

Міністерство освіти і науки України
Національний університет водного господарства
та природокористування
Навчально-науковий інститут енергетики, автоматики
та водного господарства

Кафедра енергетики

02/02-03М

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання практичних занять, індивідуальної
розрахунково-графічної роботи та самостійної роботи
з освітньої компоненти

«Малі гідроелектростанції»

для здобувачів вищої освіти другого (магістерського) рівня
за освітньо-професійною програмою

«Гідроенергетика» спеціальності 145

«Відновлювані джерела енергії та гідроенергетика»
денної, заочної і дистанційної форм навчання
(видання повторне)

Рекомендовано
науково-методичною
радою з якості ННІЕАВГ
Протокол № 2 від 13.10.2025 р.

Рівне – 2025

Методичні вказівки до виконання практичних занять, індивідуальної розрахунково-графічної роботи та самостійної роботи з освітньої компоненти «Малі гідроелектростанції» для здобувачів вищої освіти другого (магістерського) рівня за освітньо-професійною програмою «Гідроенергетика» спеціальності 145 «Відновлювані джерела енергії та гідроенергетика» денної, заочної і дистанційної форм навчання [Електронне видання] / Філіпович Ю. Ю. – Рівне : НУВГП, 2025. – 26 с.

Укладач: Філіпович Ю. Ю. – кандидат технічних наук, доцент кафедри енергетики.

Видання повторне – попереднє видання: 01-07-03

Відповідальний за випуск: Василець С. В., доктор технічних наук, професор, в.о.завідувача кафедри енергетики.

Керівник групи забезпечення

спеціальності 145 «Відновлювані джерела енергії та гідроенергетика»: Тимошук В. С. кандидат технічних наук, доцент кафедри енергетики.

© Ю. Ю. Філіпович, 2025

© Національний університет
водного господарства та
природокористування, 2025

ЗМІСТ

Вступ.....	3
Програма освітньої компоненти	5
Вихідні дані.....	6
1. Природні умови району гідровузла	7
2. Водноенергетичні розрахунки при проектуванні малої ГЕС	8
2.1.Визначення установленної потужності	8
2.2.Визначення розрахункового напору і витрати	11
3. Підбір обладнання малої ГЕС.....	12
3.1. Підбір гідротурбіни.....	12
3.2. Підбір електричного обладнання	13
3.2.1. Підбір гідрогенератора малої потужності.....	13
3.2.2. Підбір асинхронного двигуна.....	15
3.3 Підбір трансформатора.....	15
3.4. Механічне і вантажопідйомне устаткування.....	16
4. Компоновка будівлі ГЕС.....	19
5. Техніко-економічні розрахунки малої ГЕС.....	24
6. Мала ГЕС альтернативної конструкції.....	25
Технічний паспорт малої ГЕС.....	25
Література	26

Вступ

Виробництво електроенергії на малих ГЕС, не дивлячись на дещо вищу, порівняно з великими гідроелектростанціями, собівартість електроенергії дає змогу економити великі обсяги паливно-енергетичних ресурсів. Малі гідроелектростанції не тільки виробляють електроенергію, але й захищають навколишні населені пункти від повеней, забезпечують їх розвиток рибного господарства, нормальне водопостачання. Тому малі ГЕС набули широкого розвитку у багатьох розвинутих державах як Європи, так і світу.

Відновлення малої гідроенергетики у нас розпочалося лише на початку двохтисячних років. Особливо роль у відновленні відіграє застосування в Україні „зеленого” тарифу.

Рентабельність енергогенерації і відносно швидка окупність проєктів (близько 5÷7 років) зацікавила вітчизняних і закордонних інвесторів.

Метою вивчення освітньої компоненти ”Малі гідроелектростанції” є формування знань у майбутніх фахівців спеціальності 145

«Відновлювані джерела енергії та гідроенергетика» відносно сучасного стану гідроенергетики, зокрема, в області енергетичного потенціалу та використання енергії малих річок, виконання водноенергетичних розрахунків при визначенні характеристик малих ГЕС та маркетингових досліджень, методики дослідження стану та потреб ринку енергії, компонування складу споруд гідровузла, підбору основного та допоміжного гідроенергетичного устаткування та аналіз різних варіантів компонування, особливостей соціальних та економічних аспектів експлуатації малих гідроелектростанцій, особливостей експлуатації малих гідроелектростанцій при їх роботі на енергомережу, або на автономного споживача в умовах тарифікації та сертифікації електроенергії.

У результаті вивчення даної освітньої компоненти здобувач освіти повинен:

знати: кількісну та якісну оцінку відновлюваних (альтернативних) енергетичних ресурсів, в тому числі гідроресурсів малих річок України; існуючий стан паливно-енергетичного комплексу України; принципи функціонування та призначення енергетичних систем; типи та схеми малих гідроенергетичних установок, їх роль у покритті графіків навантаження енергосистеми під час роботи малих гідроелектростанцій на енергомережу або на автономного споживача; можливі варіанти компонування гідровузлів малих ГЕС; техніко-економічну ефективність та можливості використання малих гідроелектростанцій при роботі в умовах «зеленого тарифу»; соціальні і екологічні аспекти та методи захисту оточуючого середовища під час експлуатації малих гідроелектростанцій.

вміти: застосовувати отримані теоретичні знання із проведення водноенергетичних розрахунків, виконувати конкурентні обчислення; встановлювати гідроенергетичні характеристики малих ГЕС з можливими варіантами; встановлювати установлену потужність малих гідроелектростанцій; вибирати склад та компонування споруд гідровузлів на малих річках та характеристики гідроенергетичного устаткування та особливості експлуатації; виконувати маркетингові дослідження щодо використання устаткування малих ГЕС провідними виробниками; проводити практичні розрахунки режимів роботи малих ГЕС та проектувати автоматизацію систем управління технологічним процесом за допомогою комп'ютерної техніки.

ПРОГРАМА ОСВІТНЬОЇ КОМПОНЕНТИ

Тема 1. Класифікація та область використання малих ГЕС

Оцінка гідроенергоресурсів. Значення гідроенергетики. Енергетичний, економічний, технічний та соціальний потенціал малої гідроенергетики в енергетичному балансі України. Класифікація малих гідроелектростанцій. Схеми використання існуючого напірного фронту на водопостачальних, гідромеліоративних, судноплавних, рибогосподарських об'єктах. Руслота, пригреблева, дериваційна та комбінована схеми використання напору - особливості їх використання та експлуатації. Існуючі вимоги при проектуванні і будівництві малих гідроелектростанцій. Споруди малих ГЕС. Перспективи розвитку малої гідроенергетики.

Тема 2. Водноенергетичні розрахунки

Оцінка гідроенергоресурсів. Завдання і вихідні дані при виконанні водноенергетичних розрахунків. Методики проведення водноенергетичних розрахунків. Виконання водноенергетичних розрахунків на ЕОМ.

Тема 3. Проектування спеціальних споруд малих ГЕС

Встановлення території для будівництва гідровузла. Вибір типу будівель малих гідроелектростанцій. Компонування спеціальних споруд гідровузла. Енергетичний тракт малих ГЕС. Гідротехнічні споруди малих гідроелектростанцій - основні положення проектування та експлуатації ГЕС. Розрахунок і проектування спеціальних споруд малих ГЕС. Принципові схеми малих гідроелектростанцій. Загальні вимоги до архітектурно-будівельного вирішення споруд. Вибір типу будівлі ГЕС. Проблеми надійності. Натурні спостереження гідровузлів.

