

ЗА МЕХАНІЗАЦІЮ СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА

„Техніка в період реконструкції
вирішає все“.

(Сталін)

ЕЛЬФІМОВ С. М.

ГІДРОСТАНЦІЇ
ЗНАЧІННЯ ЇХ ДЛЯ СІЛЬСЬКОГО
ГОСПОДАРСТВА

З 35 МАЛЮНКАМИ

Бібліотека НУВГП



741713

621.311

E57

Гідростанції. Значення їх для сільського господарства
Ельфімов С. М.



ДЕРЖСІЛЬГОСПВИДАВ

ХАРКІВ — 1931

НУВГП
НАУКОВА
БІБЛІОТЕКА

Бібліографічний опис цього видання вміщено в „Літописі Українського Друку“, „Картковому репертуарі“ та інших показниках Української Книжкової Палати

ІНДИКАТОР
ОЧИСКІВ ХІРННИХ
АВТОРАДОПРОДУКІВ

ДВОУ УПП. 7 Друк. ім. Фрунзе
Харків, Донець-Захарж., т
Укрголовліт 7318
Прим. 5.000
Зам 1072

I. Використання енергії води та запаси II

Людина вже давно спостерігала, що сила падіння води може бути використана для роботи. За тодішнім рівнем техніки можна було замінити м'язеву власну силу на силу води лише для перемелювання зерна на борошно. Справді, для перемелювання є досить невеликої потужності (від 1 кінської сили), як до поперечника (діаметра), каміння. Наприклад, млин простого млива з поперечником каміння півтора аршина (блізько 1 метр) потребує 15 кінських сил і дає 400 кілограмів борошна на годину. Людина може дати лише одну десяту частину кінської сили. Отож, щоб така молотильна устава поперечник в 1 м рухалась, треба було б $10 \times 15 = 150$ чоловіка. Устава може дати 400 кг на годину; як би цю уставу рухали люди, то на кожу людину припадало б $400 : 150$, тобто не більш, як 3 кг борошна на годину. Це число буде ще менше для ручних млинів, що їх вживали дуже стародавніх часів. Отож, млинарська справа була за найпідходящу для заміни сили людей та тварин на силу води, бо можна було ставити те чи те каміння, як до енергії води в даному місці; крім того, перерва в роботі за низької води не перешкоджала справі, бо борошно може зберігатися більш-менш довго і в робочий період, звичайно, можна було зробити запас.

Крім устав для борошна подекуди були ще крупорушки, просорушки та сукновальні. Просорушки та крупорушки проти млинів потребують разів у 3 менш енергії, щоб виробити таку саму кількість продукції.

Борошна завжди треба було більше, ніж круп та пшона й одна крупопорушка або просорушка припадала (на Україні) на 7-8 або навіть 10 молотильних устав тієї ж потужності.

Коли б ми мали водяного рушія потужністю тільки в 1 кінську силу, що працював би безперервно цілу добу, тобто 24 години, то ми за добу мали б $3 \times 10 = 30$ чоловіко-днів (робочий день рахуємо 8 годин). Отже, щоб одержати ту саму кількість роботи нам треба було б замість рушія в 1 кінську силу — 30 робітників.

Бурхливий розвиток будування гідросилових *) спорудженя почався років 50 тому, коли люди навчилися механічну енергію від води переробляти на енергію електричну й передавати останню на великі віддалення. За даними світової енергетичної конференції у Лондоні, що їх доповнено останніми даними, у цілому світі ми маємо близько 35 мільйонів кінських сил, що їх можуть дати споруджені досі гідросиловні. Щоб одержати таку потужність від людської праці, треба було б мільярд людей, тобто приблизно всіх людей працездатного віку на земній кулі.

Ще далеко не всі водяні джерела використано для вироблення енергії. Тільки Японія та Швейцарія вже мають гідросиловні, що забирають дві третини потужності, що її взагалі можна використати від водяних джерел цих країн.

Навіть Сполучені Штати Північної Америки, що мають вже тепер гідроелектровні потужності понад 10 мільйонів кінських сил, використали ще не більше, як $\frac{1}{6}$ своєї можливої потужності. В СРСР ще тільки починають використовувати та будувати великі гідроелектровні. „Запаси“ гідроенергії в СРСР приблизно такі ж, як і в Сполучених Штатах,

На 1 січня 1931 р. ми маємо в експлуатації лише Волхівську та Земоавчальську районні гідроелектровні

*) hydro — гідро-вода

загальною потужністю 100 тисяч кінських сил. Коли до цих станцій районного значення приєднати усі інші невеликі гідросиловні, як гідроелектричні, так і для безпосереднього приводу машин, знаряддя, то матимемо не більше як 30.000—35.000 кінських сил. Отже, ми бачимо, яку надмірно малу частину водяної сили використовували досі в СРСР. До початку 1934 року (кінець п'ятирічки) повинно вступити до експлуатації 1 мільйон 450 тисяч кінських сил на гідроелектровонах районного значення, що тепер будуються, коли не рахувати малих гідростанцій місцевого значення.

Потужність, що її можна використати на території СРСР, розподіляється так:

Кавказ	16	мільйонів	кінських сил
Енісей та Ангара	16	"	"
Середня Азія	12,5	"	"
Північний захід	2,5	"	"
Україна	2,5	"	"

Потужність відомого Дніпрельстану дорівнюватиметься близько 800 тисяч кінських сил, тобто Дніпро зосереджує в собі тільки в одній своїй частині (біля порогів) одну третину всієї водяної енергії на Україні.

З інших річок України можна відзначити:

Прип'ять	140	тисяч	кінських сил
Десна	130	"	"
Сейм	20	"	"
Тетерев	30	"	"
Горинь	40	"	"
Швінічний Донець	60	"	"
Південний Буг	60	"	"
Дністро	220	"	"

Дніпровська електростанція зосераджуватиме найбільшу потужність на території Європи, що її було

досі зосереджено на одній електровні. Щодо Америки (Сполучені Штати), то там ми маємо станції до мільйона кінських сил, як, наприклад, гідростанція на Ніагарському водоспаді, або теплова станція у Нью-Йорці.

Неподавно виникла думка реалізувати деяку частину тих 16 мільйонів кінських сил, що має в собі Енісейсько-Ангарська водяна система. На думку фахівців, на річці Ангари можна спорудити станцію, що зосереджуватиме в собі близько з мільйоном кінських сил — нечувана в світі потужність. Розгортається будівництво лише в другу п'ятирічку і навіть третю. Щоб найкраще провести будівництво треба закласти ряд дослідів: вивчити режим річки (скільки води річка може дати в 1 секунду у різні місяці року й у різні роки), знати розподіл ґрунтів від земної поверхні в глибину, мати добре пляни тієї місцевости, де буде розпочато будівництво і т. інш. Тому усі ці досліди вже провадяться, щоб можна було почати детально, а не тільки орієнтовно, складати проекта. Коли порушили питання про „Ангаробуд“, мова зайшла про те, куди може піти така величезна потужність, бо район Ангари, рівняючи до Дніпровського, має рідке населення і зовсім не розвинену промисловість, а тому марно витрачено буде кошти й багато років станція не буде досить навантажена.

Захисники проекту „Ангаробуду“ наводили досить правильну думку, що електростанція не тільки залежить від навантаження енергоприймачів, але й сама, коли вона існує або навіть буде, підштовхує до розвитку нових енергоприймачів. Тому тут виникає складне питання: як забезпечити станцію навантаженням? Для цього треба техніко-економічно опрацювати питання про ті підприємства, що їх можна буде збудувати на базі дешевої енергії (а енергія такого велетня, як „Ангаробуд“ мусить бути дешева). До цього треба приєднати, крім промислових навантажень, ще навантаження з електрифікації залізниць, сільсько-госпо-

дарські навантаження, комунальні (в містах) навантаження тощо. Отже, можна вирахувати наперед, за кілька (2—5—10) років потужність, що її позина дати станція. Треба гадати, що техніко-економічні розрахунки дадуть нам змогу сказати, скільки гідродвигунів і з якою потужністю треба встановити того чи того року. Це позбавить нас зайвих витрат на механічне та електричне обладнання, що може бути використано тільки пізніше,

Не зважаючи на величезну кількість кінських сил, що їх можна використати, треба зауважити досить невелику ролю енергопостачання від води, якщо порівняти з енергопостачанням від палива. Коли здобування та використовування палива збільшуватиметься такою же мірою, як і тепер, то потужність від гідростанції буде не більше 10—15% потужності від електростанцій на паливі.

Запасів палива при такому збільшенні використання вистачить пересічно по всій земній кулі на 200 років. Щодо гідроенергії, то її безперервно відновлюють опади і ми не маємо підстав боятися, що її буде вичерпано.

Ці опади не бувають рік-у-рік однакові. Тому й режим річок щороку різиться від режиму за попередні роки. І роки багатоводі, маловоді та середні, що чимало важить у будуванні гідростанції, як побачимо далі. Щоб вивчити добре режим даної річки, треба постійно спостерігати в декількох пунктах течію річки. Ці спостереження дають зміну рівнів річки щодоби. Опрацьовуючи їх, ми матимемо змогу виявити тут певну закономірність.

Крім спостережень за рівнями, пункти спостерігають швидкість течії річки за допомогою спеціальних приладів (крутівки Вольтмана, Гармехера тощо) та проводять метеорологічні спостереження над кількістю опадів. Швидкість течії річки дає змогу обчислити кількість води, що проходить за одиницю часу (1 сек.) крізь поперечний перекрій річки. Це, так званий, ви-

даток води. Його звичайно визначають на куб. метри. Опади ж дають змогу прослідкувати їх вплив на режим річки. Наприклад, в гірських місцевостях велика кількість опадів одразу відбувається на підвищенні рівня річки та видаткові води на секунду. У місцевостях різних, надто де багато боліт, велика кількість опадів відбувається вже наступного року на збільшенні кількості води у річці.

Крім цих постійних спостережень над річкою, обов'язково виявляють рівні різних пунктів річки над поверхнею моря (геодезичними вимірами) та визначають площи, так званого, сточища річки, тобто площи, з якої вода збігає до нашої річки струмками та річками, що впадають у неї. Площу сточища визначають звичайно на квадр. кілометри. Різниця між рівнями річки у різних пунктах її течії показує нам, на яку височину вода падає між цими пунктами. Оця височина падіння води та витрата її є основні елементи, що визначають потужність тої гідросиловні, що має бути збудована. Щоб здійснити технічно височину падіння води, роблять гатку, що підпирає воду. Крім дослідів ґрунту на міцність, чимало важить у встановленні гатки в тому чи тому місці питання про затоплювання місцевости. Це питання багато важить у нашій рівнинній місцевості, де багато річок не можна економічно використати через те, що довелося б затопити велику площеу.

Наведемо деякі дані про р. Мсту, одну з тих річок, де гідрометричні дослідження провадиться не менше 40 років. Площа сточища дорівнює 11 304 кв. км.Період з 1912 до 1922 р. має такі середні річні видатки.

На куб. метр на 1 секунду:

Рік багатоводий	(1917)	з максимальним видатком . . .	158	куб. м.
" маловодий	(1921)	з мінімальним "	41	"
" середній	(1914)	з середнім "	94	"

Щодо опадів, то за 30 років мінімальний був 1920 р. Цим і пояснюється, що 1921 р. було мало води у річці.

Видатки по місцях в середньому 1914 р. були такі
(середні по місцях):

Січень	83,5	куб. м.	Липень	25	куб. м
Лютий	115	"	Серпень	22,5	"
Березень	77,5	"	Вересень	60	"
Квітень	405	"	Жовтень	67	"
Травень	92	"	Листопад	85,5	"
Червень	81,5	"	Грудень	45	"

Найбільший видаток, що його було взагалі спостережено, дорівнює 1.160 куб. м.

II. Початкові відомості про технічне використування гідроенергії

Ідея використання гідроенергії дуже проста: вода, падаючи вниз, з вищого рівня на нижчий, провадить механічну роботу.

Щоб добре знати про будь-яке явище, ми мусимо знати його кількісно, а не тільки якісно; нам треба вміти порівняти дану кількість з іншою, що ми її умовно прийняли за одиницю для виміру. Напр., довжину ми мірюємо, рівнюючи її з будь-якою одиницею довжини (метр, сантиметр). Щоб уміти вимірювати роботу, розглянемо тепер вимірювання сили. Сила, як відомо, є причина, що примушує тіло рухатися. Сила тяжіння землі, примушує усі тіла, в тому числі й воду рухатися вниз. За одиницю сили у гідротехніці беруть кілограм, тобто силу, з якою кілограм притягується до землі. Усяку іншу силу, де б вона не діяла, можна порівняти з кілограмом інакше сказати б; вона дорівнює стільком кілограмам. Надто легко вирахувати силу дії води. 1 кілограм води обсягом 1 куб. децим. (1 літр). Отож, 1 літр води давить униз з силою 1 кіл., 1 куб. метр води дорівнює 1.000 літрам і тому він давить униз з силою 1.000 кг. Коли ми підіймемо додори будь-яку вагу, ми робимо якусь роботу. У скільки

разів вище ми підіймемо тіло, у стільки ж разів більшу роботу буде зроблено. З другого боку, підіймаючи на одну й ту ж височінъ 2 різних ваги, ми виконаємо 2 різних роботи, при чому перша робота буде у стільки разів більша або менша за другу, у скільки разів перша вага буде більша або менша за другу. Тому за одиницю роботи можна взяти роботу, що її треба виконати силою, що дорівнюється одиниці, на протязі одиниці довжини. У нашому випадкові це буде робота, що її виконує сила в 1 кг. на протязі 1 метра. Цю одиницю роботи названо кілограмометр. Одну й ту ж роботу можна робити на протязі різного часу. Наприклад, коли ми підіймемо важок у годиннику догори, ми зробимо цю роботу за 1 або 2 секунди. Цю роботу ми назадимо годинникові, щоб важок, коли він почне спускатися вниз, рухав стрілки.

На цей спуск важок витратить декілька годин. Отже ту саму роботу, що ми зробили за 1—2 сек., важок, коли віддає її (роботу), виконує на протязі кількох годин, тобто кількох тисяч секунд.

Тому треба встановити поняття про потужність будь-якої машини. Потужність — це робота (енергія), що її виконано за одиницю часу. Кілограмометр у секунду була б дуже мала одиниця потужності. Тому беруть, так звану, кінську силу і рахують, що вона дорівнює 75 кілограметрам на секунду. Про відношення між кінською силою та потужністю, що її може розвинути людина, ми казали раніше. У тих галузях, де ми маємо зв'язок з електротехнікою вживають ще одну одиницю потужності, а саме — кіловат, що дорівнює 1,36 кінської сили, Кіловат поділяється на 1000 ватів.

