627.82
Б-53

У 627.82
Б-53

Інж. П. БЕСС
ПРИВАТ-ДОЦЕНТ ВИСОКОЇ ТЕХНІЧНОЇ ШКОЛИ В КАРЛСРУЕ

ГРЕБЛІ ТА ЗАГАТИ

ПЕРЕКЛАВ З НІМЕЦЬКОЇ МОВИ
МИК. ГАМАЛІЯ

1990

ДЕРЖТЕХВИДАВ УКРАЇНИ
ХАРКІВ 1931

Бібліографічний опис цього видання вміщено в „Літописі Укр. Друку", „Картковому репертуарі" та інших покажчиках Української Книжкової Палати

Укрголовліт № 475. 20/I 1931
Зам. № 3319. Тираж 10.000

1990

ВІД ВИДАВНИЦТВА

Водні енергетичні ресурси всього Радянського Союзу, а в тому числі і УСРР, дуже мало використані, а наше водне господарство майже зовсім невпорядковане. Лише від 1922 року почалася на Україні де-яка робота в цій галузі господарства і тільки тепер ми закінчили першу капітальну гідротехнічну споруду — могутню загату Дніпрельстану. Але впорядкування сотень дрібних річок українського степу і особливо Донбасу на сьогодня вже стало черговим завданням.

Реконструкція сільського господарства і напружені темпи індустріялізації вимагають якнайшвидче довести до ладу й використати всі наші водні ресурси. Сотні гребель і загат що-року споруджуватиметься на наших річках, задовольняючи різні потреби промисловости і сільського господарства.

Бідні на кваліфіковані кадри будівельників-гідротехніків та меліораторів, ми повинні використати ввесь досвід закордонної техніки в цій галузі будівництва.

Книжка німецького інженера Пауля Бесса „Греблі та загати" дає змогу не тільки ознайомитися із

загально вживаними в Німеччині типами цих споруд, але подає й практичні формули та методи розрахунків для безпосереднього вжитку в інженерній практиці.

Щоправда, багато з наведених у книзі зразків ми не зможемо застосувати в себе перші 2 — 3 роки через дефіцитність потрібних матеріялів (металеві загати). Але успішне виконання п'ятирічного пляну будівництва металевих заводів гарантує наближення часу, коли ніякий матеріял не стане на перешкоді будувати найбільше технічно удосконалені споруди.

До цього вже треба готуватися, а технічна література на зразок праці інж. Бесса стане за один із корисних чинників у цій справі.

РОЗДІЛ І

ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ГРЕБЛІ ТА ЗАГАТИ

§ 1. Означення понять. Греблями та загатами (підпірними спорудами) можна в широкому розумінні цього слова позначати всякі споруди в кориті водяного потоку, які звужують поперечний перекрій первісної водотоки і в такий спосіб спричиняються до піднесення рівня води — створюють підпір. Вужче розуміючи цей термін, позначатимемо ним лише ті споруди, що створюють підпір не побічно, як, наприклад, набережні мури та мостові стояни, але ті, які мають цілком визначене безпосереднє завдання — викликати штучне піднесення рівня води та зв'язане з цим скупчення великих запасів води.

Підпірну споруду, що її головне завдання лише піднести рівень води, називаємо „гребля" (водопідпірна гребля). Якщо ця споруда має завдання утворити запас води та регулювати водозбіг (водостік), то її називають „загата" (дамба, гать, водоздержна гребля [1]).

[1]) У книжці збірки Гешен № 597 (Baurat Karl Otto Rappold „Flussbau" описано випрямні річкові споруди)щоб регулювати течію), що їх звичайно залічують так

§ 2. Завдання підпірних споруд. Підпір текучої води в наслідок спорудження греблі може служити для поліпшення судноплавства та сплавляння плотів, до здобування енергії за допомогою турбін, до обводнення в цілях поліпшення господарства та постачання питної води; крім того, збільшення поверхні заплави можна використовувати, щоб поліпшувати рибоводство, прати білизну, купатися або, щоб брати лід.

Піднесений рівень води вгору від греблі звуть горішнім б'єфом, а рівень води вниз від греблі, який звичайно відповідає природному стану водяного потоку перед тим, як споруджено греблю — звуть низовим б'єфом.

В інтересах сплавляння плотів та судноплавства, будуючи підпірну споруду, за мету мають збільшити глибину потоку проти тієї, яка була в природної річки, так, щоб навіть за низької води була ще достатня глибина фарватера.[1]) Споруджуючи, так звані, річкові відвідні канали

само до підпірних споруд, а саме сторчові до напрямку річки гатки (буни) та рівнобіжні, що спричиняються до утворення в природній річці рівномірного корита однакової ширини; так само й загати в нерегульованих бурхливих потоках, які мають на меті зменшувати розмивання корита та задержувати намули.

Щож до шлюзів (опустів), що їх спорудження в природних водотоках зв'язане із будуванням гребель, то їх описано в книжці збірки Гешен № 585 того ж таки інженера Карла Отто Раппольда. (Baurat Karl Otto Rappold „Kanal - und Schleusenbau)".

[1]) Лінія найбільших глибин водотоки.

(річкова каналізація) досягають на підпертих частинах потоку зменшення швидкости течії, в наслідок чого можна тоді вживати далеко менших зусиль пересуваючи судна.

Збільшувати глибину потоку завжди треба також там, де мають забирати частину води із загального водяного потоку, як це зокрема є при здобуванні енергії та при обводнюванні. Щоб дійти сприятливого гідравлічного поперечного перекрою водотоки у штучному робочому (забірному) каналі та щоб зменшити витрати на вивласнення земель, доводиться поперечний перекрій водотоки в природній річці, що має велику ширину і малу глибину, перетворювати підпірною спорудою так, щоб річка стала вужча, проте глибша.

Інше ще важливе завдання греблі, це — зосередити природний спад (напір) річки в одному місці, щоб мати змогу використовувати його для здобування енергії, або щоб мати змогу повести відвідні канали для обводнювання вищої місцевости.

Оскільки то дозволяє характер будови берегів, можна, зробивши досить високу греблю, використати спад річки безпосередньо на самій греблі, не споруджуючи спеціяльного робочого каналу. Це, власне, маємо в тих випадках, коли потік видає велику кількість води, але має малий спад.

При бічному відведенні води штучними каналами для обводнення та для видобуття енергії, греблі ще мають інші завдання. А саме, споруджуючи греблі, намагаються відсунути далі від каналів коливання рівня води у природному кориті,

з тим, щоб у забірних водотоках мати по змозі сталий видаток води. У таких випадках уживають переважно споруд із рухомими (переставними) закривками, за допомогою яких регулюють поперечний перекрій переливу відповідно до кількости води, що її в даний момент підводить водотока, причому стан горішнього б'єфу не зміняється. В більших спорудах для цього потрібний звичайно спеціяльний персонал, що обслуговує ці закривки та механічні рушійні пристрої. Для менших і середніх підпірних споруд можна обійтися і без цього, але тоді тіло греблі будують масивне і до того ще й навкоси річки, отже гребля виходить довша. Це дає меншу різність висоти переливу, а значить і менші хитання горішнього б'єфу.

Загатні дамби та греблі дають змогу регулювати водозбігу річці, який звичайно часто змінюється залежно від діб року. Із зайвини води підчас високих вод утворюються запаси на той період, коли буде мало води. Цим одночасно створюється добрий захист на випадок високої води і забезпечується можливість довільно регулювати збіг річки протягом цілого року.

§ 3. Як діють підпірні споруди. Підпірна споруда в природній водотоці викликає, по-перше зміну рівня води вгору від греблі. Найбільше піднесення горішнього б'єфу є біля самої греблі; далі вгору воно спочатку помалу, а далі швидше меншає і нарешті практично десь стає рівне нулеві, себ-то в тому місці, де підпертий

рівень води збігається з рівнем нормального збігу водотоки.

Лінію, за якою установлюється новий рівень води, звуть кривою підпору.

За теорією, точка дотику кривої підпору з лінією нормального рівня води мусила б бути десь безконечно далеко від греблі, бо підпірна крива асимптотично наближається до початкової кривої рівня води. Практично кінець підпору можна вважати там, де відстань між цими двома лініями дорівнює 1 — 2 *см*; отже, зважаючи на коливання водяного дзеркала через вітер та хвилі, не завжди можна його цілком об'єктивно визначити.

Відстань від греблі до кінця підпору звуть довжиною підпору.

Довжина підпору залежить од висоти греблі та від спаду річки, а рівно ж і від кількости води у водотоці.

Якщо енергію води будь-якої річки використовується на великій водній лінії багатьома послідовно, один за одним розміщеними підпірними східцями (греблями), то постає потреба встановити максимальний підпір для поодиноких гребель, щоб позбутися того явища, коли нижні греблі зворотним впливом підпору зменшуватимуть спад води вище розташованих силових східців. Урядовими розпорядженнями визначається висоту горішнього й низового б'єфу, отже й висоту греблі, спеціяльними позначками на мірницях, установлюваних біля греблі.

З піднесенням рівня води зв'язане зменшення швидкости течії, бо тоді більшає поверхня

водозбігу. Спад піднесеного водяного дзеркала біля самої греблі майже дорівнює нулеві і більшає, поволі доходячи до природного спаду річки, який був до збудування греблі. Одночасно із спадом меншає і тяглова сила річки. Величина тяглової сили на один кілометр дна річки становить: $S = \gamma . t . J$ в кілограмах, де через t позначено глибину водотоки в метрах, через J — відносний спад водяного дзеркала та через γ — вагу $1\ м^3$ води в кілограмах.

У наслідок зменшення тяглової сили річки припиняється рух намулів, що їх заносить із собою вода й ці намули відкладаються вище від греблі. При сліпих суцільних греблях цих намулів не можна відвести до низового б'єфу і вони поволі заповнюють став перед греблею. Це підняття дна триває аж поки зайде стан рівноваги, а саме тоді, коли дно перед греблею остільки підніметься, що створиться первісне співвідношення, і тяглова сила в річки буде така сама, як і в непідпертої річки. Тоді ввесь занесений із водою намул разом із водою переливатиметься через греблю до низового б'єфу.

Відкладатися починають намули біля самої греблі і тут саме відбувається цей процес найшвидше; проте найдрібніші частинки намулу не відкладаються і вода змиває їх через греблю.

Якщо греблю збудовано десь на завороті річки, де вона робить коліно, або зараз же нижче від нього, то біля того берега, де центр кривини, відкладаються намули і дно тут підвищується. Отже

недоцільно відводити робочий канал од внутрішнього берега луковини річки, бо виникає тоді загроза, що вхід до цього каналу та й самий канал замулюватиметься.

Особливо ж багато несуть із собою намулів та ріни гірські річки і тому вони дуже швидко замулюють греблю. На таких річках треба отже особливу увагу звертати на те, щоб намули, що відкладаються в горішньому б'єфі, відводити цілком, або принаймні більшу частину їх, у низову частину річки через греблю. Зважаючи на це, почали робити в сліпих (суцільних) греблях переставні (рухомі) частини, водоспуски із переставними частинами, так звані, наріпкові шлюзи; абож на всю ширину річки греблю тоді роблять із заставками.

Надтож уважно треба ставитися до справи відведення намулів у тих випадках, коли із става перед греблею відгалужується робочий канал до гідросиловні. Інакше бо нарінок, що потраплятиме з річки в канал, зменшуватиме поперечний перекрій водотоки і в такий спосіб спричинятиметься до зменшення видатности канала. Так само й усякі тіла, що плавають у воді, можуть потрапити в турбіну і викликати великі пошкодження в механізмах устави.

Якщо підгрунтя, на якому споруджено греблю, є водопропускне, то піднесення рівня води дуже впливає на стан грунтових вод.

Коли греблю збудовано на кам'янистому підгрунті, на якому лежить верства рослинної землі,

що добре пропускає воду, то піднесення ґрунтових вод спричиняється до тривалої вологости землі і в такий спосіб може набагато збільшити урожайність ланів по околишніх сільських господарствах.

З іншого ж боку, якщо рівень ґрунтових вод наблизиться до поверхні землі, або навіть перевищить її, то місцевість може зболотніти.

РОЗДІЛ II

ЗАГАЛЬНА КЛЯСИФІКАЦІЯ ТА ПОДІЛ ГРЕБЕЛЬ

§ 4. Найдоцільніше місце де будувати греблю. Проєктуючи греблю, найперше завдання є визначити найкраще місце під греблю, беручи насамперед до уваги умови ґрунту та поперечного перекрою водотоки. Щоб запобігти поводі або, щоб уникнути потреби споруджувати гаті-дамби на захист від поводі, треба, вибираючи місце під греблю, віддавати перевагу тим частинам річки, що мають високі береги. Якщо будується силовні на робочому каналі, то треба ще зважати й на те, щоб десь вище від греблі було зручне місце, звідки можна б повести робочий канал. На заворотах річки найкраще відгалужувати робочий канал від зовнішнього берега.

§ 5. Визначення висоти греблі. В питанні про визначення висоти греблі, тоб-то висоти бажаного підпору, найбільшу ролю відограє поперечний перекрій природної водотоки. Річку з видовженим плоским поперечним перекроєм корита

та низькими берегами підпирати сліпою греблею можна лише помірно, якщо бажають уникнути надто великого зворотного впливу підпору на горішню частину річки підчас високих вод та тієї шкоди, що може постати через повідь. У таких випадках слід обирати місце підпору десь вище та щоб осягти потрібного спаду проводити довші обвідні канали. Інший спосіб роз'вязати тут завдання, це — побудова переставної греблі. За допомогою спускних отворів можна тоді регулювати перелив води й тримати сталий підпір навіть підчас високих вод.

Якщо береги круті і коли не доводиться зважати на околишні залюднені пункти та на потреби сільського господарства, можна звичайною греблею підпирати воду на довільну висоту і в такий спосіб заощаджувати на довжині каналів.

Дуже часто доводиться визначити, оскільки замість високої греблі краще будувати довші робочі канали, чи навпаки.

§ 6. Поділ гребель за їхнім виглядом у пляні. Інколи через специфічні умови грунту доводиться відмовлятися від найдешевшої форми „нормальної" або „прямої" греблі (цеб-то греблі, поведеної по лінії сторчовій до напрямку річки), і проєктувати греблю навскоси до водотоки.

Греблі, що їхня вісь вигнута лукою опуклістю вгору або зламана так, що прибережні краї спрямовані вниз за водою, характерні тим, що вода, переливаючися через греблю, напливає до середини водотоки і через те далеко менше розмиває береги.

Щодо форм, греблі в пляні, то відрізняють такі греблі (рис. 1).

а) Проста або нормальна гребля — коли вісь греблі поведено всторч до напрямку річки.

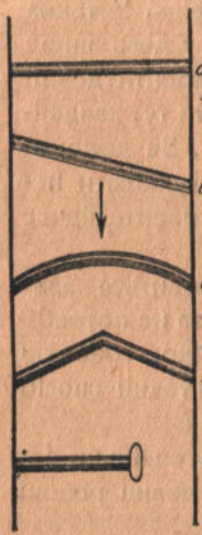

Рис. 1. Форми гребель у пляні

б) Навскісна гребля — коли вісь греблі проста, проте поведена навскоси до напрямку річки.

в) Вигнута гребля — коли вісь греблі вигнута колом або многоцентровою дугою.

г) Ламана гребля — коли вісь греблі утворена з поодиноких простих або вигнутих частин.

д) Неповна гребля — поведена не на цілу ширину річки.

§ 7. Поділ гребель за висотою гребеня греблі над дзеркалом низового б'єфу. Зважаючи на висоту, греблі відрізняють:

а) Переливні греблі або підпірні греблі, коли рівень низового б'єфу є нижче від гребеня греблі (перелив вищерівневий).

б) Денні загати (також денні та підпірні пороги, гатки), коли рівень низового б'єфу є вище від гребеня греблі (перелив нижчерівневий).

Цей поділ не є остільки визначений, щоб можна було будь-яку греблю вважати тільки за переливну греблю або тільки за денну загату. Фактично ж є такі греблі, котрі при меншому видатку води працюватимуть як переливні, тимчасом при більшому видатку води працюватимуть як денні загати; це ясно з того, що при збільшенні видатків води глибина води нижче від греблі збільшується далеко швидше, ніж підноситься рівень горішнього б'єфу і отже рівень низового б'єфу може легко піднестися понад гребінь греблі.

§ 8. Поділ гребель за типом будови підпірного тіла. В загальній будові греблі відрізняють:

1) тіло греблі або підпірне (загатне) тіло,

3) основу,

3) відпірники або злуки греблі з берегами (примикання до берегів),

4) водобійну частину.

Щождо конструктивних особливостей будови тіла, то греблі поділяється на: 1) греблі сліпі (суцільні), 2) греблі переставні (розбірні).

Споруджуючи сліпі греблі, вживається таких будівельних матеріялів: дерева, каміння, бетону та залізобетону.

Гребляні споруди дуже незначної ваги можна будувати навіть із матеріялів водопропускних.

Так спорудження, так і експлуатація сліпих гребель коштує далеко менше від спорудження та експлуатації переставних гребель. Найкраще надаються сліпі греблі по відлеглих місцевостях десь

далеко від людських осель, бо тоді вода, що заливає рівнину в наслідок зворотного впливу підпору вгору від греблі, не спричиняє багато шкоди.

Так само такий тип греблі слід обирати в тих випадках, коли не постає питання про потребу відводити намули вниз через греблю.

Щодо форми переливної стінки, то відрізняється такі типи:

Перелив із вільною струєю (водоспадна гребля),—коли переливна стінка є прямовисна або остільки крута, що струя водяна, переливаючися через тіло греблі, відривається від переливної стінки і тоді між нижньою поверхнею водяної струї та переливною стінкою утворюється порожнеча, що її може заповнювати повітря або вода; отже водяна струя вільно спадає тоді на водобій (рис. 21).

Прудковідний перелив,— коли переливна стінка остільки полога, що водяна струя ввесь час тече по тілу греблі, не відриваючися від переливної стінки. Переходи від затилкової частини греблі до переливної стінки, а від цієї до водобою, майже завжди в такому разі закруглені так, що поперечний перекрій тіла греблі обмежено лінією такої форми, як показано на рис. 4.

Східчастий перелив (із східчастими перепадами),— коли переливна стінка складається з окремих перепадів, відділених один від одного поземними площинками. Від того вода в кожній точці переламу відхиляється від свого шляху

і через удари втрачає частину своєї зайвинної енергії, що від того й розсіюється (рис. 22).

Переставні греблі доводиться завжди будувати там, де потрібно тримати рівень горішнього б'єфу якомога завжди на одній висоті, так, щоб навіть за найвищої води рівень її не перейшов певної границі підпору.

Якщо в сліпої греблі через місцеві умови не можна зробити досить великого (довгого) переливного гребеня, то доводиться, щоб збільшити довжину переливних частин, будувати переставні частини в тілі греблі.

Будуючи греблі в таких річках, що несуть із собою багато намулу, і в яких отже вгору від греблі швидко замулюється дно, дуже доцільно на всю греблю або на частину її довжини споруджувати рухомі закривки. Тоді завжди, коли є багато води, можна легко промивати цілу споруду й відводити намули до низового б'єфу.

У річках з великим кригоплавом так само замість сліпих гребель доводиться будувати переставні, що вони, крім того, мають спеціяльні пристрої (хлипаки на кригу), крізь які можна швидко і легко пропускати крижану масу.

Щодо типу закривок, то переставні греблі поділяється на такі:

1) сторчакові греблі,
2) греблі із заметин,
3) греблі ролетні (жалюзяні),
4) заставкові (щитові) греблі,
5) хлипакові греблі з відкидними пілками,

6) дахові греблі,
7) барабанні греблі,
8) секторні греблі,
9) сегментові греблі,
10) циліндричні греблі (вальцеві).

Всю ширину греблі, звичайно, поділяють переставними або нерухомими проміжними стоянами або відпірниками на більше число окремих отворів. Такий поділ греблі є дуже потрібний, щоб було місце споруджувати пристрої, якими й рухають переставні частини греблі, та щоб обслуговувати їх. В річки дуже широкої такий поділ потрібний ще й для того, щоб окремі конструктивні частини не були надто великих розмірів — це забезпечує більшу надійність у роботі устави.

РОЗДІЛ III

ГІДРАВЛІЧНІ ОСНОВИ ДО РОЗРАХУНКУ ВОДОЗБІГУ НА ГРЕБЛЯХ

§ 9. Розрахунок висоти переливу та висоти підпору у переливних, з вищерівневим переливом, гребель[1]). Висоту переливу, яка відповідає кожній кількості води, що збігає через греблю, можна визначити дуже просто, звичайною перевіркою, тобто безпосередньо виміряючи кількість води, що переливається при певній висоті пере-

[1]) Докладно про розрахунок води, що притікає до гребель та водопровідних гребель подано у кн. збірки Гешен „Kreislauf des Wassers und Gewässerkunde" Dr.-Ing. Drenkhahn.

ливу. Кількість води, що переливається, можна виміряти звичайними вимірчими приладами, котрі працюють, наприклад, за принципом млинка. Одночасно міряють висоту переливу мірницею (заміркою, рейкою), установлюючи її так, щоб нулева позначка її припадала на висоті гребеня греблі. Для певних найуживаніших геометрично-простих форм гребеня греблі зроблено вже спеціяльні виміри підчас лябораторних спроб і ці дані можуть правити за вихідні пункти до розрахунку гребель подібних форм. В лябораторії річкового будівництва в Карлсруе (Німеччина) досліджено переливні греблі з гребенем, закругленим по кругу або по еліпсі. До речі тут відзначити, що у всіх гребель, в яких водяна переливна струя вільно падає вниз, себ-то відривається від переливної стінки, простір між струєю та переливною стінкою треба добре провітрювати. Замість повітря, що його водяна струя засмоктує й виносить геть із цього простору, треба сюди наганяти відповідну кількість повітря через відповідних розмірів провітрювальну трубу. Якщо в цьому просторі тиск повітря спаде і буде хоч трохи менший проти атмосферного тиску, то зовнішнє повітря притискуватиме водяну струю до переливної стінки. Вакуум (розрідження) під струєю спричиняється до збільшення видатку води при однаковій висоті переливу.

Так, спробами в лябораторії річкового будівництва в Карлсруе доведено, що для плоскої греблі із гребенем з гострими рубами та прямовисною стіною, при висоті переливу 0,15 *м* на один метр

довжини греблі потрібна провітрювальна труба 10 $см^2$ в перекрої, щоб вакуум під струєю не впливав помітно на водозбіг.

Щоб теоретично вивести формулу на кількість води, що переливається через греблю, розглядають спочатку в загальному випадку отвір трапецоїдальної форми на певній глибині під дзеркалом води, вважаючи при тому, що вода

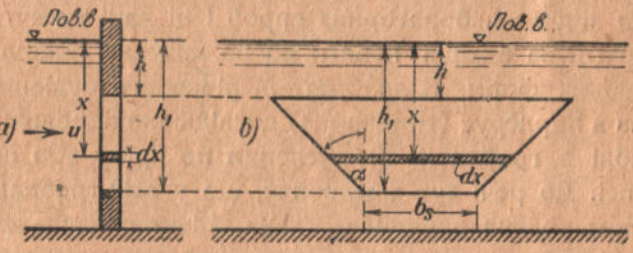

Рис. 2. Трапезуватий (трапецоїдальний) отвір у прямовисній стінці під поверхньою води [1])

витікає вільно в повітря, тоб-то без протитиску водяної маси (рис. 2) [1]). Кількість води, що протікає через смужку $b \cdot dx$ становить $dq = v \cdot b \cdot dx$.

Тут маємо:

$$v = \sqrt{2gx} \text{ та } b = b_s + 2 \operatorname{tg} \alpha (h_1 - x) \quad \ldots \ldots (1)$$

Значить:

$$dq = [b_s + 2 \operatorname{tg} \alpha (h_1 - x)] \cdot \sqrt{2gx}\, dx \quad \ldots \ldots (2)$$

[1]) На цьому рисунку, а також по всіх інших, скорочення позначають:

Пов. в. (поверхня дзеркало) води,
Гор. б. горішній б'єф,
Нив. б. низовий б'єф,
Рів. гор. б. дзеркало горішнього б'єфу,
Рів. низ. б. дзеркало низового б'єфу.

І загальна кількість води:

$$Q = \sqrt{2g} \int_{h}^{h_1} \left(b_s x^{\frac{1}{2}} + 2 \operatorname{tg} \alpha\, h_1 x^{\frac{1}{2}} - 2 \operatorname{tg} \alpha\, x^{\frac{3}{2}} \right) dx \quad . \quad (3)$$

або

$$Q = \left[\frac{2}{3} b_s \sqrt{2g} \cdot h_1^{\frac{3}{2}} + \frac{8}{15} \operatorname{tg} \alpha\, h_1^{\frac{5}{2}} \sqrt{2g} \right] -$$

$$- \left[\frac{2}{3} b_s \sqrt{2g}\, h^{\frac{3}{2}} + \frac{4}{3} \operatorname{tg} \alpha\, h_1 h^{\frac{3}{2}} \sqrt{2g} - \frac{4}{5} \operatorname{tg} \alpha\, h^{\frac{5}{2}} \sqrt{2g} \right] \quad . \quad . \quad . \quad (4)$$

З цього рівнання без дальших викладок визначаємо теоретичний видаток для найуживаніших форм греблі, що їх показано на рис. 3 (a — d). Крім того, у рівнання (4) для випадку, показаного на рис. 3a, треба завести, значіння $\alpha = 0$, а значить $\operatorname{tg} \alpha = 0$ та $h = 0$. Для випадку, показаного на рис. 3b, навпаки треба підставити тільки значіння $\alpha = 0$. Якщо обирається ширину $b_s = 0$, надаючи тимчасом куту α значіння 90°, то дістають трикутню форму греблі (Томсонова гребля), що її показано на рис. 3c. Ця форма має перевагу в тім, що навіть при дуже малому видатку води встановлюється все ж таки певна висота переливу, що її можна точно виміряти. Якщо h не дорівнює нулеві, проте кут α знову набирає значіння 90°, то мають тоді випадок трикутнього отвору по-під рівнем води, як показано на рис. 3d.

Однак всі ці рівнання мали б силу лише тоді, коли б справді в кожній частині поперечного перекрою швидкість завжди відповідала висоті напору. В наслідок того, що водяні струйки в окремих шарах водяного потоку мають дуже різну швидкість та через звуження (бічний стиск) струї виникають значні відхилення проти теоретично обчислених значінь і отже, кількість води, що фактично протікає, є далеко менша проти того значіння видатку, що його обчислено за допомогою цих рівнань. Щоб виправити ті

значіння видатку, що їх обчислено теоретично, помножають їх на коефіцієнт μ, який у більшій або меншій мірі залежить так од форми греблі, як і від висоти греблі та висоти переливу. Якщо беруть до того на увагу і швидкість

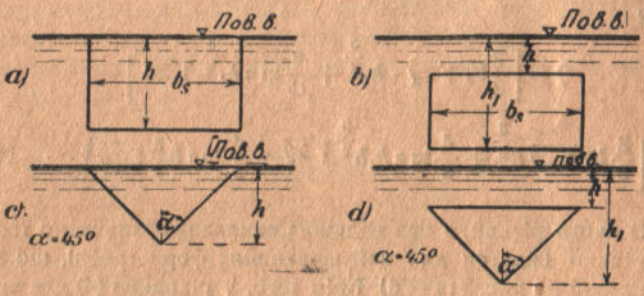

Рис. 3. Різнорідні форми поперечних перекроїв переливних отворів у прямовисній стінці з теоретичними даними про кількості води, що витікають через ці отвори

До рис. 3a

$$Q = \frac{2}{3} b \cdot \sqrt{2g} \cdot h^{\frac{3}{2}}$$

до рис. 3b

$$Q = \frac{2}{3} b_s \cdot \sqrt{2g} \left(h_1^{\frac{3}{2}} - h^{\frac{3}{2}} \right)$$

до рис. 3c

$$Q = \frac{8}{15} \sqrt{2g} \cdot h^{\frac{5}{2}};$$

до рис. 3d

$$Q = \sqrt{2g} \left(\frac{8}{15} h_1^{\frac{5}{2}} - \frac{4}{3} h_1 h^{\frac{3}{2}} + \frac{4}{5} h^{\frac{5}{2}} \right)$$

допливу u, прираховуючи до водяного напору відповідні до цих швидкостей швидкісні висоти $k = \frac{u^2}{2g}$, то для такої греблі форми як на рис. 3a дістають формулу:

$$Q = \mu \frac{2}{3} b_s \sqrt{2g} \left[(h+k)^{\frac{3}{2}} - k^{\frac{3}{2}} \right] \quad \ldots\ldots 5$$

Для прямокутнього отвору під дзеркалом води (рис. 3b) дістають відповідно:

$$Q = \mu \frac{2}{3} b_3 \sqrt{2g} \left[(h_1 + k)^{\frac{3}{2}} - (h + k)^{\frac{3}{2}} \right] \ldots \quad (6)$$

За Енгельсом (Engels) коефіцієнт μ в попередніх розрахунках для гребель, що не дають великого звуження (бічного стиску струї) і що мають закруглений гребінь, можна,

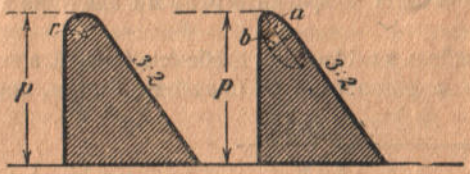

Рис. 4. Прудковідні переливні греблі із поперечним перекроєм гребеня, закругленим по колу та по еліпсі

вважати рівним 0,83, а для гребеня з гострими рубами — вважати його рівним 0,68.

Ребок (Rehbock) на підставі багатьох дуже точних спроб із прудковідною греблею із закругленим за коловою лінією гребенем та з переливною стінкою, що мала схил 3 : 2 (рис. 4), ураховуючи при тому вплив швидкости допливу, дає для коефіцієнта μ таке значіння:

$$\mu = 0{,}312 + \sqrt{0{,}30 - 0{,}01 \left(5 - \frac{h}{r}\right)^2} + 0{,}09 \frac{h}{p} \ldots \quad (7)$$

у формулі:

$$Q = \frac{2}{3} \mu b \sqrt{2g} \cdot h^{\frac{3}{2}},$$

і то беручи до уваги вплив швидкости допливу на значіння μ.

В цій формулі позначено через:

h — висоту переливу в метрах,
r — радіюс гребеня греблі в метрах,
p — висоту греблі в метрах.

Якщо висота переливу

$$h > r\left(6 - \frac{20\,r}{p+3\,r}\right),$$

то струя відділяється від переливної стінки, в наслідок чого меншає значіння коефіцієнта μ проти значіння його у формулі (7).

