



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА ТА АРХІТЕКТУРИ

О.Л. Пальченко

МЕХАНІЧНЕ ОБЛАДНАННЯ СПОРУД

Тексти лекцій

Харків 2022

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА ТА АРХІТЕКТУРИ

О.Л. Пальченко

МЕХАНІЧНЕ ОБЛАДНАННЯ СПОРУД

Тексти лекцій

для здобувачів вищої освіти
спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія»
першого (бакалаврського) рівня

Рекомендовано
науково-методичною радою
університету.
Протокол № 3 від 17.11.2022 р.

Харків
ХНУБА
2022

П14
УДК 626/627

Рецензенти:
Ю.О.Ландау, д-р техн. наук,
ПРАТ «УКРГІДРОПРОЕКТ»;
А.О.Мозговий, д-р техн. наук, доц.,
Харківський національний університет будівництва та архітектури

Автор: О.Л. Пальченко

П14 Пальченко О.Л. Механічне обладнання споруд: Тексти лекцій для здобувачів вищої освіти спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» першого (бакалаврського) рівня. Харків: ХНУБА, 2022. 71 с.

У текстах лекцій викладено основні положення курсу «Механічне обладнання споруд», розглянуто загальні відомості про механічне обладнання гідротехнічних споруд, склад механічного обладнання и металевих конструкцій, основні навантаження і впливи на затвори гідротехнічних споруд, розглянуто основні типи поверхневих та глибинних затворів, загальні умови їх роботи, механізми для маневрування затворами та сороутримуючі решітки.

Призначено для поглибленого вивчення курсу «Механічне обладнання споруд» здобувачами вищої освіти спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» першого (бакалаврського) рівня.

Іл. 46. Бібліогр. 9.

© О.Л.Пальченко, 2022

ВСТУП

Програму вивчення нормативної навчальної дисципліни «Механічне обладнання споруд» складено відповідно до освітньої професійної програми першого (бакалаврського) рівня вищої освіти зі спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія».

Дисципліна «Механічне обладнання споруд» відноситься до циклу нормативних дисциплін професійної підготовки.

Метою викладання навчальної дисципліни «Механічне обладнання споруд» є формування системи знань про склад механічного обладнання гідротехнічних споруд, про основні типи поверхневих та глибинних затворів та загальні умови їх роботи, а також засвоєння основних положень розрахунку механічного обладнання.

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми здобувачі вищої освіти повинні володіти певними компетентностями, серед яких: знання та розуміння предметної області та професійної діяльності; здатність використовувати інформаційні та комунікаційні технології; здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел; здатність проектувати будівельні конструкції, будівлі, споруди та інженерні мережі (відповідно до спеціалізації), з урахуванням інженерно-технічних та ресурсозберігаючих заходів, правових, соціальних, екологічних, техніко-економічних показників, наукових та етичних аспектів, і сучасних вимог нормативної документації у сфері архітектури та будівництва, охорони довкілля та безпеки праці; здатність застосовувати комп'ютеризовані системи проектування та спеціалізоване прикладне програмне забезпечення для вирішення інженерних задач будівництва та цивільної інженерії; здатність використовувати технології будівельного інформаційного моделювання (BIM-технологій) при проектуванні, будівництві та експлуатації будівель, споруд та інженерних систем; здатність використовувати спеціалізовано-професійні знання в галузі гідротехнічного будівництва і типові рішення для проектування гідротехнічних споруд; здатність в складі проектної групи приймати участь у проектуванні споруд для забору води з підземних та поверхневих джерел, насосних станцій, гребель, водоскидних та водопропускних, меліоративних та інших споруд; здатність здійснювати інженерні заходи, пов'язані з поточною експлуатацією гідротехнічних споруд; здатність організовувати роботу експлуатаційної й ремонтної служби, планувати, здійснювати та контролювати процеси, пов'язані з запобіжними ремонтами гідротехнічних споруд і обладнання із забезпеченням необхідної надійності в процесі експлуатації.

Тема 1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО МЕХАНІЧНЕ ОБЛАДНАННЯ ГІДРОТЕХНІЧНИХ СПОРУД

План

- 1.1 Загальні відомості про гідротехнічні конструкції.**
- 1.2 Склад механічного обладнання.**
- 1.3 Класифікація затворів.**
- 1.4 Загальні умови роботи затворів.**
- 1.5 Навантаження, що діють на затвори.**

1.1 Загальні відомості про гідротехнічні конструкції

Гідротехнічні конструкції підрозділяють на дві групи: стаціонарні й рухомі.

До стаціонарних відносять несучі каркаси машинних залів гідроелектростанцій і каркаси допоміжних будівель гідровузла, напірні трубопроводи, дюкери (напірний водопровід під руслами річки або каналу) і зрівняльні резервуари, балки кранових шляхів, а також мости, естакади, пішохідні містки тощо. Стаціонарні конструкції відрізняються від загальнобудівельних конструкцій лише окремими особливостями, тому їх проектують відповідно до будівельних норм.

До рухомих конструкцій відносять затвори водозабірних, водопропускних і судноплавних отворів, шлюзові ворота, суднопідйомники, сороутримуючі решітки, рибопідйомники, крани.

Відмінною особливістю гідротехнічних споруд є різні вимоги щодо надійності різних елементів однієї і тієї ж конструкції. Відповідно до цього різними будуть коефіцієнти надійності за призначенням (γ_n) і коефіцієнти умов роботи (γ_c), тому у всіх формулах розрахунковий опір сталі слід множити

на співвідношення $\frac{\gamma_c}{\gamma_n}$.

1.2 Склад механічного обладнання

До складу механічного обладнання гідроспоруд входять пристосування і пристрої, які дозволяють підтримувати необхідний напір, створюваний напірним фронтом, а також регулювати режим пропуску води через водоскидні і водопровідні споруди і захищати дані споруди від льоду, сміття, затримувати сміття та інші плаваючі тіла. Механічне обладнання повинно забезпечувати надійне і безперебійне скидання і пропуск води в будь-який потрібний за умовами експлуатації гідровузла час. Надійність цього обладнання повинна бути дуже високою, так як його відмова може привести

до переливу води через гребінь споруд і, як наслідок цього, до аварійних і катастрофічних наслідків.

Механічне обладнання включає в себе:

– *затвори* – це рухомі конструкції, призначені для перекриття водоскидних отворів, отворів водозабірних споруд будівель гідроелектростанцій, отворів тимчасових і постійних водопровідних споруд, а також конструкції, які забезпечують роботу суднопропускних споруд;

– *закладні частини* – це конструкції, закладені в тіло споруд і призначені для передачі через опорно-ходові частини тиску, який сприймає затвор, для напрямку руху затворів і сороутримуючих решіток, для забезпечення водонепроникності конструкцій в місцях їх контакту зі спорудами, обігріву даних контактів, захисту крайок і поверхонь бетонних споруд від руйнувань;

– *сороутримуючі решітки* – це конструкції, які призначені для захисту отворів, що перекриваються, від попадання в них сміття і плаваючих тіл;

– *підйомно-транспортні механізми* – це обладнання, яке призначене для підйому і опускання затворів в період їх експлуатації та монтажу.

До механічного обладнання відносяться також і конструкції, які здійснюють очистку сороутримуючих решіток.

1.3 Класифікація затворів

В залежності від місця розташування отворів, що перекриваються, затвори поділяються на два основних типи: *поверхневі*, які перекривають отвори водозливними пристроями та поверхневі отвори берегових водоскидів і *глибинні*, що перекривають глибинні отвори. Глибинні затвори по своєму місцю розташування можуть розташовуватися біля вхідного отвору, посередині водоводу або в його кінцевій ділянці.

За своїм функціональним призначенням затвори поділяються на такі основні типи:

– *основні*, які постійно використовуються в період всієї експлуатації споруди;

– *ремонтні*, які призначаються для перекриття отворів у разі виходу з ладу або ремонту основного затвору;

– *аварійні*, які призначені для перекриття водоскидних отворів у разі аварій, що можуть загрожувати катастрофічними наслідками;

– *будівельні*, які призначені для перекриття отворів в період будівництва споруд. Необхідно прагнути до поєднання функцій затворів, наприклад використання основних затворів в якості ремонтних і будівельних.

За режимом роботи затвори поділяються на регулюючі, які можуть працювати при частковому відкритті водоскидного отвору і нерегулюючі.

За матеріалом затвори поділяються на такі основні види:

– *сталеві*, це є найбільш поширений вид через високі міцнісні

властивості матеріалу, причому сорт сталі вибирається залежно від умов роботи затвору, способу його виготовлення (зварювання або клепка) і розташування окремих його елементів; в тих місцях де неможливо відновлення або заміна антикорозійного покриття, затвор виконується з нержавіючої сталі;

– з *алюмінієвих сплавів*, що дозволяє істотно знизити вагу самого затвору, полегшити механізми його підйому і підвищити довговічність затвору;

– *залізобетонні*, мають обмежене застосування через свою велику масу (застосовуються в основному в глибинних отворах);

– *дерев'яні*, використовуються за незначних напорів (до 5 м) і прольотах (до 3 м);

– *тканинні*, що виготовляються з прогумованих або синтетичних тканин (в даний час використовуються досить рідко).