З вищепередесго робимо висновок, що коли тіло підійметься догори, тут необхідно повинна діяти якась сила, що дорівнювала б силі тяжіння землі. Добуток з цієї сили на довжину путі дає нам роботу (енергію), що її було витрачено на підняття тіла. Але ця енергія не гине марно, а може бути використана (напр., годинник з важком при падінні тіла). Тут виникає цікаве

явище. Ми щодня бачимо як різні речі падають додолу, вода тече від вищого рівня на нижчий і т. д., а роботу від цього ми не помічаємо. Тут і справді можна сказати, що роботу віддану тілом при падінні ми не помічаємо, проте, вони існують, але тільки не на користь людині. Коли тіло падає і стукається об землю, його енергія переходить частково у тепло частково витрачається на те, щоб більш менш тіло зарилося у землю (напр., гарматне ядро) і т. інш. Коли вода падає у водоспаді, тут теж частина енергії, що її віддає вода, іде на нагріття її самої від тертя часточок води одна об другу ось чому водоспади і навіть річки з швидкою течією не замерзають узимку), частина ж витрачається на марну механічну роботу: розмиття берегів, перекидання каміння з місця на місце тощо. У тихих річок ця робота води має такий самий характер, тільки її ще менш помітно бо замість каміння річка переносить пісок; розмиття берегів іде дуже поступово, а нагрівання від руху і зовсім не помітно, бо кількість тепла від тертя часточок розподіляється тут по всій довжині річки. Як енергію важка у годиннику ми можемо використати для передавання руху стрілкам, так само її енергію води можна використати через відповідні механізми (водяні колеса та турбіни).

Вже кілька століть тому теоретично й практично доведено, що енергія (робота) від падіння тіла дорівнює добутку з ваги тіла на різницю між височинами від поверхні землі (або якогонебудь іншого поземного рівня) того пункту, де тіло було спочатку, до того пункту, де воно опинилося наприкінці свого руху, незалежно від того, чи спускалося тіло сторч до землі чи по будь-якому похилому до землі шляху. — Наприклад, коли тіло вагою 5 кг. з височини 20 метр. спуститься до височини 7 метр. над поверхнею землі, то різниця між височинами буде $20 - 7 = 13$ метр. Отже, робота дорівнюватиме $5 \times 13 = 65$ кілограмометрів, і ця робота не буде залежати від того, яким шляхом

тіло прийшло з височини 20 метрів на височину 7 метрів від рівня площі землі. Коли б захотіли на досліді перевірити, що робота тіла не залежить від вигляду шляху (сторчого або похилого до землі), ми б змогли одержати трохи різні числа для роботи. Це пояснюється збільшенням шкідливих опорів рухові (тертя та інші), що ми маємо при похилому шляху. За точних дослідів, що взагалі досить складні, беруть на увагу й тертя та сцепіяльно його вимірюють.

Отже, коли ми знаємо кількість води, що буде проходити крізь наші турбіни або водяні колеса, та різницю рівнів води (верхнього та нижнього), то приблизно зможемо обчислити ту потужність, що її одержимо від майбутньої гідростанції або гідросиловні взагалі. Наприклад, сторчовою площею до річки проходить 15 куб. метрів води у секунду (видаток води на секунду); височина греблі, що її треба збудувати, за тих чи тих міркувань дорівнюватиме 10 метрам (від рівня річки). Тоді верхній рівень води підійметься на 10 метрів, а низовий зостанеться приблизно на тій же самій височині. Тоді ми матимемо різницю між рівнями води теж 10 метрів. Практично не вся ця різниця може бути використана за технічних умов. Деяка невеличка частина роботи витрачається на тертя об стіні труб, що підводять воду до гідродвигунів, об ґрати, що захищає двигуни, щоб потрапили туди великі речі тощо. Але при попередньому (орієнтовному) розрахункові можна не вважати на ці витрати.

Щоб обчислити роботу, що її виконують 15 куб. метр. води, падаючи з височини 10 метрів, переведемо кількість води на кілограми. Ми знаємо, що 1 куб. метр. 1.000 куб. дцм. = 1.000 літрів.

15 куб. метр. = 15.000 літр.

1 літр води важить 1 кг., 15.000 літрів важать 15.000 кг.
Робота дорівнює

$$150.00.10 = 150.000 \text{ кілограмометрів.}$$

Це є робота, що її виконано за 1 сек. Тому це й є потужність, що ми її шукали. Щоб одержати її на кінські сили, поділимо 150.000 кілограмометрів на 75. Тоді матимемо, що наша потужність дорівнює

$$150.000 : 75 = 2.000 \text{ кінських сил.}$$

Ці 2.000 кінських сил річка віддає двигунові, але двигун (водяне колесо, турбіна) не зможе всю цю потужність віддати далі (динамо-машині або безпосередньо машинам, знаряддям). У гідродвигунах ми маємо витрати частково від тертя води об стінки двигуна, частково від того, що вода виходить з двигуна з деякою, хоч і невеликою, швидкістю. Тому вода віддає не всю свою енергію двигунові, а деяку частину несе з собою, коли виходить з двигуна. Можна довести: що менша буде швидкість при виході води з двигуна, то менше невикористовуватиметься енергія, що її, вода несе з собою. Якщо ця швидкість не може дорівнюватися нулеві—не може зникнути, бо на зміну одним часткам води надходять інші, тоді ми й мусимо завжди деяку частину енергії мати за невикористану, а саме ту частину, що її несе з собою вода, яка виходить з двигуна.

Коли ми поділимо потужність, що її дас двигун, на потужність, що потрапляє у двигун з водою, то матимемо число (менше за одиницю), що показує, яку частину енергії води двигун віддає динамо-машині або машині-знаряддю. Це число зветься „коєфіцієнтом корисної дії“. Для різних типів гідродвигунів воно змінюється чимало, а саме від 0,35 (або на відсотки: 35%) у так званих низькобійних (низьконаливних) коліс до 0,90 (90%) у найновіших турбін. До розгляду головніших типів водяних двигунів ми тепер й пereйдемо.

III. Водяні двигуни

Одну й ту ж роботу ми можемо мати при падінні різних тіл з різної височини. Наприклад, 200 кілогра-

мометрів ми одержимо і від падіння 2 кілограмів з височини 100 метр. і 5 кілограмів з височини 40 метрів, і 10 кілограм. з височини 20 метрів. Також одну й туж потужність гідросиловні ми матимемо, коли маємо одинаковий добуток з різниці височин верхнього та низового рівнів води на кількість води, що проходить крізь двигуни за 1 секунду. Ця різниця рівній (так званий напір) може бути дуже неоднакова: від кілометра і вище до 0,1 — 0,2 метрів. Наприклад, коли ми маємо напір 400 метрів і кількість води, що може пройти крізь двигуна за 1 сек. (так званий видаток води в 1 сек.) 15 куб. метрів, то потужність, що разом з водою входить до двигунів, буде дорівнювати

$$\frac{400.15.1000}{75} = 80.000 \text{ кінських сил}$$

Коли ми маємо напір у 20 метрів, а видаток 300 куб. мтр. у сек., то потужність теж дорівнюватиме

$$\frac{20.3000.1000}{75} = 800.000 \text{ кінських сил.}$$

Добуток $400.15 = 6.000$, добуток 20.300 теж дорівнює 6.000 . Отже, коли ми маємо великий напір, то видаток води на сек. буде малий, і навпаки, щоб одержати ту саму потужність, коли видаток великий, то напір буде малий. Тому й типи водяних двигунів, щоб задовільнити різним умовам, теж повинні бути різні. Двигуни, що існували століття й тисячоліття, були водяні колеса. Тільки на початку минулого століття (1823 р.) Фурнейрон винайшов свою турбіну, після якої вже з'явилось багато винаходів у цій галузі. Водяні колеса мають найпростішу конструкцію з усіх інших водяних двигунів. Тому їх вперше й розглянемо.

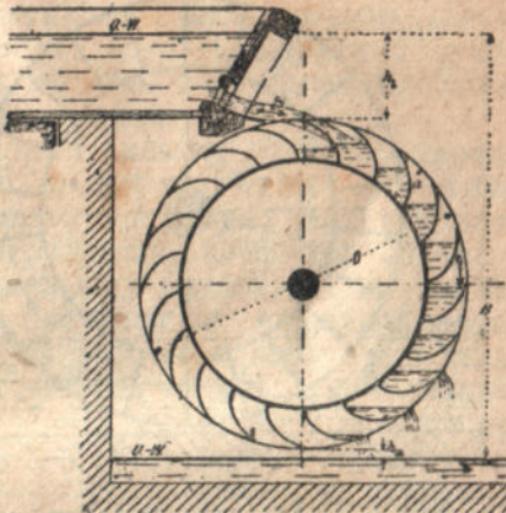
Водяні колеса розподіляються на верхньоналивні, середньоналивні та нижньоналивні (див. малюнки 1 та 2). На малюнкові 1 ми бачимо верхньоналивне колесо. Тут вода потрапляє зверху на лопатки колеса, й воно

починає рухатися під впливом тяжіння води. Лопатки (ковші) мають спеціальну форму, щоб вода як найдовше з них не витікала. Ми бачимо, що вода починає витікати з лопаток, вже недалеко від низового рівня. Швидкість обертання колеса не може бути дуже великою, бо коли колеса на одиницю часу (наприклад, за хвилину) робитиме багато обертів, то буде діяти відбіжна сила: під впливом цієї сили вода намагалась би відділитись від колеса і її енергія марно б витрачалась.

Відбіжну силу ми можемо легко дослідити, коли прив'яземо якунебудь вагу до мотузка й почнемо крутити навколо своєї руки; помітимо, що мотузок натягнеться. Це свідчить про те, що тіло намагається відрватися від мотузка.

Зі збільшенням кількості обертів дуже збільшується й відбіжна сила. Може статися, що ця сила настільки збільшиться, що навіть розірве мотузку. Зауважимо, що ця відбіжна сила має велике значення у конструкції машин там, де ми маємо велику кількість обертань (на хвилину). Іноді деякі частини машин, що обертаються, при збільшенні кількості обертів з будь-якої причини, навіть відриваються й учиняють нещастя.

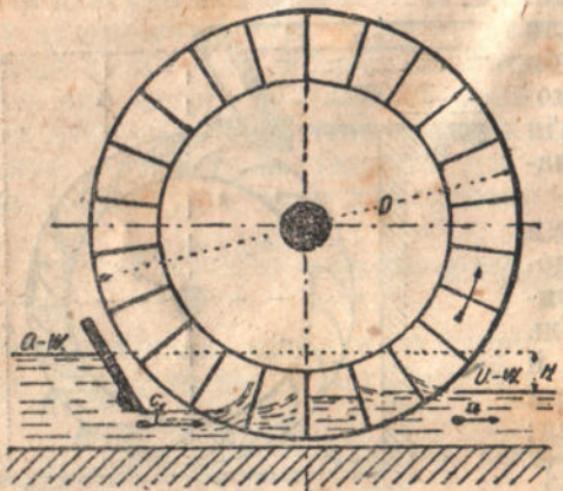
Поперечник верхньоналівного колеса залежить від напору (літера Н на малюнку). Поперечник повинен бути менший за напір. Звичайно, при дуже малих



Мал. 1. Верхньоналівне водяне колесо

напорах це колесо не можна вживати бо ми мали б малий поперечник, якого було б важко й сконструювати. При великих напорах теж вживати це колесо невигідно, бо одержали б дуже великі швидкості обертовального руху лопаток, а це, як ми бачили, призводить до зайвої витрати води од відбіжної сили. Тому ми маємо певні межі для використання верхньоналивних

коліс. Ці межі такі: напор 4—10 метрів, видаток води не більше 1 кб. метра на сек., кількість обертань на хвилину 4—8. Коефіцієнт корисної дії тут дорівнює 0,6—0,8. Це є високий коефіцієнт, що наближується до коефіцієнту корисної дії у турбін. Щоб обчислити найвищу потужність, що її



Мал. 2. Нижньоналивне водяне колесо

вигідно мати від верхньоналивного колеса, зробимо такий же підрахунок, як ми робили і раніше. Потужність дорівнює

$$\frac{10 \cdot 1 \cdot 1000}{75} = 133 \text{ кінських сили.}$$

І справді на практиці зрідка зустрічаються водяні верхньоналивні колеса потужністю до 150 кінських сил. Але здебільшого потужність водяних коліс не буває більше за 20 кінських сил.

Нижньоналивне колесо ми бачимо на малюнкові 2. Вони вживається при дуже низьких напорах (0,1—1 метр). Коефіцієнт корисної дії дуже низький і дорів-

ню 0,3 — 0,35. Тому й потужність ми маємо дуже невелику. Ці колеса вживаються здебільшого там, де ступінь використання гідроенергії не має великого значення, а робити більш-менш велику греблю немає. Середнє місце між верхньоналивним та нижньоналивним колесом займає середньоналивне колесо. Вода в цьому колесі потрапляє до лопаток приблизно по середині колеса, а не зверху, як у верхньоналивному колесі. Головна якість водяного колеса (розуміємо верхньоналивне колесо), коли порівняти з турбіною, буде та, що колесо зберігає свій коефіцієнт корисної дії, коли видаток води падає.

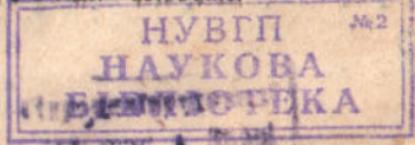
Навіть при зменшенні видатку води до 0,15 від нормального, коеф. кор. дії майже зберігає своє значення. А турбіна, на випадок зменшення видатку води до 0,15 від нормального, зменшує коеф. кор. дії до 30%, замість 80% за нормального видатку. Крім того, водяні колеса при маліх потужностях коштують дешевше ніж турбіни. Тому ще досі ми маємо чимало водяних коліс не тільки у нашому Союзі, а й за кордоном. Наприклад, у Німеччині ми маємо поруч з гідросиловими великої потужності чимало маліх устаткувань з водяними колесами, що використовують силу малих річок або навіть гірських струмків. Так, у Баварії на 1927 рік було 7.571 водяне колесо загальної потужності 59.658 к. с. і 4.002 турбіни загальної потужності 871.278 к. с., тобто на 1 колесо в середньому ми маємо потужність

$$59.658 : 7.571 = 7,7 \text{ к. с., а на турбіну}$$
$$871.278 : 4.002 = 218 \text{ к. с.}$$

На Україні 1923 р., тобто до початку розвинення великого будівництва гідросилових споруджень (Дніпрельстан) було зареєстровано (за анкетою Укмеліозему):

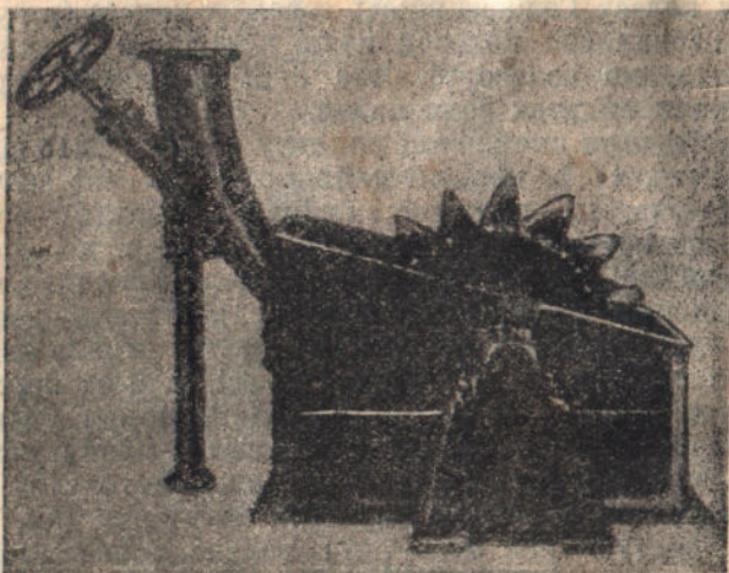
3.175 водяних колес	на 23.120 кв.
816 турбін	20.874 "

Всього на 43.994 кв.



На 1 колесо припадало . . . 23.120 : 3.175 = 7,3 к. с.
на 1 турбіну . . . 20.874 : 846 = 24,7 к. с.