Для гребель з еліптичним гребенем (рис. 4), в якого довга вісь, що є рівнобіжна до переливної стіни, дорівнює $2a$,

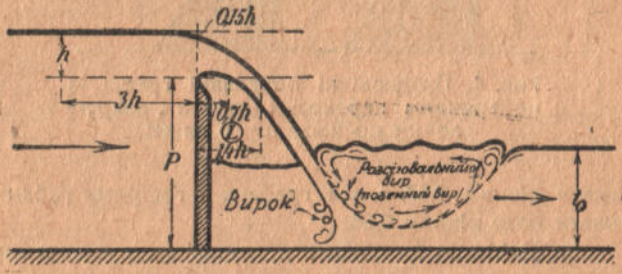

Рис. 5. Плоська прямовисна гребля з гострим рубом та точна схема переливу

а сторчова до неї менша вісь має довжину $2b$, значіння коефіцієнта μ дістаємо з тієї самої формули, що й для греблі з гребенем, закругленим за колом; для цього треба в ній радіюс r замінити на такий вираз:

$$r = b\left(\frac{4{,}57}{2\,\alpha+1} + \frac{\alpha}{20} - 0{,}373\right), \quad \ldots\ldots (8)$$

де

$$\alpha = a : b.$$

За вимірчі греблі бувають часто греблі заставкові, добре провітрювані, з гострими рубами гребеня (рис. 5) з бічним

стиском струї, або без того. Для перших Ребок на підставі спроб дає таке значіння на коефіцієнта μ [1]).

$$\mu = 0{,}605 + \frac{1}{1050\,h - 3} + \frac{0{,}08\,h}{p} \quad \ldots\ldots \quad (9)$$

Тут слід зазначити, що виміряти величину h треба на певній відстані (найменше $3h$) від переливної призми греблі, бо лише на такій відстані непомітний стає вплив лінії спаду (рис. 5).

Швайцарська спілка інженерів та архітектів пропонує для приймальних випробувань формулу, що надається також і для гребель з бічним стиском (звуженням струї) цеб-то для тих гребель, в яких допливний лотік ширший ніж переливний отвір у греблі. Ця формула має такий вигляд:

$$\mu = \left[0{,}578 + 0{,}037\left(\frac{b}{B}\right)^2 + \frac{3{,}615 - 3\left(\frac{b}{B}\right)^2}{h + 1{,}6}\right] \cdot \left[1 + 0{,}5\left(\frac{b}{B}\right)^4 \cdot \left(\frac{h}{H}\right)^2\right] \quad (10)$$

де b — ширина отвору греблі (переливного вікна), B — ширина лотоку, h — висота переливу та H — загальна глибина води, себто висота греблі плюс висота переливу. В цій формулі всі значіння подано в міліметрах. Для гребель без бічного стиску $\frac{b}{B} = 1$ і формула набуває такого вигляду:

$$\mu = 0{,}615 + \left(1 + \frac{1}{h + 1{,}6}\right) \cdot \left[1 + 0{,}5\left(\frac{h}{H}\right)^2\right] \quad \ldots \quad (11)$$

Щоб міряти дуже малі видатки на вимірчих греблях, користуються з трикутнього переливу (рис. 3c), при чому в рівнанні:

$$Q = \mu \cdot \frac{8}{15}\sqrt{2g} \cdot h^{\frac{5}{2}}$$

---

[1]) Шафернак (Schaffernak) у Відню та Ліндквіст (Lindquist) у Стокгольмі, випробовуючи цю формулу, дістали надзвичайно добре погоджені наслідки.

для коефіцієнта μ приймають значіння 0,6. Так само й греблі напівкруглої форми тим, що їх можна будувати дуже точно, можуть бути за добрі вимірчі переливи. В разі наповнення аж до центра круга, маємо теоретичну кількість переливної води:

$$Q = \frac{14{,}385}{15} \sqrt{2g} \cdot h^{\frac{5}{2}} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (12)$$

Коефіцієнт видатку μ за Штаусом (Staus) та фон-Занденом (v. Sanden), що теоретично й докладно досліджували таку греблю, пересічно становить, приблизно 0,62.

Складуючи значіння висоти переливу з ординатами гребеня греблі, одразу визначаємо висоту рівня горішнього дзеркала води, а відтак і властиву висоту підпору, тобто ріжницю між підпертим та непідпертим рівнем води.

Подаємо тут приклад на розрахунок висоти переливу греблі з гребенем кругло-циліндричної форми: радіюс гребеня $R = 1{,}0$ *м*; висота греблі $p = 1{,}50$ *м*, ширина $b = 10{,}0$ *м*, переливна стінка має схил 3:2, видаток води $Q = 25{,}9$ *м³/сек.*

У формулу на коефіцієнт μ входить також і висота переливу h, і тому доводиться розрахунок провадити в такому випадку шляхом спроб. На підставі попередньої оцінки обираємо будь-яке значіння висоти переливу і за нею розраховуємо значіння μ. Відтак досліджуємо, чи дають ці значіння μ та h потрібну кількість переливної води. В такий спосіб дістаємо висоту переливу $h = 1{,}1$ *м*, бо

$$\mu = 0{,}312 + \sqrt{0{,}30 - 0{,}01\left(5 - \frac{1{,}1}{1{,}0}\right)^2} + 0{,}09 \cdot \frac{1{,}10}{1{,}50} = 0{,}763,$$

а з цими значіннями маємо, як і треба було, що:

$$Q = \frac{2}{3} \cdot 0{,}763 \cdot 4{,}43 \cdot 10{,}0 \cdot 1{,}1^{\frac{3}{2}} = 25{,}9 \text{ м}^3/\text{сек}.$$

§ 10. Розрахунок висоти переливу у денних гребель (із нижчерівневим переливом). Означування денними греблями таких гребель, в яких гребінь є попід поземною лінією, поведеною через дзеркало низового б'єфу, не завжди, як уже згадували ми, є правильне, бо навіть і в таких випадках часто може утворюватися справжня переливна струя. Переливна гребля перетворюється на денну греблю (гатку) в той момент, коли вода низового б'єфу почне помітно впливати на рівень

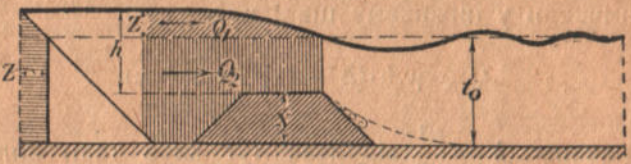

Рис. 6. Схема переливу через денну загату

горішнього б'єфу. Цей вплив у горішньому б'єфі починається тоді, коли рівень низового б'єфу дійде до висоти гребеня греблі. Але ж у багатьох випадках дзеркало низового б'єфу може дуже помітно перевищити висоту греблі перш, ніж впливатиме на рівень у горішньому б'єфі. Явища водозбігу для денних гребель (гаток) далеко складніші, ніж ті самі явища для переливних гребель. Один із досить уживаних на практиці способів розрахунку основується на тому, що струю води розкладають на два шари, як це показано на рис. 6. Водозбіг у верхньому, навскоси зарискованому, шарі відбувається так само, як і на переливній греблі, причому висота напору зміняється там,

од 0 до z. Тимчасом нижній шар заввишки $h-z$, є на всякій глибині під однаковим тиском води. Причина цьому є в тому протитиску (реакції) низового б'єфу, що ввесь час тут діє, і це явище стає цілком зрозуміле із тискового трикутника горішнього та низового б'єфу. Видаток води у верхньому шарі визначаємо так само, як і раніше:

$$Q_1 = \frac{2}{3}\mu \cdot b \cdot \sqrt{2g} \cdot \left[(z+k)^{\frac{3}{2}} - k^{\frac{3}{2}}\right],$$

тимчасом у нижньому шарі маємо:

$$Q_2 = \mu \cdot b \cdot (h-z)\sqrt{2g(z+k)}$$

Значіння $k = \frac{u^2}{2g}$ відбиває тут знов таки вплив швидкости води у підпертому горішньому б'єфі, тимчасом швидкість u тієї води, що допливає, немов перетворюється на додаткову висоту напору. Отже, дістаємо загальне рівнання для видатку води на денних греблях.

$$Q = Q_1 + Q_2 =$$

$$= \mu \cdot b \cdot \sqrt{2g}\left\{\frac{2}{3}\left[(z+k)^{\frac{3}{2}} - k^{\frac{3}{2}}\right] + (h-z)\sqrt{(z+k)}\right\} \quad . \quad . \quad (13)$$

Ще й досі точно не визначено значіння μ для денних гребель і як воно залежить од форми греблі та характеру струї. За Енгельсом можна для денної греблі, що творить низовий поріг переставної греблі з прямовисними проміжними стоянами, прийняти $\mu = 0{,}6$. Як видно з рівнання (13), розрахунок висоти підпору z при загаданих величинах Q й b та висоти греблі x (коли відоме й h), можна провадити

лише за методою спроб, особливо зважаючи на те, що у значіння k входить і значіння z. Однакові труднощі мають так само і визначаючи значіння Q при загаданих значіннях t_0, x та z, бо й тут k залежить од Q. Для наближених розрахунків k вважають, звичайно, рівним нулеві і тоді:

$$Q = \mu \cdot b \cdot \sqrt{2g} \left[\frac{2}{3} \sqrt[3]{z^2} + (h - z) \cdot \sqrt{z} \right], \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (14)$$

звідки Q можна визначити без будь яких спробних розрахунків.

Нарешті, може бути випадок, коли для загаданого видатку води Q, глибини низового б'єфу t_0 та висоти підпору z треба відшукати потрібну висоту греблі x. Для такого випадку маємо:

$$x = t_0 + z - h = t_0 - \frac{Q}{\mu \cdot b \cdot \sqrt{2g\,(z + k)}} + \frac{2}{3} \frac{\sqrt[3]{(z + k)^2} - \sqrt[3]{k^2}}{\sqrt{z + k}} \quad (15$$

або для випадку, коли швидкість допливу води дуже мала і значить, нехтуючи значінням k, маємо:

$$x = t_0 + \frac{2}{3} z - \frac{Q}{\mu \cdot b \cdot \sqrt{2gz}} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (16)$$

Приклад розрахунку висоти x денної греблі

Річка 15 *м* широка при глибині води $t_0 = 1{,}80$ *м* має видаток води $Q = 30$ *м*^{3}/*сек*. Якої висоти мусить бути денна гатка для того, щоб вона підпирала рівень води на 0, 50 *м*.

Для цього користаємося з рівнання (16) і дістаємо для потрібної висоти греблі

$$x = 1{,}80 + \frac{2}{3} \cdot 0{,}50 - \frac{30{,}0}{0{,}65 \cdot 15 \cdot \sqrt{19{,}62 \cdot 0{,}5}} = \mathbf{1{,}15}\ м$$

тоді в соту переливу визначається так:

$$h = t_0 + z - x = 1{,}80 + 0{,}50 - 1{,}15 = \mathbf{1{,}15}\ м.$$

§ 11. Розрахунок кривої підпору та кривої спаду для переливних та денних гребель. Лінію поверхні води вгору від греблі звуть кривою підпору, а відстань від греблі до того місця, де лінія поверхні підпертої води переходить у лінію нормальної поверхні води, звуть довжиною підпору (рис. 7). Ми відрізняємо два роди руху води, які виявляють дуже різні властивості щодо

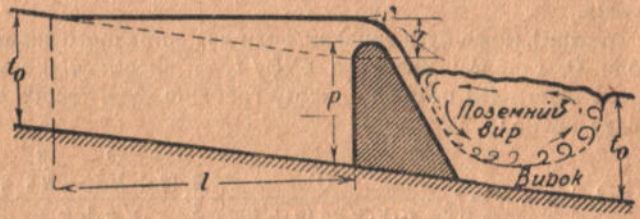

Рис. 7. Схема змін водяного дзеркала, що їх викликає переливна гребля

того, як впливають вони на споруди в річці. „Спокійною течією" називаємо такий стан потоку, коли швидкість руху води не перевищує швидкість руху хвиль

$$V g \cdot t_0 \quad \ldots\ldots\ldots (17)$$

В такому русі вода тече тихше, ніж може бігти хвиля, що виникає у тій самій річці. Швидкість бігу хвилі, як видно з рівнання (17), залежить лише від глибини води t_0 річки. Якщо швидкість течії води є більша від швидкости бігу хвилі, то такий водозбіг звемо „прудководом". У прудководі, отже, хвиля не може бігти вгору проти течії, лише може вона бігти вниз за водою. Це явище в гідро-

технічному будівництві має велике значіння, бо воно стає за причину багатьох процесів водозбігу.

Розгляньмо спочатку форму кривої підпору для нормального водозбігу із спокійною течією. В такому випадку немає великої ріжниці між розрахунком для переливної греблі та розрахунком для денної греблі. Під нормальним збігом розуміємо такий водозбіг, який був у кориті даної річки перед тим, як вбудовано в нього греблю. Тим саме, що швидкість течії води менша супроти швидкости хвилі, то підпір від греблі зможе поширюватися вгору і тоді поверхня підпертої води утворює криву підпору, що у вихідному пункті дає вже описану висоту переливу. Дальший розрахунок характеру цієї кривої підпору вгору від греблі є тим важливіший, що в такий спосіб можемо дізнатися про те, як впливатиме гребля на рівень води в кожному місці річки вище від греблі. Тут, розраховуючи, користуються з рівнань для нерівномірного водозбігу, причому треба брати до уваги несталість характеру поперечного перекрою річки вище від греблі. Щоб вивести це рівнання, ми розглядаємо рис. 8 і прикладаємо до показаної там частини кривої підпору закон Бернулі, за яким, як знаємо, сума геодезичної висоти, висоти напору, швидкісної висоти та втрати напору від тертя є завжди стала.

Отже, в такий спосіб маємо:

$$l \cdot J_s + t_2 + \frac{u_2^2}{2g} = t_1 + \frac{u_1^2}{2g} + l \cdot J_e$$

або:

$$l \cdot J_s + t_2 - t_1 = \frac{u_1^2}{2g} - \frac{u_2^2}{2g} + l \cdot J_e$$

Ліва частина цього рівнання визначає абсолютний спад рівня води h, звідки ми знаходимо значіння для кривої підпору в іншому місці трохи вище

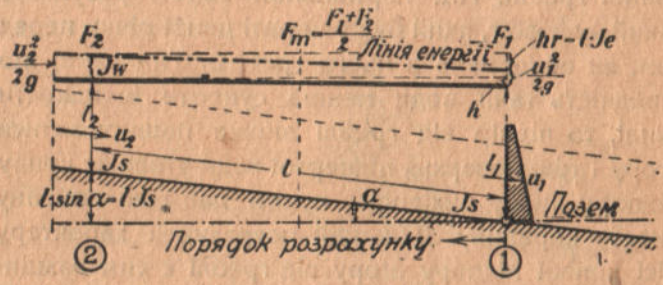

Рис. 8. Схема загаяного водозбігу для виводу формули нерівномірного руху води

від вихідного пункту. Вираз $l \cdot J_e$ — це спад від тертя і його обчислюємо із

$$Q = F \cdot c \cdot \sqrt{R \cdot J}$$

або:

$$J = \frac{Q^2}{c^2 \cdot R \cdot F^2}.$$

Зважаючи на те, що $R = \frac{F}{p}$, дістаємо:

$$J = \frac{Q^2 \cdot p_m \cdot l}{F^3_m \cdot c^2},$$

де p_m та F_m — пересічні значіння площ між поперечними перекроями 1 та 2.

Загальне рівнання абсолютного спаду поверхні води для нерівномірного водозбігу набуває отже такого вигляду:

$$h = \frac{Q^2 \cdot p_m \cdot l}{F_m{}^3 \cdot c^2} + \frac{u_1{}^2}{2g} - \frac{u_2{}^2}{2g} \quad \ldots . (18)$$

Хиба в цього рівнання така: щоб визначити p_m, F_m, c та u треба вже знати значіння h. На підставі цього доводиться знов таки розрахунок провадити шляхом спроб, а саме в той спосіб, що ми спочатку обираємо будь-яке значіння h та перевіряємо, чи задовольняє воно це рівнання.

Перш, ніж перейти до самого розрахунку кривої підпору, розгляньмо ближче це рівнання. Вираз $\frac{u_1{}^2 - u_2{}^2}{2g}$ означає ріжницю між швидкісними висотами. Залежно від того, чи u_1 більше або менше від u_2, вираз цей може бути додатній або відповідно від'ємний. Тимчасом, коли $u_1 = u_2$, то це значіння стає рівним нулеві. Отже ми означатимемо рух води:

1) при $u_1 = u_2$ як рівномірний рух,
2) при $u_1 > u_2$ як прискорений рух,
3) при $u_1 < u_2$ як загаяний рух.

Другий вираз $\frac{Q^2 \cdot p_m \cdot l}{F_m{}^3 \cdot c^2}$ мусить, як видно, завжди бути додатній, він бо виявляє спад від тертя або від утрат на ділянці l. Отже ми можемо тепер загалом сказати про абсолютний спад поверхні води таке:

1. Якщо $u_1 = u_2$, тобто якщо рух є рівномірний, то спад поверхні води є завжди додатній.

2. Якщо $u_1 > u_2$, тобто рух є прискорений, то спад поверхні води є знов таки завжди додатній.

3. Якщо $u_1 < u_2$, тобто коли рух є загаяний, як це є у випадку для кривої підпору, то спад поверхні води може бути як додатній, так і рівний 0, і навіть від'ємний, залежно від величини втрат напору на тертя проти швидкісного спаду.

Цей факт є дуже важливий, бо з нього ми бачимо, що спад поверхні води вище від греблі, для якого випадку маємо $u_1 < u_2$, може бути так додатній, як і рівний нулеві і навіть від'ємний; отже вище від греблі в напрямку проти води поверхня води замісць спаду може навіть виявляти піднесення. Проте слід відзначити, що це зауваження може стосуватися лише до спаду поверхні води, але в жодному разі не до спаду дна річки. Це останнє відповідає спаду поверхні води лише для рівномірного потоку в кориті сталого характеру.

Пояснімо докладніше описаний тут спосіб розрахунку на прикладі і для того визначмо характер кривої підпору для греблі, розрахованої на стор. 26. Припустім, що ширина річки біля греблі є 10,0 *м* і що спад дна у річки є $J = 1 : 1000$. Коефіцієнт шерехатости корита річки у формулі Ганґіле та Куттера (Ganguillet und Kutter) примім такий: $n = 0{,}015$. Вибір формули для коефіцієнта витікання c тут не має значіння. Такий розрахунок найдоцільніше провадити за допомогою таблиці, до якої заведено так само і всі допоміжні значіння. За вихідний пункт править ордината поверхні води біля греблі, яка, якщо прийняти позначку рівня дна р чки біля греблі за 248,500, буде така:

$$248{,}50 + 1{,}50 + 1{,}1 = 251{,}10 + NN.$$

Глибину води для нормального збігу обчислюємо з формули

$$Q = b \cdot t_0 \cdot c \cdot \sqrt{R \cdot J}$$

і дістаємо $t_0 = 1{,}24$ *м*, бо:

$$10{,}0 \cdot 1{,}24 \cdot 66{,}5 \cdot \sqrt{0{,}993 \cdot 0{,}001} = 25{,}9.$$

Вибираючи відстань між окремими профілями, зважаємо на характер поперечного перекрою та характер дна цієї ділянки річки. Якщо вони цілком рівномірні, то можна цю відстань брати порівняно велику, приміром, 100 — 400 *м*. Тимчасом, коли річка виявляє часті зміни поперечного перекрою, або зміни спаду дна, то треба, (в кожному разі бодай у цих місцях зміни) призначити пункти розрахунку, бо такі нерівномірності завжди відбиваються на характері поверхні води.

Цей спосіб обчислення є придатний до всякого розрахунку поверхні води чи то для розрахунку кривої підпору, чи то для розрахунку нерівномірного руху води, що його викликає будь-яка зміна поперечного перекрою.

Якщо в ділянці підпору річка має все однакові рівномірні властивості то поданий тут спосіб розрахунку можна замінити на простіший розрахунок підпору, що його розробив Рюльман (Rühlmann).

Рюльманова формула має такий вигляд:

$$\frac{J \cdot x}{t} = \varphi\left(\frac{Z}{t}\right) - \varphi\left(\frac{z}{t}\right) \quad \ldots\ldots\ldots (19)$$

і для довжини підпору:

$$l = \frac{t}{J}\left[\varphi\left(\frac{Z}{t}\right) - 0{,}0067\right] \quad \ldots\ldots\ldots (20)$$

де Z — ціла висота підпору біля греблі, J — спад дна річки та z — висота підпору на відстані x від греблі. Значіння функцій

$$\varphi\left(\frac{Z}{t}\right) \text{ та } \varphi\left(\frac{z}{t}\right)$$

треба брати із поданої далі таблиці для відповідних значінь

$$\frac{Z}{t} \text{ та } \frac{z}{t}.$$

Значіння t обчислюємо з формули:

$$t = \sqrt[3]{\frac{Q^2}{c^2 \cdot B^2 \cdot J}} \quad \ldots\ldots\ldots (21)$$

де B є пересічна ширина підпертого поперечного профіля біля греблі. Вживши Рюльманового способу (табл. на стор. 38) до кривої підпору, що її розрахунок подано на стор. 37 спочатку визначаємо значіння t:

$$t = \sqrt[3]{\frac{25{,}9^2}{66{,}5^2 \cdot 10^2 \cdot 0{,}001}} = 1{,}15$$

Для $\frac{Z}{t}$ відтак дістаємо значіння $\frac{1{,}50+1{,}10-1{,}24}{1{,}15} = \frac{1{,}36}{1{,}15} =$ $= 1{,}182$; звідки $\varphi\left(\frac{Z}{t}\right) = 2{,}4901$, а значить довжина підпору $l = (2{,}4901 - 0{,}0067)$. $1{,}182 = 2930$ *м* (з розрахунку кривої підпору визначилася висота підпору на відстані 2600 *м* від греблі ще цифрою 3 *мм*).

З рівнання $\frac{J \cdot x}{t} = \varphi\left(\frac{Z}{t}\right) - \varphi\left(\frac{z}{t}\right)$ визначаємо висоту підпору z на відстані x від греблі. Як велика ж є висота підпору на відстані $x = 1000$ *м*?

$$\frac{0{,}001 \cdot 1000}{1{,}15} = 2{,}491 - \varphi\left(\frac{z}{1{,}15}\right);$$

$$\varphi\left(\frac{z}{1{,}15}\right) = 2{,}4901 - 0{,}87 = 1{,}625;$$

$$\left(\frac{z}{1{,}15}\right) = 0{,}475;\ z = 1{,}15 \cdot 0{,}475 = \mathbf{0{,}545}\ м.$$

А розрахунок на стор. 37 дає таке значіння:

$$1{,}744 - 1{,}240 = \mathbf{0{,}504}\ м.$$

Приклад розрахунку кривої підпори в прямокутньому каналі 10,0 *м* завширшки при нормальній глибині води $t_0 = 1{,}24$ *м*, коефіцієнтні шерехатости $n = 0{,}015$ у формулі Гангіле та Куттера, при спаді дна $J = 1:1000$ та видатку води $Q = 25{,}9$ *м³/сек*. Канал загачено греблею 1,50 *м* заввишки так, що воду підперто до позначки 251, 100, тимчасом позначка дна річки біля греблі є 248,500

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Поперечний перекрій	Відстань поперечних перекроїв *м*	Висота розпологу: Дна	Висота розпологу: Водяного дзеркала	Прийнятий абсолютний спад водяного дзеркала h *м*	Глибина води t *м*	Пересіч. площа поперечн. перекр. Fm *м²*	Пересічн. периметр поперечного перекрою Pm *м*	Пересіч. гідравлічний радіюс Rm *м*	Швидкісний коефіцієнт c	Швидкісний напір $\frac{u^2}{2g}$ *м*	Швидкісний спад h_g *м*	Спад чарез шерехатість h_n *м*	Розрахований абсолютний спад водяного дзеркала $h_n + h_g$ *м*
000		248,500	251,100		2,600					0,050			
	100			+ 0,008		25,54	15,11	1,69	71,3		— 0,004	0,012	+ 0,008
100		248,600	251,108		2,508					0,054			
	100			+ 0,009		24,62	14,92	1,65	71,0		— 0,004	0,013	+ 0,009
200		248,700	251,117		2,417					0,058			
	200			+ 0,021		23,28	14,66	1,59	70,7		— 0,010	0,031	+ 0,021
400		248,900	251,138		2,238					0,068			
	200			+ 0,027		21,62	14,30	1,51	70,3		— 0,012	0,039	+ 0,027
600		249,100	251,165		2,065					0,080			
	400			+ 0,079		19,05	13,81	1,38	69,5		— 0,032	0,111	+ 0,079
1000		249,900	251 244		1,744					0,112			
	400			+ 0,140		16,14	13,23	1,22	68,2		— 0,043	0,183	+ 0,140
1400		249,500	251,384		1,484					0,155			
	400			+ 0,235		14,01	12,80	1,10	67,4		— 0,041	0,276	+ 0,253
1800		250,300	251,619		1,319					0,196			
	400			+ 0 334		12,86	12,57	1,02	66,9		— 0,022	0,356	+ 0,334
2200		250,700	251,953		1,253					0,218			
	400			+ 0,390		12,48	12,50	0,996	66,5		— 0,002	0,392	+ 0,390
2600		251,100	252,343		1,243					0,220			

Таблиця розрахунку підпору за Рюльманом

$\frac{z}{t}$	$\varphi\left(\frac{z}{t}\right)$	$\frac{z}{t}$	$\varphi\left(\frac{z}{t}\right)$	$\frac{z}{t}$	$\varphi\left(\frac{z}{t}\right)$
0,01	0,0067	0,36	1,4473	0,92	2,1916
0,02	2444	0,37	4638	0,94	2148
0,03	3863	0,38	4801	0,96	2380
0,04	4889	0,39	4962	0,98	2611
0,05	5701	0,40	5119	1,00	2839
0,06	6376	0,41	5275	1,10	3971
0,07	6958	0,42	5430	1,20	5084
0,08	7482	0,43	5583	1,30	6179
0,09	7933	0,44	5734	1,40	7264
0,10	8353	0,45	5884	1,50	8337
0,11	8739	0,46	6032	1,60	9401
0,12	9098	0,47	6179	1,70	3,0458
0,13	9434	0,48	6324	1,80	1508
0,14	9751	0,49	6468	1,90	2553
0,15	1,0051	0,50	6611	2,00	3594
0,16	0335	0,52	6893	2,10	4631
0,17	0608	0,54	7170	2,20	5664
0,18	0869	0,56	7444	2 30	6694
0,19	1119	0,58	7714	2,40	7720
0,20	1361	0,60	7980	2,50	8745
0,21	1595	0,62	8243	2,60	9768
0,22	1821	0 64	8503	2,70	4,0789
0,23	2040	0,66	8759	2,80	1808
0,24	2254	0,68	9014	2,90	2826
0,25	2461	0,70	9266	3,00	3843
0,26	2664	0,72	9517	4,00	5,3958
0,27	2861	0,74	9765	5,00	6,4020
0,28	3054	0,76	2,0010	6,00	7,4056
0,29	3243	0,78	0254	8,00	9,4097
0,30	3428	0,80	0495	10,00	11,4120
0,31	3610	0,82	0735	15,00	16,4140
0,32	3789	0 84	0975	20,00	21,4150
0,33	3964	0,86	1213	30,00	31,4150
0,34	4136	0,88	1449	50,00	51,4160
0,35	4306	0,90	1683	100,00	101,4200

Коли збоку дивитися на процеси водозбігу через греблю, як це, наприклад, можливо в лабораторії, за допомогою кружків із люстрового скла, то можна помітити, що висота підпору z має свій максимум лише на певній відстані від задньої стінки греблі, тимчасом лінія вільної поверхні води безпосередньо перед гребенем греблі та над ним проходить по, так званій, *лінії зниження* і то в наслідок великого прискорення руху води в цьому місці.

При тому висота поверхні води безпосередньо над гребенем греблі часто є значно менша, ніж на певній відстані від греблі вгору проти води. Цей факт треба добре пам'ятати, виміряючи висоту переливу. Взагалі висоту переливу вимірюють звичайно на відстані від трьох до п'яти висот переливу вгору від гребеня греблі, тут бо вплив лінії зниження майже непомітний. На рис. 5 показано точну форму струї при греблі з гострими рубами. З цього рисунку видно, що зниження вище від гребеня греблі доходить величини 0,15 висоти переливу. У денних загат із пологою споховиною ділянка впливу лінії зниження може бути ще далеко більшою, так що тут часом доводиться ще вирішувати, на якій саме відстані від греблі можна бездоганно заміряти висоту підпору.

§ 12. Різні процеси водозбігу вниз від греблі. Розсіювання енергії через втрати її при змішуванні у поверхневих вирах. Характер водозбігу нижче від греблі може бути дуже різний. Ми так само й тут розглядатимемо лише такі

випадки, коли нормальний водозбіг у кориті перед забудовою греблі був спокійний, цебто коли швидкість води була менша за швидкість хвиль. Тут ми можемо відрізняти чотири різні головні типи водозбігу вниз від греблі. Показано їх на рис. 9.

Процес стікання води в низовому б'єфі залежить насамперед од висоти низового б'єфу, як рівняти до гребеня греблі. Коли стан низового б'єфу є дуже низький, як приміром на рис. 9-а, то струя води біжить у низовому б'єфі прудководом, відганяючи воду на досить велику відстань, і лише там стрибком переходить у спокійну нормальну течію. Кінетична енергія властива водяній струї, що падає вниз, розсіюється в такому випадку переважно через втрати від тертя у низовому б'єфі. Щодо стійкости водобою, то такий характер течії взагалі є дуже небажаний, тим більше, що в ділянці прудководу утворюються великі швидкості. Відстань, на якій можна чекати прудководу в низовому б'єфі, а також розполіг та висоту водяного стрибка можна, як видно буде далі, обчислювати.