Тема 4. Вибір гідроенергетичного устаткування

Основне, механічне, вантажопідйомне і допоміжне устаткування малих ГЕС. Встановлення потужності гідроагрегата, системи і типорозміру турбіни. Маркетингові дослідження існуючого стану виробників устаткування. Гідрогенератори. Електротехнічне устаткування. Системи регулювання гідроагрегатів. Транспортування електроенергії. Режим роботи малих гідроелектростанцій на енергомережу та автономних споживачів при тарифікації електроенергії. Основні принципи керування і автоматизації малих гідроелектростанцій. Енергоефективність.

Тема 5. Будівництво і експлуатація малих гідроелектростанцій

Особливості виконання монтажних і пусково-налагоджувальних робіт. Передпускові роботи. Підготовка малої ГЕС до пуску. Особливості функціонування малих ГЕС на енергосистему. Безпека праці під час експлуатації. Задачі експлуатації малих гідроелектростанцій. Загальні вимоги до експлуатації. Експлуатація гідротехнічних та спеціальних споруд. Екологічні аспекти роботи гідровузлів з малими гідроелектростанціями.

Освітньо-професійною програмою, навчальним планом та силябусом освітньої компоненти “Малі гідроелектростанції” передбачено виконання індивідуальної розрахунково-графічної роботи для здобувачів освіти денної, заочної та дистанційної форм навчання.

Мета роботи – закріплення отриманих теоретичних знань і розвивання практичних навичок із вирішення інженерних задач з водноенергетичних розрахунків, проведення регулювання природного стоку річки та характеристик водосховища, вибір типу та характеристик основного та допоміжного устаткування малих ГЕС, компонування обладнання та проектування будівлі малої ГЕС, техніко-економічний розрахунок параметрів малої ГЕС в умовах «зеленого тарифу».

Обсяг розрахунково-графічної (індивідуальної) роботи – 20÷25 сторінок з необхідними схематичними кресленнями і графіками.

Вихідні дані

Вихідними даними для виконання розрахунково-графічної роботи є:

1. Район створу малої ГЕС.
2. Гідрограф стоку річки $Q=f(t)$.
3. Нормальний підпертий рівень $\downarrow$ НПР.
4. Крива залежності $Z_{НБ}=f(Q)$.

1. Природні умови району гідровузла

1.1. Фізико-географічні умови району

Виконується короткий опис району будівництва гідровузла: наводяться загальні характеристики річки; топографічно-геодезична вивченість території; топографічно-геодезичне обґрунтування проекту гідровузла; результати додаткових геодезичних робіт під час будівництва і експлуатації гідровузла.

1.2. Інженерно-геологічні умови

Характеризується геологічна вивченість ділянки обраного створу: інженерно-геологічна характеристика та сейсмологічні умови; геологічна характеристика району будівництва гідровузла; інженерно-геологічне обслуговування будівництва і експлуатації гідротехнічних споруд; інженерно-геологічні характеристики і умови експлуатації основних споруд; інженерно-геологічні умови влаштування підсобно-допоміжних споруд; інженерно-геологічні умови верхнього і нижнього б'єфів; інженерно-геологічні умови споруд інженерного захисту території; наявність місцевих будівельних матеріалів.

1.3. Гідрологічні умови

Описуються: гідрометеорологічне обслуговування будівництва та експлуатації; гідрологічні характеристики річки і метеорологічні умови обраного створу; характеристики твердого стоку і руслові процеси у водотоці; характеристики зимового режиму.

1.4. Кліматичні умови

Характеризуються: клімат району гідровузла; переважаючі напрямки вітру; річна сума атмосферних опадів; середня з найбільших за зиму висот снігу; кількість днів із сніговим покривом; середня глибина промерзання ґрунту тощо.

1.5. Господарські умови району будівництва

Виконується короткий опис основних споруд гідровузла: схема зведення енергетичних і гідротехнічних споруд; схема пропуску будівельних витрат річки і споруди, необхідні для відведення річки; водопониження і водовідлив. Визначається транспортна схема: організація перевезень; транспортування великогабаритного і великовагового устаткування; створення під'їзних і внутрішньомайданчикових доріг.

Описується інженерне забезпечення будівництва гідровузла: водопостачання і водовідведення; електропостачання; зв'язок; тепло- і повітропостачання.

Наводиться обґрунтування компоновочних рішень будгеплану: розташування об'єктів виробничої бази і транспортних комунікацій; забезпечення будівництва нерудними сортованими будівельними матеріалами. Визначається потреба і схема забезпечення у матеріалах, технічні вимоги на будівельні матеріали; встановлюються основні техніко-економічні характеристики виробничої бази будівництва; планується організація виконання робіт у підготовчий період; формується організаційна структура будівництва (генпідрядна і спеціалізовані субпідрядні організації).

2. Водноенергетичні розрахунки при проектуванні малої ГЕС

2.1. Визначення установленної потужності

Визначення установленної потужності малої ГЕС виконується в такій послідовності:

1. За вихідними даними будуюмо гідрограф стоку річки $Q=f(t)$ та криву позначок води у нижньому б'єфі $Z_{НБ}=f(Q)$ /рис. 2.1 і 2.2/.

2. Будуюмо графік позначок води у верхньому б'єфі $Z_{ВБ}=f(t)$ /рис.2.3/. Оскільки мала ГЕС працює на побутовому стоці, рівень води у верхньому б'єфі приймаємо рівним $\downarrow НПР=\downarrow ВБ=\text{const}$.

3. Графік коливання води у нижньому б'єфі $Z_{НБ}=f(t)$ /рис. 2.4/.

4. Графіки напорів (статичного $H_{СТ}=f(t)$ і корисного $H_{н}=f(t)$ /рис.2.5/. Статичний напір становить

$$H_{СТ}=Z_{ВБ}-Z_{НБ}, \text{ м}, \quad (1)$$

де $Z_{ВБ}$ – позначка води у водосховищі, м; $Z_{НБ}$ – позначка води у нижньому б'єфі, м.

Корисний напір становить

$$H_{н}=k \cdot H_{СТ}, \text{ м}, \quad (2)$$

де k – коефіцієнт втрат напору, для греблевих малих ГЕС $k=0,95 \div 0,98$.

5. Графік середньодобової потужності ГЕС $N=f(t)$ /рис. 2.6/.

Середньодобова потужність рівна

$$N=k_1 \cdot Q \cdot H_{н}, \text{ кВт}, \quad (3)$$

де $k_1=9,81 \cdot \eta_T \cdot \eta_G \cdot \eta_{пер}$, приймається $k_1=8,0 \div 8,5$; η_T , η_G , $\eta_{пер}$ – коефіцієнти корисної дії, відповідно, турбіни, генератора, механічної передачі; Q – середньодобова витрата ГЕС, м³/с.