Потужність водяного колеса дуже близька до Баварії. З 1923 р. кількість водяних коліс, що експлуатуються, не збільшилась, бо деякі млини було ліквідовано з меліоративною метою, щоб висушити заболочені місця, а нових з водяними колесами майже не



Мал. 3. Турбіна (колесо) Лельтона

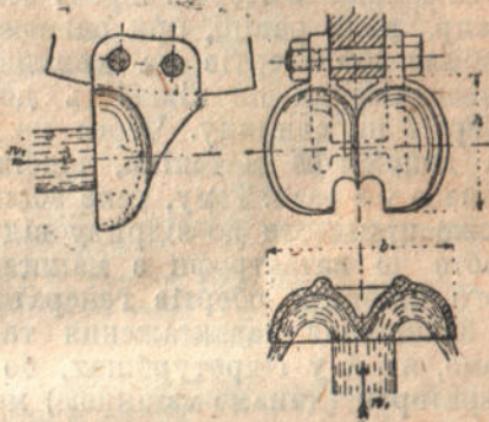
будували. Щёдо турбінних устаткувань, зокрема гідроелектровень, то таких з 1924 р. було збудовано (і тепер будуються) близько 10 (Дніпрельстану тут не лічимо). Про гідростанції на Україні докладніше мова буде далі.

Для великих напорів, коли ми маємо малий видаток води, майже виключно треба вживати, так зване, колесо Пельтона (див. малюнок 3). На малюнкові ми бачимо колесо з корцями, що мають досить своєрідну форму. Ці корці прикріплені до колеса дуже міцно

прогоничами та літрами (див. малюнок 4), бо вбда на ці корці діє з великим зусиллям. На лівому верхньому малюнкові (на мал. 4) ми бачимо корець з боку; тут вода діє на корець зліва. На правому верхньому малюнкові вигляд кірця з боку течії води. На нижньому малюнкові ми маємо розріз кірця. Тут ясно видно, як водяний струмок потрапляє у корець і там розбивається на 2 струмки, що обтікають корець.

Швидкість, з якою вода стікає з кірця й іде далі, досить невелика. Через те, що напори, де є колеса Пельтона, великі, то, як можна довести теоретично й практично (за дослідами), швидкість води, що потрапляє на кірці коліс буде велика. Тому, коли вода стікає з кірця з невеликою швидкістю, це свідчить про те, що вона віддала велику частину своєї енергії турбіні (колесу).

Коефіцієнт корисної дії такої турбіни високий, а саме у новіших конструкціях він дорівнює 0,87 (87%). Цей коефіцієнт мало змінюється (він трохи зменшується), коли навантаження на турбіну, а з ним і кількість води, що проходить крізь турбіну, зменшується. Ще при навантаженні колеса Пельтона на 40% від нормального, коеф. кор. дії зменшується лише на 3-4%. Тому, коеф. кор. дії у турбінах Пельтона в протилежність турбінам Френсіса (про які мова буде далі) зберігає своє значення майже постійно при зміненні навантаження. Цим турбіна Пельтона наближається до звичайних верхньоналивних водяних коліс.



Мал. 4. Ківш (лопатка) у колеса Пельтона.

Під час експлуатації в турбінах Пельтона (та й у всіх інших турбінах) трапляється, що навантаження з повного (нормального) зменшується до нуля, тобто турбіна починає йти без навантаження. Коли видаток води на секунду зостанеться той самий, що був і при повному навантаженні, то енергія води все ж таки віддається турбіні у тій же кількості, що й раніше. Це збільшить кількість обертів турбіни. У колесі Пельтона кількість обертів одразу збільшиться на 80—85%. Напр., коли раніше, при повному навантаженні колеса робило 300 обертів на хвилину, то після зниження навантаження ця кількість дорівнюватиме 540—555 обертів на хвилину. Через це, як можна вирахувати за допомогою механіки, відбіжна сила зросте приблизно у 3 рази. Тому, таке збільшення відбіжної сили може привести до відриву від колеса деяких частин, тобто до катастрофи з машинами та з людьми. Крім того, кількість обертів генератора електричної енергії із зменшенням навантаження також збільшується так само, як і у гідротурбінах, бо турбіна з'єднана з генератором (динамо-машиною) механічними передачами (переважно пальцевими колесами) або навіть безпосередньо — турбіну та динамо насаджено на один вал. Щоб уникнути такого катастрофічного числа обертів, встановлюють ручний або автоматичний регулятор для зменшення кількості води, що діє на колесо. Про цей регулятор докладніше скажемо далі. Тепер же зауважимо, що часами, хоч і дуже рідко регулятор у потрібний момент не зможе припинити воду (несправний, стороннє тіло, потрапило у нього тощо). Тому деякі заводи, що вироблюють колеса Пельтона та динамо-машини до них, розраховують їх на міцність не для нормальної кількості обертів, а для катастрофічної (збільшеної на 80—85% від нормальної).

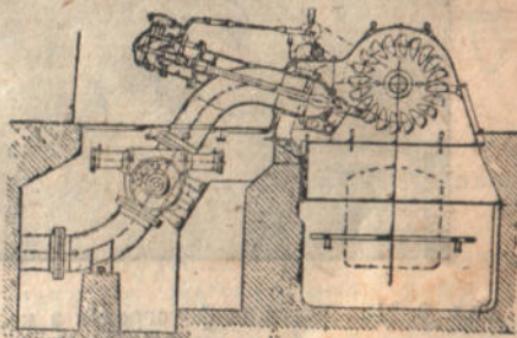
Тоді гідростанція цілком буде забезпечена від катастрофи.

Воду подає до турбіни так зване, сопло (наконечник). На малюнкові з загальний вигляд невеликого

колеса Пельтона. Саме колесо ми бачимо тільки в його верхній частині, бо нижню від нашого ока затулено. Зліва до турбіни підходить патрубок, що підводе до колеса воду. Цей то патрубок і кінчається соплом, але самого сопла на малюнкові теж не видно. На малюнкові 5 вигляд турбіни Пельтона в розрізі. Це турбіна досить великої потужності. Вона дає 7.500 кінських сил при напорі 420 метрів. Саме колесо має поперечник 1.300 міліметрів. Тут ми бачимо й сопло теж у розрізі. Воно дає струмок поперечником в 160 мілім. Такий великий розмір струмка, що дає таку велику потужність, як 7.500 к. с., пояснюється великою швидкістю, з якою вода виходить з сопла.

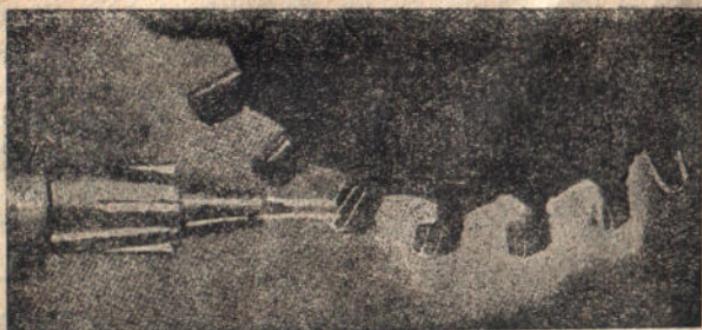
Дуже цікаву моментальну фотографію роботи колеса Пельтона ми бачимо на малюнкові 6. Коли б ми дивилися безпосередньо на роботу колеса, ми б не бачили окремих корців, як ми не бачимо окремих шпиць звичайного колеса, коли воно швидко обертається. Цінність моментальних фотографій і полягає в тому, що світова діяльність електричної іскри, при якій роблять знімки, продовжується дуже короткий термін (малу частку секунди). Тому навіть явища, що діються з великою швидкістю, переходят на фотографію як нерухомі. Люди, яким довелося на одну мить темною ніччю бачити при свіtlі блискавки автомобіль, що швидко їхав, кажуть, що ввесь автомобіль і навіть шпиці Ім здавалися непорушними.

Регулювання водяного струмка, що потрапляє на корці колеса Пельтона, провадиться не тільки тоді,



Мал. 5. Турбіна Пельтона; потужність 7.500 к. с.; завод Ешер-Вісс у Швейцарії

коли треба припинити воду в разі несподіваного зняття навантаження, а й у всіх випадках зміни навантаження. Коли б кількість води, що йде до турбіни,



Мал. 6. Моментальна фотографія з колеса Пельтона під час його роботи

зоставалась незмінною, то при зменшенні навантаження кількість обертів (напр., на хвилину) збільшилась би, і навпаки, при збільшенні навантаження кількість обертів зменшилась би.

Приладдя, що регулюють кількість води, прироблюється звичайно до самого сопла. Є декілька систем цих приладдь. Тепер найбільш вживають, так звану, голку (див. мал. 7). Коли голка від руки або автоматично сунеться праворуч (див. малюнок), то тим самим поступово зачиняється отвір сопла, а коли ліворуч, то він відчиняється. Ще можна відзначити сопло з відхиленням струмка (див. мал. 8) та сопло з яичком (див. мал. 9), що зменшує чи збільшує отвір сопла. Спосіб дії цих регуляторів зрозумілій без дальнього пояснення. Іноді одного приладдя був: є недосить. Тоді ставлять 2 приладдя, здебільшого голку та приладдя

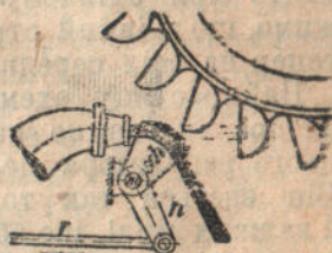


Мал. 7. Сопло з голкою

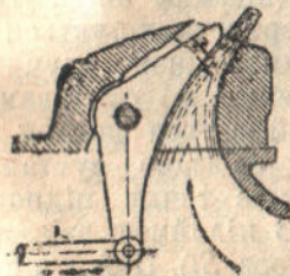
ставлять 2 приладдя, здебільшого голку та приладдя

для відхилення струмка. Коли взяти спосіб відхилення струмка, то це буде неекономічний спосіб, бо вода марно витрачається. Лише тоді, коли внизу по течії річки є ще гідросиловня (а це досить часто буває), то може бути обумовлено, щоб не зменшувати кількості води, що проходить крізь нашу гідросиловню, і тоді зберігання води за допомогою голки не буде, можна буде користуватися відхиленням струмка або яким іншим способом неекономічного регулювання.

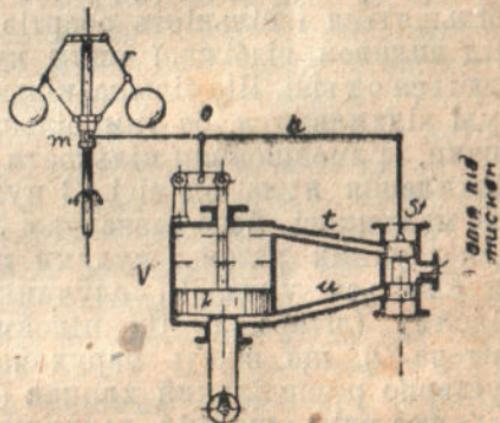
Саме регулювання може бути, як вже було зазначено, ручне або автоматичне. На малюнкові 3 ми бачимо колесо (маховичок). Обертаючи його рукою ми



Мал. 8. Сопло з відхиленням струмка



Мал. 9. Сопло з язичком



Мал. 10. Регулятор турбіни з сервомотором

рухаемо голку, або якщо будь інше пристрій. На устаткуваннях не дуже малих маховичок допомагає лише тоді, коли ми пускаємо в рух або зупиняємо турбіну. При роботі діє виключно автоматичний регулятор, бо вартовому буде б дуже важко постійно слід-

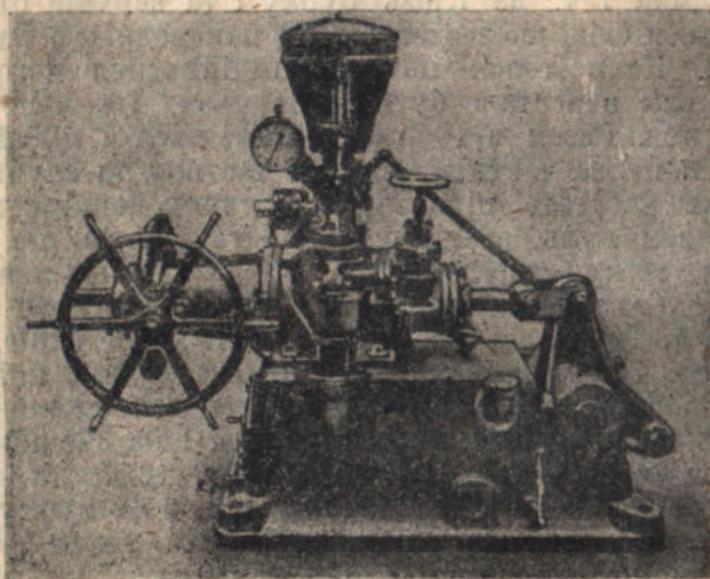
кувати за змінами режиму навантаження і були б хиби у роботі, а нам дуже важливо мати постійну кількість обертів генератора (а з ним і турбіни), надто при змінному електричному струмові. Зауважимо, що змінний струм майже виключно виробляється тепер на всіх середніх та великих електровидах.

Найпростішу схему, сучасного автоматичного регулятора ми бачимо на малюнкові 10. Основна частина цього регулятора це, так званий, відбіжний маятник. Він зветься так тому, що в його склад увіходять 2 важких кулі, що обертаються навколо вісі. Ця вісь (вал) з'язана системою передач з головним валом турбіни. Тому, кількість обертів на хвилину, що робить маятник, пропорційна кількості обертів на хвилину, що робить турбіна, тобто, коли кількість обертів головного валу, на який насаджено колесо, збільшиться у 2, 3 і т. д. рази, то в стільки ж разів збільшиться і кількість обертів відбіжного маятника. Під впливом відбіжної сили кулі більш менш відхиляються від вісі. Що більша кількість обертів, то більше кулі відхиляються, бо тим більша відбіжна сила. Навпаки, із зменшенням кількості обертів зменшується й відхилення куль від вісі. З кулями з'єднано злучник (на малюнкові його зазначено літерою *m*) суставами. Цей злучник разом з кулями підіймається догори та спускається униз. Зі злучником з'язано суставно підйому (літера *h*). Ця підйома має точку підпори (літера *O*), що стоїть нерухомо. З підйомою з'язано суставно розподільний хлипак (літера *St*). Цей хлипок регулює олію, що під великими тисненням може по рурках *t* та *u* (див. малюнок) іти до циліндра *v*. У циліндрі є толок *K*.