Якщо глибина в низовому б'єфі більшатиме, що буває через підпір, або через зменшення спаду дна, або через збільшення шерехатости дна в низовому б'єфі, то все ближче підходить до греблі водяний стрибок аж поки, нарешті, вода вкриє підошву греблі і тоді водозбіг є такий, як показано на рис. 9-b. Струя води, що з великою швидкістю перепливає через спину греблі, переходить одразу у поверхневий вир, в якому розсіюється кінетична енергія струї через втрати від

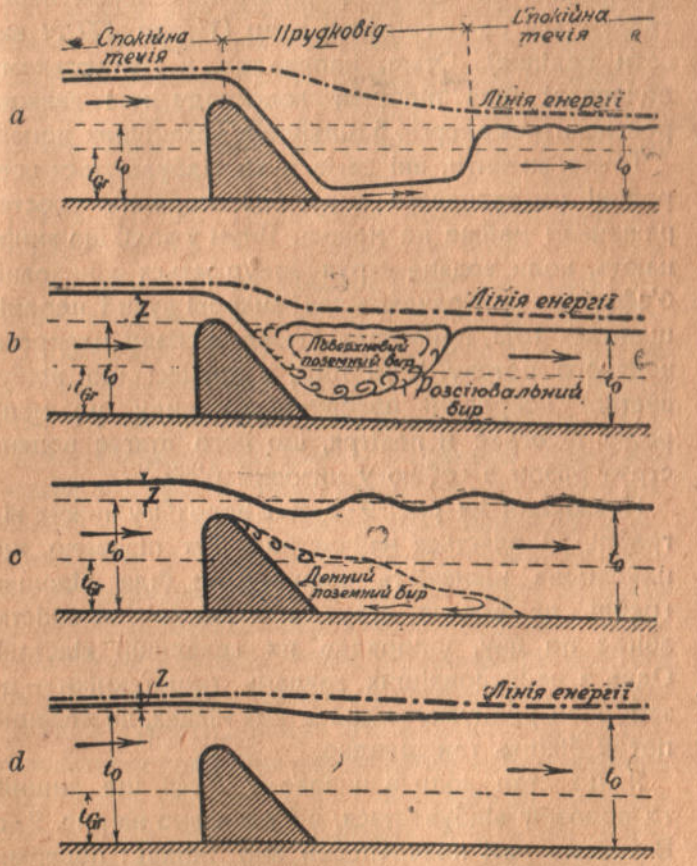

Рис. 9. Характер водозбігу нижче від греблі: a — Вільна підошва греблі і перехід від прудководу до спокійної течії у водяному стрибку (чиста переливна гребля); b — Перекрита підошва греблі з переходом від прудководу до спокійної течії у поверхневому вирі (чиста переливна гребля); c — Хвиляста струя із денним виром (перехід до денної загати); d — Водозбіг із спокійною течією (денна загата)

змішування та тертя. Ця кінетична енергія перетворюється на нагрівання води (1° при 427 *м* висоти падіння). Отже, наприклад, у Ніягарському водоспаді біля підошви водоспаду має завжди розсіюватися енергія 5 мільйонів механічних коней.

Точно виявити, які саме рухи відбуваються всередині поверхневого виру, безпосереднім спостереженням майже не можна. Вири у воді, що виникають, коли водяна струя занурюється в низовий б'єф, швидко втрачають свої вихрові рухи і переміщаються тоді, примушені умовами спаду, навпроти водяного потоку. Крім того, у процесі, що відбувається всередині поверхневого виру, не малу ролю відограє й повітря, що його втягує водяна струя разом з собою у низовий б'єф.

Показаний на рис. 9-b тип водозбігу нижче від греблі, трапляється найчастіше. Тут пізнаємо, що найбільша швидкість води — саме біля підошви греблі, де водяна струя з великою швидкістю збігає по дну, щоправда на невеликій відстані. Одне з найголовніших завдань гідротехніки — це запобігти руйнування дна в цих місцях, де водяний поток біжить так швидко.

Якщо стан води в низовому б'єфі ще вищий, то водозбіг відбувається, як показано на рис. 9-c. В такому разі поверхневий вир зникає: поверхня води вкривається великими хвилями і замість поверхневого виру утворюється денний вир. Від того утворюється, як видно з рисунка, денна, не дуже сильна зворотна течія. І отже тут тоді не доводиться зважати на будь-яке руйнування дна.

Навпаки, в такої греблі часто відкладаються навіть намули біля подошви. Якщо рівень води низового б'єфу ще далі підноситиметься, то хвиляста поверхня водотоки стає все спокійніша і, нарешті, водозбіг переходить у цілком спокійну течію, причім, якщо переливна стінка досить полога, то може цілком зникнути також і денний вир.

Щож до того, коли саме може утворюватися водозбіг тієї чи іншої з описаних тут чотирьох форм, то можна сказати таке. Інколи буває, що навіть протягом одного періоду високої води на тій самій греблі можна відзначити послідовно одну за одною всі ці чотири форми водозбігу, бо характер водозбігу міняється поруч із змінами рівня низового б'єфу.

§ 13. Розрахунок стану водяного дзеркала нижче від греблі. Розрахунок цей провадять порізному, залежно від характеру водозбігу. У випадках 9-*b*, 9-*c* і 9-*d* можна не робити справжнього розрахунку для низового б'єфу, оскільки тут встановлюється нормальний водозбіг, цебто рівномірний водозбіг. Алеж рівномірний водозбіг був у цьому річковому кориті і перед тим, як споруджено греблю, отже тут жодних змін не сталося. Вплив греблі на характері водозбігу відбився лише вгору від греблі, а не вниз від неї. Тимчасом цілком інше маємо у випадку 9-а, коли нижче від греблі утворюється спочатку прудковід, який далі переходить у спокійну рівномірну течію.

§ 14. Спокійна течія та прудковід. Зміна характеру водозбігу. Досі ми розглядали лише нормальний водозбіг із спокійною течією, себто такі

випадки, коли швидкість води завжди є менша від швидкости хвиль; тепер ми маємо перейти до розрахунку в тих випадках, коли швидкість води перебільшує в деяких місцях швидкість хвиль. Споруджуючи греблю в такій річці, де за нормальний водозбіг є прудковід, можна було б чекати, що вгору від греблі не станеться жодних змін у рівні поверхні води, бо тут вплив угору проти води передаватися не може. Проте, це буває лише тоді, коли міцна споруда не перетворює бурхливого потоку (прудководу) на спокійну течію. Для висоти розпологу лінії енергії за нормального водозбігу є завжди певна глибина води, при якій можна через відповідний поперечний перекрій пропустити максимальну кількість води Q (рис. 10). Цю глибину, що її інакше називаємо ще граничною глибиною, обчислюємо із співвідношення:

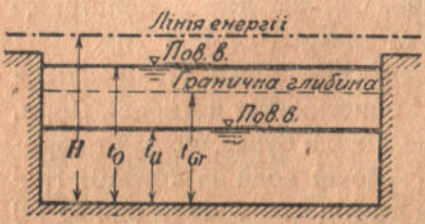

Рис. 10. Прямокутній поперечний перекрій із водяним дзеркалом для водозбігу із спокійною течією та прудковідного при загаданій лінії енергії

$$Q = b \cdot t \sqrt{2g(H-t)}, \quad \ldots\ldots (22)$$

диференціюючи його за t та прирівнюючи нулеві. В такий спосіб дістаємо:

$$\frac{dQ}{dt} = 0 = b \cdot \sqrt{(H-t)} - \frac{b \cdot t}{2\sqrt{(H-t)}},$$

або:

$$t = \frac{2}{3} H \quad \ldots\ldots\ldots \quad (23)$$

Для такого значіння t маємо швидкість води:

$$u = \frac{Q}{F} = \frac{b \cdot \frac{2}{3} H \cdot \sqrt{2g \frac{H}{3}}}{b \cdot \frac{2}{3} H} = \sqrt{g \cdot t},$$

що вона отже дорівнює швидкості хвиль.

Словами це визначити можна так: для загальної висоти розпологу лінії енергії в прямокутньому річковому кориті маємо максимальний видаток води тоді, коли глибина t становить $^2/_3$ від висоти лінії енергії. Прикладаючи це означення до греблі, можна сказати: вбудовуючи греблю в річку, ми звужуємо профіль останньої і тоді поверхня води має тенденцію розміститися відносно даної лінії енергії нормального водозбігу на такому рівні, щоб цей рівень відповідав найсприятливішому випадку, цебто наближався до граничного рівня. В наслідок того поверхня води при спокійній течії за нормального водозбігу спадає від звуження, а при прудководі за нормального водозбігу, навпаки, від звуження підноситься. Проте, якщо звуження через греблю, як це звичайно буває, є остільки значне, що навіть при граничному рівні поверхні води немає змоги перепустити наниз всю кількість води, що припливає до греблі, то спочатку рівень води

вище від греблі підноситься, від чого й лінія енергії, до певної міри, підноситься. Це піднесення лінії енергії у випадку прудководу за нормального водозбігу спричиняється до утворення вище від греблі переходу від прудководу до спокійної течії; тимчасом у низовому б'єфі від такого піднесення лінії енергії утворюється знов прудковід. Загальну картину водозбігу, що в такий спосіб утворюється, для потоку, що його нормальний водозбіг є прудковід, показано на рис. 11. Перехід од водозбігу із спокійною течією, що утворився перед греблею в наслідок звуження, у прудковідний водозбіг відбувається у формі так званого водяного стрибка і саме в місці перетину піднесеної лінії енергії з лінією енергії нормального водозбігу. Зважаючи на те, що для водозбігу із спокійною течією вище від греблі маємо у піднесеної лінії енергії менший спад, ніж у лінії енергії для прудковідного нормального водозбігу, то мусимо сказати, що така точка перетину завжди буде.

Щоб простежити характер водозбігу вниз від греблі, погляньмо ще раз на рис. 10, припускаючи, однак, що тут загадується сталою не висоту лінії енергії, а лише сталий видаток води.

Найменшу висоту лінії енергії маємо тоді, коли глибина води

$$t = \frac{2}{3} H.$$

Тим, що

$$Q = b \cdot t \cdot \sqrt{2g \cdot (H - t)},$$

дістаємо значіння:

$$t = \sqrt[3]{\frac{Q^2}{b^2 \cdot g}} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (24)$$

Найважливіше для нашого дальшого розгляду є таке: для

$$t = \sqrt[3]{\frac{Q^2}{b^2 \cdot g}}$$

дістаємо ми найглибший, взагалі можливий розполог лінії енергіїї і в наслідок того, як для більших, як і для „менших" глибин, маємо піднесення

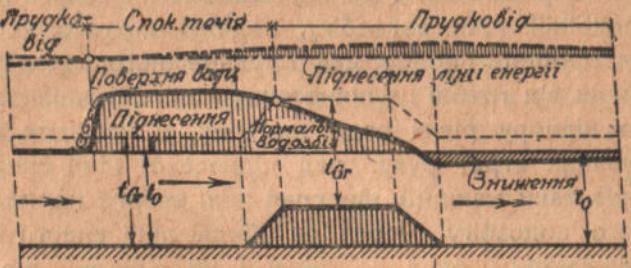

Рис. 11. Денна загата у водотоці при прудковідному нормальному водозбізі. Піднесення водяного дзеркала вгору від греблі та зниження його вниз від греблі

лінії енергії. Ці факти можна ще означити такими словами: вищий розполіг лінії енергії спричиняється при спокійній течії водозбігу до піднесення поверхні води, а для прудковідного водозбігу навпаки — до зниження поверхні води. Розуміється, значіння Q й b тут завжди однакові.

Поглянувши далі на рис. 11, помічаємо, що примушеному піднесенню лінії енергії вниз від греблі

відповідає глибший розполіг поверхні води, ніж для нормального водозбігу. В наслідок такого глибокого рівня води створюються більші швидкості й крутіші спади лінії енергії так, що навіть і тут, у низовому б'єфі, лінії енергії, що далі, то більше зближаються одна до одної і нарешті цілком збігаються. В цьому місці рівень води доходить знову до рівня води нормального водозбігу, і можна сказати, що тут саме кінчається вплив греблі вниз від греблі.

Переходимо далі до дослідження того, яких змін зазнає рівень води від піднесення лінії енергії при спокійній течії водозбігу, подібно до того, як це ми зробили щойно для прудковідного водозбігу. Вище від греблі це піднесення лінії спричиняється до підпору рівня води, причому, в наслідок незначних втрат руху, спад піднесеної лінії енергії знов таки менший, ніж спад лінії енергії нормального водозбігу. Через це обидві лінії енергії наближаються одна до одної і на відстані, що її звуть довжиною підпору, вони збігаються.

Нижче від греблі мусила б, власне, піднесена лінія енергії (ми ж бо вважаємо на спокійну течію нормального водозбігу) спричинитися до вищого рівня води, ніж для нормального водозбігу. Однак, це неможливо, як то видно буде з дальших пояснень. Справді, більша глибина мусила б мати наслідком менший спад лінії енергії, ніж спад цієї лінії для нормального водозбігу. І кінець кінцем, глибина води дедалі мусила б зростати до величин безконечно великих. Отже, переходу до нор-

мального водозбігу взагалі не могло б бути. Треба отже, щоб у низовому б'єфі якомога швидше розсіювалася та зайвина загальної енергії, що утворилася від піднесення лінії енергії з тим, щоб водяне дзеркало могло знову дійти своєї нормальної висоти. З цієї причини тут у низовому б'єфі і встановлюється глибина води, відповідна піднесеній лінії енергії та прудковідному водозбігу; то значить, тут маємо перехід од спокійної течії, що є вище від греблі, до прудководу, що є нижче від греблі Властиву точку переходу відзначає тоді теоретична гранична глибина, що встановлюється майже точно над гребенем греблі.

При всякій висоті розпологу лінії енергії, за винятком мінімального значіння цієї висоти, маємо ми дві глибини води, що задовольняють таке рівнання:

$$H = t + \frac{u^2}{2g}, \quad \ldots\ldots\ldots (25)$$

причім одна глибина відповідає спокійній течії водозбігу, а друга — прудковідному водозбігу.

В наслідок того, що глибина води нижче від греблі є незначна (рис. 9а), спад піднесеної лінії енергії є тут далеко менший, ніж у нормального водозбігу, так що на невеликій відстані прудковідної струї обидві лінії енергії перетинаються.

Треба ще довести, що перехід прудковідного водозбігу у нормальний водозбіг ніколи не буває постійний та повільний, а навпаки завжди подібний до стрибка, цебто відбувається на дуже малій довжині. Висоту стрибка легко визначити з рівнання

(25), як ріжницю між обома глибинами, що відповідають лінії енергії нормального водозбігу. Обчислення дає по деяких перетвореннях таке значіння на висоту водяного стрибка:

$$h = \frac{H - 3t_u}{2} \pm (H - t_u)\sqrt{0{,}25 + \frac{t_u}{H - t_u}}, \quad (26)$$

де позначено через H — висоту розпологу лінії енергії над дном та через t_u — глибину, що відповідає цій висоті розпологу для прудковідного водозбігу. Якщо водяний стрибок перекритий ще поверхневим виром, то доводиться висоту стрибка, зважаючи на великі втрати від змішування, обчислювати за теорією реакції підпор, що її розвинув Кох.

В дальшій таблиці (стор. 51) наведено приклад розрахунку висоти дзеркала в низовому б'єфі для циліндричної греблі, яка має чисту ширину отвору 1,987 *м* при видатку води через цей отвір $Q = 550$ *м³/сек.* Ширина корита — 40,0 *м*; спад дна $J = 0{,}002$ і коефіцієнт шерехатости $n = 0{,}0202$ (у формулі Гангіле та Куттера).

Розрахунок провадимо так само, як і для водозбігу із спокійною течією, однак ідучи згори вн з за водою. Як тільки висота розпологу лінії енергії дійде висоти розпологу лінії енергії нормального водозбігу, дальший розрахунок стає непотрібний, в цьому бо місці утворюється водяний стрибок і прудковідний водозбіг переходить у нормальний водозбіг із спокійною течією. Розрахунок можна провадити аж поки дійдуть граничної глибини, як то видно з таблиці.

§ 15. Водозбіг через подовжні (рівнобіжні) греблі та розрахунок висоти переливу. Переливну греблю майже завжди будується в напрямку сторчовому до напрямку потоку води і через неї

Розрахунок стану водяного дзеркала нижче від циліндричної греблі з шириною переливного отвору $s = 1{,}987$ *м* при видатку води $Q = 550$ *м*^{3}/*сек*, ширині прямокутнього корита 40,0 *м*, спаді дна $J = 0{,}002$ та коефіцієнті шерехатости $n = 0{,}0202$ (у формулі Гангіле та Куттера)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Поперечний перекрій	Відстань поперечних перекроїв в *м*	Висота		Гірійнятий абсолютний спад водяного дзеркала h в *м*	Глибина води t в *м*	Пересічна площа поперечного перекрою F_m в *м*^{2}	Пересічний периметр поперечного перекрою P_m в *м*	Пересічний гідравлічний радіюс R_m в *м*	Швидкісний коефіцієнт c	Швидкісний напір $\frac{v^2}{2g}$ в *м*	Швидкісний спад h_g в *м*	Спад через шерехатість h_r в *м*	Розрахований абсолютний спад водяного дзеркала $h_a = h_r + h_g$ в *м*	Висота розпологу лінії енергії H в *м*
		Дна	Водяного дзеркала											
0,0		99,990	101,977		1,987*)					2,440				4,427
	20,0			−0,058		81,40	44,07	1,85	54,02		−0,227	0,169	−0,058	
20,0		99,950	102,035		2,085					2,213				4,298
	20,0			−0,071		85,62	44,28	1,93	54,35		−0,216	0,145	−0,071	
40,0		99,910	102,106		2,196					1,997				4,193
	20,0			−0,085		90,34	44,51	2,03	54,70		−0,207	0,122	−0,085	
60,0		99,870	102,191		2,321					1,790				4,111
	20,0			−0,110		95,82	44,79	2,14	55,07		−0,211	0,104	−0,110	
80,0		99,830	102,300		2,470					1,579				4,049
	14,0			−0,182		103,00	45,15	2,28	55,50		−0,239	0,057	−0,182	
94,0		99,802	102,482		2,680**)					1,340				4,020

Розрахунок нормального водозбігу дає глибину води $t_0 = 3{,}235$ *м* та висоту розпологу лінії енергії над дном $H = 4{,}156$ *м*. При тому водяний стрибок, себто перехід прудковідного водозбігу у нормальний водозбіг, установлюється між поперечними перекроями 40 та 60. Точне значіння знаходимо в такій дальшій таблиці:

40,0		99,910	102,106		2,196					1,997				4,193
	8,30			−0,032		88,82	44,44	2,00	54,58		−0,086	0,054	−0,032	
48,30		99,893	102,138		2,245					1,911				4,156
	0,00			−0,990							−0,990		−0,990	
48,30		99,893	103,128		3,235					0,921				4,156

Висота водяного стрибка при поперечному перекрої 48,30 становить, отже $h = 0{,}990$ *м*.

*) Вихідне значіння глибини для розрахунку.

**) Теоретична гранична глибина. Дальший розрахунок неможливий.

переливається вся кількість води, що припливає до греблі, тимчасом подовжню (напрямну) греблю (гатку) будується, щоб відвести у будь-яке бічне відгалуження річки зайвину води в тих випадках, коли кількість води перевищує певну границю; отже завдання її до певної міри облегчити головне корито. Це, наприклад, маємо в облегчувальних спорудах робочих каналів або в водоспусках на дощову воду в міській каналізації. Тому ці гатки споруджується в напрямку рівнобіжному до осі річки, при тому ширина річки часто від того звужується (стіснюється), бо річкове корито нижче від подовжньої (стіснювальної) гатки має вже відводити лише дуже незначну кількість води (рис. 12). Водозбіг через подовжню греблю не піддається простому розрахунку, бо висота переливу, а значить і кількість води, що переливається, не по всіх місцях є стала.

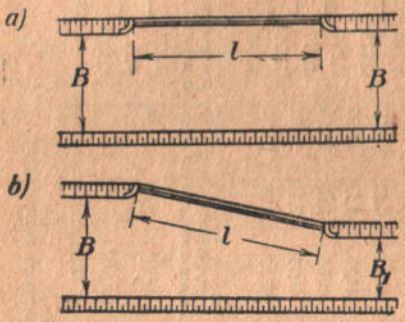

Рис. 12. Різний розполіг подовжніх гребель

На розрахунок кількости води, що переливається через подовжню греблю, Енгельс для випадку, показаного на рис. 12а (тобто для корита все однакової ширини) дав таку формулу:

$$Q = \frac{2}{3}\mu\sqrt{2g}\sqrt[3]{l^{2,5}\cdot h^{5,0}} \text{ в } м^3/сек \qquad (27)$$

Тут l — довжина подовжньої греблі в метрах і h — висота переливу так само в метрах. Коефіцієнт μ для наближеного розрахунку можна вважати за рівний 0,65. Енгельс знайшов, що в тому випадку, коли задня стінка греблі рівнобіжна до дна корита, видаток на одиницю довжини в напрямку до низу збільшується, причім поверхня води підноситься в напрямку за водою.

Для подовжніх гребель у звуженому (стісненому) простокутньому річковому кориті Енгельс, припускаючи так само рівномірний водозбіг у нижньому звуженому поперечному перекрої, довів, що видаток води, незалежно від величини звуження, становить:

$$Q = \frac{2}{3}\mu\sqrt{2g}\sqrt[3]{l^{2,7}\cdot h^{4,8}} \text{ в } м^3/сек \quad . \quad . \quad . \quad (28)$$

Звідси можна розрахувати потрібну довжину подовжньої греблі:

$$l = \sqrt[2,7]{\frac{Q^3}{\left(\frac{2}{3}\mu\sqrt{2g}\right)^3\cdot h^{4,8}}} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (29)$$

В цьому рівнанні треба обчислити кількість води Q, що її відводить подовжня гатка, із значінь Q_1 та Q_2 — кількостей води для рівномірного водозбігу, тобто для однакового спаду поверхні води вгору та вниз від подовжньої гатки, або відповідно добрати довжину подовжньої гатки.

§ 16. Водозбіг із під заставок (щитів) і характер водозбігу. Водозбіг із під заставок так само, як і витікання води крізь отвори в прямовисній стіні, може відбуватися по різному, залежно від стану води в низовому б'єфі як рівняти його до висоти отворів заставкових. Тут так само можна відрізняти чотири випадки, що їх показано на рис. 13a - d. Для денного порогу, як на рис. 13a та 13b характером водозбіг цілком подібний до водозбігу через греблі і так - само водозбіг показаний на рис. 13a може перетворюватися на такий, як показано на рис. 13b, якщо вода в низовому б'єфі піднесеться. Щождо розсіювання енергії струї, що виливається з під заставки, то має силу все те саме, що говорилося про це, коли описувано перелив через греблі.

Якщо після заставки є ще поріг, як це часом роблять, то відрізняємо такі випадки, коли водяне дзеркало в низовому б'єфі є під нижнім краєм отвору (як на рис. 13c) від тих випадків, коли воно піднесене на частину висоти отвору (рис. 13d).

§ 17. Розрахунок видатку води з під заставок. При такому водозбізі, як показано на рис. 13a та 13b, всі частинки води перебувають під сталим тиском тому, що нижній край заставки є нижче або на рівній висоті з поверхнею води. Отже швидкості у всіх частинах поперечного перекрою отвору теоретично є однакові, а саме

$$u = \sqrt{2g\,(h + k)},$$

де h — ріжниця між висотами горішнього та низового б'єфів, а k — швидкісний напір на поверхні горішнього б'єфу що дорівнює $\frac{u^2}{2g}$.

В такому разі кількість води, що витікає з під заставки дорівнює:

$$Q = \mu \cdot F \sqrt{2g\,(h + k)} \qquad (30)$$

де $F = B \cdot s$, причому s позначає ширину отвору, а B — ширину заставки. Коефіцієнт μ залежить насамперед од форми

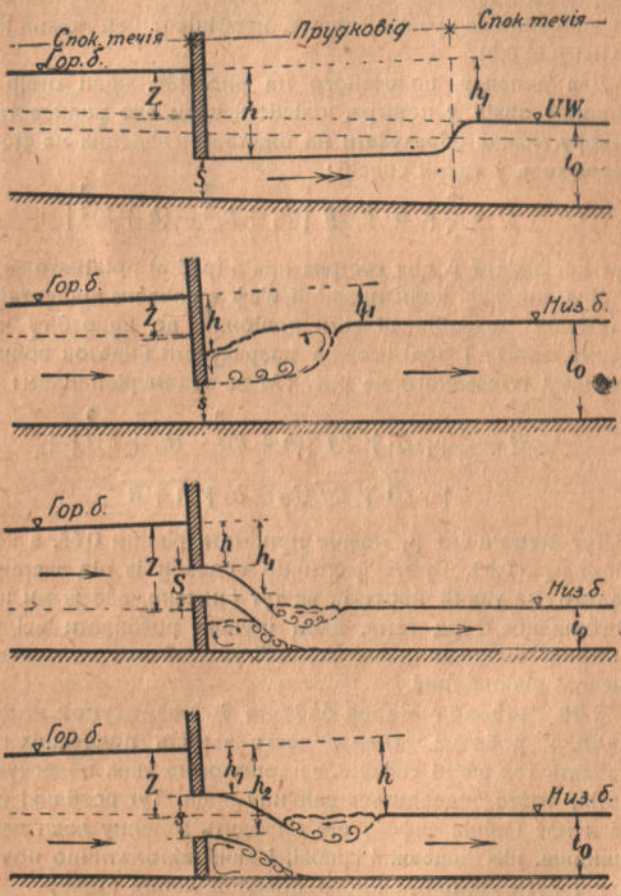

Рис. 13. Водозбіг із під заставок (щитів): a — Прудковідний водозбіг із переходом від прудководу до спокійної течії у водяному стрибку; b — Водозбіг із поверхневим виром, що підступає до самої заставки; c — Водозбіг через вільний отвір над поверхнею низового б'єфу; d — Водозбіг крізь отвір, що є частково під поверхнею води

нижнього краю заставки. Для добре закругленої форми, як це звичайно на практиці буває, коефіцієнт цей можна прийняти: $\mu = 0{,}81$.

Для випадку, показаного на рис. 13с, коли отвір має вільний вихід у повітря, кількість води, що виливається з отвору, можна обрахувати на підставі наведених на стор. 22 тверджень у такий спосіб:

$$Q = \frac{2}{3}\mu \cdot B \cdot \sqrt{2g}\left[(h_1 + k)^{\frac{3}{2}} - (h + k)^{\frac{3}{2}}\right] \qquad (31)$$

Тут коефіцієнт μ для гострих країв (рубів) прийнято за 0,62.

Для випадку, коли низовий б'єф є почасти підпертий, характером водозбіг цілком подібний до водозбігу через денну загату і тоді можна розрахувати видаток води для випадку, показаного на рис. 13d за таким рівнанням:

$$Q = \frac{2}{3}\mu_1 \cdot B \cdot \sqrt{2g}\left[(h + k)^{\frac{3}{2}} - (h_1 + k)^{\frac{3}{2}}\right] + \\ + \mu \cdot B \cdot \sqrt{2g}\,(h_2 - h)\sqrt{h + k} \qquad (32)$$

Тут коефіцієнт μ_1 можна приймати рівним 0,63, а коефіцієнт $\mu_2 = 0{,}53$. Проте фактично водозбіг із під заставок є далеко не такий простий, як тут описано, але ж ми надто відхилилися б од теми, якби почали розбирати всі різні можливі випадки такого водозбігу, особливо зважаючи на тискові відношення.

§ 18. Водозбіг через сифони й розрахунок видатку води. У робочих каналах часто замість подовжніх гаток роблять так звані сифони, за допомогою яких облегчується потік, тобто відводиться зайвину води. Тут особливі переваги має Гейнів сифон, що відводить зайвину води далеко швидше, ніж подовжні греблі, і який автоматично починає працювати від найменшого перебільшення підпору.

Такий сифон показано на рис. 14. Починає такий сифон працювати автоматично в той момент, коли вода, бодай трохи затопивши сифон, входить в середину його і водяна струя, перестрибуючи через ребро (a), замикає простір та розріджує повітря в сифоні, захоплюючи із собою частинки

повітря. Коло сифону встановлюють допоміжний всисний патрубок, щоб регулювати висоту поверхні води. Особливу

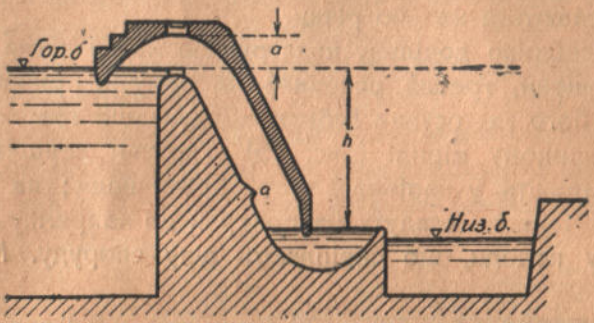

Рис. 14. Сифон, що автоматично починає робити при незначному збільшенні підпору (Гейнів сифон)

увагу треба звертати на те, щоб не давати тут воді замерзати. Розраховуючи кількість води, що її відводитиме сифон, користуються з такої формули:

$$Q = \mu \cdot \sqrt{2gh} \cdot F, \qquad (33)$$

де h є висота перепаду сифону, а μ — коефіцієнт. Цей коефіцієнт може хитатися від 0,5 до 0,7; для Гейнового сифону його приймають рівним 0,55 — 0,6. Висота перепаду в такого сифону не мусить, розуміється, перебільшувати 7,0 *м* (теоретично, в кожному разі 10,33 *м*), інакше бо під впливом вакууму в замку (верхній частині) сифону вилучається повітря з води і тоді порушується робота сифону й інколи він може навіть цілком припинити свою роботу.

РОЗДІЛ IV

КОНСТРУКТИВНА БУДОВА СЛІПИХ ГРЕБЕЛЬ

§ 19. Водопропускні сліпі греблі. З таких гребель найпростіша є гребля з тарасок. Будують її так: на всю ширину річки настилають шарами

тараски, складені на взірець матраців, і закидають їх або вкривають зверху камінням, від чого вони спускаються на дно річки.

Особливо доцільну конструкцію має, і легка до побудови, гребля, основана на тому ж принципі, що його застосував Біберн, збудувавши греблю в невеликому мірилі (рис. 15). Тараски вершками укладають у напрямку вгору проти води; на гузирі тарасок кладуть навпоперек до напрямку потоку колоди, що скріпляють цілу споруду. Між

Рис. 15. Водопропускна гребля із тарасок

окремими шарами з того краю, де лежать вершки тарасок, накидають важке каміння, яке міцно тримає споруду на дні річки.

Далеко міцніші і звичайно не такі водопропускні греблі із круглих та тесаних колод. Часто такі греблі ущільнюється, обкладаючи їх мохом, глиною тощо і тоді вони стають майже водонепропускні.

Залежно від того, як укладається колоди, відрізняють греблі із рублених стін та греблі з гарованих стін.

Перших уживають у найпростіших випадках, споруджуючи денні пороги, або гатки. Їх будують, укладаючи трями впоперек до напрямку течії на

дно річки. Ряд таких трямів скріпляють, забиваючи палі. Накладаючи скільки треба трямів можна зробити греблю довільної висоти.

Просту конструкцію греблі з рублених стін показано на рис. 16.

