



Національний університет
водного господарства
та природокористування

В.В. ЛУТАЄВ
С.В. СУНІЧУК

ГІДРОЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ (Машинна будівля ГЕС)



Інтерактивний комплекс
навчально-методичного забезпечення



Національний університет

водного господарства
та природокористування

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет водного господарства
та природокористування

В.В.Лутаєв, С.В.Сунічук

ГІДРОЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ **(Машинна будівля ГЕС)**



Інтерактивний комплекс
навчально-методичного забезпечення

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Кредитно-модульна система організації
навчального процесу

Для студентів напряму підготовки
“Будівництво”

Рівне 2008



*Затверджено вченою радою Національного університету
водного господарства та природокористування.
Протокол №8 від 27 червня 2008 р.*

Рецензенти: *Є.М. Бабич*, доктор технічних наук, професор кафедри інженерних конструкцій НУВГП;
А.С. Климук, кандидат технічних наук, доцент кафедри гідротехнічних споруд НУВГП.

В.В.Лутаєв, С.В.Сунічук

Л 86 Гідроелектростанції (Машинна будівля ГЕС): Інтерактивний комплекс навчально-методичного забезпечення. Рівне: НУВГП, 2008.–138с.

Навчально-методичний комплекс містить навчальну програму дисципліни “Гідроелектростанції (Машинна будівля ГЕС)”, методичні рекомендації до вивчення змістових модулів, плани практичних і лабораторних занять, тему курсового проекту, контрольні тестові програми, список рекомендованої літератури.

Комплекс призначений для самостійного вивчення дисципліни в умовах кредитно-модульної системи організації навчального процесу студентами вищих навчальних закладів, які навчаються за напрямком підготовки “Будівництво”.

УДК 621.22(073)

ББК 31.56 я.7-6

© В.В.Лутаєв, С.В.Сунічук, 2008

© НУВГП, 2008



Зміст

Передмова.....	4
1. Програма нормативної навчальної дисципліни „Гідроелектростанції” (Машинна будівля ГЕС).....	5
Тематичний план та розподіл навчального часу.....	5
Програмний матеріал змістових модулів.....	6
Змістовий модуль 1. „Гідроенергетичне та допоміжне устаткування ГЕС”	6
Тема 1. Гідравлічні турбіни.....	6
Тема 2. Електроенергетичне обладнання.....	6
Тема 3. Гідромеханічне обладнання ГЕС.....	6
Тема 4. Допоміжне обладнання ГЕС.....	6
Змістовий модуль 2. „Конструкції будівель ГЕС, ГАЕС, ПЕС”	
Тема 5. Основні типи будівель ГЕС, ГАЕС, ПЕС та вимоги до них.....	6
Тема 6. Особливості компоновки різних будівель ГЕС, ГАЕС, ПЕС.....	6
2. Методичні рекомендації до вивчення тем змістових модулів.....	7
Змістовий модуль 1. „Гідроенергетичне та допоміжне устаткування ГЕС”	7
Змістовий модуль 2. „Конструкції будівель ГЕС, ГАЕС, ПЕС”	23
3. Плани практичних занять.....	43
4. Плани лабораторних занять.....	43
5. Контрольна тестова програма.....	43
Змістовий модуль 1. „Гідроенергетичне та допоміжне устаткування ГЕС”	43
Змістовий модуль 2. „Конструкції будівель ГЕС, ГАЕС, ПЕС”	52
6. Контрольні вправи	60
7. Курсове проектування	65
Термінологічний словник.....	66
Література.....	70
Додатки.....	73



Передмова

Метою навчальної дисципліни є формування у студентів навичок конструювання гідровузлів та машинних будівель гідравлічних електричних станцій.

Основними завданнями навчальної дисципліни є:

- визначення основних параметрів ГЕС та ГАЕС;
- проектування будівель різних типів ГЕС та ГАЕС;
- врахування вимог охорони навколишнього середовища.

Студенти в результаті вивчення дисципліни повинні:

- знати методи підбору гідросилового, електричного, механічного устаткування ГЕС і ГАЕС та конструювання і розрахунки машинних будівель;
- уміти використовувати отримані знання в процесі прийняття рішень з компоновки машинної будівлі ГЕС.

Особливістю вивчення студентами дисципліни в умовах впровадження кредитно-модульної системи організації навчального процесу є:

- підвищення ролі системи самооцінки і самовимог;
- посилення ролі самостійної роботи;
- посилення ролі систематичної роботи впродовж семестру;
- збільшення фактору самоосвіти;
- застосування рейтингової системи оцінювання знань студента;
- збільшення прав на маневр та вибір тактики навчання;
- створення умов для розвитку творчих та інтелектуальних здібностей;
- підвищення рівня самовиховання студента, відповідальності за результати своєї навчальної діяльності.

Комплекс розрахований на студентів вищих навчальних закладів бакалаврського рівня підготовки, які вивчають дисципліну „Гідроелектростанції” в умовах кредитно-модульної системи організації навчального процесу.



1. Програма нормативної навчальної дисципліни „Гідроелектростанції” (Машинна будівля ГЕС). Відповідно до навчального плану на вивчення дисципліни „Гідроелектростанції” (Машинна будівля ГЕС) передбачено 108 годин (3 кредити).

1.1. Тематичний план та розподіл начального часу

№ з/п	Назва тем змістових модулів	Денна форма навчання					
		Кількість годин					
		Разом	Лекції	Практичні	Лабораторні	Самостійна робота	Індивідуальна робота
1	2	3	4	5	6	7	8
1.	Змістовий модуль 1: „Гідроенергетичне та допоміжне устаткування ГЕС” Тема 1. Гідравлічні турбіни	9	1	-	-	4	4
	Тема 2. Електроенергетичне обладнання ГЕС	18	2	4	-	8	4
	Тема 3. Гідромеханічне обладнання ГЕС	12	2	2	-	4	4
	Тема 4. Допоміжне обладнання ГЕС	13	1	2	-	6	4
2.	Змістовий модуль 2: „Конструкції будівель ГЕС, ГАЕС, ПЕС” Тема 5. Основні типи будівель ГЕС, ГАЕС, ПЕС та вимоги до них	24	4	-	4	12	4
	Тема 6. Особливості компоновки різних будівель ГЕС, ГАЕС, ПЕС	32	8	-	6	14	4
Разом:		108	18	8	10	48	24



1.2. Програмний матеріал змістових модулів

Змістовий модуль 1. „Гідроенергетичне та допоміжне устаткування ГЕС”

Тема 1. Гідравлічні турбіни

Підбір турбін, вибір кількості агрегатів.

Гідротурбіни малих ГЕС. Устаткування ГАЕС.

Тема 2. Електроенергетичне обладнання ГЕС

Гідрогенератори, їх параметри та конструкції. Підвісний, парасольчатий, капсульний генератори. Трансформатори, їх типи та конструкції. Підбір трансформаторів і визначення їх основних параметрів та габаритних розмірів. Місця установки трансформаторів та способи їх прокатки на монтажний майданчик. Розподільчі пристрої.

Тема 3. Гідромеханічне обладнання ГЕС

Затвори: ремонтні, аварійно-ремонтні, передтурбінні. Сміттєутримуючі решітки, визначення їх габаритних розмірів. Кранове та вантажопідйомне устаткування. Призначення, типи, підбір кранів.

Тема 4. Допоміжне обладнання ГЕС

Масяне господарство. Система технічного водопостачання, дренажу та осушення проточної частини агрегатів ГЕС.

Змістовий модуль 2. „Конструкції будівель ГЕС, ГАЕС, ПЕС”

Тема 5. Основні типи будівель ГЕС, ГАЕС, ПЕС та вимоги до них

Класифікація будівель ГЕС. Основні елементи компоновки будівель ГЕС. Компоновка і розміри підводної частини будівлі ГЕС. Конструкції і розміри надводної частини будівлі ГЕС. Монтажний майданчик, його конструкція, розміри. Під’їзні колії.

Тема 6. Особливості компоновки різних будівель ГЕС, ГАЕС, ПЕС

Будівлі руслових ГЕС, характерні особливості. Несуміщені та суміщені типи будівель ГЕС. Будівлі пригребельних ГЕС, характерні особливості та ознаки. Будівлі дериваційних ГЕС. Умови їх застосування та особливості. Підземні ГЕС, їх переваги та



недоліки, особливості конструкцій. Спеціальні типи будівель ГЕС. Будівлі ГАЕС, особливості компоновки, характерні ознаки. Малі ГЕС, типи, особливості конструкції та устаткування. Припливні гідроелектростанції, характерні особливості.

2. Методичні рекомендації до вивчення тем змістових модулів

Змістовий модуль 1. „Гідроенергетичне та допоміжне устаткування ГЕС”

Тема 1. Гідралічні турбіни

Гідралічною турбіною називається двигун, який перетворює потенційну і кінетичну енергію води в енергію обертання валу.

Гідротурбіни можна поділити на два основних класи: активні і реактивні (рис.1).

В активних гідротурбінах тиск на вході і на виході з робочого колеса однаковий, в робочому колесі використовується тільки кінетична енергія потоку, що підводиться до нього у вигляді вільної струмини.

В реактивних гідротурбінах потенційна енергія потоку на вході в робоче колесо більша за енергію на виході з нього. Крім того, в робочому колесі частково використовується кінетична енергія потоку.

Клас реактивних гідротурбін поділяється на три системи: радіально-осьові, осьові, діагональні.

Радіально-осьова турбіна характерна тим, що вода на вході на робоче колесо рухається в радіальній площині, а після робочого колеса – в осьовому напрямку.

Ці турбіни використовуються в широкому діапазоні напорів від декількох метрів до 500-550м.

Осьові турбіни характерні тим, що потік в робочому колесі цих турбін рухається уздовж осі турбіни. До осьових турбін відносяться вертикальні поворотно-лопатеві і пропелерні, а також горизонтальні (капсульні і прямоточні).

Осьові турбіни мають діапазон від декількох метрів до 60-70м.



В діагональних поворотно-лопатевих турбінах потік в робочому колесі рухається уздовж конічної поверхні току. Діагональні турбіни можуть бути використані в діапазоні напорів від 20м до 150-200м.

Клас активних турбін поділяється на такі системи:

1. ковшові гідротурбіни;
2. струменеві з нахилом;
3. турбіни подвійної дії;
4. кільцеструменеві гідротурбіни.

Ці турбіни застосовуються при високих напорах (до 2000м).

Реактивні турбіни зведено до номенклатури гідротурбін (графіка області їх застосування (рис. 2).

Визначення типу гідротурбіни та її основних параметрів

Необхідні наступні вихідні дані: діапазон зміни напору (H_p , H_{min} , H_{max}), установлена потужність ГЕС і орієнтовна кількість агрегатів, відмітка рівнів верхнього і нижнього б'єфів, інші вимоги і умови, що стосуються конструкції, виготовлення і експлуатації гідротурбін та допоміжного механічного устаткування.

На базі указаних даних за допомогою номенклатури обирають тип гідротурбіни.

Основні параметри гідротурбіни (D_l – діаметр робочого колеса, частота обертання n та допустима висота відсмоктування H_s) можуть бути знайдені або за допомогою наближеного методу з використанням часткових графіків гідротурбіни (рис. 3), або за допомогою головних універсальних характеристик гідротурбін (рис. 4) [4, с.19; 2, с.5; 20, с.4; 18, с.5].

В залежності від величини D_l і за допомогою спеціальних таблиць визначаються габарити гідротурбін (рис. 5).

Вибір кількості агрегатів проводиться одночасно з вибором типу турбіни, параметрів турбіни і генератора, висотного розташування робочого колеса гідротурбіни. Цей вибір проводиться на основі техніко-економічних розрахунків з врахуванням умов роботи ГЕС в енергосистемі. Знаючи установлену потужність ГЕС $N_{уст}$, задають два-три варіанти кількості агрегатів і для кожного з них визначають потужність агрегату N_a , потужність турбіни, параметри і габарити турбіни і генератора, габарити будівлі ГЕС,



водного господарства та природокористування
визначають об'єми робіт, капіталовкладення і щорічні витрати гідроелектричної станції та її потужність і виробіток енергії.

Підведення і відведення води від турбін

Турбінні камери служать для організованого підведення води до направляючого апарату реактивної турбіни.

Типи турбінних камер: відкриті, кожухові, прямовісні (прямоточні), спіральні, однопідвідні і двопідвідні. Застосування тої чи іншої конструкції залежить від напору, розмірів турбіни, компоновки машинної будівлі ГЕС.

В залежності від значення напору спіральні камери виконуються бетонними, металевими або сталевозалізобетонними (рис. 6).

Форма перерізу спіральних камер визначається умовами компоновки машинної будівлі ГЕС. Вони можуть бути круглого і таврового перерізу (рис. 7).

Розміри камери визначаються двома методами:

1. За законом постійності середньої колової швидкості.
2. За значеннями колової швидкості, що розподіляється за законом потенційного потоку.

Розміри спіральних камер в долях діаметру робочого колеса D_1 можуть бути визначені за номограмами або за таблицями.

Розміри турбінної камери горизонтальних капсульних агрегатів можуть бути визначені за аналогом або наближеними розрахунками.

Добір і розрахунок турбінних камер дивись [4, с.28; 18, с.9; 20, с.11].

Відсмоктувальна труба призначена для відведення води від гідромашини у відвідний канал ГЕС та перетворення кінетичної енергії в енергію тиску потоку, що виходить з лопатевої системи гідроагрегату.

Типи відсмоктувальних труб: прямовісні конічні (рис. 8) та зігнуті (рис. 9).

На попередній стадії проектування тип відсмоктувальної труби можна приймати в залежності від типу турбіни і конструктивних особливостей будівлі ГЕС.

Добір відсмоктувальної труби і її основних параметрів можна виконати, користуючись [4, с.43; 18, с.11; 20, с.14].



Характеристики малих гідротурбін або агрегатів мікроГЕС, що випускають різні фірми, наведено в [11, с.60; 17, с.98].

Гідромашинне обладнання ГАЕС визначається типом ГАЕС. В чотиримашинній схемі передбачається установка двох незалежних пар машин, одна з яких складається з турбіни і генератора, а друга – з насоса і електродвигуна.

Тримашинна схема характеризується тим, що дві гідравлічні машини (насос і турбіна) розташовуються на загальному вертикальному чи горизонтальному валу з оборотною синхронною електричною машиною (рис. 10).

Двомашинна схема ГАЕС передбачає використання оборотної гідравлічної машини (насос-турбіна), а також оборотної електричної машини (двигун-генератор) (рис. 11).

В ГАЕС використовують осьові (поворотно-лопатеві, пропелерні), діагональні, відцентрові (одноступеневі, багатоступеневі) насоси.

Добір насосів та їх параметрів дивись [3, с.290].

Насос-турбіни можуть бути: осьові, (пропелерні та поворотно-лопатеві), діагональні, радіально-осьові (одноступеневі, багатоступеневі). Основними параметрами насос-турбін є звичайні параметри турбіни, до яких доповнюються параметри насосного режиму. Добір основних параметрів насос-турбін дивись [22, с.3; 4, с.48].

Запитання для самоконтролю

1. Типи гідравлічних турбін.
2. Призначення турбінних камер, їх типи.
3. Призначення відсмоктувальних труб, їх типи.
4. Визначення основних параметрів гідротурбіни.
5. Визначення параметрів турбінної камери і відсмоктувальної труби.
6. Характеристики малих гідротурбін.

Тема 2. Електроенергетичне обладнання ГЕС

Гідрогенератор – це електрична машина, яка призначена для перетворення механічної енергії обертання робочого колеса гідротурбіни в електричну енергію. Основними елементами



гідрогенераторів, що забезпечують перетворення енергії, є ротор і статор.

За розташуванням вала гідрогенератори поділяються на вертикальні і горизонтальні.

Вертикальні гідрогенератори виконуються двох типів – підвісного і парасольчатого, які різняться між собою розташуванням під'ятника відносно ротора. На рис. 12 наведено компоновочна схема підвісного генератора, на рис. 13 – парасольчатого.

Горизонтальні генератори застосовуються в компоновці з гідротурбінами невеликої потужності (рис. 14) та в капсульних агрегатах з поворотно-лопатевими турбінами (рис. 15).

Основними параметрами генератора є його потужність, коефіцієнт потужності, напруга, швидкість обертання, маховий момент і коефіцієнт корисної дії. Повна потужність генератора S вимірюється кіловатоамперах (кВА), активна $N_{ген}$ – в кіловатах (кВт).

$$N_{ген} = S \cdot \cos \varphi,$$

де $\cos \varphi$ - коефіцієнт потужності генератора.

Як правило $\cos \varphi = 0,85 \div 0,90$, в горизонтальних капсульних гідроагрегатах він збільшується до $0,95 - 1,0$.

Швидкість обертання генератора пов'язана з частотою струму співвідношенням

$$n = \frac{60 f}{P}, \text{ об / хв,}$$

де f – частота струму, Гц;

P – число пар полюсів генератора.

При частоті струму 50 Гц,

$$np = 3000.$$

Генератори мають напруги 0,4, 3,15; 6,3; 10,5; 13,8; 15,75; 21кВ, для генераторів капсульних агрегатів напруга складає 3,15 або 6,3 кВ.

Величина махового моменту визначається величиною GD^2 , де G - вага ротора генератора, D – діаметр інерції маси ротора відносно осі обертання.



Активна потужність $N_{ген}$ може бути знайдена

$$N_{ген} = N_m \cdot \eta_{ген},$$

де N_m - потужність турбіни,

$\eta_{ген}$ - коефіцієнт корисної дії генератора.

Коефіцієнт корисної дії досягає – 98,5%.

Для габаритів генератора характерними величинами є діаметр розточки статора D_i і висота активної сталі ℓ_a .

Загальна вага гідрогенератора орієнтовно може бути знайдена за формулою

$$G = AD_i \ell_a,$$

де A - коефіцієнт в середньому береться у діапазоні 35-45 т/м².

Вага ротора гідрогенератора з валом складає 45-50% загальної ваги.

Парасольчаті генератори можуть застосовуватися при $\frac{\ell_a}{D_i} \leq 0,15$,

підвісні для гідроагрегатів з великою швидкістю обертання – 150 - 200 об/хв і вище.

Для відведення тепла, яке виділяється в активній сталі та в обмотках, застосовують повітряне охолодження – замкнуте і розімкнуте та водяне. На крупних генераторах застосовують комбіновану систему охолодження.

Система збудження гідрогенератора постачає в обмотку ротора постійний струм, який створює необхідне магнітне поле. Застосовують пряме і непряме збудження.

Генератори вибирають за активною потужністю $N_{ген}$ (або повною потужністю S) та швидкістю обертання n по каталогах генераторів [2, с.52; 4, с.59; 18, с.11].

Оборотні електричні машини – це двигуни-генератори, у яких ротор може обертатись в обидві сторони. Конструкція механічної частини оборотної машини мало чим відрізняється від конструкції звичайних генераторів. В зв'язку з відсутністю каталогів двигунів-генераторів всі їх параметри визначаються розрахунком [4, с.65; 22, с.13]. Оборотної електричні машини застосовуються в схемах ГАЕС.



Трансформатор – це пристрій, який збільшує (зменшує) напругу електричного струму.

Передача електричної енергії на великі відстані здійснюється на високих напругах, що забезпечує зниження втрат в лініях електропередач і зменшує переріз дротів.

Чим більша відстань передачі по ЛЕП і чим більша потужність, яка передається, тим більш висока напруга. Стандартні напруги ЛЕП: 35, 110, 220, 330, 500, 750, 1000, 1500кВ.

В системі передачі електроенергії від місця її виробництва до місця споживання відбувається 3-5 кратна трансформація напруги в трансформаторах, які підвищують і які знижують напругу.

В залежності від кількості обмоток трансформатори поділяються на двообмоточні і триобмоточні. В електричних схемах гідроелектростанцій застосовуються також автотрансформатори.

Трансформатори можуть бути трифазними і однофазними.

На рис. 16 наведено схему трансформатора номінальної потужності 500кВ.

Для періодичного огляду і ремонту трансформатори переміщуються на монтажний майданчик або в спеціально обладнані приміщення колісними каретками, які встановлюють на рейки. Трансформатори мають можливість переміщення як у поздовжньому так і поперечному напрямках.

Підбір трансформатора здійснюється після складання головної схеми електричних з'єднань. Найбільш розповсюджена блочна схема. Вихідними даними для підбору трансформатора є потужність S_{mp} трансформатора та напруга U_e на виводах.

$$S_{mp} = Z_2 \cdot \frac{N_{ген}}{\cos \varphi},$$

де Z_2 - кількість агрегатів, що під'єднані до трансформатора;

$N_{ген}$ - активна потужність генератора;

$\cos \varphi$ - коефіцієнт потужності.

Напруга U_e визначається напругою лінії електропередачі. Марка трансформатора та його габаритні розміри обираються за каталогом трансформаторів [1, с.143; 2, с.65; 14, с.66; 18, с.13]. При відсутності каталогів марку трансформатора можна прийняти,



орієнтовуються на стандартні потужності. Допускається короткочасне перевантаження трансформаторів в 5-10%, а при короткочасних аварійних перевантаженнях до 40%.

Розташування трансформаторів передбачає якнайменшу відстань від генератора на відмітках, які зручні для доставки їх на місце установки і на монтажний майданчик або спеціальний майданчик.

Як правило, трансформатори розташовуються на бичках з боку нижнього б'єфа в руслових ГЕС, на майданчиках з боку верхнього б'єфа – в пригребельних і дериваційних ГЕС, в підземних ГЕС – в спеціальних приміщеннях або на поверхні землі, у водозливних і вбудованих ГЕС – на спеціальному мосту. На ГЕС невеликої потужності трансформатори можуть встановлюватись на спеціальних підстанціях, що розташовуються за межами будівлі ГЕС. На рис. 17 зображено можливі схеми розташування силових трансформаторів.

Власні потреби гідроелектростанції

Вони визначаються потребами в електроенергії для приведення в дію всіх систем і механізмів, які потрібні для забезпечення нормальної роботи основного гідромеханічного і електричного обладнання.

Власні потреби поділяються на три категорії:

- 1) що не допускають перерви в постачанні;
- 2) що допускають короткочасну перерву в постачанні енергії;
- 3) які допускають тривалі перерви в постачанні.

Споживачі власних потреб в залежності від потужності працюють при напрузі від 220В до 6-10кВ.

Витрати електроенергії на власні потреби ГЕС складають 0,5-1% установленої потужності, а за виробкою не перевищують 0,2-1%.

Система власних потреб розташовується в приміщеннях машинної будівлі ГЕС.

Розподільчі пристрої

Основна частина енергії, що виробляється на ГЕС, передається через розподільчі підстанції в енергосистему.



Закриті розподільчі пристрої генераторної напруги розташовуються в будівлі ГЕС, розподільчі пристрої високої напруги (ВРП) – на відкритих майданчиках, у більшості випадків з боку нижнього б'єфа, до яких передбачається під'їзд транспорту.

Інколи на ГЕС будується два ВРП, що зумовлено топографічними умовами району будівництва ГЕС та схемами електричних з'єднань (Красноярска ГЕС, р. Єнісей).

Розподільчий пристрій високої напруги закритого типу (ЗРП) розташовується в закритих приміщеннях. ЗРП дорожчий за ВРП, вони будуються в особливих кліматичних умовах.

Суттєве зменшення розмірів розподільчого пристрою може бути отримано застосуванням електрогазових розподільчих пристроїв, в яких ізолюючим середовищем є спеціальні газові суміші, що складаються із з'єднання сірки та фтору.

Розміри ВРП попередньо приймаються в залежності від напруги. Площа однієї комірки ВРП, до складу якої входять вимикачі та роз'єднувачі, може бути визначена за спеціальними таблицями [1, с. 146]. Загальна площа ВРП визначається кількістю комірок. Кількість ЛЕП може бути знайдена за рекомендованою потужністю однієї ЛЕП з урахуванням запитів споживача.

Запитання для самоконтролю

1. Що таке гідрогенератор?
2. Типи генераторів за розташуванням валу.
3. Типи вертикальних гідрогенераторів.
4. Дайте зображення підвісного гідрогенератора.
5. Намалюйте схему парасольчатого гідрогенератора.
6. Коли застосовуються підвісні гідрогенератори?
7. Коли застосовуються парасольчаті гідрогенератори?
8. Назвіть основні параметри гідрогенератора.
9. Як обирається тип гідрогенератора?
10. Як визначаються основні розміри гідрогенератора?
11. Назвіть системи охолодження гідрогенераторів.
12. Назвіть системи збудження гідрогенераторів.
13. Що таке оборотні електричні машини?
14. Де застосовуються оборотні електричні машини?
15. Призначення трансформатора.



16. Назвіть стандартні напруги ЛЕП.
17. Назвіть типи трансформаторів та їх маркування.
18. Як здійснюється підбір трансформатора?
19. Назвіть варіанти розташування силових трансформаторів на ГЕС.
20. Чим визначаються власні потреби електроенергії на ГЕС?
21. Назвіть три категорії споживачів власних потреб на ГЕС.
22. Де на ГЕС розташовується системи власних потреб електроенергії?
23. Які розподільчі пристрої має ГЕС?
24. Як визначаються розміри відкритого розподільчого пристрою на попередній стадії розрахунків?

Тема 3. Гідромеханічне обладнання ГЕС

До складу гідромеханічного обладнання входять: сміттеутримуючі решітки, затвори, стаціонарні підйомні і тягові механізми для затворів, підйомно-транспортне обладнання, захватні балки, що застосовуються при маневруванні затворами або решітками, візок для транспортування затворів, трансформаторів, сміття з під решіткоочисних машин, решіткоочисні машини та пристрої для очистки сміттеутримуючих решіток та водного простору перед ними, компенсатори і арматура турбінних трубопроводів тощо.

Склад і типи механічного обладнання визначається вимогами компоновки ГЕС та її експлуатації.

Сміттеутримуючі решітки призначені для захисту турбін від попадання в них сміття і плаваючих тіл, що здатні порушити нормальну експлуатацію агрегату. Решітки виконуються з металевих стержнів, ширина отвору між якими визначається типом і розмірами турбін. Для зменшення втрат напору різні елементи решіток проектують гідравлічно досконалими.

При великій висоті отвору решітка виконується з окремих секцій.

При відносно незначних заглибленнях напірних отворів водоприймачів або в поверхневих безнапірних водоприймачах застосовують плоскі решітки, в глибинних водоприймачах – нез'ємні плоскі і полігональні решітки.



Сміттєутримуючі решітки розташовуються, як правило, перед ремонтними і аварійно-ремонтними затворами. На водотоках з невеликою кількістю сміття решітки можуть бути розташовані між затворами.

Інколи з'ємні решітки встановлюються в пази ремонтного затвору.

Очистка решіток виконується, як правило, спеціальними решіткоочисними механізмами. При значних заглибленнях водоприймача під рівень води можуть застосовуватись стаціонарні решітки, які не очищуються.

Решітки мають бути захищені від обмерзання і забивки їх шугою.

Обслуговуються решітки кранами і спеціальними решіткоочисними механізмами.

Розрахунок решітки складається з визначення площі решітки, її маси та втрат напору на решітці [4, с.70; 8, с.72; 18, с.14].

На ГАЕС решітки встановлюються і з боку нижнього б'єфа.

Затвори енергетичних водоводів

Затвори за експлуатаційним призначенням поділяються на:

- основні (робочі);
- ремонтні;
- аварійно-ремонтні;
- передтурбінні.

Основні (інколи їх називають робочими) затвори призначені для регулювання витрати води, що поступає у водоводи ГЕС. Такі затвори мають місце у водоприймачах несаморегулюючої деривації.

Ремонтні затвори застосовують для перекриття отворів під час ремонту аварійно-ремонтних затворів, що розташовані за ними, водоводів та гідроагрегатів.

Ремонтні затвори відсмоктувальних труб перекривають їх з боку нижнього б'єфа при ремонті гідроагрегатів.

Підйом та опускання ремонтних затворів відбувається в спокійній воді.

Ремонтні затвори можуть бути одиночні або секційні плоскі, при невеликих напорах – з окремих балок. Їх кількість на ГЕС визначається із розрахунку 1 комплект на 3-4 агрегати.



Аварійно-ремонтні затвори застосовують для припинення подачі води в турбінні водоводи. Опускання їх відбувається у воду, що тече.

У випадках, коли підвід води до агрегатів відбувається відкрито укладеними металевими водоводами або якщо на пригребельних ГЕС турбінні водоводи відкрито укладені на низовій грані бетонної греблі, аварійно-ремонтні затвори обладнуються автоматичними індивідуальними механізмами. Час опускання таких затворів складає 2- 5 хв.

В глибинних берегових і баштових водоприймачах застосовують сегментні і дискові затвори.

Розташування СУР, ремонтних і аварійно-ремонтних затворів у водоприймачах і відсмоктувальних трубах ГЕС наведено на рис. 18 і 19.

Передтурбінні затвори на турбінних водоводах встановлюються для виконання наступних функцій: припинення доступу води до гідротурбіни при нормальних умовах експлуатації або в аварійних випадках припинення доступу води до гідроагрегата ГАЕС при зміні напрямку обертання ротора в процесі переходу з одного режиму в інший.

Передтурбінні затвори діляться на дві групи: кульові і дискові.

Конструкції затворів наведено в літературі [5, с.16-18, 25-27; 29-38].

Розрахунок затворів складається з визначення його розмірів, маси, сили тяги підйомних механізмів [3, с.71-73; 5, с.27-29; 8, с.72; 18, с.16; 4, с.70].

Механізми для обслуговування затворів складаються з кранового обладнання (мостові і козлові крани) та індивідуальних механізмів. До індивідуальних механізмів відносяться канатні механізми або гідроприводи [5, с.18-24].

Підйомно-транспортне обладнання

Для монтажу, ремонту, демонтажу агрегатів і допоміжного обладнання, переносу і установки затворів, СУР і різних вантажів на ГЕС застосовуються електричні мостові і козлові крани різної конструкції і вантажопідйомності, а також підйомно-транспортне устаткування малої механізації.



Мостові крани застосовуються, як правило, серійного типу з двома гаками вантажопідйомності з 15/3 до 250/30т і несерійні крани вантажопідйомності з 300/30 до 500/125т.

Висота підйому гаків крану обирається в залежності від необхідної висоти підйому обладнання.

Основні елементи електричного мостового крану наведено на рис. 20, а схема підйому обладнання краном будівлі ГЕС на рис. 21.

Козлові і напівкозлові крани гідроелектростанцій нестандартизовані і виготовляються за індивідуальними проектами. На рис. 22 зображено напівкозловий кран.

Габарити крану обираються за трьома основними параметрами крана – вантажопідйомності, прольоту крана, висоті підйому гаків [4, с.73; 8, с.73; 18, с.16].

Спарена робота кранів дозволяється тільки як виняток, з використанням траверси, маса якої додається до маси вантажу, який піднімається.

На рис. 23 відображена схема кріплення ротора генератора до траверси при спареній роботі двох кранів.

До підйомних засобів малої механізації відносяться підвісні однобалочні мостові крани загального призначення вантажопідйомності 0,5-5т (рис.24), електричні талі вантажопідйомності від 0,5 до 5т, які пересовуються по монорейці (рис. 25).

При монтажі і капітальних ремонтах обладнання ГЕС знаходять застосування пересувні вантажопідйомні засоби: автомобільні, пневмоколісні та гусеничні крани.

Основні розміри засобів малої механізації наведено в [5, с.57].

Кран машинної будівлі ГЕС є **основним**. Він визначає конструкцію і розміри машинної зали, тому вибір основного крану виконується одночасно з вибором її конструкції.

Число кранів вибирається в залежності від числа агрегатів ГЕС і необхідної вантажопідйомності кранів.

В окремих конструкціях руслових ГЕС основний кран може обслуговувати і шитове відділення водоприймача.

До допоміжного підйомно-транспортного обладнання відноситься устаткування, яке обслуговує водоприймачі ГЕС, виконує маневрування затворами відсмоктувальної труби та водоскидів суміщених ГЕС, а також сміттєочисне устаткування.



Запитання для самоконтролю

1. Назвіть що входить до складу гідромеханічного обладнання ГЕС?
2. Призначення сміттеутримуючої решітки.
3. Що робиться для зменшення втрат напору на сміттеутримуючих решітках?
4. Які можуть бути конструкції решіток?
5. Назвіть види сміттеутримуючих решіток.
6. Де розташовуються сміттеутримуючі решітки?
7. Як здійснюється очистка сміттеутримуючих решіток?
8. Як захищаються сміттеутримуючі решітки від обмерзання?
9. Чим обслуговуються сміттеутримуючі решітки?
10. З чого складається розрахунок сміттеутримуючих решіток?
11. Назвіть види затворів та їх призначення.
12. Функції передтурбінних затворів.
13. Механізми для обслуговування затворів.
14. Назвіть типи підйомно-транспортного обладнання на ГЕС.
15. Як підбирається вантажопідйомність крана?
16. Що відноситься до підйомних засобів малої механізації на ГЕС?
17. Основні елементи електричного мостового крана.
18. Основні елементи електричного козлового крана.

Тема 4. Допоміжне обладнання ГЕС

Допоміжне обладнання ГЕС включає масляне господарство гідроагрегатів, трансформаторну майстерню, пневматичне господарство, технічне водопостачання, протипожежне водопостачання, відкачку води з проточного тракту гідротурбін і дренажних колодязів. Як правило, ці системи і господарства розташовуються в приміщеннях безпосередньо в будівлі ГЕС.

Масляне господарство на ГЕС призначене для постачання та обслуговування маслом турбін, генераторів, трансформаторів, масляних вимикачів і іншого обладнання.

На ГЕС застосовуються масла марок $T_{II} - 3$ і $T_{II} - 6$ для заливки системи регулювання гідротурбін, для змащення підп'ятників і підшипників гідрогенераторів і гідротурбін.



Компресорне масло марок К-12, К-19 застосовується для змащення повітряних компресорів високого і низького тиску. Індустріальне масло використовується для змащення підшипників електродвигунів, насосів, мостових кранів тощо.

В гідроприводах затворів водоприймачів і водоскидів використовується спеціальна робоча рідина для гідросистем. Для заливки масла в трансформатори, масляні вимикачі та інше високовольтне устаткування використовують ізоляційні масла.

Станційне масляне господарство повинно складатися з приміщення для масла, апаратної з комплексом стаціонарного устаткування (маслоочисні машини, насоси, фільтри, устаткування для регенерації і дегазації масла, арматура і трубопроводи), маслохімічної лабораторії, транспортних вантажопідйомних засобів, інших приміщень. Воно, як правило, розташовується в блоці монтажного майданчика будівлі ГЕС. Масляне господарство підземних ГЕС розташовується в приміщеннях на поверхні землі.

Приклад компоновки станційного масляного господарства приведено в [5, с. 58].