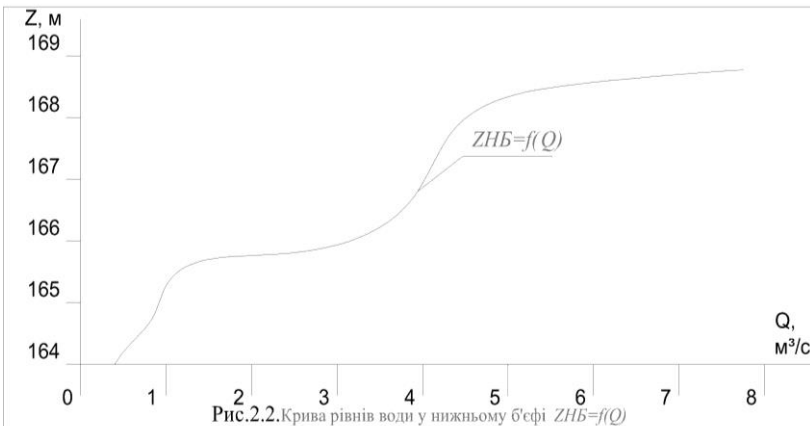
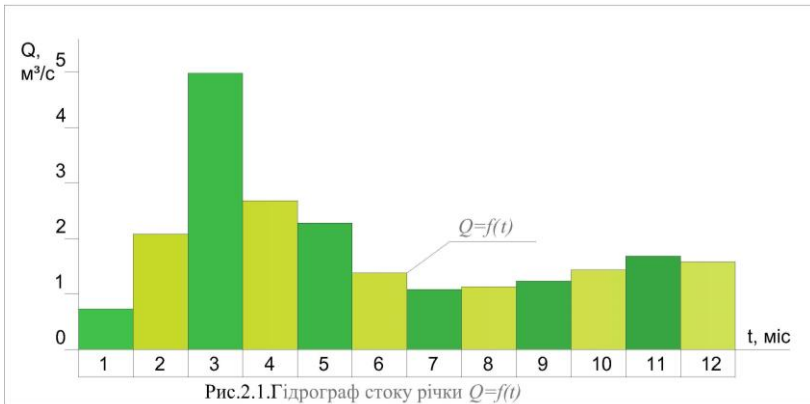
6. Графік забезпеченості середньодобової потужності $N=f(P)$ /рис.2.7/, і задаючись її забезпеченістю для малої ГЕС $P=50 \div 75 \%$,

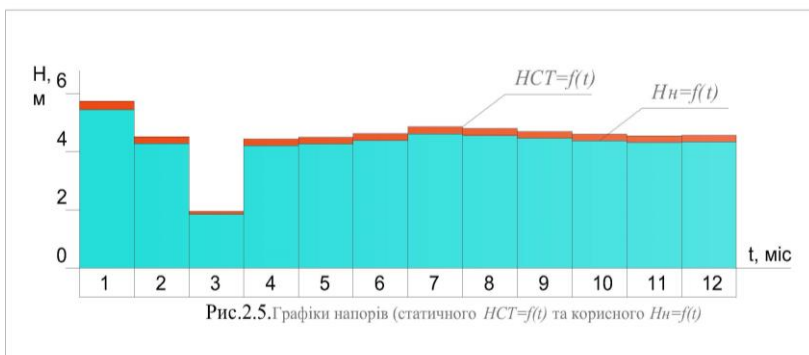
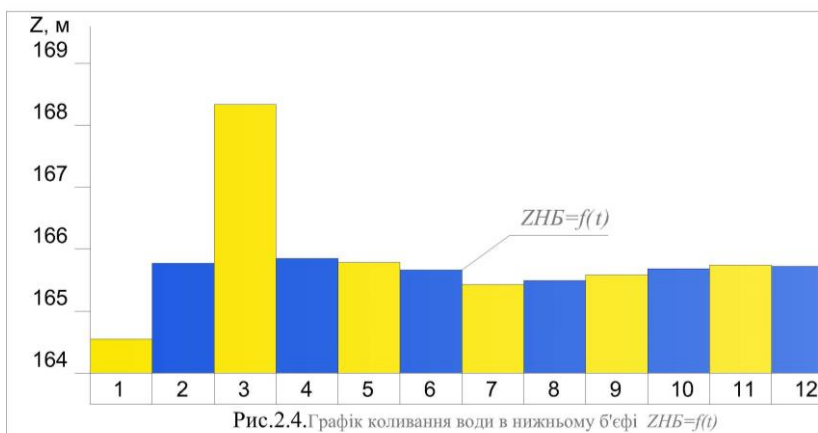
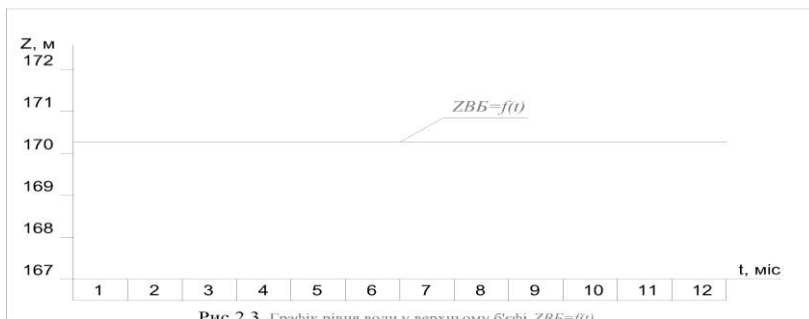
отримуємо установлену потужність.

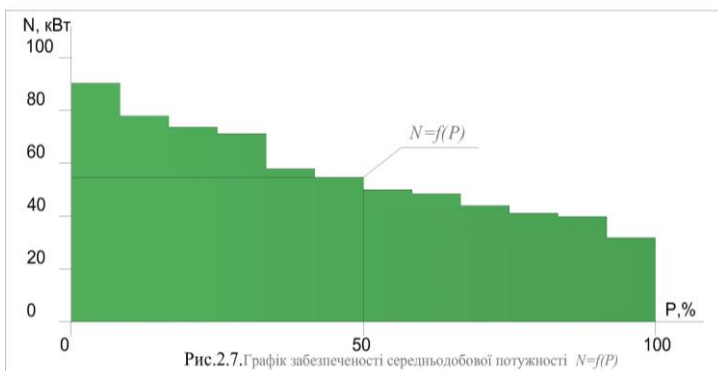
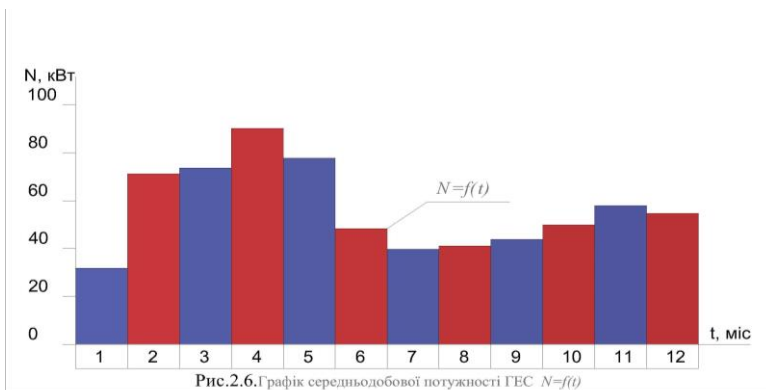
$$P = \frac{n}{12} \cdot 100\%, \quad (4)$$

де n – кількість місяців, скільки виробляється енергія N_i ; 12 – кількість місяців інтервалу регулювання (1 рік=12 місяців).