Коли навантаження турбіни зменшилось, кількість обертів на хвилину турбіни збільшиться. Отже збільшиться і кількість обертів регулятора (маятника з кулями); кулі підіймуться, а разом з ними підійметься догори й злучник *m*. Через те, що точка підпори *O* зостається на місці, частина підйоми, що знаходиться

праворуч від O , спускається униз, коли ліва частина підйоми рухається догори. Разом з підйомою (права частина) униз піде й розподільний хлипок St . Поки хлипок був у своєму середньому (нормальному) положенні, обидва маліх толока у хлипку зачиняли отвори до рурок t та u . Коли ж хлипок іде униз, отвори відчиняються. Крізь нижчий отвір олія під тиском іде під толок K і підіймає його, а цей останній безпосередньо діє на апарати, що регулюють: голку, відхильник струмка і т. д. Крізь рурку t та верхній отвір виливається олія, що зосталася від попереднього регулювання. Коли толок починав підійматися догори, точка O вже перестане бути за нерухому і теж почне підійматися. Разом з точкою підіймається й підйома, зокрема й права частина, ліву ж частину та злучник не можна набагато підняти, бо злучник намагається, під впливом куль, зберігти кількість обертів, що він мав напочатку регулювання. Щодо розподільного хлипка St , то він підіймається та зачиняє отвори рурок t та u . Тому олія вже не діє на толок K і він зупиняється. Так зменшилась кількість води, що потрапляє на колесо турбіни, а це відбувається на зменшенні кількості його обертів, а разом із цим і на зменшенні кількості обертів маятника з кулями. Маятник при зменшенні відбіжної сили починав діяти на муфту m ; муфта починав спускатися униз. Точка O тепер знову є точка підпори, бо олія не діє змоги рухатися толокові K , з яким з'єднано точку O . Тому тепер підіймається права частина підйоми h , а з нею й розподільний хлипок St . Олія починав тепер рухатися у протилежній бік, а саме крізь рурку t олія під тиском іде у циліндер v , а крізь рурку u виходить з нього. Толок K під впливом тиску олії спускається трохи униз, але менше, ніж він раніше підіймався. Толок тягне за собою й точку (сustav) O . Злучник m тепер знову став за точку підпори. Тому разом з O спускається й підйома з хлопком St , що знову зачиняє отвори рурок t та u і припиняє рух олії. В на-

слідок спускання толока K ми маємо збільшення кількості води, що діє на колесо, а це спричиняє до підвищення кількості обертів колеса та маятника. Цей останній знову трохи підіймає злучника, але менше, ніж раніш підіймав та спускав його. В наслідок цього олія знов піде під толок K , і трохи підійме його, поки отвори рурок t та u автоматично не зачиняться. Так коливання маятника та толока дотори та вниз посту-



Мал. 11. Зовнішній вигляд олійного регулятора водяної турбіни (з сервомотором)

пово зменшуються, поки зовсім не припиняться. Все це регулювання продовжується не більш як 30—40 сек. Циліндр v з толоком K має назву „сервомотор”, тобто допоміжний двигун. У сервомоторі раніш замість олії, вживали воду, але домішки води часто кепсько впливали на регулятор і псували його, а ми вже бачили, яку велику роль регулятор відіграє у роботі всього гідротурбінного устаткування.

Тому й ми трохи докладніше зупинилися на розгляді дії регулятора.

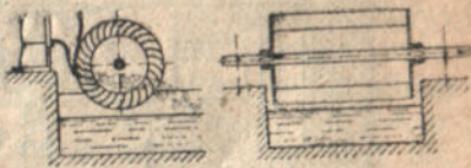
Зрозуміло, що регулятор має більше деталей, ніж їх наведено у схемі, що ми розглядали. Наприклад, є окреме приладдя для точного встановлення постійного числа обертів на хвилину, незалежного від навантаження, бо у нашій схемі постійність обертів при різних навантаженнях зберігається тільки приблизно. Крім того, на схемі нема окремого смоку, що нагнітає олію під тиском. Зовнішній вигляд однієї з численних конструкцій олійного регулятора ми бачимо на малюнкові 11. У самій верхній частині цього малюнка ми помічаємо маятник з кулями, у кожусі з тонкого заліза або міді. Ліворуч намальовано маховик з ручками, який

ми можемо в разі потреби провадити й ручне регулювання, а переважно пускати та зупиняти турбіну.

Закінчуячи опис турбіни (колеса) Пельтона, зауважимо лише, що вони можуть бути з поземною або простовисною віссю і можуть мати як одно, так і декілька соплів. Досить будують турбіни Пельтона не більше, як на 30.000 кінських сил на одну турбіну.

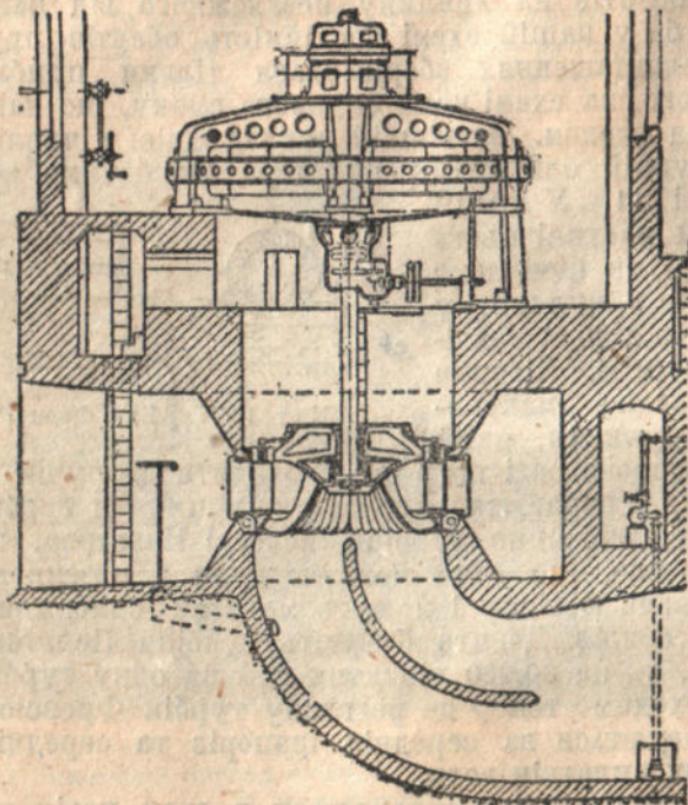
Переходимо тепер до розгляду турбін Френсіса, що застосовуються на середніх шапорів та середніх або великих видатків води.

Турбіна Френсіса складається з двох коліс: колеса нерухомого, що тільки направляє воду, і колеса рухомого, що обертається. Перше колесо обіймає друге. Вода увіходить у перше колесо, з якого потім іде в друге, примушує його обернатись навколої своєї вісі і потім іде в, так звану, всмоктувальну трубу, що дходить аж до низового рівня води. Устаткування турбіни Френсіса для невеликої потужності подано на малюнкові 12. На цьому малюнкові літера „а“ визна-



Мал. 12. Турбіна Френсіса

час нерухоме колесо (у розрізі) так, що ми бачимо його лопатку; літера „*b*“ визначає рухоме колесо, теж у розрізі. З рухомого колеса вода йде крізь всмоктувальну трубу „*c*“ до свого низового рівня. Рухоме колесо з'єднано з валом „*d*“, що його в свою чергу з'єднано



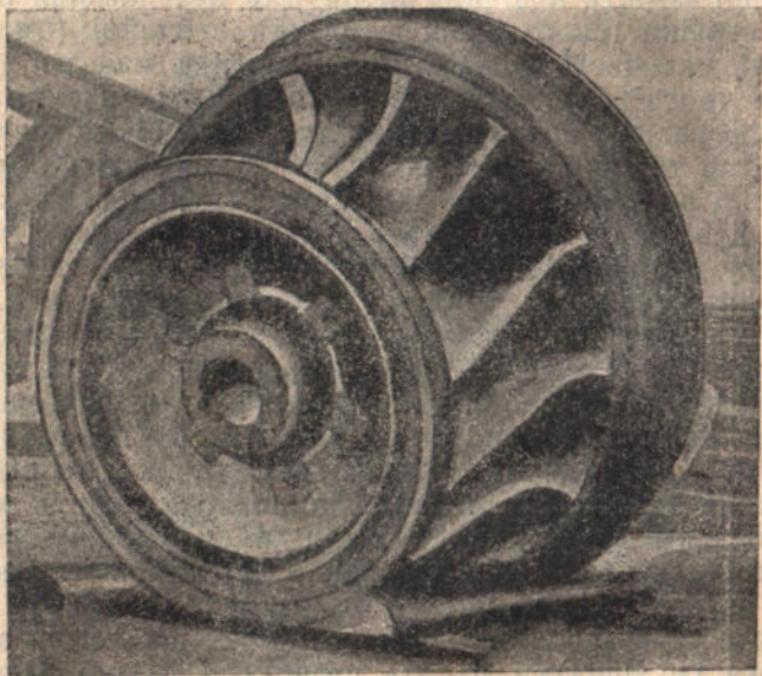
Мал. 13. Турбіна Френсіса, що її безпосередньо з'єднано з генератором

з пальцевим колесом „*e*“ конічної форми. Це колесо передає рух другому конічному колесові, що далі передає рух генераторові електричного струму (динамомашині). Поперечник колеса „*e*“ значно більший від поперечника пальцового колеса, що його з'єднано

з генератором, бо турбіна Френсіса не може розвинути більш 600—750 обертів на хвилину, а генератор буде найлегший конструктивно та найдешевший, коли він має 1 000 і більш обертів на хвилину. Праворуч зверху ми бачимо ручний регулятор для кількості води, що входить у турбіну. Про регулювання кількості води у турбінах Френсіса докладніше буде сказано далі.

Іноді замість конічних коліс для передавання руху від турбіни генераторові вживають звичайні (циліндричні) пальцьові колеса. Коли турбіна має не дуже мале число обертів, завжди опрацьовують питання про безпосереднє з'єднання генератора з турбіною (щоб генератор та турбіну було насаджено на одному валу), бо тоді не буде витрат на тертя в пальцьових колесах, і, крім того, все устаткування займе менш місця і тому будинок обійтеться дешевше. Так часом безпосередньо з'єднують турбіну з генератором (див. мал. 13). Тут ми бачимо, що поперечник генератора більший за поперечник турбіни. На цьому малюнкові ще можна звернути увагу на те, що всмоктувальна труба не має прямолінійної форми, як на мал. 12. Це пояснюється малим напором, тобто різницю між верхнім та ніжнім рівнями води, через що неможливо було зробити всмоктувальну трубу; як би ми підняли турбіну вище, вона стала би на одному рівні з верхнім рівнем води, що негативно позначилося би на роботі. Уявити собі робоче (рухоме) колесо турбіни Френсіса можна з малюнка 14. Лопатки досить своєрідної форми з'єднано ободом. Щодо колеса, що направляє воду, то воно також має лопатки. Вода діє однаково по всьому ободу колеса, що направляє воду, і на кожну лопатку робочого колеса діє однакове зусилля, у той час, як у турбіні Пельтона усе робоче зусилля розподіляється між невеликим числом лопаток (кірцями) навіть при декількох соплах. Лопатки колеса, що підводять до турбіни воду, робляться рухомі. Вони мають змогу трохи повертатися навколо вісі, рівнобіжної до головної вісі турбіни. Повертаючись, лопатки збільшують

ють або зменшують отвори для води. Ці отвори можна й зовсім зачинити й тим припинити рух турбіни. Лопатки у схематичному вигляді, коли отвори між ними відчинено та зачинено, бачимо на мал. 15. Отже у турбіні Френсіса лопатки виконують ту саму роботу, як голка або язичок у турбіні Пельтона, тобто регулюють



Мал. 14. Робоче колесо турбіни Френсіса (Олександрівська гідростанція на р. Південний Буг)

кількість води, що йде у робоче колесо турбіни. Малюнок 16 дає нам схему регулювання системами. Кільце (літера *r*) трохи повертається і тягне за собою системи (літ. *t*), а вони повертають лопатки. Як практично виконано цю схему, ми бачимо на мал. 17. Щоб дати рух кільцеві з системами, вживають ті ж самі

конструкції сервомоторів та регуляторів, що й у турбіні Пельтона.

Іноді буває незвичайно конструювати спеціальне приміщення для підведення води до турбін (таке приміщення, так звану, водяну камеру, ми бачимо на малюнкові 12).

В такому разі турбіну буває вміщено у кожусі з заліза або сталі. Дуже часто цей кожух має форму



Мал. 15

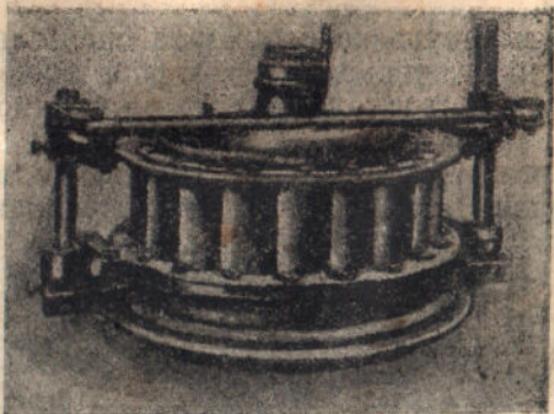


Мал. 16. Схема
шарнірного
регулювання
лопаток у турбіні
Френсіса

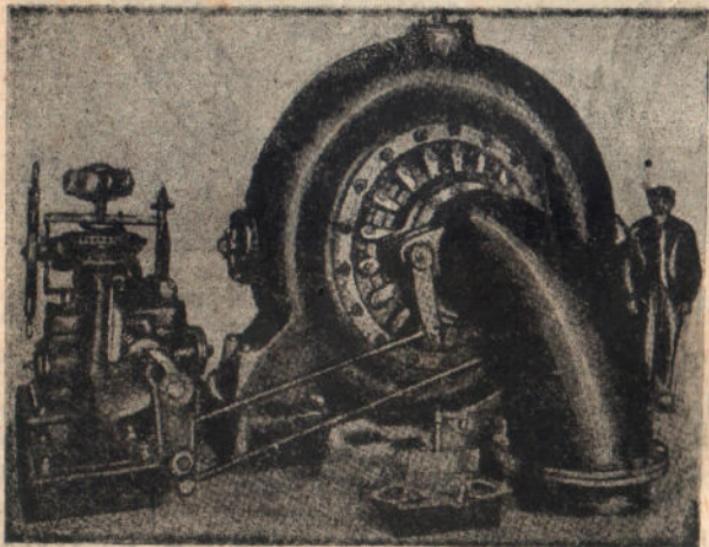
спіралі. Такі „спіральні“ турбіни вживають як на великі, так і на малі потужності“.

В одній з таких „спіральних“ турбін (потужність 12 000 к. с.) досягнуто надзвичайно високий коефіцієнт корисної дії, а само—0,93.

Зовнішній вигляд „спіральної“ турбіни на середню потужність нам дає малюнок 18. Праворуч ми бачимо заму турбіну, од якої виходить коліно всмоктувальної



Мал. 17. Зовнішній вигляд турбіни Френсіса з шарнірним регулюванням



Мал. 18. Зовнішній вигляд „спіральної“ турбіни Френсіса

труби. Ліворуч приставлено регулятора з сервомотором. Від сервомотора до турбіни ідуть 2 стрижні, що урухомлюють поворотне кільце (що повертає лопатки).

Цікаву конструкцію для малих потужностей дав завод Фойта (Voigt). Тут „спіральну“ турбіну з'єднано



Мал. 19. Невелика „спіральна“ турбіна Френсіса разом з генератором

з генератором в одно ціле. Генератор має спеціальну конструкцію (Петерсена), де напруження, що генератор дає в мережу, майже не залежить від кількості обертів та навантаження.

Отже, тут не треба регулювати кількість води, що входить у турбіну. Ручне приладдя з маховицю (див. мал. 19) потрібно лише для того, щоб пустити або зупинити турбіну.

Турбіну Френсіса тепер застосовують до височини напору — 250 метр. (звичайно), але бістаними часами думка конструкторів працює над тим, щоб підвищити цю цифру приблизно до 300 метрів. Потужність турбінної одиниці (однієї турбіни) тепер сягає 90 000—100 000 к. с. Турбіни такої потужності буде встановлено, між іншим, на Дніпрельстані.