Трансформаторна майстерня призначена для монтажу і ремонту головних трансформаторів. На деяких ГЕС, де неможливо використовувати для цього монтажний майданчик, передбачається обладнання трансформаторної майстерні. Доцільно її розташовувати поруч з монтажним майданчиком.

Пневматичне господарство на ГЕС призначене для постачання повітрям під тиском різних споживачів ГЕС і ГАЕС, які працюють при тиску від 0,4 до 6,4МПа. До таких споживачів відноситься гальмівне устаткування гідроагрегатів, пневмоінструменти, пневмогідролічні пристрої, система створення чистої зони перед затворами водоскидів греблі, система віджиму води, гідроаккумулятори МНУ, вимикачі і роз'єднувачі високої напруги.

На ГЕС і ГАЕС у складі пневмогосподарства можуть створюватись незалежні системи: низького тиску 0,9МПа; середнього 4,2-6,4МПа; високого – 23,1МПа.

Схема різних систем пневматичного господарства ГЕС, розрахунок і вибір устаткування дивись в [5, с.77].

Технічне водопостачання. Споживачами системи технічного водопостачання на ГЕС і ГАЕС є: гідромашини (змащення підшипників, охолодження масла у ваннах підшипників, в системах



регулювання), гідрогенератори (охолодження масла в системах змащення підп'ятників і підшипників, повітроохолоджувачів, охолодження статора і ротора та ін.), трансформатори (маслоохолоджувачі) та інше технологічне обладнання.

З вибором способу, схеми технічного водопостачання, проведенням гідравлічних розрахунків системи, підбору обладнання для технічного водопостачання можна ознайомитись в [5, с.95].

Протипожежне водопостачання. Воно призначене для автоматичного водяного пожежогасіння гідрогенераторів ГЕС, двигунів-генераторів ГАЕС, трансформаторів, кабельних споруд тощо.

Джерелом протипожежного водопостачання ГЕС і ГАЕС є верхній б'єф із застосуванням як насосного так і безнасосного протипожежного водопостачання.

В [5, с.116] наведено порядок вибору системи та обладнання протипожежного водопостачання.

Система осушення агрегатів. Система призначена для вилучення води з спіральної камери і відсмоктування труби турбіни, турбінних водоводів, тунелів, водозливних камер і водоскидів.

Система осушення агрегату виконується за груповою або централізованою схемами. Групова схема застосовується на ГЕС невеликої потужності та на багатоагрегатних ГЕС середньої потужності. Централізована схема осушення застосовується на ГЕС великої потужності. На малих ГЕС зустрічаються схеми з переносними насосами.

Можливі наступні схеми осушення проточної частини (рис. 26):

- індивідуальним насосом для кожного агрегату (схема I);
- загальною насосною станцією (схема II);
- переносним насосом (схема III);
- центральною насосною станцією, що розташована в нижніх поверхах блоку монтажного майданчика, а підвід води здійснюється потернами (схема IV) або магістральними колекторами (схема V).

Вибір схеми осушення залежить від компоновки будівлі ГЕС і визначається техніко-економічними порівняннями варіантів насосного устаткування з горизонтальними або вертикальними



водного господарства
виробничо-технічного факультету
насосами. Вибір обладнання насосних станцій і схем осушення
дивись в [5, с.122].

Запитання до самоконтролю

1. Що відноситься до допоміжного обладнання ГЕС?
2. Призначення масляного господарства на ГЕС.
3. Назвіть споживачів технічного водопостачання на ГЕС.
4. Призначення пневматичного господарства на ГЕС.
5. Які системи осушення агрегатів існують на ГЕС?

Змістовий модуль 2. „Конструкції будівель ГЕС, ГАЕС, ПЕС”

Тема 5. Основні типи будівель ГЕС, ГАЕС, ПЕС та вимоги до них

Машинна будівля ГЕС – це будівля, в якій розташовується основне силове обладнання (гідротурбіни, гідрогенератори), а також допоміжне обладнання і системи, які забезпечують їх надійну роботу, управління, обслуговування і ремонт.

Різноманітність геологічних, гідрологічних і топографічних умов у місцях будівництва ГЕС не дозволяє визначити якийсь єдиний оптимальний варіант компоновки будівлі ГЕС, хоча вони можуть мати загальні риси, за якими є можливість зробити наступну класифікацію машинних будівель ГЕС.

Типи машинних будівель ГЕС можна поділити на:

1. Руслові;
2. Пригребельні;
3. Дериваційні;
4. Спеціальні.

Основні елементи компоновки будівлі ГЕС

Будівлю ГЕС умовно можна поділити на три частини – підводну (гідротехнічну), надводну (верхня будова) і блок монтажного майданчика.

Підводна частина це та, яка розташовується нижче рівня нижнього б'єфа (рис. 27), а на руслових ГЕС (рис.18) – це також і



частина будівлі, що розташована нижче рівня води з боку верхнього б'єфа.

В підводній частині будівлі ГЕС розташовується проточна частина агрегату (водоприймач або підвідний трубопровід, турбінна камера, відсмоктувальна труба або відвідний канал для ковшових турбін), турбінне обладнання і деяке допоміжне устаткування станції. Підводна частина будівля сприймає гідростатичне, гідродинамічне навантаження, вагу обладнання і вище розташованих конструкцій і передає їх на основу споруди.

В залежності від типу ГЕС і типу гідротурбіни підводна частина виконується різною.

Масив будівлі в зв'язку із значними температурними умовами ділиться деформаційними швами на окремі секції. В кожену секцію можуть входити від одного до декілька агрегатів в залежності від ширини блоку одного агрегату, якостей основи і величини температурних напруг. В зв'язку з різницею напруг на основу блок монтажного майданчика як правило відрізається наскрізним деформаційним швом від решти будівлі ГЕС.

В підводній частині розташовуються системи маляного господарства, осушення проточної частини агрегатів, дренажу будівлі тощо.

В надводній частині будівлі ГЕС (рис. 18, 27) розташовуються гідрогенератори, силові трансформатори, кранове обладнання машинної зали, щитових відділень верхнього і нижнього б'єфів. Надводна частина захищається верхньою будовою, яка може мати різне виконання.

Блок монтажного майданчика також складається з підводної і надводної частин (рис. 28).

Підводна частина машинної будівлі ГЕС

Іноколи її називають гідротехнічною, агрегатною або нижньою масивною частиною будівлі ГЕС.

Відмітки підводної частини визначаються відміткою осі робочого колеса турбіни.

Ширина агрегатного блока в більшості випадків визначається шириною турбінної камери і бика між спареними агрегатами.



Водоприймач руслової будівлі ГЕС безпосередньо приєднується до турбінної камери, тому ширина водоприймача з биком майже завжди приймають рівній ширині агрегатного блоку.

На рис. 29 наведено схеми агрегатної частини різних будівель ГЕС. Вони залежать від типу станції, напору, стану основи, потужності та інших факторів.

На схемі I зображена агрегатна частина низьконапірної руслової будівлі ГЕС на нескельній основі. При будівництві будівлі станції на скельній основі (схема II) фундамент приймається більш складної форми з метою зменшення робіт з розробки скелі.

На схемі III надається схема агрегатної частини в будівлях станцій пригребельного або дериваційного типу середнього і високого напорів. В таких схемах застосовуються в більшості випадків металеві турбінні камери круглого перерізу.

На високонапірних дериваційних станціях з агрегатами малої або середньої потужності при застосуванні вертикальних конічних відсмоктувальних труб застосовується відвідний канал прямокутного перерізу (схема IV).

При застосуванні активних турбін (схема V) відсутні турбінна камера і відсмоктувальна труба.

При відносно малих напорах можуть використовуватись капсульні агрегати, схема агрегатної частини будівлі станції якої зображено на схемі VI.

Схема VII може бути застосована при малих напорах, коли гідрогенератор розташований в окремому приміщенні.

В будівлях ГЕС суміщеного типу в межах турбінного блоку розташовуються водоскиди (схеми VI, VII, VIII).

У відсмоктувальних трубах встановлюються ремонтні затвори, які використовуються при вилученні води з проточної частини агрегату. В суміщених ГЕС затвори напірних водоскидів розташовуються з боку нижнього б'єфа (схема VIII).

Орієнтовну ширину агрегатного блоку машинної будівлі різних типів ГЕС в залежності від типу турбін, що встановлені на ГЕС, від виду основи та діаметру робочого колеса D_1 можна знайти за спеціальними графіками [7, с.224].

З питаннями конструювання водоприймачів ГЕС можна ознайомитись в [8, с.4; 19, с.17,32], а з особливостями компоновки підводної частини в [8, с.8].



Існують три типи верхньої будівлі ГЕС: закрита, напіввідкрита і відкрита (рис. 30).

Розміри верхньої будови закритої будівлі ГЕС (схеми I і II) визначаються із умови, що все обладнання станції, включаючи вантажопідйомні крани, знаходиться під дахом будівлі.

Схема I застосовується при агрегатах великої потужності, коли генератори досягають великих діаметрів. В такому випадку підняття ротора без вала або робочого колеса відбувається над генератором, що зменшує ширину B .

При монтажі ротора генератора разом з валом (генератори підвісного типу) з метою зменшення висоти H застосовується схема II, коли транспортування обладнання відбувається з боку генератора.

При роботі двох спарених кранів (рис. 23) висота машинної зали збільшується на висоту траверси (на 2-3 м).

Верхня будова **напіввідкритого типу** машинної зали значно зменшує її розміри (схема III). В такому випадку за межі закритого приміщення виноситься лише основний кран, решта обладнання залишається в машинній залі.

Над кожним агрегатом влаштовується з'ємне перекриття, яке переноситься (або зсовується на катках) в інше місце при проведенні монтажних робіт.

Транспортування невеликого за вагою обладнання може здійснюватись за допомогою допоміжного крану малої вантажопідйомності. Таке має місце на великих ГЕС.

Верхня будова напіввідкритого типу має декілька переваг [1, с. 172].

Відкриті будівлі ГЕС не мають машинної зали (схема IV). Генератор в такому випадку розташовується під ковпаком, а допоміжне обладнання – на різних поверххах будівлі і під монтажним майданчиком. Піднімання металевих або залізобетонних ковпаків під час ремонту і огляду виконується зовні козловими (напівкозловими) та інколи мостовими кранами. Деяке ускладнення умов експлуатації відкритих установок компенсується суттєвою економією витрат на їх будівництво.



Верхня будова гідроелектростанції закритого типу складається з несучого каркасу, підкранових конструкцій і заповнювача.

Несучий каркас будівлі складається із системи колон, на які опираються ферми перекриття і підкранові балки. Балки і колони можуть бути виконані з металу, монолітного або збірного залізобетону. Розташування підкранових колон, конструктивні вузли надводної частини будівлі ГЕС дивись в [1, с.173].

Відмітка підлоги машинної зали залежить від потужності агрегату і відміток під'їзних шляхів на монтажний майданчик.

Підлога машинної зали може бути виконана за одним з трьох варіантів – острівна, напівострівна, на рівні верхньої хрестовини генератора.

Вибір типу верхньої будови гідроелектростанції виконується на основі техніко-економічних порівнянь з врахуванням кліматичних умов розташування ГЕС, вимог експлуатації і спеціальних вимог.

Визначення розмірів машинної зали дивись в [8, с.17; 19, с.8], розрахунок сталевого каркасу машинної зали в [9, 21,23].

Монтажний майданчик

Монтажний майданчик призначений для складання обладнання ГЕС в період будівництва та проведення ремонтних робіт в період експлуатації. На монтажному майданчику можуть виконуватись також роботи по складанню і ревізії силових трансформаторів.

Розміри монтажного майданчика розраховуються на одночасний монтаж або демонтаж одного агрегату (при кількості агрегатів менш 8-10) або двох агрегатів (при кількості агрегатів більше 10).

Ширина монтажного майданчика визначається тим, що він обслуговується краном машинної зали, тому має як правило однакову з нею ширину і розташовується у торці будівлі.

Довжина монтажного майданчика визначається схемою і переліком обладнання, що розташовується на ній (рис. 31).

Висота монтажного майданчика (до крану) залежить від відміток під'їзних шляхів.

Для доставки на монтажний майданчик обладнання і вкачування силових трансформаторів виконуються спеціальні ворота, які відчиняються і зачиняються механізованим способом.



В'їзд до монтажного майданчика може бути торцевий або фронтальний.

В будівлях станцій напіввідкритого типу обладнання доставляється через спеціальний отвір в перекритті, який перекривається кришкою (рис. 32).

Під монтажним майданчиком, як правило, розташовуються допоміжні службові приміщення.

Якщо будівля ГЕС будується на нескельних ґрунтах, то основа фундаменту монтажного майданчика розташовується на однаковій відмітці з основою будівлі. На скельних породах фундамент монтажного майданчика може бути виконаний вище основи агрегатів (рис. 33).

На багатоагрегатних ГЕС у ряді випадків передбачається два монтажних майданчиків – з обох торців машинної зали.

При розташуванні під'їзних колій на відмітці гребеня греблі вантаж на монтажний майданчик доставляється спеціальним краном або вантажним ліфтом. Визначення розмірів монтажного майданчика дивись в [8, с.21; 19, с.13].

Під'їзні шляхи

Це шляхи, які забезпечують доставку обладнання на монтажний майданчик як в період будівництва, так і в період експлуатації ГЕС.

Вони можуть бути пов'язаними з залізничним, автомобільним та водним транспортом.

Якщо немає залізниці, то вантажі доставляються автотранспортом з використанням автомобілів і автопричепів, трейлерів і спеціальних автотягачів.

Для перевезення крупногабаритних деталей доцільно використовувати водний транспорт (рис. 34).

Умови проектування під'їзних шляхів дивись в [5, с.258].

Запитання для самоконтролю

1. Назвіть основні елементи компоновки будівлі ГЕС.
2. Що розташовується в підводній частині будівлі ГЕС?
3. Що розташовується в надводній частині будівлі ГЕС?
4. Що таке секція, турбінний блок?



5. Дайте характеристику агрегатній частині різних станцій ГЕС.
6. Типи верхньої будови будівлі ГЕС.
7. Назвіть складові несучого каркасу верхньої будови гідроелектростанції закритого типу.
8. Як встановлюється відмітка підлоги машинної зали будівлі ГЕС?
9. Визначення розмірів машинної зали.
10. Призначення монтажного майданчика на ГЕС.
11. Як визначаються розміри монтажного майданчика ГЕС?
12. Як доставляється обладнання в будівлях ГЕС напіввідкритого типу?

Тема 6. Особливості компоновки різних будівель ГЕС, ГАЕС, ПЕС

Вибір типу і конструкції будівлі ГЕС залежить від значної кількості факторів, що впливають на їх вибір [1, с.234].

Будівля руслової ГЕС

Будівля руслової ГЕС характеризується тим, що входить до складу водопідпірних споруд і сприймає тиск води з боку верхнього б'єфа.

Застосовуються при напорах $5 \div 45$ м.

Особливості компоновки будівлі руслової ГЕС:

- Водоприймач є частиною будівлі ГЕС (рис. 18).
- Великі агрегати з поворотно-лопатовими і радіально-осьовими турбінами виконуються у більшості випадків з вертикальним валом (рис. 35).
- Агрегати з радіально-осьовими турбінами з горизонтальним валом на ГЕС невеликої потужності.
- Спіральні камери у більшості випадків виконуються залізобетонні таврового перерізу (з горизонтальною стелею, розвинутою до верху, до низу, (рис. 35), металеві спіральні камери виконуються круглого перерізу, які переходять в еліпс.
- Відсмоктувальні труби можуть бути прямовісними або зігнутими (рис. 35).



- Для забезпечення ремонту турбіни і відсмоктувальної труби в кінці труби або дифузорі передбачають пази ремонтного загородження (рис. 35, 38).
- В установках з вертикальними агрегатами між кришкою турбіни і нижньою хрестовиною генератора утворюються турбінна шахта висотою не менше за 2,5-3,0м (рис. 18).
- Верхня будова може бути закритою (рис. 35), напіввідкритою (рис. 36), відкритого типу (рис. 30, IV).
- Підлога машинної зали може бути виконана острівного (рис. 30, I), напівострівного (рис. 30, III) типів або на рівні верхньої хрестовини (рис. 35).
- Монтажний майданчик є продовженням машинної зали та розташовується в його кінці і обслуговується тими ж кранами, що і машинна зала (рис. 28, 31, 39).
- Кранове обладнання машинної зали: може бути мостовий (рис. 35) або козловий кран (напівкозловий) (рис. 37).
- Під'їзні шляхи до будівлі ГЕС можуть бути залізничні (рис. 40), автотранспортні, водні (рис. 34) з боку нижнього б'єфа та на відмітці гребеня греблі.
- Силовий трансформатор у більшості випадків розташовується над відсмоктувальною трубою (рис. 35).
- Розподільний пристрій генераторної напруги розташовується в приміщеннях під трансформаторами (рис. 35).
- Транспортування трансформаторів з монтажного майданчика до місця встановлення і зворотно здійснюється або на власних катках або на спеціальному візку (рис. 17).
- Розподільчі пристрої високої напруги у більшості випадків робляться відкритими (ВРП) і розташовуються як можна ближче до будівлі ГЕС.
- Мостові переходи розташовуються на биках з боку верхнього б'єфа (рис. 35) або на спеціальній естакаді з боку нижнього б'єфа.
- Маслонапірна установка (МНУ) розташовується у більшості випадків в машинній залі (рис. 35).
- Осушення проточної частини гідроагрегату у більшості випадків здійснюється за галерейною схемою (рис. 35).



- Гідрогенератори у більшій мірі застосовуються парасольчатого типу (рис. 35).

- При розташуванні будівлі ГЕС на м'яких або слабких напівскельних ґрунтах в основі будується масивна фундаментна плита для забезпечення стійкості проти зсуву. При скельних ґрунтах конструкцію будівлі роблять більш компактною і легкою (рис. 38).

- На великих ГЕС при $D_1 \geq 8\text{ м}$ у відсмоктувальній трубі та спіральній камері роблять поміжні бики (рис. 40).

- Фундаментальна плита грає основну роль в забезпеченості стійкості будівлі станції особливо на м'яких ґрунтах. На рис. 38, 39, 40 наведено поперечний, поздовжній та планові перерізи руслової ГЕС.

Процес компоновки машинної будівлі ГЕС дивись в [8, 19].

Будівля пригребельної ГЕС

Будівля пригребельної ГЕС не входить до складу напірного фронту і розташовується за греблею і не сприймає повного тиску води (рис. 41).

Застосовуються при напорах $30 \div 250\text{ м}$.

Особливості компоновки будівлі пригребельної ГЕС:

- Водозабірні отвори гребельного водоприймача розташовані в станційній частині греблі і віддалені від будівлі ГЕС на довжину турбінних водоводів (рис. 42).

- Застосовуються поворотно-лопатеві турбіни при напорах 30-90м (рис. 42), діагональні при напорах 50-170м та радіально-осьові при напорах 30-250м (рис. 43).

- Спіральні камери у більшості випадків виконуються металеві круглого перерізу (рис. 43), інколи залізобетонні (рис. 42).

- Відсмоктувальна труба зігнутого типу. В кінці труби роблять пази ремонтного затвора (рис. 43).

- Воду до турбін підводять напірні водоводи (рис. 42), які можуть бути закритого типу, або розташовані на низовій грані греблі.

- Висота турбінної шахти (рис. 42) має бути не меншою ніж 2,5-3,0м. Форма шахти визначається конструкцією підгенераторного фундаменту, вона може бути циліндричною, конічною або багатогранною.



- Верхня будова може бути закритого (рис. 42) та напіввідкритого типу.
- Підлога машинної зали може бути виконана острівного, напівострівного типів або на рівні верхньої хрестовини (рис. 42).
- Поздовжні шви (по течії води) некрізні, вони доходять тільки до поперечного шва між масивом бетону водоприймача і агрегатного блоку (рис. 44).
- Розташування водозабірних отворів здійснюється на різних рівнях (рис. 45).
- Агрегат живиться водою одним напірним трубопроводом (рис. 44 а, в), у надпотужних агрегатах – двома (рис. 44 б, г).
- У більшості випадків плоскі затвори обслуговуються гідропідйомниками, на старих установках – швидкодіючими лебідками.
- Монтажний майданчик розташовується в кінці машинної зали, під'їзд до нього завжди фронтальний.
- Мостові переходи розташовуються в зоні водоприймача.
- Трансформатори розташовуються з верхнього б'єфа між низовою гранню греблі і стіною машинної зали (рис. 42).
- Приміщення для розташування електричної частини також знаходяться з верхнього б'єфа будівлі (рис. 42).
- Станційна гребля може бути масивною гравітаційною, контрфорсною, арко-гравітаційною або масивно-контрфорсною (рис. 46).
- Кранове обладнання машинної зали – у більшості випадків мостові крани, рідше – козлові, напівкозлові (рис. 42).
- Маслонапірна установка (МНУ) розташовується практично завжди у машинній залі (рис. 43).
- Розподільчі пристрої високої напруги у переважній більшості випадків роблять відкритими (ВРП) і розташовується на спеціальних майданчиках у нижньому б'єфі.
- Гідрогенератори можуть бути парасольчатого (рис. 42) або підвісного типу.

Приклад конструювання машинної будівлі пригребельної ГЕС дивись в [8, 19].



Будівля дериваційної ГЕС

Компоновка будівлі дериваційної ГЕС має багато спільного з компоновкою будівель пригребельних ГЕС, але має наступні особливості:

- Водоприймач віддалений від будівлі ГЕС і входить до складу напірного басейну у випадку безнапірної деривації або як самостійна споруда у випадку напірної деривації (рис. 47).
- Конструкція будівлі ГЕС суттєво залежить від типу турбіни і розташування вала агрегату. При напорах 10-90м застосовують поворотно-лопатеві турбіни, при напорах 50-170м діагональні з вертикальною віссю агрегату. Радіально-осьові турбіни доцільно встановлювати при напорах 30-700м з вертикальною віссю (рис. 48), рідше з горизонтальною. При високих напорах (400-1800м) доцільно використовувати ковшові турбіни як з вертикальною (рис. 49), так і горизонтальною віссю агрегату (рис. 50).
- При великих напорах (більше 250-300м) на напірних трубопроводах доцільно встановлювати швидкодіючі затвори кульового (рис. 51), іноді дискового типу. Таке рішення приводить до деякого збільшення ширини машинної зали.
- При встановленні ковшових турбін відвід води від неї здійснюється безнапірним лотком-каналом з плоским ремонтним затвором (рис. 49).
- Гідрогенератори, в основному, підвісного типу (рис. 49).
- Машинна зала у більшості випадків острівної або півострівної компоновки.
- На деяких ГЕС невеликої потужності застосовують металеві прямовісні відсмоктувальні труби (рис. 51) в більшості установок з вертикальними агрегатами – зігнуті відсмоктувальні труби.
- Трансформатори встановлюються в залежності від місцевих умов біля будівлі станції з боку турбінних водоводів або з боку нижнього б'єфа або виносяться на спеціальний майданчик.
- Розподільчий пристрій генераторної напруги і власних потреб інколи розташовують в окремих приміщеннях.
- На ГЕС з ковшовими турбінами їх розташовують вище найвищого рівня води у відвідному каналі.



- Підводна частина має меншу масивність ніж у будівель ГЕС руслового і пригребельного типів і складається з відносно тонких залізобетонних елементів.
- Розташування будівлі станції не в руслі надає свободу у виборі розташування як силових трансформаторів, так і розподільчих пристроїв.
- Габарити машинної зали визначаються так само, як і в руслових і пригребельних ГЕС. Основна вимога – пронести біля працюючого агрегату найбільш велику частину агрегату, що монтується.
Приклад конструювання машинної будівлі ГЕС дивись в [8, 19].

Спеціальні типи будівель ГЕС

В специфічних природних умовах інколи замість звичайних типів застосовують спеціальні типи будівель станцій.

Такі будівлі ГЕС можна поділити на дві групи:

1. Група типів, що мають водоскидні отвори.
2. Група типів, що мають спеціальні машинні зали.

До першої групи можна віднести наступні типи будівель ГЕС:

- суміщені;
- водозливні;
- вбудовано-водозливні;
- бичкові.

До другої групи відносяться:

- вбудовані;
- підземні;
- напівпідземні;
- з дворядною установкою агрегатів ГЕС;
- передгребельні.

Суміщені будівлі ГЕС

В таких будівлях в межах нижньої масивної частини будівлі станції роблять напірні або безнапірні водоскиди. Водоскидні отвори суміщених будівель ГЕС для пропуску витрат паводку можуть розташовуватись по-різному [3, с.283; 1, с.199].

На більшості ГЕС запроваджено варіант з напірними донними галереями, які беруть початок під спіральною камерою і виводяться



над відсмоктувальною трубою, де встановлюють основні затвори галерей (рис. 52, 53).

В кожному агрегатному блоці робляться одну, дві або три донні водоскидні галереї (рис. 54).

Завдяки взаємодії двох витрат, що йдуть до нижнього б'єфа (Q_g – витрата водоскидних галерей і Q_m – витрата турбіни) в період повені, може бути отриманий суттєвий ефект ежекції, тобто підвищення напору. Фізична сутність ефекту ежекції полягає в тому, що за рахунок взаємодії двох потоків знижується тиск в площині вихідного перерізу відсмоктувальної труби, що веде до зниження тиску під робочим колесом, що в свою чергу збільшує напір.

Застосовують вертикальні поворотно-лопатеві та вертикальні радіально-осьові турбіни (як виключення).

Суміщені ГЕС мають як переваги, так і недоліки [10, с.453].

Досвід проектування показує, що агрегатний блок суміщеної ГЕС приблизно на 20% дорожчий за несуміщений варіант.

Якщо вказане подорожчання буде меншим за економію від скорочення вартості водозливної греблі, тоді будівництво суміщеного варіанта економічно ефективне і навпаки.

Водозливні будівлі ГЕС

Застосовуються при напорах $10 \div 200$ м.

На водозливних будівлях ГЕС скид води здійснюється поверхневими водоскидами (рис. 55).

При напорах 15-25м доцільно будувати водозливні ГЕС з горизонтальними капсульними агрегатами (рис. 56), в яких довжина будівлі ГЕС поперек потоку у порівнянні з компоновкою з вертикальними агрегатами значно зменшується. Економія вартості завдяки скороченню фронту бетонних споруд в цілому по гідровузлу досягає 20-25%.

Внаслідок більшої пропускної спроможності капсульних агрегатів з прямовісною відсмоктувальною трубою та збільшення к.к.д. турбіни, горизонтальні капсульні агрегати мають більшу потужність за потужність вертикальних агрегатів при однаковому діаметрі робочого колеса, але мають і недоліки [6, с.287].



Високонапні водозливні ГЕС будуються на міцній скелі в річках з вузькими ущелинами, коли немає можливості окремо розташувати будівлю станції і водоскидні пристрої (рис.57).

Над будівлею ГЕС виконуються окремі лотки-трампліни, які забезпечують відкидання потоку до нижнього б'єфа на значну відстань від споруди.

Існує інше конструктивне рішення, коли потік води зливається по водозливу по всій довжині будівлі ГЕС.

На таких станціях силові трансформатори розташовуються в закритих приміщеннях між машзалою і низовою гранню греблі.

Вбудовано-водозливні будівлі ГЕС

Вони мають застосування при високих напорах.

Розташування агрегатів здійснюється в середині масиву водозливної греблі. В світі побудовано і успішно експлуатуються декілька установок такого типу в складі гідровузлів з гравітаційними (рис. 58) і арково-гравітаційними греблями.

Бичкові будівлі ГЕС

Особливість їх компоновки складається з почергового розташування водозливних прольотів з одноагрегатними блоками (рис. 59). Одноагрегатний блок суміщається з розширеним блоком водозливної греблі. Застосовуються при напорах $8 \div 30$ м, основою можуть бути будь-які ґрунти, місце розташування в руслі ріки, або в каналі. Турбіни можуть бути у вертикальному або горизонтальному виконанні. Має переваги та недоліки [1, с.203].

Вбудовані будівлі ГЕС

При високих гравітаційних греблях можливе розташування будівлі ГЕС всередині тіла в спеціальній порожнині, розміри якої достатні для розташування всього обладнання і забезпечують необхідну міцність споруди (рис. 60). Можуть застосовуватися при напорах $50 \div 150$ м на скельних ґрунтах. Типи турбін – вертикальні радіально-осьові або вертикальні поворотно-лопатеві (як виключення).



Підземні і напівпідземні будівлі ГЕС

Підземні установки в останні роки набули значного розповсюдження. Вони розташовуються в схилах берегу на скельних ґрунтах при напорах більше 20м. Машинну залу та інші приміщення виконують в скельних масивах (рис. 61).

В залежності від міцності породи можливі різні конструкції у виконанні стін і перекриття.

Кульові або дискові затвори на водоводах можуть бути розташовані в межах машинної зали або в окремому підземному приміщенні.

Існують однозалова компоновка, коли в машинній залі розташовується основне обладнання, силовий трансформатор і передтурбінні затвори, двозалова (рис. 61) – силовий трансформатор або затвор в окремому приміщенні і тризалова (машзала, приміщення силового трансформатора, приміщення передтурбінних затворів).

Силовий трансформатор може бути розташований на поверхні землі або під землею.

Монтажний майданчик може бути розташований в торці будівлі, між агрегатами.

Особливу конструкцію має відсмоктувальна труба, у якій коліно виконується циліндричної форми, а відвідний дифузор - овального перерізу (рис. 61).

Підземні ГЕС повинні мати комунікації, що забезпечують зв'язок з поверхнею. Серед них – енергетичні виводи, транспортне сполучення, тунелі штучної вентиляції і обміну повітря (рис. 62).

Особливе значення на підземних ГЕС має вентиляція та постачання повітря, які повинні забезпечити необхідну температуру і вологість повітря.

Під'їзні шляхи в залежності від розташування будівля проходять по горизонтальному транспортному тунелю до монтажного майданчика або закінчуються на поверхні землі біля крану, який розташований над вантажною шахтою, по якій обладнання постачається на монтажний майданчик.

Типи агрегатів і турбін можуть бути різноманітними (рис. 63). Основні переваги підземних установок і недоліки [1, с.228; 10, с.459].



Напівпідземні будівлі ГЕС характеризуються тим, що в них вісь агрегату знаходиться нижче відмітки поверхні землі спланованого пристанційного майданчика (рис. 64).

Напівпідземні будівлі ГЕС можуть бути побудовані в будь-яких ґрунтах при напорах більше 30м. Агрегати застосовуються різних типів. Машинною залогою служить траншея або окремі шахти для одно - двох агрегатів, при нескельних ґрунтах – залізобетонна пола конструкція.

Машина зала може бути закритого або напіввідкритого типу.

Напівпідземна будівля ГЕС за своєю сутністю є перехідною від звичайних наземних до підземних будівель ГЕС.

Дворядні установки агрегатів ГЕС

В умовах дуже вузьких ущелин довжина будівлі ГЕС може бути ширша за отвір. В таких умовах доцільно будувати станції з дворядним розташуванням вертикальних агрегатів. Агрегати встановлюються в два ряди один за одним за течією води (рис. 65) і розташовуються в плані у шаховому порядку.

Передгребельні ГЕС

Їх особливість полягає в тому, що будівля ГЕС розташовується у верхньому б'єфі перед греблею у виді залізобетонної циліндричної башти (рис. 66).

Перелік найпотужніших ГЕС спеціальних типів, їх типи, величини потужності і діючого напору, держави, в яких побудовані ГЕС, наведено в [9, с.452].

Будівлі гідроакумулюючих електростанцій (ГАЕС)

ГАЕС призначені для покриття денних піків графіків і заповнення нічних провалів навантаження енергосистеми. В період малих навантажень енергосистеми ГАЕС перекачують воду з нижнього басейну у верхній, а в період підвищених навантажень системи використовують накопичену воду для виробітку електроенергії (рис. 11).



ГАЕС може забезпечувати добове, тижнєве, сезонне, річне і навіть багаторічне регулювання.

ГАЕС класифікується за різними ознаками (рис. 68).

До складу основних споруд ГАЕС (рис. 67) входять: верхній басейн, водоприймач-водовипуск, напірні водоводи, нижній басейн.

Басейни ГАЕС можуть бути природними (озера, водосховища) або штучними.

Водоприймачі-водовипуски працюють у реверсивному режимі і можуть бути різної конструкції [10, с.503].

Напірні водоводи можуть бути залізобетонні, металеві, підземні. При розрахунках напірних водоводів для ГАЕС потрібно враховувати реверсивний режим руху води в них.

ГАЕС можуть мати різні **технічні схеми**. До них відносяться „чиста” ГАЕС, ГЕС-ГАЕС, ГАЕС з трьома водоймами, ГАЕС з низовою підземною водоймою, морські ГАЕС, підводні ГАЕС, ГАЕС у складі енергокомплексів [10, с.505].

Компоновка машинної будівлі ГАЕС в основному аналогічна компоновці машинній будівлі ГЕС, але вона має свої особливості, що пов'язані із складом устаткування та його компоновкою.

Основне гідросилове обладнання будівлі ГАЕС може бути:

- чотиримашинним, така схема застосовується при високих напорах, коли потрібна висока маневреність агрегатів;
- тримашинна (рис. 10);
- двомашинна, при такій схемі агрегат робиться у вертикальному виконанні і складається з оборотної гідромашини і двигуна-генератора (рис. 11).

В ГАЕС можуть бути використані **гідротурбіни**:

ПЛГК (поворотно-лопатеві горизонтальні капсульні);

ПЛ – поворотно-лопатеві;

ПЛД – поворотно-лопатеві діагональні;

РО – радіально-осьові;

ПЛДНТ – поворотно-лопатеві діагональні насос-турбіна;

РОНТ – радіально-осьова насос-турбіна.

Насоси:

ОПВ - осьові поворотно-лопатеві вертикальні;

ДНВ – діагональні поворотно-лопатеві вертикальні;

ДГК – діагональні горизонтальні капсульні;

Відцентрові (одноступеневі, багатоступеневі).



Вибір параметрів обладнання дивись [10, с.365].

Вибір того чи іншого типу будівлі ГАЕС в значній мірі залежить від природних умов і величини напору.

Будівлі ГАЕС руслового типу малочисельні. **Пригребельні ГАЕС** мають більше розповсюдження, дериваційні ГАЕС охоплюють дуже широкий діапазон напорів і є найбільш розповсюдженим типом (рис. 10).

Напівпідземні будівлі ГАЕС можуть бути траншейного варіанта (рис. 10) або шахтного (рис. 69).

В зв'язку з тим, що коефіцієнт кавітації насоса більший, ніж турбіни в тримашинних схемах насос завжди розташовується нижче турбіни.

Будівлі ГАЕС з двомашинними агрегатами практично повністю відповідають будівлям ГЕС. Але існує деяке розходження, що пов'язане з потребою забезпечення для роботи в насосному режимі збільшених від'ємних значень H_s .