Затвори переміщуються частіше за все за допомогою механізмів, що мають електричний або гідравлічний привід. На випадок відмови такого приводу зазвичай передбачається ручний привід. Затвори також можуть бути вододіючими, які використовують для переміщення силу тиску води.

Основна ознака, що визначає конструкцію затвору – це спосіб передачі сприйманого їм тиску води безпосередньо на споруду.

За цією ознакою поверхневі затвори можуть бути розділені на наступні види.

Затвори, які передають сприйманий ними тиск води на бики та устої:

– *поверхневі затвори* і балкові загородження, звані також шандорами, мають поступальний рух (рис. 1, а, б); іноді плоскі затвори називають щитами, а знімні щити прольотом до 1,5 м і висотою до 1 м – щитками;

– *сегментні*, які мають обертальний рух (рис. 1, в);

– *вальцьові*, які перекочуються (рис. 1, г).

Затвори, які передають тиск води, що сприймається ними, на поріг споруди:

– *секторні*, які обертаються навколо вісі, що розташовується як з боку верхової, так і низової граней споруди (рис. 1, д, е);

– *даховидні*, що складаються з двох частин, кожна з яких обертається на своїй горизонтальній вісі (рис. 1, ж);

– *клапанні*, що складаються з одного елемента, який також обертається на горизонтальній вісі. (рис. 1, з);

– *відкатні*, які для перекриття водоскидного отвору висуваються з ніші, влаштованій в бикі або устої (рис. 1, і);

– *затвори з поворотними фермами*, які закріплюються на вісях, розташованих вздовж потоку, і встановлюються для перекриття отвору в вертикальне положення після чого прольоти між фермами закриваються щитами (рис. 1, к);

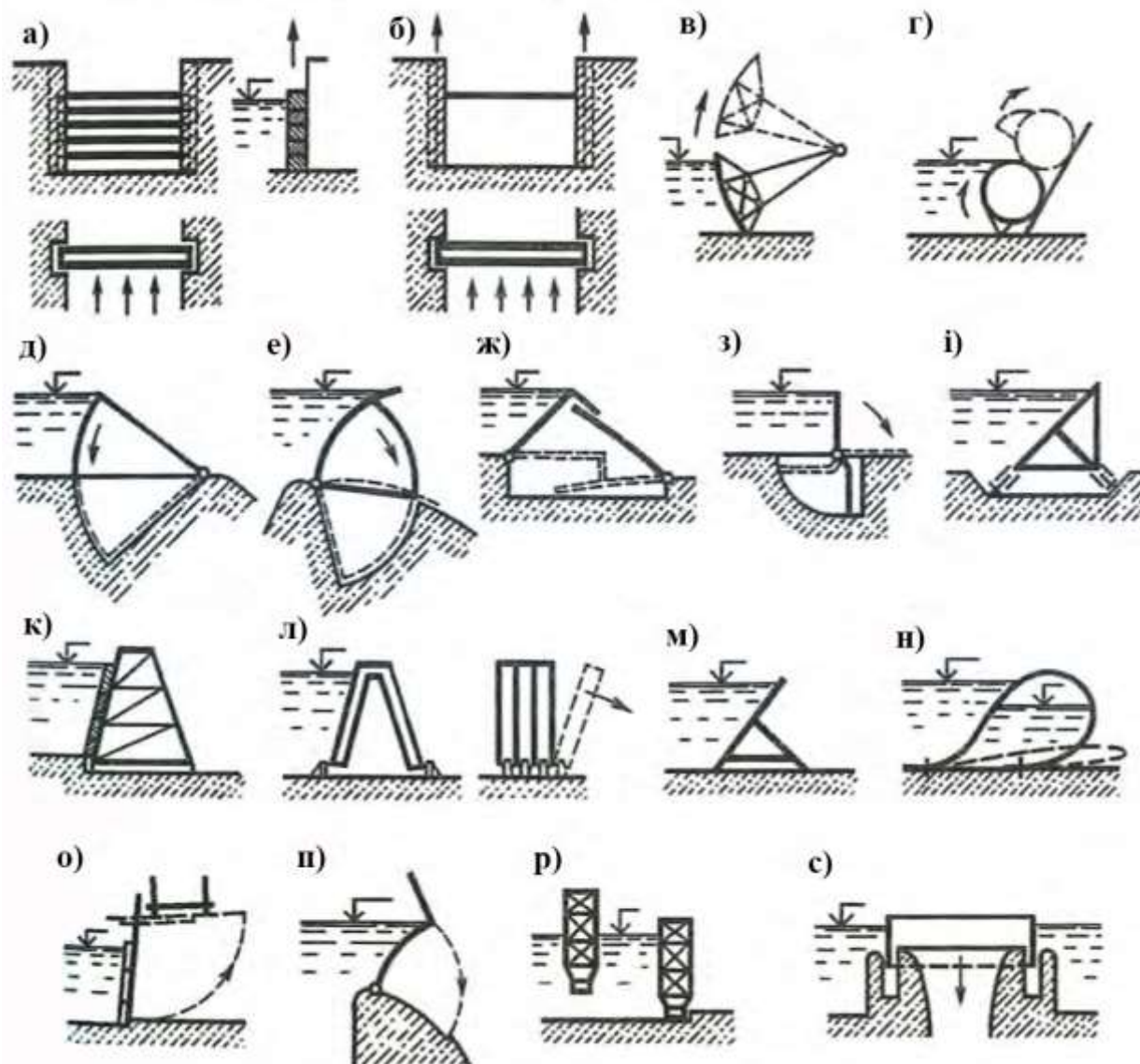
– *поворотні рами*, що повертаються на вісях, розташованих також уздовж потоку, і перекривають отвір при вертикальному положенні рам (рис. 1, л);

– *підкісні* у вигляді стійок з підкосом, прольоти між якими перекриваються щитками (рис. 1, м);

– *м'які*, що виконуються з прогумованої або синтетичної тканини, порожнина яких заповнюється водою або повітрям (рис. 1, н).

Затвори, які передають тиск води на поріг:

– *стійко-плоскі* (мостові) у вигляді спарених стійок, що сприймають навантаження від щитів, які перекривають прольоти між стійками, що спираються на поріг і нижній пояс мосту (рис. 1, о);



а–г – на бики і устої; д–н – на поріг; о–р – на поріг і бики;

с – тиск на споруду не передається

Рисунок 1 – Типи поверхневих затворів при передачі тиску на споруди:

- *клапанні*, що обертаються на горизонтальній вісі в порозі (рис. 1, п);
- *плавучі або батопорти*, які підводяться до перекриваємого отвору на плаву і внутрішня порожнина яких для опускання заповнюється водою (рис. 1,р).

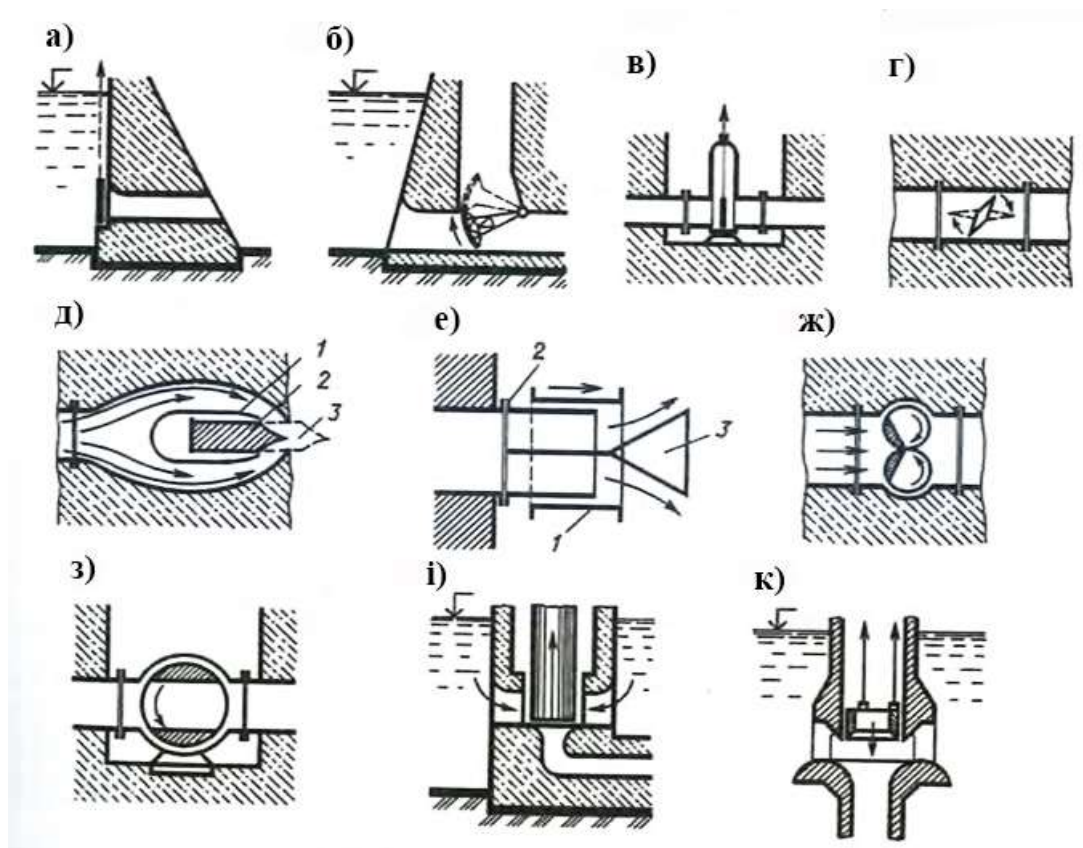
Затвори *відкатні, поворотні* і деякі *клапанні* є затворами нерегульованими.

