроект, ООО «Укратомэнергопроект», ООО «Межведомственный центр инженерных изысканий») существует единая система обеспечения нормативно-техническими материалами.

Фонд нормативных документов по проектированию гидроэнергетических объектов представлен в справочно-информационной электронной базе Стандарты и Нормативы «Норма», являющейся разработкой ПАО «Укрэнергопроект».

В базе «Норма» хранятся национальные документы, действующие как на территории Украины, Российской Федерации, Республики Беларусь, Великобритании, Германии, США, Японии и других стран мира, так и международные стандарты. База носит справочно-информационный характер и находится постоянно в стадии заполнения и актуализации. По состоянию на 13.01.2014 г. в базе всего находится 17720 документов, в том числе 9331 с текстами, из которых 14582 документа — действующие и 3138 — аннулированные. Нормативные документы (информация о документе и текст), принадлежащие Украине, представлены 11802 документами, из которых 9391 действующие и 2411 — аннулированные.

Пополнение фонда нормативных документов Украины производится на основании плановых и разовых предложений издательств нормативных документов и стандартов, а также на основании разовых заявок специалистов производственных отделов.

Анализ предложений и выбор документов для приобретения выполняется специалистами производственных отделов на основании информации, предоставленной сотрудниками группы информации.

Источниками информации для приобретения новых нормативных документов, являются периодические издания Украины:

1. «Інформаційний бюлетень», издає Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства;
2. «Будівництво і стандартизація», издає – Технічний Комітет по стандартизації «Будтехнормування»;
3. Журнал «Пожежна безпека»;
4. Журнал «Охорона праці».

Приобретение нормативных документов производится через ряд специализированных магазинов издательств «Укрархбудинформ» (г. Киев), «Стандарты» и «Форт» (г. Харьков), с которыми заключены договора на информационное обслуживание. Тесно сотрудничаем и с Харьковским центром научно-технической и экономической информации. Информационное обеспечение заключается в проверке действия или приобретении копий отсутствующих нормативных документов, изданных ранее.

С данными организациями работаем по предоставленным счетам на основании писем-заявок ООО «Гидротехпроект», ПАО «Укрэнергопроект», ООО «Укратомэнергопроект», ООО «Межведомственный центр инженерных изысканий»

Приобретаются также и стандарты Украины, идентичные европейским стандартам, в частности Еврокодам. Из заказанных нашими специалистами 28 Нормативных Документов (1- ДБН и 27 - ДСТУ-Н Б EN) в 2012-2013 гг. были получены только 12 Нормативных Документов (1 - ДБН и 11 ДСТУ-Н Б EN), остальные документы еще не изданы.

Специалистами групи інформації здійснюється постійна актуалізація фонду нормативних документів. Вона включає в себе поповнення фонду новими і ретроспективними изданиями, внесенням змін, поправок, доповнень, а також видалення і маркування анульованих документів. Джерелами інформації для актуалізації інформаційних нормативних фондів є вище перераховані періодичні видання, так і щорічні вказівники по різноманітним видам нормативних документів:

1. Каталог нормативних документів. - Щорічний вказівник міждержавних і національних українських стандартів в 3-х томах (6-и книгах). - Київ, ДП «УкрНДНЦ».
2. Державний реєстр міжгалузевих і галузевих нормативних актів про охорону праці (Реєстр ДНАОП, НАОП, НПАОП). - Харків, Форт.
3. Діючі галузеві нормативні документи з експлуатації та ремонту електростанцій та мереж - Київ, НЕК «Укренерго».
4. Перелік чинних в Україні нормативних документів у галузі будівництва. - Київ, ТК з будівництва «Будтехнормування».

В наші часи в області гідроенергетики діє ряд нормативно-технічних документів, більшість з яких були розроблені і затверджені в 60-90 рр. минулого століття і потребують перегляду і актуалізації. В першу чергу, це стосується ведомствених нормативних документів, затверджених Міністерством енергетики СРСР (такі документи нараховують близько 100 найменувань), будівельних норм і правил (СНиП), стандартів, правил устрою електростанцій (ПУЭ) і ряду інших.

Слід також відзначити, що в період існування СРСР, наша організація в своїх роботах мала право використовувати нормативні документи, розроблені ВНИИГом імені Б.Е.Веденєва (г. Санкт-Петербург) і інститутом «Гидропроект» (г. Москва). Такі документи порядку 300 найменувань. В наші часи, ці організації знаходяться вже в іншій країні і спеціалісти ПІК «Грант» в своїх проектах не мають права офіційно посилатися на ці документи. Їх можна використовувати тільки як аналогі. Ряд робіт втратили актуальності і в наші часи. Тому, необхідно підняти питання про перегляд і актуалізації даних нормативних документів на території України.

При проектуванні об'єктів гідроенергетики, необхідно також всебічно дослідити і можливі впливи цих об'єктів на стан навколишнього середовища, так як ці об'єкти є об'єктами підвищеної екологічної небезпеки відповідно до одноіменного Переліку видів діяльності, затвердженого Постановленням Кабінету Міністрів України за 808 від 28.08.2013р. Сьогодні, так звана екологічна складова проекту, повинна розроблятися на основі досліджень, проводимих відповідно до вимог положень введеного в грудні 2017р. в дію нового Закону України «Про оцінку впливу на довкілля» (прийнятий Верховною Радою України 23.05.2017р.). Відповідно до цього закону, в подальшому, місцевими органами влади буде також здійснюватися і видача дозволів на ведення діяльності в області гідроенергетики.

Для справки: до грудня 2017р. проекти використовували норми Закону України «Про екологічну експертизу», на основі якого Міністерством екології і природних ресурсів України проводилася державна експертиза проектів будівництва гідроелектростанцій. На сьогодні цей закон і ці правила скасовані.