Підземні будівлі ГЕС будуються в широкому діапазоні напорів (до 144м). Більшість підземних ГАЕС мають однозалову компоновку (рис. 70).

При підземному розташуванні будівлі ГАЕС з двомашинними агрегатами різниці в конструкції у порівнянні з підземною будівлею ГЕС практично немає.

Гідроелектростанції малої потужності

Малі ГЕС можна **класифікувати** по:

- напору: низьконапірні – до 20м; середньонапірні мають напір від 20 до 100м; високонапірні – з напором більше за 100м;
- за потужністю: мікро ГЕС мають потужність до 0,1МВт; міні ГЕС – 0,1-2МВт; мала ГЕС обмежена потужністю 10МВт.

Малі ГЕС використовують **енергетичне** обладнання спрощених конструкцій з використанням одинарної системи регулювання потужності ГЕС.

На малих ГЕС застосовуються турбіни: поворотно-лопатевої, пропелерні, радіально-осьові, активно-реактивні, ковшові як з вертикальною, так і з горизонтальною віссю, погрузні гідротурбінні генератора фірми „ФЛЮГТ”.



Гідроенергетика низьконапірних малих ГЕС з горизонтальною віссю мають капсульну, прямоточну або трубну компоновку. На рис. 71 зображено будівлю ГЕС з прямоточним гідроагрегатом і S – подібною відсмоктувальною трубою.

Для середньонапірних малих ГЕС найбільше розповсюдження отримали гідроагрегати з радіально-осьовими турбінами, виконані як з вертикальною так і горизонтальною віссю (рис. 72).

При високих напорах на малих ГЕС використовують ковшові турбіни.

В залежності від схеми створення напору будівлі малих ГЕС поділяються на два типи – руслові і берегові.

Проточний тракт малої ГЕС **руслового типу** (рис. 71) складається з водоприймача, обладнаного решіткою і пазом для ремонтного затвору. З боку нижнього б'єфа також встановлюється для проведення ремонтних робіт затвор. Відсмоктувальна труба може бути прямовісною, зігнутою або S – подібною конічною.

Монтажний майданчик виконується скороченим, а в деяких випадках може бути винесений за межі будівлі станції.

Підйомно – транспортне обладнання спрощене (кран-бали, талі).

В берегових будівлях ГЕС підвід води здійснюється напірним водоводом. Водоприймач обладнується решіткою і ремонтним затвором.

До будівель міні ГЕС висуваються такі ж вимоги, що і до будівель малих ГЕС. Мікро ГЕС у більшості випадків не мають будівлі, а обмежуються тільки навісом.

Підвищення ефективності роботи малих ГЕС висовує декілька вимог до гідросилового обладнання і станції в цілому [10, с.289].

З питаннями проектування малих ГЕС, їх конструкціями можна ознайомитись в [17].

Припливні електростанції

Сила тяжіння Місяця і Сонця приводить до руху значні маси води у Світовому океані. Кожні бгод. 12хв. підвищення рівня води змінюється його пониженням. Найбільша амплітуда припливної хвилі може досягати майже 20м.

Відділивши затоку моря греблею і будівлею ПЕС, створюється басейн, рівень води в якому періодично змінюється. Перепад між



рівнями води в басейні і в морі створює напір енергетичної установки.

Потенційна енергія басейну наближено визначається за формулою:

$$\mathcal{E}_0 = 2 \cdot 10^6 A_{cp}^2 \cdot F \cdot \kappa,$$

де κ - коефіцієнт, який враховує зменшення площі басейну при пониженні рівня води в ньому; F - площа басейну; A_{cp} - середня амплітуда.

Можливі наступні схеми роботи ПЕС [10, с.523]:

- одностороння робота ПЕР з одним басейном;
- одностороння робота ПЕС з багатьма басейнами;
- однобасейнова ПЕС з двосторонньою дією. У теперішній час такий тип установки вважається основним. За час одного циклу припливу–відливу (впродовж 12 год. 24 хв.) можна виділити шість періодів: чотири робочих і два періоди простою.

Турбіни під час спорожнення басейну, коли встановлюється технічний мінімум напору, працюють в насосному режимі, забираючи енергію з енергосистеми.

Компоновка і конструкція будівлі ПЕС залежать від режимів, в яких працюють агрегати, і типу обладнання, яке на них встановлене.

При використанні вертикальних осьових гідротурбін компоновка будівлі ПЕС в переважній більшості нагадує звичайну руслову будівлю ГЕС.

При використанні проточних гідротурбін, генератори винесені з проточної частини в спеціальні приміщення або безпосередньо в машинну залу (рис. 73).

Якщо використовуються горизонтальні капсульні агрегати, будівлі ПЕС мають багато загального з низьконапірними русловими будівлями ГЕС, що обладнані горизонтальними капсульними агрегатами (рис. 74).

Існує варіант проекту ПЕС, в якому пропуск витрат проводиться через поверхневі водопропускні отвори, які суміщені з будівлею ПЕС (рис. 75).

Запитання для самоконтролю

1. При яких напорах застосовується руслова ГЕС?
2. Назвіть особливості компоновки будівлі руслової ГЕС.



3. Назвіть особливості компоновки будівлі пригребельної ГЕС.
4. Назвіть особливості компоновки будівлі дериваційної ГЕС.
5. Спеціальні типи ГЕС.
6. Підземні і напівпідземні будівлі ГЕС.
7. Особливості компоновки будівлі ГАЕС.
8. Гідроелектростанції малої потужності.
9. Припливні електростанції.

3. Плани практичних занять

Змістовий модуль 1. Гідроенергетичне та допоміжне устаткування ГЕС

Практичне заняття 1. Визначення типу і розмірів гідрогенераторів – 2 год.

Практичне заняття 2. Визначення типу і розмірів трансформаторів – 2 год.

Практичне заняття 3. Вибір кранового устаткування – 2 год.

Практичне заняття 4. Вибір гідромеханічного обладнання ГЕС – 2 год.

4. Плани лабораторних занять

Змістовий модуль 2. Конструкції будівель ГЕС, ГАЕС, ПЕС

Лабораторне заняття 1. Визначення конструкцій будівель ГЕС за макетами, моделями і зразками – 4 год.

Лабораторне заняття 2. Складання ескізів блоку будівлі ГЕС – 4 год.

Лабораторне заняття 3. Розрахунок режиму роботи ГАЕС за умови обмеженого регулювання – 2 год.

5. Контрольна тестова програма

Знайдіть одну вірну відповідь.

Змістовий модуль 1. Гідроенергетичне та допоміжне устаткування ГЕС



Тема 1. Гідравлічні турбіни

- 1.1 В яких турбінах тиск на вході і на виході з робочого колеса однаковий?
 - а) активних;
 - б) реактивних;
 - в) радіально-осьових;
 - г) діагональних.
- 1.2. В яких турбінах потенційна енергія потоку на вході в робоче колесо більша за енергію на виході з нього?
 - а) реактивних;
 - б) активних;
 - в) ковшових;
 - г) кільцеструменевих.
- 1.3. В яких турбінах використовується тільки кінетична енергія води?
 - а) ковшових;
 - б) радіально-осьових;
 - в) поворотно-лопатевих;
 - г) діагональних.
- 1.4. Які турбіни характерні тим, що потік в робочому колесі цієї турбіни рухається уздовж осі турбіни?
 - а) поворотно-лопатеві;
 - б) радіально-осьові;
 - в) діагональні;
 - г) ковшові.
- 1.5. Які турбіни характерні тим, що вода на вході в робоче колесо рухається в радіальному напрямку, а після робочого колеса – в осьовому?
 - а) радіально-осьові;
 - б) діагональні;
 - в) поворотно-лопатеві;
 - г) пропелерні.
- 1.6. В яких турбінах потік в робочому колесі рухається уздовж конічної поверхні току?
 - а) діагональних;
 - б) радіально-осьових;
 - в) поворотно-лопатевих;



- г) пропелерних.
- 1.7. Які турбіни застосовуються при високих напорах (до 2000м)?
- активні;
 - РО;
 - ПЛ;
 - ПР.
- 1.8. До яких турбін відносяться поворотно-лопатеві горизонтальні капсульні?
- осьових;
 - радіально-осьових;
 - діагональних;
 - ковшових.
- 1.9. Оберіть тип турбіни при наступних вихідних даних: напір – 9м, потужність турбіни – 9МВт, користуючись довідковим матеріалом.
- ПЛ 10, ПЛ15;
 - ПЛ 15;
 - ПЛ 15, ПЛ20;
 - РО 45.
- 1.10. Користуючись рис. 3, визначити діаметр турбіни при напорі 42м і потужності турбіни 50МВт.
- 450см;
 - 400см;
 - 360см;
 - 320см.
- 1.11. Користуючись рис. 3, визначити частоту обертання турбіни при напорі 40м і потужності турбіни 60МВт.
- 150об/хв;
 - 500об/хв;
 - 450об/хв;
 - 136,4об/хв.
- 1.12. Користуючись рис. 3, визначити величину h_s при напорі 40м і потужності турбіни 45 мВт.
- 4,4м;
 - 6,0м;
 - 7,0м;
 - 7,3м.



- 1.13. Знайти діаметр робочого колеса турбіни РО 115 при наступних вихідних даних: розрахункова витрата $Q = 89,5\text{м}^3/\text{с}$, розрахунковий напір $H_p = 95\text{м}$, максимальний напір 110м , розрахункова приведена витрата $Q'_{1p} = 1,15\text{м}^3/\text{с}$.
- а) 2,83м;
 - б) 2,72м;
 - в) 1,10м;
 - г) 1,20м.

Тема 2. Електроенергетичне обладнання ГЕС

- 1.14. Знайти активну потужність генератора при наступних вихідних даних: потужність турбіни – 46 000кВт, коефіцієнт потужності генератора – 0,8, коефіцієнт корисної дії генератора 97,2%.
- а) 44712кВт;
 - б) 36800кВт;
 - в) 35770кВт;
 - г) 47325кВА.
- 1.15. Знайти швидкість обертання генератора при кількості пар полюсів – 4.
- а) 750об/хв;
 - б) 375об/хв;
 - в) 187,5об/хв;
 - г) 1500об/хв.
- 1.16. Яка частина гідрогенератора зображена під номером 2 на рис. 12?
- а) ротор;
 - б) статор;
 - в) верхня хрестовина;
 - г) нижня хрестовина.
- 1.17. Яка частина гідрогенератора зображена під номером 5 на рисунку 13?
- а) підп'ятник;
 - б) ротор;
 - в) верхня хрестовина;
 - г) опора.
- 1.18. Під яким номером позначено генератор на рисунку 15?



- а) 1;
б) 2;
в) 4;
г) 7.
- 1.19. Під яким номером позначено генератор на рисунку 14?
а) 2;
б) 1;
в) 4;
г) 3.
- 1.20. В каталозі гідрогенераторів знайти тип генератора при наступних вихідних даних: потужність турбіни – 12 380кВт, коефіцієнт потужності генератора 0,8, коефіцієнт корисної дії генератора 0,969, швидкість обертання генератора 300об/хв.
а) СВ 325/127-20;
б) СВ 325/120-20;
в) СВ 425/110-16;
г) СВ 425/90-24.
- 1.21. Яку величину буде мати довжина активної сталі гідрогенератора марки СВ 250/55-16, якщо його потужність збільшиться на 10%, а діаметр розточки статора залишиться незмінним?
а) 60,5см;
б) 75см;
в) 80см;
г) 82,5см.
- 1.22. Яку довжину активної сталі має гідрогенератор марки СВ 250/75-24?
а) 75см;
б) 24 см;
в) 250см;
г) 99см.
- 1.23. Яку величину буде мати діаметр розточки статора гідрогенератора марки СВ 550/100-48, якщо його потужність зменшиться на 10%, а довжина активної сталі генератора залишиться незмінною?
а) 484,5см;
б) 459 см;
в) 495см;



- г) 522,5см.
- 1.24. Визначити номінальну потужність трансформатора при наступних вихідних даних: установлена потужність ГЕС 1200МВт, висока напруга 500кВ, кількість агрегатів 4, коефіцієнт корисної дії генератора 0,97, коефіцієнт потужності 0,8, активна потужність генератора 300МВт.
- а) 375кВА;
 - б) 1500кВА;
 - в) 750кВА;
 - г) 582кВА.
- 1.25. Яку функцію виконує трансформатор?
- а) збільшує і зменшує напругу електричного струму;
 - б) збільшує напругу;
 - в) зменшує напругу;
 - г) збільшує потужність.
- 1.26. Яку потужність має трансформатор марки ТДЦГ 200000/220?
- а) 200000кВ·А;
 - б) 220МВт;
 - в) 200000кВт;
- 1.27. Яку головну схему електричних з'єднань доцільно використати при одиничній потужності агрегату 300МВт?
- а) 1Г-1Т-1В;
 - б) 2Г-2Т-1В;
 - в) 2Г-1Т-1В;
 - г) 2Г-1Т-2В.
- 1.28. Визначити напругу ЛЕП при установленій потужності ГЕС 700МВт і довжині ЛЕП 300км?
- а) 220кВ;
 - б) 330кВ;
 - в) 500кВ;
 - г) 110кВ.
- 1.29. В яких ГЕС, як правило, трансформатори розташовуються на бичках з боку нижнього б'єфа?
- а) руслових;
 - б) пригребельних;
 - в) дериваційних.
- 1.30. На рисунку 17 визначіть типове розташування трансформатора на пригребельних ГЕС?



- а) I;
б) II;
в) III;
г) V.
- 1.31. Який споживач власних потреб електроенергії на ГЕС не допускає перерви в постачанні енергії?
а) система пневматичного господарства;
б) система осушення проточної частини агрегату;
в) система дренажу будівлі ГЕС;
г) система генерації масла.
- 1.32. Який споживач власних потреб електроенергії на ГЕС допускає короточасні перерви в постачанні енергії?
а) система дренажу будівлі ГЕС;
б) система масляного господарства;
в) система технічного водопостачання;
г) приводи вимикачів і роз'єднувачів.
- 1.33. Визначити площу однієї комірки відкритого розподільчого пристрою при напрузі 220кВ.
а) 1350м^2 ;
б) 880м^2 ;
в) 2640м^2 ;
г) 480м^2 .

Тема 3. Гідромеханічне обладнання ГЕС

- 1.34. Назвіть прольоти між металевими стержнями сміттеутримуючої решітки, якщо на ГЕС встановлено осьові турбіни?
а) 10-20см;
б) 3-15см;
в) 2-7см;
г) 1-3см.
- 1.35. На скільки секцій і якої їх висоти доцільно розбивати сміттеутримуючу решітку якщо площа решітки складає 216м^2 , а ширина решітки – 18м?
а) 4 секції по 3м;
б) 2 секції по 6м;
в) 1 секція висотою 12м;



- г) 2 секції по 4м.
- 1.36. Знайти площу сміттеутримуючої решітки при наступних вихідних даних: витрата турбіни $200\text{м}^3/\text{с}$, поріг водоприймача, в якому розташована решітка, заглиблений під НІР на 8м.
- а) 200м^2 ;
 - б) 400м^2 ;
 - в) 667м^2 ;
 - г) 25м^2 .
- 1.37. Знайти площу сміттеутримуючої решітки при наступних вихідних даних: витрата турбіни $100\text{м}^3/\text{с}$, очистка решітки ускладнена.
- а) 200м^2 ;
 - б) 140м^2 ;
 - в) 166м^2 ;
 - г) 83м^2 .
- 1.38. Знайти висоту сміттеутримуючої решітки руслової ГЕС, якщо площа її складає 170м^2 , ширина спіральної камери 20м, в спіральній камері розташовано два проміжних бички товщиною по 1,5м.
- а) 10м;
 - б) 9,2м;
 - в) 8,5м;
 - г) 11м.
- 1.39. В якій послідовності можуть бути розташовані затвори і сміттеутримуюча решітка у водоприймачі ГЕС, яка побудована на водотоці з невеликою кількістю сміття?
- а) ремонтний затвор – решітка – аварійно-ремонтний затвор;
 - б) аварійно-ремонтний затвор – решітка – ремонтний затвор;
 - в) аварійно-ремонтний затвор – ремонтний затвор – решітка;
 - г) ремонтний затвор - аварійно-ремонтний затвор – решітка.
- 1.40. Чи можуть з'ємні сміттеутримуючі решітки на ГЕС бути встановлені в пази затворів?
- а) так, в пази ремонтного затвору;
 - б) так, в пази аварійно-ремонтного затвору;
 - в) так, в пази як ремонтного, так і аварійно-ремонтного затвору;
 - г) ні.



- 1.41. Які затвори водоприймача призначені для регулювання витрати води?
- а) основні;
 - б) ремонтні;
 - в) аварійно-ремонтні;
 - г) передтурбінні.
- 1.42. Що позначено цифрою 2 на рис. 19?
- а) ремонтний затвор;
 - б) сміттеутримуюча решітка;
 - в) аварійно-ремонтний затвор;
 - г) гідропривід.
- 1.43. Знайти масу плоского затвору водоприймача за формулою Л.Р. Березинського при площі отвору 150м^2 .
- а) 101т;
 - б) 1237т;
 - в) 918т;
 - г) 1837т.
- 1.44. На рис. 23 зображено схему кріплення ротора генератора до траверси при спареній роботі двох кранів. Під яким номером показана траверса?
- а) 2;
 - б) 1;
 - в) 4;
 - г) 3.
- 1.45. Мостовий кран машинної зали ГЕС має вантажопідйомність 80/20 і прольот 13м. Назвіть цифру, яка визначає вантажопідйомність допоміжного гака.
- а) 20;
 - б) 80;
 - в) 100;
 - г) 13.
- 1.46. Знайти ширину мостового електричного крана, якщо він має вантажопідйомність 50/10т, прольот 16,5м та висоту підйому головного гака 12м.
- а) 6600мм;
 - б) 5250мм;
 - в) 3325мм;
 - г) 2500мм.



Який тип вантажопідйомного механізму має машинна зала будівлі ГЕС, що зображено на рис. 18.

- а) мостовий кран;
- б) козловий кран;
- в) напівкозловий кран;
- г) електроталь на монорейці.

Тема 4. Допоміжне обладнання ГЕС

1.48. Що відноситься до допоміжного обладнання ГЕС?

- а) масляне господарство;
- б) гідротурбіна;
- в) кран машинної зали;
- г) сміттєутримуюча решітка.

1.49. Що відноситься до споживача технічного водопостачання на ГЕС?

- а) охолодження масла в системі змащення підп'ятника;
- б) проведення водяного пожежогасіння гідрогенератора;
- в) пожежогасіння трансформатора;
- г) гальмівне устаткування гідроагрегата.

1.50. Чи відноситься масляне господарство на ГЕС до допоміжного обладнання ГЕС?

- а) так;
- б) ні;
- в) в залежності від потужності ГЕС;
- г) в залежності від типу ГЕС.

Змістовий модуль 2. Конструкції будівель ГЕС, ГАЕС, ПЕС

Тема 5. Основні типи будівель ГЕС, ГАЕС, ПЕС та вимоги до них

2.1. Що розташовується в підводній частині будівлі ГЕС?

- а) турбінна камера;
- б) гідрогенератор;
- в) трансформатор;
- г) кранове обладнання щитового відділення нижнього б'єфа.

2.2. Що більше за розмірами секція будівлі ГЕС чи турбінний блок?



- а) можуть бути однакові;
б) турбінний блок завжди більший за секцію;
в) секція завжди більша за турбінний блок.
- 2.3. Яка схема агрегатної частини будівлі станції (рис. 29) характерна для пригребельних ГЕС?
а) III;
б) I;
в) VI;
г) II.
- 2.4. Яка схема агрегатної частини будівлі станції (рис. 29) характерна для низьконапірної руслової ГЕС на скельній основі?
а) II;
б) VI;
в) V;
г) I.
- 2.5. Який тип відсмоктувальної труби вказано на рис. 29, схема V?
а) вона відсутня;
б) вертикальна конічна;
в) раструбна;
г) зігнута.
- 2.6. Яка схема агрегатної частини будівлі станції (рис. 29) характерна для будівлі станції суміщеного типу?
а) VIII;
б) I;
в) IV;
г) III.
- 2.7. На рис. 30 показано типи верхньої будови будівлі ГЕС. Яка схема визначає напіввідкриту верхню будову?
а) III;
б) I;
в) IV;
г) II.
- 2.8. За яким варіантом розташована підлога машинної зали на рис. 30, варіант I?
а) острівний;
б) напівострівний;
в) на рівні верхньої хрестовини генератора;



- г) на рівні збуджувача генератора.
- 2.9. Який тип верхньої будови має будівля ГЕС на рис. 27?
- а) закрита;
 - б) напіввідкрита;
 - в) відкрита.
- 2.10. Який тип верхньої будови має будівля ГЕС на рис. 21?
- а) закрита;
 - б) напіввідкрита;
 - в) відкрита.
- 2.11. За яким варіантом розташована підлога машинної зали на рис. 28?
- а) на рівні верхньої хрестовини генератора;
 - б) на рівні збуджувача генератора;
 - в) острівний;
 - г) напівострівний.
- 2.12. Як обираються розміри монтажного майданчика, якщо ГЕС має 8 агрегатів?
- а) з умов одночасного монтажу (демонтажу) одного агрегату;
 - б) з умов одночасного монтажу (демонтажу) двох агрегатів;
 - в) з умов одночасного монтажу (демонтажу) трьох агрегатів;
 - г) з умов одночасного монтажу (демонтажу) не менше двох агрегатів.
- 2.13. Яким краном обслуговується монтажний майданчик ГЕС?
- а) краном машинної зали;
 - б) своїм краном;
 - в) частково краном машинної зали, частково своїм.
- 2.14. На рис. 31 надано схему розташування обладнання на монтажному майданчику. Яке устаткування позначено цифрою 6?
- а) хрестовина генератора;
 - б) ротор генератора;
 - в) робоче колесо турбіни;
 - г) підп'ятник з опорою.
- 2.15. На рис. 32 зображено поздовжній переріз монтажного майданчика ГЕС з машинною залюю напіввідкритого типу. Як здійснюється доставка обладнання на монтажний майданчик?
- а) краном через люк (під кришкою 3);
 - б) допоміжним краном монтажного майданчика;



- в) вантажним ліфтом.
- 2.16. На рис. 33 зображено поздовжній переріз монтажного майданчика ГЕС. Що позначено під цифрою 2?
- а) монтажний майданчик;
 - б) агрегатний блок;
 - в) насосна станція;
 - г) емність системи осушення агрегатів.
- 2.17. В яких випадках, як правило, основа фундаменту монтажного майданчика розташовується на однаковій відмітці з основою агрегатного блоку?
- а) на нескельних ґрунтах;
 - б) на скельних ґрунтах;
 - в) коли відмітки під'їзних колій та підлоги монтажного майданчика однакові;
 - г) коли відмітка під'їзних колій вища за відмітку підлоги монтажного майданчика.

**Тема 6. Особливості компоновки різних будівель
ГЕС, ГАЕС, ПЕС**

- 2.18. При яких напорах застосовуються будівлі ГЕС руслового типу?
- а) $5 \div 45\text{м}$;
 - б) $10 \div 25\text{м}$;
 - в) $60 \div 80\text{м}$;
 - г) $50 \div 70\text{м}$.
- 2.19. На якому рисунку зображено будівля ГЕС руслового типу?
- а) 36;
 - б) 50;
 - в) 43;
 - г) 27.
- 2.20. Що позначено під номером 12 на рисунку 35?
- а) МНУ;
 - б) силовий трансформатор;
 - в) колонка управління;
 - г) ЗРП.
- 2.21. Що позначено під номером 17 на рисунку 35?
- а) приміщення розподільчого пристрою генераторної напруги;



- б) силовий трансформатор;
в) колонка управління;
г) насосна станція.
- 2.22. Який кран обслуговує машинну залу на рисунку 18?
а) мостовий;
б) козловий;
в) напівкозловий;
г) лебідка.
- 2.23. При яких напорах застосовуються будівлі ГЕС пригребельного типу?
а) $30 \div 250\text{м}$;
б) $10 \div 1800\text{м}$;
в) $5 \div 40\text{м}$;
г) $20 \div 100\text{м}$.
- 2.24. На якому рисунку зображено будівля ГЕС пригребельного типу?
а) 42;
б) 18;
в) 38;
г) 35.
- 2.25. Що позначено під номером 13 на рисунку 43?
а) спіральна камера;
б) гідрогенератор;
в) відсмоктувальна труба;
г) турбінний трубопровід.
- 2.26. Що позначено під номером 1 на рис. 44,в?
а) турбінний водовід;
б) спіральна камера;
в) відсмоктувальна труба;
г) агрегатний блок.
- 2.27. Що позначено під номером 3 на рис. 41?
а) станційна гребля;
б) водозливна гребля;
в) будівля ГЕС;
- 2.28. Що позначено під номером 8 на рис. 42?
а) СУР;
б) турбінний водовод;
в) грейфер;



- г) мостові переходи.
- 2.29. Який тип турбін зображено на рис. 42?
- а) ПЛ;
 - б) РО;
 - в) діагональна;
 - г) ковшова.
- 2.30. Який кран обслуговує машинну залу на рис. 42?
- а) напівкозловий;
 - б) козловий;
 - в) мостовий;
 - г) індивідуальний гідропідйомник.
- 2.31. При яких напорах застосовується будівля ГЕС дериваційного типу?
- а) $10 \div 1800\text{м}$;
 - б) $30 \div 250\text{м}$;
 - в) $20 - 100\text{м}$;
 - г) $5 - 40\text{м}$.
- 2.32. На якому рисунку зображено будівля ГЕС дериваційного типу?
- а) 51;
 - б) 42;
 - в) 38;
 - г) 18.
- 2.33. Що позначено під номером 5 на рис. 49?
- а) кульовий затвор;
 - б) турбінний водовід;
 - в) ковшова турбіна;
 - г) регулятор частоти обертання.
- 2.34. Якого типу підлога машинної зали, що рис. 48?
- а) напівострівної компоновки;
 - б) острівної компоновки;
 - в) на рівні верху верхньої хрестовини;
 - г) на рівні збуджувача.
- 2.35. Якої ГЕС машинна будівля, що на рис. 51?
- а) дериваційної;
 - б) руслової простої;
 - в) руслової суміщеної;
 - г) з горизонтальним капсульним агрегатом.



- 2.36. Який тип відсмоктувальної труби має будівля ГЕС, що на рис. 50?
- а) вона відсутня;
 - б) прямовісна вертикальна;
 - в) зігнута;
 - г) прямовісна горизонтальна.
- 2.37. При яких напорах доцільно будувати бичкові будівлі ГЕС?
- а) 8 – 30м;
 - б) 10 – 40м;
 - в) 50 – 150м;
 - г) 10 – 200м.
- 2.38. Які типи турбін можуть бути використані в підземних ГЕС?
- а) любі;
 - б) тільки вертикальні радіально-осьові;
 - в) тільки вертикальні поворотно-лопатеві;
 - г) тільки активні турбіни.
- 2.39. В якому типі спеціальної ГЕС машинна зала розташовується в тілі греблі?
- а) вбудованому;
 - б) підземному;
 - в) бичковому;
 - г) суміщеному.
- 2.40. На якому рисунку зображено водозливну будівлю ГЕС?
- а) 56;
 - б) 52;
 - в) 66;
 - г) 59.
- 2.41. На якому рисунку зображено вбудовано-водозливну будівлю ГЕС?
- а) 58;
 - б) 66;
 - в) 60;
 - г) 56.
- 2.42. На якому рисунку зображено бичкову будівлю ГЕС?
- а) 59;
 - б) 57;
 - в) 56;
 - г) 55.



- 2.43. На якому рисунку зображено передгребельну ГЕС?
а) 66;
б) 65;
в) 64;
г) 60.
- 2.44. На рис. 62 зображено підземну будівлю ГЕС. Що означає цифра 2?
а) вантажна шахта;
б) машинна зала;
в) розподільчий пристрій;
г) приміщення для затворів.
- 2.45. До якого типу належить ГАЕС при напорі 450м?
а) середньонапірна;
б) низьконапірна;
в) високонапірна.
- 2.46. Яку схему агрегатів має ГАЕС, що на рис. 11?
а) двомашинну;
б) тримашинну;
в) чотиримашинну.
- 2.47. До якого типу установки відноситься ГАЕС, що на рис. 67?
а) „чиста” ГАЕС;
б) ГЕС – ГАЕС;
в) ГЕС-НС.
- 2.48. Що позначено цифрою 1 на рис. 11?
а) насос-турбіна;
б) турбіна;
в) гідрогенератор;
г) двигун.
- 2.49. Що позначено цифрою 6 на рис. 10?
а) насос;
б) турбіна;
в) оборотна турбіна;
г) двигун.
- 2.50. До якої ГЕС відноситься мала ГЕС з напором 18м?
а) низьконапірна;
б) середньонапірна;
в) високонапірна.



- 2.51. Який тип має відсмоктувальна труба малої ГЕС, що на рис. 71.
- а) S – подібна;
 - б) прямоточна;
 - в) зігнута;
 - г) конічна.
- 2.52. Який тип має мала ГЕС, що на рис. 71?
- а) руслова;
 - б) пригребельна;
 - в) дериваційна;
 - г) напівпідземна.
- 2.53. На якому рисунку наведено схему ПЕС, в якій пропуск витрат вирівнюється через поверхневі водопропускні отвори?
- а) рис. 75.
 - б) рис. 74.
 - в) рис. 73.
- 2.54. Який тип машинної зали має ПЕС, що на рисунку 74?
- а) закритий;
 - б) напіввідкритий;
 - в) відкритий.
- 2.55. На якому рисунку наведено схему ПЕС, в якій застосовано прямоточний трубчатий агрегат?
- а) рис. 73.
 - б) рис. 74.
 - в) рис. 75.

6. Контрольні вправи

1. Визначити витрату однієї турбіни ГЕС при умові:
 1. Установлена потужність ГЕС 1100МВт;
 2. Розрахунковий напір 85м;
 3. Кількість агрегатів - 6;
 4. Коефіцієнти корисної дії:
 - турбіни – 93%;
 - гідрогенератора – 98%.
2. Визначити тип турбіни при умові:
 1. Установлена потужність ГЕС 1100МВт;
 2. Кількість агрегатів 6;
 3. Максимальний напір 95м;



4. Мінімальний напір 75м.
3. По частковому графіку областей застосування турбіни ПЛІ 50 визначити діаметр робочого колеса, синхронну кількість обертів та висоту відсмоктування на рівні моря при умові:
 1. Потужність турбіни 100000кВт;
 2. Розрахунковий напір 38м;
 3. Максимальний напір 45м.
4. Визначити діаметр робочого колеса турбіни РО115, використовуючи універсальну характеристику, при умові:
 1. Потужність турбіни 205000кВт;
 2. Розрахунковий напір 85м;
 3. Коефіцієнт корисної дії турбіни 93%.
5. Визначити висотне розташування турбіни ПЛІ50 при умові:
 1. Висота відсмоктування на рівні моря – 6м;
 2. Мінімальна відмітка рівня води в нижньому б'єфі 180м.
6. Визначити конструктивну висоту відсмоктування для турбіни РО 115 при умові:
 1. Напір 94,0м;
 2. Мінімальний рівень води в нижньому б'єфі 500м;
 3. Коефіцієнт кавітації 0,10;
 4. Висота прямого апарату 1,2м.
7. Скласти схему металевої турбінної камери $\varphi = 345^\circ$ турбіни РО115 при умові:
 1. Діаметр робочого колеса 5м;
 2. Витрата турбіни $262\text{м}^3/\text{с}$;
 3. Максимальний напір з врахуванням гідравлічного удару 136м;
 4. Діаметр входних кромки статорних колон 7,8м.
8. Скласти конструктивну схему робочого колеса турбіни РО 115 при умові – діаметр робочого колеса 4,5м.
9. Скласти схему зігнутої відсмоктувальної труби при умові:
 1. Турбіна РО 115;
 2. Діаметр робочого колеса 4,5м;
 3. Товщина крайніх биків – 2,5м;
 4. Товщина проміжного бика – 1,5м.
10. Підібрати тип генератора, його розміри, вагу ротора та скласти конструктивну схему при умові:
 1. Номінальна потужність турбіни 22700кВт;



2. Коефіцієнт корисної дії генератора 0,97;
 3. Синхронна кількість обертів турбіни 250об/хв.
11. Підібрати тип трансформатора, його розміри та скласти конструктивну схему при умові:
 1. Активна потужність генератора 22 000кВт;
 2. Установлена потужність ГЕС 220 000кВт;
 3. Максимальна довжина ЛЕП 300км.
 12. Призначити розміри відкритого розподільчого пристрою при наступних вихідних даних:
 1. Потужність ЛЕП 500кВ;
 2. Число виводів високої напруги 6.
 13. Визначити площу сміттеутримуючої решітки енергетичного напірного водоприймача при умові:
 1. Витрата турбіни $150\text{м}^3/\text{с}$;
 2. Величина заглиблення порогу водоприймача під нормальний підпірний рівень – 30м.
 14. На рис. 18 наведено поперечний переріз машинної будівлі ГЕС. Пронумеруйте склад і призначення механічного обладнання водоприймача.
 15. Підібрати мостовий кран закритої машинної зали та скласти конструктивну схему його при наступних вихідних даних:
 1. Маса ротора – 115т;
 2. Висота підйому – 16м.
 16. Визначити, чи потрібен зрівнювальний резервуар при наступних вихідних даних:
 1. Витрата турбіни $300\text{м}^3/\text{с}$;
 2. Довжина турбінного водоводу 700м;
 3. Розрахунковий напір 100м;
 4. Діаметр напірного водовода 6,5м;
 5. ГЕС відноситься до класу потужних гідроелектростанцій.
 17. Визначити ширину турбінного блоку з радіально-осьовою турбіною при наступних вихідних даних:
 1. Типи турбіни РО 115;
 2. Діаметр робочого колеса турбіни 5м;
 3. Діаметр кратера генератора 18м.
 18. Визначити ширину турбінного блоку з поворотно-лопатевою турбіною при наступних вихідних даних:
 1. Тип турбіни ПЛ10;



2. Діаметр робочого колеса 5м;
3. Діаметр кратера генератора 12м.
19. Виконати конструювання закритої машинної зали пригребельної ГЕС при наступних вихідних даних:
 1. Гідрогенератор підвісного типу СВ 1250/45-120;
 2. Кран машинної зали – мостовий.
20. Виконати конструювання закритої машинної зали руслової ГЕС при наступних вихідних даних:
 1. Гідрогенератор парасольчатого типу СВ 1250/67-120;
 2. Кран машзали – мостовий.
21. Виконати конструювання напіввідкритої машинної зали при наступних вихідних даних:
 1. Гідрогенератор підвісного типу СВ 1250/135-120;
 2. Допоміжний кран відсутній;
 3. Основний кран – козловий.
22. На рис. 10 даний поперечний переріз машинної будівлі ГАЕС. Опишіть особливості її компоновки.
23. На рис. 11 даний поперечний переріз машинної будівлі ГАЕС. Опишіть особливості її компоновки.
24. На рис. 18 даний поперечний переріз машинної будівлі ГЕС. Опишіть особливості її компоновки.
25. На рис. 27 даний поперечний переріз машинної будівлі ГЕС. Опишіть особливості її компоновки.
26. На рис. 35 даний поперечний переріз машинної будівлі ГЕС. Опишіть особливості її компоновки.
27. На рис. 36 даний поперечний переріз машинної будівлі ГЕС. Опишіть особливості її компоновки.
28. На рис. 37 даний поперечний переріз машинної будівлі ГЕС. Опишіть особливості її компоновки.
29. На рис. 38 даний поперечний переріз машинної будівлі ГЕС. Опишіть особливості її компоновки.
30. На рис. 42 даний поперечний переріз машинної будівлі ГЕС. Опишіть особливості її компоновки.
31. На рис. 43 даний поперечний переріз машинної будівлі ГЕС. Опишіть особливості її компоновки.
32. На рис. 46 даний поперечний переріз машинної будівлі ГЕС. Опишіть особливості її компоновки.