Окремою групою виділяються *кільцеві* затвори, які не передають навантаження на споруду, так як тиск води по всій їх напірній поверхні врівноважується таким самим за величиною тиском у внутрішній порожнині затвору (рис. 1, с).

Основною ознакою, що визначає конструкцію глибинного затвору, також як і у поверхневого, є спосіб передачі сприйманого їм тиску води на споруду.

Затвори, які передають сприйманий ними тиск на споруду через опорно-ходові частини, бувають наступних типів:

- *плоскі*, які мають відмінну від поверхневих конструкцію (рис. 2, а);
- *сегментні* (рис. 2, б).



- а – плоскі; б – сегментні; в – плоска засувка; г – дискові; д – голчасті;
 е – конусні; ж – поворотні циліндричні; з – кульові;
 і–к – кільцеві або циліндричні

Рисунок 2 – Основні типи глибинних затворів:

Затвори, які передають сприйманий ними тиск води на споруду через корпус, в якому він безпосередньо розміщений, бувають наступних типів:

- у вигляді *плоскої засувки*, що має поступальний рух (рис. 2, в);
- *дискові* або *дросельні*, рух яких обертальний на горизонтальній або вертикальній осі (рис. 2, г);
- *голчасті*, поршень яких висувається з циліндра 1 і перекриває голкоподібною частиною 2 отвір 3 і мають поступальний рух (рис. 2, д);
- *конусні* або *телескопічні* мають циліндр 1, що поступально рухається, і який закриває отвір між нерухомим циліндром 2, розташованим в кінці водоводу, і конусом 3 (рис. 2, е);
- *поворотні циліндричні* (рис. 2, ж);
- *кульові* (рис. 2, з).

Дросельні, поворотні циліндричні і кульові затвори є нерегулюючими, так як працюють тільки при повному їх відкритті.

Затвори врівноважені і такі, що не передають тиск води на споруду бувають *кільцевими* або *циліндричними* (без торцевої стінки) з врівноваженим тиском води і мають поступальний рух (рис. 2, і, к); а також затвори з камерою протитиску.

1.4 Загальні умови роботи затворів

Характеризуючи умови роботи гідротехнічних конструкцій, перш за все слід звернути увагу на корозійне враження металу. Процес корозії найбільш ефективно протікає у місцях періодичного змочування. Швидкість ураження найбільш велика у морській воді.

Оскільки в практиці проектування не враховується втрата робочого перетину через корозію, особливого значення набуває захист конструкцій. Найбільш ефективний захист покриттями на основі перхлорвінілових, етінолевих, сополімерновінілхлоридних, олійно-бітумних матеріалів, епоксидних та інших синтетичних смол.

У місцях контакту рухомих конструкцій зі стаціонарними елементами споруди (в підшипниках ковзання, шарнірах, ущільненнях) застосовують нержавіючу сталь. Крім того, використовують конструктивну форму елементів, що має найменшу відкриту поверхню. Небажані конструкції з порожнинами, недоступними для очищення та фарбування.

Елементи, що працюють у швидкісному потоці, піддаються кавітаційній корозії.

Кавітація виникає вже при напорі 10 м і пов'язана з виникненням в деформованому потоці локальних вакуумних зон – бульбашок. При переході в зону найбільш високого тиску відбувається їх схлопування з високою швидкістю. Сила мікроудару в цьому випадку супроводжується тиском на поверхню конструкції більш ніж 20 МПа, що поступово призводить до втомного руйнування матеріалу. Процес корозії прискорюється при наявності

у воді абразивних частинок.

Боротьбу з кавітацією ведуть різними шляхами, наприклад, використанням конфузорності (звуження) водоводу при переході до зливного отвору, створенням порогів, що віддаляють струмінь від конструкції, а так само пристроєм аераційних каналів в потоці водоводу.

У зимовий період на металевих елементах утворюються крижані покрови (наледі), за яких утруднено або стає неможливим маневрування рухомою конструкцією.

Крім крижаного покриву утворюється донний лід у вигляді губчастої маси. При спливанні він забиває отвори водоприймачів.

При переохолодженні водойм і водотоків у воді з'являється шуга у вигляді зважених часток льоду. Для підтримки механічного обладнання гідровузла в робочому стані у зимовий період використовують різні антильодові установки і системи обігріву частин металоконструкцій: електромаслообігрів, безпосередній обігрів струмом, шинний або індукційний електрообігрів.

Для пропуску донних наносів найдоцільніше використовувати підйомні затвори, які не потребують додаткового пристрою ніш або поглиблень в порозі водоскидної споруди.

Як уже зазначалося, затвори бувають основні, ремонтні та аварійні. Головні вимоги, що пред'являються до основних затворів, полягають у наступному:

- постійна готовність і безвідмовність в роботі;
- водонепроникність контактів затвору зі спорудою;
- швидкість маневрування;
- мінімальна витрата енергії при маневруванні затвором;
- мінімальна вартість експлуатації, що забезпечується швидкістю зміни зношених частин і елементів затвору.

Для проведення ремонтних робіт та заміни зношеного обладнання основного затвору використовуються *ремонтні* затвори, основною вимогою до яких є можливість перестановки з одного отвору в інший, що дозволяє довести число ремонтних затворів до одного-двох. Основна вимога до аварійного затвору – це постійна готовність до швидкого перекриття отвору у разі неможливості витягти основний затвор.

Безвідмовність роботи затвору визначається здатністю сприймати діючі на нього навантаження. Головне навантаження, що діє на затвор, – *гідростатичний тиск* при повністю закритому отворі. Розрахунок міцності елементів затвору проводиться на два поєднання навантажень. *Основне поєднання навантажень* визначається при максимальному рівні води (з урахуванням вітрових змін рівня води) і при максимальному напорі. *Особливе поєднання навантажень* визначається при форсованому рівні води з урахуванням впливу вітрових хвилювань і умов, які виникають при порушенні нормальної експлуатації споруди.

Хвильовий вплив води на затвор визначається таким же чином як і на греблю. *Тиск наносів, що відклалися*, в залежності від характеру взаємодії їх з затвором визначається або як активний, або як пасивний. *Статичний тиск льоду* на затвор не враховується, так як перед ним завжди підтримується незамерзаюча смуга води застосуванням потокоутворювачів або електропрогріванням. *Тиск вітру* враховується тільки при повністю піднятому затворі. *Дія атмосферного тиску* на конструкцію проявляється тільки при наявності вакууму, величина якого визначається на підставі дослідних або розрахункових даних.

Вага затвору на попередніх стадіях визначається за емпіричними формулами і графіками [7].

Істотний вплив на безпеку затвору надає його здатність сприймати пульсуюче гідродинамічне навантаження, в результаті дії якого може з'явитися вібрація затвору або його окремих елементів, можуть проявитися втомні явища в матеріалі, з якого виготовлений затвор, а також збільшитися інтенсивність кавітації. Все це в кінцевому підсумку може призвести до пошкодження затвору.

До збільшення гідродинамічного навантаження призводить підтоплення затвору з боку нижнього б'єфу, перелив води через верхню кромку затвору, коли між ним і пульсуючим струменем утворюється вакуум, поганий обрис нижньої кромки, коли при віджиманні потоку від нижньої грані утворюється вакуум, а також фільтрація через щілини між ущільненням і закладними частинами. У міру виходу затворів з пазів збільшується їх динамічність і як наслідок з'являється вібрація затвору, в зв'язку з чим обмежується допустима величина часткового відкриття затвору (до $0,5H$), після якої він піднімається повністю.

1.5 Навантаження, що діють на затвори

На затвори можуть діяти наступні навантаження:

1. Власна вага затвору;
2. Тиск води: а) гідростатичний; б) гідродинамічний; в) фільтраційний; г) хвильовий;
3. Тиск наносів;
4. Тиск льоду;
5. Тиск вітру;
6. Реактивні сили (тертя, зчеплення і т.п.), сили інерції та ін.;
7. Сейсмічні навантаження;
8. Навантаження, що виникають в процесі випробувань, монтажу, ремонту і т.п.