Турбіни Френсіса, як і колеса Пельтона, можна встановлювати як з поземною, так і з простовисною віссю обертів. На малюнкові 13 наведено турбіну з простовисною віссю обертів, а на мал. 18 — з поземною. Як хибу турбін Френсіса, ми вже відзначали той факт, що коеф. корисної дії значно зменшується, при зменшенні навантаження турбіни, тобто коли ми повинні зменшити впуск води у турбіну.

Перейдемо тепер до пропелерних турбін, конструкції яких було винайдено 10—20 років тому. Коли сказати б, сфера дії турбін Пельтона — це великі напори та малі видатки води, турбін Френсіса — середні напори та середні або великі (до 150 куб. метр. на сек.) видатки води, то для малих напорів та великих видатків води найзручнішими є оці нові турбіни.

Ці пропелерні турбіни мають ту властивість, що їх прудкобіжність більш, ніж прудкобіжність турбін Френсіса при тій же височині напору.

Турбіни тому звуться пропелерні, що їх робоче колесо має форму пропелеру. Колесо, що направляє воду до турбіни, своїм типом таке саме, як і в турбіні Френсіса. Пропелерні турбіни будується з простовисною віссю (валом) обертання. Вода йде поземною крізь колесо, що направляє воду, потім перетворює свій рух на простовисний і вже тоді потрапляє у робоче колесо, а в турбіні Френсіса вода, виходячи з колеса, що направляє її, увіходить відразу в робоче колесо. Коефіцієнт корисної дії пропелерної турбіни високий і перевищує навіть коефіцієнт турбіни Френсіса. Але виникає та сама хиба, що й у Френсіса, тільки ще значно більшою мірою, а саме — велике

зменшення коефіцієнта корисної дії, коли навантаження турбіни зменшується, а з ним разом зменшиться і видаток води. Наприклад, при видатку води в 40% від нормального, коеф. кор. дії становить лише 0,50 (50%), а при видатку близькому до 30% дорівнює нулеві, тобто турбіна не рухається (не обертається). Тому пропелерні турбіни вигідно вживати тільки при наявності кількох агрегатів. Тоді при зменшенні навантаження станції можна ділкі агрегати зовсім зупиняти, а останнім давати повне навантаження.

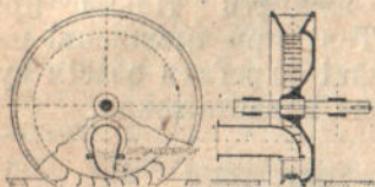


Мал. 20. Робоче колесо турбіни Каплана

Є конструкція пропелерних турбін, що чимало зберігає (для різних видатків води) свій коефіцієнт корисної дії, напр., при видаткові води 10% від нормального, коеф. кор. дії, проте, становить 50%, а у Френсіса, не кажучи вже про звичайні пропелерні турбіни, він дорівнює нулеві. Цю конструкцію винайшов професор Каплан, через що турбіну звуть турбіною Каплана. Різниця між цією та звичайною пропелерною турбіною полягає в тому, що лопатки рухомого (робочого) колеса повертаються через окремий сервомотор. Отже, у турбіні Каплана здійснюється подвійне регулювання. Регулятора з'єднано з двома окремими сервомоторами, з яких один діє на лопатки колеса, що направляє воду, а другий — на лопатки робочого колеса. Робоче колесо турбіни Каплана з зачиненими та відчиненими лопатками показано на мал. 20. Через таке подвійне регулювання турбіна Каплана коштує дорожче за однакову з нею пропелерну турбіну (з не-

рухомими лопатками робочого колеса). Але вищенаведена цінна якість, а саме зберігання коефіцієнта корисної дії при зменшенні видатку води, робить турбіну Каплана незамінною в тих випадках, коли навантаження, а з ним і видаток води різко змінюються. Число агрегатів на станції з турбінами Каплана можна

взяти набагато менше, ніж з турбінами інших систем, бо тут не треба стежити, щоб турбіну було повністю завантажено. Іноді можна взяти лише один агрегат. Це зменшення кількості агрегатів заощаджує не тільки на самих агрегатах,



Мал. 21. Турбіна Банкі

а переважно на будинкові станції, що матиме менші розміри.

Турбіни Каплана їх взагалі пропелерні вживають для напорів не більших в усякому разі 20 метрів, бо розміри турбіни збільшуються і вона робиться неекономічною. Досі було сконструйовано та збудовано пропелерні турбіни потужністю до 30.000 к. с.

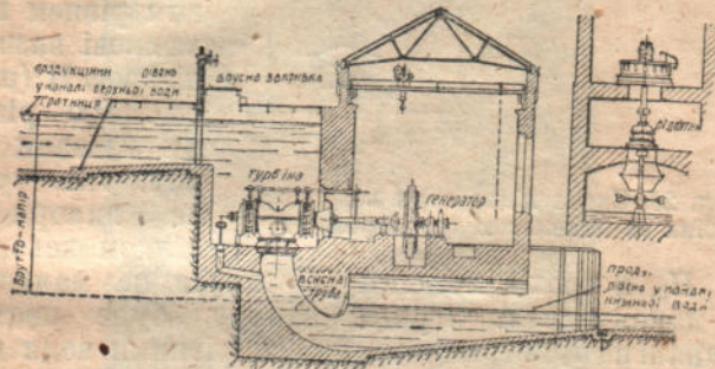
У нас на Україні, де багато невеликих річок з нестійним видатком води, а також з малим напором, турбіна Каплана дуже придатна. При невеликих устаткуваннях можна буде обмежитися лише однією-двоюма турбінами. Наприклад, агрегат з турбінами Каплана встановлено на гідростанції у м. Першотравенському (річка Південний Буг) з напором 4,25 метр.

Скажемо ще декілька слів про турбіну, що її винайшов Банкі. Вона сутіною поліпшено водяне колесо (див. мал. 21). Як показують технічно-економічні розрахунки, вона коштує дешевше за турбіни Френсіса та Пельтона (при невеликих потужностях). Тому її можна з успіхом ставити на невеликих гідросилових та використовувати енергію води безпосередньо (млин, майстерня) або електрикою. Технічна особливість турбіни Банкі полягає в тому, що вода (як видно на ма-

люнкові) проходить крізь лопатки (корці) двічі, а тому енергія її краще використовується.

IV. Підведення води до турбін та відповідні гідротехнічні спорудження

При малих та середніх напорах можна вжити безпосереднє підведення води до турбін (див. мал. 22). Тут одна з стін будівлі станції стає за підпорну стіну. Щоб при високій воді не залило будівлі, у цій стіні або зовсім не роблять вікон аж до рівня високої води,

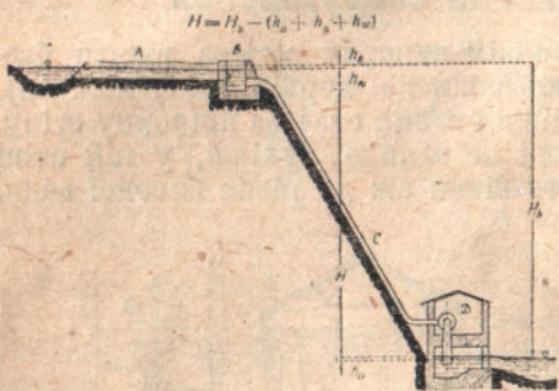


Мал. 22. Безпосереднє підведення води до турбіни

або роблять так, що їх можна було дуже щільно зачиняти. Ліворуч у воді ми бачимо ґрату (у розрізі), що захищає турбіну від сторонніх тіл (дерево тощо), які можуть попсувати турбіну.

При великих напорах, а іноді при середніх і навіть малих, щоб підвести воду до турбіни, влаштовують спеціальне пристосування, переважно труби (з дерева, заліза або залізо-бетону). Коли між верхнім рівнем води та станцією (що завжди знаходиться недалеко від низового рівня) залягає гірний масив, то іноді буває корисно пійти на витрати, зв'язані із спорудження тунелю у цьому масиві. Схема устаткування з високим

рівнем верхньої води понад низовим є на малюнкові 2. Тут вода з верхнього рівня річки йде крізь допоміжний канал (літера А на малюнкові) до водойми



Мал. 23. Схема підведення води до турбіни за допомогою трубопроводів

пору H_b , а трохи менший (H метрів на малюнкові)

У даному разі втрата напору буде постійна 1) в каналі на h_o метрів (різниця між рівнями води на початку та в кінці каналу); 2) біля низового рівня води на h_u метрів (різниця між рівнем коло всмоктування труби та низовим рівнем води; 3) у самій трубі матимемо явище, коли напор, що діє на турбіну, буде менший за різницю рівнів води в обох кінцях труби. Давайте пояснення цього явища можна знайти лише науці про текучі тіла (гідрравліці). Тут можна тільки зуважити, що головну роль відіграє тертя текучого тіла (води) об стінки труб. Цю втрату напору на малюнкові визначено літерою h_w (метр). Отже, щоб мати коефіцієнт напору H метр, треба від H_b відкінути втрати h_o , h_u і h_w (метр.). Тоді $H = H_b - h_o - h_u - h_w$ метрі

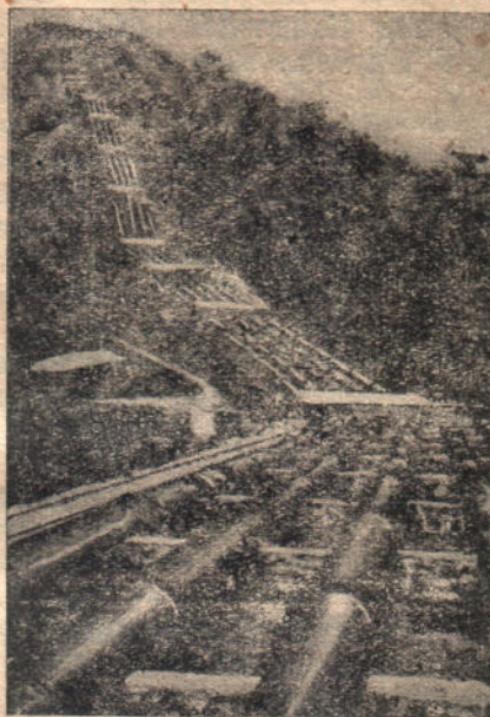
Ці витрати, коли ми не маємо довгих трубопроводів від верхнього рівня води до турбіни, складають лише малий відсоток від напору і тому ми в розрахунках, що їх було наведено вище, не відрізняли повного

З водойми води йде крізь труби (труби буває одні або декілька) до машинової застосунції Д.

Різницю між верхнім та низовим рівнем на малюнкові визначено літерою Н (на метри). Цю різницю назвали напором. Але турбіне не використовують цілком всього

пору H_b від корисного H . Звичайно, при проектуванні усі ці втрати треба точно обчислити.

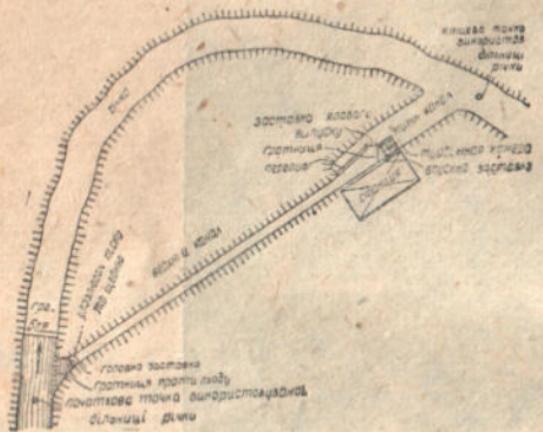
Канал A (на малюнкові 23) підводить воду до водойми B і до труб C . Як прокладаються труби, показано на малюнкові 24.



Мал. 24. Трубопроводи, що підводять воду до турбін

Досить часто канал має значення і при середньому низькому напорі. Це буває здебільшого тоді, коли прічка має коліно, а надто, коли на цьому коліні є похідоги. Тоді на обох кінцях коліна ми матимемо достатньо велику різницю рівнів. Греблю тоді споруджують на пріці вище коліна. Вище греблі відходить од річки канал (що зустрічається іноді верхній канал). Він будується так, щоб вода в ньому текла не швидше за 1—1,25 метра

на сек., бо інакші вода забиратиме ґрунт з дна нести з собою до турбін, що шкодитиме їм, надто коли будуть великі кварцові пісчинки. Канал кінчаеться сточищем, звідциля вода йде до турбін або безпосередньо, або трубами. Від турбін вода йде крізь низовий канал до річки. Канал цей роблять найкоротши (див. мал. 25). У гідросиловому господарстві не досить



Мал. 25.

роплавства та лісоплавлення, питання про перепуск риби, про затоплення берегів тощо.

Коли на підставі технічно-економічних підрахунків показано питання, яку потужність можна зосередити в даному пункті (щодо сучасних та майбутніх навантажень електроенергії) виникає сухо технічне питання чи можна обйтися без допоміжної теплової електровиробки (теплового резерва), щоб дати електроенергію усім приймачам, чи ні. Тут треба опрацювати питання про річне (або добре) регулювання спеціальною водою. В наших українських обставинах така водоймища багато коштує, навіть часто дорожче за тепловий резерв. Коли річне регулювання зробити невигідно, треба опрацювати питання про добове регулювання з тим щоб мати змогу запасну воду використати під час

регулювати турбіни залежно від навантаження. Ш складніше питання—це регулювання напору, верхнього та низового рівнів води, можливість спустити зайву воду під час поводі або зберегти її надалі тощо. Іноді сюди щадаються питання про шлюзовання річки для па-

максимального (найбільшого) навантаження. Як ми вже бачили в розд. I питання про режим роботи річки ускладнюється тим, що тут рік не скидається на рік.

Головні розрахунки про потужність станції провадяться для пересічного року, що є характерним для роботи станції.

Коли знайдено середній рік, треба знати не тільки пересічний видаток річки в куб. метрах на сек. (або в якій іншій мірі) за цілий рік, а розподіл цього видатку за місяцями, а ще краще — за п'ятиденками, тоді ми зможемо вирахувати енергію в механічних силогодинах або кіловатгодинах за місяць (п'ятиденку), що її можна було б одержати від станції, (кінськосилогодина — це енергія, що її віддає 1 кінська сила протягом однієї години; також кіловат година — енергія, що її віддає 1 кіловат на протязі 1 години; 1 кіловат година = 1,36 кінськосилогодині).

Останніми роками виникло питання замість теплового резерву робити штучне регулювання води вітряними рушіями. Ідея тут в тому, щоб вітряками зберігати воду під час вітру. Коли ж вітру немає, навантаження цілком приймає на себе гідростанція. Таке устаткування передбачається в Криму, де Чорноріченській гідростанції мусить допомагати вітроелектровні, що будуть рівнобіжно працювати як поміж собою, так і з гідроелектровною. Найважче тут дрібна потужність окремої одиниці вітроелектровні. Вона ще досі не досягла 150 кінських сил. Тому її економічно невигідно мати ряд окремих вітросилових башт, на яких містяться вітрорушії, та технічно не дуже просто їх експлуатувати; автоматичне ж регулювання тут ще складніше, ніж на гідроелектровнях через часті зміни швидкості вітру. Але що ця проблема має проте велике значення в майбутньому, не викликає сумніву. Напр., інж Н. В. Красовський підрахував, що устаткування на високих місцях вітроелектровень сумарною потужністю 800 тис. к. с. дасть змогу постійно давати споживачам від системи Дніпрельстана — вітростанції

усі оці 800 тис. к. с., а на весні навіть і 1.600 тис. к. с., що можуть бути використані для тимчасових виробництв, зокрема для меліорації.