Задаючись забезпеченістю середньодобової потужності для малої гідроелектростанції, яка приймається $P=50\%$, отримуємо установлену потужність малої гідроелектростанції N_v , кВт.







2.2. Встановлення розрахункового напору і витрати

Середньозважений розрахунковий напір рівний, м:

$$H_p = \frac{\sum N_i \cdot H_i \cdot t_i}{\sum N_i \cdot t_i}, \quad (5)$$

де N_i – середньодобова потужність i -го місяця, кВт; H_i – корисний напір нетто i -го місяця, м; t_i – тривалість i -го місяця, с:

якщо тривалість місяця 31 день – $t_i=2768400$ с;

якщо тривалість місяця 30 днів – $t_i=2592000$ с;

якщо тривалість місяця 28 днів – $t_i=2419200$ с.

Із формули для визначення потужності $N=k_1 \cdot Q \cdot H_n$, встановлюємо витрату на малій ГЕС, м³/с:

$$Q_{ГЕС} = \frac{N_y}{k_1 \cdot H_p}, \quad (6)$$

де k_1 – коефіцієнт, приймається $k_1=8,0 \div 8,5$.

3. Підбір устаткування малої ГЕС

3.1. Підбір турбіни (гідроагрегата)

Гідротурбіну приймаємо за значеннями розрахункового напору H_p та розрахункової витрати Q_a

$$Q_a = \frac{Q_{ГЕС}}{z}, \quad (7)$$

де z – число агрегатів малої ГЕС, попередньо $z=2\div 3$ шт, а якщо витрата агрегату Q_a не потрапляє в область застосування турбін, число агрегатів z збільшуємо.

За частковими графіком області застосування гідротурбін (додаток 1) вибираємо гідроагрегат типу МГА із характеристиками: максимальна потужність, N_a , кВт; максимальний напір, $H_{макс}$, м; діаметр робочого колеса, D_1 , м; число обертів, n , об/хв; вага агрегата, m_a , кг.

Потужність гідротурбіни становить

$$N_T = 9,81 \cdot Q_a \cdot H_p \cdot \eta_T, \text{ кВт}, \quad (8)$$

де $\eta_T=0,9\div 0,92$ – к.к.д. гідротурбіни.

Коефіцієнт швидкохідності гідротурбіни, об/хв:

$$n_s = n \cdot N_T^{0,5} \cdot H_p^{-1,25}, \quad (9)$$

де n – число обертів, об/хв.

Приведена витрата гідроагрегата, м³/с

$$Q'_1 = Q_a \cdot D_1^{-2} \cdot H_p^{-0,5}, \quad (10)$$

де D_1 – розрахунковий діаметр робочого колеса гідротурбіни, м.

Уточнюємо діаметр робочого колеса гідротурбіни, м:

$$D_1 = N_T^{0,5} \cdot (Q'_1)^{0,5} \cdot H_p^{-1,5} \cdot \eta_T^{-0,5}, \quad (11)$$

Приймаємо стандартне значення робочого колеса D_1 , см, за стандартним рядом діаметрів малих і середніх гідротурбін: 35, 50, 60, 71, 84, 100, 120, 140, 160, 180, 200, 225, 250, 280 см.

Креслимо схему гідроагрегата (рис. 3.1).



Рис.3.1. Турбіна МГА-20-10-0,46

3.2. Підбір електричного устаткування

3.2.1. Підбір гідрогенератора малої потужності

На малих гідроелектростанціях можуть використовуватися генератори постійного або змінного струму.

Необхідна потужність генератора N_G , кВт, рівна:

$$N_G = N_T \cdot \eta_G \cdot \eta_{\text{пер}}, \quad (12)$$

де η_G – к.к.д. генератора, $0,97 \div 0,98$; $\eta_{\text{пер}}$ – коефіцієнт корисної дії механічної передачі, рівний $0,95 \div 0,97$.

За таблицями додатку 2 знаючи потужність N_G , кВт, підбираємо генератор малої потужності марки ... із такими характеристиками: потужність N_G , кВт; напруга U , В; число обертів n_G , об/хв.; вага m , кг.

Допустима лінійна швидкість при розгінній кількості обертів турбіни $(1,6 \div 2,2) \cdot n_c$ (при $n_c = n_T$) приймаємо рівною $160 \div 180$ м/с, тоді

$$D_i = \frac{160 \div 180}{\pi \cdot n_c} \cdot m \cdot \quad (13)$$

Ряд стандартних діаметрів розточки статора D_i : 250, 325, 425, 550, 650, 750, 900, 1000, 1100, 1250, 1400 см.

Приймаємо стандартне значення діаметра розточки статора D_i , см.

Визначаємо довжину активної сталі генератора

$$l_a = \frac{N_r \cdot 10^3}{c \cdot D_i \cdot n_c \cdot \cos \varphi}, \quad (14)$$

де $\cos \varphi = 0,8 \div 0,85$ – коефіцієнт потужності; c – коефіцієнт використання активних матеріалів, $c = 11 \div 13$ – для генераторів з водяним охолодженням, $c = 5 \div 7$ – для генераторів з повітряним охолодженням.

Ряд стандартних значень довжини активної сталі генератора l_a :

33, 36, 40, 45, 50, 55, 60, 67, 75, 82, 90, 100, 110, 122, 135, 150, 165, 182, 200, 220, 245, 270, 300 см.

Приймаємо стандартне значення довжини активної сталі генератора l_a , см.

При визначених D_i та l_a встановлюємо розміри генератора:

діаметр корпусу $D_K = 1,1 \cdot D_i + 75$, см;

діаметр шахти генератора $D_{ш.г.} = D_K + 150$, см;

висота генератора $h = l_a + 100$, см;

діаметр шахти турбіни $D_{ш.т.} = 1,4 \cdot D_i$, см.

За розмірами генератора креслимо його конструктивну схему (рис.3.2).

Якщо кількість обертів генератора n_r , що є найбільш економічною у конструкції генератора, виявляється не рівною кількості обертів турбіни n_t , то з'єднання гідротурбіни з генератором виконується за допомогою механічного конічного редуктора, що має к.к.д. передачі $\eta_{пер} = 0,95 \div 0,97$ і передаточне число $i > 10$.

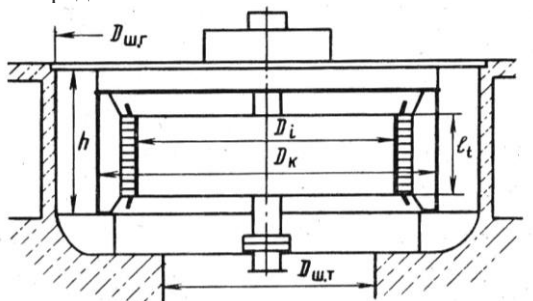


Рис. 3.2. Схема гідрогенератора
М 1:50 (100)

Тоді потужність нашої гідроелектростанції рівна

$$N_{ГЕС}^r = z \cdot N_r, \text{ кВт.} \quad (15)$$

3.2.2. Підбір асинхронного двигуна

Гідрогенератори малої потужності зараз у промисловості майже не виготовляються. Тому в якості генератора може бути використаний асинхронний горизонтальний двигун із необхідною потужністю. За додатком 3 при відомій потужності N_T , кВт, приймаємо асинхронний двигун марки ... Виписуємо його характеристики: синхронна швидкість $n_{\text{об}}$, об/хв; потужність, $N_{\text{об}}$, кВт; к.к.д. – $\eta_{\text{об}}$; $\cos \varphi$; номінальна кількість обертів n_n , об/хв.