Колоди, що творять загату, покладено між двома рядами паль. Греблю з горішнього боку, а також дно під нею обкладають тесаним камінням, щоб

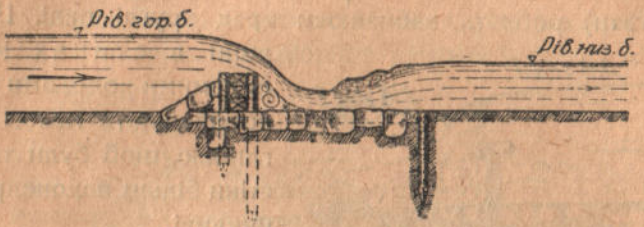

Рис. 16. Гребля з рублених стін

вода не підмивала греблю та щоб гребля менше пропускала воду.

Щоб вода, переливаючися через греблю, не руйнувала її, дно річки вниз від порогу укріпляють великими тесаними каменями, що їх скріплюють довгими навпоперек покладеними колодами, які також закріплено палями до грунту.

Зважаючи на те, що греблі з рублених стін ставлять лише незначний опір проти тиску води, вони придатні лише для невеликих підпорів. Будуючи великі греблі з рублених стін, роблять так, що напірні стіни з багатьох накладених одну поверх одної колод упираються внизу при дні об ряд паль, забитих у дно річки, а вгорі при гребені греблі об укосини, які й собі упираються в ряд паль,

забитих трохи нижче і передають отже тиск води на грунт.

Водобій замість брукувати можна вкривати помостом із платвин 5—10 *см* грубих.

Якщо грунт пухкий, не скелястий, то підпірні тіла будують забиваючи прямовисно великі колоди. Не дуже водонепропускні, але всеж таки добрі і легкі до побудови підпірні споруди (загати) роблять, забиваючи вряд круглі палі. Щілини в стиках між окремими колодами законопачують мохом та глиною, щоб були такі стіни більш водонепроникливі.

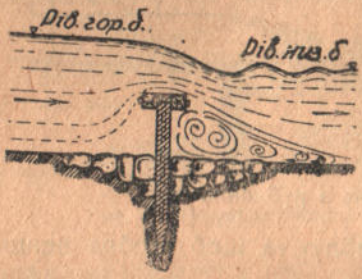

Рис. 17. Гребля з гарованих стін

Палі забивається лише так, щоб їхні вершки ще виступали над поверхнею води, а тоді вже пилкою спилюють на потрібну висоту.

Значною мірою більш водонепропускну напірну стіну, але проте й далеко дорогшу можна зробити, забиваючи ряд гарованих паль. З одного боку паль видовбують рівчачки, а з другого боку — гребені. Так гаровану стіну скріпляється ще подовжніми брусами, що їх притягують вгорі з обох боків (рис. 17).

Загатні стіни, вищі за один метр, дуже добре підпірати ще укосинами. Забивають палі звичайно у відкритому котловані (викопі), відводячи на час цієї роботи воду в бік.

Водобій роблять із сухого мурування, яке зв'язують, заливаючи шва цементним розчином. Частіше водобій роблять із дерев'яного помосту, настилаючи його на постелю з тесаного каміння.

Греблі з сухого мурування, це — найстаріша форма загат.

Що ретельніше й щільніше притесано один до одного окремі камені, то менша є втрата води. У греблях більшої висоти можна ядро тіла греблі робити, накидаючи дрібніше каміння (скалля) або

Рис. 18. Гребля із нарінковим ядром та сухого мурування

нарінок, а ті частини греблі, що їх омиває вода — добре брукувати камінням (рис. 18). Велику увагу треба звертати на спорудження переливної стінки греблі. Розмір каменів, з яких споруджують її, треба обирати так, щоб кожний окремий камінь своєю власною вагою ставив би достатній опір проти розмивання від води.

Будуючи греблю на тонко-сипкому рухливому ґрунті, треба особливу увагу звертати на ретельне брукування дна в низовому б'єфі. Це конче потрібно, щоб вода не могла підмивати греблю, інакше бо постає загроза нерівномірного осідання тесаних каменів, які нарешті можуть навіть сповзати вниз споховини.

Щоб послабити розмивання дна нижче від греблі при надто великій швидкості переливу, переливну стінку будують із якнайпологішим спадом. Від того спочатку швидка вільна струя поволі переходить у нормальний поперечний перекрій потоку. Спад дна тут треба робити в межах від 1:2 до 1:5, але бувають спади ще більш пологі (аж до 1:15).

Інколи буває, що кам'яна гребля, споруджена в річці, яка несе велику кількість намулу, виявляє спочатку велику втрату води, але часом сама ущільнюється і то в наслідок того, що намули від великого тиску води втискуються у дрібненькі прожилки між камінням, зменшуючи поволі отвори і нарешті зовсім закриваючи їх.

Коли треба будувати вищі греблі та в такій водотоці, де вода дуже розмиває дно,—роблять звичайно греблі дерев'яні, виповнюючи їх у середині відповідним матеріялом. З круглих або тесаних колод роблять зовнішній кістяк під тіло греблі і тоді порожнечі всередині виповнюють камінням, глиною та землею.

Найвідоміші так звані ряжеві греблі (із дерев'яних ящиків). У таких гребель напірну стіну з боку від горішнього б'єфу, гребінь та дно водобою вкривають дерев'яним помостом (рис. 19). У такий спосіб, каміння, що само одно не могло б устояти проти розмивання води, захищене тут від безпосереднього чину ударної сили води.

Обшиваючи тіло греблі дерев'яним помостом, зменшують також і водопроникливість греблі; ще

ліпше — законопачувати щілини, від чого гребля стає цілком водонепроникliва. Замість конопатити можна дійти тих самих наслідків, засипаючи й бутинуючи безпосередньо під помостом шар водонепропускного матеріялу, як от глини тощо.

Завжди доцільно в ряжевих гребель та взагалі у всіх водопропускних гребель робити широку підошву. Надто ж це важливо, щоб цілком позбавитися розмивання під тілом греблі, коли будують

Рис. 19. Ряжева гребля

греблю на звітрілому грунті. Найліпше для того заглибити дощану стінку, що править за зовнішній покрив греблі аж до самого материка, забиваючи стінку з гарованих паль, яка одночасно й закріплює всю споруду до дна.

Коли будують греблю на скелястому грунті, то, загроза підмивання греблі тут одпадає, тимчасом виникає тяжке завдання закріпити греблю на місці. Це питання інколи дуже тяжко розв'язати. Найкращий для того спосіб є, здається, той, що залізними анкерами із розщепленими нижніми кінцями закріплюють нижній ряд брусів до скелястого грунту. Анкера закріплюється у свердловинах,

завглибшки залежно від висоти греблі, що їх відтак заливають цементом або оливом.

Термін служби ряжевих гребель дуже великий, алеж їх треба постійно доглядати.

Щоб охоронити греблю від гниття — найголовнішого ворога добре закладеної і міцно побудованої ряжевої греблі — треба пильно стежити, щоб усі дерев'яні частини греблі завжди були замочені водою, для чого найкраще засипати ряжі до верху скаллям.

Дерев'яна гребля, виповнена глиною, може бути, якщо її добре побудувати, дуже щільна і водонепроникliва. Найголовніша умова для цього — щоб дерев'яна обшивка була якнайщільніше прифугована і щоб отже вода не могла вимивати глину. Спосіб будови дерев'яного кістяка є приблизно той самий, що й при будові гребель із кам'яним виповненням. Часто забивають дві або три подовжні стіни з гарованих паль. Якщо є три такі стінки, то середню роблять вищу, щоб вона виступала над основою греблі і тоді верхній покрив утворює похилу (скошену) переливну стінку та похилу напірну стінку греблі. Кістяк виповнюють замоченою глиною в пластичному стані, накидаючи її шарами й бутинуючи, щоб утворилося щільне глиняне ядро, через яке не просочуватимуться водяні струйки.

Будуючи водопроникливі греблі, доводиться дбати про укріплення берегів і споруджувати там опори та щокові мури, що їх тепер роблять мурованні або бетонні.

§ 20. Греблі масивної будови. Описані в попередньому уступі греблі, мають ту велику хибу, що потребують постійних витрат на догляд та утримання в порядку, якщо мають вони працювати довший час. Отже всю їхню перевагу (невелика початкова вартість спорудження) часто ця хиба цілком паралізує. І зовсім не можна споруджувати такі греблі через їхню водопроникливість у тих випадках, коли треба намагатися якнайповніше використати наявні запаси води. Своєрідність та простота цих споруд абсолютно не забезпечує надовго надійність їх і стійкість, тому тепер по культурних країнах їх будують далеко рідше. Такі греблі виправдують себе лише там, де бракує відповідної робочої сили, щоб споруджувати водонепроникливі греблі і де приставляння потрібних у будівництві масивної греблі всіляких будівельних та зв'язних матеріялів, потребує великих витрат.

Майже всюди поширилося тепер споруджування масивних сліпих водонепроникливих гребель з бетону або мурування, останніми ж часами також і з залізобетону. Дарма що вартість спорудження такої греблі є в багато разів більша, проте відпадають цілком наступні витрати на утримування в порядку.

В поперечному перекрою їх роблять такими, щоб тіло греблі само своєю власною вагою могло ставити достатній опір проти всякого напору води.

Крім гідростатичного тиску води на підпірну стіну з горішнього б'єфу, тут маємо ще обтяження греблі від тиску струї води, що переливається

через неї, та від тиску води на переливну стінку з низового б'єфу та, нарешті, вдари водяного потоку об тіло греблі. Далі треба додати, якщо греблю побудовано на водопроникливому ґрунті, ще й підіймальний тиск води, що його спричинює вода, проникаючи у ґрунт під тиском, який приблизно відповідає висоті горішнього б'єфу. Від того меншає власна вага масивного тіла греблі.

В той час, як у переливу з вільною струєю струя води відділяється від переливної стінки і не тисне будь-якою мірою на цю стінку, у гребель з прудковідним переливом під гребнем часто утворюється вакуум, на який треба розраховувати, як на розтяжну силу, що діє на тіло греблі. У гребель з мурування або в гребель бетонних, обмурованих великими тесаними каменями, доводиться поодинокі камені на переливній стінці коло гребеня закріпляти залізними анкерами, щоб їх не могли зрушити розтяжні сили.

Протитиск низового б'єфу, що майже завжди має місце, сприяє стійкості тіла греблі, бо діє він навпроти тиску горішнього б'єфу. Розраховуючи поперечний перекрій наближено, цим протитиском звичайно нехтують.

Розрахунок найменшого поперечного перекрою масивної греблі провадять, зважаючи на господарські чинники, щоб при найменшій витраті будівельних матеріялів у жодному разі не переступати через допускні напруги. Звичайно керуються з того правила, що для всякого шва в масивному тілі греблі допускна напруга у

зв'язному матеріялі має бути в межах від 8 до 12 *кг/см²*.

Обираючи тип основи під греблю, треба брати до уваги допускні стисні напруги в підгрунті, що вони, як видно з поданої тут таблички, можуть бути дуже різні:

Характер грунту	Допускне обтяження в *кг/см²*
1. Насипаний грунт	0,5 — 1,0
2. Суха глина	3,0 — 4,0
3. Стверділі поклади піску	4,0 — 4,0
4. Стверділі поклади нарінку . . .	6,0 — 8,0
5. М'які кам'яні породи: пісковики, туфи	7,0 — 15,0
6. Міцна тверда скеля	20,0 — 30,0

Якщо підгрунтя не є цілком бездоганне, то треба його випробувати обтяженням, щоб визначити допускні для нього напруги.

Інша вимога, коли розраховують розміри підпірного тіла греблі, та, що в тілі греблі не повинні виникати будь-які розтяжні напруги. Як додержуватися цього, то навіть у тих випадках, коли тіло греблі з будь-яких причин розколеться, щілини залишатимуться закриті і вода не просочуватиметься вглиб мурування.

Стійкість греблі забезпечена в тому випадку, коли момент (власна вага, помножена на відстань точки прикладання її від лінії перетину досліджуваного шва із переливною стінкою) принаймні дорівнює обертальному моменту, що його спричинює навколо тієї ж таки точки тиск води. З цього ж

виходить, що при однакових площах поперечного перекрою момент власної ваги є то більший, що більше підпірне тіло нависає проти води. Однак ці вимоги на практиці задовольнити не можна, і тому на лінію, що обмежовує поперечний перекрій з напірного боку греблі, обирають прямовисну лінію. Спад переливної стінки розраховують сутоматематично.

Друга виставлена вимога про те, щоб не виникало жодних розтяжних напруг, задовольняється тоді, коли вислідна із власної ваги та тиску води в жодному шві не виходить із середньої третини тіла греблі.

Розрахунок греблі розпочинають завжди з визначення найвищого допускного рівня води при найбільших високих водах. Якщо загадано довжину греблі, то з рівнання, поданого в розділі III, визначається потрібну для цієї максимальної кількости води висоту переливу h_{max}, а відтак і висоту гребеня греблі.

За основну фігуру при першому визначенні розмірів греблі береться з цих міркувань прямокутній трикутник, що його висота дорівнює висоті найбільшого рівня води.

Вживаючи позначень з рис. 20, маємо для вислідної тиску води:

$$W = \frac{h^2}{2} \cdot \gamma \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad (34),$$

де h — глибина води, а γ — питома вага води $= 1$ *тон/м*³. Прикладену в осередку ваги гребельного трикутника вагу G мурування визначаємо так:

$$G = \frac{b \cdot h}{2} \cdot \gamma_м \quad \ldots \ldots \ldots \quad (35),$$

де h — глибина води, b — ширина греблі на глибині h та $\gamma_м$ — питома вага мурування.

Вислідна R із W та G так само проходить через осередок ваги і може перетинати шво BC в усякій точці між I та II, якщо не повинні поставати жодні розтяжні напруги. Для граничного випадку, який дає найменший можливий поперечний перекрій, вислідна R проходить через точку II,

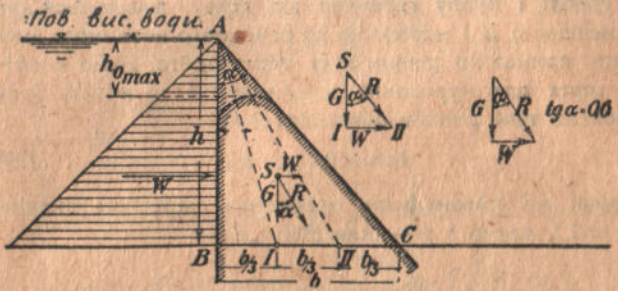

Рис. 20. Визначення розмірів масивної греблі

і тоді напруга в підпірній стіні біля B дорівнює нулеві, тимчасом у точці C є вона найбільша.

Після того, розраховується потрібну ширину b при загаданій висоті h. З подібности трикутників S, I, II та A, B, C маємо:

$$W : G = b : h \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (36)$$

$$b = \frac{W \cdot h}{G}$$

або, підставляючи сюди значіння із рівнань (34) та (35)

$$b = \frac{h^2 \cdot \gamma \cdot 2 \cdot h}{2 \cdot b \cdot h \cdot \gamma_м}$$

$$b = h \sqrt{\frac{\gamma}{\gamma_м}}$$

або, беручи до уваги, що $\gamma = 1$, маємо:

$$b = \frac{h}{\sqrt{\gamma_м}} \text{ в } м \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (37)$$

Кут нахилу α переливної стінки визначаємо із:

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{W}{G} = \frac{b}{h} = \frac{1}{\sqrt{\gamma_м}} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (38)$$

Беручи до уваги те, що, крім стійкости, треба ще забезпечити греблі і певну гарантію від ковзу, доводиться кут між вислідною R і нормаллю до основного поземного шва обирати принаймні рівним кугу тертя, тобто, якщо коефіцієнт тертя для мурування прийняти 0,6, то мусить бути задоволено таке умовне рівнання:

$$\operatorname{tg}\alpha = 0{,}6 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (39)$$

Беручи на питому вагу мурування пересічне значіння $\gamma_м = 2{,}2$, маємо з рівнання (38), що:

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{1}{\sqrt{2{,}2}} = 0{,}675,$$

тобто греблю не забезпечено від ковзу, і отже обраний поперечний перекрій є замалий.

Щоб задовольнити рівнання (39), треба, отже, змінити поперечний перекрій, і тоді дістаємо потрібні розміри, покладаючи, що:

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{W}{G} = 0{,}6 \quad \ldots\ldots\ldots \quad (40)$$

або

$$\frac{h^2 \cdot \gamma \cdot 2}{2 \cdot b \cdot h \cdot \gamma_м} = 0{,}6;$$

звідки дістаємо:

$$b = \frac{h \cdot \gamma}{0{,}6 \cdot \gamma_м} = \frac{1{,}67\,h}{\gamma_м} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (41)$$

Тимчасом із значінням $\gamma_м = 2{,}2$ маємо:

$$b = 0{,}76 \cdot h \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (42)$$

або

$$b \cong \frac{3}{4}\,h \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (42a)$$

Для цього перекрою треба тепер визначити напруги. Розрахунок цей провадимо за рівнанням:

$$\sigma = \frac{V}{b \cdot d} \cdot \left(1 \pm \frac{6 \cdot ed}{b}\right) \ldots\ldots\ldots \quad (43)$$

де

σ — напруга в крайньому волокні в $кг/см^2$
V — прямовисна складова вислідної R
d — глибина, b — ширина } основного поземного шва
e — ексцентриситет вислідної.

Для випадку, коли $b = \frac{3}{4}h$, дістаємо, отже, такі значіння

$$V = G = \frac{b \cdot h}{2} \cdot \gamma_м = \frac{3 \cdot h^2}{4 \cdot 2} \cdot \gamma_м = \frac{3}{8} h^2 \cdot \gamma_м$$

далі при

$$d = 1{,}0 \ м$$

та при

$$e = \frac{h}{3} \cdot \operatorname{tg} \alpha - \frac{b}{6} = \frac{0{,}6\,h}{3} - \frac{3\,h}{4{,}6} = 0{,}075\ h$$

маємо

$$\sigma = \frac{3\,h^2 \cdot \gamma_м \cdot 4}{8 \cdot 3 \cdot h}\left(1 \pm \frac{6 \cdot 0{,}075\,h \cdot 4}{3\,h}\right) = \frac{h \cdot \gamma_м}{2}\left(1 \pm 0{,}6\right) \text{ у } т/м^2 . \quad (44)$$

або для $\gamma_м = 2{,}2$:

$$\sigma_{max} = \frac{1{,}6 \cdot 2{,}2 \cdot h}{2} = 1{,}75\,h \text{ у } тон/м^2$$

При висоті греблі 10,0 $м$ постає тоді з сухого боку найнижчого шва найбільша напруга в 1,75 $кг/см^2$.

Отже, як видно з цього, задовольняючи вимогу для забезпечення греблі від ковзу, не можна цілком використати допускні стискові напруги мурування.

Поданий тут розрахунок дає змогу лише наближено визначити розміри греблі. Остаточний розрахунок провадять, лише встановивши розмір поперечного перекрою з цього таки самого погляду. І загалом дає цей розрахунок подібні ж значіння, хіба що запроваджені будуть більші зміни поперечного перекрою на підставі будь-яких інших міркувань.

Будуючи греблі на водопропускному звітрілому грунті, не можна забувати брати до уваги в розрахунку також і підіймальний тиск води, тобто тиск води знизу вгору на тіло греблі.

Від теоретично нормального поперечного перекрою на практиці завжди доводиться більш або менш відхилятися, оскільки того вимагають місцеві умовини.

В тому випадку, коли можна побоюватися виникнення підіймального тиску води, поперечному перекрою надають трапезувату (трапецоїдальну) форму, щоб якнайбільшою вагою мурування знову зрівноважити збільшений перекидний момент тиску горішньої води або відповідно забезпечити греблю від ковзу.

Напірну стіну майже в усіх випадках виводять прямовисно на цілу висоту греблі, хіба що будівельний матеріял потребує похилого упорядження, як, наприклад, у водопропускних гребель.

Хоч, будуючи масивні греблі, на це можна не зважати, проте випадково може статися, що збудують похилу напірну стіну і то з тих міркувань, що така конструкція дуже сприятливо впливає на

перелив. За даними Базенових досліджень, споруджуючи похилу напірну стіну греблі при однаковій висоті переливу, можна збільшити видаток води на 7%.

Проте, після того, як новими дослідженнями доведено, що майже таких самих наслідків можна дійти відповідною конструкцією гребеня греблі, вищезгадана підстава відпадає. Крім того, плоска широка підошва перед греблею в річці, що несе багато криги, має ще хибу в тому, що через те посилюється руйнування греблі від ударів криги.

Щодо форми гребеня греблі, то на практиці маємо дуже багато найрізноманітніших розв'язань, що їх розвинуто під різними поглядами. У найпростішому випадку маємо рівну поземну площинку, що утворює з напірною стіною та з переливною стіною гострі краї і через це гребля з таким гребенем має невеликий коефіцієнт видатности щодо водозбігу. Крига, дерево та інші всякі тіла, що плавають на поверхні води, часто сильно вдаряють у гребень греблі, і тому, щоб запобігти руйнуванню від цих ударів та щоб поступінно послаблювати ці удари, гребень греблі з боку горішнього б'єфу роблять із спадом (рис. 21).

Ще ліпше впливає на перелив води гребінь греблі, закруглений за колом або за еліпсою. Дарма що споруджувати такий гребень трохи важче, проте форма ця має перевагу в тому, що коефіцієнт видатности в неї на кілька відсотків більший.

По невеличких річках з дуже мінливим режимом, з великими коливаннями водозбігу іноді дуже бажано, а звичайно також і можливо в інтересах кращого використання енергії води, щоб за низької води гребінь греблі був трохи вищий, ніж то потрібно, якщо брати до уваги рівень високої води. В такому випадку роблять на гребені греблі переставні (розбірні) підпірні стіни, що їх установлюють при низькій воді та здіймають при високій воді. В тій цілі у гребінь греблі забетоновують сторч обрисові,][або I залізні трями, проміжки між якими закидають міцними платвинами або заметинними (шандорними) трямами.

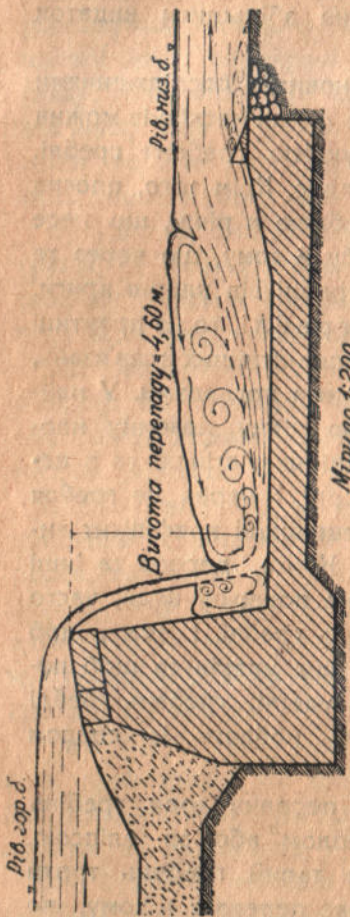

Рис. 21. Гребля з переливом із вільною струєю (водоспадна гребля) із заглибленим водобоєм та зубчастим порогом

Замість підпірних та заметинних трямів вживають інколи підпірних хлипаків, що їх за високої води просто відкидають. Такі пристрої становлять уже перехід до переставної (розбірної) греблі.

Залежно від форми переливної стінки сліпі греблі в § 8 уже поділено на: а) греблі з переливом із вільною струєю, в) греблі з прудковідним переливом та с) греблі із східчастими перепадами.

Від будови переливної стінки залежить форма струї, що переливається.

У гребель із переливом із вільною струєю струя, що переливається, відділяється вже біля самого гребеня від твердої основи і в дальшому русі описує параболу падіння (рис. 21).

Греблі з прудковідним переливом найбільше відповідають теоретично розрахованим найменшим поперечним перекроям. Спад переливної стінки для них обирають так, щоб навіть при найбільшому можливому видатку води водяна струя не могла відділитися, а навпаки, текла ввесь час, щільно притиснута до переливної стінки. Радіюс гребеня греблі обирають, розуміється, відповідно великий. Запропонований від Ребока (Rehbock) нормальний поперечний перекрій для греблі з прудковідним переливом має спад переливної стінки 3:2, тимчасом радіюс гребеня можна обчислити за формулою:

$$h_{max} = r \cdot \left(6 - \frac{20}{p + 3r}\right),$$

що її знайдено експериментально. В цій формулі позначено через

h_{max} — найбільшу можливу висоту переливу,

p — висоту греблі,

r — радіюс кривини гребення греблі (рис. 4).

Перехід переливної стінки у поземний водобій так само звичайно закруглюють.

Спад у переливної стінки може бути, розуміється, і не такий крутий, як це часто роблять по таких

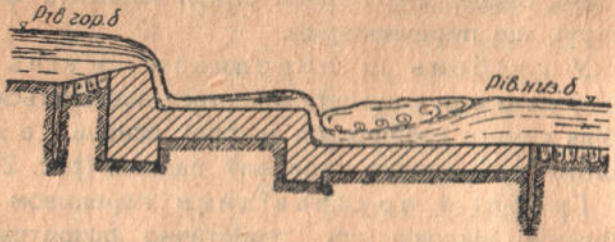

Рис. 22. Розріз через східчасту греблю

греблях, коли можна побоюватися виникнення підіймальної сили води і коли, отже, греблі треба надавати більших розмірів.

Рідше будують греблі із східчастим перепадом (східчасті греблі), в яких загальна висота перепаду поділена на частинні перепади, сполучені між собою проміжними водобійними площинками (рис. 22). Така будова вимагає завжди більшої витрати будівельних матеріялів, тимчасом не забезпечує повного вбирання (розсіювання) енергії, що є тут на меті.

§ 21. Греблі залізобетонні. Уживання залізобетону з великим успіхом прищепилося також

і в будівництві гребель, і тепер залізобетонні греблі не можна вже означати, як окремі поодинокі випадкові споруди. Перевага цих гребель є в тому, що вони потребують малої витрати матеріялів, порівнюючи з греблями інших типів.

Споруджуючи залізобетонні греблі, треба якнайбільше уваги звертати на водонепроникливість бетону. Для цього вживають гідравлічного цементу або до цементу додають трасів. Взагалі, крім того, радять ще вкривати мурування особливо густим захисним шаром із дуже масного цементного розчину з відповідними домішками. Дуже добре ущільнювати, обмазуючи споруду гудроном та накладаючи шар толю або рубероїду,— від того стає гребля дуже водонепроникliва.

В залізобетонних гребель власна вага, рівняючи її до тиску води, є досить мала, і тому, щоб забезпечити стійкість греблі, доводиться використовувати вагу самої води.

Це приводить до застосування похилих напірних стін, які рідко похилені більше, як на 50° до поземy. Тиск води, що його приймає на себе напірна стіна через бики (проміжні стояни) або ребра, передається на фундаментну плиту, а якщо за основу для греблі є скеля, то тиск передається безпосередньо на підгрунтя. Будова має бути така, щоб виспідна з власної ваги підпірної стіни й биків та тиску води не випадала за середину основного поземного шва (рис. 23). Стисні напруги, що виникають тут, не повинні перебільшувати допускних граничних напруг для відповідного грунту.

З цієї вимоги розраховується відстань між биками, а рівно ж і ширину фундаменту (основи).

На рис. 24 показано залізобетонну греблю на водопропускному звітрілому грунті. Порожнеча в тілі греблі сполучається з низовим б'єфом через отвори в переливній стіні. В такий спосіб вода,

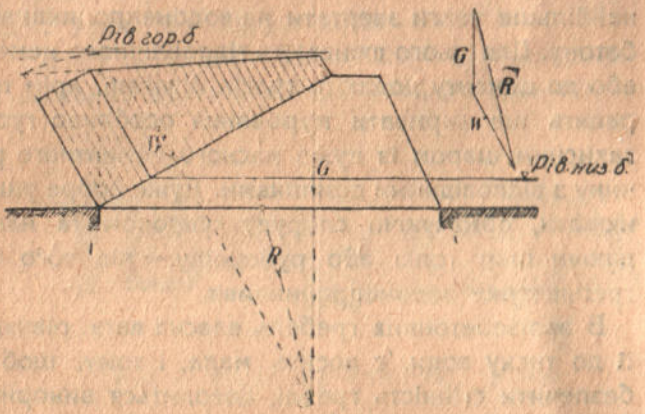

Рис. 23. Схема дії сил в залізобетонній греблі

що є всередині греблі, своєю власною вагою збільшує стійкість споруди.

Щоб запобігти підіймального тиску підгрунтових вод, з горішнього та низового краю поперечного перекрою греблі, забивають стіни з гарованих паль, дерев'яних або залізних. Крім того, фундамент греблі будують не масивний (суцільний), а з отворами, щоб вода, потрапляючи в підгрунтя, могла вирівнюватися із водою низового б'єфу.

Бики, що їх залежно від висоти греблі будується на відстані 4—8 *м* один від одного, скріпляється

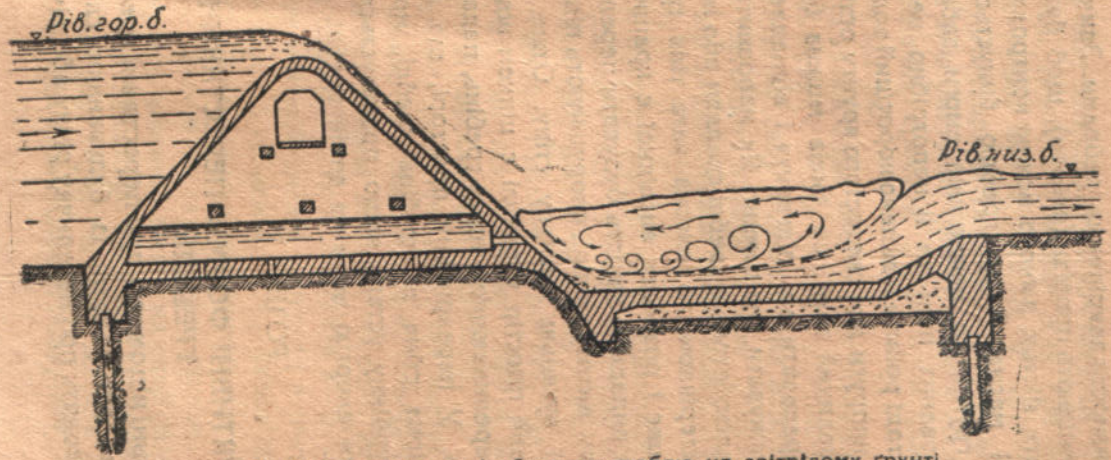

Рис. 24. Розріз через залізобетонну греблю на звітрілому грунті

ще для штивности закріпними ребрами. Звичайно, в биках залишають прорізи (отвори), щоб було де споруджувати місток, з якого можна контролювати порожнявий масив. Якщо греблю будується на скелястому грунті, то немає вже змоги забивати стіну з гарованих паль та й непотрібно це; так само можна тоді робити й далеко коротший водобій.