При розрахунках затворів враховують два поєднання навантажень: основне і особливе. В основних поєднаннях розглядають кілька положень затвору:

– при закритому отворі (затвор спирається на поріг), коли превалює гідростатичне розрахункове навантаження, а інші не роблять істотного впливу;

– при відкритому отворі (затвор повністю піднятий), коли діють крім власної ваги сили тертя і зусилля приводу;

– в піднятому положенні затвору у відкритому просторі, коли діють вітрові навантаження.

У проміжному положенні при частково відкритому отворі затвору крім зазначених навантажень затвор відчуває сильний гідродинамічний вплив деформованого потоку, що супроводжується значною вібрацією.

Таким чином, в основних поєднаннях враховуються всі ті навантаження, які виникають при нормальній експлуатації затвору.

Навантаження і впливи, що з'являються при відхиленнях від нормальної експлуатації, входять до складу особливих поєднань. До них відносять:

- зусилля від заклинювання рухомої частини затвору;
- удари крижин і плаваючих тіл;
- навал судна ($P = 1000$ кН);
- монтажні та ремонтні навантаження;
- сейсмічні навантаження;
- напір при форсованому підпорному рівні (ФПР);
- випробувальне навантаження на гідравлічний удар і гідродинамічний резонанс.

Власну вагу затвору ξ (кН) в розрахунках враховують з досвіду проектування шляхом зіставлення з вагою аналогічних раніше запроєктованих конструкцій, за графіками або за наближеними формулами, наприклад:

$$\xi = g \left(\frac{QL}{100\alpha} \right)^\beta \text{ кН}, \quad (1)$$

де $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ – прискорення вільного падіння;

Q – рівнодіюча гідростатичного навантаження на затвор, кН;

L – ширина отвору в світлі, м;

α, β – коефіцієнти, наведені в спеціальних таблицях.

Гідростатичний тиск на одиницю площі в будь-якій точці водоутримуючої поверхні затвору дорівнює:

$$P = \gamma H = 0,1\gamma H, \text{ Н/см}^2, \quad (2)$$

де $\gamma = 1 \text{ кН/м}^3$ – об'ємна вага води;

H – глибина занурення, м.

Гідродинамічні навантаження обчислюють на підставі загальних прийомів гідромеханіки. Для обчислення даних навантажень в складних випадках або для особливо відповідальних конструкцій слід користуватися результатами лабораторних досліджень, проведених для даної конструкції. Можливо також використовувати результати лабораторних або натурних досліджень аналогічних конструкцій.

Гідродинамічний тиск виникає при витіканні води з-під затвору або при переливі через нього. Тиск води, що рухається (без урахування вакууму) дещо менше гідростатичного тиску (за рахунок втрат напору на обтікання затвору). Тому горизонтальний тиск рухомої води на плоский затвор в практичних розрахунках визначають як гідростатичний, за винятком особливо відповідальних випадків, що вивчаються в лабораторіях на моделях.

Обрис низу затвору не відповідає обрисові верхньої поверхні струменя, що витікає з-під нього. Якщо струмінь не відхиляється від нижньої поверхні затвору, то вона створює тільки випор – тобто гідродинамічний тиск, спрямований вгору. За величиною він трохи менше відповідного гідростатичного тиску (через втрату напору). Якщо витікаючий струмінь відхиляється від нижньої поверхні затвору, то в просторі, ізольованому від атмосфери, виникає вакуум. Останній створює ефект «присоса» затвору до порогу і збільшує підйомне зусилля.

При обтіканні верхнього краю затвору виникає аналогічне явище, але зі зворотним напрямком зусиль. Крім того, якщо простір безпосередньо за затвором під струменем, що переливається, не сполучається із зовнішнім повітрям, то може з'явитися додаткове горизонтальне навантаження на верх затвору, спрямоване так саме, як і тиск верхнього б'єфу.

Шкідливі гідродинамічні впливи на затвор дуже складні. Їх кількісна оцінка (без спеціальних лабораторних досліджень на моделях) дуже важка і не точна. Під час проектування затворів необхідно вживати спеціальних заходів, що усувають можливість появи вакууму.

Водозливному гребню затвору надають плавний обтічний обрис, що зводить до мінімуму вертикальний тиск води, що переливається, і виключає відрив струменя. Під струмінь підводять повітря. Донному ущільненню надають відносно плавний обрис і розташовують його якомога ближче до обшивки. Порогу водозливу безпосередньо за кромкою затвору надають ухил в бік нижнього б'єфу. В стінці суцільного нижнього ригеля влаштовують отвори. У затворах водоспуски в зону вакууму (за затвором) впускають повітря для відновлення атмосферного тиску. Тиск вакууму, при відсутності спеціальних досліджень, беруть не більш ніж $0,6 \text{ Н/см}^2$. Коефіцієнт надійності за навантаженням $\gamma_f = 1,0$.

Фільтраційний тиск води в ущільненнях затворів обчислюють за формулою:

$$P = 0,5\gamma H_{\text{ц}}b, \text{ кН/м}, \quad (3)$$

де $\gamma = 1 \text{ кН/м}^3$ – об’ємна вага води;

$H_{Ц}$ – напір під центром ваги площадки торкання ущільнення, м;

b – ширина площадки торкання ущільнення;

$\gamma_f = 1,2$ – коефіцієнт надійності за навантаженням.

Хвильові навантаження. Горизонтальне навантаження від нагону хвилі враховують деяким збільшенням висоти розрахункового напору. (БНіП 2.06.04.-82. Навантаження і впливи на гідротехнічні споруди (хвильові, льодові і від судів)).

Тиск наносів на затвор в разі відкладення їх перед затвором має бути враховано незалежно від гідростатичного тиску за формулою:

$$P_n = 0,5\gamma_n \cdot h_n^2 \cdot \text{tg}^2\left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right) \cdot l_\Gamma, \text{ кН}, \quad (4)$$

де h_n – висота шару наносів, м;

φ – кут природного укосу зважених наносів;

l_Γ – ширина навантаженої площі затвору, м;

γ_n – об’ємна вага ґрунтового скелета в воді кН/м^3 .

Останній визначається за формулою:

$$\gamma_n = (\gamma_0 - 1)(1 - p), \quad (5)$$

де γ_0 – питома вага матеріалу часток ґрунту, що коливається від 2,5 до 2,8 кН/м^3 ;

p – порозність в частках одиниці об’єму.

Порозність (пористість) – одна з характеристик складення ґрунту – сукупність ґрунтових пор, що відрізняються одна від одної розмірами і просторовою конфігурацією. Характер порозности обумовлюється фізичними і фізико-хімічними процесами, що протікають в ґрунті: розтріскуванням його під дією зволоження-висихання, нагрівання-охолодження, набрякання-стиснення; пересуванням рідкою фазою і діяльністю живої фази, вилуговуванням і виносом різних хімічних сполук в нижче лежачі горизонти. Ступінь порозности також залежить від ґрунтової структури, гранулометричного складу і вмісту гумусу.

Тиск льоду на затвор визначається вимогами БНіП 2.06.04-82. Навантаження і впливи на гідротехнічні споруди (хвильові, льодові і від судів).

Тиск вітру враховують при піднятому над водою положенні затвору по БНіП 2.01.07-87*. Навантаження і впливи.

Сейсмічні навантаження на затвор визначають за спеціальними вказівками в тих випадках, коли усю споруду розраховано на дію даних сил.

Контрольні питання

- 1 Описати загальні відомості про гідротехнічні конструкції.
- 2 Описати склад механічного обладнання.
- 3 Описати класифікацію затворів.
- 4 Описати загальні умови роботи затворів.
- 5 Описати навантаження, що діють на затвори.

Тема 2 ЗАТВОРИ ГІДРОТЕХНІЧНИХ СПОРУД

План

- 2.1 Загальні відомості.
- 2.2 Плоскі затвори.
- 2.3 Сегментні затвори.
- 2.4 Вальцьові затвори.
- 2.5 Секторні затвори.
- 2.6 Затвори даховидні, клапанні, з поворотними фермами (рамами), кільцеві та тканеві.
- 2.7 Глибинні затвори.

2.1 Загальні відомості

Затвором називають конструкції, що закривають і відкривають в гідротехнічних спорудах отвори для пропуску води, а також судів, плотів, льоду та інших плаваючих тіл. Залежно від положення по відношенню до горизонту води у верхньому б'єфі затвори поділяють на *поверхневі*, які розташовані на порозі греблі і підносяться верхньою кромкою над рівнем води, та *глибинні*, що повністю занурені у воду. За експлуатаційним призначенням затвори поділяють на постійно діючі (робочі, основні) і тимчасово діючі (ремонтні, аварійні та будівельні). Залежно від ступеня відповідальності гідроспоруди отвір обладнують іноді декількома затворами зі складу перерахованих.