33. На рис. 48 даний поперечний переріз машинної будівлі ГЕС. Опишіть особливості її компоновки.
34. На рис. 49 даний поперечний переріз машинної будівлі ГЕС. Опишіть особливості її компоновки.
35. На рис. 50 даний поперечний переріз машинної будівлі ГЕС. Опишіть особливості її компоновки.
36. На рис. 51 даний поперечний переріз машинної будівлі ГЕС. Опишіть особливості її компоновки.
37. На рис. 52 даний поперечний переріз машинної будівлі ГЕС. Опишіть особливості її компоновки.
38. На рис. 53 даний поперечний переріз машинної будівлі ГЕС. Опишіть особливості її компоновки.
39. На рис. 55 даний поперечний переріз машинної будівлі ГЕС. Опишіть особливості її компоновки.
40. На рис. 56 даний поперечний переріз машинної будівлі ГЕС. Опишіть особливості її компоновки.
41. На рис. 57 даний поперечний переріз машинної будівлі ГЕС. Опишіть особливості її компоновки.
42. На рис. 58 даний поперечний переріз машинної будівлі ГЕС. Опишіть особливості її компоновки.
43. На рис. 59 даний поперечний переріз машинної будівлі ГЕС. Опишіть особливості її компоновки.
44. На рис. 60 даний поперечний переріз машинної будівлі ГЕС. Опишіть особливості її компоновки.
45. На рис. 61 даний поперечний переріз машинної будівлі ГЕС. Опишіть особливості її компоновки.
46. На рис. 62 даний поперечний переріз машинної будівлі ГЕС. Опишіть особливості її компоновки.
47. На рис. 63 даний поперечний переріз машинної будівлі ГЕС. Опишіть особливості її компоновки.
48. На рис. 64 даний поперечний переріз машинної будівлі ГЕС. Опишіть особливості її компоновки.
49. На рис. 65 даний поперечний переріз машинної будівлі ГЕС. Опишіть особливості її компоновки.
50. На рис. 69 даний поперечний переріз машинної будівлі ГАЕС. Опишіть особливості її компоновки.
51. На рис. 70 даний поперечний переріз машинної будівлі ГАЕС. Опишіть особливості її компоновки.



52. На рис. 71 даний поперечний переріз малої ГЕС. Опишіть особливості її компоновки.
53. На рис. 72 даний поперечний переріз машинної будівлі ГЕС. Опишіть особливості її компоновки.
54. На рис. 73 даний поперечний переріз ПЕС. Опишіть особливості її компоновки.
55. На рис. 74 даний поперечний переріз ПЕС. Опишіть особливості її компоновки.
56. На рис. 75 даний поперечний переріз ПЕС. Опишіть особливості її компоновки.

7. Курсове проектування

7.1. Структура курсового проекту

Курсовий проект „Машинна будівля гідроелектростанції” виконується на базі даних курсової роботи з гідроенергетичних розрахунків.

В курсовому проекті потрібно виконати:

1. Прийняти склад і тип споруд обраної схеми ГЕС, обґрунтувати прийняте рішення і визначити клас та категорію об'єкту.
2. По номенклатурних графіка підібрати турбінне устаткування.
3. Виконати підбір і розрахунок турбінної камери і відсмоктувальної труби.
4. Підібрати генератор, трансформатор, відкритий розподільчий пристрій.
5. Підібрати вантажопідйомне устаткування, робочі та ремонтні затвори, сміттеутримуючу решітку.
6. Використовуючи аналоги, розробити конструкцію машинної будівлі ГЕС у трьох проекціях.
7. Визначити розміри монтажного майданчика.
8. Вибрати тип і визначити основні розміри водоскидних і водопропускних споруд гідровузла.
9. На топографічному плані скласти генплан гідровузла з розміщенням основних споруд, відкритого розподільчого пристрою і під'їзних шляхів.



7.2. Оформлення курсового проекту

Пояснювальна записка обсягом 25-30 аркушів формату А-4 із завданням, змістом, списком використаної літератури і підписана студентом повинна містити усі необхідні розрахунки та ілюстрована схемами устаткування і елементів споруд.

Графічна частина курсового проекту виконується на одному аркуші ватману формату А-1.

Строки отримання завдання і здачі курсового проекту визначаються навчальним планом.

8. Термінологічний словник

А

Аварійно-ремонтні затвори – гідромеханічне устаткування, яке застосовується для припинення подачі води в турбінні водоводи при нормальних умовах експлуатації або в аварійних випадках.

Активна гідротурбіна – гідротурбіна, в якій тиск на вході і на виході з робочого колеса однаковий.

Б

Бичкові будівлі ГЕС – будівлі, особливістю компоновки яких є почергове розташування водозливних прольотів з одноагрегатними блоками.

Будівлі пригребельної ГЕС – будівлі, які характеризуються тим, що не входять до складу напірного фронту і розташовуються за греблею і не сприймають повного тиску води.

Будівлі руслової ГЕС – будівлі, які характеризуються тим, що входять до складу водопідпірних споруд і сприймають тиск води з боку верхнього б'єфа.

В

Вбудовані будівлі ГЕС – будівлі, які розташовані в середині тіла греблі в спеціальній порожнині.

Вбудовано-водозливні будівлі ГЕС – будівлі, в яких агрегати розташовані в середині масиву водозливної греблі.

Відкрита будівля ГЕС – будівля, яка не має машинної зали.

Відсмоктувальна труба – елемент гідротурбіни, який призначений для відведення води від гідромашини у відповідний канал ГЕС та



перетворення кінетичної енергії в енергію тиску потоку, що виходить з лопатевої системи гідроагрегату.

Власні потреби ГЕС – потреби в електроенергії для приведення в дію всіх систем і механізмів, які потрібні для забезпечення нормальної роботи основного гідромеханічного і електричного устаткування.

Водозливні будівлі ГЕС – будівлі, в яких скид води здійснюється поверхневими водоскидами.

Г

Гідравлічна турбіна – двигун, який перетворює потенційну і кінетичну енергію води в енергію обертання валу.

Гідроакumuлююча електростанція – гідравлічна станція, яка призначена для покриття піків графіків навантаження енергосистеми і заповнення провалів навантаження енергосистеми.

Гідрогенератор – електрична машина, яка призначена для перетворення механічної енергії обертання робочого колеса гідротурбіни в електричну енергію.

Д

Двомашинна схема ГАЕС-ГАЕС, у яких передбачається використання оборотної гідравлічної машини (насос – турбіна, а також оборотної електричної машини двигун – генератор).

Діагональні турбіни – гідротурбіни, в яких потік в робочому колесі рухається уздовж конічної поверхні току.

З

Закрита будівля ГЕС – будівля, в якій все устаткування станції, включаючи вантажопідйомні крани, знаходиться під дахом.

К

Колонка управління – елемент системи автоматичного регулювання турбіни, який складається з органів розподілу і управління.

М

Мала ГЕС – гідравлічна електрична станція, яка обмежується потужністю 10МВт.

Маслонапірна установка (МНУ) – установка, яка забезпечує подачу масла під тиском.

Масляне господарство на ГЕС – господарство, яке призначене для постачання та обслуговування маслом турбін, генераторів, трансформаторів, масляних вимикачів і іншого обладнання.



Машинна будівля ГЕС – будівля, в якій розташовується основне силове обладнання (гідротурбіни, гідрогенератори), а також допоміжне обладнання і системи, які забезпечують їх надійну роботу, управління, обслуговування і ремонт.

Мікро ГЕС – гідравлічна електрична станція, яка обмежується потужністю 0,1МВт.

Міні ГЕС – гідравлічна електрична станція, яка має потужність 0,1 – 2МВт.

Монтажний майданчик – частина будівлі ГЕС, яка призначена для складання обладнання ГЕС в період будівництва та проведення ремонтних робіт в період експлуатації.

Н

Напіввідкрита будівля ГЕС – будівля, в якій за межі закритого приміщення виноситься лише основний кран, решта обладнання залишається в машинній залі.

Напівпідземна будівля ГЕС – будівля, яка характеризується тим, що в них вісь агрегату знаходиться нижче відмітки поверхні землі спланованого пристанційного майданчика.

О

Оборотна електрична машина – це двигун-генератор, в якому ротор може обертатись в двох напрямках.

Основні затвори – призначені для регулювання витрати води, що поступає у водоводи ГЕС.

Осьові турбіни – гідротурбіни, в якій потік в робочому колесі рухається уздовж осі турбіни.

П

Передгребельні ГЕС – ГЕС, в яких будівля розташовується у верхньому б'єфі перед греблею.

Під'їзні шляхи – шляхи, які забезпечують доставку обладнання на монтажний майданчик як в період будівництва, так і в період експлуатації ГЕС.

Підземні ГЕС – ГЕС, в яких машинна зала та інші приміщення розташовані під землею в скельних масивах.

Підйомно-транспортне обладнання ГЕС – гідромеханічне устаткування, яке призначене для монтажу, демонтажу агрегатів і допоміжного обладнання, переносу і установки затворів, СУР і різних вантажів на ГЕС.



Пневматичне господарство на ГЕС – господарство, яке призначене для постачання повітря під тиском різних споживачів, які працюють при тиску від 0,4 до 6,4МПа.

Припливна електрична станція (ПЕС) – гідравлічна станція, яка використовує енергію морських припливів.

Протипожежне водопостачання на ГЕС – система, яка призначена для проведення автоматичного водяного пожежогасіння гідрогенераторів, трансформаторів, кабельних споруд та іншого устаткування.

Р

Радіально-осьова турбіна – гідротурбіна, в якій вода на вході на робоче колесо рухається в радіальній площині, а після робочого колеса – в осьовому напрямку.

Реактивна гідротурбіна – гідротурбіна, в якій потенційна енергія потоку на вході в робоче колесо більша за енергію на виході з нього.

Ремонтні затвори – застосовуються для перекриття отворів під час ремонту аварійно-ремонтних затворів, що розташовані за ними, водоводів та гідроагрегатів.

С

Система збудження гідрогенератора – система, що постачає в обмотку робота постійний струм, який утворює потрібне магнітне поле.

Система осушення агрегатів – система, яка призначена для вилучення води з турбінної камери і відсмоктувальної труби турбіни, турбінних водоводів, тунелів, водозливних камер і водоскидів.

Сміттєутримуюча решітка – гідромеханічне устаткування, яке призначене для захисту турбін від попадання в них сміття і плаваючих тіл, що здатні порушити нормальну експлуатацію гідроагрегата.

Суміщені будівлі ГЕС – будівлі, в яких в межах нижньої масивної частини розташовуються напірні або безнапірні водоскиди.

Т

Технічне водопостачання на ГЕС – система, яка постачає воду в гідромашини, гідрогенератори, трансформатори та інше технологічне обладнання.



Трансформатор – пристрій, який збільшує (зменшує) напругу електричного струму.

Трансформаторна майстерня – приміщення, яке призначене для монтажу і ремонту головних трансформаторів на ГЕС.

Тримашинна схема ГАЕС – ГАЕС, в якій дві гідравлічні машини (насос і турбіна) розташовуються на загальному валу з оборотною синхронною електричною машиною.

Турбінні камери – елемент гідротурбіни, який служить для організованого підведення води до направляючого апарату реактивної турбіни.

Ч

Чотиримашинна схема ГАЕС – ГАЕС, на якій передбачається установка двох незалежних пар машин, одна з яких складається з турбіни і генератора, а друга - з насоса і електродвигуна.

Література

1. Гидроэлектрические станции: Под ред. Ф.Ф. Губина. Учебник для студентов высших учебных заведений. М., „Энергия”, 1972.
2. Приложения к методическим указаниям по выполнению курсового проекта на тему: „Машинное здание гидроэлектростанции комплексного гидроузла” по дисциплине „Гидроэлектростанции” для студентов специальности 1203 /Н.И. Крысенков – Ровно, УИИВХ, 1982. – 78с.
3. Бережной А.А. Силовые здания гидроэлектрических станций и их оборудование. – 2-е изд. перераб. и доп. – М.Л. Государственное энергетическое издательство, 1957. – 272с.: ил.
4. Методические указания к курсовому проекту на тему: „Машинное здание гидроэлектростанции комплексного гидроузла” /Н.И. Крысенков. – Ровно: 1982.
5. Гидроэнергетическое и вспомогательное оборудование гидроэлектростанций: Справочное пособие: В 2т. /Под ред. Ю.С. Васильева, Д.С. Щавелева. – Т. 2. Вспомогательное оборудование гидроэлектростанций. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 336с.: ил.
6. Гидроэнергетические установки. Под ред. Д.С. Щавелева (Учебник для вузов). Л. „Энергия”, 1972-392с.
7. Гидроэлектрические станции: Учебник для вузов /Н.Н. Аршеневский , М.Ф. Губин, В.Я. Карелин и др.; Под ред. В.Я. Карелина, Г.И. Кравченко. – 3-е изд., пере раб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 464с.: ил.

8. Методические указания к выполнению курсовых и дипломных проектов по зданиям ГЭС для студентов специальности 1203 - строительство речных сооружений и гидроэлектростанций (расчет и конструирование зданий ГЭС) /Н.И. Крысенков – Ровно, УИИВХ. 1983, 94с.: ил.
9. Методичні вказівки до розрахунку конструкцій сталюого каркасу машинної зали будівлі ГЕС при виконанні розрахунково-графічних робіт та в дипломному проектуванні з дисципліни „Будівельні конструкції” для студентів спеціальності 7.092102 „Гідротехнічне будівництво” спеціалізації „Гідроелектростанції і гідротехнічні установки” всіх форм навчання. Розрахунок сталюого настилу монтажної площадки та підкранової балки машинної зали закритої будівлі ГЕС. /І.З. Гордієнко – Рівне: УДУВГП, 2002, - 28с.
10. Использование водной энергии: Учебник для вузов /Под ред. Ю.С. Васильева - 4-е изд., перераб. и доп. М.: Энергоатомиздат, 1995. 608с.: ил.
11. Використання відновлювальних джерел енергії: Навчальний посібник /Є.В. Обухов. – Одеса: „ГЕС”, 1999- 254с.
12. Гидравлические турбины. Барлит В.В., Киев, Издательское объединение "Вища школа", 1977, 360с.
13. Гидроэнергетическое и вспомогательное оборудование гидроэлектростанций: Справочное пособие: В 2т /Под ред.. Ю.С. Васильева, Д.С. Щавелева. – Т.1. Основное оборудование гидроэлектростанций. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 400с.: ил.
14. Основы использования водной энергии: Учебник /И.П. Денисов. – Москва: "Энергия", 1974-272с.
15. Полонский Г.А. Механическое оборудование гидротехнических сооружений. – Учебник для техникумов. – Изд. 3-е, перераб. и доп. М.: Энергоатомиздат, 1982. – 352, ил.
16. Гончаров А.Н. Гидроэнергетическое оборудование гидроэлектростанций и его монтаж. М., "Энергия", 1967. – 312с.: ил.
17. Карелин В.Я., Волшаник В.В. Сооружения и оборудование малых гидроэлектростанций. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 200с.:ил.
18. Методичні вказівки до курсового проекту „Будівля ГЕС” з дисципліни „Гідроелектростанції” для студентів ЗВФ спеціальності 29.04 „Гідротехнічне будівництво”. Вибір устаткування. Золотухін В.І., Крысенков М.І., Назаров М.Т. – Рівне: УПВГ, 1994, - 27с.
19. Методичні вказівки до курсового проекту „Будівля ГЕС”, 2 частина, з дисципліни „Гідроелектростанції” для студентів заочної форми навчання спеціальності 7.092.102 – „Гідротехнічне будівництво” / Крысенков М.І., Золотухін В.І. – Рівне: УДАВГ, 1998 – 35с.

20. Методичні вказівки до виконання розрахунково-практичних занять з курсу „Гідротурбіни і насоси” студентами спеціальності 7.092102 - „Гідротехнічне будівництво” /А.І. Веремчук – Рівне, РДТУ, 2001, - 22с.
21. Методичні вказівки до розрахунку конструкцій сталюого каркасу закритої будівлі ГЕС при виконанні розрахунково-графічних робіт та в дипломному проектуванні з дисципліни „Будівельні конструкції” для студентів спеціальності 7.092102 „Гідротехнічне будівництво” спеціалізації „Гідроелектростанції і гідротехнічні установки” всіх форм навчання. Розрахунок сталюого ферми покриття машинної зали закритої будівлі ГЕС / І.З. Гордієнко. – Рівне:, УДУВГП, 2002. – 32с.
22. Методические указания по подбору основного энергетического оборудования при проектировании ГАЕС для студентов очной и заочной форм обучения специальности гидротехническое строительство /Н.Т. Назаров, Н.И. Крисенков – Ровно, УГАВХ, 1997. – 21с.
23. Методичні вказівки до розрахунку конструкцій сталюого каркасу машинної зали закритої будівлі ГЕС при виконанні розрахунково-графічних робіт та в дипломному проектуванні з дисципліни „Будівельні конструкції” для студентів спеціальності 7.092102 „Гідротехнічне будівництво” спеціалізації „Гідроелектростанції і гідротехнічні установки” всіх форм навчання. Компонування конструктивної схеми сталюого каркасу машинної зали закритої будівлі ГЕС /І.З. Гордієнко. – Рівне: УДУВГП, 2002. – 29с.



Національний університет
водного господарства
та природокористування



Національний університет
водного господарства
та природокористування

ДОДАТКИ

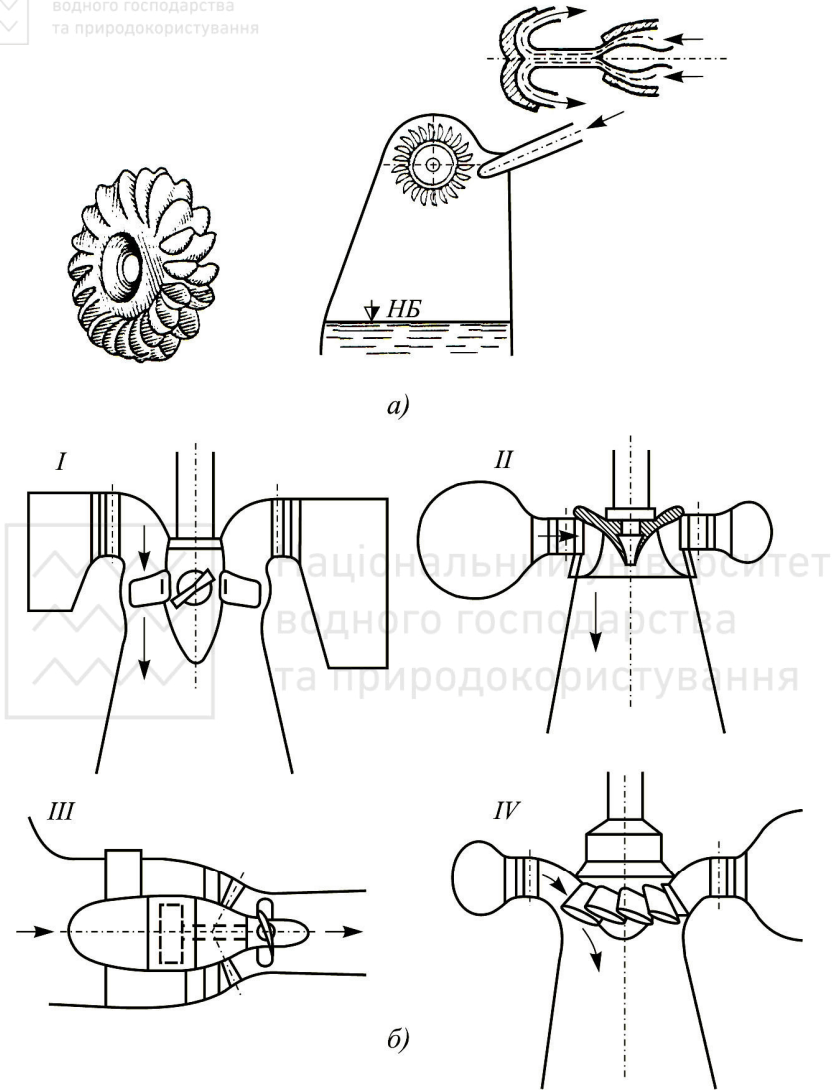
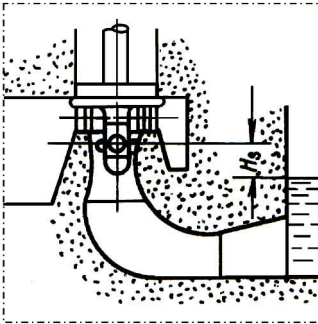


Рис.1. Гідротурбіни різних класів:

*а-активна ковшова турбіна; б-реактивні турбіни;
I-осьова поворотно-лопатєва; II-радіально-осьова;
III-горизонтальна капсульна; IV-діагональна*



$$H_s = h_s - \frac{\nabla}{900}$$

Графік $h_s = f(H)$

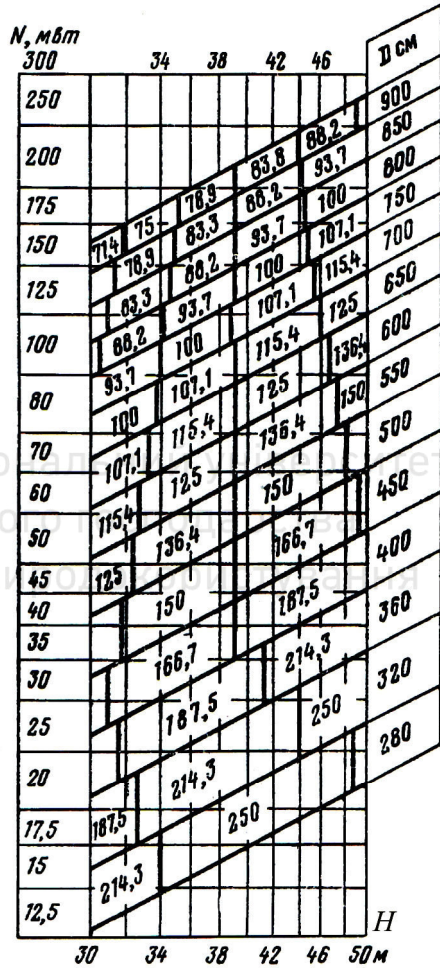


Рис.3. Частковий графік турбіни ПЛ 50-642

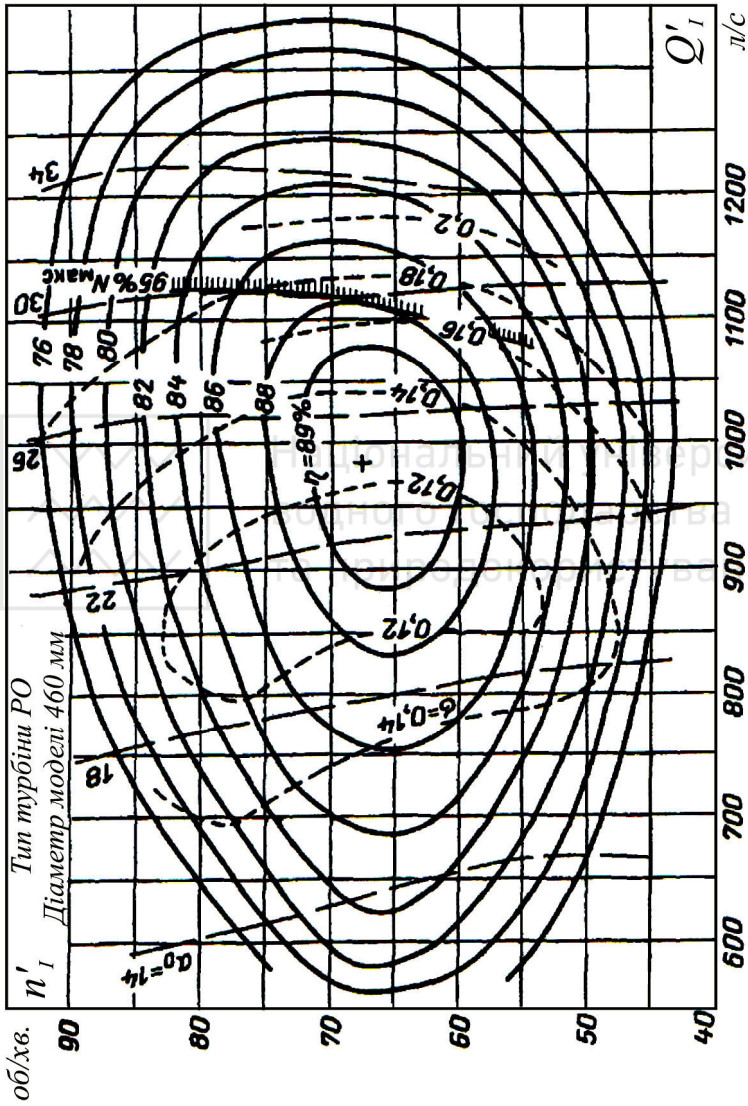


Рис.4. Головна універсальна характеристика РО турбіни



Національний університет
водного господарства
та природокористування

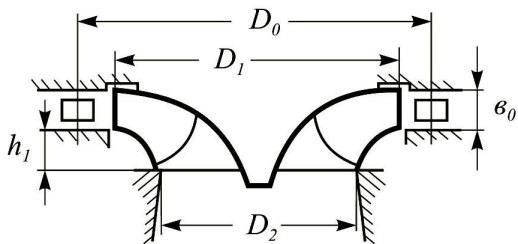
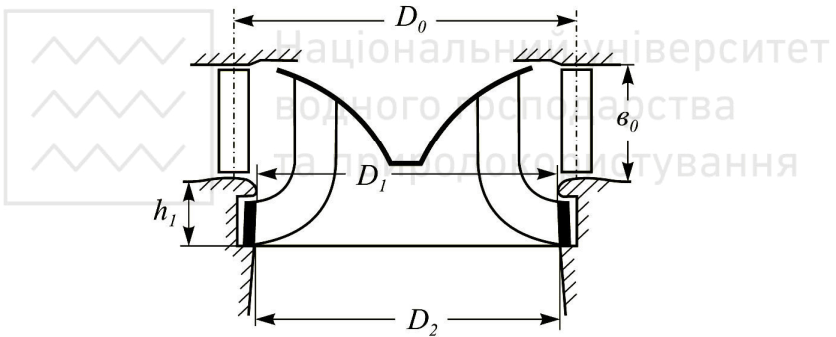
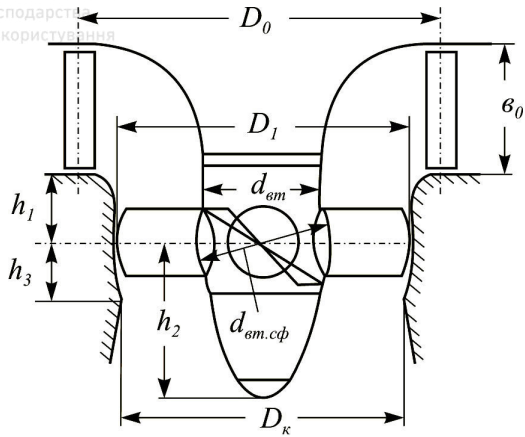


Рис.5. Габарити реактивних турбін

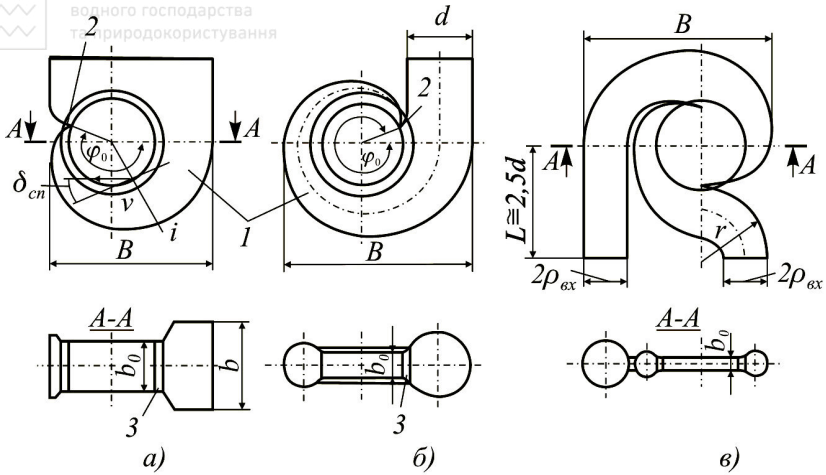


Рис.6. Основні габаритні параметри бетонних і металевих турбінних камер:

а-бетонна камера з тавровими перерізами; б-металева камера круглого перерізу; в-двопідвідна камера; 1-спіраль; 2-зуб; 3-статор

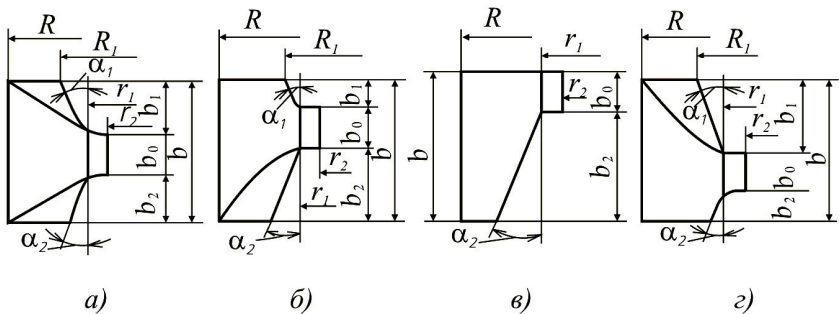


Рис.7. Бетонні турбінні камери:

а-симетричний переріз; б-розвинуті донизу;
 в-з горизонтальною стелею; г-розвинуті доверху

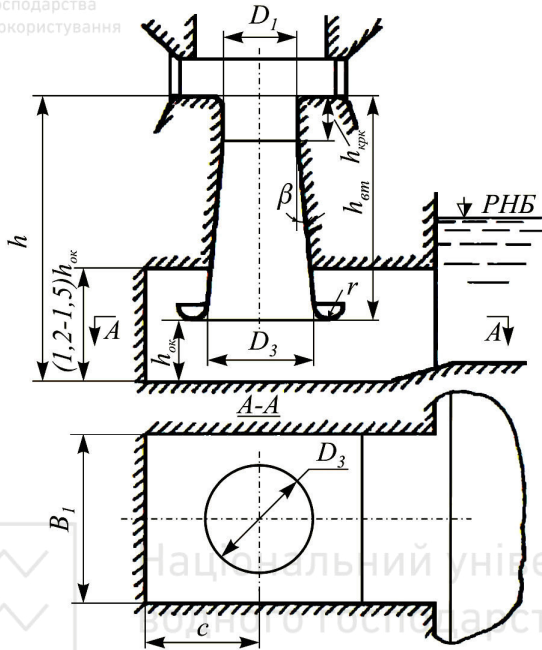


Рис.8. Прямовісна відсмоктувальна труба

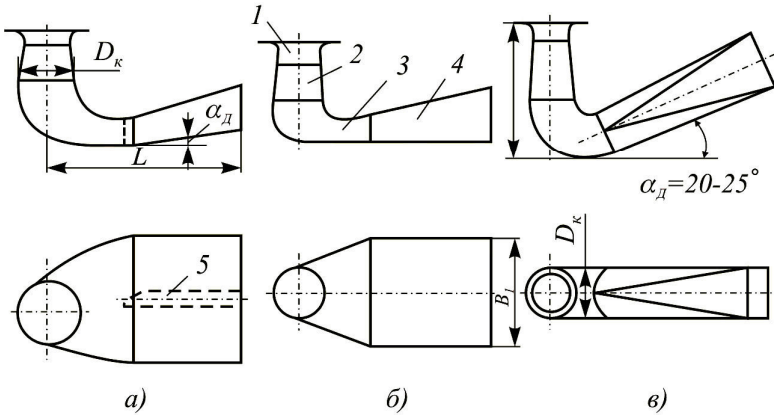
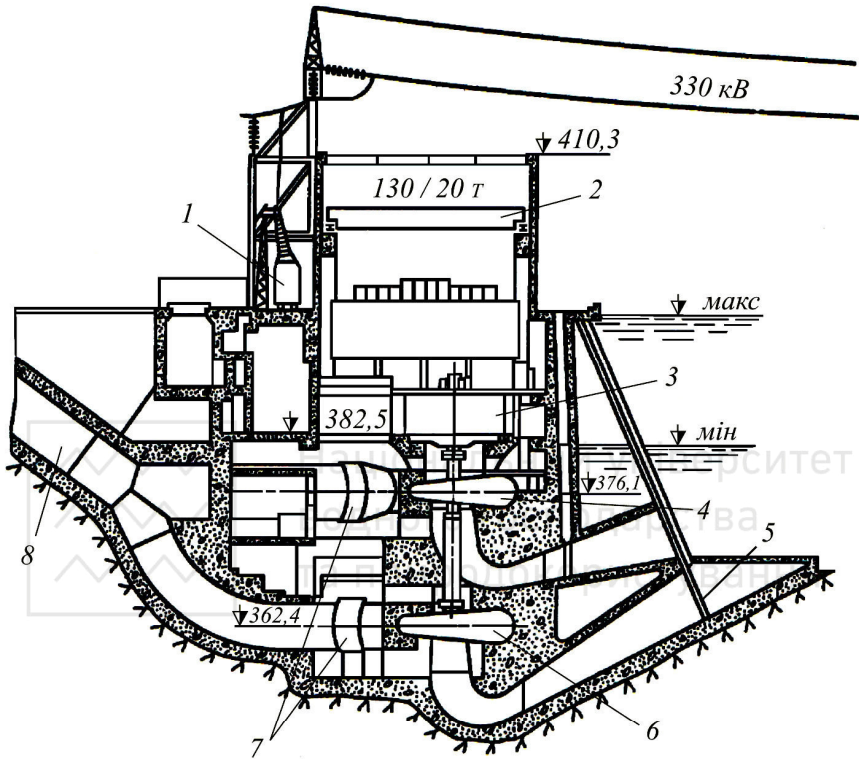