Допускні напруги для скелястого грунту остільки значні, що великий тиск від биків можна безпосередньо передавати на підґрунтя і відпадає потреба споруджувати фундамент. Як наповнити порожнечу в залізобетонній греблі скаллям або іншим кам'яним матеріялом, то власна вага тіла греблі значно більшає і розполог вислідної є кращий.

У багатьох випадках, замість будувати переливну стінку на цілу висоту греблі, споруджують під гребенем греблі вузеньку запірну стіну. Отже, тоді ввесь порожній простір у греблі є цілком відкритий, струя, переливаючися через гребінь, падає як вільна струя. У перекритому просторі, що його утворює напірна стіна та гребінь греблі, можна розмістити турбінну уставу, якщо проєктується використовувати енергію води на самій греблі.

РОЗДІЛ V

КОНСТРУКТИВНІ ФОРМИ ПЕРЕСТАВНИХ ГРЕБЕЛЬ

§ 22. Загальні відомості про переставні греблі. З невигодами, які зв'язані із будуванням сліпої греблі, якщо ходить про невеличку річку або річку,

що протікає в малозалюдненій місцевості, можна ще миритися. Тимчасом такого типу греблі не задовольняли вже вимог, що їх у другій половині останнього сторіччя почали висувати потреби широкого використання енергії води в промисловості та прагнення зробити річки судноплавними для великих суден.

Отже, треба було знайти нові способи підпирати воду на велику висоту, навіть у рівнинних річках, забезпечуючи себе тимчасом від зв'язаної раніше з цим загрозою поводі підчас високої води, а також від замулювання річки вище від підпірної споруди.

Цю вимогу можна було б задовольнити в один лише єдиний спосіб, а саме, підпірну частину споруджувати так, щоб її всю або частинами можна було видаляти з водяного потоку, даючи вільний прохід воді на всю ширину корита річки підчас великого й найбільшого водозбігу.

Заметинні трями та дерев'яні заставки (щити), що їх давно вже вживалося по менших спорудах, були в будівництві великих гребель за прототип. Однак дерева, що його перевага в легкій обробці, тут, при великій висоті підпору, вживати вже не можна було, і на заміну йому стали залізні конструкції. Останніми десятиріччями ще збільшилася потреба будувати велетенські греблі, щоб використовувати рівнинні річки на здобування енергії. І, отже, тоді швидко розвинулося застосування заліза в гідротехніці. Тепер техніка дійшла вже такого розвитку, що одним єдиним підпірним тілом можна

враз закривати, і то цілком щільно й надійно, проміжки завширшки в просвіті до 50 *м*.

Переставні греблі мають перед сліпими ту велику перевагу, що, відповідно регулюючи їхні переливні отвори, можна при всякій кількості води, що припливає, додержувати певного підпору.

Найголовніші конструктивні труднощі при спорудженні таких гребель є в тому, щоб дійти яко мога абсолютної щільности (водонепроникливости), та в тому, щоб була змога швидко й надійно видаляти та знов установлювати підпірні частини, не побоюючися жодних випадковостей.

Відкриваючи закривкові отвори, дають вільну дорогу в низовий б'єф намулу, що відклався у підпертому (загаченому), водоймищі, і в такий спосіб припиняють надмірне замулювання дна та забірних споруд.

Спеціяльна конструкція підпірних частин дає змогу, без великої втрати води, відводити кригу і, отже, запобігти загроз від кригоплаву.

Поруч того, як дедалі більше поширювалося будівництво переставних гребель, довелося відмовитися від застосування людської сили, щоб видаляти й установлювати підпірні тіла. Тепер це роблять спеціяльними машинними пристроями, які, проте, лише при постійному догляді та старанному утриманні в порядку забезпечують надійність роботи споруди. Отже, через це далеко більші є для цих гребель (рівняючи до сліпих гребель) так початкові витрати на спорудження, як і наступні витрати на утримання споруди в порядку

та витрати на зарплатню персоналові, що обслуговує греблю.

Великий напір води (гідростатичний тиск) спричиняється до скупчення запасів енергії, що їх при надмірній кількости води не можна вже використати в промислових підприємствах. Тому цей напір води використовується тепер, щоб рухати закривкові частини греблі.

Це привело до конструкції автоматичних гребель, які регулюють самостійно величину переливних отворів відповідно до всякої кількости води, що підпливає і, то використовуючи для того лише напір води й не потребуючи будь-якої сторонньої сили.

Переставні греблі потребують твердого фундаменту, в який упираються спущені підпірні тіла, а також нерухомих напрямних поверхней, об які ковзають закривки, коли їх витягається. Цей фундамент, що його називають порогом греблі, може бути на висоті дна річки або дещо виступати над ним.

Для дуже широких річок через певні конструктивні особливості підпірного тіла та обмежену потужність пристроїв, що витягають закривки, доводиться розділяти всю греблю проміжними биками на більше число отворів. Проте, число цих отворів, треба обмежувати абсолютно потрібним мінімумом, щоб запобігти зайвих витрат.

Щоб установлювати машинні пристрої та щоб була змога контролювати споруду, на переставних греблях роблять службовий місток. На більших

спорудах цей місток доцільно використовувати як проїжджий міст, відповідно розширивши його.

§ 23. Сторчакові (голчасті) греблі. Сторчакові (голчасті) греблі загачують воду своєю підпірною стінкою із дерев'яних сторчаків, називаних ще голками, що їх становиться майже прямовисно щільно одну біля одної. Сторчаки своїми гузирями упираються в поперечний поріг, побудований на всю ширину річки; своїми верхніми кінцями сторчаки спираються на упорний брус, називаний штагою, поведений над поверхнею води через всю ширину переливного отвору греблі, нерухомо закріплений або вставний.

Стан води регулюють тим, що сторчаки вставляють більш або менш щільно; за високої води сторчаки виймають усі. Така злагода не дає ідеального розв'язання, бо має низку хиб. Не згадуючи навіть про досить великий підпір підчас високої води від багатьох частин греблі, що залишаються у воді, та про численні перешкоди, котрі виникають для судноплавства, постає ще й загроза, що при незначній відстані між окремими сторчаками більші тіла, що пливтимуть річкою, затримуватимуться навпоперек перед отворами і, затруднюючи водозбіг, загрожуватимуть стійкості споруди.

Цілковитий переворот у цю справу вніс року 1837 французький інж. Пуаре (Poirée), який на сторчаковій греблі у Йонні (Jonne) замість нерухомих проміжних опор поставив відкідні козли, що одночасно правили за підпору для службового

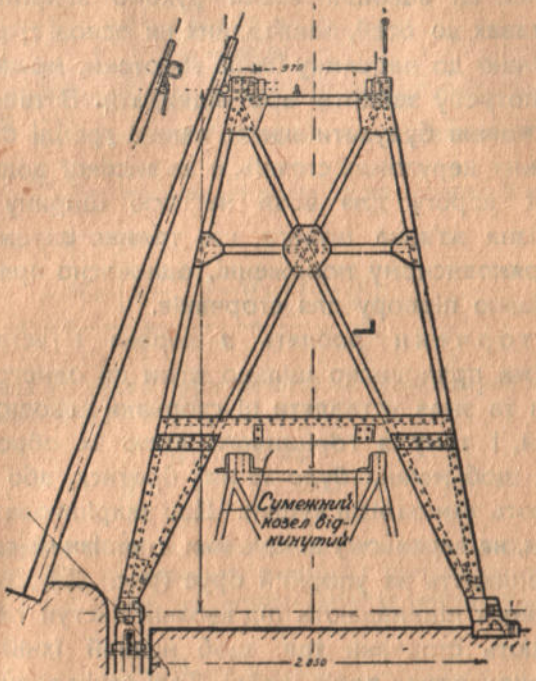

Рис. 25. Козел сторчакової греблі

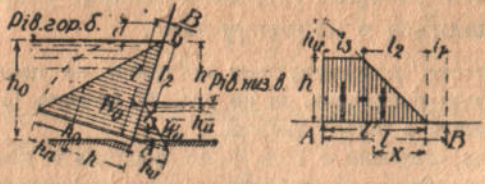

Рис. 26. Розрахунок сторчаків

містка. Ці відкидні козли рухомо закріплені на суставах до осей, покладених на основі греблі рівнобіжно до напрямку течії водотоки, можна було на потребу зводити або відкидати. В такий спосіб можна будувати навіть великі греблі без проміжних нерухомих стоянів, а за високої води звільняти дорогу для води на всю ширину річки. Залізна зв'язна штанга, що тримає окремі козли в прямовисному положенні, одночасно править за горішню підпору для сторчаків.

Сторчаки роблять з дерева і вставляють майже прямовисно щільно один до одного. Витягати та знов уставляти ці сторчаки доводиться руками, і тому з горішнього краю їх обробляють так, щоб можна було за них братися, або приробляють там залізні вушки. Щоб закріплювати сторчаки, на верхньому кінці в них є залізний гак, яким зачеплюють за упорний брус (рис. 25). Важелем, що його підкладають під верхній виступ гака, підтягають сторчаки так, щоб нижній їхній кінець вийшов понад поріг греблі. Тоді течія води зриває сторчаки з місця, і вони повертаються у вушку, що його утворює гак, обхоплюючи упорний брус і гойдаються в напрямку течії.

Сторчаки розраховується як трями на двох підпорах. Вживаючи позначень, як на рис. 26, можемо цей розрахунок подати в такому вигляді.

Нахил сторчака є $1 : n$. Якщо відстань в прямовисному напрямку від упорного бруса до рівня горішнього б'єфу є d, а глибина в горішньому б'єфі — h_0, то, заміняючи

$$\sqrt{1 + n^2} = m$$

маємо:

$$l = m \cdot (h_o + d)$$
$$l_1 = m \cdot d$$
$$l_2 = m \cdot h$$
$$l_3 = m \cdot h_u$$

Якщо позначено тиск води горішнього б'єфу через $W_o = \frac{h_o \cdot l'}{2} \cdot \gamma$, а протитиск (реакцію) води низового б'єфу через $W = \frac{h_u \cdot l_3}{2} \cdot \gamma$, то тиск на поріг на подовжинний метр порогу визначиться так:

$$A = \frac{W_o \cdot \left(l - \frac{l'}{3}\right) - W_u \cdot \left(l - \frac{l_3}{3}\right)}{l} \quad \ldots\ldots \quad (45)$$

А реакцію упорного бруса (штаги) на подовжинний метр визначаємо так:

$$B = \frac{W_o \cdot \frac{l'}{3} - W_u \cdot \frac{l_3}{3}}{l} \quad \ldots\ldots \quad (46)$$

Розраховуючи розміри поперечного перекрою сторчаків береться до уваги небезпечний перекрій; його місце можна визначити з тієї умови, що момент набирає там максимуму. Отже:

$$M_x = B \cdot (x + l_1) - \frac{x^3 \cdot \gamma}{6m} \quad \ldots\ldots \quad (47)$$

$$\frac{dM_x}{dx} = B - \frac{3x^2 \cdot \gamma}{6m} = 0$$

$$x = \sqrt{\frac{2mB}{\gamma}} \quad \ldots\ldots \quad (48)$$

Такий розрахунок годиться лише для випадку, коли, $x \leqq l_2$. Якщо ж $x > l_2$, то, позначаючи $l' - x = \xi$ маємо:

$$M_\xi = A \cdot \xi - \frac{h \cdot \xi^3 \cdot \gamma}{2} \quad \ldots\ldots \quad (49)$$

$$\frac{d M_\xi}{d\xi} = A - h \cdot \gamma \cdot \xi = 0$$

$$\xi = \frac{A}{h \cdot \gamma} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (50)$$

В такому разі максимальний момент має таку величину:

Випадок перший:

$$M_{max} = B \cdot \left(\sqrt{\frac{2 \cdot m \cdot B}{\gamma}} + l_1 \right) - \frac{B}{3} \sqrt{\frac{2 \cdot m \cdot B}{\gamma}} =$$

$$= B \left(\frac{2}{3} \sqrt{\frac{2 \cdot m \cdot B}{\gamma}} + l_1 \right).$$

Випадок другий:

$$M_{max} = \frac{A^2}{h \cdot \gamma} - \frac{h \cdot A^2 \cdot \gamma}{h^2 \cdot \gamma^2 \cdot 2} = \frac{1}{2} \frac{A^2}{h \cdot \gamma}.$$

З рівности $\sigma = \frac{M}{W}$ маємо для $W = \frac{1{,}0 \cdot s^2}{6}$, якщо s позначає грубину сторчаків:

$$\sigma_{доп} = \frac{6 \ M_{max}}{1{,}0 \cdot s^2}$$

і, отже, грубина сторчаків:

$$s = \sqrt{\frac{6 \ M_{max}}{\sigma_{доп}}} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (51)$$

За будівельний матеріял, щоб робити сторчаки, рекомендується брати модрину тим, що має вона малу питому вагу. Крім того, розраховується сторчаки, як трями з однаковим моментом опору, приймаючи допускну напругу

$$\sigma_{доп} = 120 \ кг/см^2$$

Штага (упорний брус) передає підпорний тиск сторчаків на козли. Раніше штагу робили із звичайного дерев'яного тряму, алеж у нові-

ших спорудах роблять її із залізної труби, що дає змогу робити й більші прогони.

Дуже практична конструкція, в якій штага, міцно скріплена із службовим містком, при чому між штагою та службовим містком залишається вільний проміжок, щоб легше було чіпляти гаки сторчаків на штагу. В такому разі відпадає потреба відносити та складати окремо штаги, бо так частини службового містка, як і штаги відкидається

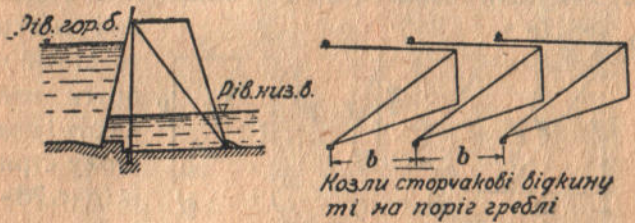

Рис. 27. Схема сторчакової греблі з відкинутими додолу козлами

одночасно з тими козлами, до яких саме їх нерухомо прикріплено.

Як згадували вже ми, особливість цієї нової сторчакової греблі — це відкидні козла. В перших таких конструкціях козли, як відкинути їх, перекривали одні одних і лежали одні поверх одних; тимчасом у новіших конструкціях немає нижньої поперечної злуки (козлового валу) між розтягуваним та стискуваним суставом, і тому при відповідному ще розполозі діягональних укосин козли вкладаються одні в одні й в такий спосіб всі укладаються безпосередньо на саму основу греблі (рис. 27).

Козли витримують сумарний тиск підпертої води з певної ділянки. Розраховують їх, як показано на рис. 28 а — е. Тиск на підпору через штагу становить $B.b$ *кг*, при відстані між козлами b і перебирають його стрижні I та II. Як видно з рис. 28 - b зусилля, що діє на стрижень I, є розтяжне зусилля, і тому той сустав, що від горішнього б'єфу, доводиться закріпляти стягелем (анкером). Коли знявши сторчаки обтяжувати службовий містoк, то стисні напруги виникають і в першому стрижні (рис. 28 - d).

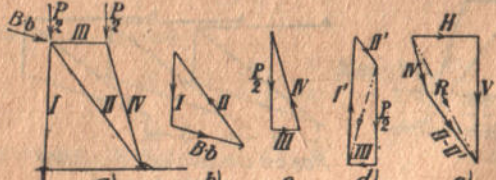

Рис. 28. Розрахунок козла сторчакової греблі

Те ж таки становище є найнесприятливіше щодо напруг у стрижні IV (рис. 28 - c).

Розміри стрижня II треба розраховувати на той випадок, коли сторчаки вставляється при необтяженому службовому містку.

Тиск на задню валницю визначаємо з рис. 28 - e, складаючи $II — II'$ та IV у вислідну R та розкладаючи останню на поземну складову H та прямовисну складову V.

З кожним окремим козлом доцільно скріпляти нерухомо відповідну частину службового містка. Для того на верхньому кінці козла є дві валниці, в які входить обертовий злучний вал службового містка. Вільний край службового

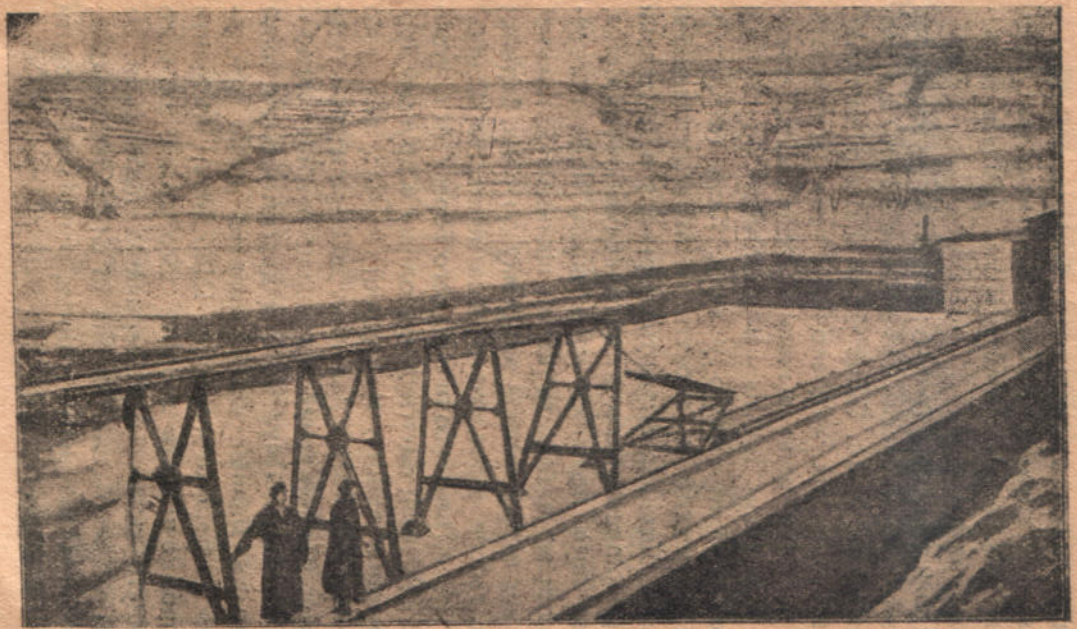

Рис. 29. Сторчакова гребля в каналізованому кориті Ельби; підпірний східець біля Веггштедту, споруджений 1906 року. Відкидання козлів, споруджених на відстані 3 *м* один від одного

містка закріплюється з обох боків заволічкою у верхньому замку найближчого сумежного козла. Самий поміст службового містка роблять із хвилястого заліза.

Відкидають (розбирають) сторчакову греблю в такий спосіб. Починають з того, що розлучають сторчаки. Якщо вода швидко прибуває, то сторчаки для того спочатку трохи піднімають, щоб вийшли вони з нижньої підпори, залишаючися тимчасом висіти на упорному брусі; тоді звисають вони похило у воду. Після того, сторчаки витягають та зносять на берег, складаючи стосами. Відтак розбирають упорні бруси, якщо вони не прикріплені міцно до частин службового містка, та так само переносять на склад. Коли посередині потоку є бик, то козли відкидають, починаючи від цього бика в напрямку до обох берегів; якщо такого серединного бика немає, то відкидають козли, починаючи з одного берега до другого (рис. 29). Коли витягнуто заволічку в другому козлі, можна відкинути перший козел; для того перекидають його в напрямку до берега; при тому ланцюг, прикріплений до вільного кінця службового містка, злучує його з другим козлом, який ще стоїть. Ланцюг від останнього козла прикріплено до берегового муру. Щоб знову поставити греблю, починають зводити того козла, що його відкинуто останнім. Катеринкою підтягаючи за ланцюг, зводять цього козла до службового містка; закріпивши цю частину містка, починають зводити другого козла.

Сторчакових гребель побудовано в Німеччині за останнє сторіччя дуже багато, коли каналізовано річки Майн, Одер та Мольдау. Так само за допомогою таких гребель каналізовано багато річок і по інших країнах.

Однак, із запровадженням новітніх конструкцій гребель, греблі типу сторчакових тепер уже цілком одійшли на задній плян. Навіть багато таких гребель тепер перебудовується на заставкові та циліндричні.

Проте, як *запасної* (*запобіжної*) закривки цих гребель можна з успіхом вживати: ще й тепер, як то показує рис. 30.

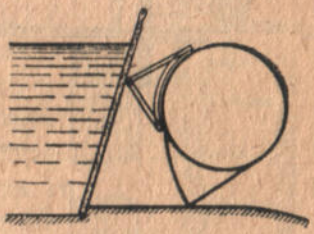

Рис. 30. Сторчакова гребля як запасна закривка

Сторчаки упираються в поріг на дні річки, а вгорі обпираються на коточки, що можуть бути закріплені на барабані. Сторчаки вставляють з барабана або з човна.

§ 24. Греблі із заметинних трямів. Гребель із заметинних трямів, як самостійних гребель, вживається лише по другорядних спорудах, коли виймати заметинні трями доводиться лише у виняткових випадках. Заметинні трями, що їх для помірного підпору та невеликої ширини отвору роблять з дерева, вставляється в ніші або гари, вибрані в биках та упорних стоянах. З конструктивних міркувань, рекомендується всі заметинні трями робити однакові завгрубшки, щоб у такий

спосіб обмежуватися розрахунком лише нижнього заметинного тряму, обтяженого найбільше. Порядок розрахунку такий самий, як і в гребель з дерев'яними заставками (рис. 35 та § 26).

Щоб зручніше було вставляти та виймати заметинні трями, з обох кінців до них приробляють залізні дужки. Ці дужки можна відкидати, і заходять вони в гару, щоб верхній трям якнайщільніше притискувався до нижнього.

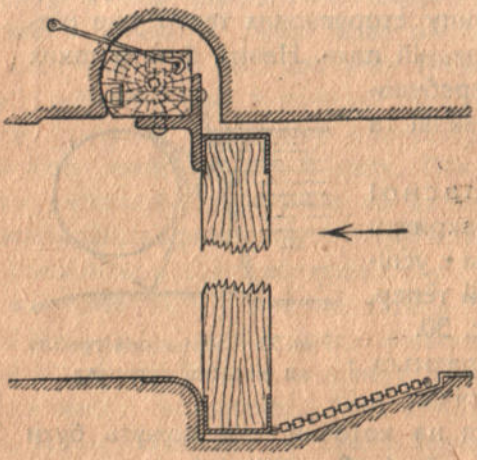

Рис. 31. Закріпний пристрій для заметин

По таких річках, де доводиться побоюватися, що високі води надто швидко наплюватимуть, робиться спеціяльні пристрої, за допомогою яких можна швидко розлучати заметинні трями. Такий пристрій показано на рис. 31. Один кінець кожної заметини міцно прикріплено ланцюгом до стояна. В другому кінці заметина за підпору має трям із тетуватого ⊥ заліза. Цей трям прикріплено до обертового стояка. Коли відкинути клямку, цей стояк повертається під впливом напору води навколо своєї осі й заметини, втрачаючи підпору, відкривають воді шлях на всю висоту отвору.

Загати з заметинних трямів — це звичайно лише запасні закривки, що їх уживають зокрема при заставкових греблях на випадок, коли треба ремонтувати головне підпірне тіло. В таких випадках іноді доводиться мати справу з дуже широкими переливними отворами й відповідно великим тиском води, за яких умов звичайні дерев'яні трями не витримали б. Щоб перебирати на себе великі моменти, підпірна конструкція повинна бути із залізних обрисових трямів, іноді навіть із нютованих залізних ферм із суцільними стінками (рис. 32). Щоб щільніша була споруда, до залізних трямів набивають дерев'яні бруси або лати.

Рис. 32. Заметинні трями з обрисового зал.

Великий тиск води щільно притискує заметини до підпорної площі в ніші й тому відпадає потреба вживати будьяких спеціяльних заходів щодо бічного ущільнення. По дуже великих спорудах вставляти трями доводиться за допомогою зводів. Щоб легше виймати трями при великому напорі води рекомендується робити обвідні канали, які сполучають із горішнім б'єфом простір між тимчасовою закривкою та властивою закривкою, коли її одремонтовано. В такий спосіб цілком зрівноважується тиск води на заметинні трями й тоді, піднімаючи їх, доводиться подужувати лише їхню власну вагу.

§ 25. Ролетні або жалюзяні греблі. Ідея ролетних гребель виникла з бажання зробити сторчакові греблі якнайщільнішими, а саме, в той спосіб, що до верхніх кінців сторчаків навішували ролети із промащеного полотна й спускали на напірну поверхню. Поземні дерев'яні лати, навішані до полотна, надавали цій ролеті певної бічної штивности. Принцип цей пізніше застосовано в конструкції самостійної греблі.

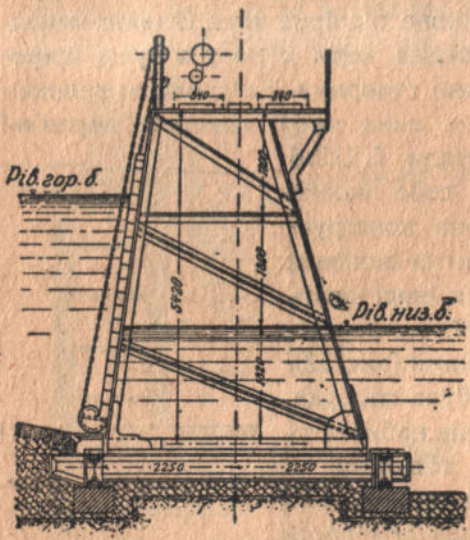

Рис. 33. Поперечний розріз через ролетну греблю

На рисунку 33 показано таку злагоду. Однак, галузі застосування ролетних гребель дуже обмежені.

§ 26. Заставкові (щитові) греблі. Щитова (заставкова) гребля має за прототип греблю із заметинних трямів, оскільки в неї окремі заметинні трями всі міцно між собою скріплені так, що утворюють вони цілий щит (заставку), і, отже, їх вимають та спускають усі разом.

Найпростіша форма заставок—це дерев'яні ковзні щити. Через дуже обмежені можливості обтяження можна будувати їх лише в невеликих розмірах. Окремі дерев'яні частини закривки стягується залізними штабами, які вгорі переходять

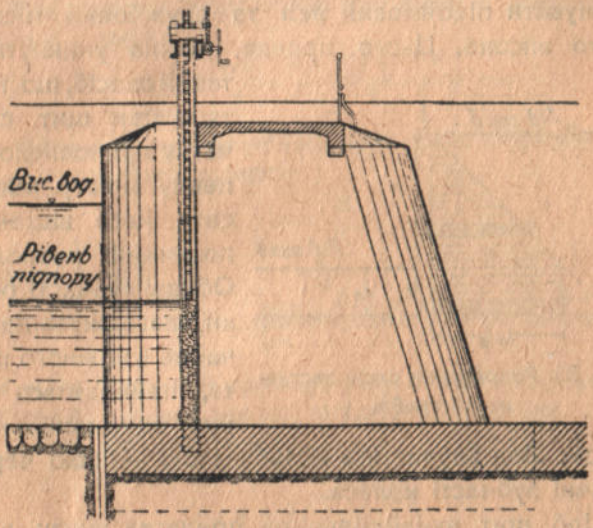

Рис. 34. Щитова (заставкова) гребля із дерев'яною ковзною заставкою

у зубчасту рейку, за допомогою якої щити підтягується та спускається. Зубчаста рейка прикріплена до штаб, не нерухомо, а на суставах, отже можлива незначна рухливість у злуках і через те запобігається виникненню другорядних (додаткових) напруг. У биках та стоянах роблять спеціяльні напрямні ніші, найкраще вмуровуючи для того коритувате ⌐¬ залізо (рис. 34).

Підоймовий пристрій витягати щити треба споруджувати остільки високо, щоб при цілком витягнутому щиті нижній край його був все ж таки понад рівнем найвищої поверхні води. В багатьох випадках така вимога призвела б до потреби споруджувати підоймовий вал та службовий місток надто високо. Цього, правда, можна уникнути в такий спосіб, що, підтягнувши щит спочатку прямовисно на певну висоту, відкидати його відтак у поземний розполіг. Обидві зубчасті рейки, злагоджувані звичайно в кожного щита, приводиться до руху одним спільним валом. Вал злучається із зубчастою рейкою через конічні зубчасті колеса.

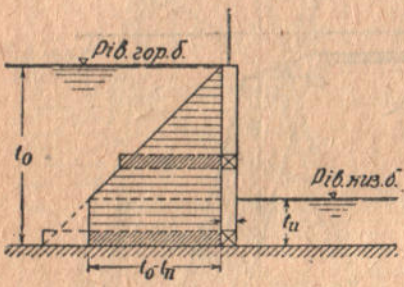

Рис. 35. Розрахунок щита заставкової греблі

Щоб щит якнайщільніше прилягав унизу, вбудовують дубовий трям у поріг греблі, де упирається щит. До цього тряму щільно прилягає нижній брус щита. Вживати будь-яких спеціяльних заходів до ущільнення з боків не потрібно, бо напір води притискує щит до ковзних поверхней у щитових нішах і, отже, щит ущільнюється сам.

Розраховувати грубину щита треба лише для нижнього бруса, бо звичайно всі щитові бруси на всю висоту щита—заставки робиться однакові завгрубшки. Розрахунок цей провадять (за рис. 35), як для тряму, з двома підпорами

із рівномірно розподіленим обтяженням від водяного напору.

Якщо загадаємо висоту тряму в 0,01 *м*, то матимемо обтяження:

$$p = (t_0 - t_u)\,0{,}01 \cdot 1{,}0 \text{ } тон/подовжн.\ м \quad \cdots \quad (52)$$

При довжині прогону між підпорами l максимальний момент є такий:

$$M_{max} = \frac{pl^2}{8} = \frac{(t_0 - t_u) \cdot 0{,}01 \cdot l^2}{8} \text{ у } мт \quad \cdots \quad (53)$$

Момент опору, потрібний, щоб трям витримав напір води, визначаємо із виразу:

$$\sigma = \frac{M}{W}$$

у такий спосіб:

$$W = \frac{M_{max}}{\sigma_{доп}} = \frac{0{,}01 \cdot d^2}{6} \text{ у } м^3$$

де через d показано грубину тряму. Висоту тряму тут треба обрати 0,01 *м*, як і раніше, загадуючи обтяження.