Згідно напрямку руху під час маневрування затвори поділяють на підйомні, опускні, поперечно-відсувні, поздовжньо-відсувні.

За конструктивною ознакою розрізняють наступні основні типи затворів: плоскі, сегментні, секторні, вальцьові, голчасті, конусні та клапанні.

Плоскі, сегментні і клапанні затвори використовують як для поверхневих отворів, так і для глибинних при малих і середніх напорах. Затвори голчастого і конусного типів застосовують для високо напірних глибинних отворів при тиску понад 50 м.

За матеріалом затвори бувають: дерев'яні, залізобетонні, тканинні у вигляді оболонки, металеві (сталеві, з алюмінієвих сплавів).

Вибір типу затвору є дуже складною комплексною задачею гідротехнічного будівництва. Наприклад, для поверхневого водозливного затвору цей вибір пов'язаний з окресленням і розмірами гребня водозливу, з розташуванням, розмірами і кількістю проміжних опор (биків), з типами мостів, з режимом роботи і з багатьма іншими факторами.

Отвори можуть бути перекриті поодинокими, 2- або 3-секційними плоскими затворами, що обслуговуються козловим краном або стаціонарними підйомними механізмами. Перед затворами розташовані сороутримуючі

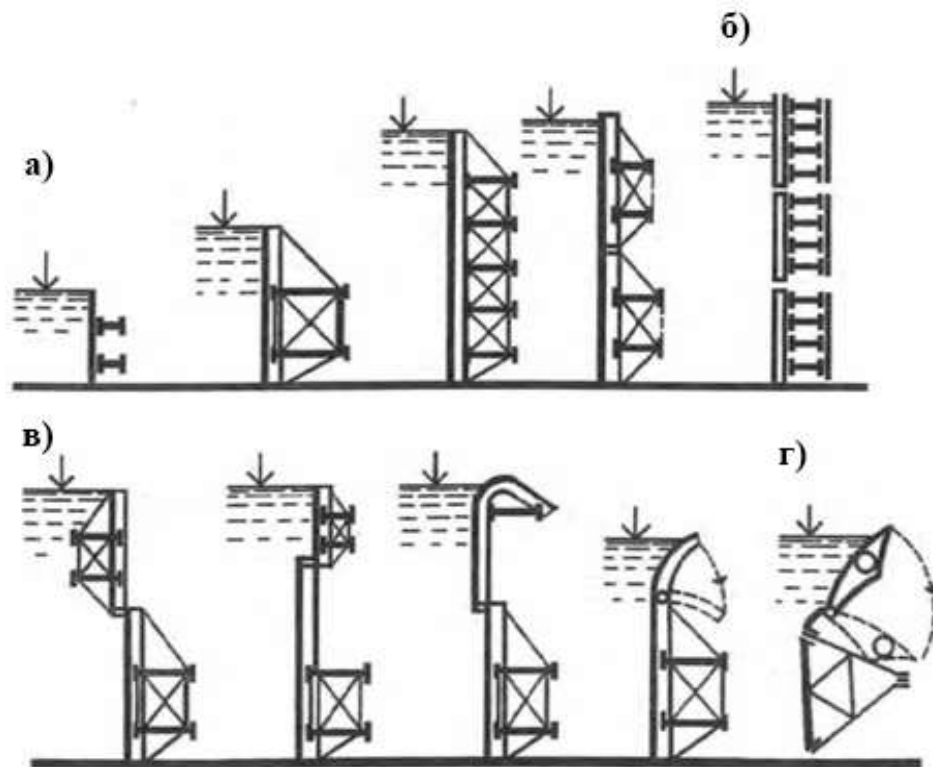
решітки. Пази решіток використовують для установки в разі необхідності ремонтних шандорних (з балок, покладених горизонтально одна на іншу) загороджень. Перед решітками влаштовані пази для направляючої балки грейфера, який видаляє сміття, що накопичується перед решітками.

Плоскі затвори застосовують як в якості основних, так і в якості аварійних, ремонтних і будівельних затворів; вони можуть обслуговувати як поверхневі, так і глибинні отвори.

Пролітна будова затвора переміщається в бічних пазах биків або підвалин, легко може переставлятися з одного отвору в інше, є для ремонту.

Конструктивно поверхневі затвори можуть виконуватися у вигляді одиночних прогонових будов, секційних або одиночних з клапанами (рис.3).

Секційні затвори дозволяють знизити вантажопідйомність приводу, здвоені і затвори з клапаном допускають перелив води через верх і скидання льоду, а також пропуск води з-під затвора. Глибинні затвори звичайно конструюють за типом одиночної прогонової будови з розташуванням в отворі або перед забральною стінкою, або після неї.



а – одиночні; б – секційні; в – здвоені; г – з клапаном
Рисунок 3 – Види прогонових будов плоских затворів:

За типом опорно-ходових частин плоскі затвори поділяють на ковзаючі на полозах, колісні, гусеничні.

Ковзаючі ходові частини мають перевагу в порівнянні з іншими в простоті конструкції, проте вони мають підвищений коефіцієнт тертя в момент

зрушення з місця.

Прольоти поверхневих затворів досягають 110 м, висоти 20 м.

Максимальний напір глибинних затворів, відомих у світовій практиці, становить 226,5 м (США). Плоскі затвори набули широкого поширення, завдяки простоті конструкції і зручності їх обслуговування та ремонту. Вартість їх виготовлення на 10-15% нижче вартості сегментних, а монтаж дешевше на 30%. Однак вони вимагають більш потужних приводних механізмів для подолання власної ваги і сил тертя в ходових частинах при підйомі.

2.2 Плоскі затвори

2.2.1 Загальні положення

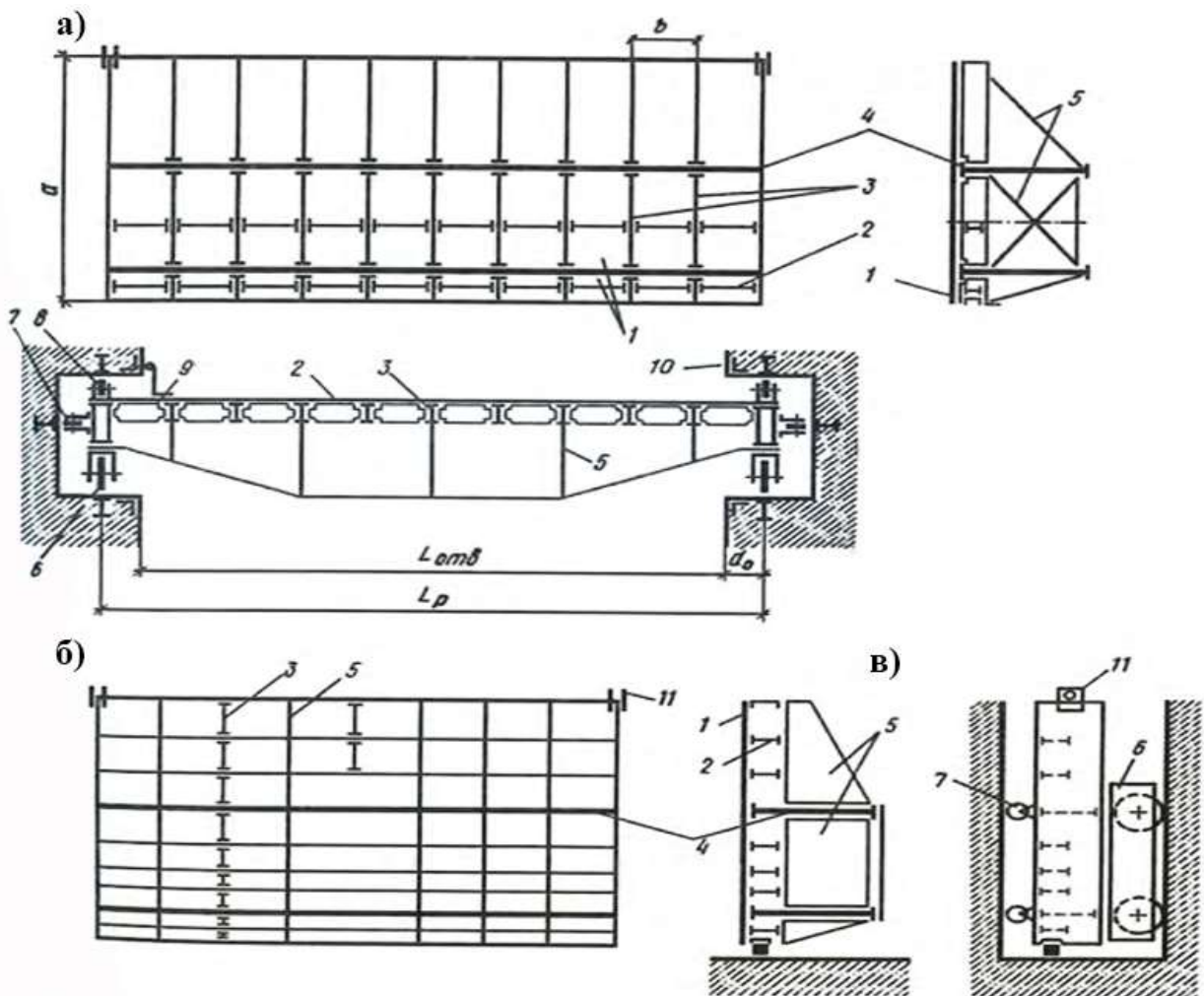
Плоскими називаються затвори з плоскою рухомою частиною, що переміщаються, як правило, в вертикальному напрямку в пазах биків або устоїв і складаються з рухомої прогонової будови, опорно-ходових основних і допоміжних частин, ущільнюючих і підвісних пристроїв. Плоскі затвори є найбільш часто використовуваною в практиці гідротехнічного будівництва конструкцією. Виконуються дані затвори найчастіше з металу і в цьому випадку вони складаються з каркаса у вигляді балкової клітки, перекритої водонепроникною обшивкою з листового металу.