Рис.9. Зігнуті відсмоктувальні труби:

а-з биком; б-без бика; в-для підземних ГЕС;
1-камера робочого колеса; 2-вхідний дифузор;
3-коліно; 4-вихідний дифузор; 5-бик



*Рис.10. Напівпідземна дериваційна ГАЕС з
тримашинними агрегатами:*

*1-трансформатор; 2-кран маишзали; 3-двигун-генератор;
4-гідротурбіна; 5-смiттєутримуюча решiтка; 6-насос;
7-кульовi затвори; 8-напiрний водовiд*

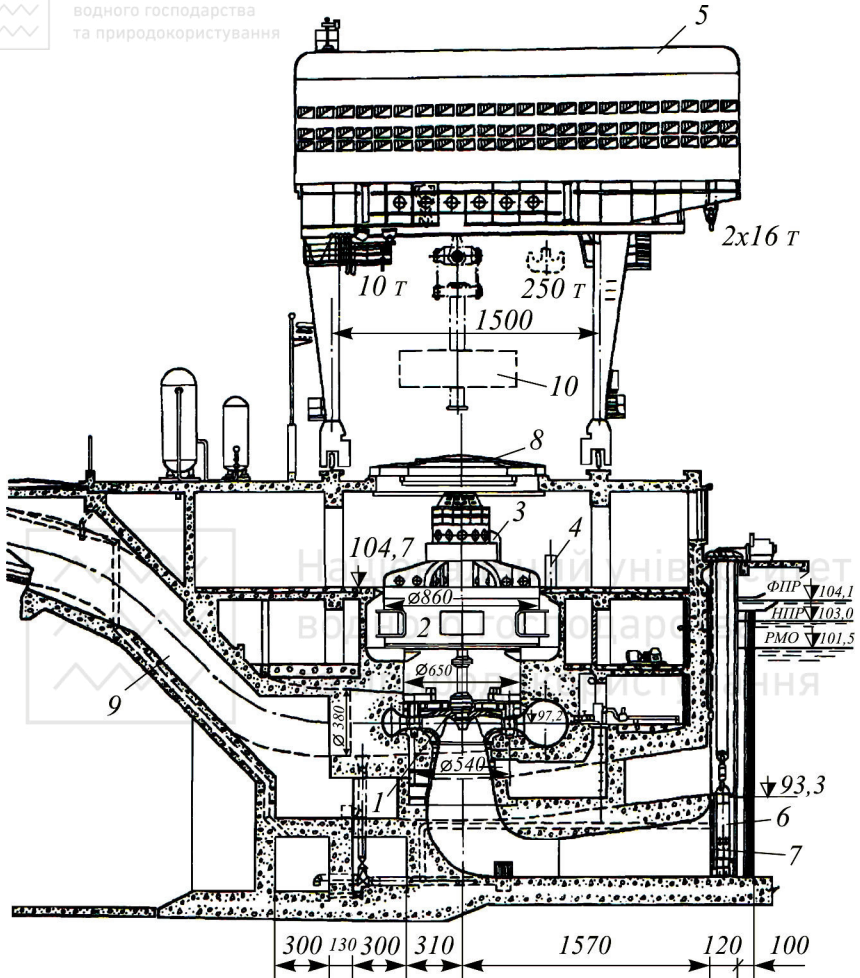
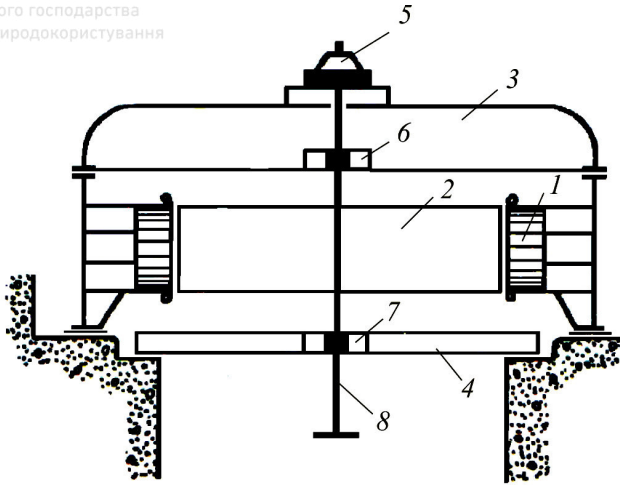
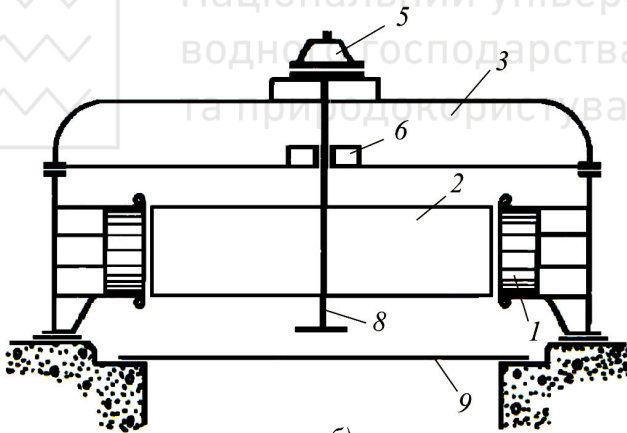


Рис.11. Поперечний переріз будівлі ГАЕС:

1-насос-турбіна; 2-двигун-генератор; 3-МНУ; 4-регулятор частоти обертання; 5-козловий кран; 6-затвор; 7-СУР; 8-кришка; 9-напірний водовід; 10-ротор двигуна-генератора



а)



б)

Рис.12. Схема підвісних генераторів:

- а-з двома підшипниками; б-з одним підшипником;
1-статор; 2-ротор; 3-верхня хрестовина; 4-нижня хрестовина;
5-під'ятник; 6-верхній напрямний підшипник; 7-нижній
підшипник; 8-вал генератора; 9-перекриття шахти

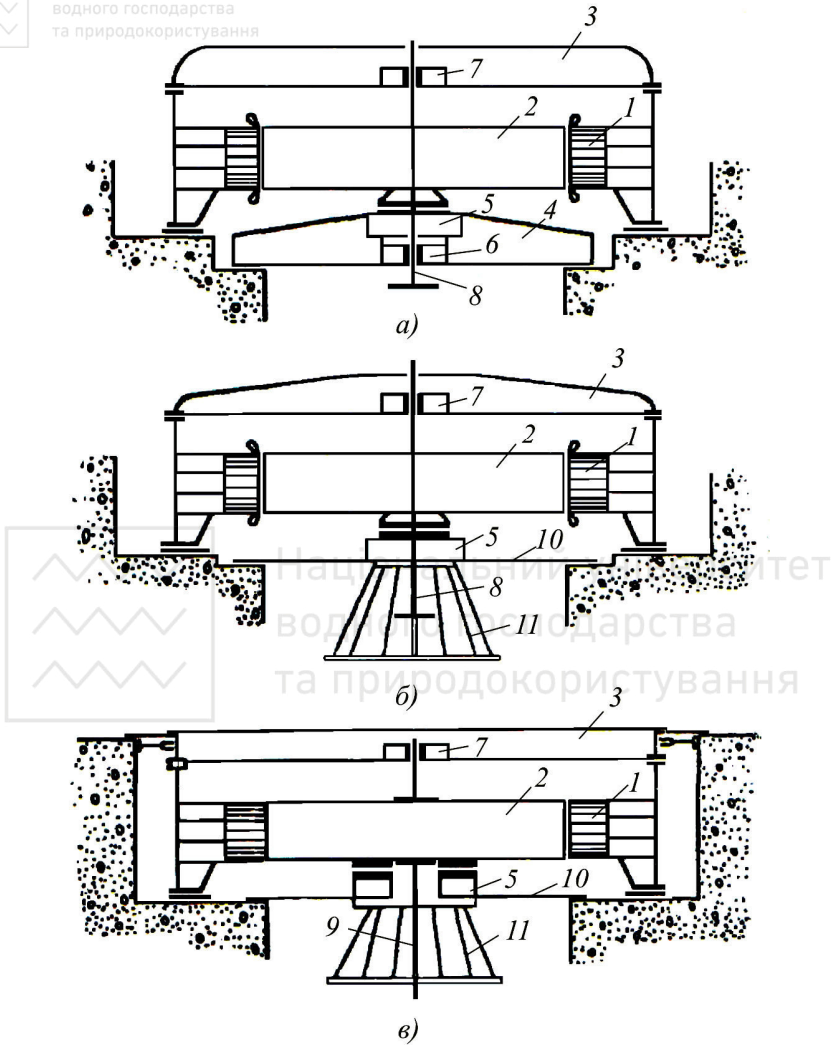
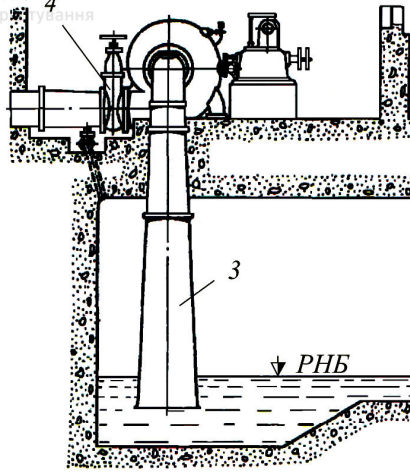


Рис.13. Схеми парасольчатих генераторів:

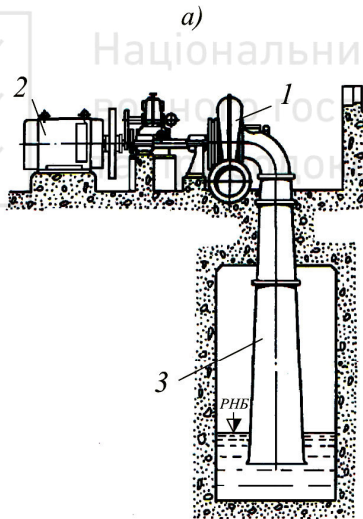
а-з під'ятником на нижній хрестовині; б-з опорою під'ятника на кришці турбіни; в-генератор одновального гідроагрегату;
1-статор; 2-ротор; 3-верхня хрестовина; 4-нижня хрестовина;
5- під'ятник; 6-нижній підшипник; 7-верхній підшипник; 8-вал генератора; 9-вал агрегату; 10-перекриття шахти;
11-опора під'ятника



Національний університет
водного господарства
та природокористування



Національний університет
водного господарства
та природокористування



б)

Рис.14. Горизонтальна радіально-осьова турбіна
невеликої потужності:

а-вид з сторони відсмоктувальної труби; б-боковий вид;
1-гідротурбіна; 2-генератор; 3-відсмоктувальна труба;
4-засувка

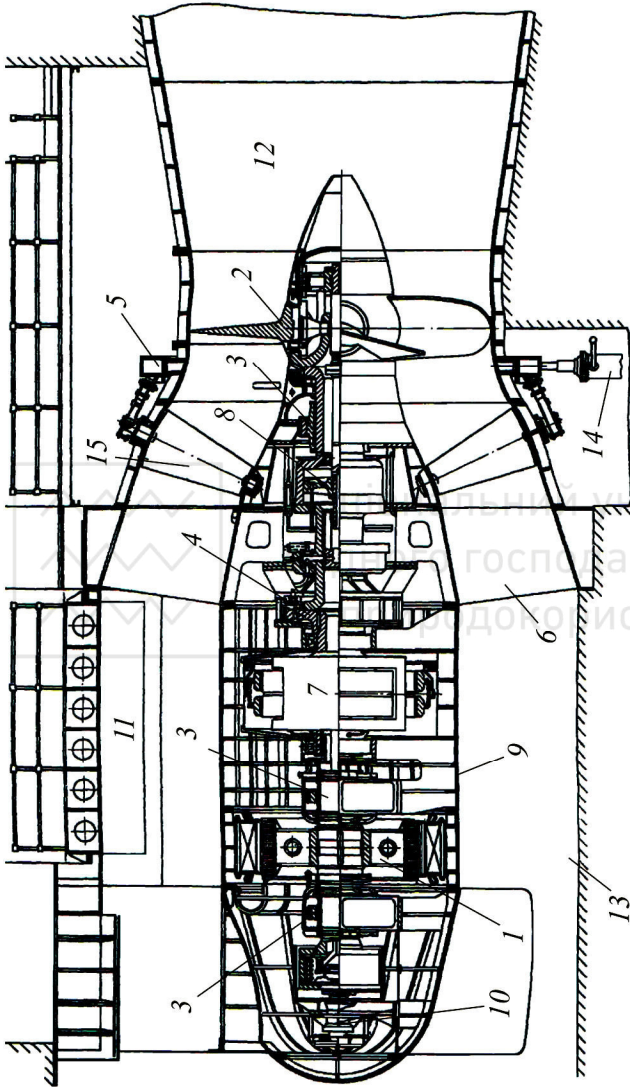


Рис.15. Капсульний агрегат:

1-генератор; 2-робоче колесо; 3-направляючий підшипник; 4-опорний підшипник; 5-регулююче кільце направляючого апарату; 6-опори; 7-мультиплікатор; 8-сервомотор лопатей робочого колеса; 9-корпус капсули; 10-вентилятор; 11-зйомна кришка; 12-відсмоктувальна труба; 13-підвідна камера; 14-сервомотор направляючого апарату; 15-направляючі лопати

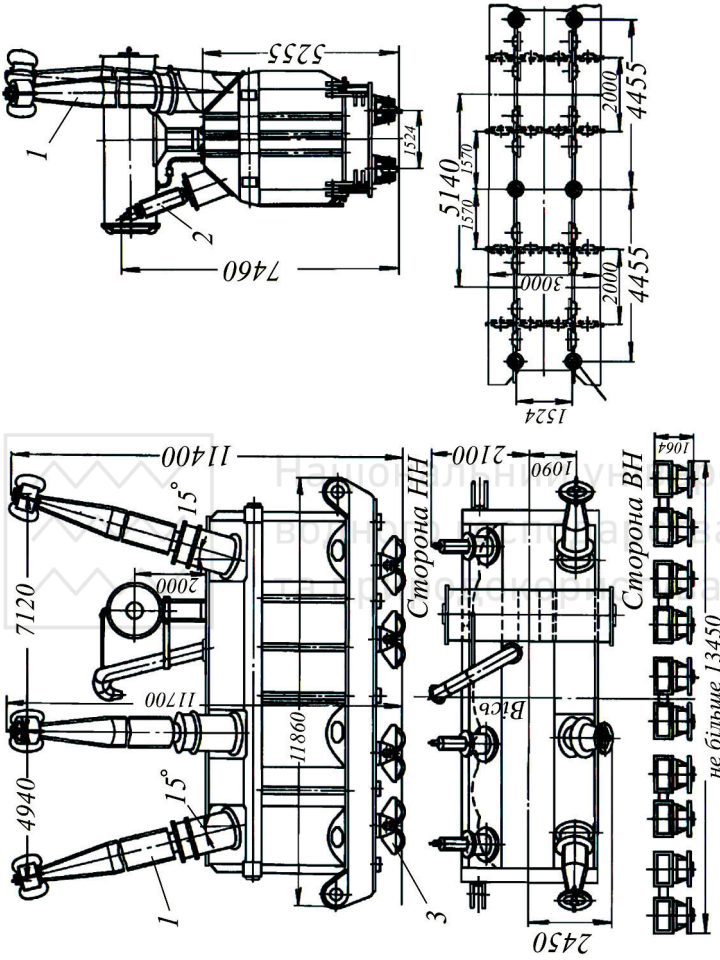


Рис. 16. Трансформатор:

1-вийід 500 кВ; 2-вийід низької (генераторної) напруги; 3-каретка



Національний університет
водного господарства
та природокористування

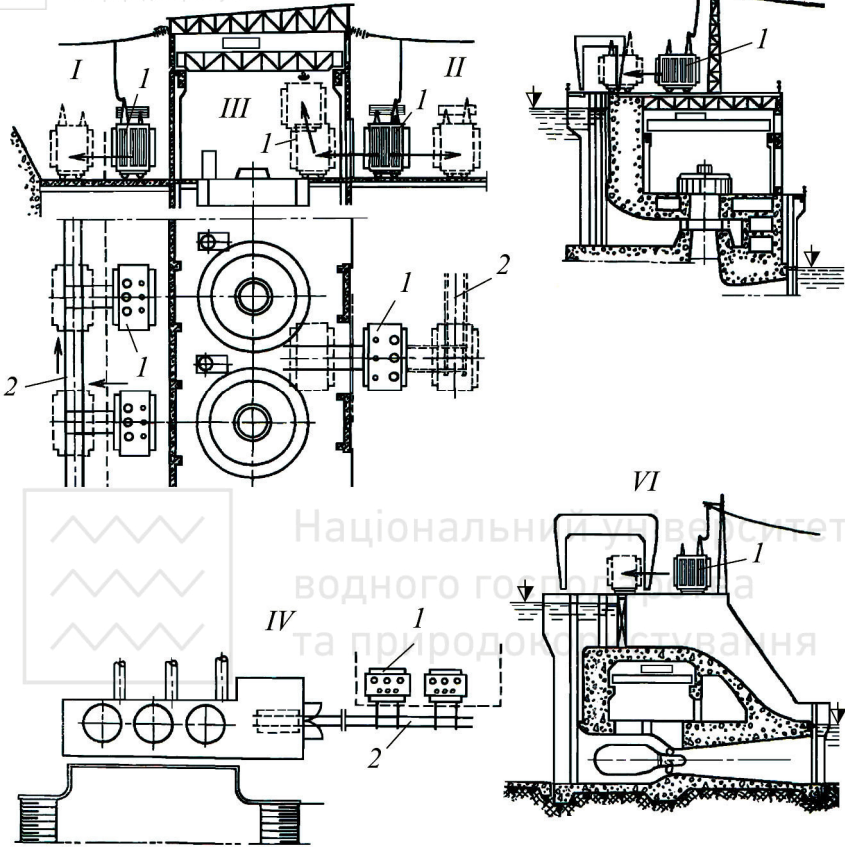


Рис.17. Варіанти розташування силових трансформаторів:

I-варіант пригреблевих ГЕС; II-варіант руслових ГЕС; III-варіант вкатування трансформатора до машинної зали; IV-варіант спеціальної підстанції; V-варіант розташування трансформатора на перекритті будівлі ГЕС; VI-варіант розташування трансформатора на биках водозливної греблі; 1-силовий трансформатор; 2-рейки

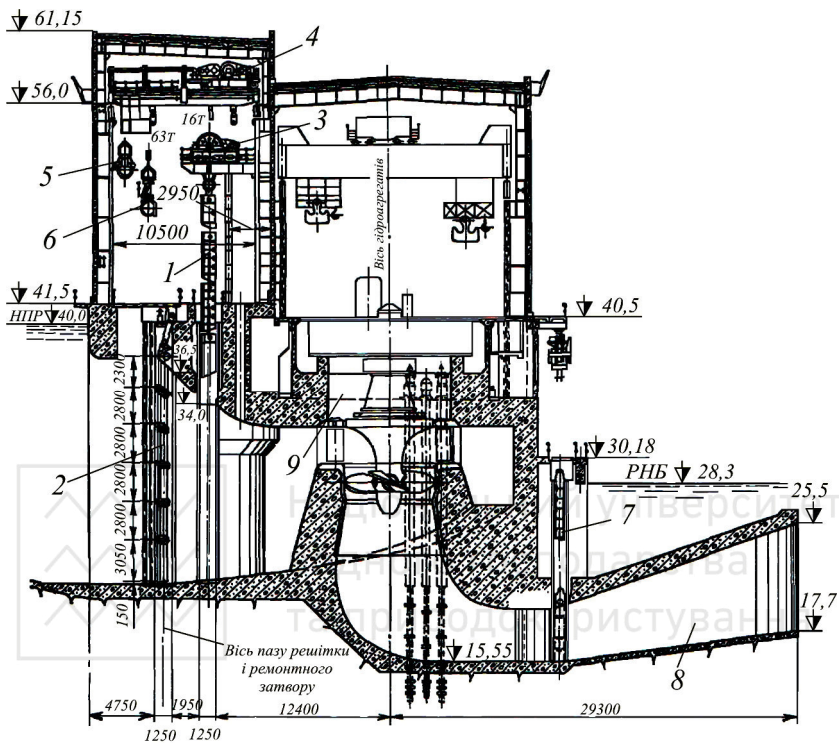


Рис.18. Поперечний переріз будівлі ГЕС:

1-аварійно-ремонтний затвор; 2-СУР; 3-канатний механізм;
4-мостовий кран; 5,6-грейфер; 7-ремонтний затвор;
8-відсмоктувальна труба; 9-турбінна шахта



Національний університет
водного господарства
та природокористування

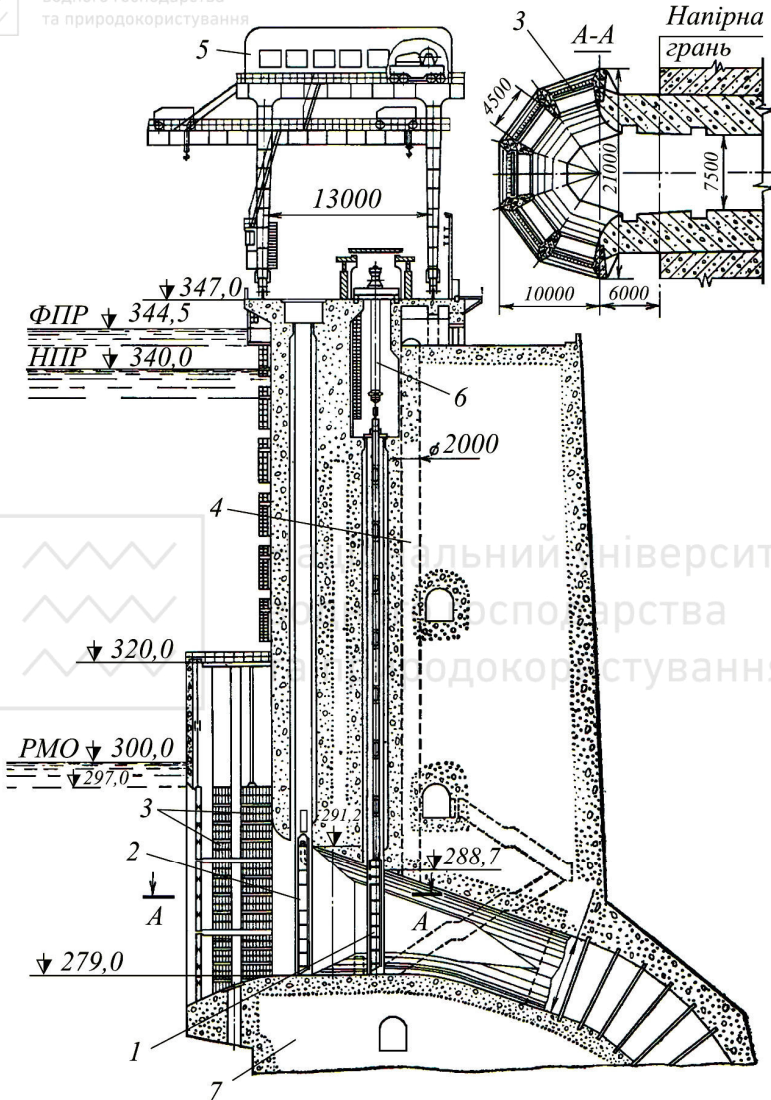


Рис.19. Напірний греблевий водоприймач:

1-аварійно-ремонтний затвор; 2-ремонтний затвор; 3-СУР;
4-аераційна труба; 5-козловий кран; 6-гідропривід; 7-гребля



Національний університет
водного господарства
та природокористування

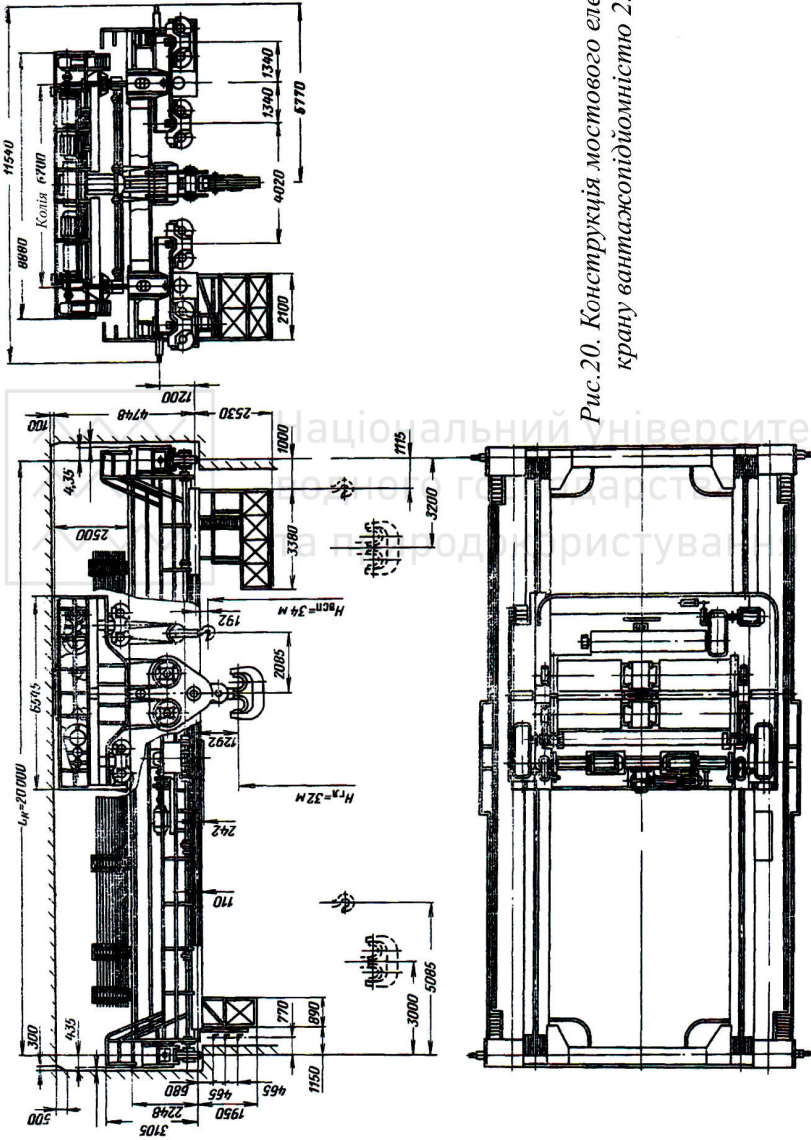


Рис. 20. Конструкція мостового електричного
крану вантажопідйомністю 250/30 т

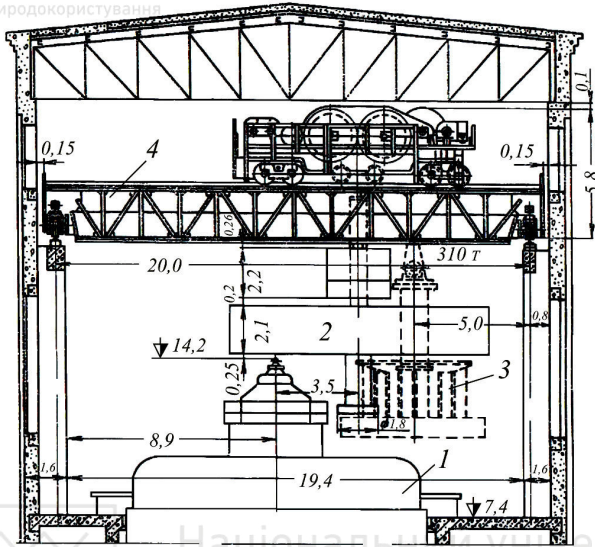


Рис.21. Схема підйому обладнання краном будівлі ГЕС:

1-генератор; 2-ротор з валом; 3-робоче
колесо з валом; 4-мостовий кран

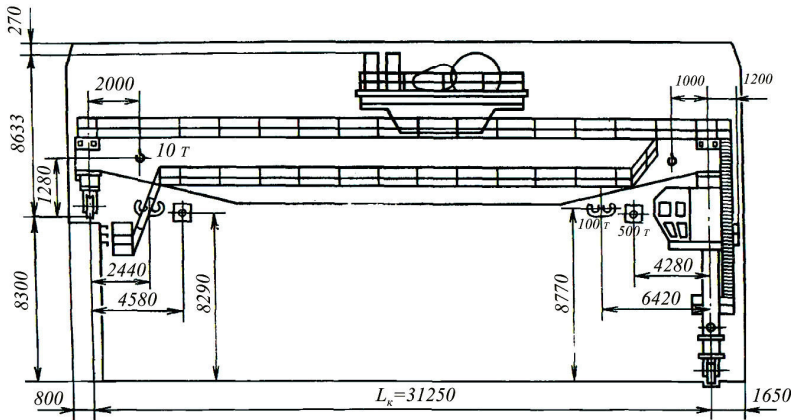


Рис.22. Конструкція напівкозлового крана
вантажопідйомністю 500/100 + 10 т

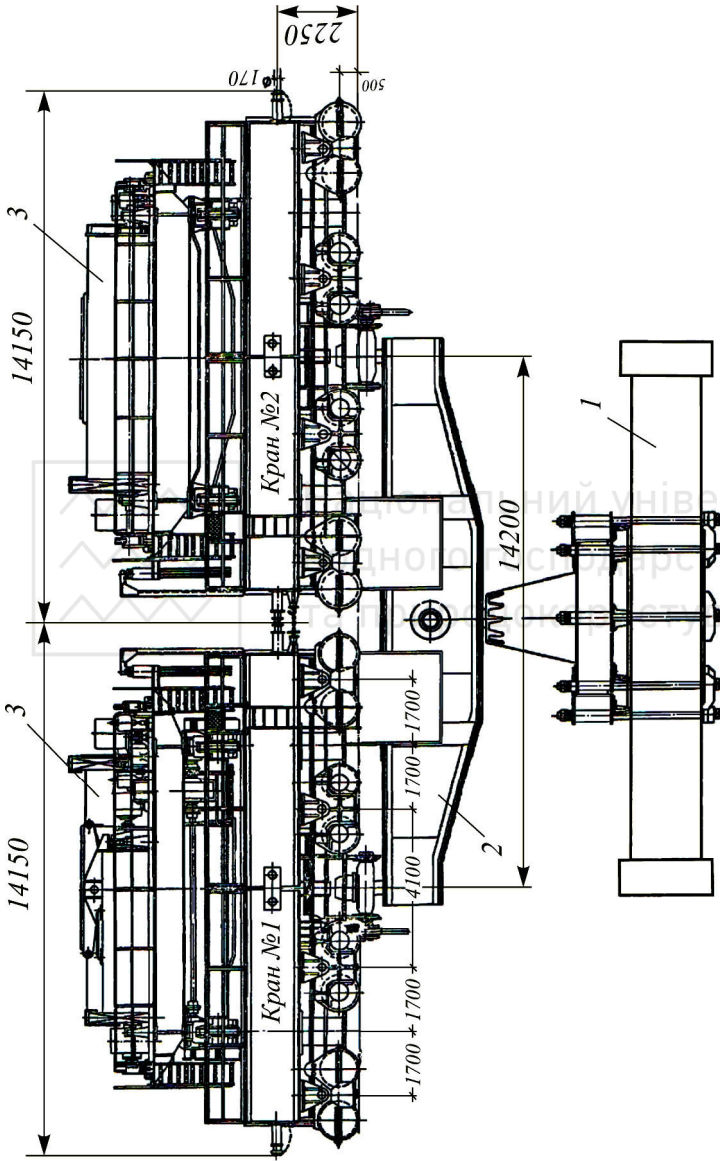


Рис.23. Схема кріплення ротора генератора до траверси при спареній роботі двох кранів:

1-ротор; 2-траверса; 3-крани



Національний університет
водного господарства
та природокористування

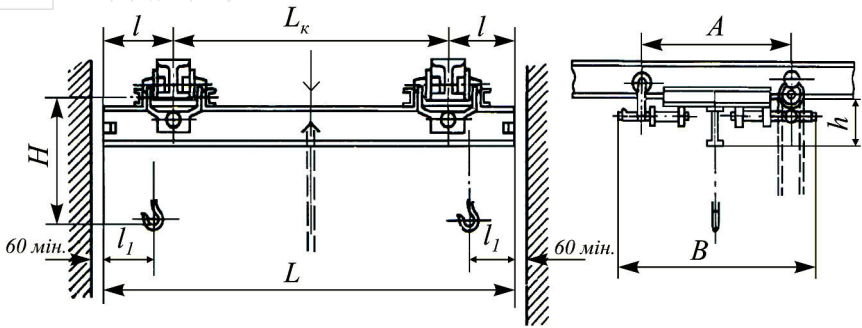
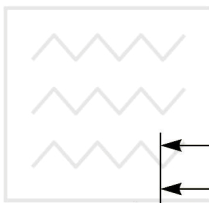


Рис.24. Однобалочний ручний кран



Національний університет
водного господарства
та природокористування

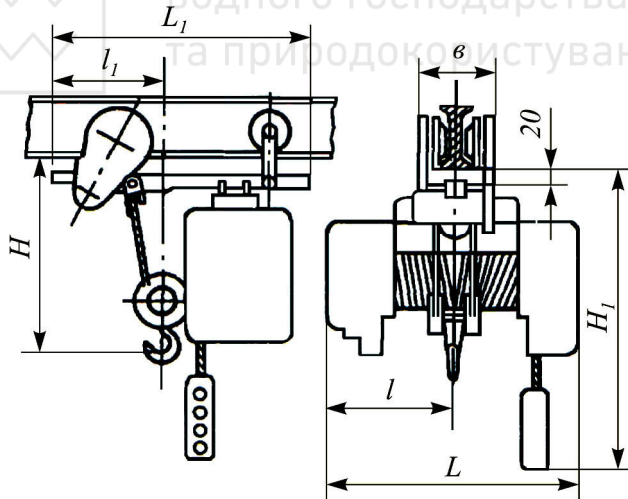


Рис.25. Електрична таль

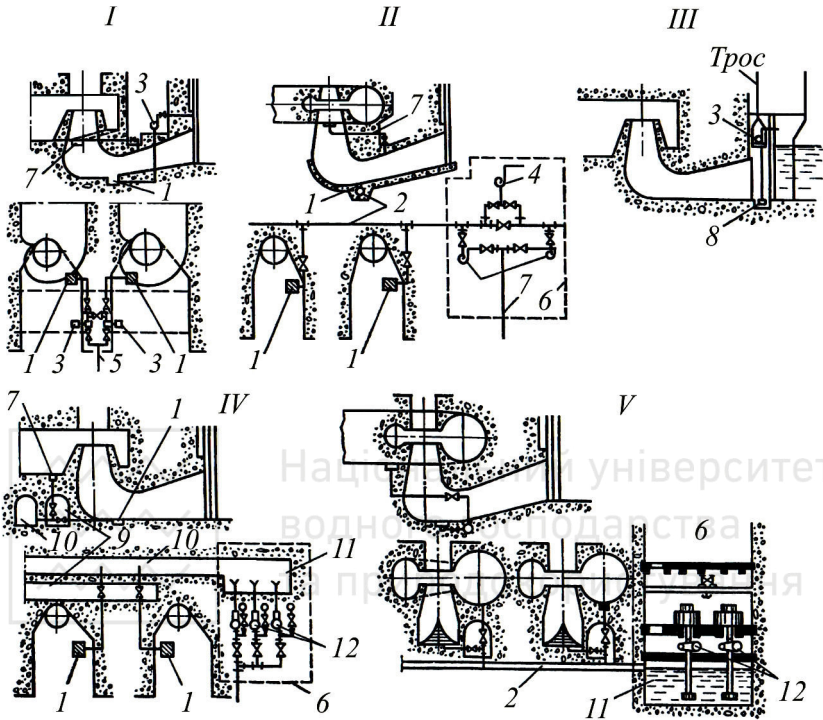


Рис.26. Схеми осушення проточного тракту агрегату:

1-прямки; 2-колектор; 3-насоси; 4-вакуумний насос; 5-скид води до нижнього б'єфу; 6-монтажний майданчик; 7-злив з турбінної камери; 8-кран з сіткою; 9-галерея засувок; 10-"мокра" галерея; 11-басейн; 12-вертикальні шахтні насоси

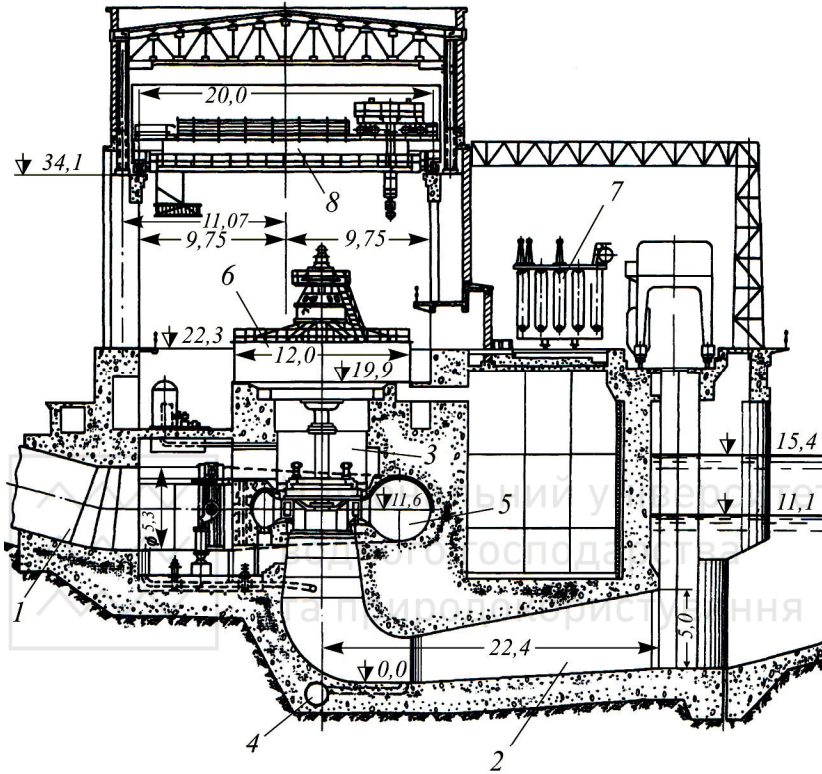


Рис.27. Будівля пригребельної ГЕС:

- 1-турбінний трубопровід;
- 2-відсмоктувальна труба;
- 3-турбінна шахта;
- 4-магістраль для осушення проточної частини;
- 5-турбінна камера;
- 6-генератор;
- 7-трансформатор;
- 8-мостовий кран маїзали

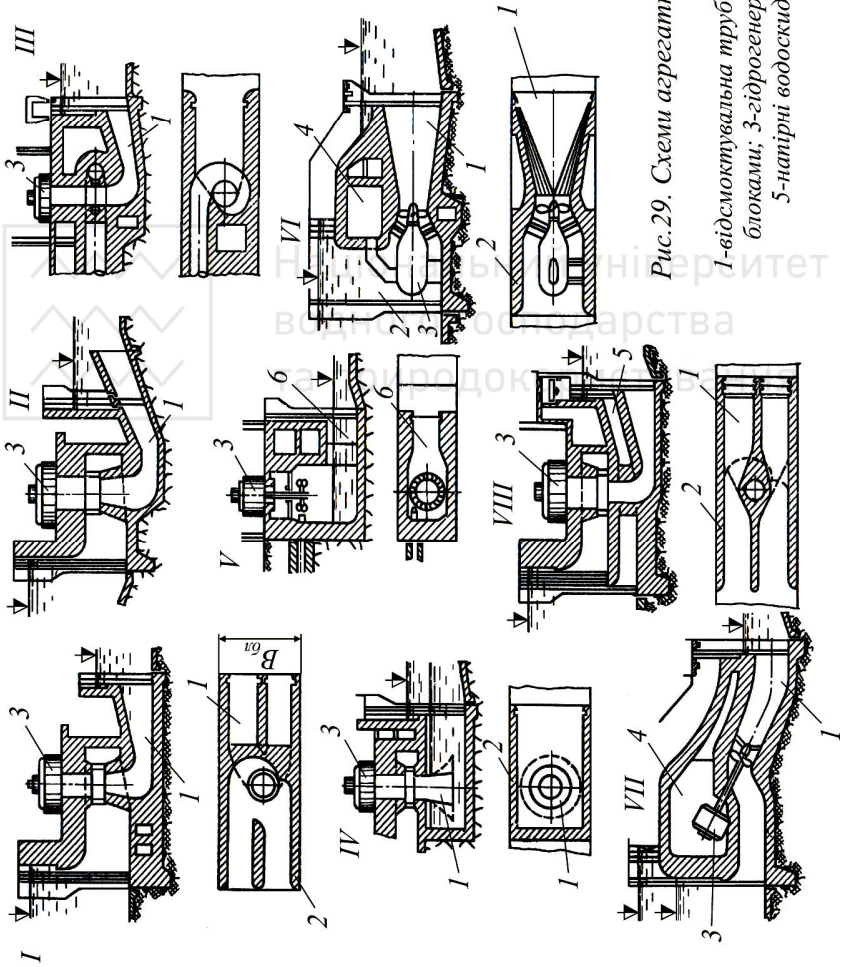


Рис.29. Схеми агрегатної частини будівлі ГЕС:

1-відсмоктувальна труба; 2-бик між агрегатними блоками; 3-гідрогенератор; 4-машинна залізниця; 5-натірні водоскиди; 6-відвідна камера

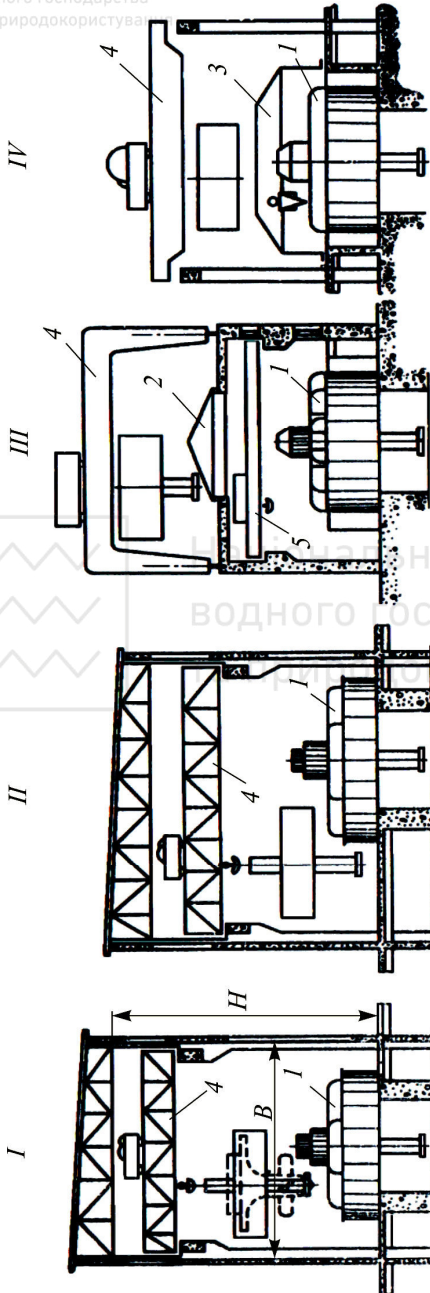
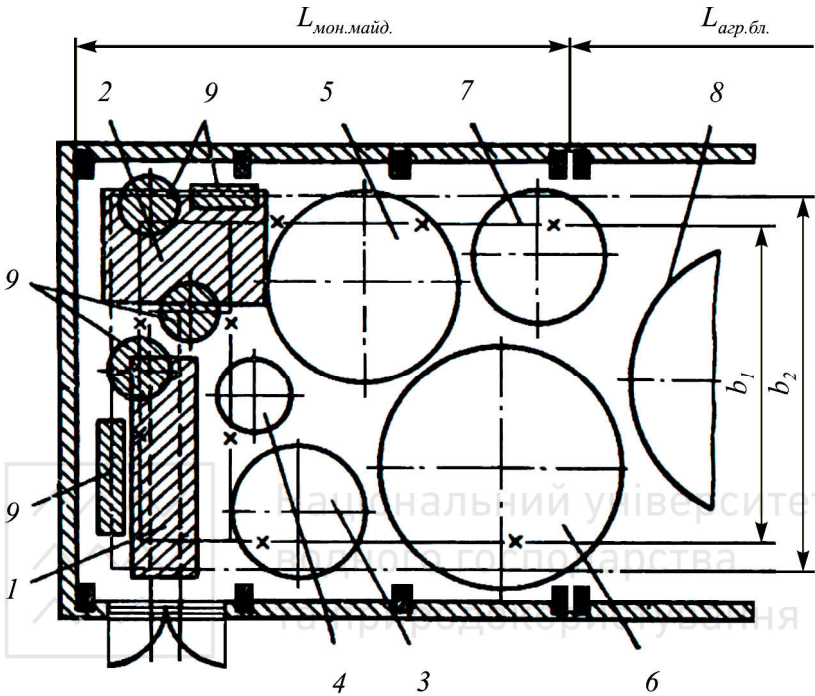


Рис.30. Типи верхньої будови будівлі ГЕС;

I-II-закрита, III-напіввідкрита, IV-відкрита,
1-генератор; 2-кришка; 3-ковпак; 4-основний кран; 5-допоміжний кран



*Рис.31. Схема розташування устаткування
на монтажному майданчику:*

*1-транспортна платформа; 2-трансформаторна яма; 3-робоче
колесо турбіни; 4-під'ятник з опорою; 5-ротор гідрогенегатора;
6-хрестовина гідрогенегатора; 7-кришка турбіни; 8-агрегат;
9-дзеркало п'яти, збуджувач, вал турбіни та інші деталі*

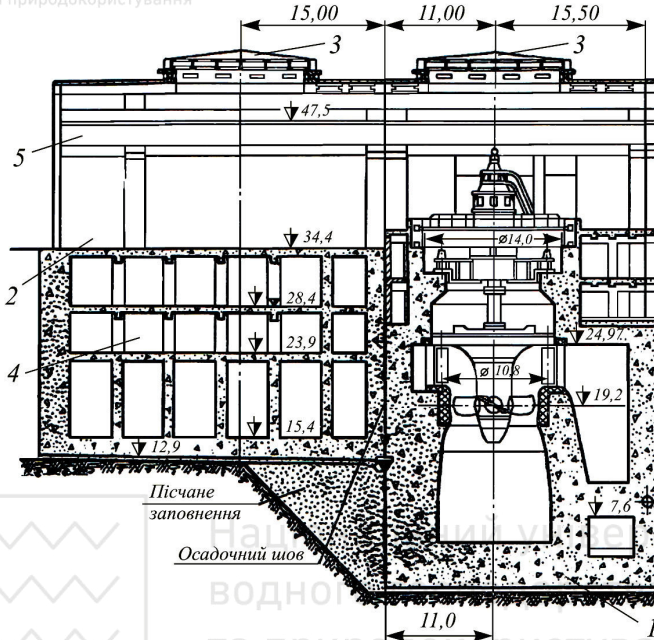


Рис.32. Поздовжній переріз монтажного майданчика та турбінного блоку:

1-турбінний блок; 2-монтажний майданчик; 3-кришка;
4-службові приміщення; 5-підкранова балка крану маиззали

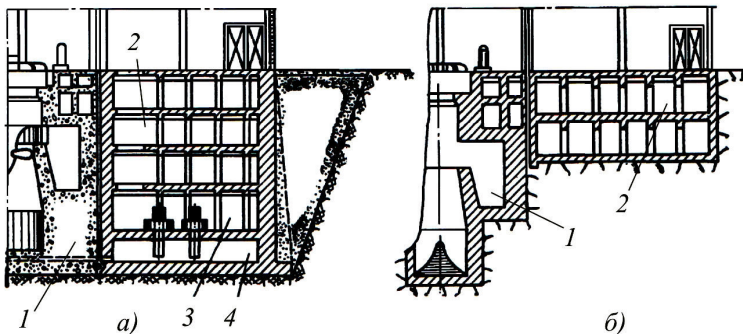


Рис.33. Поздовжній переріз монтажного майданчика:

а-на нескельній основі; б-на скельній основі; 1-агрегатний блок;
2-монтажний майданчик; 3-насосна станція; 4-ємність
системи осушення агрегатів

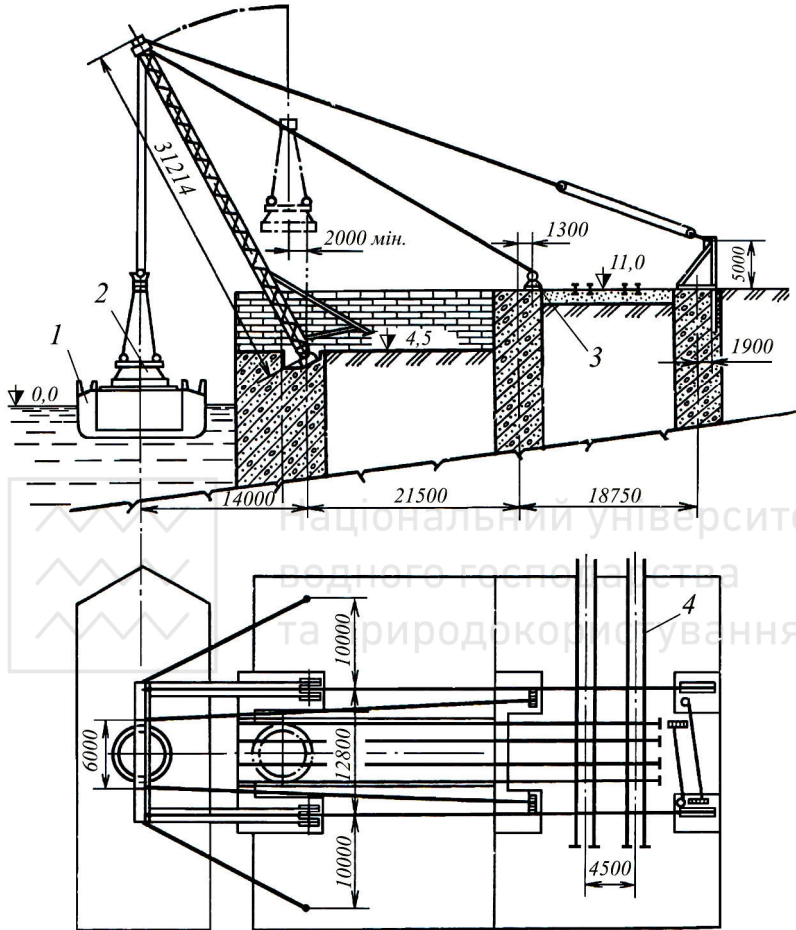


Рис.34. Причал для розвантаження робочих коліс гідротурбін:

1-баржа; 2-робоче колесо; 3-лебідка; 4-залізнична колія

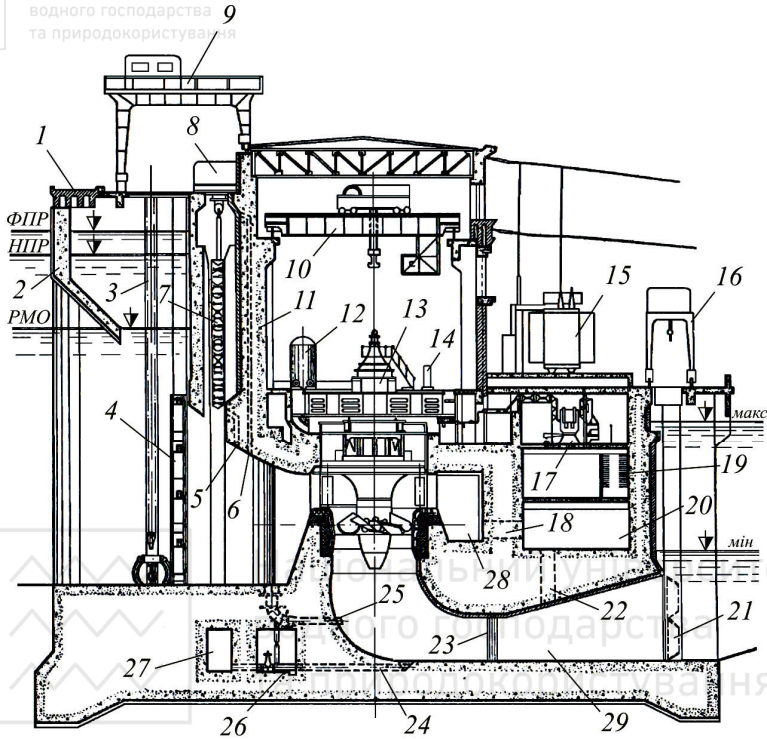


Рис.35. Поперечний переріз машинної будівлі ГЕС:

ФПР-форсований підпірний рівень; НПР-нормальний підпірний рівень; РМО-рівень мертвого об'єму; 1-автоторожний міст; 2-забральна балка; 3-паз грейфера для очистки решіток; 4-сміттєутримуюча решітка (СУР); 5-байпас для заповнення водою турбінної камери; 6-отвори для повітря; 7-аварійно-ремонтний затвор; 8-лебідка затвору; 9-напівкозловий кран для обслуговування щитового відділення; 10-мостовий кран для обслуговування машинної зали і монтажної площадки; 11-напірна стінка; 12- маслонапірна установка (МНУ); 13-агрегат з п'ятою на кришці турбіни; 14-колонка управління; 15-головні підвищуючі трансформатори; 16-козловий кран для обслуговування шандорного загородження; 17-приміщення електричних розподільчих пристроїв; 18-лаз в спіральну камеру; 19-кабельний коридор; 20-приміщення насосної; 21-шандорне загородження відсмоктувальних труб; 22-лаз у відсмоктувальну трубу; 23-проміжний бичок відсмоктувальної труби; 24-зливна труба для відкачки води із відсмоктувальної труби; 25-зливна труба для спорожнення спіральної камери; 26- суха галерея; 27-галерея, що веде до насосної; 28-спіральна камера; 29-відсмоктувальна труба



Рис.36. Будівля ГЕС напіввідкритого типу:

- 1-шандорний паз; 2-паз затвору;
- 3-з'ємна кришка; 4-козловий кран водоприймача;
- 5-козловий кран маїзали; 6-козловий кран нижнього б'єфу; 7-трансформатор;
- 8-шандорний паз; 9-міст

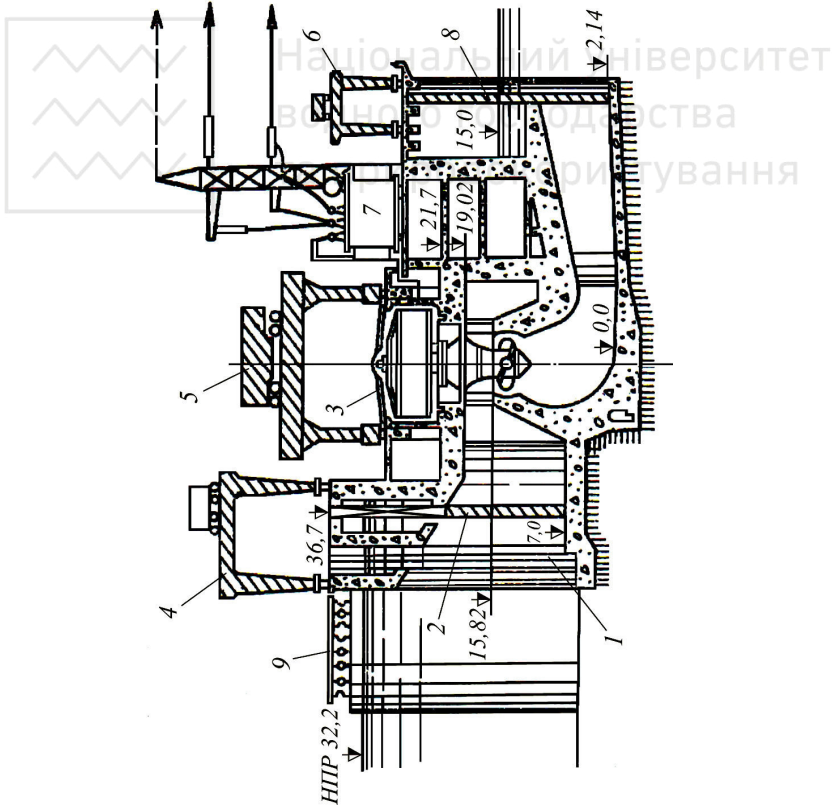




Рис. 37. Будівля ГЕС напіввідкритого типу:

- 1-паз ремонтного затвору; 2-рейлітка; 3-сміттєочисна машина; 4-пересувна кришка;
- 5-козловий кран; 6-турбінне приміщення;
- 7-паз шандор; 8-службове приміщення

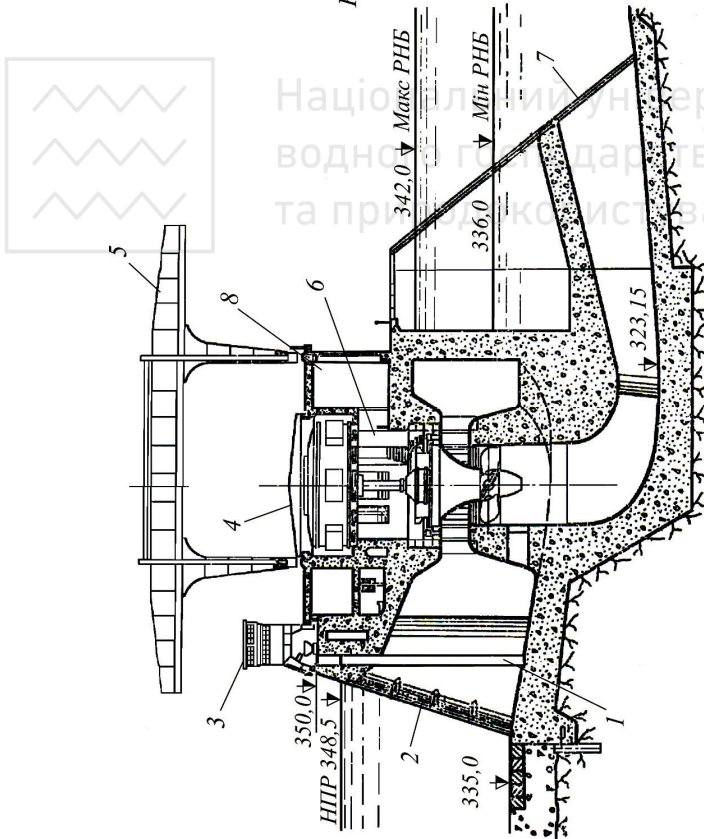
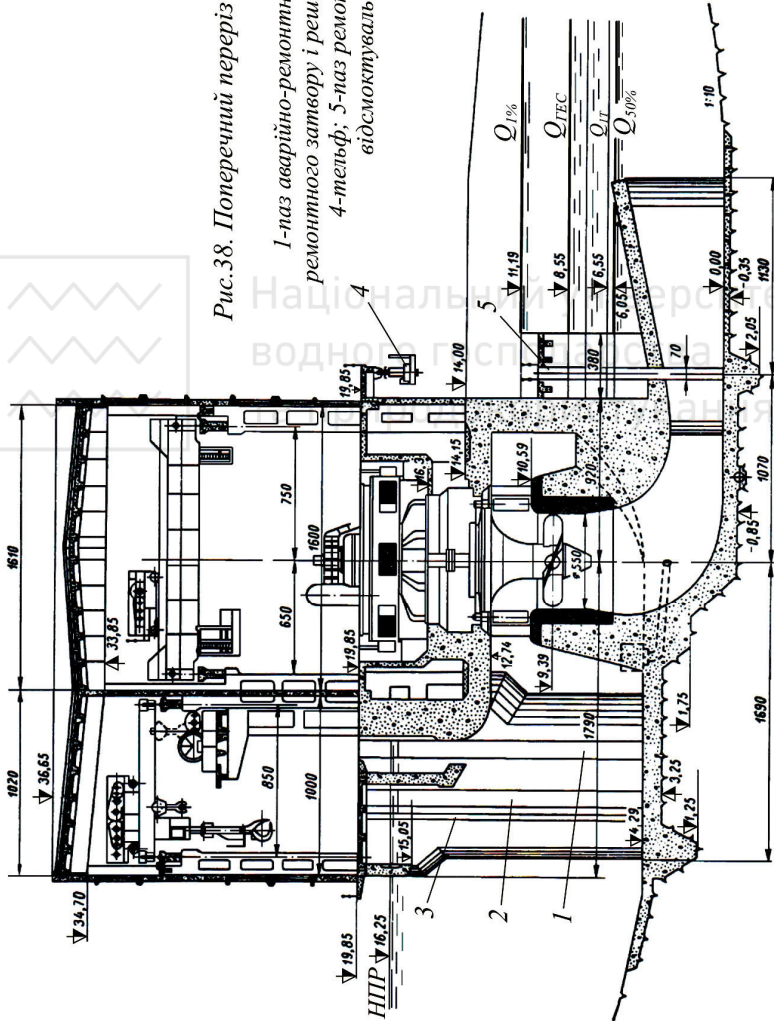




Рис. 38. Поперечний переріз машинної будівлі ГЕС;

1-наз аварійно-ремонтного затвору; 2-наз
ремонтного затвору і решітки; 3-наз грейфера;
4-тельф; 5-наз ремонтного затвору
відсмоктувальної труби



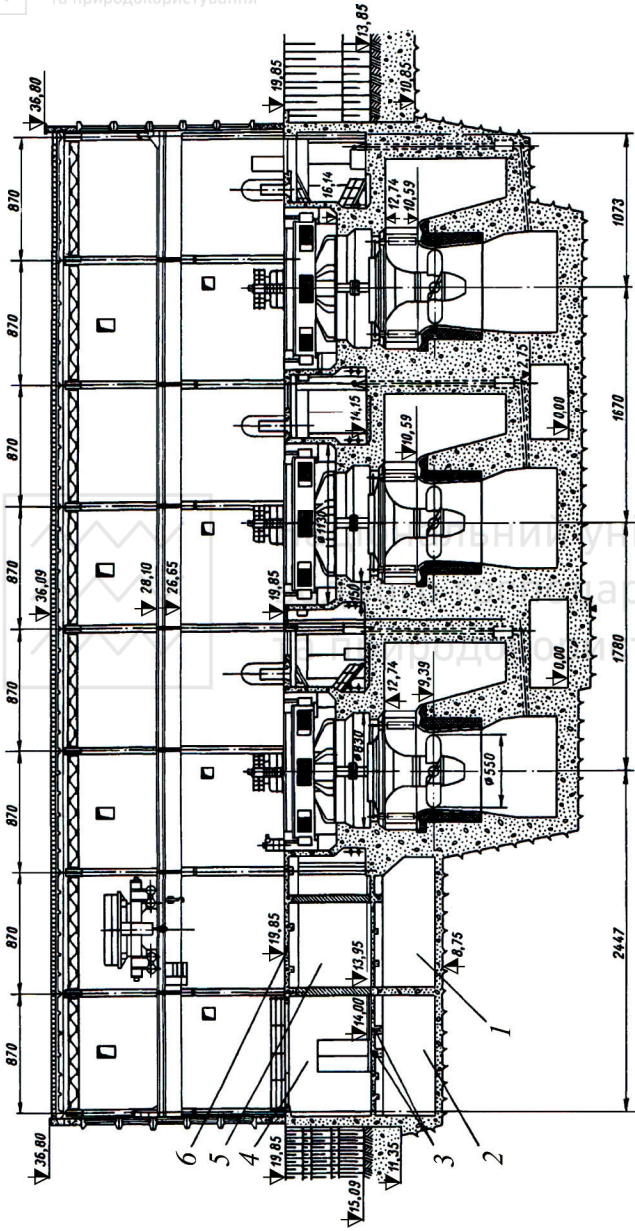


Рис. 39. Поздовжній переріз по осі агрегатів:

1-приміщення насосів технічного водопостачання; 2-механічна майстерня; 3-залізниця для доставки обладнання; 4-приміщення для перевантаження; 5-генераторний розподільчий пристрій; 6-монтажний майданчик

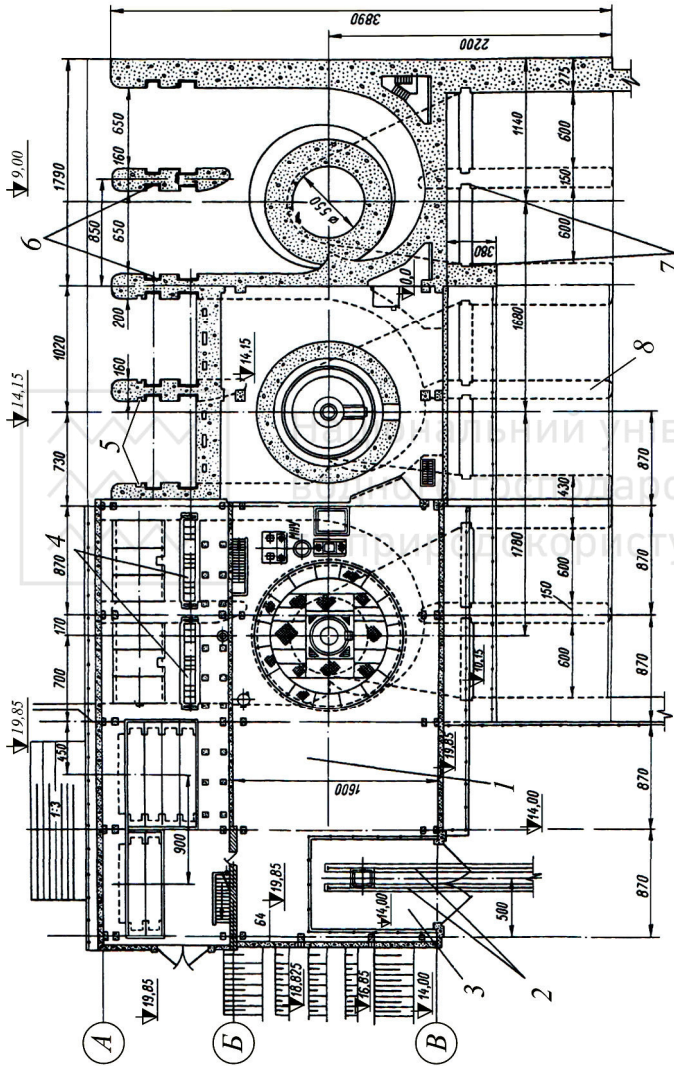


Рис. 40. План машинної будівлі ГЕС на різних відмітках:

1-монтажний майданчик; 2-залізняця для доставки обладнання, 3-приймачення для перевантаження;
4-аварійно-ремонтні затвори; 5-паз рейфера; 6-паз ремонтного затвору; 7-паз
ремонтного затвору відмокнувальної труби; 8-проміжні бики

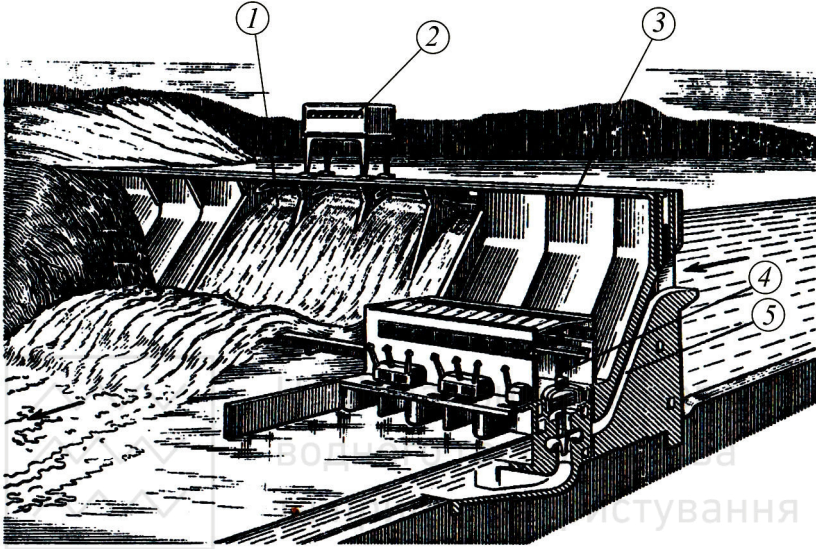


Рис.41. Схема пригребельної ГЕС:

*1-водозливна гребля; 2-кран; 3-станційна гребля;
4-будівля ГЕС; 5-турбінний водовід*

