План

1. Основні принципи проектування ГЕС

2. Склад головного обладнання ГЕС

3. Номенклатура і типи гідротурбін

4. Приведені параметри гідротурбін

5. Основні параметри гідротурбіни

6. Характеристики турбін. Головна універсальна характеристика

7. Вибір типу турбіни і кількості агрегатів ГЕС

8. Радіально-осьові турбіни

9. Поворотно-лопатеві і пропелерні турбіни

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

**Склад обладнання ГЕС. Основні системи гідротурбін і їх елементи. Нормативна номенклатура гідротурбін. Схеми установки гідротурбін. Реактивні і активні турбіни. Робочі колеса реактивних турбін**

# 1. Основні принципи проектування ГЕС

Створ гідроелектростанції вибирається, як правило, у найвужчому місці річки. В залежності від схеми використання напору розрізняють: **руслові ГЕС** (напір Н до 40÷50 м), **пригреблеві ГЕС** (Н=3÷300 м) і **дериваційні ГЕС** (Н=20÷2000 м).

**Основними частинами будівлі ГЕС є**: нижня (агрегатна) частина будівлі; верхня будівля (надводна, наземна), яка включає в себе машинний зал та допоміжні приміщення; монтажна площадка, а також водоприймальна (для руслових ГЕС) або водозабірна (для пригреблевих і дериваційних ГЕС) частина. Водоприймач руслової ГЕС є частиною будівлі і проектується разом з нею. До складу проточного тракту ГЕС входять турбінна камера і відсмоктувальна труба. Основним обладнанням ГЕС є гідроагрегат (гідро-турбіна на одному валу з гідрогенератором), трансформатор і основний кран.

Допоміжні і службові приміщення розміщуються у будівлі ГЕС.

Великі будівлі ГЕС, як правило, оснащуються: руслові – ПЛ-турбінами із залізобетонною спіральною камерою трапецієвидного перерізу, пригреблеві – РО-турбінами із металевою (сталевою) спіральною камерою круглого перерізу. При напорах менших за 150 м використовуються діагональні турбіни, а при напорах більших за 600...700 м – ковшові.

# 2. Склад головного обладнання ГЕС

До **гідросилового обладнання** ГЕС відносять гідротурбіни і гідрогенератори.

**Основними частинами реактивної гідротурбіни є:** підвідна частина (турбінна камера), гідромеханічна частина – лопатева система (статор, направ-ляючий апарат, робоче колесо) і відвідна частина (відсмоктувальна труба).

**Генератори** призначені для перетворення механічної енергії обертів турбіни в електричну. Основними частинами генератора є рухомий ротор і нерухомий статор. Для обслуговування гідроагрегатів передбачено наступні системи: *система автоматичного регулювання (САРТ) –* для керування турбіною шляхом зміни відкриття направляючого апарату (для РО-турбін), повороту лопаток направляючого апарату (для ПЛ-турбін) або виходу регулюючих голок (для ковшових турбін); *система збудження генератора –* для подачі на обмотки ротора постійного струму; *система охолодження –* для відводу надлишків тепла від елементів генератора.

До **електричного обладнання** ГЕС відносять підсилюючі трансформатори, систему власних потреб, систему контролю і керування.

До **механічного обладнання** ГЕС належать затвори (у водоприймачі, відсмоктувальній трубі, передтурбінні затвори та ін.), головний та допоміжні крани.

# 3. Номенклатура і типи гідротурбін

**Номенклатурою гідротурбін** називається нормативно-технічна документація, що з урахуванням накопиченого досвіду установлює системи і типи турбін, область їх застосування, а також їх основні параметри і розміри в залежності від передбачених типів. Приклад маркування турбіни:



Сучасна номенклатура розроблена у 1982 році і включає в себе:

- типи, основні параметри і розміри турбін;

- окреслення проточної частини і направляючого апарату;

- типи і розміри профілів лопаток направляючого апарату;

- типи і розміри металевих спіральних камер;

- типи і розміри бетонних спіральних камер;

- типи і розміри вигнутих відсмоктувальних труб;

- конструктивні схеми гідротурбін;

- граничну металоємність гідротурбін.