Дерев'яні плоскі затвори виконуються з дошок, пластин або брусів, з'єднаних між собою шпонками або металевую обв'язкою.

Залізобетонні затвори представляють собою ребристі плити з попередньо напруженою арматурою. Іноді, в тих випадках, коли необхідно перекивати високі отвори, для зменшення вантажопідйомності механізмів застосовують затвори, що складаються не з одиничних, а з декількох рухомих конструкцій, що дозволяє маневрувати ними по черзі. У вигляді двох рухомих конструкцій виконуються також затвори, які є здвоєними і затвори з клапаном (рис. 3).

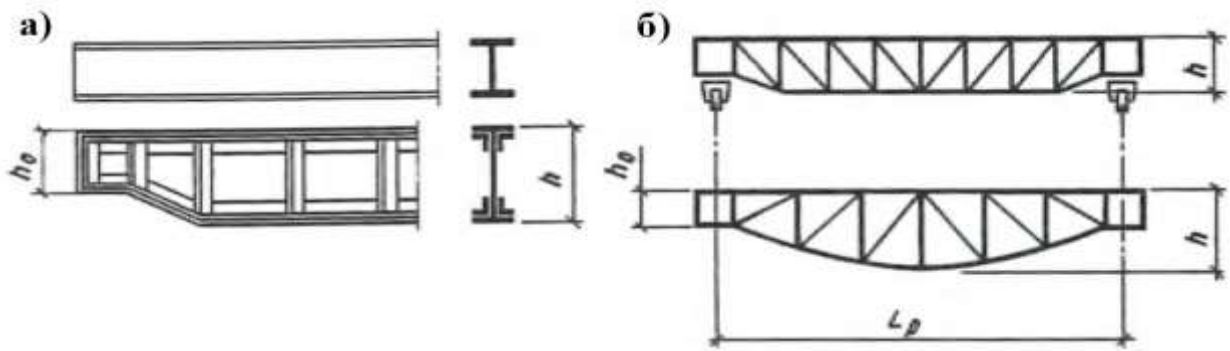
Як уже зазначалося, прогонова будова сталевих затворів складається з системи балок і обшивки (рис. 4). Схема роботи такого затвора наступна. Обшивка 1, яка виконується плоскою з металевих листів товщиною не менш ніж 6 мм (для затворів шириною менше 2 м товщина листів може бути зменшена до 4 мм, а для великих затворів вона збільшується до 10 мм і більше) приймає тиск води і передає його на балочну клітку, яка свою чергу складається з горизонтальних, паралельних ригелям балок – стрингерів 2 і поперечних, перпендикулярних ригелям балок 3. Балочна клітка може бути або виносною, яка розташовується між обшивкою і ригелями (рис. 4, б), або вбудованою, коли ригеля і вертикальні елементи входять до її складу (рис. 4, а). У першому випадку конструкція балочної клітки є простішою, але товщина затвора є більшою.

Розрізняють балкові клітки поздовжні, коли довга сторона панелей обшивки розташовується в напрямку прольоту затвора і поперечні, коли довга сторона панелі розташовується перпендикулярно ригелям. Зустрічаються також балкові клітки змішаної системи. Від балочної кліті навантаження передається на ригелі 4, які виконуються у вигляді суцільних балок або ферм (рис. 5). Для розрахункових прольотів L_p менших за 5 м застосовуються прокатні профілі, у міру збільшення полегшеного прольоту переходять або на двотаврові балки складеного перетину висотою $(1/7 - 1/9) L_p$, або ферми висотою $(1/6 - 1/8) L_p$. Плоскі поверхневі затвори виконуються двохригельними, рідше трьохригельними. В процесі передачі, яка сприймається балочною кліткою, навантаження на ригеля беруть участь також і поперечні зв'язки 5, що представляють собою або стрижневі ферми, або суцільні діафрагми, які до того ж збільшують загальну жорсткість конструкції.



а – поперечна система набору; б – поздовжня система набору (поперечні зв'язки у вигляді суцільних діафрагм); в – поперечний переріз і вид збоку

Рисунок 4 – Схеми плоских затворів:



а – суцільні (прості і складні); б – наскрізні
Рисунок 5 – Типи ригелів плоских затворів:

Від ригелів навантаження передається на опорно-ходові частини б, які передають дане навантаження через закладні частини на споруду і забезпечують можливість переміщення затвора в пазах. Для обмеження поздовжніх і поперечних переміщень затвора, а також його вібрації під час маневрування використовують допоміжні бокові 7 і зворотні 8 опорні і напрямні пристрої у вигляді коліс і розпірок. Горизонтальні і вертикальні ущільнення служать для перекриття зазорів між з затвором і закладними частинами, а у секційних затворів також для перекриття зазорів між окремими секціями. Підвісні пристрої 11 з'єднують затвор або з тягами, або з захватною балкою підйомного механізму. Закладні частини 10 є забитими в бетон споруди нерухомими елементами затвора.

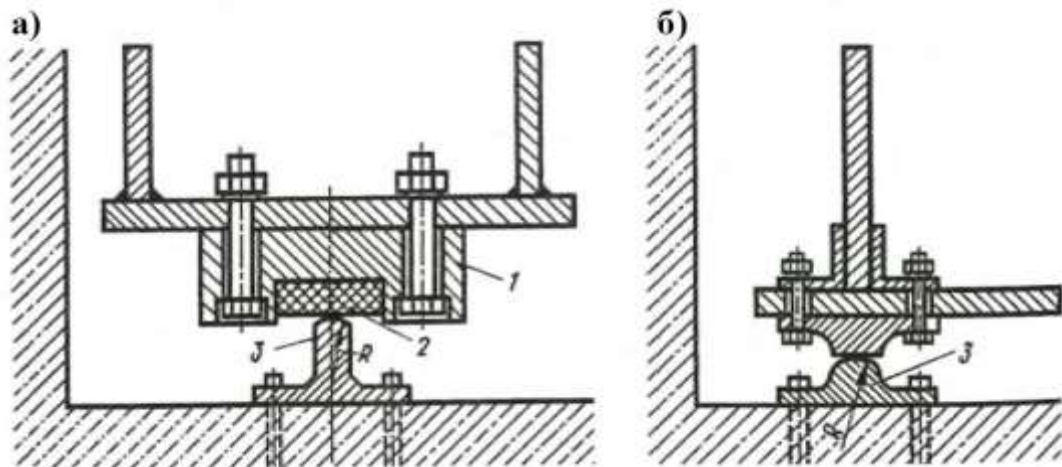
2.2.2 Опорно-ходові частини і їх розрахунок

Для поверхневих плоских затворів найчастіше застосовують або ковзаючі, або колісні опорно-ходові частини. Ковзаючі опори (рис. 6) можуть бути виконані з дерева, металу або синтетичних матеріалів. Найбільш широко застосовується деревно-шаруватий пластик (ДСП), який представляє собою тонкі березові пластини, просочені синтетичними смолами і піддані термічній обробці. Полози ковзаючих опор з ДСП виконують у вигляді опорних обойм або касет з запресованими в них вкладишами. Ширину таких касет приймають до 12 см. Полози сталевих опор виконуються у вигляді смуг або опорних подушок з вкладишами. Рейок або полоз повинен мати ретельно відшліфовану циліндричну поверхню, виконану з нержавіючої сталі, для того щоб у разі повороту опор на деякий кут, викликаний можливим прогином ригеля, забезпечувати постійний контакт полозів з рейками. Застосування дерева обмежується його допустимою напругою на зминання.

Сила опору T_0 руху затвора на ковзних опорах, що знаходиться під дією сили тиску води W , дорівнює:

$$T_0 = f W. \quad (6)$$

Коефіцієнт тертя f сталі по сталі дорівнює 0,5; дерева вздовж волокон по сталі – 0,45.