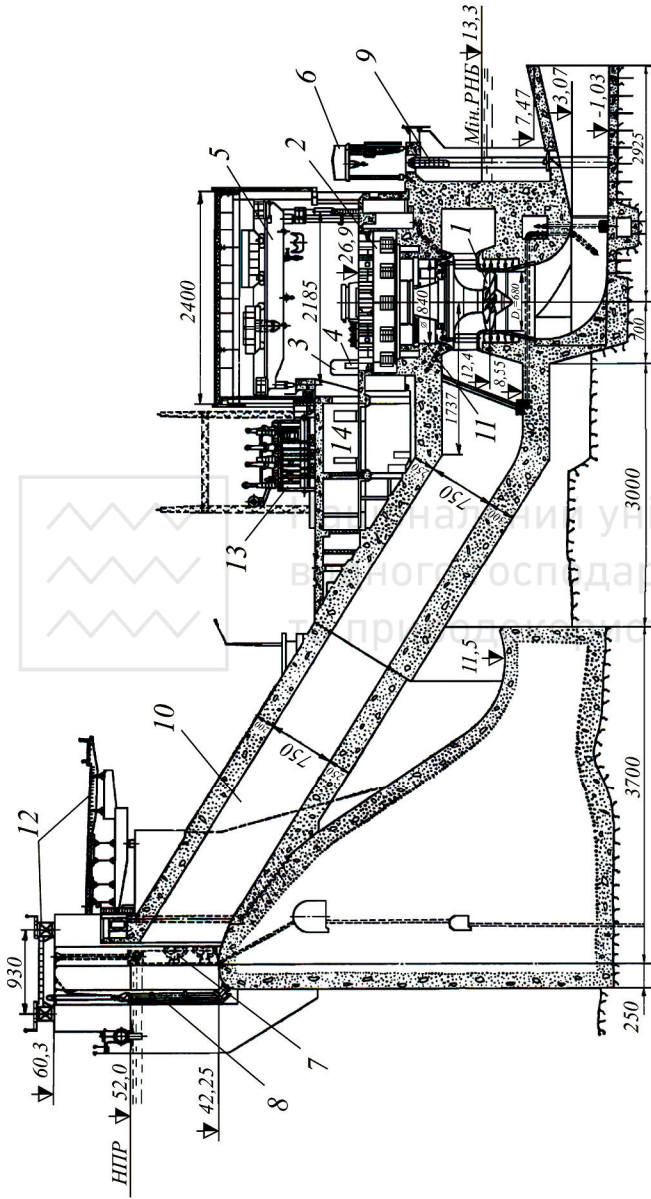


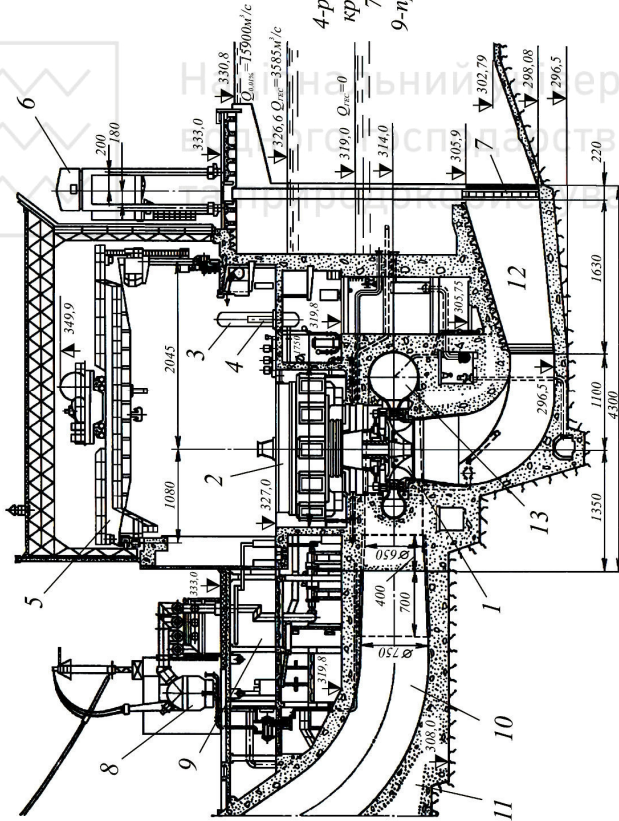
Рис. 42. Поперечний переріз будівлі пригребельної ГЕС:

1-гідротурбіна; 2-гідрогенератор; 3-МНУ; 4-регулятор частоти обертання; 5-напівкозловий кран-машина; 6-козловий кран нижнього б'єфу; 7-мостовий верхнього б'єфу; 8-СУР; 9-затвор нижнього б'єфу; 10-напірний водовід; 11-турбінна шахта; 12-мостові переходи; 13-трансформатор; 14-приміщення електричної частини



Рис. 43. Поперечний переріз будівлі
приребельної ГЕС:

- 1-гідротурбіна; 2-гідрогенератор; 3-МНУ;
4-регулятор частоти обертання; 5-напівколовий
кран маїзали; 6- козловий кран нижнього б'єфу;
7-затвор нижнього б'єфу; 8-трансформатор;
9-приміщення електричної частини; 10-турбінний
трубопровід; 11-зрєбля; 12-відсмоктувальна
труба; 13-спіральна камера



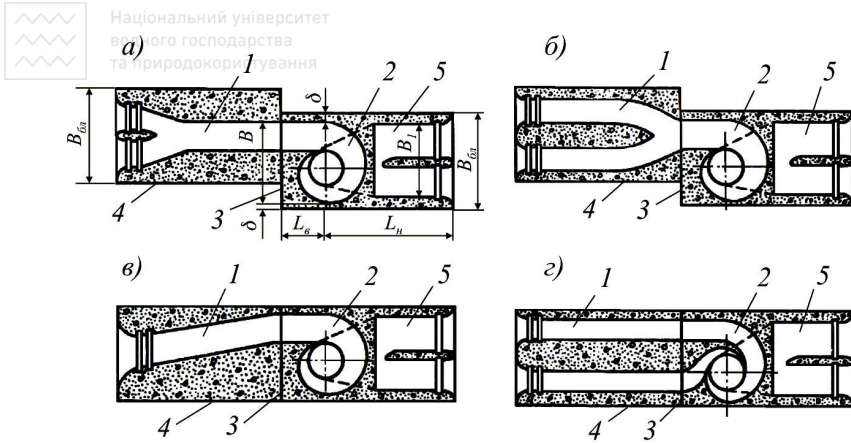


Рис.44. Варіанти з'єднання турбінних водоводів з спіральними камерами на пригребельних установках:

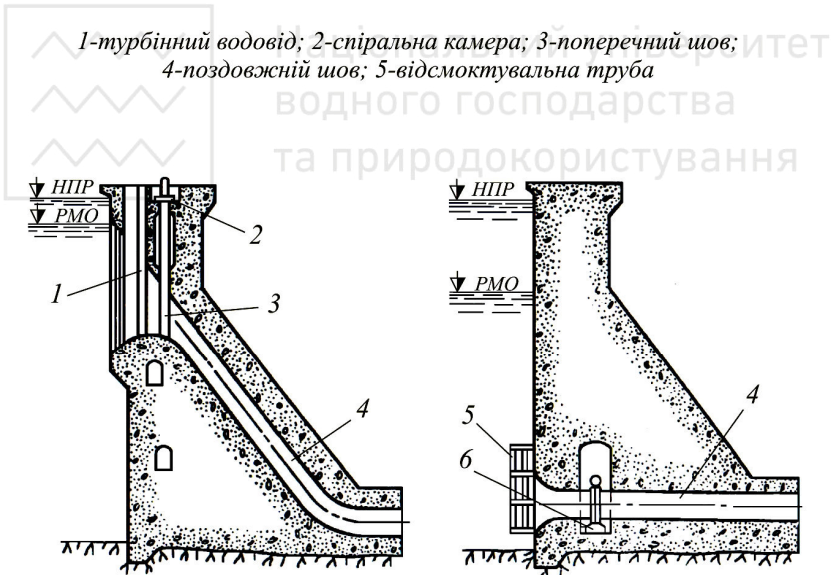


Рис.45. Варіанти розташування водозабірних отворів на пригребельних ГЕС:

1-наз решітки; 2-гідропідйомник; 3-наз аварійно-ремонтного затвору; 4-турбінний трубопровід; 5-виносна решітка; 6-кульові (дискові) затвори

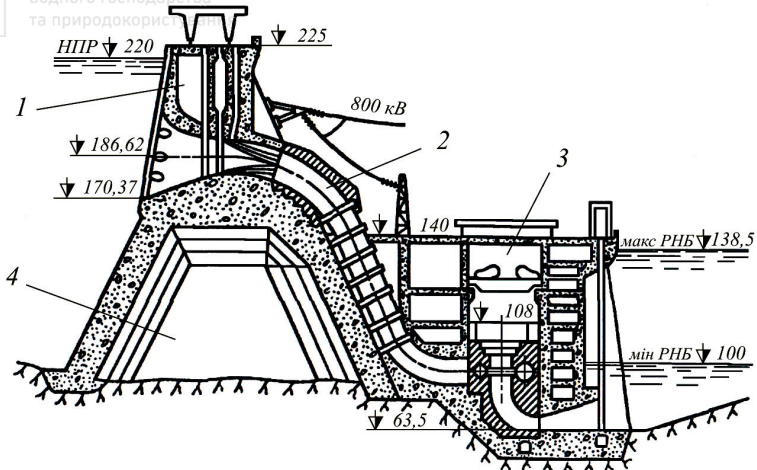


Рис.46. Пригребельна ГЕС з масивно-контрфорсною
станційною греблею:

1-водоприймач; 2-турбінний трубопровід;
3-машинна будівля ГЕС; 4-гребля

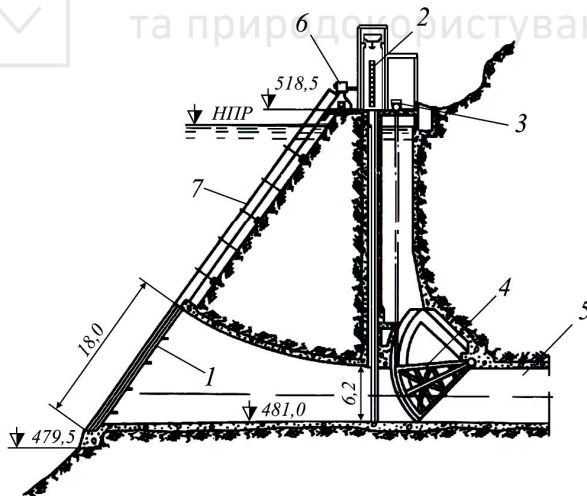
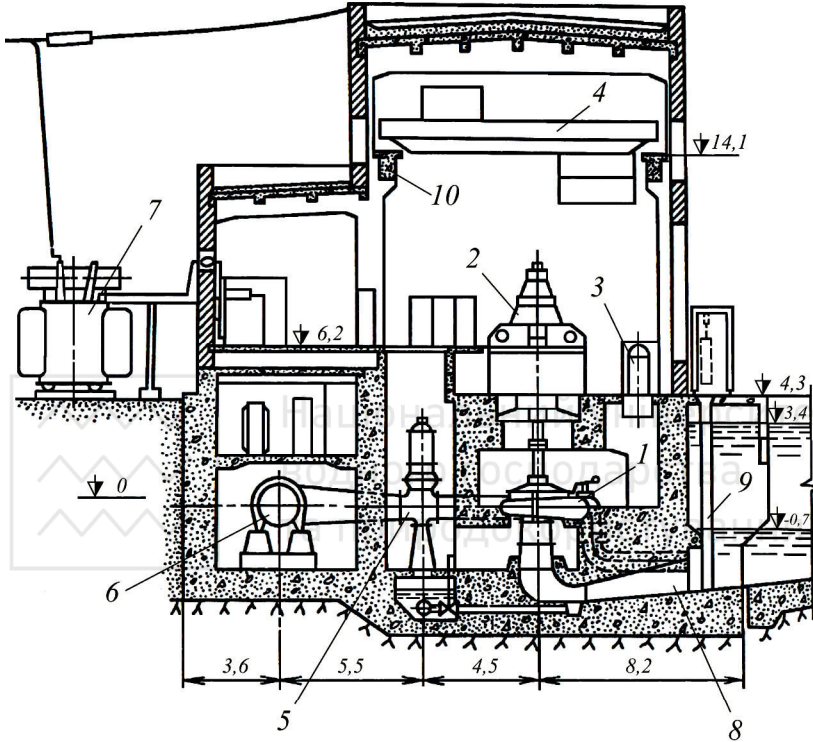


Рис.47. Береговий водоприймач з напірною деривацією:

1-СУР; 2-ремонтний затвор; 3-підйомник затвору; 4-сегментний
аварійно-ремонтний затвор; 5-дериваційний тунель; 6-сміттєочисна
машина; 7-граблі для очистки решітки



*Рис.48. Поперечний переріз будівлі
дериваційної ГЕС:*

*1-гідротурбіна; 2-гідрогенератор; 3-МНУ; 4-мостовий
кран; 5-засувка; 6-турбінний водовід; 7-трансформатор;
8-відсмоктувальна труба; 9-паз відсмоктувальної
труби; 10-підкранова балка*

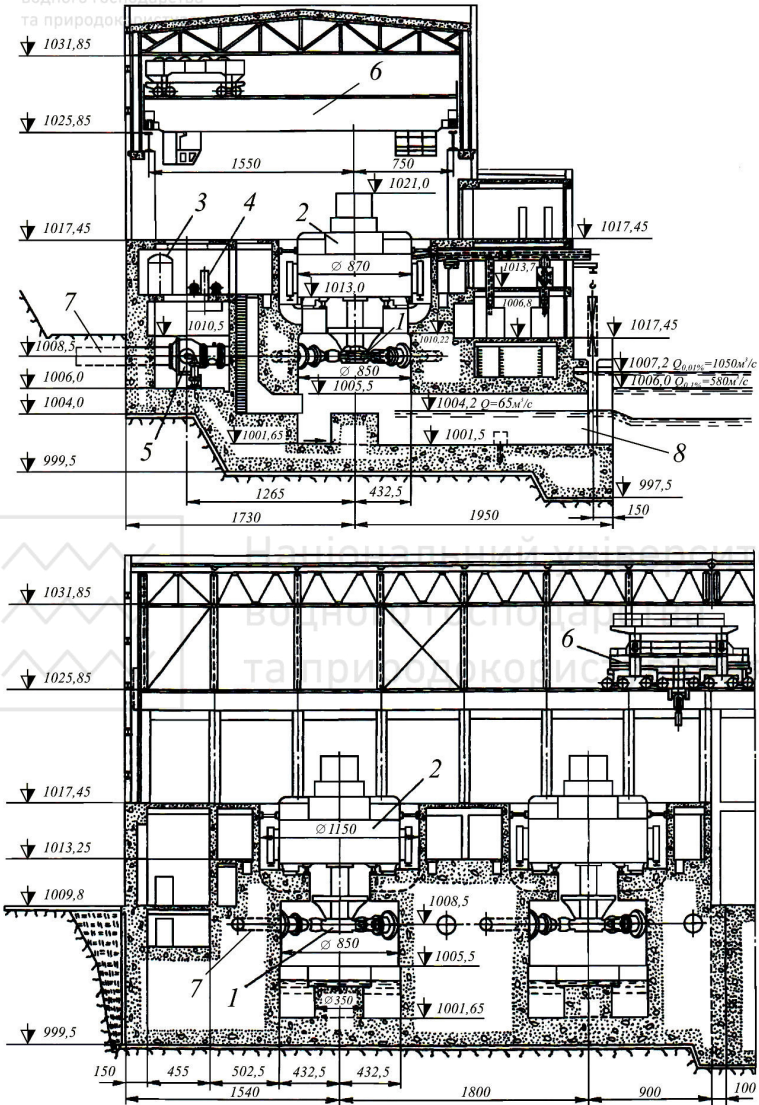


Рис.49. Поперечний і поздовжній перерізи будівлі дериваційної ГЕС:

1-гідротурбіна; 2-гідрогенератор; 3-МНУ; 4-регулятор частоти обертання; 5-кульовий затвор; 6-мостовий кран маїзали; 7-турбінний водовід; 8-відвідний канал



Національний університет
водного господарства
та природокористування

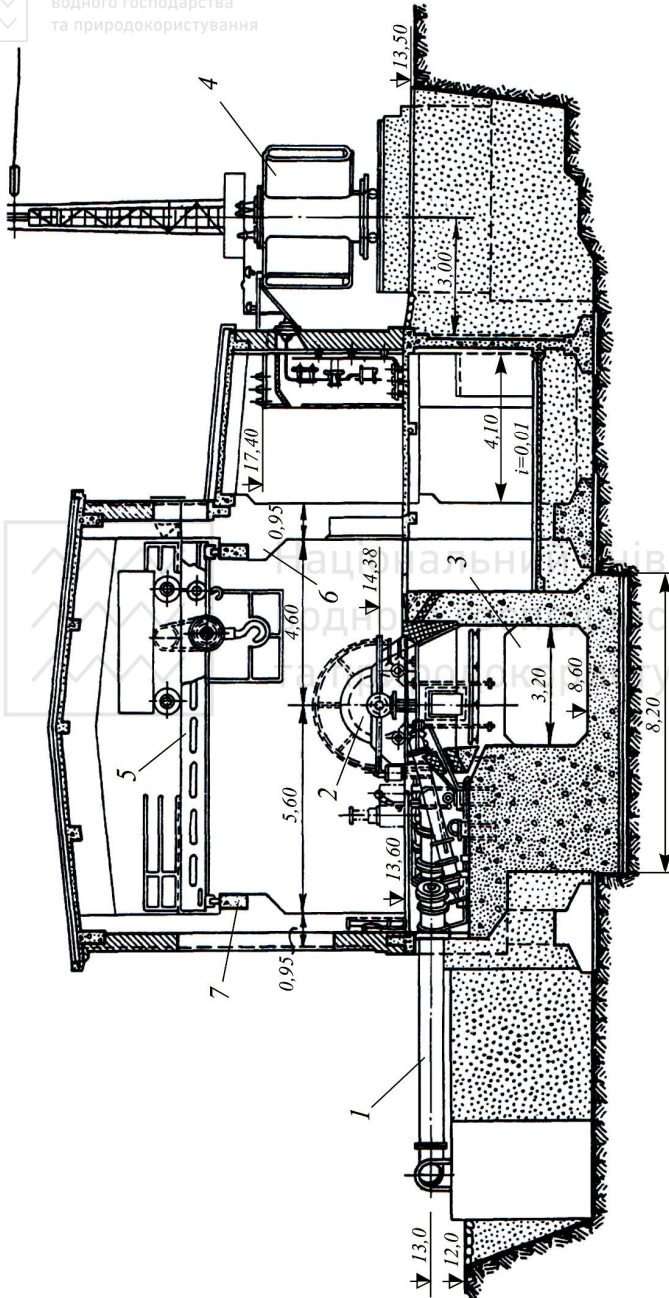


Рис. 50. Поперечний переріз будівлі дериваційної ГЕС;

1-турбінний трубопровід; 2-ковшова турбіна; 3-відвідний канал;
4-трансформатор; 5-мостовий кран; 6-колона; 7-підкранова балка

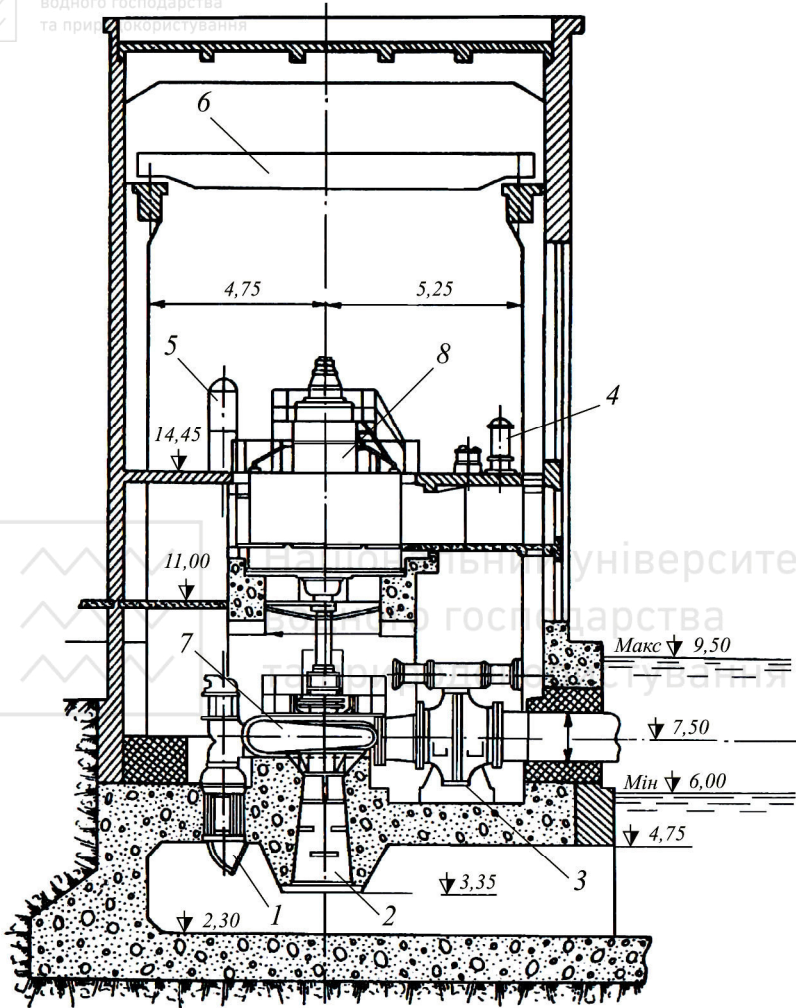


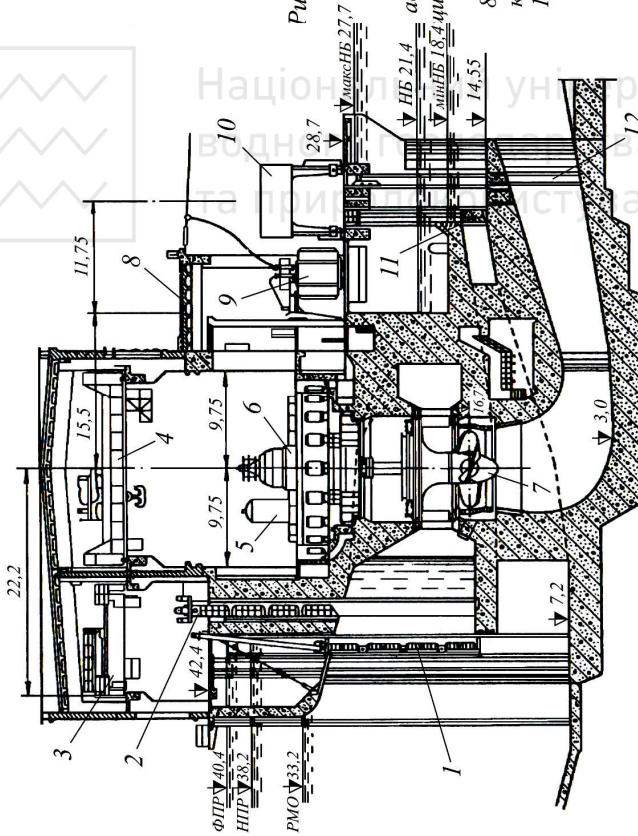
Рис.51. Поперечний переріз будівлі ГЕС:

- 1-холостий випуск; 2-відсмоктувальна труба;
3-кульовий затвор; 4-колонка управління;
5-МНУ; 6-мостовий кран; 7-турбіна;
8-гідрогенератор



Рис.52. Поперечний переріз машинної будівлі
ГЕС суміщеного типу:

1-паз рейтки і ремонтного затвору; 2-
аварійно-ремонтний затвор; 3-мостовий кран
аварійного відділення; 4-мостовий кран машинної
зали; 5-МНУ; 6-гідрогенератор; 7-турбіна;
8-автотора; 9-трасформатор; 10-козловий
кран; 11-основний затвор доного водоскиду;
12-паз ремонтного затвору відсмоктувальної
труби

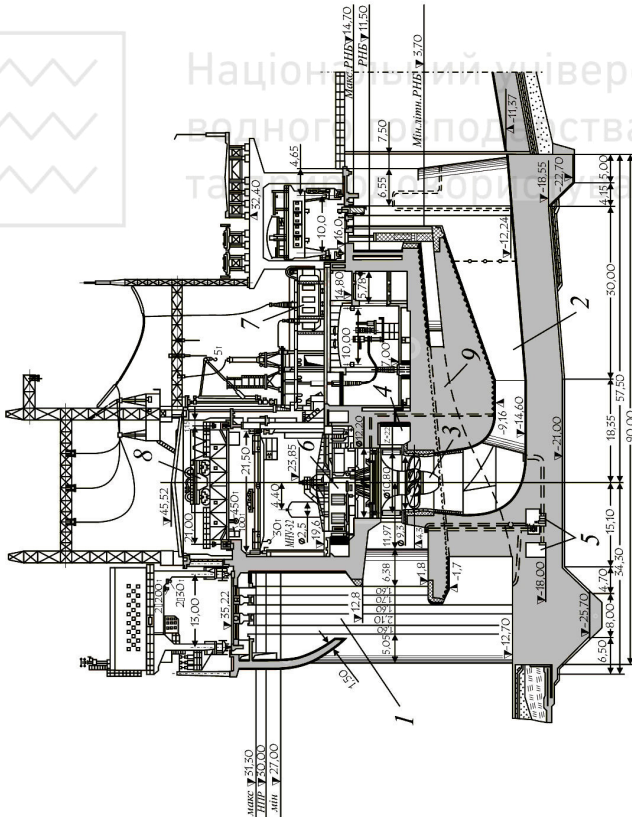




Національний університет
водного господарства
та природокористування

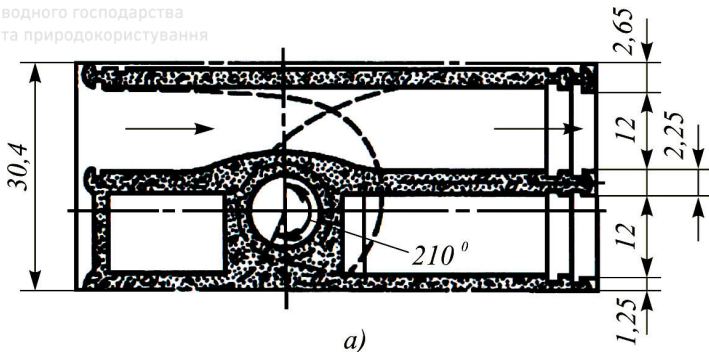
*Рис. 53. Будівля ГЕС суміщеного типу
(поперечний переріз):*

- 1-водотриймач; 2-відсмоктувальна труба;
3-робоче колесо турбіни; 4-турбінна камера;
5-система осушення проточної частини;
6-генератор; 7-трансформатор; 8-мостовий
кран магізали; 9-напірні водоскиди*

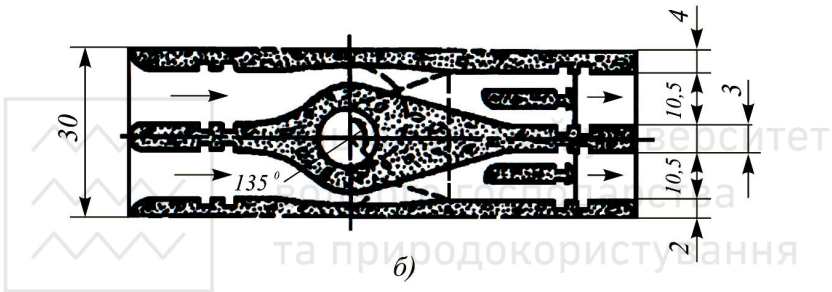




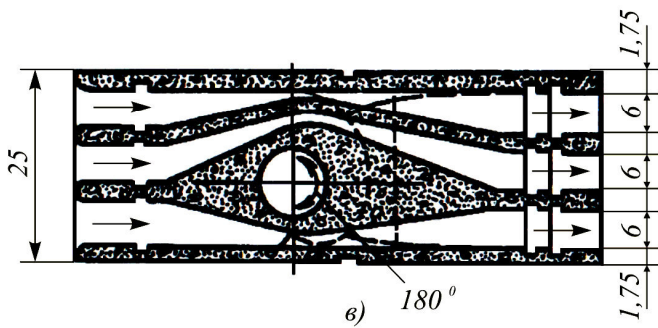
Національний університет
водного господарства
та природокористування



а)



б)



в)

Рис.54. Варіанти водоскидних галерей:

а-одна галерея 210° ; б-дві галереї 135° ;
в-три галереї 180°

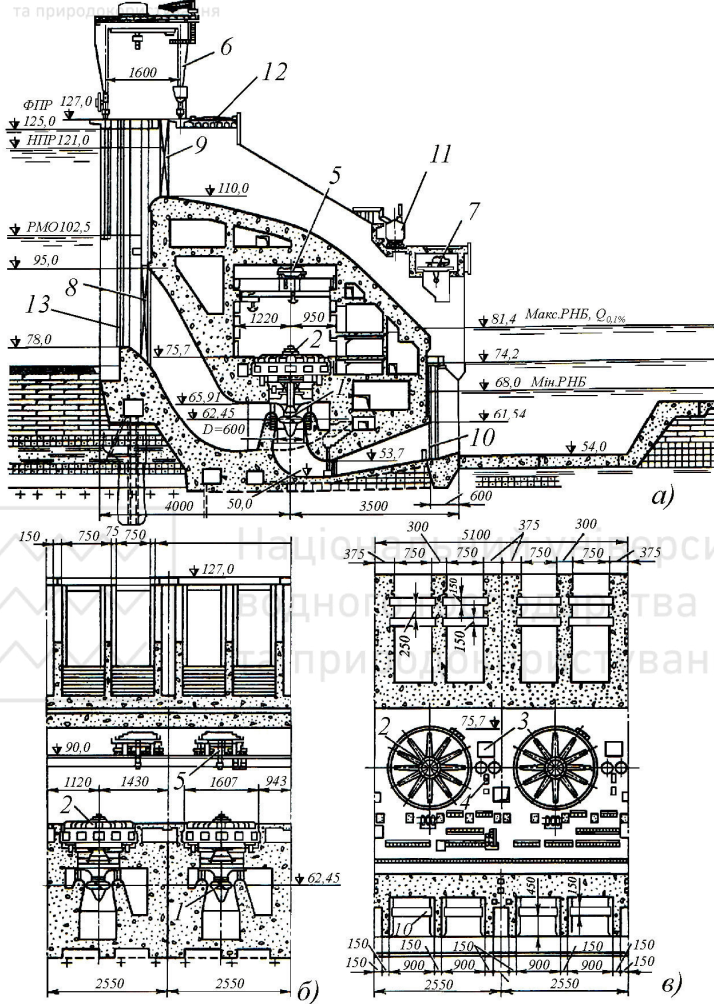


Рис. 55. Поперечний (а), поздовжній (б) перерізи,
план-розріз (в) водозливної будівлі ГЕС:

1- гідротурбіна; 2-гідрогенератор; 3-МНУ; 4-регулятор частоти обертання; 5-мостовий кран маишзали; 6-козловий кран верхнього б'єфу; 7-мостовий кран нижнього б'єфу; 8-затвор верхнього б'єфу; 9-затвор водозливу; 10-затвор нижнього б'єфу; 11-трансформатор; 12-мостовий перехід; 13-СУР

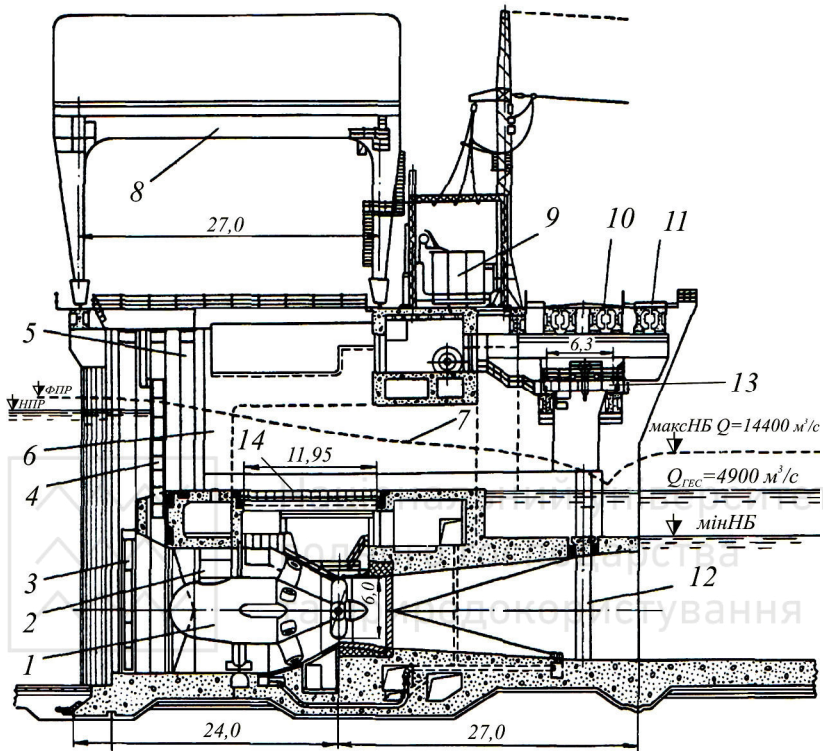


Рис.56. Поперечний переріз машинної будівлі ГЕС водозливного типу:

1- капсульний агрегат; 2-шахта-лаз; 3-СУР; 4-аварійно-ремонтний затвор; 5-паз затвору водозливу; 6-галереї генераторних виводів; 7-крива вільної поверхні води на водозливі; 8-козловий кран; 9-трансформатор; 10-автострада; 11-залізниця; 12-паз ремонтного затвору відсмоктувальної труби; 13-мостовий кран; 14-з'ємне перекриття

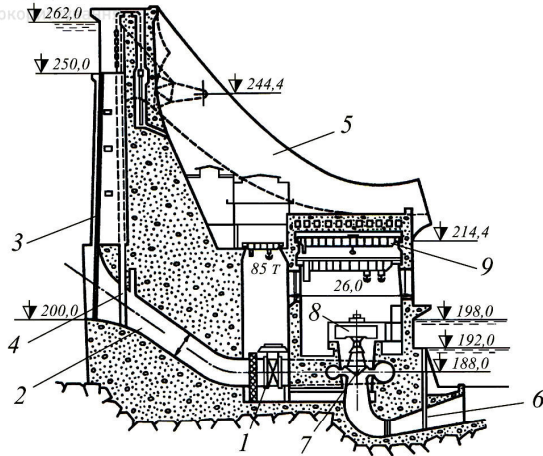


Рис.57. Поперечний переріз водозливної будівлі ГЕС:

1- передтурбінний затвор; 2-турбінний водовід; 3-СУР;
4-пази аварійно-ремонтного затвору; 5-водозливний лоток; 6-паз ремонтного затвору відсмоктувальної труби; 7-гідротурбіна; 8-гідрогенератор; 9-мостовий кран маїшзали