Отже грубина тряму є:

$$d = \sqrt{\frac{6\,M_{max}}{0{,}01\,\sigma_{доп}}} \quad \cdots \quad (54)$$

Так само можна визначити грубину тряму для кожної частини щита, підставляючи в ці вирази значіння тиску води відповідно до висоти розположу тряму під поверхнею води, як то видно з рис. 35.

Застосування дерева на виготовляння щитів є досить обмежене, в зв'язку з обмеженою міцністю цього матеріялу. Отже місце дерева у великих спорудах заступає залізо. Залізні щитові

заставки, з боку від горішнього б'єфу, обшиті аркушевим залізом, яке власне й править за водонепроникливу (щільну) закривку, тимчасом, передача сили напору води на стояни відбувається через підтримну конструкцію ферм з вальцьованого обрисового заліза або з поклітяних ферм. Ця підтримна конструкція разом із прямовисними зв'язнями (фермами) править за кистяк, що його обшивають аркушевим залізом. Окремі ферми з міркувань конструктивних робиться всі однакові, але, зважаючи на те, що де ближче до поверхні, то тиск води менший, у горішніх частинах робиться більшу відстань між поперечними фермами. Відстань цю обирають, розкладаючи всю поверхню напору води на n частин однакової величини, що найзручніше робити графічно (рис. 36).

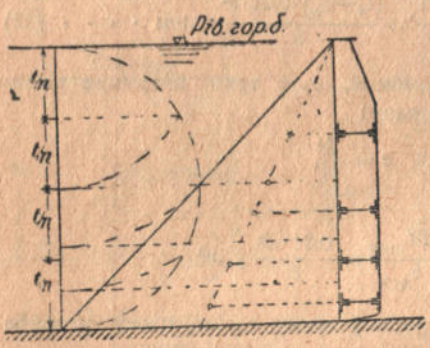

Рис. 36. Визначення розпологу поперечин залізного заставкового щита

Тяглова сила, потрібна щоб піднімати щитову заставку, складається із зусилля, потрібного щоб подужати, поперше, власну вагу щита та, подруге, опір тертя.

Зменшити цю потрібну тяглову силу можна, прибудовуючи противагу та вживаючи напрямних із коточками замість ковзних напрямних.

Дуже поширена система коточкових щитів є система, що її запропонував англійський інженер Стоней (Stoney).

В цій системі тиск на підпору від щита передається на ніші в стоянах через, так званий, „коточковий візок". Цей коточковий візок не зв'язаний нерухомо із щитом,— він є цілком окрема самостійна конструктивна частина і почеплюється його спеціяльним ланцюгом до горішнього краю стояна. До щита з обох боків прикріплено прямовисні ходові бруски, а в інших — укріплено напрямні бруски. Тим саме, що коточковий візок відокремлено від щита, проходить він, коли піднімають щит, лише половину всього шляху.

Рис. 37. Вічне ущільнення заставкового щита

Поруч із Стонеєвими щитами вживають часто щитів із нерухомо закріпленими коточками, що їх прибудовано безпосередньо до самого щита.

Щоб запобігти бічного перекосу та затискування щитових заставок, дається їм бічну напрямну навпоперек до потоку із невеличкими коточками. Інколи і з напірного боку роблять на щиті напрямні коточки (рис. 37).

Намагаючися зменшити тяглову силу, потрібну щоб витягати щитові заставки, дійшли такої системи, коли всю заставку поділено на більше число

окремих щитів, при чому як нижні, як і верхні частини заставки можна рухати незалежно одну від одної. В цьому є ще й інша перевага, а саме, за такої системи, спустивши верхній щит, можна з дуже невеликою витратою води спровадити з

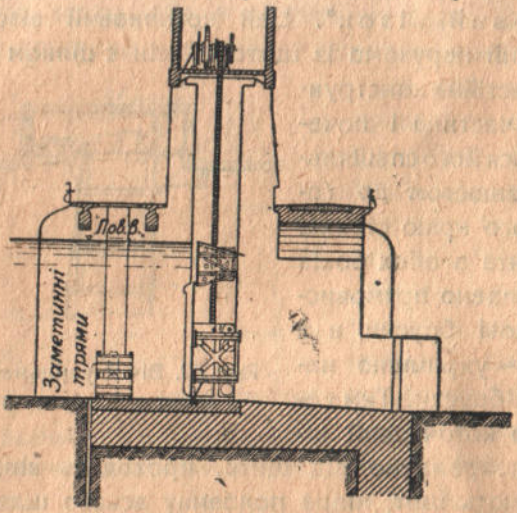

Рис. 38. Розріз заставкової греблі з подвійним щитом

горішнього б'єфу все, що плаває на поверхні води деревини, кригу тощо.

Споруджуючи нормальні, поділені на багато частин, щитові заставки, доводиться будувати в стоянах окремі ніші одну біля одної. Це викликає певне збільшення розмірів стоянів.

Найновіша конструкція в галузі заставок з багатьма щитами — це заставка з подвійним щитом (рис. 38). Ходові коточки тут прикріплено неру-

хомо до щитів. Найголовніша перевага цієї конструкції в тому, що верхній щит можна спускати з-заду за нижнім щитом, так що підпірні поверхні становляться безпосередньо одна за одною. При цьому обидва щити мають одну спільну напрямну поверхню в ніші. Це можливо тому, що підтримна конструкція нижнього щита розміщена дуже глибоко й має укріплену стінку з аркушевого заліза, що виступає вгору приблизно на висоту верхнього щита. Такою системою, коли верхній щит спускається з-заду нижнього щита, запобігається всякого забруднення та пошкодження підтримної конструкції нижнього щита від криги та інших твердих тіл, що падають із водою.

Щоб досягти бічного ущільнення в системі коточкових щитових заставок, доводиться вживати спеціяльних заходів, коточки бо притискуються до напрямної поверхні лише в певних місцях, не утворюючи в такий спосіб поверхні щільного прилягання на всю висоту. Найпростіший та найуживаніший спосіб ущільнювати показано на рис. 37. З боку від горішнього б'єфу до щита на всю його висоту принютовується залізну штабу, до вільного кінця якої прикріплений дубовий брус, що його вже напір води механічно притискує до поверхні стоянів, утворюючи в такий спосіб поверхню щільного прилягання.

Щільність прилягання на дні забезпечують в усіх щитових спорудах, прикріпляючи міцний дубовий брус до нижнього краю щита. Цей брус прилягає або до мурування порогу греблі,

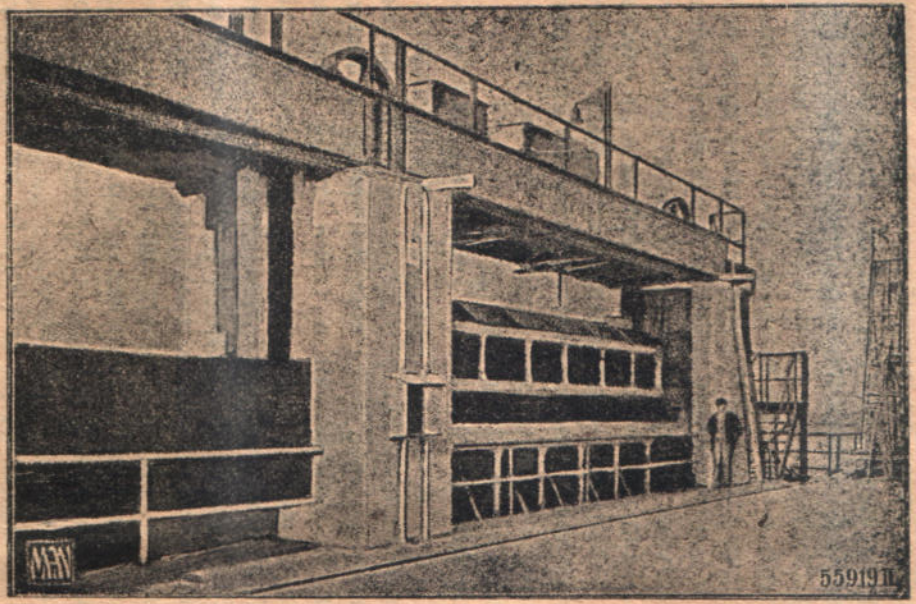

Рис. 39. Щитова гребля силовні Lechkraftwerk Meitingen. Три турбінні щити (MAN— патент — подвійний щит): ширина отвору 8,5 *м*; висота 5.8 *м*. (Вигляд на щити з боку від низового б'єфу; щити витягнуто вгору і зайшли вони один за один)

або до вбудованого на всю ширину отвору залізного тряму із ⌐¬ заліза або відповідно до дерев'яного тряму.

У заставок із кількох окремих щитів — тяжка річ так само добре ущільнити стики між верхніми та нижніми щитами. Машинобудівня в Авгсбурзі Нюрнберґ розв'язала питання про ущільнення в подвійних щитів у той спосіб, що приробляє до нижнього щита вільнорухомий аркуш заліза, який згинається відповідно до переламів між обома щитами.

Найбільша споруда з подвійними щитами — це нині ще будована Дунайська гребля біля Штейнбаха - Пасав (Steinbach - Passau). У неї є шість переливних отворів по 25 *м* завширшки кожний із загальною висотою підпору до 12 *м*. Верхній щит можна в неї спускати на 3 *м*.

На старіших підпірних греблях, коли ще не вміли робити надто великих переливних отворів, доводилося ці переливні отвори розділяти на кілька частин проміжними бичками або стояками. При чому кожну цю частину отвору можна було закривати окремими щитами. Такі проміжні стояки або проміжні бички робиться звичайно або нерухомими, або ж відкидними, подібно до відкидних козел у сторчакових гребель. Іноді ж їх роблять так, щоб можна було зовсім витягати їх із поперечного перекрою потоку й тоді їх звуть уставними бичками.

Рушійні пристрої в щитових гребель робиться залежно від розмірів підпірного тіла та від значення споруди. Переважно ж керуються тим міркуванням, щоб якнайпростіше було обслугову-

вати при відповідній надійності роботи. По маленьких спорудах дуже часто вживається повідні із зубчастою рейкою. Зубчасті рейки, прикріплені з обох боків щита, рухають зубчастими колесами, посадженими на спільному валі. Обертають вал або десь посередині отвору, або з боків, порушаючи його електромотором з відповідною передачею, або рукопаш. Однак, і при наявності механічного пристрою піднімати щити завжди треба, щоб на випадок наглої потреби був пристрій, щоб піднімати щит рукопаш. Щоб піднімати дуже важкі щити, замість зубчастих рейок уживають ланцюгів, що їх рухають зубчасті колеса. Із спеціяльних ланцюгів можна тут згадати ланцюги Галле та суставні ланцюги. Неминуча хиба у великих щитових гребель є в тому, що доводиться робити високі надбудови так, щоб нижній край щита можна було піднімати понад рівень найвищої води Щоправда, ці надбудови стоянів, потрібні, щоб розміщати в них закривкові тіла, дають добру нагоду, щоб споруджувати на них проїжджі дороги.

§ 27. Хлипакові греблі з відкидними пілками. Всі описані в попередніх уступах греблі потребують постійного догляду та обслуговування, щоб регулювати рівень води. За недбалого обслуговування часто трапляється, особливо коли раптом набіжить хвиля високої води, що підпір значно перевищить допускний підпір. Це може спричинитися до руїнницької поводі та затоплення, що дуже загрожуватиме самій загаті. Щоб запобігти цьому, конструктори намагалися знайти нові системи гре-

бель, в яких би без сторонньої допомоги переливний отвір регулювався автоматично, залежно від кількости води, що переливається. Як перший крок у цьому напрямку можна згадати хлипакові греблі з відкидними пілками системи Chanoin. В цій системі хоч і немає цілковитого регулювання стану води, проте забезпечене те, що при певному рівні води цілком відкривається переливний отвір.

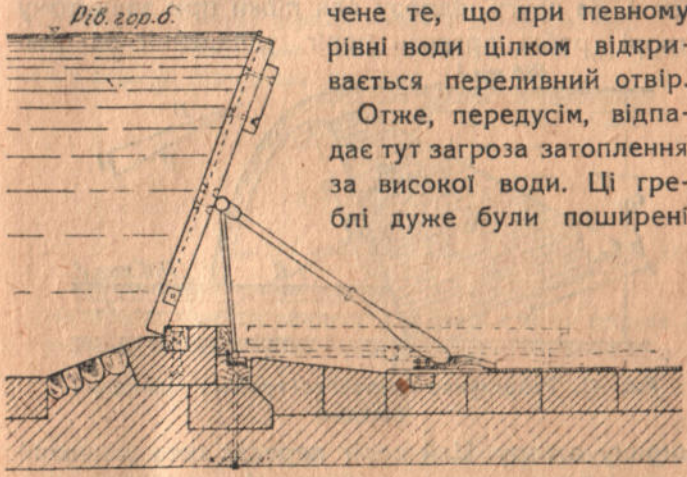

Рис. 40. Хлипакова гребля із відкидними пілками системи Chanoin

Отже, передусім, відпадає тут загроза затоплення за високої води. Ці греблі дуже були поширені другої половини минулого століття, однак тепер, через численні їхні хиби, їх майже вже не будують. Хлипакову греблю з відкидними пілками створюють дерев'яні або залізні щити-пілки, 1—2 *м* широкі й, відповідно до бажаного підпору, високі, що їх ставиться майже прямовисно. Кожну таку пілку-щит підтримує збоку від низового

б'єфу трапезуватий залізний козел, прикріплений на суставі приблизно посередині її висоти. Другим краєм козел злучений так само суставом із порогом греблі. До осі обертання козла, прикріпленій до пілки, приєднано ще рухому підпірку - укосину, що упирається в залізну подушку (п'яту) в основі греблі і підтримує козел в прямовисному положенні. За другу підпору для пілки при закритому отворі греблі править поріг, укладений на всю

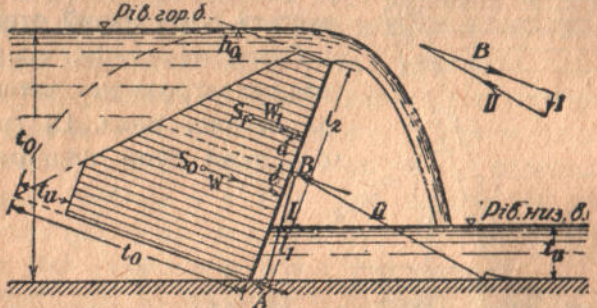

Рис. 41. Розрахунок хлипакової греблі з відкидними пілками

ширину отвору. Цей поріг передає тиск у нижній підпорі безпосередньо на грунт (рис. 40).

Завдяки суставному пристрою, цей щит - пілка при певному стані горішнього б'єфу автоматично перекидається навколо своєї осі обертання й укладається майже в поземному напрямку так, що раптом відкривається ввесь переливний отвір, і вода, не встигши викликати зворотного підпору, переливається в низовий б'єф.

В цій системі пілки-щити відкидаються цілком автоматично лише під впливом напору води.

Як видно з рис. 41, пілка лишається закритою, доки вислідна W проходить попід точкою сустава B, себто доки відстань e більша за нуль.

При дальшому піднесенні рівня води переміщається вгору осередок ваги S_0 цілої площі напору води, доки дійде він до точки B, тоді пілка є в стані рівноваги, тобто $e = 0$.

Якщо e стане від'ємне, то момент $W \cdot e$, що обертає за годинниковою стрілкою навколо B, не надибує протитиску (реакції), і тоді пілка перекидається й лягає поземно.

Вживаючи позначень цього рисунку, маємо для розрахунку реакцій підпор такі формули:

$$B = \frac{W(l_1 - e)}{l_1}, \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad (55)$$

$$A + B = W,$$

$$A = W\left(1 - \frac{l_1 - e}{l_1}\right) = \frac{W \cdot e}{l_1} \quad \ldots \ldots \quad (56)$$

Найбільші напруги виникають у пілці в точці сустава B. Момент, за яким треба розраховувати, має величину

$$M = W_1 \cdot s$$

де W_1 позначає вислідну з напору води в частині пілки понад суставом, а s — відстань цієї вислідної від точки сустава B.

Щоб визначити зусилля в козлі та підтримній укосині пілки, реакцію підпори B розкладають на зусилля в стрижнях I та II (рис. 41).

Якщо треба зовсім спустити (відкинути) на дно щити-пілки, то за допомогою вимикної (розлучної) штанги, що її рухають з берега, підтримні укосини козел відсувають на бік остільки, щоб вони втратили упор у п'яті, й тоді вони сковзають вниз за водою в жолоб. Відкидаючи пілки не всі разом, а поступінно одна за одною, запобігають надмірного руйнування дна.

Зводять щити-пілки з човна, прив'язаного до берега, або з робочого містка, побудованого над греблею. В останньому випадку пілки підтягають вгору ланцюгом, прикріпленим одним кінцем до нижнього краю щита, а другим кінцем, почепленого на робочий місток.

За ланцюг тягнуть, доки підтримні укосини самі упруться у відповідні п'яти в порозі греблі. Прикріпляючи ланцюг до робочого містка, тримають пілки в поземному положенні, аж доки зведуть усі козли.

Робиться це для того, щоб рівень води в річці не підносився під час, коли зводиться козли, інакше бо важко було б зводити останню пілку.

Хлипакові греблі з відкидними пілками на практиці не дали, проте, добрих наслідків. До численних хиб цих гребель належать часті пошкодження вимикної штанги, поведеної глибоко під водою; також і зводити пілки не так легко; тому від спорудження таких гребель останніми часами відмовилися.

Далеко більшого значіння набули останніми десятиріччями автоматичні **хлипакові греблі з противагою**. В цій галузі фірма Акц. т-ва спорудження гребель (Stauwerke A.-G.) у Цюриху опрацювала багато різних конструкцій, основаних все на одному принципі. Момент напору води на пілку, що він більшає, коли спускається підпірна пілка, зрівноважується противагою, в якої одночасно більшає рамено важеля.

Найпростіша конструкція цього типу — це так звана щитова пілка з нижньою противагою, показана, правда вже в удосконаленішій формі, на рис. 42. Саму підпірну пілку роблять із окремих

залізних ребер, із 5—6 *см* грубою дерев'яною обшивкою. Пілку цю прикріпляють на всю ширину греблі нижнім краєм на суставах. Вгорі до неї рухомо прикріплена штанга зв'язує її із важелем, що його вміщено у залізобетонному тілі греблі. На другому кінці цього важеля прикріплено противагу, що зрівноважує тиск води. Що більша стає

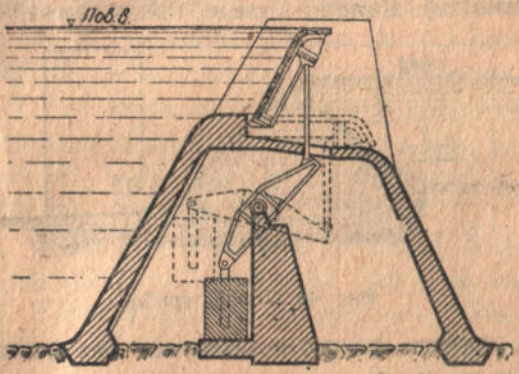

Рис. 42. Хлипакова гребля з противагою

висота переливу, то більшає момент тиску води на підпірну пілку й від того дедалі більше нахиляється пілка. Але одночасно з цим піднімається й противага й більшає обертальний момент противаги навколо валниці важеля. Противагу розраховується й зрівноважується так, щоб вона тримала в рівновазі тиск води на підпірну пілку в усякому становищі, удержуючи однаковий підпір води.

Бічного ущільнення у гребель з відкидними пілками доходять так само, як і в щитових гребель. Для цього до країв пілки прикріпляють на штабовому

та кутівковому залізі дерев'яні бруси, що ковзають вздовж країв стін, які обмежовують отвір.

Противагу можна встановлювати так само і над поверхнею води, злучаючи її двома удосконаленими важелями. В тому є ще перевага, бо легче доступатися до споруди та простіше її контролювати.

§ 28. Дахові греблі (греблі з двопілковими хлипаками). Далеко краще, ніж у звичайних пілкових гребель із противагою або без неї, використовується напір води для регулювання отвору греблі у так званих дахових гребель, або гребель з двопілковими хлипаками.

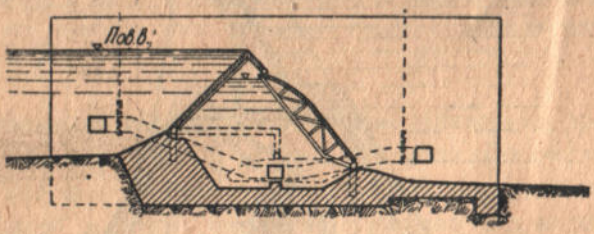

Рис 43. Дахова гребля

Хлипак дахової греблі творять дві пілки, а саме, головна напірна пілка з боку від горішнього б'єфу, яка, власне, і править за закривку, та друга протипілка з боку від низового б'єфу, яка править за підпору для головної пілки. Обидві пілки прикріплені на тілі греблі своїми основами на суставах (рис. 43). Своїм вільним краєм одна пілка заходить за край другої пілки, при чому низова пілка творить поверхню котіння для коточків, прикріплених на горовій пілці.

Під впливом власної ваги горішній щит-пілка щільно прилягає до нижнього, так що під обома пілками над тілом греблі утворюється завжди, при всякому розполозі пілок, закрита камера, куди не проникає вода; це так звана гребляна камера. Основна, розуміється, передумова до цього — завжди мусить бути щільне прилягання в суставах.

Гребляна камера через випускні канали сполучається так із горішнім б'єфом, як і з низовим б'єфом. Ці обвідні канали закривається заставками так, що в гребляній камері можна додержувати напір відповідний або до горішнього, або до низового б'єфу. Цей напір використовується, щоб зводити та спускати греблю.

Якщо закрити заставку від низового б'єфу та підняти заставку від горішнього б'єфу, то вода з низового б'єфу потрапляє у гребляну камеру і своїм надмірним тиском на протипілку примушує її піднятися, тимчасом тиск на головну пілку лишається однаковий з обох боків. Отже, доводиться подужати лише власну вагу головної пілки, зменшену навіть підіймальним тиском води, а для цього вже вистачає тиску, що його спричиняє протипілка.

Щоб спустити греблю, закривають горішню заставку й одночасно відкривають низову.

Вода, що є в гребляній камері, витікає до низового б'єфу, поки не дійде такого рівня, як у низовому б'єфі. Тоді вільно діє напір води зовні на головну пілку й обидві пілки спускаються до низу (на рис. 43 показано крапкованими лініями).

Відповідно установлюючи заставки і тим самим регулюючи тиск води в гребляній камері, можна зупинятися на всякому положенні пілок і регулювати в такий спосіб переливний отвір відповідно до кількости допливної води.

Знову звести греблю із цілком відкинутого становища можна лише тоді, коли вже на початку цього процесу утворився невеличкий підпір; звичайно для цього вистачає вже підпору 5 — 10 *см*. Дахова гребля створює невеличкий поріг навіть тоді, коли її пілки цілком спущені, отже згаданий тут потрібний, щоб звести греблю, підпір завжди є.

Розраховувати підіймальну силу та мінімальну висоту підпору можна в такий спосіб:

Позначаючи через

P_1 — вагу головної пілки, } Віднявши підіймальний тиск
P_2 — вагу протипілки, } (вагу витиснутого об'єму води)
D — надмірний тиск на протипілку,
l_1 та l_2 — довжини обох пілок,
та l — відстань підпорних суставів пілок,
маємо:

$$(D - P_2)\frac{l}{2} = P_1(l - l_1),$$

$$D = \frac{2P_1(l - l_1)}{l} + P_2 \quad \ldots\ldots\ldots \quad (57)$$

Тоді найменша висота підпору:

$$h_{min} = \frac{D}{l_2 \cdot \gamma} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (58)$$

Щоб робити пілки, вживають заліза та дерева. А саме, роблять їх так: на довільній відстані (залежно від висоти підпору) укріпляють поперечні

ребра, що їх штивно зв'язують між собою подовжніми залізними штангами. До цих ребер пришрубовують дерев'яну обшивку, щільно прифуговуючи дошки одну до одної. Такою конструкцією можна підпирати навіть найширші річки, не потребуючи будувати проміжних стоянів, бо тиск води, що діє на підпірну поверхню, через ребра безпосередньо передається на грунт.

Останніми часами побудовано багато дахових гребель і в Німеччині; зарекомендували вони себе з найкращого боку. Зокрема тут можна відзначити патентовану конструкцію інженерного бюра Губер і Люц у Цюриху (Ingenieurbureau Huber & Lutz).

§ 29. Барабанні греблі. До поліпшених хлипакових гребель належать ще так звані барабанні греблі, що їхню конструкцію запропонував французький інженер Дефонтен (Desfontaines) в той самий час, коли сконструйовано хлипакові греблі системи Chanoin. Барабанні греблі часто будують ще й тепер. Вони мають перевагу в тім, що їх простіше й швидше регулювати, і тому їх найчастіше вживають по тих річках, де сплавляється плоти та де розвинене судноплавство. У барабанних гребель хлипак має два крила (пілки) штивно між собою злучені, а саме — горішня менша, саме підпірна, пілка й нижня більша, установна пілка, або протипілка. Пілки укріплено до подовжньої середньої осі, що обертається у кількох чавунних валницях. Роблять їх із залізних ребер та шпанговтів й обшивають залізною бляхою для щільности.

Установна пілка рухається в гребляній камері, що є в тілі греблі. Камера вкрита вгорі залізною бляхою, покладеною на трями з обрисового заліза, й має форму чверті циліндра (рис. 44). За упор для протипілки править у мурованні задньої частини камери прикріплений дерев'яний брус. Щоб щільніше прилягала протипілка до стіни й

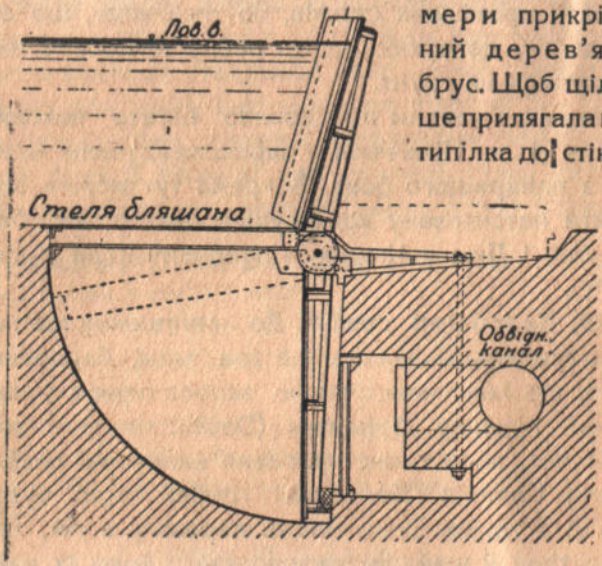

Рис. 44. Барабанна гребля

до стелі гребляної камери та до осевої валниці, у відповідних місцях набивають смужки з міцного ременю.

Обвідними каналами в стоянах або биках можна сполучати горішній або низовий б'єф на бажання із передньою чи задньою гребляною камерою; для цього доцільно вживати чотириходового гранта, за допомогою якого й керують спорудою.

В закритому стані передня камера сполучається з горішнім б'єфом, а задня камера — з низовим б'єфом. На протипілку, що її звичайно роблять пересічно на 10 — 12% довшу, ніж головну пілку, тисне вода, створюючи обертальний момент, протилежний до моменту головної пілки. Цього тиску вистачає, щоб тримати греблю у зведеному стані.

Коли треба спустити (відкрити) греблю, то за допомогою чотириходового ґранта напрямок руху води змінюють так, що вода з передньої камери витікає до низового б'єфу, а в той же час задню камеру сполучається з горішнім б'єфом,—тоді вода тисне на задній бік протипілки. Обидва моменти мають у такому разі один напрямок обертання, і хлипак повертається, отже підпірна пілка відкидається.

Як і для дахових гребель, мусить бути так само й тут невелика різність поверхень води в горішньому й низовому б'єфі, щоб підпірна пілка могла автоматично звестися від напору води. Щоб спустити барабанну греблю, потрібно приблизно 2—3 хвилини, тимчасом на те, щоб звести її, потрібно приблизно вдвоє більше часу, бо моменти на обох пілках хлипака обертають тоді в протилежних напрямках.

Найбільші напруги в барабанній греблі постають, коли вона є у зведеному стані.

§ 30. Секторні греблі. Зовнішнім виглядом секторні греблі дуже подібні до дахових гребель; ріжниця лише в тому, що в них головна пілка хлипакова й протипілка штивно між собою злучені,

утворюючи сектор (круговий вирізок), який і може обертатися навколо свого центру. Обертальний рух відбувається навколо валу, що його замуровують у нерухоме тіло греблі з краю протипілки. До цього валу на суставах прикріплено на певній відстані одна від одної залізні поперечини (ребра), що скріпляють пілку (рухоме тіло греблі)

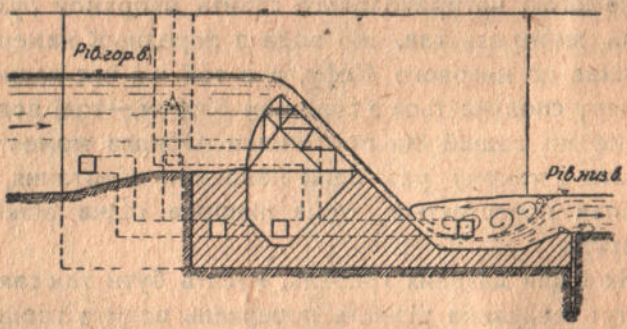

Рис. 45. Схема секторної греблі

і до яких прибивають перекриття з залізної бляхи. Така конструкція дає змогу споруджувати секторні греблі на всяку довжину, без проміжних стоянів (рис. 45, 46).

Конструктивна висота гребель цього типу в кожному разі обмежена тією умовою, що під тіло закривки доводиться будувати міцний мурований фундамент, в якому треба робити відповідну камеру, де б уміщалося спущене підпірне тіло. Тіло греблі може бути й цілком спущене — тоді вода переливається через рівний поріг.