Креслимо схему асинхронного двигуна (рис. 3.3).

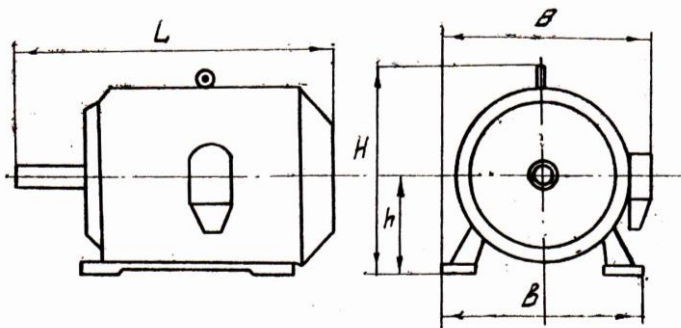


Рис. 3.3. Конструктивна схема асинхронного двигуна
М 1:50 (100)

Якщо кількість обертів асинхронного двигуна $n_{\text{об}}$, не рівна кількості обертів гідротурбіни n_T , то з'єднання турбіни з двигуном здійснюється за допомогою механічного конічного редуктора, що має к.к.д. передачі $\eta_{\text{пер}}=0,95\div 0,97$ і передаточне число $i>10$.

Потужність малої гідроелектростанції в цьому випадку

$$N^{\text{об}}_{ГЕС}=z \cdot N_{\text{об}}, \text{ кВт.} \quad (16)$$

Остаточно приймається більша із отриманих потужностей малої ГЕС ($N^T_{ГЕС}$ або $N^{\text{об}}_{ГЕС}$). Отже у якості електричного устаткування остаточно приймається варіант або з генератором або з асинхронним двигуном.

3.3. Підбір трансформатора

Трансформатор вибирається за необхідною потужністю, кВт·А:

$$S_{\text{тр}} = \frac{z_T \cdot N_{ГО}}{\cos \varphi}, \quad (17)$$

де $\cos \varphi=0,8\div 0,85$ – коефіцієнт потужності; z_T – кількість агрегатів малої ГЕС, шт; $N_{ГО}$ – потужність прийнятого генератора або асинхронного двигуна, кВт.

За додатками 4 вибираємо марку трансформатора ... Випишуємо його характеристики: $L=...$ мм, $B=...$ мм, $H=...$ мм, $H_1=...$ мм, $A=...$ мм, $A_1=...$ мм, $A_2=...$ мм, $A_3=...$ мм, $A_4=...$ мм, $b=...$ мм, $b_1=...$ мм, $m_{мсл}=...$ кг, $m_{повн}=...$ кг.

Креслимо конструктивну схему трансформатора (рис. 3.4).

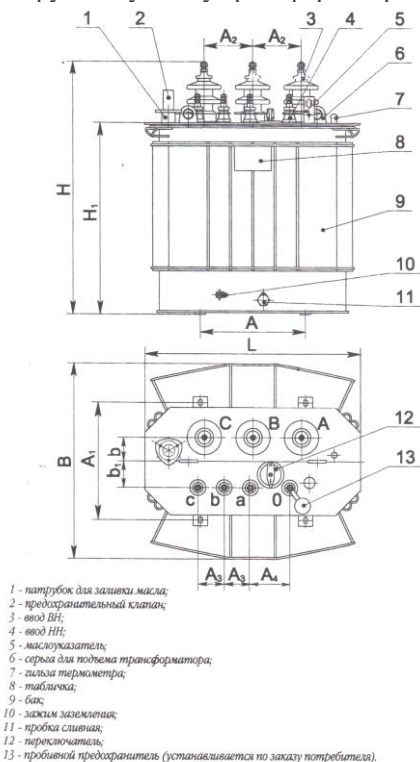


Рис. 3.4. Трансформатор ТМГ марки ...

3.4. Механічне і вантажопідйомне устаткування

У водоприймачі малої ГЕС встановлюємо плоскі ковзаючі затвори, які складаються із окремо складених балок. Вони обслуговуються гвинтовим підіймачем. У якості основного монтажного крану приймаємо **підвісний однобалковий кран**.

За вагою найважчого устаткування (гідроагрегата, або гідрогенератора або асинхронного двигуна) за табл. 3.1 вибираємо однобалковий кран, і виписуємо його основні характеристики.

Таблиця 3.1

Однобалкові ручні крани вантажопідйомністю 0,5÷5 т

Вантажопідйомність крана, т	Проліт L_K , м	H , мм	h , мм	L_1 , мм	Номер профіля шляху
0,5	3,6-9,3	690	220	150	18 м; 24 м; 30 м
	10,2-11,4	730	280		
1,0	3,6-6,6	690	220	150	18 м; 24 м; 30 м
	7,2-11,4	780	280		
2,0	3,6-7,2	1020	280	200	24 м; 30 м; 36 м; 45 м
	8,1-11,4	1080	340		
3,2	3,6-5,7	1020	280	200	24 м; 30 м; 36 м; 45 м
	6,6-9,3	1080	340		
	10,2-11,4	1110	400		
5,0	3,6-5,7	1240	340	220	30 м; 36 м; 45 м
	6,6-9,3	1270	400		
	10,2-10,8	1316	440		

Креслимо схему однобалкового крана (рис. 3.5).

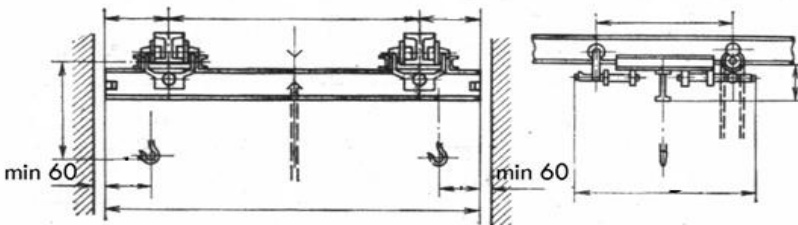


Рис. 3.5. Однобалковий кран з ручним приводом

М 1:50 (100)

Електрична таль приймається за табл. 3.2. за відомою вагою допоміжного устаткування

$$G_{\text{доп.об}} = (0,1 \dots 0,15) \cdot G_{\text{га}} \quad (18)$$

де $G_{\text{га}}$ – вага гідроагрегата, т.

Приймаємо електричну таль марки ... і визначаємо її характеристики.