Типи турбін характеризуються геометричною подібністю елементів проточної частини і однаковими відносними втратами у ній .

# 4. Приведені параметри гідротурбін

**Приведені параметри** визначаються при діаметрі робочого колеса гідротурбіни D1=1 м і напорі Н=1 м із співставлення чисел Ейлера і Струхаля.

*Приведена частота обертів* рівна 

*приведена витрата* 

*приведена потужність турбіни* .

Приведені параметри використовуються для співставлення і вибору турбін за результатами випробувань.

# 5. Основні параметри гідротурбіни

**Основними параметрами гідротурбіни є:**

*- розрахунковий напір* Нр, м;

*- витрата гідротурбіни*  м3/с;

*- потужність на валу турбіни*  кВт;

*- коефіцієнт швидкохідності -* це частота обертів турбіни даного типу з таким D1, при якому вона розвиває потужність N=1 кВт при напорі Н=1 м:  об/хв;

*- частота обертів турбіни:* об/хв;

*- номінальний діаметр робочого колеса*

м;

*- коефіцієнт корисної дії турбіни* ηт, %;

*- висота відсмоктування,* яка визначає висоту розташування робочого колеса реактивної турбіни відносно рівня нижнього б’єфу:



де k - коефіцієнт запасу, k=1,05...1,1;

σ - коефіцієнт кавітації;

∇Т - абсолютна відмітка розташування турбіни над рівнем моря, м.

# 6. Характеристики турбін. Головна універсальна характеристика

**Характеристикою турбіни** називається графічна залежність коефіцієнта корисної дії від діаметра робочого колеса (D1), відносного відкриття лопаток направляючого апарату (a0), кута повороту лопатей робочого колеса (ϕ), напорів (Н), витрат (Q) та частот обертів (n) у вигляді функції η=f(D1, a0, ϕ, H, n, Q).

**Експлуатаційною характеристикою турбіни** називається основний технічний документ, що характеризує її енергетичні і кавітаційні властивості при різних напорах і потужностях.

На **головній універсальній характеристиці** показано:

- коефіцієнти корисної дії моделі гідротурбіни, η, %;

- коефіцієнти кавітації моделі гідротурбіни, σ;

- відкриття лопаток направляючого апарату, а, мм (α, °) - для реактивних турбін;

- відкриття сопла, S, мм - для активних турбін;

- кут установки лопаток робочого колеса, ϕ,° - для ПЛ-турбін.

**Робоча характеристика турбіни**будується із головної універсальної характеристики, розсікаючи її лініями n′І, М=const, з відповідними значеннями напору.

**Підібрати гідротурбіну** - це означає визначити тип її, а також діаметр робочого колеса (D1), частоту обертів робочого колеса (n0) та допустиму **висоту** відсмоктування (hs).

Найбільш простий спосіб підбору турбіни - за частковими номенклатурними графіками. При цьому по максимальному напору визначається тип турбіни, а по розрахунковому напору і потужності турбіни - значення.D1, n0, hs.

Більш точні і надійні результати дає розрахунок за приведеними параметрами турбіни з використанням її головної універсальної характеристики. При цьому всі основні параметри турбіни визначаються за залежностями

#

# 7. Вибір типу турбіни і кількості агрегатів ГЕС

**Тип турбіни** визначається по максимальному і мінімальному напорах на агрегат так, щоб вони попадали в діапазон напорів на частковому номенклатурному графіку турбіни.

**Вибір кількості агрегатів** проводиться на основі техніко-економічного порівняння 2÷3 найбільш ймовірних варіантів.

Із зменшенням кількості агрегатів (при збільшенні одиничної потужності агрегату) вартість турбіни, генераторів і будівлі ГЕС, як правило, зменшується; збільшується к.к.д. обладнання, зменшуються експлуатаційні витрати, фронт машинної будівлі, покращуються умови розміщення водоскидів на суміщених будівлях ГЕС.