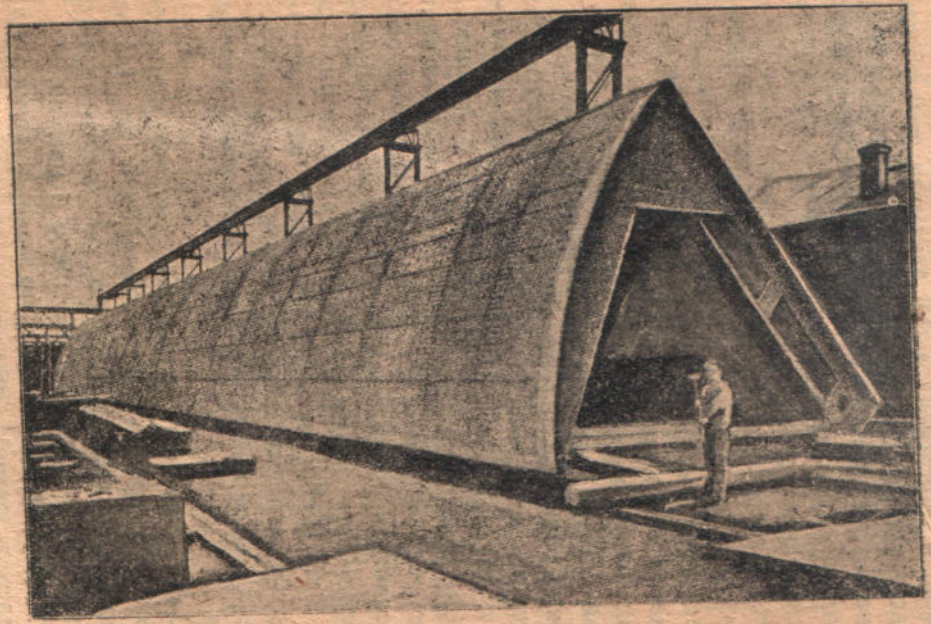

Рис. 46. Секторна гребля в Raanaasfos (Норвегія), складена на заводі

Зводиться й спускається гребля так само автоматично від напору води, в той спосіб, що камеру греблі й порожнечу в тілі закривки заповнюється водою під тиском. Для цього камера греблі сполучена з горішнім та з низовим б'єфом через обвідні канали у биках чи стоянах. Цим і регулюється тиск води всередині споруди.

На Везері біля Бремена недавно побудовано греблю з секторним водоспуском, в якому для регулювання висоти підпору заведено дуже цікаве й варте уваги вдосконалення. Од обвідного каналу горішнього б'єфу відгалужується другий канал, в який щільно всаджено телескопічну трубу, що її можна розтягувати (рис. 45). Зсовуючи трубу, примушують поверхню води в камері греблі спуститися, від чого тиск усередині сектора меншає, й рухоме тіло греблі, під впливом більшого моменту своєї власної ваги та зовнішнього тиску води, спускається. Коли внутрішній тиск збільшиться остільки, що зможе зрівноважувати зовнішні сили, тіло греблі зупиняється. Вода, що виступає з трубчастої заставки, переливається в шахту й тече з неї окремим обвідним каналом у низовий б'єф.

Щоб ущільнити подовжній стик між сектором і камерою греблі, досить приробити до тіла закривки кутівкове, залізо, бо тут треба не дати потрапляти в камеру лише піску й намулу.

Для бічного ущільнення по боках рухомого тіла набивають ремінні обіймиці, що ущільнюють на обидві сторони.

Щоб уперше звести сектор греблі, доводиться спочатку наганяти в камеру стиснене повітря й лише, коли сектор підніметься приблизно на 40 *см* над порогом, для дальшої роботи вистачає вже самого напору води.

Найголовніша перевага секторних гребель проти інших хлипакових гребель є в тому, що така гребля має лише один вал, у якому постають, порівняно, невеликі напруги та в тому, що за низької води до неї легше доступатися. Так само немає тут загрози, що сустав заноситиметься піском.

Далі, разом із даховою греблею, секторна гребля має ще перевагу в тому, що кригу та інші предмети, які плавають на воді, можна легко спускати через переливний край греблі, добре захищений від ударів і то без великої втрати води.

§ 31. Сеґментові греблі. Сеґментову (відрізкову) греблю створюють властиве підпірне тіло, форми сеґмента (відрізка) та підтримні рамена, що рухаються у нішах биків чи стоянів. Саме підпірне тіло утворює загнута по колу обшивка із залізної бляхи, набита на залізну конструкцію із поземних та прямовисних поперечин (рис. 47). Точка підпори головних зв'язнів (ферм) підпірного тіла збігається з центром кривини бляшаної обшивки, так що всі сили та вдари діють центрально й через те уникається постававання нерівномірних напруг. Проте в такому разі треба відповідно зміцнювати місця передачі напруг.

Перед щитовими греблями сеґментові греблі мають ту перевагу, що в них під час руху виникають

далеко менші сили тертя, бо, як не згадувати про бічне ущільнення, опір тертя постає лише у вальницях, в яких обертаються чопи із дуже малими раменами важеля.

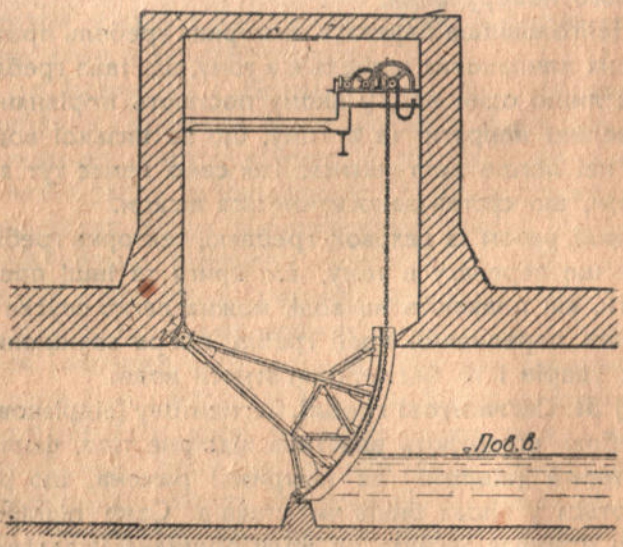

Рис. 47. Схема сегментової греблі

Завдяки влучній злагоді підоймового пристрою, сегментові греблі можуть відкривати більший чистий отвір, ніж щитові греблі з такою ж самою висотою підпору, бо в них підпірне тіло із прямовисного розпологу повертається у поземний розполіг. Отже ця конструкція надається переважно до спорудження запірних воріт у каналах. Крім того, вживають їх як самостійних закривок у гребель та як запірних органів в обвідних каналах.

При спорудженні водяних силовень греблі ці майже непридатні, бо спускати їх не можна, і, отже, перепускати поверх їх кригу та всякі інші предмети, що плавають на воді, можна лише втрачаючи надто багато води. Сегментові греблі майже необмежені в своїх розмірах. Гребля Бартельм на Одері (Barthelm in der Oder) має 40 *м* завдовжки при висоті підпору щось із 3 *м*.

Почеплюють тіло такої греблі на ланцюгах, прикріпляючи ці останні до обох підтримних рамен на висоті підпірного краю тіла греблі. Підтягають їх угору за допомогою електромотора з передачою із зубчастих коліс, а в разі потреби й рукопаш.

§ 32. Циліндричні греблі. Наймолодша й найновітніша конструкція в ділянці переставних гребель — це циліндрична гребля, що її запропонував директор фірми MAN, Макс Карстан'єн (Max Carstanjen). Ця система протягом останніх двох десятиріч поширилася по всіх країнах.

Циліндрична гребля в своїй первісній формі складається з порожнявого циліндра, що його можна піднімати чи спускати по похилій напрямній із зубчастою рейкою в нішах биків. Циліндер цей рухають за допомогою линв або суставних ланцюгів Гале чи фірми MAN. Линви або ланцюги, намотані на циліндер, вільним своїм кінцем переходять на линвовий барабан або зубчасте колесо підоймового пристрою. Щоб циліндер не перекошувався в русі, з обох країв у нього насаджують зубчастий вінець, якого зуби заходять у западини зубчастої рейки в напрямній поверхні.

На рис. 48 показано різні форми поперечного перекрою таких гребель. Для дуже широкого переливного отвору і, рівняючи до цього, малої висоти підпору, надається поперечний перекрій,

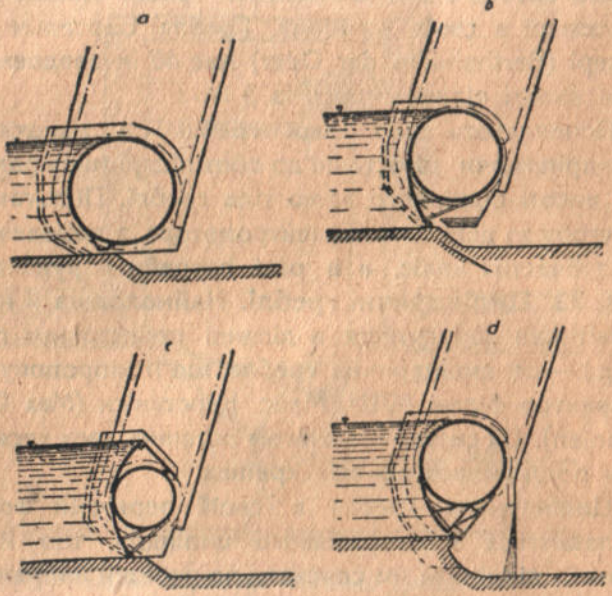

Рис. 48. Різні форми поперечного перекрою циліндричної греблі

показаний на рис. 48 *a*, бо щоб витримувати згинний момент, потрібен робочий циліндер, що його діяметр майже дорівнює висоті підпору. На рисунку 48 *b* і *c* показано поперечні перекрої, яких уживають переважно тоді, коли діяметр циліндру, рівняючи до висоти підпору, є малий. Для отвору

меншої ширини, щоб витримувати згинний момент, вистачає вже циліндра далеко меншого діяметра, ніж висота закривки. В такому разі, щоб закрити решту частини отвору, до циліндра прикріпляють на всю довжину дзюбувату насадку (рис. 48 *b*) або підпірний щит із дзюбуватими насадками (рис. 48 *c*).

В таких конструкціях, звичайно, намагаються запроєктувати робочий циліндер якнайменшого діяметра з приютованими зверху й знизу насадками, щоб дійти потрібної висоти підпору, і тоді на цілу конструкцію витрачається далеко менше матеріялу, ніж будуючи великі, дарма що тонкостінні, гребляні циліндри.

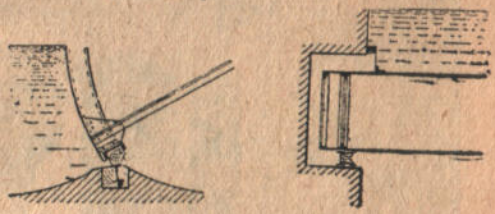

Рис. 49. Денне й бічне ущільнення у циліндричної греблі

Розмір діяметра коткого круга є до певної міри незалежний від діяметра самого циліндра, і визначається з висоти підіймання закривки та з руху щита, власне, з розміру потрібного переливного отвору в крайньому розположі щита.

Ущільнення на дні забезпечене дубовим брусом, прикріпленим до короткої насадки або до підпірного щита. Цей брус притискується до виступу в порозі, що його роблять з бетону, або так само вмуровуючи у дно дерев'яний брус (рис. 49 *a*). Принципи бічного ущільнення ті самі, що й у щи-

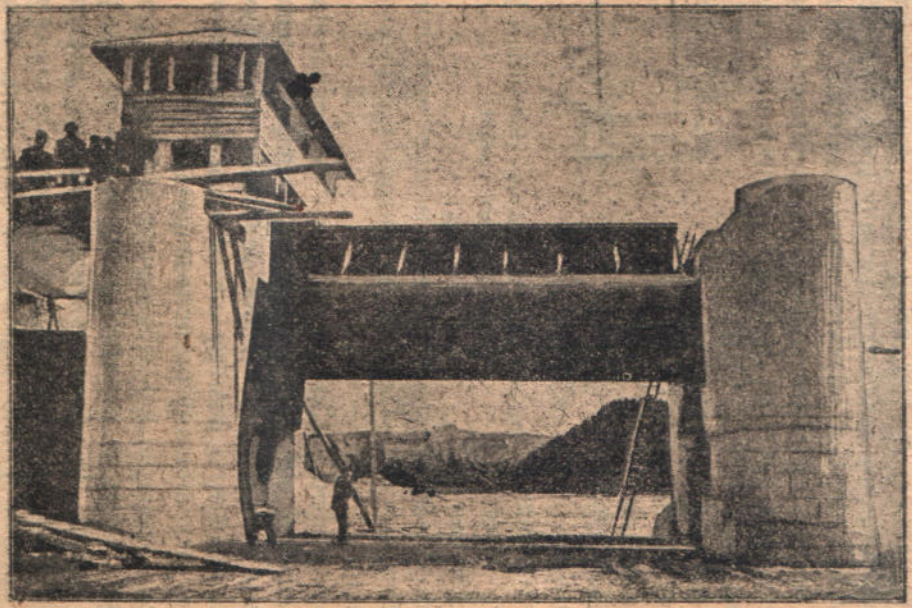

Рис. 50. Циліндрична гребля на Ізарі біля Крюну (Walchenseekraftwerk). Ширина отвору 10 *м*; висота підпору 4 *м*

тових гребель; ріжниця лише в тому, що залізна штаба, до якої прикріпляють дерев'яні бруски, що ущільнюють, мусить до певної міри відповідати формі тіла закривки (рис. 49*b*).

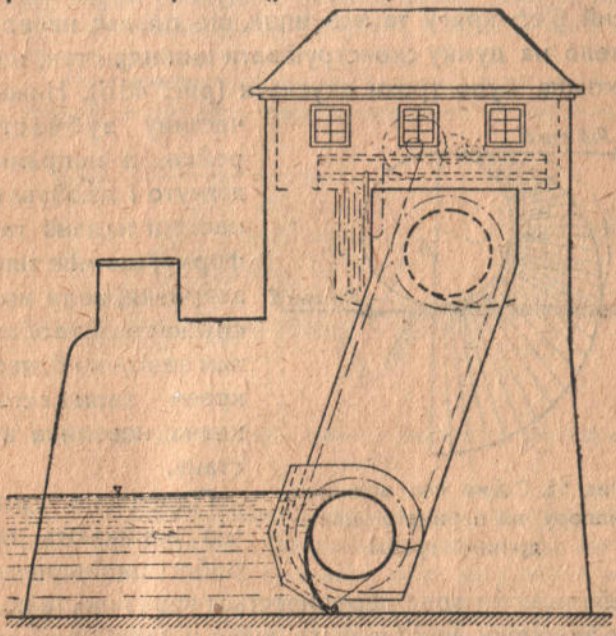

Рис. 51. Схема циліндричної греблі

До великого поширення циліндричних гребель у північних країнах спричинилося те, що греблі ці дуже добре себе зарекомендували взимку у водотоках із великим кригоплавом. Такі греблі завжди є готові до роботи, якщо захистити від обмерзання місця бічного ущільнення. Для цього найдоцільніше поверхні в биків, де створюється

бічне ущільнення циліндра, трохи нагрівати, найкраще електрикою.

Саме потреба, при спорудженні водяних силовень, мати змогу з малою втратою води спускати в низовий б'єф кригу та все інше, що плаває на воді, навело на думку сконструювати циліндри так, щоб їх можна було трохи спускати (рис. 48 *д*). Нижню частину зубчастої рейки в напрямній загнуто і дзюбуватій насадці надано таку форму, що між тілом закривки, коли воно спускається, та обшитим залізною бляхою краєм залишається певна невелика відстань.

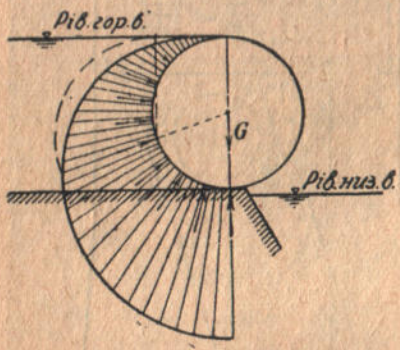

Рис. 52. Схема сил водяного напору на периметрі циліндричної греблі

Гідравлічні сили, що виникають при роботі циліндричних гребель, коли вода переливається через них та коли тіло закривки дещо піднято, дуже складні і розраховувати їх бездоганно майже не можна. В рямках цієї книги можна лише коротко розглянути той випадок, коли циліндер цілком закритий і коли поверхня підпертої води доходить до найвищого краю циліндра, тим часом вода в низовому б'єфі цілком спаде.

Як відомо, тиск води завжди діє сторч (нормально) до поверхні, що обмежує воду; отже обтяження від такого тиску води можна визначити площею, показаною на рис. 52

Площу цю ми окреслюємо в той спосіб, що через усяку точку обводу циліндра проводимо промінь, що проходить через центр циліндра. Довжина кожного такого променя дорівнює відстані від відповідної точки обводу циліндра (через яку промінь проходить), до поверхні води. Вислідна цієї площі, складена з власною вагою циліндра прикладеною в осередку ваги його, дає нам силу, що діє на напрямну поверхню.

Щоб знайти вислідну тиску води, маємо такий найпростіший спосіб: тиск води розкладаємо на поземну та пря-

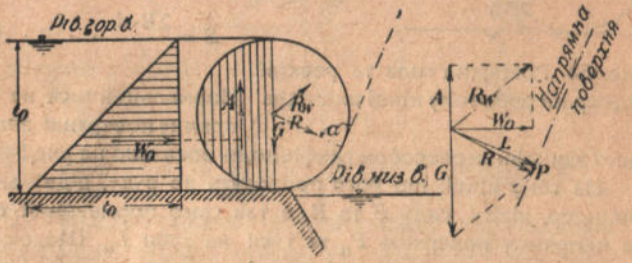

Рис. 53. Визначення реакції підпор у циліндричної греблі

мовисну складові. Якщо першу створює відомий прямокутній рівнораменний гідравлічний трикутник, то друга являє собою підіймальний тиск води, тобто вагу об'єму води, що його витискує половина циліндра (рис. 53). Із сил A та W_0 визначаємо загальний тиск води R_w, який і собі є прикладений в осередку ваги циліндра. Разом із вагою тіла закривки G дістаємо й остаточну силу R, що вона утворює з напрямною поверхнею кут α. Якщо нехтувати опорами тертя, то мусить бути цей кут $\alpha \leqq 90°$ щоб циліндер не міг самочинно підніматися вгору. Як розкладемо силу R на силу L, сторчову до напрямної поверхні, та на силу P, рівнобіжну їй (рис. 53b), то побачимо, що P завжди буде спрямована донизу, доки кут α лишатиметься менший за 90°. При $\alpha = 90°$ сила ця дорівнює нулеві, а при $\alpha > 90°$ —

спрямована вона вгору; це означає, що циліндер під впливом лише своєї власної ваги не може цілком спуститися.

Якщо циліндер приводять до руху лише з одного краю, як це звичайно буває, то тяглову силу, потрібну, щоб підтягувати циліндер відносно точки M (рис. 54) визначаємо із

$$S \cdot s = 2R \cdot d$$

звідси:

$$S = \frac{2R \cdot d}{s} \quad \ldots \quad (59)$$

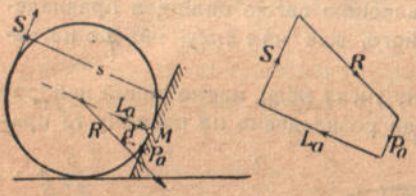

Рис. 54. Розтяжна сила та реакції підпор на робочому кінці циліндра

Нормальний тиск на напрямну поверхню знаходимо звичайним способом графічно, як показано на рис. 54 і 55.

На тому кінці, що його приводять до руху, піднімаючи циліндер, діють сили S та R, а так само нормальний тиск на напрямну поверхню P_a та тиск на зуби L_a. Щодо сили S та R, то їхню величину й напрямок загадано, тим часом про сили P_a та L_a ми знаємо лише їхній розполіг. Знаючи, що всі ці чотири сили мають себе зрівноважувати, ми, складаючи їх, дізнаємося також і про величину та про напрямок сил L_a та P_a.

На протилежному кінці циліндра (яловому) діє лише сила R, що зрівноважується із P_n та L_n. Накладаючи обидва силові пляни, бачимо, що

$$P_n = S - P_a \cdot \quad \ldots \quad (60)$$

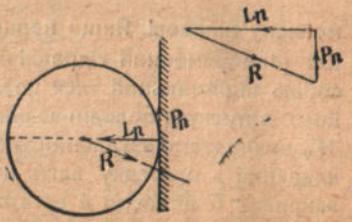

Рис. 55. Реакції підпор на яловому кінці циліндра

тобто, що на робочому кінці виникає момент, який діє обертаючи праворуч

$$(S - P_a) \cdot \frac{s}{2},$$

а на яловому кінці постає момент, що обертає в протилежному напрямку:

$$P_n \cdot \frac{s}{2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (61)$$

і що дорівнює першому й викликає в стінці бляшаного циліндра закрутні напруги.

Тиск води викликає, крім того, згин, що його визначає найбільший момент

$$M_{max} = \frac{R \cdot l}{4},$$

який виникає в центрі циліндра.

РОЗДІЛ VI

ДОПОМІЖНІ СПОРУДИ ПРИ ГРЕБЛЯХ

§ 33. Низобудова (фундамент) та основа. Низобудовою (фундаментом) позначають звичайно ті частини греблі, що розміщені під поверхнею дна річки. Однак у сліпих гребель не можна відзначити цілком виразної межі між низобудовою та тілом греблі. У переставних гребель за частини низобудови можна вважати також пороги, що виступають над дном річки і з одного боку правлять за підпору для тіла закривки, з другого ж боку мають завдання зменшувати висоту переставних частин.

Коли будується основу греблі на скелястому ґрунті, то спочатку треба спровадити горішні звітрілі верстви аж до цілком чистої скелі без жодних щілин і розколин. Низобудова (фундамент) часто відзначається лише тим, що раптом дуже більшають розміри в ширину відповідно до підтримної спроможности (допускного стиску) підгрунтя.

Коли на природній непорушеній скелі лежить помірної грубини верства, щільно уложеного звітрілого ґрунту з великим опором проти стиску, то найголовнішу увагу треба звернути на те, щоб запобігти підмивання споруди. В тій цілі треба з боку від горішнього б'єфу спускати від краю масива греблі аж до самої скелі, так звані, фундаментні підмурки.

Якщо звітріла верства є надто груба, то фундаментні підмурки доводиться заміняти на дерев'яні або залізні стіни з ґарованих паль, що їх забивають якнайглибше, звичайно ж попід дно греблі, на глибину рівну висоті греблі. Ґарована стіна, що її забивають в кінці водобою, має завдання захищати греблю від розмивання дна й утворення водориїв і проточин під греблею.

Якщо будують греблю на підґрунті з малим опором проти стиску, то доводиться споруджувати спеціяльні фундаменти. Найпростіша й найдешевша з таких конструкцій є фундаментна плита відповідно великих розмірів у ширину, що передає обтяження від греблі на ґрунт і в такий спосіб зменшує напруги до допускних величин. Інакше розв'язують це питання будуючи глибокі основи, які передають обтяження на глибше заложені верстви, що мають більший опір проти стиску. Найчастіше забивають для цього палі. Тим часом по дуже великих спорудах, наприклад гребля Інн біля Йеттенбаху (Innwehr bei Jettenbach), споруджують основи, застосовуючи стиснене повітря

(пневматичні основи). На згаданій споруді гребля з подвійними щитами підпирає річку Інн на 8 *м*. В неї як бики, так і поріг греблі споруджено кожний на своєму кесоні (спускна скриня) 17 *м* завдовжки та 4 *м* завширшки. Кесони заглиблено в дно річки на 10 *м*. Так само інколи споруджують греблі з основою на додільних (опускних) колодязях. Однак часто такого типу основи не виправдують себе і тому споруджують їх тепер лише в поодиноких випадках.

§ 34. Бики та примикання греблі до берега. Бики будується лише в переставних гребель, коли річку не можна підперти одним закривковим тілом, що сягало б від одного берега до протилежного на всю ширину річки. Бики насамперед потрібні для того, щоб в їхніх нішах робити напрямні поверхні для руху підпірних частин греблі. Інше їхнє завдання — передавати від підпірних тіл на ґрунт тиск води. Перекидний момент, що постає від напору води на бики, є звичайно дуже великий і тому рекомендується будувати бики відокремлено від порогу греблі, закладаючи їхню основу далеко глибше. При тому, визначаючи розміри, треба зважати на те, щоб у жодному шві не виникали б розтяжні напруги. В пляні бики обмежовується з обох боків закругленою лінією, подібною до стрілчастого луку, щоб краще їх обтікала вода. Крім того, передній край биків укріпляють ще забетоновуючи в нього на руба кутівкове залізо, щоб захистити його від ударів криги, всяких колод, що пливуть водою, тощо.

Відповідно до типу греблі будується в биках потрібні обвідні канали; так само можуть вони правити за проміжні підпори під службовий місток, потрібний для спорудження підоймових пристроїв, іноді ж для влаштування проїжджої дороги.

Береговим стоянам, крім завдання, що його мають проміжні бики, припадає ще завдання бути бічним обмежуванням для водяного потоку, та захищати береги від розмивання водою. Отже, берегові стояни треба будувати так, щоб верхній їхній край був вище від найвищого підпертого рівня, а крім того, щоб увесь стоян дуже щільно був зв'язаний із берегом до якого він примикає.

Бічні стінки берегових стоянів, що обмежовують потік із боків, будується рівнобіжно до напрямку річки так, що вони своїми прибічними крилами, змурованими похило або під прямим кутом до осі річки, злучують стоян із берегом. Щоб швидко вгамовувати течію води, доцільно низове прибічне крило будувати так, щоб воно поволі переходило в берегову лінію. Крім того, споховини, що примикають до прибічних крил, треба брукувати або бетонувати.

Основи биків та берегових стоянів розраховується, беручи до уваги вказівки, подані в § 33.

§ 35. Спорудження водобоїв та укріплення від водориїв та проточин. Поруч із розвитком будівництва гребель чимраз більших розмірів, треба було відповідно звертати більшу увагу на спорудження водобоїв. Завдання водобоїв вгамовувати водяні маси, що з великою швидкістю падають,

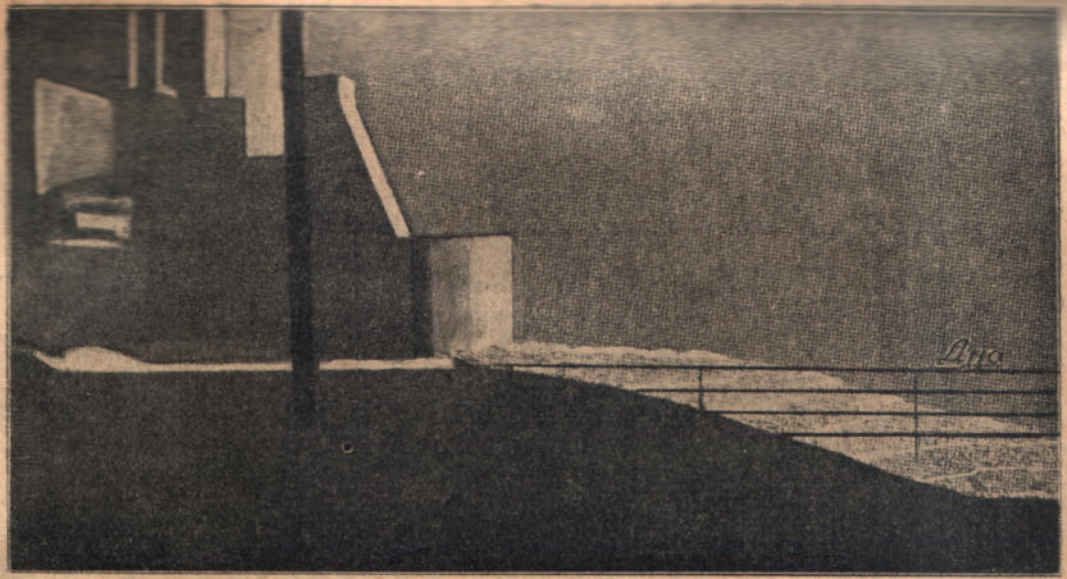

Рис. 56. Фотографія моделі (1 : 50) силовні Ryburg - Schwörstadt побудованої в гідротехнічній лабораторії у Карлсруе. Видно, як від збудування зубчастого порогу зменшилося розмивання дна та утворення водориїв. Видаток води $Q = 4000$ $м^3/сек$. Спроба тривала 40 хвилин

переливаючися через греблю, або виливаються з-під щитів, перш ніж вода потече властивою їй природною течією. Лише основуючи греблю на міцній природній скелі, можна не будувати спеціяльного водобою.

Ми звичайно відрізняємо два типи водобоїв, відповідно до застосованих у них засобів розсіювати енергію води. Перший тип характерний тим, що ввесь перепад поділяється на окремі невеличкі східці, при тому енергія води розсіюється при повторних паданнях струї води на виступи та всякі перепони (тесане каміння, пороги тощо). Далеко простіший і ефективніший другий спосіб, є в тому, що кінетична енергія води розсіюється через втрати її при змішуванні (вири) і перетворюється на теплову енергію. Відповідною будовою водобою примушують струю занурюватися у досить велику водяну подушку, при тому через велику різність швидкостей у струї води та в масі води, утворюються міцні вири, в яких розсіюється багато енергії. Зовні ці процеси виявляються через виникнення водяних вирів, про які вже не раз згадувано (поверхневі та денні вири). На рис. 21 показано такий занурений (затоплений) водобій, де дарма, що водобій рівний, але, оскільки він є досить глибоко під поверхнею води низового б'єфу, утворюється досить груба водяна подушка. Отже, конструкція водобою насамперед залежить од стану води в низовому б'єфі.