Таблиця 3.2

Електричні канатні талі вантажопідйомністю 0,5÷5 т

Тип талі	Вантажопід- йомність, т	Висота підйому м	Швидкість м/хв		Номер профіля шляху	Вага талі, кг
			підйому	пересування		
TE050-611	0,5	3	8	20; 32	18 м; 24 м	100
TE100-611	1,0	4			18 м; 24 м;	190
TE100-621		9			30 м; 36 м	210
TE200-611	2,0	3		40	24 м; 30 м;	300
TE200-621		6			36 м	330
TE320-611	3,2	3		20; 32	30 м; 36 м; 45 м	495
TE320-621		6				535
TE500-611	5,0	3				775
TE500-621		6				825

Таблиця 3.3

Розміри електричних канатних талей вантажопідйомністю 0,5÷5 т, мм

Тип талі	b	H	H_l	L	L_l	l	l_l
TE 050-611	450	470	2400	560	735	310	310
TE 100-611	325	530	3400	655	790	330	360
TE 100-621			8400	870		440	
TE 200-611	370	680	2500	800	900	400	450
TE 200-621			5500	1020		500	
TE 320-611	390	800	2700	915	1055	480	500
TE 320-621			5700	1145		600	
TE 500-611	400	840	2700	1040	1150	530	600
TE 500-621			5700	1240		630	

Керування електроталями здійснюється або з кабіни, або з підлоги – кабелем, обладнаним кнопочною коробкою для пуску або зупинки електродвигунів (рис. 3.6).

Для пересування невеликих деталей та устаткування за додатками 5 приймаємо **ручний візок** марки... з характеристиками.

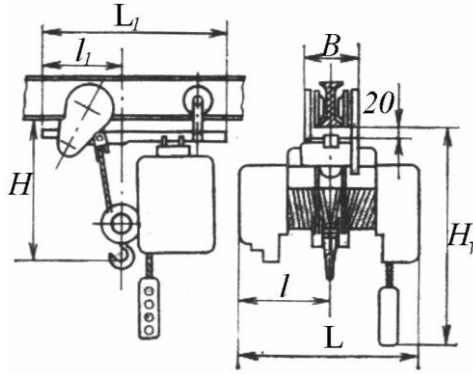


Рис. 3.6. Конструктивна схема електричної талі
М 1:50 (100)

4. Компонівка будівлі малої ГЕС

Проектуємо будівлю з відкритою турбінною камерою і гідроагрегатом типу МГА.

Турбінні камери з конічними вигнутими відсмоктувальними трубами при однакових діаметрах робочих коліс D_1 мають такі ж розміри. Площа поперечного перерізу спіральної камери, м^2

$$F_K = \frac{Q_a}{v_{cp}}, \quad (19)$$

де Q_a – максимальна витрата, що пропускається через гідротурбіну, $\text{м}^3/\text{с}$; $v_{cp} = 1 \div 1,2$ м/с – нормативна середня швидкість води на сміттєзатримуючих решітках.

Глибина води в турбінній камері h_K визначається сумою:

$$h_K = h_0 + h_{кр} + \Delta ВБ, \text{ м}, \quad (20)$$

де h_0 – максимальне перевищення відмітки кришки турбіни над дном турбінної камери. У залежності від типу турбіни h_0 рівне у РО-турбін $(0,85 \div 1,0) \cdot D_1$, у сьових турбін $(0,6 \div 0,85) \cdot D_1$; $h_{кр}$ – заглиблення кришки турбіни під мінімальний рівень води у турбінній камері, яке визначається із умови неприпустимості підсмоктування повітря у робоче колесо турбіни (з досвіду експлуатації виходить, що $h_{кр} = (1,0 \div 1,8) \cdot D_1$ збільшуючись із зменшенням D_1); $\Delta ВБ$ – коливання рівня води у водосховищі.

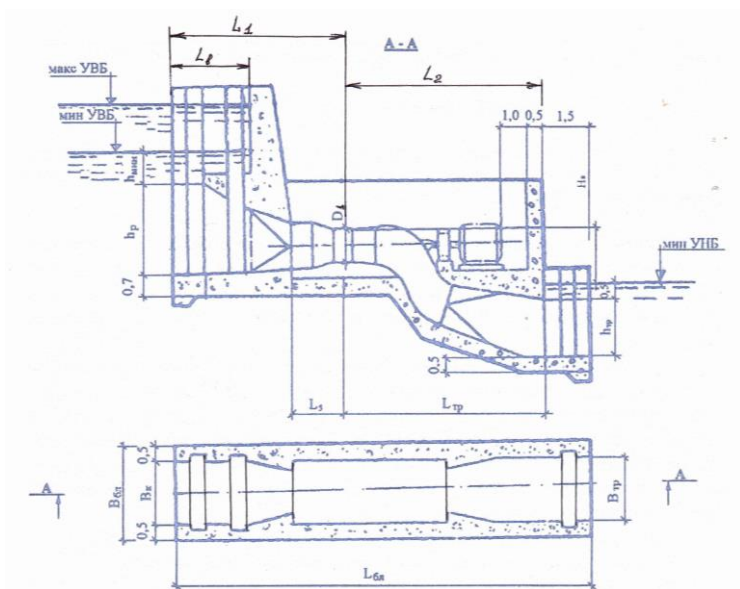


Рис. 4.1. Будівля руслової ГЕС з трубним гідроагрегатом, горизонтальною осьовою турбіною і S-подібною відсмоктувальною трубою

Габаритні розміри будівлі малої ГЕС

$h_{\min}=0,5 \text{ м}$	$h_p = \frac{F_K}{B_K}$	$L_2 = \frac{B_K}{2}$
$L_3=(1,5 \div 3,0) \cdot D_1$	$F_K = \frac{Qa}{v_{cp}}$	L_B – довжина водоприймача, визначається графічно
$L_4=(5,0 \div 6,0) \cdot D_1$	$h_{mp}=(1,5 \div 2,0) \cdot D_1$	$L_1=L_2+2,0 \text{ м}$
$L_{mp}=(6,0 \div 8,0) \cdot D_1$	$B_{\text{бл}}=B_K+2 \cdot a$	$L_{\text{бл}}=L_B+L_3+L_{mp}$
$B_{mp}=(2,5 \div 3,0) \cdot D_1$	$a=0,5 \text{ м}$ - запас	$L_{\text{ГЕС}}=z \cdot B_{\text{бл}}+L_{\text{МП}}$
$B_K=B_{mp}$	$L_5=L_3$	$L_{\text{МП}}=(1,1 \div 1,5) \cdot B_{\text{бл}}$

Необхідна для пропуску витрати Q_a площа поперечного перерізу турбінної камери може бути уточнена, оскільки вона повинна також бути рівною:

$$F_K=h_K \cdot B_K \quad (21)$$

де $B_K=(2,5 \div 3,0) \cdot D_1$ – ширина турбінної камери, яка гарантує рівномірне підведення води до гідроагрегату.

Висота турбінної камери h_{mk} з метою запобігання її захльостування водяною хвилею має перевищувати глибину h_K на $0,5 \div 1,0$ м.

Повна відстань від входу у водоприймальну частину камери до осі гідротурбіни з урахуванням розміщення пазів сміттєзатримуючої решітки, аварійно-ремонтного затвора і обслуговуючого їх механізму становить $L_1 = L_2 + 2,0$ м, де $L_2 = \frac{B_K}{2}$.

Кути турбінної камери, прямі в плані, необхідно скруглити. Це є доцільним при застосуванні швидкохідних осьових турбін. Консольна частина верхнього перекриття з боку нижнього б'єфу довжиною $1 \div 2$ м виконується із урахуванням розташування генератора.