а – з вкладишами з деревно-шаруватого пластика;
 б – сталеві: 1 – подушки; 2 – вкладиш; 3 – рейок
 Рисунок 6 – Ковзні опори:

Для зниження вантажопідйомності механізмів, використовуваних при маневруванні затворів, переходять від застосування ковзних опор до застосування колісних опор, які розташовуються на кінцях ригелів і таким чином їх число дорівнює подвоєному числу ригелів (рис.7, а). На практиці, як правило, граничний тиск на одне колесо зазвичай не перевищує 100–120 т. При великих прольотах водозливних отворів число необхідних коліс на одній стороні затвора, що перекриває даний проліт, збільшується до 3–4 і більше. В цьому випадку жорстке закріплення коліс на кінцях ригелів не зможе забезпечити рівномірний розподіл зусилля на колеса і тоді краще використовувати ходові візки з двома колесами на кожному з них. Між візками і опорними балками розташовуються шарніри, які іноді називають балансирами.

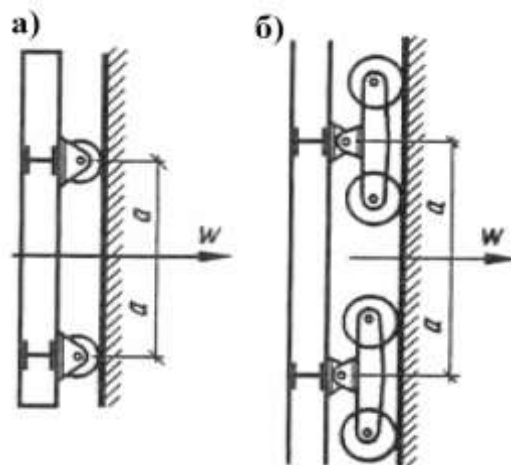


Рисунок 7 – Схеми розташування коліс плоских затворів

Радіус колеса, а дана величина може досягати 1200 мм, визначають по напруженню на діаметральне стиснення, що допускається $[\sigma]$, якщо ширина обіду b (рис. 7, б), а сила стиснення колеса P , то радіус колеса визначається залежністю:

$$R = \frac{P}{2b[\sigma]}. \quad (7)$$

Величина $[\sigma]$ приймається в залежності від того якої марки використовується для виготовлення коліс сталь такою, що дорівнює 10–20 МПа.

Контактні напруження рейки і колеса визначаються за відповідною формулою контактних напружень. Ширина обіду b зазвичай становить 8–15 см, а діаметри коліс зазвичай складають 0,3–1,0 м.

Зусилля Q , необхідне для того, щоб зрушити колесо з місця дорівнює опору тертя T_k , яке складається з тертя ковзання між діаметром $2r$ і втулкою колеса і тертя кочення колеса по рейці і може бути визначено з рівняння моментів:

$$T_k R = f_0 P r + f_k P \quad (8)$$

звідки

$$T_k = \frac{P(f_0 r + f_k)}{R}, \quad (9)$$

де f_0 – коефіцієнт тертя ковзання осі колеса о втулку в воді з урахуванням можливого забруднення; для втулки з бронзи $f_0 = 0,3$; з бабіту і ДСП – $f_0 = 0,2$;

f_k – коефіцієнт (плече) тертя кочення.

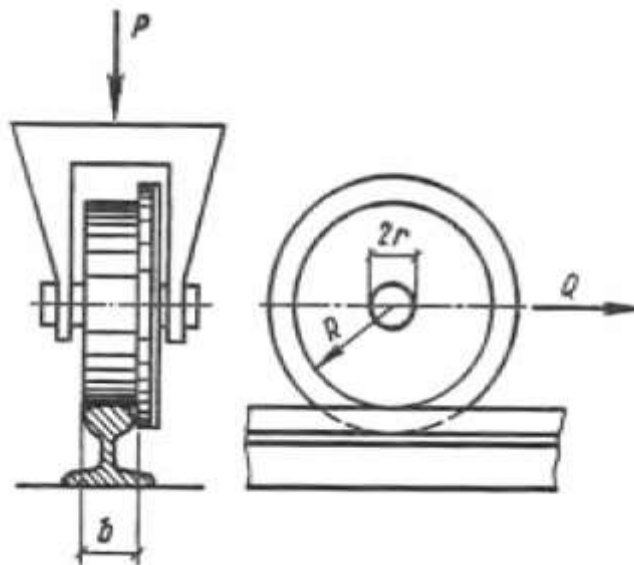


Рисунок 8 – Схема до розрахунку колеса

Дія n коліс повне зусилля для подолання тертя буде дорівнювати:

$$Q = T_0 = nT_k = \frac{W(f_0r + f_k)}{R}, \quad (10)$$

де W – повна сила тиску води на затвор.

Для подальшого зменшення тертя в 20–50 раз можуть бути використані в конструкції колісних опор роликові підшипники, однак такі підшипники не отримали достатньо широкого поширення в силу складності конструкції і можливості засмічення, що може привести до істотного збільшення величини T_0 .

Під час маневрування затвором може статися так зване «заїдання» затвора або його перекіс. Для уникнення таких негативних явищ на торцях затвора часто встановлюються ролики або бічні колеса 1 (рис. 9), а для запобігання відходу колісних опор від рейок під дією вітрових навантажень, що виникають при знаходженні затвора у верхньому положенні, такі ролики або зворотні опори встановлюються і на напірній грані опорних стійок 2 .

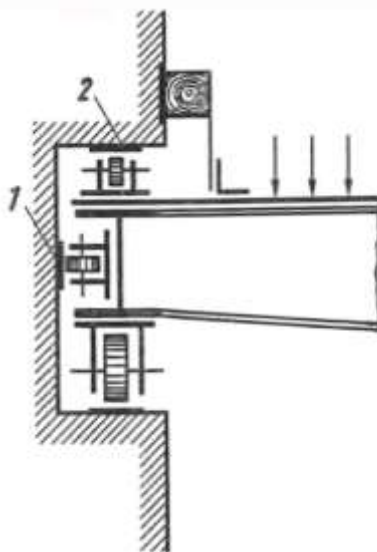
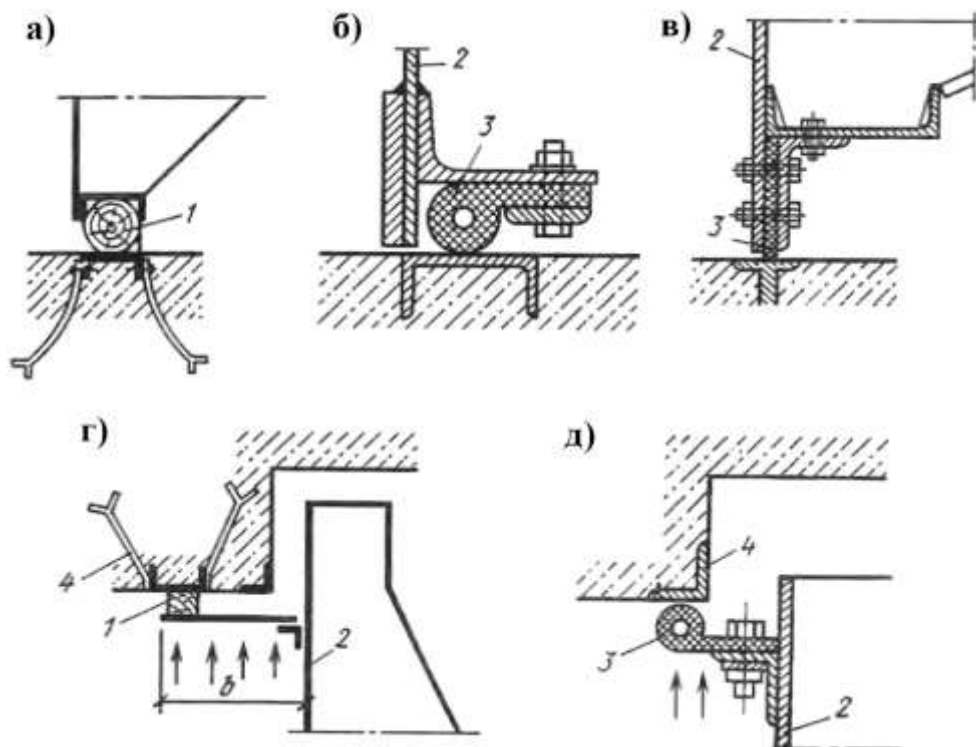


Рисунок 9 – Напрямні ролики в пазах плоского колісного затвора

2.2.3 Ущільнення

За незначних напорів в якості донного ущільнення між затвором і поверхнею водоскиду використовують дерев'яний брус обтічної форми (рис. 9, а). Останнім часом найчастіше використовують ущільнення з армованої гуми бульбової форми (рис. 9, б) або ножові гумові ущільнення (рис. 9, в).