З попередніх розрахунків та підрахунків ми маємо розподіл навантажень електроенергії між приймачами. Тому можна обчислити кількість кіловатгодин, що їх використають приймачі на протязі місяця або п'ятиденки. Коли порівняти перший розподіл з другим, то легко буде визначити, в які місяці не вистачить водяної енергії для задоволення приймачів, а в які, навпаки, будуть лишки водяної енергії. На цій станції й доводиться остаточно розв'язати питання: яку потужність вважати за остаточну, скільки та які агрегати встановити, потрібне чи не потрібне річне регулювання та чи повинен у зв'язку з цим існувати тепловий резерв тощо. Зауважимо, що потужність, яку встановляли раніше на гідростанціях, була така, що річка мала змогу місяців 9—10 на рік давати цю потужність. Це визначає, що ця потужність була близька до найменшої (мінімальної) потужності, яку річка могла б давати протягом цілого року; багато ж води марно витрачалось, не використовувалось. Тому тепер вже не так обережно підходять до питання про встановлену на станції потужність, а беруть її на таку кількість кінських сил (або кіловатів), що її забезпечено лише на 6,5 або навіть ще менше число місяців. Вигідніше дати тут трохи більший тепловий резерв, ніж зменшувати потужність гідрорушіїв. Наприклад, коли встановлену потужність агрегатів (сумою) на французькій гідростанції „Дюранс“ було б розраховано на повне використання протягом 6 місяців на рік, то вона дорівнювала б 18.400 кіловатів. На справді ж вона дорівнює 29.400 кіловатів. Цю потужність, звичайно, можна ділком використовувати значно менше ніж протягом 6 місяців.

Крім режиму річки за середній рік, треба знати видатки води (за місяцями) на найбільш посушливій рік, щоб вибрати як слід потужність допоміжної

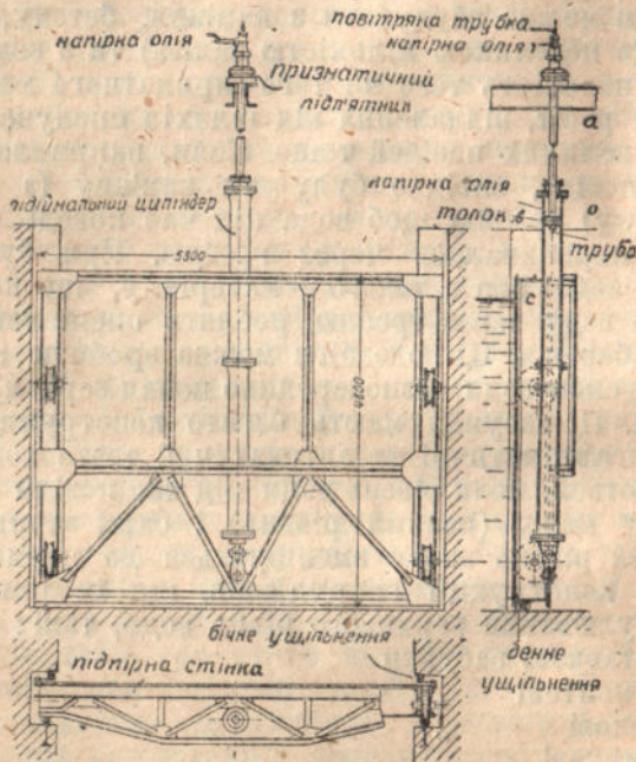
теплової станції. Найбільший можливий випадок річки (у повідь) теж важливо знати, щоб збудувати гідро-силовна на можливе перепускання цієї води з верхнього рівня на низовий. Коли режим річки добре вивчено, можна досить добре вибрati тип та конструкцію гідротехнічних споруджень: греблі, водозбігу, підвідення до турбін тощо.

Греблю можна збудувати з каміння, бетону, залізобетону (з невеликою кількістю заліза) та з землі. Тут важить наявність того чи того придатного матеріалу на місці робіт, віддалення від шляхів сполучення, наявність великих повідей тощо. Коли, наприклад, буде велика повідь, вигідно будувати кам'яну (з каміння або бетону) греблю, щоб вода під час поводі безпосередньо переливалась через греблю. При будуванні греблі з землі або з такого — матеріалу, що не можна пустити воду через греблю, роблять спеціальні водозбіги у берегів. Ці водозбіги можна зробити або теж з перепуском води безпосередньо понад верхом, або засувками. Ці засувки мають багато конструкцій і бувають неавтоматичні та автоматичні, тобто вони самі відчиняються, коли рівень води під час поводі перейде за певну межу (певний рівень) і сами зачиняються, коли цей рівень знову зменшується до нормального. Головні конструкції споруджень, що їх призначено для регулювання верхнього рівня води, такі:

- 1) заставкові засувки
- 2) сегментові ”
- 3) валкові ”
- 4) хлипкові ”

Заставкові засувки різняться між собою як конструктивно, так і матеріалом (деревом, залізом), з якого їх зроблено. Заставки ходять у своїх жолобках або за принципом ковзання або за допомогою рольків (коліщат). У першому випадкові потрібні великі зусилля, щоб підійняти заставки (через тертя), в другому, хоч це зусилля й менше, проте (взимку) часами змерзаються жолоби та рольки або засмічуються, що пере-

шкоджас рухові. Заставки з рольками (заставки Стоя) будують на широчину просвіту до 30 метрів. Їх досить часто вживають у низьконапорних та середньонапорних устаткуваннях й у нас на Україні. Малюнок 26 дає нам змогу уявити собі, як будують заставкові



Мал. 26. Щитова засувка (на роліках)

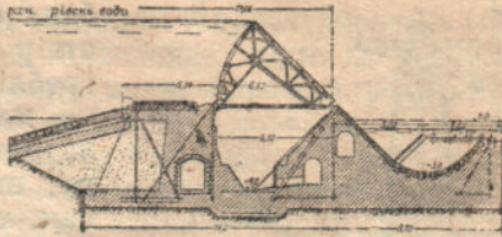
засувки. Тут показано ролькову засувку з механічним підйманням догори. Передається рух від електромотору гідравлічним способом олією, як це робиться у сервомоторів. Від олійного смоку олія під великим тиском тече до порожнистої штанги (літера „*a*“ на малюнку 26), що закінчується толоком „*b*“. Толок знаходитьться у циліндрі „*c*“, що складає частину заставки.

Олія своїм тиском підіймає догори циліндр, а з ним разом й усю заставку. В дуже малих устаткуваннях можна вживати й ручний спосіб передавання сили для підіймання заставок.

Сегментові засувки дають нам змогу краще перепускати лід та інші великі пливучі тіла (дерева тощо).

Крім того, вони мають перевагу над заставковими засувками в тому, що обслуговування їх щодо ремонту та замічування легче, ніж заставкові, надто ролькові. На мал.

27 ми бачимо сегментову засувку. Через те, що в цьому устаткуванні (Хемелінген у Німеччині) напор невеликий, застосування сегментових засувок по всій довжині греблі (це буде так звана „сегментова

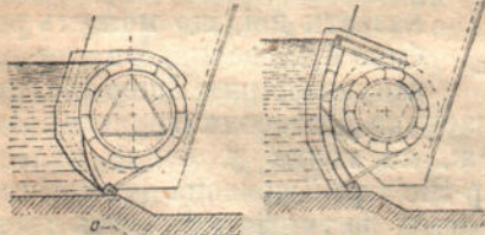


Мал. 27. Секторна гребля

гребля“), дасть досягти низьку основну (масивну) греблю, бо близько 6 метрів забирають на себе сегментові засувки. При напорах менших (нижчих) за 6 - 7 метрів можна прямо вживати сегментові греблі, зробивши лише під ними фундамент.

Валькові засувки мають у циліндрі замість сегментів сегментові засувки. Розріз циліндра є на малюнкові 28. Вальки (циліндири) можуть підійматися та спускатися від електроповідною (моторами).

Валькові (циліндричні) засувки теж можуть давати лишок напору в 6 метрів та більше. При малих напорах з таких засувок можна зробити цілу греблю.

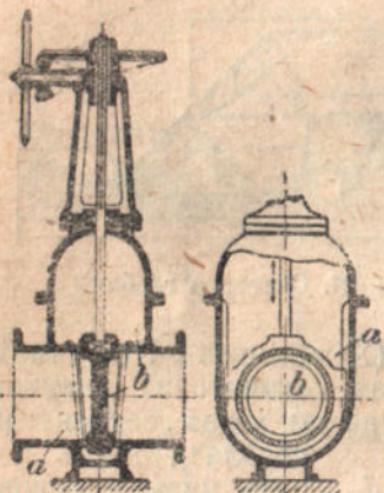


Мал. 28. Валькова гребля

Ці конструкції можна застосовувати на Україні, де є багато річок, що дають змогу використати лише низький напор.

Хлипкові засувки за конструкцією трохи нагадують заставки. Різняться од них тим, що мають внизу поземну вісь обертання, коло якої й можуть повернутися. Зверху засувку з'єднано з підйомами.

Іноді при високих греблях буває необхідно мати отвір внизу або посередині греблі. За різних обставин це має різну мету: приєднати труби до стінок отвору, щоб дати воду турбінам, мати змогу в разі потреби спустити воду з водойм, промити дно річки біля греблі від намулів і, нарешті, пропускати воду (та лід) під час поводі. З засувок, що в такому разі замикають отвір, можна назвати дві, що можуть робити їх підвеликим напором: засувка фірми Ешер-Віс, що



Мал. 29. Засувка для труби.

має кулькову форму, та засувка Джонсона (голкова). Засувка тут робить також, як голка у соплі колеса Пельтона. Засувки Ешер-Віс'а та Джонсона дуже цінні. Тому їх для підведення води до турбін вживають лише на великих устаткуваннях. Коли ж підводять воду до невеликих турбін, то можна користуватися більш-менш звичайними засувками (мал. 29).

V. Гідроелектровні в цілому. Експлуатація
Їх. З яких елементів складається вартість
кіловатгодини на гідростанціях. Яке значен-
ня мають гідростанції у сільському госпо-
дарстві (приклади гідростанцій, що мають
сільсько-господарське значення).

Розглянувши окремі елементи гідроелектровень (гребля, устаткування для підведення води до двигунів, засувки для регулювання води, турбіни) розглянемо тепер гідроелектровню в цілому, переважно щодо її експлуатації. Електрична частина гідростанції не різиться від такої ж на теплових станціях, де генератор електричного струму (динамо-машини) одержує енергію від парової машини, парової турбіни, або двигуна внутрішнього горіння: нафтового (дизель) або газового. Тому ми не будемо докладно зупинятися на електричній частині гідроелектровень, а дамо лише головні риси цього питання. Головна різниця щодо генераторів між тепло-та гідростанціями в тому, що генератори на гідростанціях мають іноді, як ми вже бачили, простовисну вісь обертання, а на теплових станціях цього ніколи не бував: на цих станціях вісь обертання завжди поземна. Генератори з поземною та прямовисною віссю обертання різняться трохи між собою й конструктивно, але це торкається лише механічної частини (закріплення генератора та його вісі вала); електрична ж частина не змінюється, порівнюючи з генератором з поземною віссю. Коли кількість обертів турбін на хвилину не велика і турбіну з генератором насаджено на один вал, доводиться генератора робити з великим поперечником. Іноді за великих потужностей розмір такого поперечника сягає 12 — 15 метрів.

Від генератора струм іде до розподільної частини станції. Дальший шлях струму залежить від напруження (що вимірюється на вольти або тисячі вольтів-

кіловольтів), а напруження залежить у свою чергу від району охоплення електричною мережою. Зауважимо, що тут й далі річ йтиме лише про змінний струм, бо трансформувати напруження з великого на мале і з малого на велике можна лише при змінному струмові.

При постійному струмові неможливо трансформувати напруження. Трансформування провадиться трансформаторами, що їх можна бачити в усякій трансформаторній будці (кіоскові) або на стовпах (так звана щоглова підстанція). Число періодів струму на 1 сек., за стандартом, що його затверджено СРСР, дорівнює 50 (за період вважаємо кількість часу, що потрібна для зміни напрямку струму на протилежний та з протилежного знову на первісний; коли період дорівнює $\frac{1}{50}$ сек., то на секунду буде = 50 періодів).

Напруження, що його може дати безпосередньо генератор, звичайно не перевищує 12—15 тисяч вольтів, бо інакше конструкція була б досить складна через те, що довелось би підвищити електричну ізоляцію.

Необхідність пересилати електричну енергію під великим напруженням виникає ось з чого: що вище напруження при однаковій потужності та однаковому поперечному перекрою проводу (дроту), то менше буде зайвих витрат тепла у повітря.

З другого боку, коли ми маємо постійні теплові витрати, то тут більшому напруженню відповідатиме менший необхідний перекрій проводу і навпаки — меншому напруженню відповідатиме більший перекрій. Тому за малих напружень (380, 220 або 110 вольтів) неможливо пересилати енергію через великі втрати тепла, а також через надмірні поперечні перекрої проводу. Усе це не тільки безпосередньо збільшить втрати на матеріали проводу (мідь, алюміній, залізо), а й викликає необхідність змінити підпори, тобто підвищити їхню вартість.

Підвищуючи напруження, ми матимемо, з одного боку, зменшення вартості матеріалу проводу, з дру-

гого—підвищення вартості підпор, бо за підвищенням напруги треба змінювати електричну ізоляцію та збільшувати віддалення між проводами, брати дорожчі трансформатори. Тут в наслідок обрахунків матимемо завжди таке цікаве явище; за даних конкретних обставин, матимемо якусь економічно найвигіднішу напругу: вартість лінії пересилання при меншій та більшій напругах буде більша за її вартість при економічній напрузі. Тому невеликі райони охоплення електроенергією від гідростанції, постачають електрикою так: генератор беруть однакової напруги звичайно не більше 11.000 вольтів, за якої вирішено пересилати енергію. На кінцях лінії пересилання установлюють трансформаторні будки, що зменшують напругу, або щоглові підстанції ці підстанції досі були потужністю не більше як на 30—40—50 кіловат).

Такі ж трансформатори установлюють і на самій станції для її власних потреб, а також для електропостачання сусідніх зі станцією будівель.

Коли ж економічна напруга, за підрахунками, виходить значно більша за ту, що її може безпосередньо дати генератор (20 000,35 000 і більше вольтів), то треба трансформувати його напругу, щоб одержати потрібну напругу лінії. Дальший шлях струму такий, як і у попередньому випадкові: трансформування з високої напруги на низьку (220 або 110 вольтів) і розподіл низькою напругою по приймачах (мотори, освітлення нагрівання в деяких випадках, електрохемічні та електрометалургійні процеси).

Експлуатація гідроелектровень з технічного боку складається з водяного та електричного господарства. При наявності автоматичного регулювання турбін та різних засувок персонал повинен лише контролювати гідротехнічні устаткування та машини і своєчасно їх ремонтувати. Безперечно при турбінах мають бути вартові, що пускають їх, зупиняють, контролюють їхню роботу та роботу регуляторів тощо.