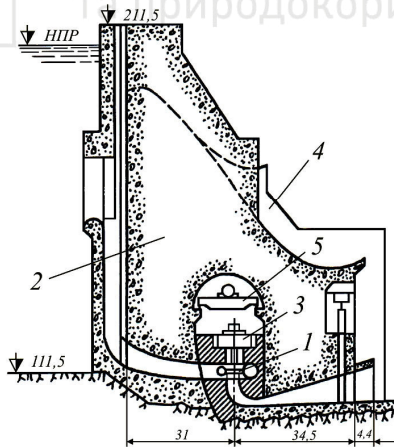


Рис.58. Поперечний переріз вбудовано-водозливної будівлі ГЕС:

1- турбіна; 2-гребля; 3-генератор; 4-водозлив; 5-мостовий кран маїшзали; 6-паз ремонтного затвору відсмоктувальної труби

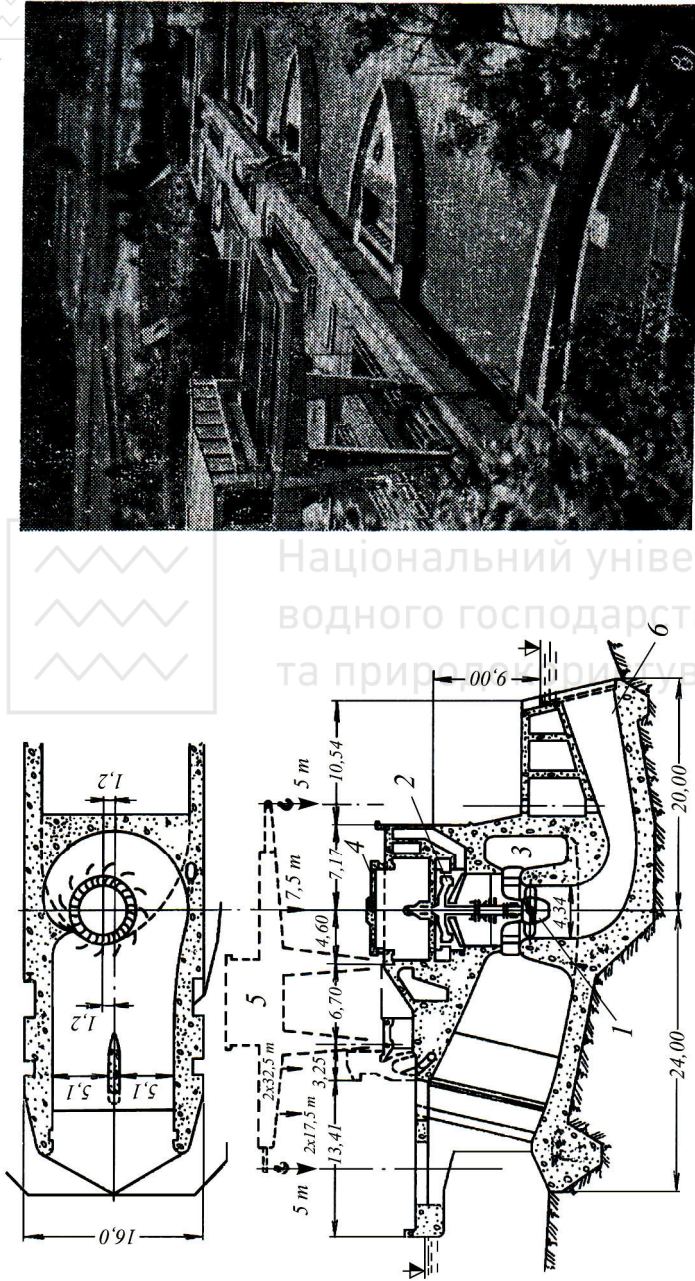


Рис. 59. Бичкова ГЕС з вертикальним агрегатом:

1- турбіна; 2-гідрогенератор; 3-спіральна камера; 4-з'ємна кришка; 5-козловий кран; 6-відсмоктувальна труба

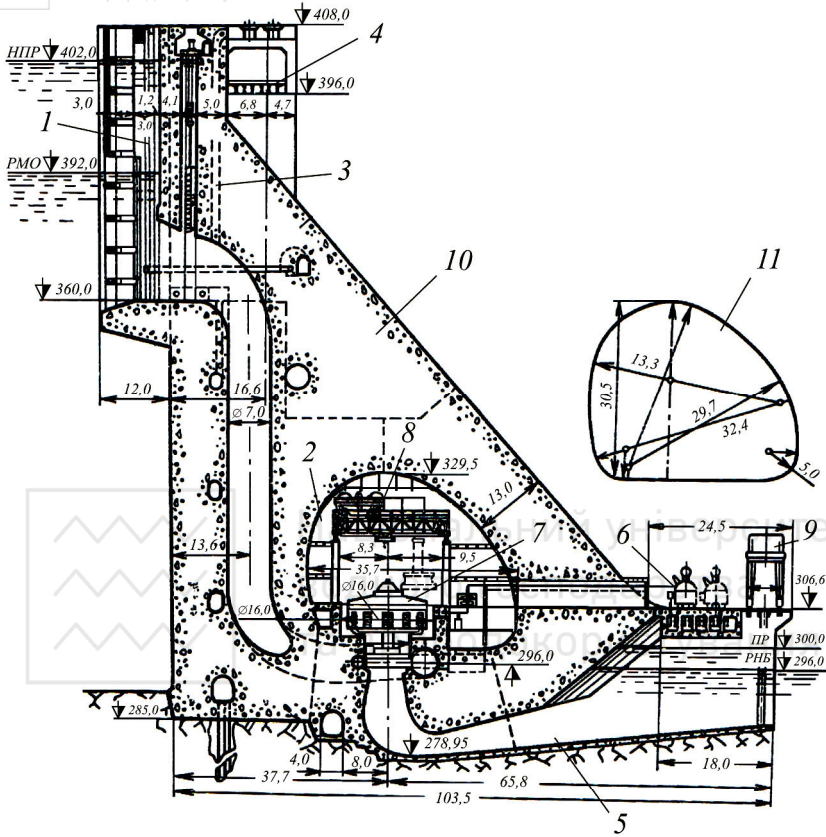


Рис.60. Вбудована будівля ГЕС:

- 1- паз ремонтного затвору;
- 2- машинна зала;
- 3- аераційна труба;
- 4- автодорога;
- 5- відсмоктувальна труба;
- 6- трансформатор;
- 7- гідрогенератор;
- 8- мостовий кран маишзали;
- 9- козловий кран НБ;
- 10- гравітаційна гребля;
- 11- геометрична схема контуру маишзали

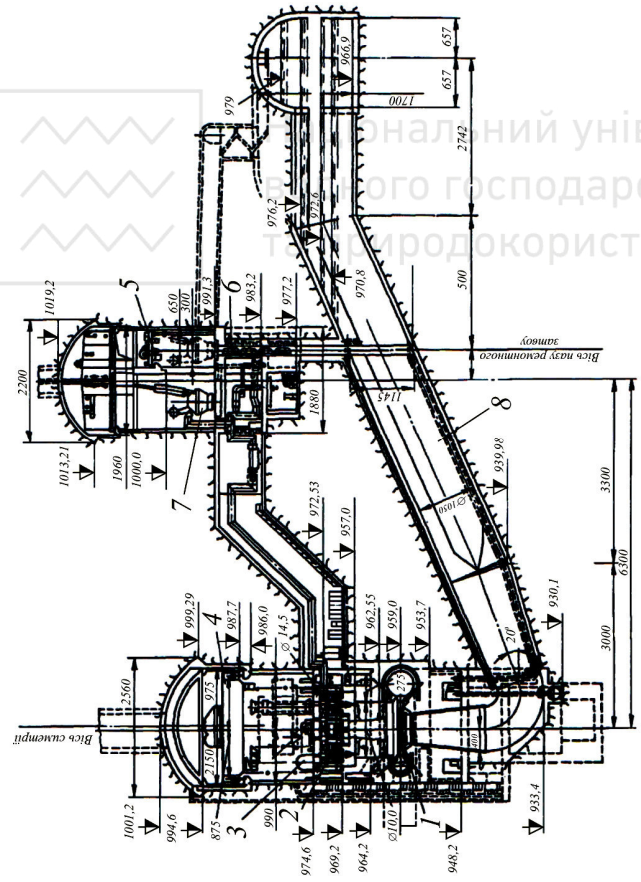
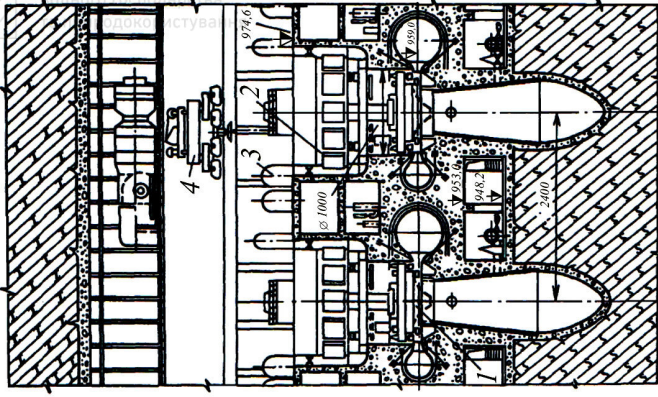


Рис. 61. Поперечний (а) і поздовжній (б) перерізи підземної будівлі ГЕС:

1- гідротурбіна; 2-гідрогенератор; 3-МНУ; 4-мостовий кран маїзали; 5-кран нижнього б'єфу; б-затвор відсмоктувальної труби; 7-силової трансформатор; 8-відсмоктувальна труба

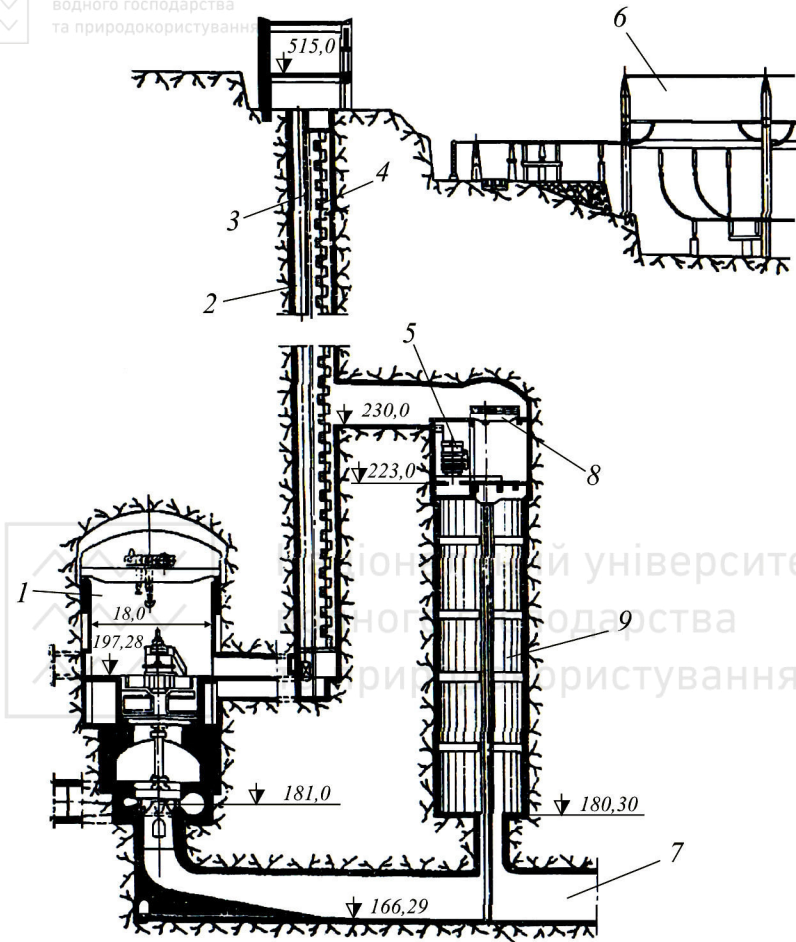


Рис. 62. Поперечний переріз підземної будівлі ГЕС:

- 1- машинна зала; 2-вантажна шахта; 3-кабельна шахта;
4-драбина; 5-трансформатор; 6-розподільчий пристрій;
7-напірна відвідна деривація; 8-кран для шандор;
9-рівнювальний резервуар

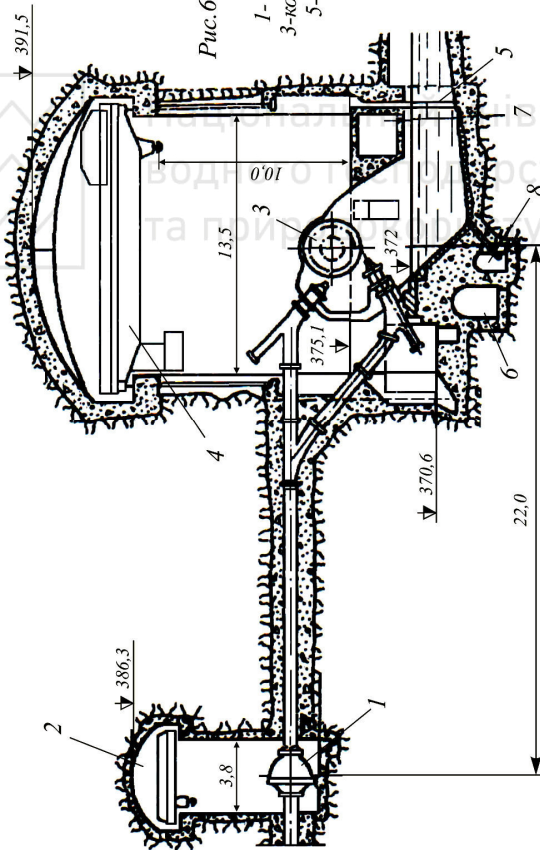


Рис. 63. Підземна ГЕС з ковшовими турбінами:

- 1- дисковий затвор;
- 2-приміщення затворів;
- 3-ковшова турбіна;
- 4-мостовий кран маізали;
- 5-пиз шандор;
- 6-кабельна галерея;
- 7-шинна галерея;
- 8-галерея системи осушення

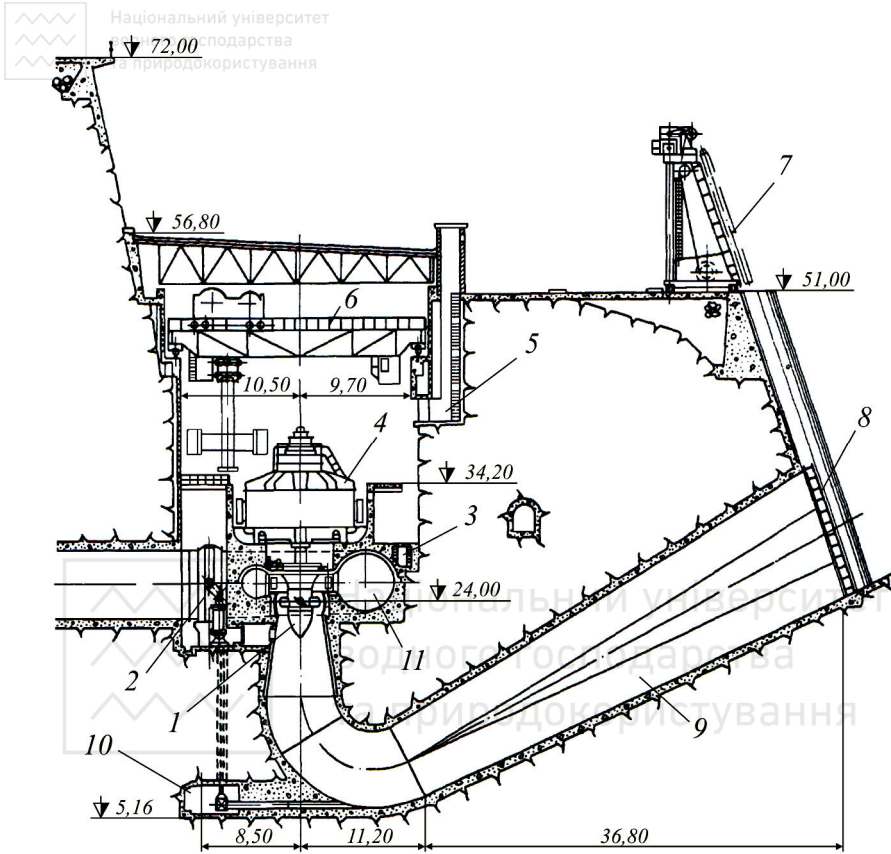


Рис.64. Поперечний переріз напівпідземної машинної будівлі ГЕС:

1- турбіна; 2-дисковий затвор; 3-кабельний коридор;
 4-гідрогенератор; 5-транспортно-вентиляційна шахта;
 6-мостовий кран; 7-кран для обслуговування ремонтного
 затвору відсмоктувальної труби; 8-ремонтний затвор;
 9-конічна відсмоктувальна труба; 10-галерея для осушення
 турбінної камери і відсмоктувальної труби; 11-турбінна
 камера

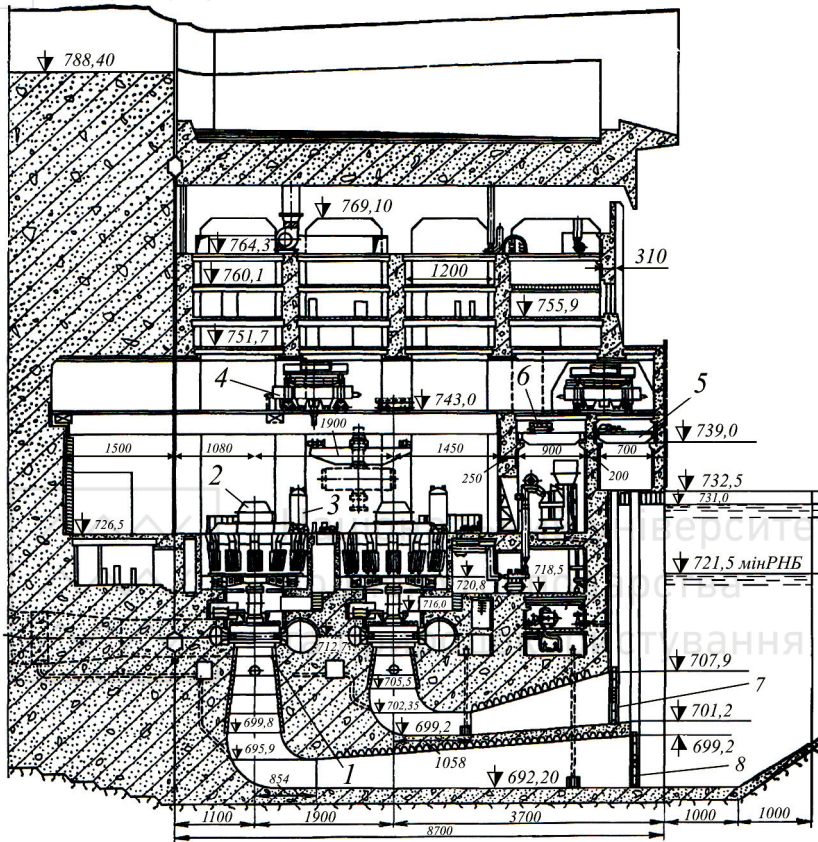


Рис.65. Поперечний переріз будівлі пригребельної ГЕС з дворядною установкою агрегатів:

- 1- гідротурбіна; 2-гідрогенератор; 3-МНУ; 4-мостовий кран маишзали; 5-мостовий кран нижнього б'єфу; 6-мостовий кран трансформаторного приміщення; 7-затвор відсмоктувальної труби; 8-затвор відсмоктувальної труби іншого агрегату*

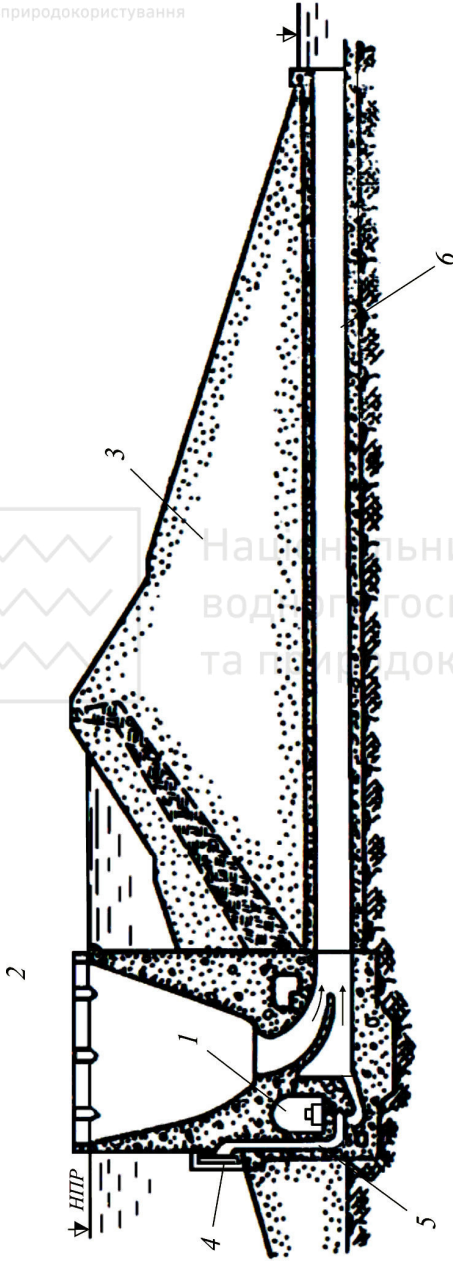


Рис. 66. Передгребельна ГЕС:

1- будівля ГЕС; 2-башта-водоскид; 3-гребля; 4-водоприймач;
5-турбінний напірний водовід; 6-відвідний водовід



Рис.67. Загальний вигляд ГАЕС:

1-будівля ГАЕС; 2-верхній басейн; 3-нижній басейн;
4-водоприймач-водотушук; 5-ЛЕП; 6-напірні водоскиди

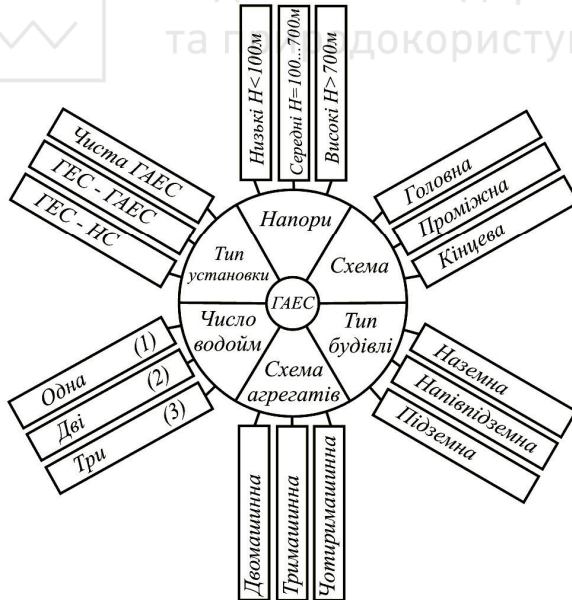
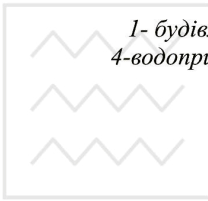


Рис.68. Класифікація ГАЕС за різними ознаками

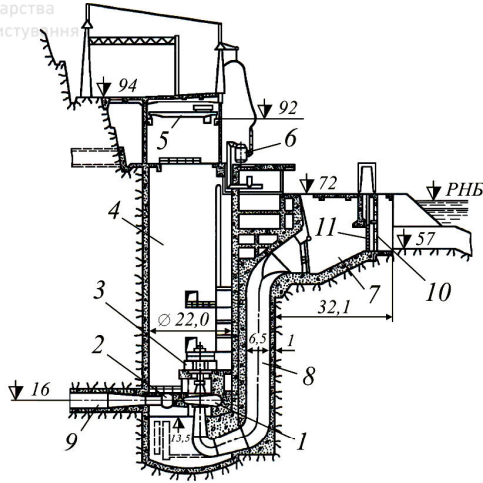


Рис.69. Напівпідземна ГАЕС з двома машинними агрегатами (шахтний варіант):

1-насос-турбіна; 2-кульовий затвор; 3-двигун-генератор; 4-шахта;
5-кран маізали; 6-трансформатор; 7-водоприймач-водовипуск; 8-
низовий водовід; 9-верховий водовід; 10-СУР; 11-паз ремонтного затвору

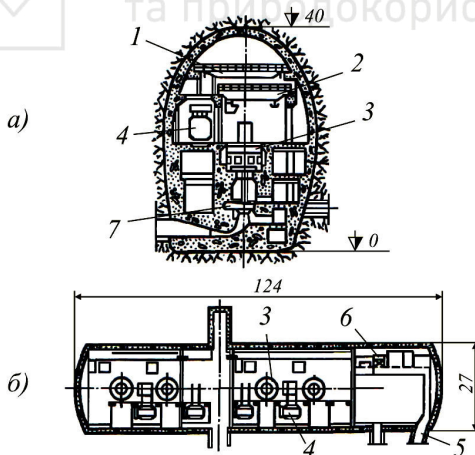


Рис.70. Однозалова підземна ГАЕС з оборотними агрегатами:

а-поперечний переріз; б-план машинної зали;
1-допоміжний кран; 2-основний кран; 3-двигун-генератор;
4-трансформатор; 5-кабельний і аераційний тунель;
6-ліфт; 7-оборотний агрегат

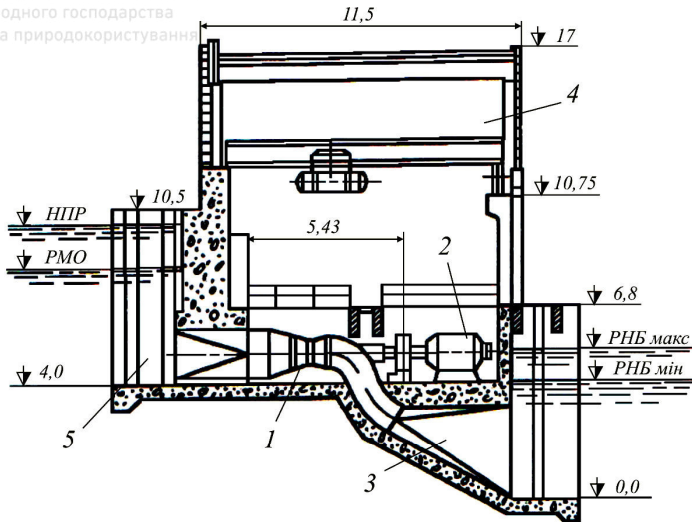


Рис. 71. Мала ГЕС з прямоточними
горизонтальними агрегатами:

1-гідротурбіна; 2-генератор; 3-відсмоктувальна труба;
4-кран маізали; 5-водоприймач

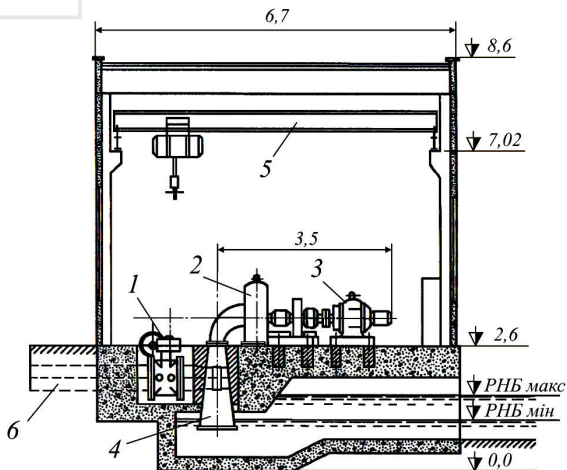


Рис. 72. Мала ГЕС з горизонтальною радіально-осьовою турбіною:

1-затвор; 2-турбіна; 3-генератор; 4-відсмоктувальна
труба; 5-кран маізали; 6-напірний водовід

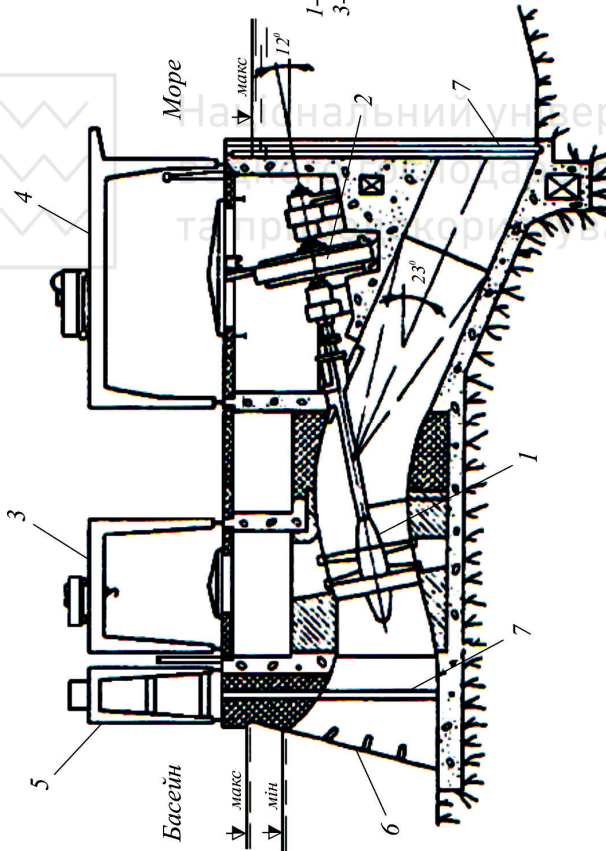


Рис. 73. Поперечний переріз машинної будівлі ПЕС:

1-прямоточний агрегат; 2-генератор-двигун;
3-козловий кран для обслуговування машинної
зали з турбінами; 4-козловий кран для
обслуговування машинної зали
з електромашинами; 5-козловий
кран водоприймача; 6-СУР;
7-лази затворів

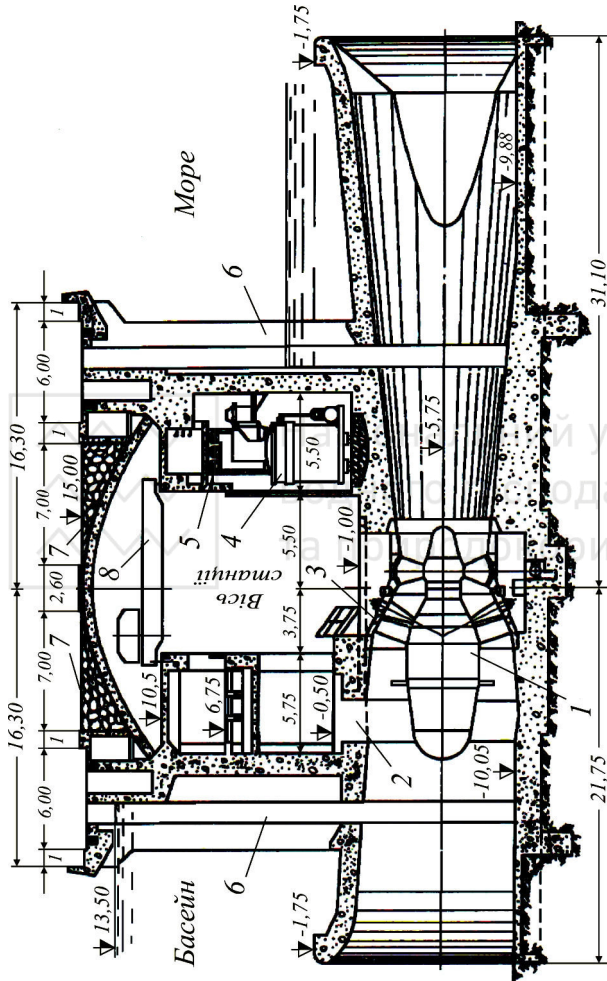


Рис. 74. Поперечний переріз будівлі припливної гідроелектростанції (ПЕС):

- 1-капсульний агрегат; 2-комунікаційна шахта; 3-роз'ємна частина турбіни;
- 4-трансформатор; 5-кабельні виводи; 6-паз затворів; 7-шосейна дорога;
- 8-мостовий кран майззали

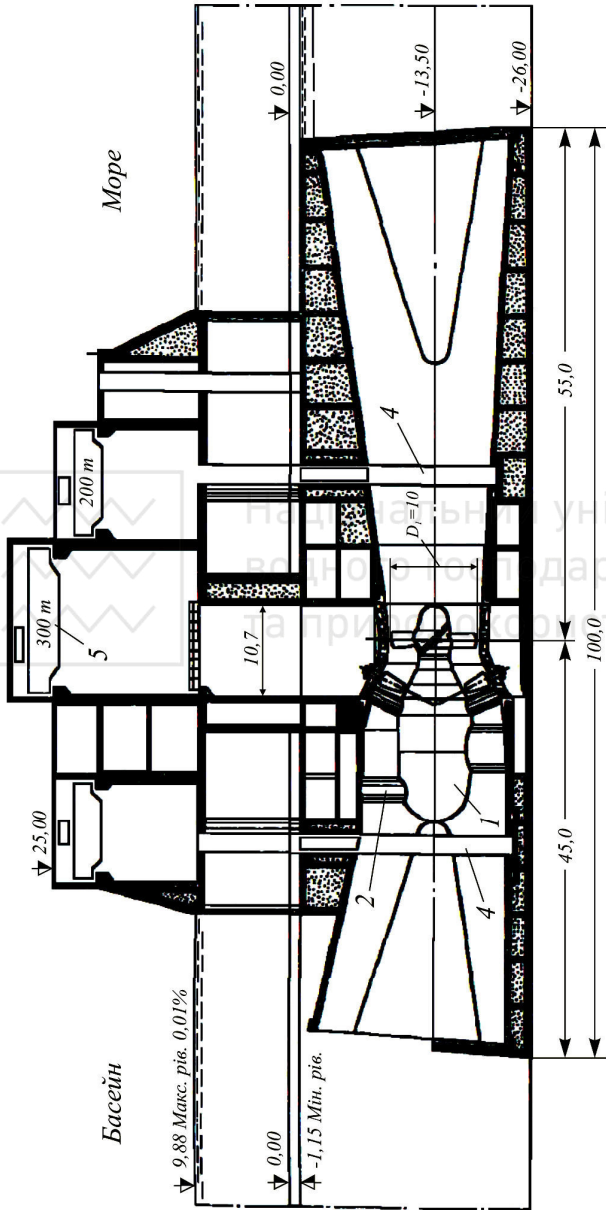


Рис. 75. Поперечний переріз будівлі припливної
електростанції (ПЕС):

1-капсульний агрегат; 2-комунікаційна шахта; 3-роз'ємна частина турбіни;
4-пази затворів; 5-мостовий кран магізали



Національний університет
водного господарства
та природокористування

Навчальне видання

*Валерій Васильович Лутаєв
Сергій Васильович Сунічук*

ГІДРОЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ
(Машинна будівля ГЕС)

**Інтерактивний комплекс
навчально-методичного забезпечення**

Друкується в авторській редакції



Комп'ютерний набір

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Катюшець Л.В.