Кількість агрегатів повинна бути не меншою 2÷3 за умов енергетичних характеристик ГЕС і транспортних габаритів. Збільшення кількості агрегатів обгрунтовується техніко-економічним розрахунком і може пояснюватися недопустимим заглибленням агрегатів, вимогами збільшення довжини водозливного фронту та ін. За конструктивними і технологічними умовами кількість агрегатів повинна бути парною, а для капсульних гідроагрегатів - кратною 4.

Оптимальна кількість агрегатів відповідає умові:

εнКГЕС+ИГЕС→min,

де εн - нормативний коефіцієнт ефективності використання капіталовкладень;

КГЕС - капіталовкладення в ГЕС;

 ИГЕС - щорічні витрати капіталовкладень у ГЕС.

# 8. Радіально-осьові турбіни

**Радіально-осьові турбіни** (турбіни Френсіса) характеризуються тим, що вода при вході на робоче колесо рухається у радіальній площині, а після робочого колеса - у напрямку його осі. РО-турбіни відносяться до класу середньонапірних турбін. Діапазон напорів коливається у межах від 30÷40 до 600÷700 м.

Кількість лопаток робочого колеса коливається від 9 для низьконапірних до 21 для високонапірних РО-турбін.

# 9. Поворотно-лопатеві і пропелерні турбіни

**Пропелерні** (Пр) і **поворотно-лопатеві** (ПЛ) турбіни відносяться до класу осьових турбін (турбіни Каплана) і працюють в діапазоні напорів від 1÷3 до 60÷70 м. **Направляючий апарат** осьових турбін призначений для подачі турбінної витрати і регулювання потужності.

Кількість лопаток ПЛ-турбін коливається від 3 до 8 в залежності від діючих напорів, кут установки лопатей може коливатися в межах від -100 до +200. Лопатки турбіни можуть бути закріплені жорстко з певним кутом нахилу α. Такі турбіни відносяться до **пропелерних** .

Як правило, лопатки роблять поворотними, тобто на ходу. В залежності від умов роботи (потужності, напору), кут установки лопаток може змінюватися. Такі турбіни називаються **поворотно-лопатевими** (рис. 4.7)**.**

При компонуванні турбін необхідно враховувати характер розташування споруд гідровузла; умови, які визначають тип будівлі; габарити, масу, інші параметри обладнання та способи його доставки на місце установки.

В основному турбіни розташовують в одному блоці з гідрогенератором.

Горизонтальне розташування гідроагрегатів приймають, як правило, для капсульних агрегатів при низьких напорах до 15 м. Вертикальне компонування - для поворотно-лопатевих, радіально-осьових, пропелерних та діагональних турбін. Ковшові турбіни встановлюються як вертикально, так і горизонтально.

Вертикальні турбіни встановлюються у агрегатному блоці, генератор виноситься у машинну залу.

Вода до турбіни підводиться по турбінній камері, проходить через робоче колесо гідротурбіни і скидається у нижній б’єф через відсмоктувальну трубу. Витрати води регулюються затворами, розміщеними у водоприймачі, або передтурбінними затворами, а також направляючим апаратом.

# СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Введение в гидротехнику: Учебное пособие для вузов / А.Л.Можевитинов, Г.В.Смехов и др.- Под ред. А.Л.Можевитинова.- М.: Энергоатомиздат, 1984.- 232 с., ил.

2. Непорожний П.С., Обрезков В.И. Введение в специальность: Гидроэнергетика: Учебное пособие для вузов.- М.: Энергоатомиздат, 1990.- 352 с., ил.

3. Гидроэлектрические станции / Под ред. В.Я.Карелина, Г.И.Кривченко.- М.: Энергоатомиздат, 1987.- 464 с., ил.

4. Гидроэнергетическое и вспомогательное оборудование гидроэлектростанций. Справочное руководство. / Под ред. Ю.С.Васильева и Д.С.Щавелева.- М.: Энергоатомиздат..- Т.1, 1988.- 400 с, ил.

5. Кривченко Г.И. Гидравлические машины. Турбины и насосы.- М.: Энергоатомиздат, 1983.- 320 с, ил.