Будівля станції є монолітною спорудою. Її довжина $L_{ГЕС} = z \cdot B_{бл} + L_{МП}$.

Деформаційний шов влаштовується між монтажною площадкою і агрегатним блоком. Товщина фундаментної плити та усіх монолітних несучих конструкцій становить $t = 0,5$ м. Низ будівельних конструкцій влаштовується на позначці $\downarrow$ НБК.

Позначка підлоги верхньої камери $\downarrow$ ВК. Позначка підлоги машинного залу визначається конструктивно і рівна $\downarrow$ ПМЗ.

Відвідні канали влаштовуються від кожної турбіни із габаритами ..., вхідні перерізи яких розташовані безпосередньо під турбінами і призначені для відведення турбінних витрат ГЕС. В кінцевій частині відвідних каналів встановлені ремонтні затвори, які влаштовують у биках, що відходять від будівлі ГЕС в бік відвідного каналу.

По верху биків прокладено пішохідний перехід, обладнаний огороженням, спуск на який запроєктовано зі сторони монтажною площадки вертикальною драбиною. Ремонтні затвори опускаються та підіймаються електроталлю, що кріпиться у стіні будівлі ГЕС. Направляючі швелери у биках для ремонтних затворів проєктують шириною $0,12$ м, а затвор – товщиною $0,1$ м. Позначка верху будівельних конструкцій биків прийнята на відмітці $\downarrow \dots$ м.

Усі розміри підводної частини гідроелектростанції призначаються конструктивно під час проєктування.

Надводна частина будівлі гідроелектростанції проєктується, в залежності із розмірами турбін, генераторів та безпечних відстаней від деталей агрегатів, що обертаються. Вони приймаються $1,2$ м.

Довжина будівлі гідроелектростанції буде рівна сумі розмірів ширин блоків, биків та монтажною площадки рівна ... м. Ширина будівлі гідроелектростанції визначається конструктивно, виходячи із стандартної довжини панелі перекриття і довжини крану. Панель перекриття має стандартну довжину 6 м і ширину $1,5$ м. Однобалковий підвісний кран вантажопідйомністю ... т має довжину ... м і ширину ... м.

Висоту будівлі гідроелектростанції визначаємо із урахуванням підкранового габариту, позначки підлоги монтажної площадки і під'їзду до неї транспорту, висоти крана і зручного монтажу підкранових шляхів: $\downarrow \text{ВБК} = \dots$ м.

Розміри споруд будівлі ГЕС виражаються в частках від діаметру робочого колеса гідротурбіни. Нижче наведені орієнтовні розміри елементів конструкцій будівлі.

Основні габарити будівлі ГЕС із відкритими турбінами наведено на рис. 4.2.

Ширина турбінної камери $B_k = (2,5 \div 3) \cdot D_1$, м.

Висота турбінної камери $h_{mk} = h_{kp} + h_0 + a$, м,

де h_{kp} – критичне мінімальне заглиблення кришки турбіни під рівень води у камері: $h_{kp} = (0,5 \div 0,9) \cdot D_1$, м;

h_0 – перевищення кришки турбіни над дном турбінної камери:

$$h_0 = (0,6 \div 1,2) \cdot D_1, \text{ м.}$$

Відстань від входу у водоприймач до осі гідротурбіни призначається із урахуванням розташування пазів, затворів та решіток: $L_1 = L_2 + 2,0$ м, м

$$L_2 = \frac{B_k}{2}$$

Висота прямоосної відсмоктувальної труби $h_1 = (2 \div 4) \cdot D_1$, м.

Діаметр вхідного перерізу відсмоктувальної труби: $D_2 = 1,8 \cdot D_1$, м.

Ширина нижньої камери: $B_{nk} = (2 \div 3) \cdot D_1$, м.

Висота нижньої камери: $h_{nk} = h_1 + h_{\min} + \nabla \text{НБ}$, м.

де $h_{\min} = (0,3 \dots 0,5)$ м – мінімальне заглиблення вихідного отвору відсмоктувальної труби під мінімальний рівень у НБ; $\Delta \text{НБ}$ – коливання рівнів у верхньому б'єфі: $\Delta \text{НБ} = \nabla \text{НБ}_{\text{Макс}} - \nabla \text{НБ}_{\text{мін}}$, м.

Відстань від осі турбіни до стінки нижньої камери: $L_3 = (1,5 \div 3) \cdot D_1$, м.

Відстань від осі турбіни до виходу з нижньої камери:

$$L_4 = (5,0 \div 6,0) \cdot D_1.$$

Граничний питомий об'єм бетону в надводній частині агрегатного блоку складає приблизно $1,3 \text{ м}^3/\text{кВт}$.

Монтажна площадка розташовується на $\downarrow \dots$ м. Підкрановий габарит від підлоги монтажної площадки знаходиться на відстані 3 м: $\downarrow \text{КК} = \downarrow \text{ПМП} + 3$ м.

Висота однобалкового крану становить $\dots$ м.

Плити перекриття виконуємо з нахилом $i = 0,05$ для стоку води.

Службові приміщення призначені для обслуговуючого персоналу. В них розташовуються побутові приміщення.

Зі сторони верхнього б'єфу установлені трансформатори марки

Креслимо конструктивну схему будівлі малої ГЕС (рис. 4.2).

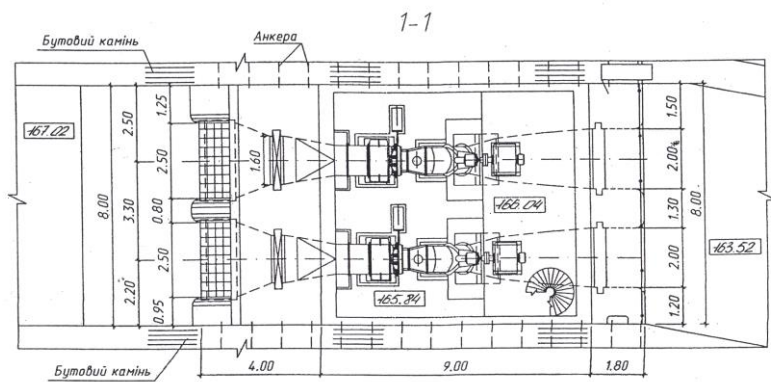
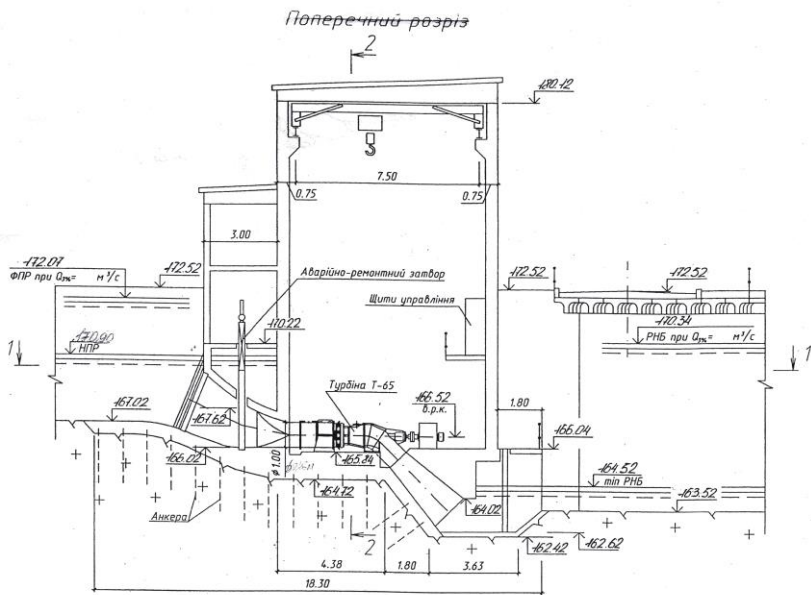


Рис. 4.2. Компонівка малої ГЕС
М 1:100 (200)

5. Техніко-економічні розрахунки малої ГЕС

Зелений тариф – це економічний механізм, що спрямований на стимулювання генерації електроенергії електростанціями відновлювальної енергетики (сонячна, вітрова, гідравлічна).