Проте, на гідростанціях малої потужності остан-

німи роками по деяких країнах, надто в Америці (Сполучені Штати), Швеції та Німеччині було встановлено полуавтоматичне та автоматичне регулювання всіх процесів роботи станції до вимикання та вимикання агрегатів включно. Отже, ці станції не потребують постійного вартування. Тут ми не можемо зупинитися на технічному виконанні цього автоматичного регулювання. Зрозуміло, це є тільки вкладні звичайні турбінні регулятори. Особливість у питанні автоматизації гідростанцій — це автоматична синхронізація. У змінному струмові, коли треба прилучити генератора до загальної мережі з іншими генераторами, треба це зробити у відповідний момент, що його дуже точно треба додержувати. Для цього устанавливають різні реле або поплавки. Щоб уникнути труднощів при синхронізації, вживають, так звані, асинхронні генератори, що являють обертний асинхронний мотор, подібно до того, що взагалі мотор є обернений генератор.

Перші автоматичні станції, що працюють воднораз з іншими станціями, з'явились в Америці 1916-17 рр. Наводимо витяг з таблиці, що її дав інж. Кіслінг на 2 світовій енергетичній конференції (журн. Wasser kraft u. Wasser wirtschaft 1930 р., 265).

У цій таблиці визначено вартість автоматичного обладнання на крб., рахуючи 1 марку за 50 коп. Ми бачимо також, якої потужності будуть тепер автоматичні гідростанції.

Цілком зрозуміло, що гідростанції такої потужності з автоматизацією можна з успіхом застосувати в СРСР і зокрема на Україні.

В часи, коли ще тільки починалися розвиватися гідроелектростанції (за кордоном), багато клопоту при експлуатації завдавали тверді гірні намули з наринку (гравію), кварцевого піску тощо, бо вони, проходячи крізь канали, труби та турбіни, поступово псували їх. Це не тільки вимагає через декілька років замінювати турбіни (або їх попсовані частини) та труби, але

Виконання устатковання	Кількість агрегатів	Потужність на кіт.	Вартість автоматиз. на крб.
Автоматичне	4	$930 + 400 + 3000 +$ $+ 1500$	43.200
"	1	800	11.200
"	2	$3000 + 1330$	19.600
Не потребує постій- ного обслуговуван- ня (напівавтома- тична)	1	835	4.750
"	1	435	3.800
"	1	500	3.600
"	1	360	4.350
"	2	$200 + 150$	6.600
"	1	1330	4.600
"	1	670	3.800

й коефіцієнт корисної дії турбіни теж поступово зменшується і гідростанція зазнає витрат від недовиробки електричної енергії. Наприклад, одна швейцарська гідростанція 1915 р. встановила з турбіни з генераторами по 2500 кіловат. В 1921 р. коефіцієнт корисної дії цих турбін (при нормальному навантаженні) зменшився на 13,2% порівнюючи з новими турбінами. Тому керівникам станцій довелось під час експлуатації боротись з твердими намулами, що їх несе річка. Дослідами встановлено, що небезпечними для турбін та труб можна вважати намули, часточки яких мають розміри:

кварцеві намули більш 0,2 мм.
некварцеві тверді 0,4 мм.
намули з м'яких порід більш 0,8 мм.

Засіб боротьби з намулами — це устакування сточищ, в яких вода устоюється і намули осідають на дно. Є багато систем цих сточищ. Виходячи з вищезаведених небезпечних для турбін розмірів часточок намулу, можна знайти відповідні розміри сточищ та відповідну швидкість течії води в ньому. Сточище знаходитьться звичайно між річкою та каналом (коли останній є). Щоб сточище цілком не заповнили намули, його регулярно промивають. Для цього є спеціальні засувки. Тепер сточище для устоювання води, за проектується заздалегідь і будується разом із станцією. Роботу цього сточища доводиться контролювати, надто під час поводі, коли швидкість води у річці збільшується, а з швидкістю збільшується й кількість намулів. Питання про намули має велике значення для наших кавказьких гідросиловень на гірських річках.

На Україні це питання не таке гостре, бо тут намули, що їх несуть річки, складаються з м'яких порід.

Експлуатація електричної частини на гідростанції не різиться від експлуатації тієї ж частини на теплостанції. Так само вмикають нові агрегати в разі підвищення навантаження та вимикання їх в разі зниження, так само слідкують за справним мащенням, щоб частини машин не перегрівались, слідкують за діяльністю допоміжних смоків, ремонтують машини та лінії пересилання енергії.

Ще й досі значно розповсюджена думка, що електрична енергія від гідроелектровень найдешевша зо усі інші джерела енергії (не беручи на увагу електроенергію від вітру, що досі складав лише малу частину 1 відсотка у світовому електропостачанні). Коли рахувати лише, так звані, експлуатаційні витрати: на персонал, ремонт, витрати електроенергії на власні потреби (освітлення, мотори для засувок тощо), то справді електрична енергія від гідростанцій дуже мало коштує, справжня даремна енергія і при тому така, що безперервно відновлюється. Але, тут треба,

Крім прямих безпосередніх витрат, ще взяти на увагу різні непрямі видатки, тобто відсотки на витрачений капітал та відсотки на амортизацію. Відсотки на капітал бувають неоднакові для різних країн. Взагалі вони не перевищують 6%. Амортизаційні відсотки — це відсотки у фонд поновлення устаткування, бо всяке спорудження або машина потрібует заміни. Цю заміну роблять або відразу або поступово, коли замінюють окремі частини одна за одною через деякий час. Обчисленими та дослідом було встановлено, що кожна частина устаткування потрібует заміни після певної кількості років робити. Різні країни встановили навіть норми кількості років роботи для окремих частин спорудження. Знаючи цю кількість років, можна легко вирахувати відсоток від капіталу, що його витрачено на ту чи ту частину спорудження. Напр., в СРСР норми ЦЕР'у (Центральний Електротехнический Совет — Центральна Електротехнічна Рада), дають нам такі відсотки амортизаційних витрат:

Штучні спорудження та канали	від 1,5 до 2,5%
Будинок станції	2 " 2,5%
Тунелі	1,5%
Трубопроводи, заставки та засувки	2,5%
Турбіни та генератори	від 8 до 10%

Коли амортизаційні витрати додати до відсотків на капітал та до прямих (експлуатаційних) витрат, одержимо повністю усі витрати на виробництво енергії за рік.

Обчислення, що їх проведено у цьому питанні, дають пересічно, за даними професора Анісімова, щорічну собівартість всієї виробленої станцією енергії — 12 відсоткам од капіталу, що його витрачено на будування станції. Зауважимо, що закордонні відомості дають нам менший амортизаційний відсоток. Тому собівартість виробленої там за рік енергії складає лише 9—9,5% (пересічно) загальної суми витрат на будівництво. У цих відсотках взято на облік навіть витрати на щорічне повернення капіталу щорічними внесками (про-

тягом 30—50 років). Коли додати сюди декілька десятків кілометрів мережі, то собівартість енергії дорівнюватиметься 11% вартості будівництва.

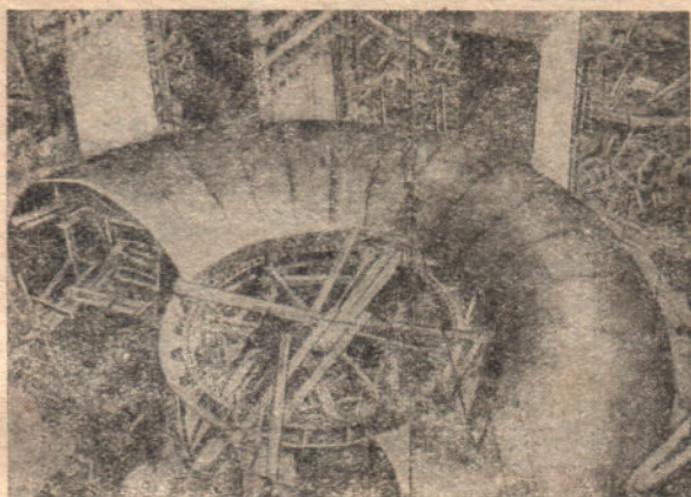
Маючи загальну суму щорічних витрат та загальну кількість виробленої за рік енергії на кіловатгодини, зможемо діленням кількости витрат на кількість кіловатгодин одержати вартість однієї кіловатгодини. Ця вартість дуже важлива величина, бо знаючи її та порівнюючи з вартістю одиниці енергії з інших джерел, зможемо зробити висновок про економічну вигідність або невигідність енергії від нашої гідроелектровні. Іноді буває, що доводиться робити такі складні гідротехнічні спорудження (греблю, сточища, зміщення берегів), що вартість їхніх кіловатгодин буде не менш за вартість кіловатгодин теплової станції. В цьому разі треба щоразу окремо розв'язувати питання про доцільність будування чи гідро- чи теплової станції, беручи на увагу, крім вартості кіловатгодини, додаткові умови: яке буде паливо — місцеве (торф, буре вугілля, деревина) чи завозне (угілля, газ, нафта).



Мал. 30. Початок будування Букинської гідростанції на р. Гірний тінич

ючи з вартістю одиниці енергії з інших джерел, зможемо зробити висновок про економічну вигідність або невигідність енергії від нашої гідроелектровні. Іноді буває, що доводиться робити такі складні гідротехнічні спорудження (греблю, сточища, зміщення берегів), що вартість їхніх кіловатгодин буде не менш за вартість кіловатгодин теплової станції. В цьому разі треба щоразу окремо розв'язувати питання про доцільність будування чи гідро- чи теплової станції, беручи на увагу, крім вартості кіловатгодини, додаткові умови: яке буде паливо — місцеве (торф, буре вугілля, деревина) чи завозне (угілля, газ, нафта).

гілля та інш.) чи довізне, яку додаткову „теплову“ потужність (тепловий резерв) треба дати нашій гідростанції для безперервного постачання приймачів тощо. На теплових (паротурбінних та з двигунами внутрішнього горіння) станціях у рахунок вартості кіловатгодини увіходить паливо. Це один з головних додатків для обчислення вартості однієї кіловатгодини.

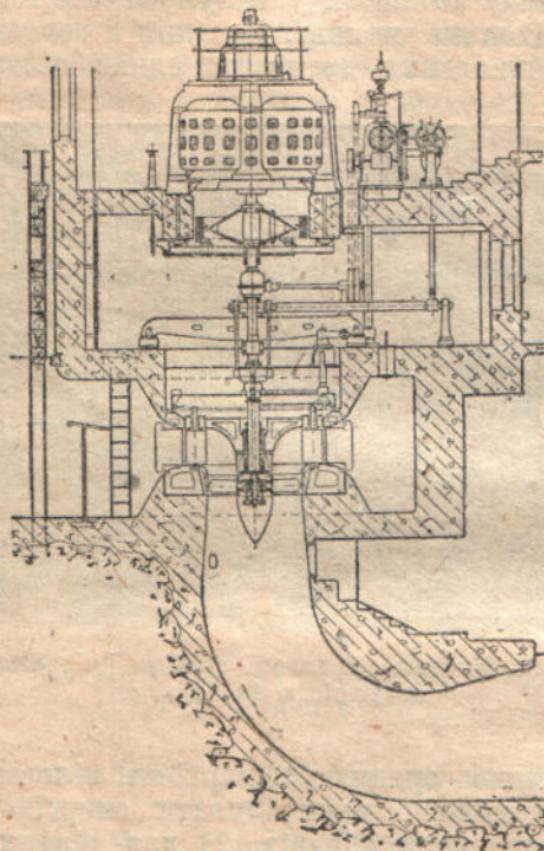


Мал. 31. Монтаж спіральної турбіни Дніпрельстану потужністю 90.000 к. с.

Коли ми маємо середню собівартість кіловатгодини у мережі, ми можемо тарифікувати енергію так, щоб: 1) станція не мала збитків, 2) для різних категорій навантажень приймачів були різні тарифи, наприклад, для освітлення більший тариф, ніж на моторне (електродвигунове) навантаження; для навантаження, що діє вночі, теж можна взяти дешевший тариф, бо вночі майже завжди маємо недовантаження станції, тобто частина води марно ллечеться поза турбінами.

Характер навантажень (приймачів) на гідростанціях не різиться від характеру навантажень приймачів на

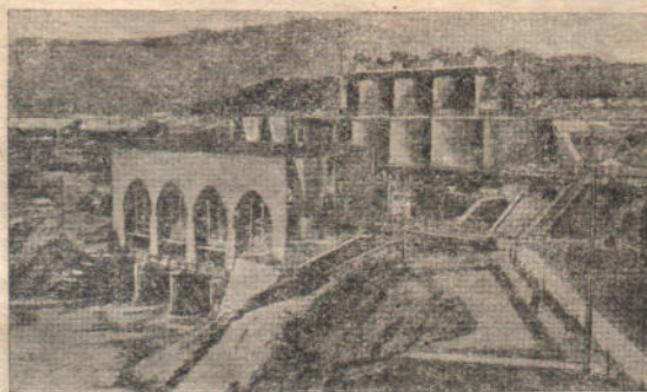
теплоустаткуваннях. Досить часто від річки ми мусимо зорганізувати зрошення на більш - меншій площині (іноді декілька тисяч гектарів). Тому, тут ми мусимо сполучити режим роботи водопостачання на зрошення з режимом роботи від усіх інших навантажень.



Мал. 32. Устаткування з турбіною Каплана на 925 к. с.
з кількістю обертань 250 на хвил. й Н — 5,2 мтр.

В весняні місяці для гідростанції нашої місцевости не буде важко цілком задовольнити усіх приймачів, в тому числі й зрошення, бо в ці місяці ми маємо повідь і взагалі річка дає чимадо води. Щодо кінця

літа та початку осені, то тут, коли прослідкувати за середньомісячними видатками річок нашої місцевості, помітно, що серпень та вересень — це місяці з малими видатками води, а іноді з найменшими на протязі цілого року. Справа тут гіршає ще й тому, що воду для зрошення доводиться брати з тієї самої річки, що дас енергію для гідростанції. Крім того, в ці місяці (надто в серпні), крім зрошення, молотять млини починають працювати інтенсивніше і взагалі навантажені.



Мал. 33. Земо-авчальська станція на р. Курі в Закавказзі (ЗАГЕС).
1 черга — 12.800 квт, 2 черга — два агрегати з турбінами Каплана
потужністю по 17.000 к. с.

ження від сільсько-господарської галузі збільшується, коли порівняти з червнем та з липнем. Такий не всім сприятливий для гідростанції характер сільсько-господарських навантажень треба завжди брати на увагу при їх будуванні.

Краще з видатком річки у серпні та вересні в гірських місцевостях, де в літні місяці тане снігу та льодовики і де влітку та на початку осені річки більш-менш рівномірно постачаються водою. Такі умови ми маємо наприклад, в СРСР на Кавказі. Мінімальні (найменші) видатки води ми маємо взимку, коли сніг та лід в горах не тане.