Але навіть обравши водобій досить великих розмірів, все ж таки не можна цілком уникнути

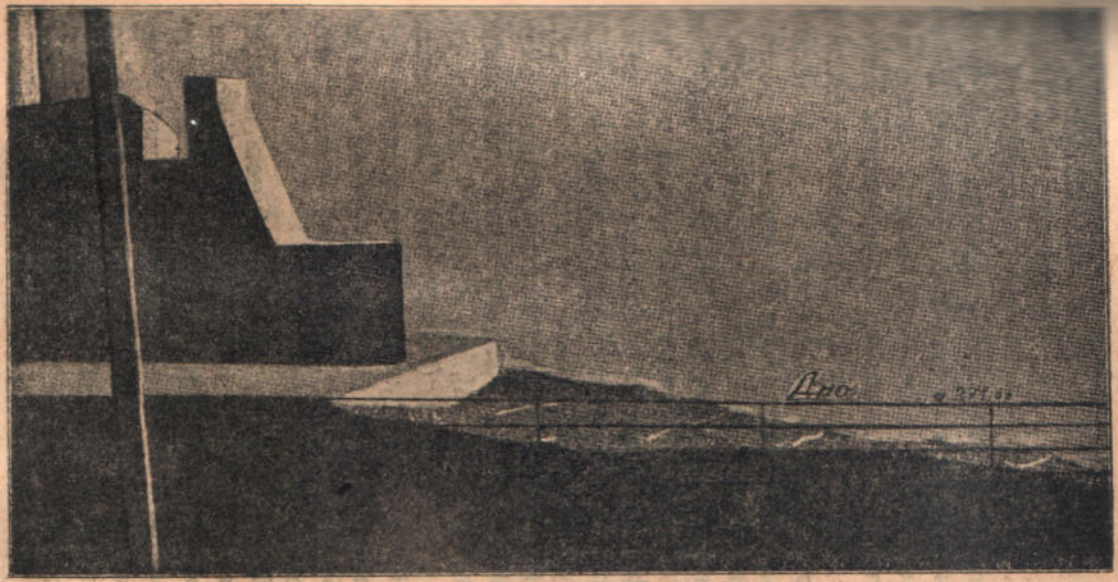

Рис. 57. Утворення водориїв безпосередньо біля водобою силовні Ryburg-Schwörstadt. Q=4000 *м³/сек.* Спроба тривала 12 хвилин. (Для порівнання із рис. 56, де видно, що збудувавши зубчастий поріг навіть після спроби, яка тривала 40 хвилин не утворилося жодного водорию біля водобою

загрози підмивання водобійної споруди й утворення з краю її більших чи менших водориїв. Про це свідчать ті величезні суми, що їх доводиться щороку витрачати на ремонтні роботи в дні річки нижче від гребель та водобою. Через це майже всі гідротехнічні лабораторії Европи більш або менш інтенсивно працювали над питаннями захисту гребель від підмивання й укріплення від водориїв. Запропоновано багато різних споруд, що їхню придатність, проте, доведеться ще протягом довгого часу доказувати. На підставі численних спроб із моделями в гідротехнічній лабораторії в Карлсруе, проф. Ребок винайшов та запатентував дуже доцільну форму запірного порогу, так званий, зубчастий поріг, що його конструкцію видно на рис. 21 та 56. Зубчасті пороги вже в багатьох випадках дуже добре себе виправдали. Їхній вплив на зменшення підмивання й водориїв дуже добре видно на фотографії (рис. 56), що її знято з моделі силовні у Швердштадті (Schwörstadt). Спорудивши зубчастий поріг, тут цілком уникнули водорию безпосередньо біля самої споруди, тим часом, коли не було зубчастого порогу, то більшу частину споруди розмивала вода (рис. 57).

§ 36. Денні водоспуски та нарінкові шлюзи. Перепиняючи водяний потік сліпою греблею, виникає звичайно потреба, ще навіть під час будування, залишати вільний отвір, крізь який збігає (стікає) вода. Закінчивши будувати сліпу греблю, такий отвір звичайно закривають заставкою. Цей отвір не тільки полегшує споруджування, але

доцільний ще й через те, що в дальшій роботі греблі він править за денний водоспуск. Крізь цей спуск, в разі потреби, випускають всю воду з гребляного ставу і ремонтують ті частини споруди, що звичайно перебувають під водою. По невеликих греблях, де відведення води під час будування не викликає жодних труднощів, часто буває досить закласти в тіло греблі при самому дні річки залізну трубу, що править за денний спуск. Цю трубу закривають ковзною або коточковою заставкою (щитом).

У греблях по тих річках, що несуть багато намулу, доводиться робити нарінкові шлюзи (спуски), щоб не допускати річку заносити гребляний став та щоб не дати більшій кількості ріні потрапляти у відвідний канал. Нарінковий шлюз доцільно споєднувати із денним водоспуском. Верхній край закривкового тіла, вживаного в денних водоспусків та нарінкових шлюзів, має бути на висоті гребеня греблі так, щоб у закритому стані він правив би за переливну греблю. Завширшки це тіло буває різне, залежно від місцевих умов.

Дно річки перед нарінковим шлюзом звичайно бетонують. В такий спосіб, зменшуючи шерехатість дна, доходять швидшого й певнішого відведення відкладеної ріні. З цих саме причин униз від денного спуску споруджують довший спускний канал, обмурований бетоном або забрукований. Дуже добре себе зарекомендував по великих спорудах спосіб вистилати грунт перед нарінковим шлюзом

міцними дерев'яними платвинами, що їх можна час од часу заміняти.

Місце під нарінковий шлюз треба вибирати так, щоб з одного боку він примикав до порогу вище від впускних частин греблі, а з другого боку, щоб до нього був вільний приплив води, а значить і ріні (рис. 58).

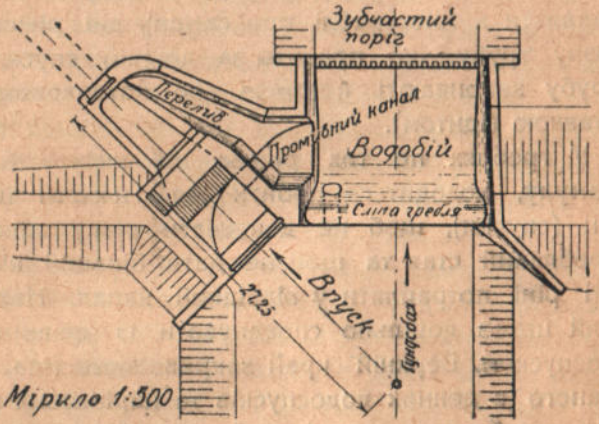

Рис. 58. Плян розпологу сліпої греблі із забірними спорудами та укріплення водобою зубчастим порогом

§ 37. Забірні (відвідні) частини споруди. Відводять воду із гребляного ставу через спеціяльну забірну споруду. Щоб простіше було будувати її та щоб цілком використати всю глибину підпертої води, забірна споруда має бути конструктивно безпосередньо зв'язана із греблею.

Завдання забірної споруди — випускати відповідну кількість води у відвідний канал і то з якнай-

меншою втратою спаду, а також затримувати з води намули, рінь та всякі предмети, що плавають на воді. Місце під забірну споруду треба обирати так, щоб вода підпливала до вхідного отвору якомога простою лінією. Щоправда, цю вимогу щастить задовольнити лише дуже рідко. Тим часом, завжди можна утворити більш-менш сприятливі умови припливу води, уникаючи різких змін поперечного перекрою та споруджуючи витягнуті переходи берега річки в забірну споруду.

Намагаючися дійти якнайпростішої конструкції, впускний отвір звичайно закладають так, щоб можна було безпосередньо злучати його з каналом або штольнею. На заворотах річки, де денна течія заносить намули до внутрішнього берега' забірну споруду розташовують по змозі із зовнішнього берега, бо сюди звичайно найменше заноситься ріні.

Щоб затримувати рінь, дно випускного отвору звичайно будують вище від дна річки, при тому цей впускний поріг звичайно збігається з береговою лінією і доходить до берегового обмежувального муру нарінкового шлюзу. Інколи поріг відносять аж у саму забірну споруду, а промивний канал роблять у бічній стіні забірного басейну, окремо від самої греблі (рис. 58). Коли закрити канал спеціяльною закривкою (заставкою), то в промивному каналі, під впливом тиску підпертої води, утворюється дужа течія, яка промиває і виносить із собою в низовий б'єф рінь, що відклалася перед порогом.

Добре себе зарекомендувала конструкція, в якій канал вирізають у самому впускному порозі. Канал цей сполучено кількома отворами із гребляним ставом, а при виході до низового б'єфу, він закритий заставкою. Коли відкрити заставку, вода з великою швидкістю втікає через промивні отвори в канал і розмиває рінь, що відклалася перед порогом.

Щоб у робочий (забірний) канал не потрапляли всякі тіла, що плавають на воді, перед впуском у канал укріпляють плавучі трями так, щоб вони могли рухатися відповідно до змін поверхні води. Крім того, вживають для цього занурених стін або хвартухів із залізобетону чи дерева; їхній нижній край заходить нижче від гребеня греблі, тим часом через них вода не може переливатися навіть за найвищої води.

Те саме завдання мають і гратниці як з великими, як і з малими отворами. Гратницями з великими отворами зветься споруди, що їх утворюють штанги з обрисового заліза, поставлені майже прямовисно на відстані 15—20 *см* одна від одної. Гратниці з малими отворами звичайно роблять із руба поставлених залізних штаб на відстані 1,5—4 *см* одна від одної. Щоб легше їх було чистити та щоб збільшити поперечний перекрій переливу, ці залізні штаби звичайно в'яжуть навскоси під кутом 30—60°. Гратниця набагато зменшує поперечний перекрій переливу, і тому впускний край треба робити остільки довгий, щоб швидкість припливу залишалася в певних межах та не було надто великої втрати спаду. Набли-

жено визначають ширину впуску так, щоб швидкість перетікання у незабудованому поперечному перекрої, як установити гратниці з великими отворами, становила 0,5 *м/сек*, а як установити гратниці з малими отворами — становила б 0,25 *м/сек*.

Щоб захистити відповідний канал від високої води, споруджується закривки (звичайно, заставки) або в передній стінці впускного басейну або в тому місці, де він переходить у штольню чи канал. Цими щитовими заставками можна регулювати приплив води в каналі так, щоб він був завжди сталий, незалежно від змін видатку води в кориті річки, або навіть зовсім припиняти приплив, коли бува трапляться пошкодження чи завали в штольнях.

При вході в канал звичайно споруджується, крім того, так звані, о б л е г ч у в а л ь н і с п о р у д и, що автоматично починають робити, коли бува швидко напливе висока вода і заставки не закриють отвору або не закриють його вчасно; це не дає вливатися надмірній кількості води в канал. До цих споруд належать, так звані, зливні труби й переливи — вирізи в берегових мурах впускного басейну. Їхній переливний край є трохи нижче від найбільшої допускної висоти поверхні води в каналі. В наслідок несприятливого припливу води, п о д о в ж н і греблі доводиться будувати дуже довгі і тому часто замість їх будується сифонні переливи, з яких найвідоміший Гейнів сифон, так звана „Гейнова водяна п'явка" („Heynische Wasseregel"), за допомогою якого можна дуже

точно тримати воду на певному рівні. Облегчувальні споруди будується завжди з річкового боку забірної споруди, щоб ту воду, яка переливається через неї, можна було якнайкоротшим шляхом вертати знову до корита річки. Канали відводити воду назад та частини корита, що безпосередньо до них примикають, треба бетонувати або брукувати, щоб захистити їх від розмивання та утворення водориїв через велику швидкість води, що тут спостерігається.

§ 38. Рибохідники. Завдання рибохідників — дати змогу мандрівним рибам (лосось, фореля, річковий вугор) перепливати крізь ті штучні перепони, за які для них правлять греблі. Рибохідники, порівнюючи до ширини річки, є дуже вузькі і тому їх треба споруджувати так, щоб риба взагалі могла б їх знаходити. Риба звичайно пливе аж до самої перепони і коли бачить, що не можна далі пливти в перед, пливе вона вздовж перепони навпоперек течії. Отже, з цього ясно, що отвір рибохідника мусить бути безпосередньо при підошві греблі. Далі ще рибі дається знак про можливість обминути перепону тим, що вільна течія в рибохіднику ніколи не припиняється.

Риба проходить через рибохідники або стрибками, або плаваючи і залежно від того рибохідники споруджується *східчасті або рівні*. Висота окремих східців для форелі не повинна перебільшувати 25 *см* при ширині рибохідника до 0,7 — 1 *м*. Між окремими східцями улаштовують, так звані, ставки, принаймні 0,30 *м* глибокі, з яких

риба вистрибує. Сходи для лососевих хідників можна будувати в розмірах удвоє більших проти згаданих тут рибохідників для форелі.

У проходах для риби течія має бути не дужча за 2—3 *м/сек*, щоб риба могла все ж таки пливти проти такої течії.

На показаному на рис. 59 подовжньому розрізі рибохідника із східцями видно, що в кожній частині

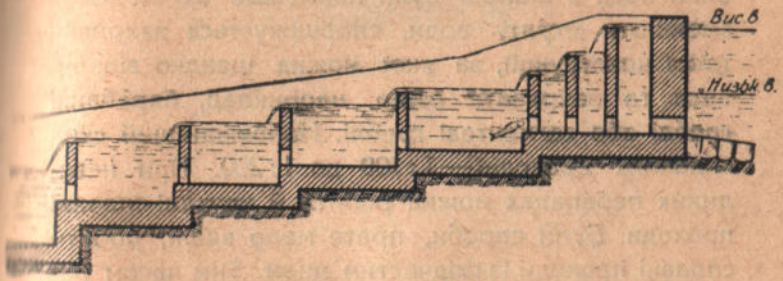

Рис. 59. Подовжній розріз через східчастий рибохідник

окремих перепинних стінок пороблено отвори приблизно 0,30 *м* широкі та 0,40 *м* високі, що їхній поперечний перекрій дедалі до виходу стає менший; отже, при однаковій висоті окремих перепадів, вода при виході переливається водоспадом і в такий спосіб принаджує рибу звуком.

Для вугревої мольги (зграї молодих вугрів), що пливе звичайно проти течії, будується, так звані, вугреві жолоби. Це спеціяльні рибохідники, утворені із прямокутніх дерев'яних жолобів 15 *см* широких та 10 *см* глибоких, поведених із схилом 1:5—1:10, в які укладають тараски. Молоді 10 *см*

довгі вугрі проковзують вузенькими щілинами та цівками між хворостинами аж до горішнього б'єфу.

§ 39. Проходи сплавляти плоти. Сплавні плотопроходи це похилі жолоби (лотоки), якими перепускають через греблю плоти. Вони закриті лише з горішнього краю і відкривають їх коли треба сплавляти плоти.

При ширині приблизно 12 *м* бажано, щоб глибина води в жолобі була найменше 0,6 *м*. Щоб зменшити втрату води, споруджується закривки такої конструкції, за якої можна швидко відкривати та закривати отвір, наприклад, барабанні греблі або сегментові греблі. Найбажаніший схил сплавних проходів — 1 : 100 до 1 : 200. При невеликих перепадах можна робити й крутіші сплавні проходи. Були спроби, проте мало вдалі, робити сплавні проходи із східчастим дном. Тим часом рекомендується в кінці жолоба робити рухливий пливець, що править за елястичну подушку, якою плоти сповзають у низовий б'єф. Однак горішні трями цього пливця швидко стираються і тому, проєктуючи пливець, треба подбати, щоб можна було швидко заміняти поодинокі трями.

СЛОВНИЧОК

Аркушеве залізо	Blecheisen	листовое железо
Б'єф горішній	Oberwasser	верхний б'еф
Б'єф низовий	Unterwasser	нижний б'еф
Брук	Pflasterung	мощение булыжником
Бутинувати	einstampfen	утрамбовывать
Валниця	Lager	подшипник
Вальцьоване обрисове залізо	Walzprofileisen	прокатное профильное железо
Вбирання (розсіювання) енергії	Energieaufzehrung	поглощение (рассеивание) энергии
Вгамовувати	Beruhigen	успокаивать
Вгору проти води	Flußaufwärts	вверх против течения
Видаляти, спроваджувати	entfernen	удалять
Видаток води	Abflußmenge	расход воды
Вилучатися	abscheiden	выделяться
Вимикна (розлучна) штанга	Ausrückstange	разобщающая штанга
Вимірчий перелив	Meßwehr	измерительный водослив
Вислідна	Resultierende	равнодействующая
Вир денний	Grundwalze	донный водоворот
Вир поверхневий	Deckwalze	поверхностный водоворот
Витривалість	Dauerhaftigkeit	стойкость
Від'ємний	negativ	отрицательный
Відкидний козел	umklappbarer Wehrbock	откидной козел

Відпірник	Widerlager	контрфорс
Відстань	Entfernung	расстояние
Водозбір	Wasserabfluß	водосток
Водорий, проточина	Auskolkung	промоина, подмыв
Водоспадна гребля (перелив із вільною струєю)	Sturzwehr	водосбросная плотина (водослив со свободной струей)
Всисний патрубок	Saugschnauze	всасывающий раструб
Втрати від змішування	Mischverluste	потери от смешивания
Втрата напору на тертя	Reibungsgefälle	потеря напора на трение
Гак	Hacken	крюк
Гатка, пригата	Buhne	буна, полузапруда
Гідросиловня	Wasserkraftanlage	гидросиловая станция
Границя	Grenze	предел
Гребінь	Feder	гребень
Грубина	Stärke	толщина
Гузир	Stammende	комель
Гарована стіна	Spundwand	шпунтовая стена
Ґратниця	Rechen	решетка
Дахова гребля	Dachwehr	двустворчатая плотина
Денна загата (перелив нижчерівневий)	Grundwehr, unfolkommener Überfall	донная запруда (водослив неполный)
Дзеркало, поверхня води	Wasserspiegel	зеркало, поверхность воды
Дзюбувата насадка	Schnabeansatz	клювовидная насадка
Додатній	positiv	положительный
Домішка	Zusatz	примесь
Доплив	Zufluß	приток
Дотику точка	Berührungspunkt	касания точка
Забірна споруда	Entnahmebauwerk	заборное сооружение
Заволічка	Vorstecker	шплинт
Заворот	Krümmung	поворот, изгиб

Загаяний рух	verzögerte Bewegung	замедленное движение
Закидати платвинами	Bohlen einsetzen	закладывать пластинами
Закривка	Verschluß	затвор
Заметинна гребля	Dammbalkenwehr	шандорная плотина
Занурена стіна, хвартух	Tauchwand, Schürze	погруженная стена
Занурюватися	eintauchen	погружаться
Зарискований	schraffierte	заштрихованный
Заставка	Schütze	щит
Заставкова (щитова) гребля	Schützenwehr	щитовая плотина
Затискування, затинання	Klemmen	защемление, заедание
Звід (зводу)	Kran	кран
Звітріла верства	Verwitterungsschicht	выветрившийся слой
Зводити	aufrichten	поднимать
Зворотний вплив підпору	Rückstau	влияние подпора вверх по реке
Звуження струї (бічний стиск)	Zusammenziehung des Strahles	сжатие струи
Зв'язень	Träger	ферма
Згинний момент	Biegungsmoment	сгибающий момент
Зграя молодих вугрів (м'льга)	Aalbrut	стая молодых угрей
Злука	Verbindung	соединение
Значення	Wert	значение
Катеринка	Winde	лебедка
Кесон	Senkkasten	опускной ящик, кесон
Кістяк	Gerippe	остов
Ковз	Gleitung	скольжение
Коефіцієнт видатности	Wirkungsgrad	коэфф. полезного действия
Коеф цієнт витікання	Abflußbeiwert	коэфф. истечения
Корито річкове	Flußbett	русло речное

Коткий круг	Rollkreis	катящийся круг
Коточок	Rolle	ролик
Кригоплав	Eisgang	ледоход
Кут похилу	Neigungswinkel	угол наклона
Кутівкове залізо	Winkeleisen	угловое железо
Линва	Drahtseil	трос
Лінія вільної поверхні води	Wasserspiegellinie	линия свободной поверхности воды
Лотік	Gerinne	лоток
Луковина річки	Flußkrümmung	изгиб реки
Люстрове скло	Spiegelglas	зеркальное стекло
Масний цементний розчин	fetter Zementmörtel	жирный цементный раствор
Мірниця	Pegel	водомерная рейка
Модрина	Lärche	лиственница
Мур	Mauer	каменная стена
Мурування	Mauerwerk	кладка
Намули	Geschiebe	наносы
Напір (- пору), тиск води	Wasserdruck	напор, давление воды
Напірна (підпірна) стіна	Stauwand	напорная стена
Напрямна поверхня	Laufbahn	направляющая
Нарінковий шлюз	Kiesschleuse, Grundablässe	донный водоспуск
Нарінок	Kies	гравий
Непорушена скеля	vewachsener Fels	нетронутая скала
Нехтувати	gernachlässigen	пренебрегать
Низобудова	Unterbau	нижнее строение
Нютований	genieteter	клепанный
Обвід циліндра	Zylinderumfang	окружность цилиндра
Облегчувальна споруда	Entlastungsanlage	разгрузное сооружение
Обтяження	Belastung	нагрузка
Оливо	Blei	свинец
Осередок ваги	Schwehrpunkt	центр тяжести
Паля	Pfahl	свая

Перекрій поперечний	Querschnitt	сечение поперечное
Перелив	Überfall	водослив
Переливна гребля (перелив вищеріжений)	Überfallwehr, (vollkommener Überfall)	водосливная плотина (водослив полный)
Переливна стіна	Abfallwand	водосливная стена
Перепиняти	abschliessen	загораждать (закрывать доступ)
Переставна (розбірна) гребля	bewegliches Wehr	разборчатая плотина
Перетворення	Umwandlung	преобразование
Перетину точка	Schnittpunkt	пересечения точка
Підіймальний тиск води	Auftrieb	взвешивающее давление воды (давление воды вверх)
Підпір, (- пору)	Stau	подпор
Підперта (загачена) вода	gestaute Wasser	подпертая (запруженная) вода
Підпірна (напірна) стіна	Stauwand	напорная стена
Підпірний	stauende	подпорный
Підпірний східець	Staustufe	ступень подпора
Підпора (- пори)	Stütze	опора
Підпорний	stützende	опорный
Пілка	Klappe	створка
Плавучий трям	Schwimmbalken	плавающая балка
Пливець	Floßteder	плавник
Плотопрохід	Flossgasse	плотоход
Поверхня котіння	Lauffläche	поверхность качения
Повідня	Antrieb	привод
Подовжня гребля, гатка (рівнобіжна, напрямна)	Streichwehr	параллельная плотина (стеснительная)
Поземна лінія	wagerechte Linie	горизонтальная линия
Позначка підпору	Staumarke	отметка подпора

Покрив	Abdeckung	покрытие
Поміст (· осту)	Bohlenbelag	дощатый настил
Постійно	dauernd	постоянно
Потужність	Leistung	мощность
Похилий (скошений)	schräg	наклонный (скошенный)
Прибічне крило	Flügelmauer	откосное крыло
Примушений,	erzwungene	принужденный
Приставляння	Anfuhr	доставка
Противага	Gegengewicht	противовес
Протипілка	Gegenklappe	противостворка
Протитиск (реакція підпори)	Gegendruck	противодавление (реакция опоры)
Прудковід	schießender Abfluß	быстротока
Прудковідний перелив	Schusswehr	быстроточный водослив (быстротока)
Прямовисний	lotrecht	вертикальный
Пухкий	locker	рыхлый
Радіюс кривини	Krümmungsradius	радиус кривизны
Рамено важеля	Hebelarm	плечо рычага
Ремінна обіймиця	Lederstulpe	кожанная обойма
Рибохідник	Fischweg	рыбоход
Рівнобіжний	parallel	параллельный
Рівчачок (гара)	Nut	жолобок (паз)
Рінь	Geröll̈e	галька
Розлучати	lösen	разобщать
Ролета	Rollvorhang	штора
Ролетна (жалюзяна) гребля	Rolladenwehr	шторная плотина
Розрахунок	Berechnung	расчет
Розсіювання енергії	Energievernichtung	рассеивание энергии
Руб гребеня	Wehrkante	ребро (край) гребня
Рублена стіна	Blockwand	бревенчатая стена
Рукопаш	von Hand	вручную
Ряжева конструкція	Steinkistenwerk	ряжевая конструкция
Свердловина	Bohrloch	буровая скважина
Скалля	Kies	щебень

Складати стосами	aufstapeln	укладывать в штабеля
Сліпа гребля	festes Wehr	глухая плотина
Спад	Gefälle	уклон, падение
Спокійна течія	Strömen, ruhiges Fließen	спокойное течение
Сполучатися	in Verbindung stehen	сообщаться
Споруда	Anlage	сооружение
Споховина	Böschung	откос
Спроба, дослід	Versuch	опыт
Спрямований	gerichtet	направленный
Став гребляний	Wehrteich	пруд перед плотиной
Ставити опір	Widerstand leisten	сопротивляться
Сталий	konstant	постоянный
Сторчак	Nadel	спица
Сторчакова гребля	Nadelwehr	спицевая плотина
Сторчовий	senkrecht	перпендикулярный
Стоян	Pfeiler	устой
Стрибок води	Wechselsprung, Wassersprung	прыжок воды
Стрижень	Stab	стержень
Стрілчастий лук	Spitzbogen	стрельчатая арка
Сустав	Gelenk	шарнир
Сухе мурування	Steinpackung	сухая кладка
Схил	Neigung	уклон
Східчастий перелив	Stufenwehr	ступенчатый водослив
Тараска	Buschwerk	фашина
Тисковий трикутник	Druckdreieck	треугольник давления
Трям	Balken	балка
Тяглова сила	Schleppkraft	тяговая сила
Униз за водою	Flußabwärts	вниз по течению
Упорядження, злагода	Anordnung	устройство
Устава	Anlage	установка
Установна пілка	Stellklappe	установочная створка
Ущільнення	Dichtung	уплотнение

Хлипакова (пілкова) гребля	Klappenwehr	створчатая плотина
Чинник	Faktor	фактор
Чіп (чопа)	Zapfe	цапфа
Шар води	Wasserschicht	слой воды
Швидкісна висота, напір	Geschwindigkeitshöhe	скоростная высота, напор
Швидкісний спад	Geschwindigkeitsgefälle	скоростное падение
Шво (шва)	Fuge	шов
Шерехатість	Rauhigkeit	шероховатость
Штаба залізна	eiserner Band	полоса железная
Штаґа (упорний брус під сторчаки)	Nadellehne	опорный брус для спиц
Штивність	Steifigkeit	жесткость (механическая)
Щитова (заставкова) гребля	Schützenwehr	щитовая плотина

ЗМІСТ

Розділ I

Загальні відомості про греблі та загати

Стор.

§ 1. Означення понять 5
§ 2. Завдання підпірних споруд 6
§ 3. Як діють підпірні споруди 8

Розділ II

Загальна клясифікація та поділ гребель

§ 4. Найдоцільніше місце, де будувати греблю . . . 12
§ 5. Визначення висоти греблі 12
§ 6. Поділ гребель за їхнім виглядом у пляні 13
§ 7. Поділ гребель за висотою гребеня греблі над дзеркалом низового б'єфу 14
§ 8. Поділ гребель за типом будови підпірного тіла 15

Розділ III

Гідравлічні основи до розрахунку водозбігу на греблях

§ 9. Розрахунок висоти переливу та висоти підпору в переливних, з вищерівневим переливом, гребель 18
§ 10. Розрахунок висоти переливу в денних гребель (із нижчерівневим переливом) 27
§ 11. Розрахунок кривої підпору та кривої спаду для переливних та денних гребель 30

§ 12. Різні процеси водозбігу вниз від греблі. Розсіювання енергії через втрати її у поверхневих вирах 39
§ 13. Розрахунок стану водяного дзеркала нижче від греблі 43
§ 14. Спокійна течія та прудковід. Зміна характеру водозбігу 43
§ 15. Водозбіг через подовжні (рівнобіжні) греблі та розрахунок висоти переливу 50
§ 16. Водозбіг із під заставок (щитів) і характер водозбігу 54
§ 17. Розрахунок видатку води з-під заставок . . . 54
§ 18. Водозбіг через сифони й розрахунок видатку води 56

Розділ IV

Конструктивна будова сліпих гребель

§ 19. Водопропускні сліпі греблі 57
§ 20. Греблі масивної будови 65
§ 21. Греблі залізобетонні 76

Розділ V

Конструктивні форми переставних гребель

§ 22. Загальні відомості про переставні греблі . . . 80
§ 23. Сторчакові (голчасті) греблі 84
§ 24. Греблі із заметинних трямів 93
§ 25. Ролетні або жалюзяні греблі 96
§ 26. Заставкові (щитові) греблі 96
§ 27. Хлипакові греблі з відкидними пілками 106
§ 28. Дахові греблі (греблі з двопілковими хлипаками) 112
§ 29. Барабанні греблі 115
§ 30. Секторні греблі 117
§ 31. Сегментові греблі 121
§ 32. Циліндричні греблі 123

Розділ VI

Допоміжні споруди при греблях

§ 33. Низобудова (фундамент) та основа 131
§ 34. Бики та примикання греблі до берега 133
§ 35. Спорудження водобоїв та укріплення від водориїв та проточин 134
§ 36. Денні водоспуски та нарінкові шлюзи 138
§ 37. Забірні (відвідні) частини споруди 140
§ 38. Рибохідники 144
§ 39. Проходи сплавляти плоти 146
§ 40. Словничок 147

ДЕРЖАВНЕ ВИДАВНИЧЕ ОБ'ЄДНАННЯ УКРАЇНИ.

Правління: Харків, вул. К. Лібкнехта № 31

ПО ВСІХ КНИГАРНЯХ УКРКНИГОЦЕНТРУ ДВОУ ТА КООПЕРАТИВНИХ Є ТАКІ КНИЖКИ:

Блю, О. й Штарк, Н.— Адсорбція. Переклад з нім. Держтехвидав. 1931. 190 ст., ц. 1 крб. 40 коп. Наук.-тех. б-ка.

Гельд, О. — Мале бесемерування та застосування його до обрисового литва. Переклад з нім. мови. Держтехвидав. 1931. 100 ст., ц. 85 коп. Наук.-тех. б-ка.

Дейч, В. — Загальна гідротехніка. З 46 табл. рис. 2 перероб. й доп. вид. ДВУ. 1930. 280 ст., ц. 6 крб. з альбомом.

Іванов, Б. — Технічна термодинаміка. Укрдержтехвидав. 1931. 132 ст., ц. 75 коп. Наук.-тех. б-ка.

Каншін, А.— Розрахунок отворів у великих мостах способом гідравлічних еквівалентів. Переклад з 4 рос. вид. Укрдержтехвидав. 1931. 52 ст., ц. 40 коп. Наук.-тех. б-ка.

Катков, Д. С., інж. — Технічне нормування в ковальстві.— Укрдержтехвидав. 1931. 46 ст., ц. 30 коп. Науково-технічна бібліотека.

Катков, Д. — Технічне нормування в ливарстві. Укрдержтехвидав. 1931. 68, ст., ц. 80 коп. Наук.-тех. б-ка.

Крачковський, В. — Спорудження залізничної колії. Держтехвидав. 1930. 378 ст., ц. 2 крб. Науково-техн. б-ка.

Машкіллейсон, Л.— Допомічні графіки й таблиці розраховувати лінії електропересилань. Упорядкував інж.-ел. Л. Є Машкіллейсон. За ред. проф. А. А. Смурова. ДВУ. 1930. 116. ст., ц. 1 крб. 20 коп. Наук.-техн. б-ка.

ЗАМОВЛЕННЯ НАДСИЛАТИ НА ТАКІ АДРЕСИ:

ХАРКІВ, вул. Першого Травня, 17 — поштовий відділ Укркнигоцентру ДВОУ

КИЇВ, вул. Воровського 29 — пошт. від. Укркнигоцентру ДВОУ

ОДЕСА, вул. Ляссаля, 33 (Пасаж) — поштовий відділ Укркнигоцентру ДВОУ

ДНІПРОПЕТРОВСЬКЕ, проспект К. Маркса, 49 — поштовий відділ Укркнигоцентру ДВОУ

Ціна 40 коп. (Р)