Використання зеленого тарифу включає в себе:

- гарантований доступ до електромережі;
- довготривалі контракти на придбання електроенергії;
- встановлення порівняно високих закупівельних цін, що враховують вартість відновлюваних джерел енергії.

Регіональні або національні енергопостачальники зобов'язуються купувати електроенергію, вироблену із відновлюваних джерел.

Ставка зеленого тарифу періодично встановлюється постановою Національної комісії регулювання електроенергії України. До квітня 2013 року зелений тариф на малу гідроенергетику складав $\alpha=84,18$ коп/кВт·год.

З 01.04.2013 набрав чинності Закон України (затверджений 29.11.2012 р.), який вводить регулярні зміни до діючого законодавства про "зелений" тариф. Закон встановлює "зелені" тарифи для енергії сонця, вітру, біогазу, біомаси та гідравлічної енергії, розширюючи номенклатуру цих об'єктів у залежності від потужності.

Коефіцієнти "зеленого" тарифу (K) мають різні значення залежно від періоду введення об'єкту у експлуатацію (табл. 5.1).

Таблиця 5.1

«Зелений тариф» на електроенергію, вироблену малими ГЕС

Об'єкт	Коефіцієнт "зеленого" тарифу для об'єктів, введених в експлуатацію				
	по 31.03.2013 включно	з 01.04.2013 по 31.12.2014	з 01.01.2015 по 31.12.2019	з 01.01.2020 по 31.12.2024	з 01.01.2025 по 31.12.2029
Мікро ГЕС потужністю не більше 200 кВт	1,20	2,00	1,80	1,60	1,40
Міні ГЕС потужністю від 200 кВт до 1 МВт	1,20	1,60	1,44	1,28	1,12
Малі ГЕС потужністю 1-10 МВт включно	1,20	1,20	1,08	0,96	0,84

"Зелений" тариф визначається способом домноження відповідного коефіцієнта, встановленого для кожного джерела енергії, та роздрібного тарифу на енергію для II класу споживачів станом на 01.01.2009 р.:

$$3T = K \cdot 58,46 \text{ коп}/(\text{кВт} \cdot \text{год}).$$

Визначаємо виробіток електроенергії на малій ГЕС

$$E_{ГЕС} = N_{ГЕС} \cdot T, \text{ кВт} \cdot \text{год}, \quad (22)$$

де T -число годин роботи малої ГЕС за рік:

$$T = (0,9 \dots 1,0) \cdot 8640, \text{ год}. \quad (23)$$

Визначаємо ціну електроенергії

$$Ц = 3T \cdot E_{ГЕС}, \text{ тис. грн}. \quad (24)$$

6. Мала ГЕС альтернативної конструкції

У розділі потрібно, користуючись літературою, довідковими матеріалами, пошуковими системами тощо, описати конструкцію, призначення, принцип дії однієї з малих ГЕС альтернативної конструкції.

Необхідно навести опис конструкції, умови її використання, переваги та недоліки малої гідроелектростанції.

Технічний паспорт малої ГЕС

(на прикладі малої ГЕС на р. Білозерка Вінницька області)

Місце знаходження ГЕС	Вінницька область
Назва річки	Білозерка
Тип установки	руслова
Відмітка НПР, м	175,1
Напори ГЕС:	
максимальний, м	5,67
мінімальний, м	3,32
розрахунковий, м	4,36
Витрата ГЕС, м³/с	2,5
Потужність ГЕС, кВт	56
Середньобаторічний виробіток, електроенергії, кВт·год	426400
Число агрегатів	2
Тип турбіни	МГА-10-10-0,46
Гідрогенератор (або асинхронний двигун)	A2-65-2
Трансформатор	ТМГ-60/10-У1(ХЛ1)
Вартість електроенергії, тис. грн.	483,52

ЛІТЕРАТУРА

1. Дикий М.О. Поновлювальні джерела енергії. К. : Вища школа, 1993. 352 с.
2. Сиротюк М. І. Поновлювальні джерела енергії / За ред. С. І. Кукурудзи. Львів : Вид.центр ЛНУ ім.І.Франка, 2008. 248 с.
3. Коротун І. М., Коротун Л. К., Коротун С. І. Природні умови і ресурси України. Рівне : УДАВГ, 1997. 175 с.
4. Гідроенергетика: курс лекцій [Електронний ресурс] : навчальний посібник / В. І. Будько, П. Ф. Васько, С. Т. Пазич, ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. 205 с.
5. Кудря С. О., Головка В. М. Основи конструювання енергоустановок з відновлюваними джерелами енергії. К. : НТУУ «КПІ», 2009. 202 с.
6. Лежнюк П. Д., Нікіторович О. В., Кулик В. В. Малі гідроелектростанції з асинхронними генераторами. Вінниця : ВНТУ, 2011. 142 с.
7. Лежнюк П. Д. Проектування електричної частини електричних станцій: навчальний посібник / П. Д. Лежнюк, В. М. Лагутін, В. В. Тептя. Вінниця : ВНТУ, 2009. – 194 с.
8. Лутаєв В. В., Сунічук С. В. Гідроелектростанції. Інтерактивний комплекс навчально-методичного забезпечення дисципліни. Рівне : НУВГП, 2008. 138 с.
9. Самойленко С. Г. Основи проектування гідроенергетичних вузлів. Запоріжжя, ЗДІА, 2011. 388 с.
10. Малі річки України. Довідник / За редакцією А. В. Яценка. Київ : «Урожай», 1991. 294 с.
11. Васько П. Ф., Мороз А. В. Потенціал використання гідроенергетичних ресурсів основних малих річок України. *Відновлювана енергетика*. 2016. № 3. С. 50–56.
12. Васько П. Ф., Мороз А. В., Ібрагімова М. Р. Мала гідроенергетика в структурі електроенергетичної галузі України. *Відновлювана енергетика*. 2015. № 3. С. 53–61.
13. Бриль А. О., Васько П. Ф., Мороз А. В. Технічний потенціал гідроенергетичних ресурсів малих річок України з урахуванням природоохоронних обмежень. *Гідроенергетика України*. 2019. № 3-4. С. 47–51.
14. Вовчак В., Тесленко О., Самченко О. Мала гідроенергетика України. Інститут проблем екології та енергозбереження. К., 2018. Т. II. Технологічні особливості малих ГЕС. 145 с.