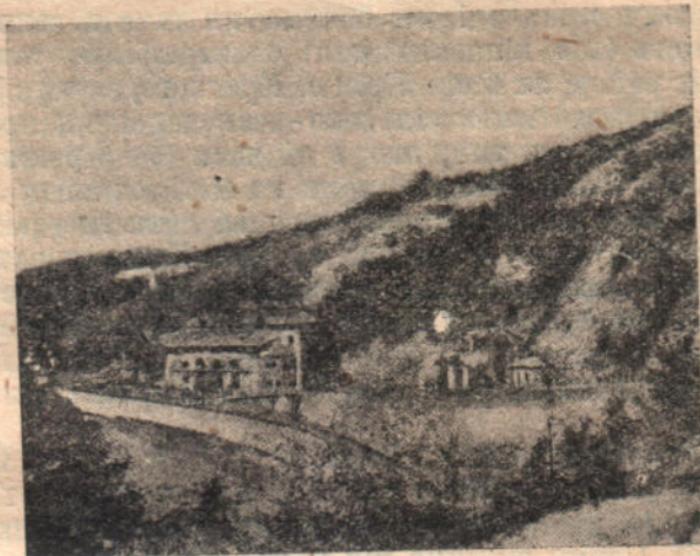
Малі теплові електростанції, надто на нафті, у тіперішній реконструктивний період не можна визнати за доцільні, що підтверджує позиція у цьому питанні установ, зв'язаних із справами електрифікації. Надто це стосується сільського господарства, де ці невеличкі нафтovі електровні, збудовані для електрифікації окремих пунктів (колгоспи, радгоспи), дають коштовну енергію на дефіцитному паливі. Тому малі електровні на нафті сільського типу можна будувати лише в крайньому разі, коли ніяких інших джерел енергії не можна використати, або хоч і можна, але з надзви-



Мал. 34. ЗАГЕС. Головне спорудження (вигляд з боку греблі)

чайними витратами коштів. Інша справа — гідростанції. Тут у більшості випадків маємо сприятливі умови для спорудження таких, хоч і малих, гідроустаткувань. Гатки тут теж можна робити найдешевшої конструкції, що найширше використовуючи місцеві матеріали. Іноді можна використати навіть старі гатки млинів та інших споруджень. Досі на Україні більшість сільських певеликих гідростанцій було сполучено з млинами, що безпосередньо працювали від турбін або водяних коліс. Потужність млина майже завжди більша за потужність

динамо-машин, що їх встановлено переважно для освітлення. Безперечно потужність в 10—20 кіловат не може електрифікувати усі галузі сільського господарства навіть один великий радгосп або колгосп, надто тепер в час їхньої mechanізації, проте й вони зможуть внести свою маленьку пайку у справу енергопоста-



Мал. 35. Ериванська гідростанція

чання країни, не витрачаючи палива. Станція на 80—100 кіловат вже матиме змогу електрифікувати сусідню сільсько-господарську одиницю або ряд окремих сільсько-господарських підприємств, що їх можна збудувати недалеко від станції (фарми, переробка сировини тощо).

Наведемо приклади електрифікації сіл від невеличких гідросиловень.

1. Тиврівська гідростанція, недалеко від м. Винниці. Установлено 1 турбіну на 100 кінських сил, 1 генератор на 80 кіловат — напруженням 3000 вольтів. Від станції електрифіковано 6 сіл. Установлено 7 транс-

форматорних підстанцій: 2 по 15 кіловат у найбільшому селі—Красному, що має промислові навантаження; 2 млини, 2 олійниці, просорушки тощо., потім 5 підстанцій на 4 кіловат кожна в останніх 5 селах. Крім того, при станції є млин з просорушкою, що працює безпосередньо від турбіни. Потужність поставів приблизно 40 кінських сил. Потужність для освітлення по всіх селах 36 кіловат, моторне навантаження близько 60 кіловат. На цьому прикладі ми бачимо, як така невелика потужність (100 кінських сил) електрифікує такий великий район, як 6 сіл. Крім с. Красного, електрифікація охопила дуже мало сільсько-господарських процесів; це пояснюється тим, що в ті часи (5—6 років тому), коли будували станцію, мали на меті охопити хоч як небудь, але більше число сіл, щоб дати їм освітлення та енергію для невеличких моторів. При реконструкції електропостачання такі станції, коли не буде зможи їх поширити, примушенні будуть зменшити район постачання енергії, але їхнє значення, як постачальників дешевої „безпаливої“ енергії зостанеться і в майбутньому.

2. Електрокомбінат „Червоне Поле“ на р. Північний Донець, 2 турбіни по 80 к. с. Потужність генераторів 120 кілов. Млин, олійниця та просорушка при станції. Струм змінний під напругою 3000 вольтів їде до 5 сусідніх сіл. Вартість станції, без мережі, близько 245.000 крб., з мережою—блзько 315.000 крб. Середня собівартість кіловатгодини у приймачів 10 коп.

3. Електрокомбінат (сполучення електростанції з млином) у с. Багачці, на р. Псьол. Турбіна — 40 к. с. Динамо постійного струму на 30 кілов. з напругою 470 вольтів. Електрифіковано одно село. Пересилення енергії неможливе (постійний струм).

Не торкаючись питання про електрифікацію від Дніпрельстану радгоспів на Дніпропетровщині та Запоріжжі, де буде використано велику потужність на зрошення та на електро-оранку (не кажучи про „звичайну“ електрифікацію сільського господарства, в цих

радгоспах), скажемо декілька слів про цікаву гідроелектровню, що її запроектовано на р. Південний Буг біля Глибочки. Вона матиме з турбіни Френсіса по 3000 кінських сил. Електрика піде під напругою 20.000 вольтів на електрифікацію сіл, зрошення масивів, переробку сировини (м'ясокомбінат, маслозаводи, консервні фабрики тощо). З технічного боку цікаво, що напор на Глибочанській станції дорівнюватиме 20 метрам в той час, як досі на Україні (за винятком Дніпрельстану) напори взагалі були не більш 4—5—6 метрів. Тільки Букинська гідростанція (550 к. с. у перші роки) на р. Гірний Тікич мав напір 19,75 метрів — це перша на Україні станція з досить великим напором.

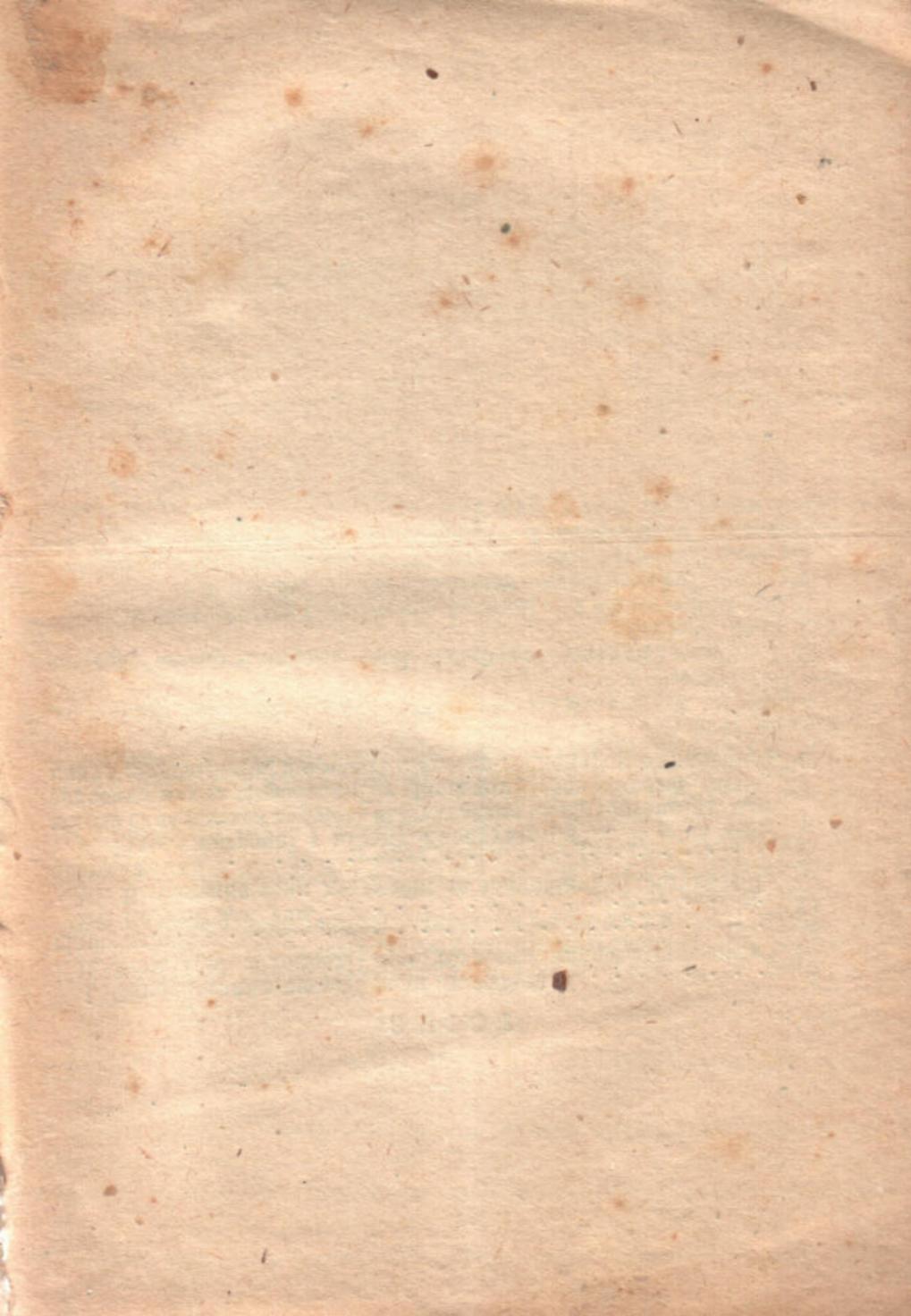
Собівартість кіловатгодини Глибоченської електростанції дорівнюватиме, за підрахунками, у споживача 6,12 коп., що дешевше за вартість кіловатгодини у споживача (тобто враховуючи вартість мережі та витрати у ній енергії) від теплових станців тієї ж потужності.

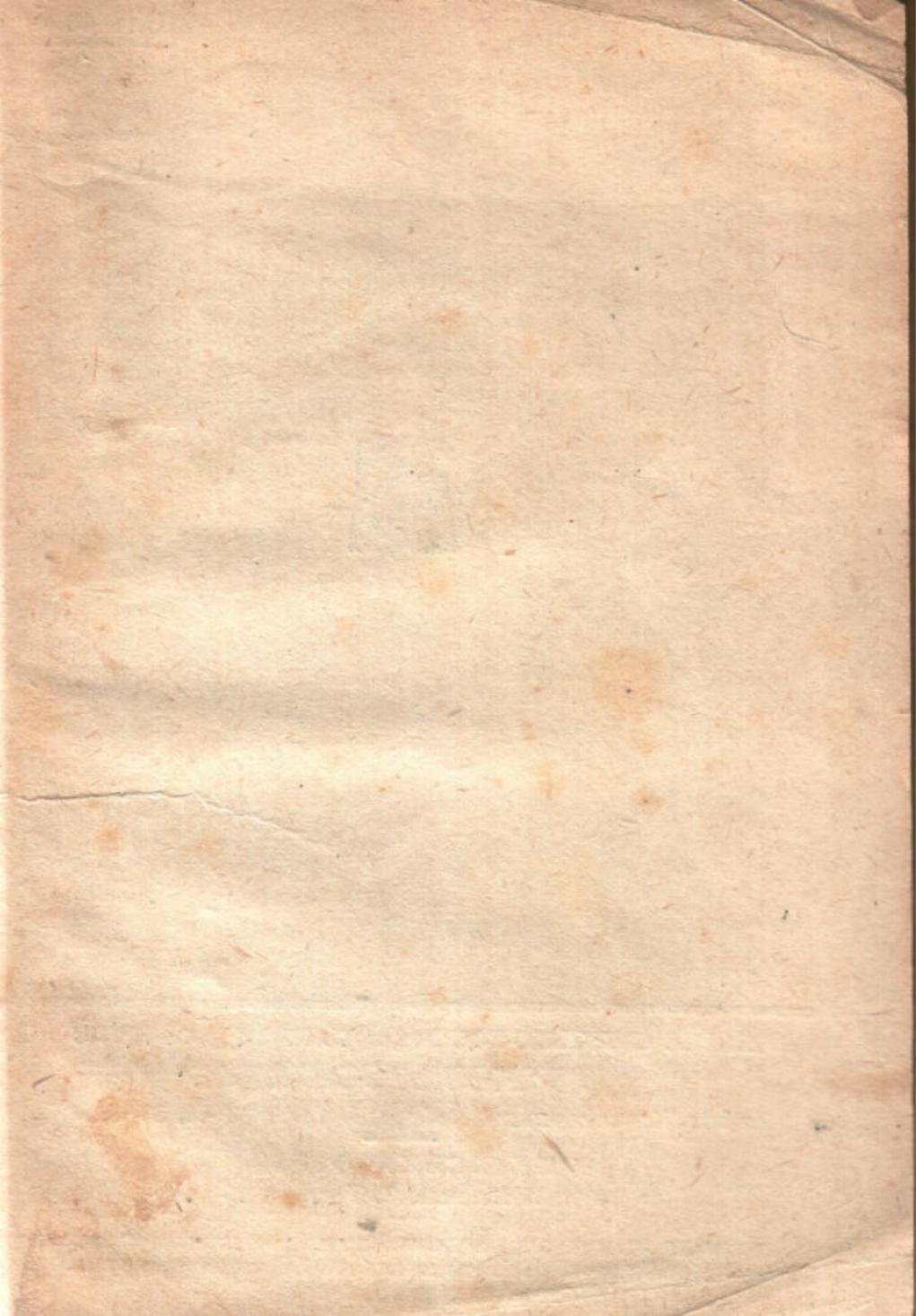
ЛИТЕРАТУРА

- Проф. Н. И. Анисимов — Гидроэлектрические силовые установки. Изд. Транспечати НКПС Москва, 1930 г.
- Проф. И. В. Етнозаров — Гидроэлектрические силовые установки. Москва 1928 г.
- Ш. А. Дювель и Ж. Л. Рутэн — Гидроэлектростанции (перевод с французского), Ленинград, 1930 г.
- Л. Кейль — Гидравлические двигатели и гидросиловые установки (перевод с немецкого). 1928 г.
- Проф. И. Г. Есьман Водяные двигатели. Изд. З. Тифлис, 1929 г.
- Л. Квану — Гидравлические двигатели (перевод с немецкого). Москва, 1930 г.
- Проф. В. В. Фармаковский — Гидравлические двигатели. Одесса 1928 г.
- П. Голль — Водяные турбины. Изд. „Наука и жизнь“ (русск. изд. библ. Гешен).
- Проф. Е. Оппоков — Водные богатства Украины 1923 г.
- Журнал „Электрические станции“, 1931 г. (№№ 1 и 4).
- Журнал „Электрификация сельского хозяйства“, 1931 г. (№ 5).
- Материалы 1 Всесоюзной конференции по электрификации сельского хозяйства, 1931 г. вип. 1.

З М И С Т

	Стор.
I. Використання енергії води та запаси	3
II. Початкові відомості про технічне використовування гідроенергії	9
III. Водяні двигуни	13
VI. Підведення води до турбін та відповіді гідротехнічні спорудження	37
V. Гідроелектрові в цілому. Експлуатація їх. З яких еле- ментів складається вартість кіловатгодин на гідростанціях. Яке значення мають гідростанції у сільському господарстві (при- клади гідростанцій, що мають сільсько-господарське значення) .	47





30 00
50

Ціна 40 коп.



ДЕРЖАВНЕ СІЛЬСЬКО-ГОСПОДАРСЬКЕ ВИДАВНИЦТВО УСРР
„ДЕРЖСІЛЬГОСПВИДАВ“

Харків, Пролетарський майдан, 5. Телеф. 29-58, 38-52, 38-53.

КИЇВСЬКА ФІЛІЯ,
вул. К. Маркса, 2. Телефон 16-10.

Замовлення на книжки видання „Держсільгоспвидаву“ надсилати
до найближчої філії чи книгарні Укркнигоцентру або
кооперативної книгарні]