а, б, в – донні; г, д – бічні;

1 – дерев'яний брус; 2 – обшивка; 3 – гумові елементи; 4 – закладні частини

Рисунок 10 – Ущільнення поверхневих затворів:

В якості бокового ущільнення, яке притискається до закладних частин тиском води верхнього б'єфу останнім часом найчастіше використовують гумові ущільнення бульбового, кутового або О-образного профілю. Ділянки закладних частин під ущільненнями, також як і кріплення ущільнень, виконують найчастіше за все з нержавіючої сталі, що дозволяє досить легко, у разі необхідності, проводити зміну ущільнень. У невеликих затворах зазвичай застосовують прості ущільнення з листової гуми, брезенту та гумових трубок.

Сила тертя у бічних ущільненнях за коефіцієнту тертя f елементів, що контактують, дорівнює:

$$T_y = 2fpbl, \quad (11)$$

де: p – середній гідростатичний тиск на ущільнення;

b – розрахункова ширина ефективної поверхні ущільнення, що схильна до тиску води;

l – довжина ущільнення на одній стороні затвору.

2.2.4 Вага затвору, зусилля підйому і посадки плоских затворів

Попередньо, власну вагу рухомої частини плоского сталевого затвору може бути визначено по великій кількості існуючих емпіричних формул.

Останнім часом найчастіше використовується наступна залежність:

$$G = k \cdot (w \cdot l_{омв})^n \quad (12)$$

де: w – умовне навантаження на затвор, що дорівнює добутку напору на площу отвору, що перекривається;

$l_{омв}$ – ширина прольоту у світлі, м.

Дана формула дає досить хороші результати в наступних випадках: для колісних затворів при $w l_{омв} > 200$ кН·м ($k = 0,12$, $n = 0,71$), а для затворів з ковзаючими опорно-ходовими частинами при $w l_{омв} > 270$ кН·м ($k = 0,09$, $n = 0,73$).

При підйомі плоского поверхневого затвору доводиться долати вагу затвору G_2 ; сили тертя в опорно-ходових частинах T_0 та в ущільненнях T_y , а також гідродинамічне навантаження, що діє на низову грань затвору, в тому випадку, якщо його дія спрямована вниз. У тому випадку, якщо застосовується здвоєний затвор або затвор з клапаном, додатково доводиться долати і вагу стовпа води, що діє на верхню грань затвору або на клапан.

Таким чином, зусилля необхідне для підйому затвору, може бути визначено за наступною формулою:

$$S_1 = k_1 \cdot (G_3 + G_6 + k_2 \cdot (T_0 + T_y)) \pm W_6 \quad (13)$$

де: k_1 – коефіцієнт перевантаження, що враховує можливе відхилення ваги затвору від розрахункової і баласту $k_1 = 1,1$;

k_2 – коефіцієнт, що враховує тертя у зворотних і бічних опорних пристроях і неточність визначення сил тертя $k_2 = 1,2$;

G_6 – вага баласту.

Силу тертя T_0 визначають за формулами (6, 10), а силу тертя T_y – за формулою (11), причому обидві ці сили визначаються за максимальних значень коефіцієнтів тертя. Вертикальна сила W приймається позитивною в тому випадку, якщо на затвор діє підсос, а негативною в тому випадку, якщо на затвор діє сила, що зважує.

Посадці затвору на місце перешкоджає сила тертя в ущільненнях і опорно-ходових частинах і сила тиску води W_6 на нижню грань затвору в тому випадку, якщо при посадці затвору вона спрямована вгору.

У тому випадку, якщо сила перешкоджає посадці затвору на місце, виявляється більше його ваги, потрібно примусова посадка затвору, для чого може бути використано або дожимний механізм, або привантаження затвору дожимною балкою. Вагу затвору може бути збільшено також завантаженням

баласту.

Зусилля, необхідне для посадки плоского затвору на місце, може бути визначено за залежністю:

$$S_2 = k_1 \cdot G_3 - k_2 \cdot T_0 - k_2 \cdot T_y - W_6 + W_\phi \quad (14)$$

де: $k_1 = 0,9$; $k_2 = 1,2$;

W_6 – сила, що зважає затвор під час його перебування в нижньому положенні;

W_ϕ – сила фільтраційного тиску на нижнє ущільнення затвору.

У тому випадку, якщо сила $S_2 < 0$, то зусилля ΔS , яке необхідно докласти для дожимання затвору або необхідну вагу баласту може бути визначено наступним чином:

$$\Delta S - G_A \geq \frac{(k_1 \cdot G_3 - k_2 \cdot T_0 - k_2 \cdot T_y - W_6 - W_\phi)}{k_1}. \quad (15)$$

Вантажопідйомність механізму, яка призначається відповідно до існуючих нормативних документів, повинна бути більше суми сил необхідних для підйому плоского затвора і підвісних пристроїв.

2.2.5 Каткові затвори

У каткових затворів тиск води на обшивку передається через жорсткі опорні стійки на катки, що з'єднані в жорстку опорну раму (рис. 10). Розміри катків визначаються за формулою (7), їх діаметр вибирається в межах від 20 до 50 см, а ширина обіду може досягати 20 см. Навантаження на один каток, як правило, становить 150–250 кН (15–25 т). Відповідно до даних величин вибирають число катків, які розподіляються у рамі за принципом рівнозавантаженості. Опір катків руху зводиться до тертя кочення опорних стійок по катках і катків по опорних рейках в пазах биків. Сила тертя, яку потрібно подолати під час зрушення затвору, буде дорівнювати:

$$T_0 2R = P 2f_k \quad \text{або} \quad T_0 2R = W 2f_k, \quad (16)$$

звідки:

$$T_0 = f_k \frac{W}{R}, \quad (17)$$

де: $f_k = 0,05$ – $0,1$ см.

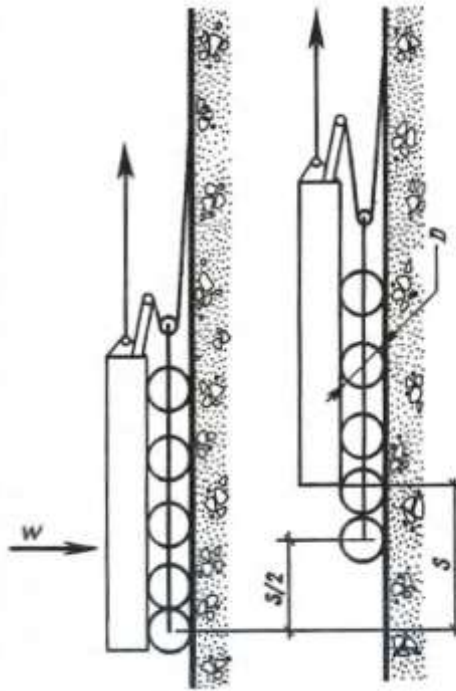


Рисунок 11 – Схема каткового затвору (затвор Стонея)

У порівнянні з тертям в ковзному затворі зі сталевими полозами, в катковому затворі розрахункове значення величини T_0 в $f / (f_k / R)$ разів менше, тобто приблизно в 50–100 разів. Практично величина T_0 завжди є більшою за розрахункову зважаючи на перенапруження ковзанок, їх зминання, іржавіння, засмічення каткової рами наносами, сміттям і втрати катками у зв'язку з цим точної кругової форми обрису. В американській практиці часто приймають величину $T_0 = W$. У цьому випадку каткові затвори мало відрізняються по відношенню опору їх підйому як від колісних, так і від ковзних на полозах з ДСП. Тому каткові затвори останнім часом витісняються колісними і ковзаючими, які конструктивно простіше і надійніше. У нашій країні каткові затвори практично не застосовуються.

2.2.6 Затвори з легких сплавів і залізобетонні

Використання алюмінієвих сплавів при виготовленні затворів стало доцільним внаслідок їх високої стійкості до корозії та їх здатності зберігати свої механічні властивості при температурах до -80°C . У той же час застосування даних сплавів призводить до істотного зниження загальної ваги затвору. Однак алюмінієві та інші легкі сплави мають більш низький модуль пружності ніж у сталей (в 2-3 рази), що істотно зменшує жорсткість виконаних з них конструкцій.

Застосування легких сплавів для виготовлення плоских затворів доцільно у тих випадках, коли вага рухомої частини затвору становить значну

частку підйомного зусилля. До таких затворів належать ремонтні затвори – 100%; основні колісні затвори – до 80%; основні затвори з полозами із пластику – до 60%. Дана обставина, а також те, що для посадки на поріг споруди плоского затвору з легких сплавів потрібне використання суттєвого за вагою баласту, не призводить до суттєвого зниження вантажопідйомності механізмів. Виходячи з цього, можна зробити висновок про те, що застосування легких сплавів є доцільним при виготовленні плоских ремонтних та основних сегментних затворів.

Успішний розвиток попередньо напруженого залізобетону дозволив використовувати його для виготовлення плоских затворів. Вага такого затвору майже в 2 рази більша за вагу сталевого затвора, але в той же час витрата металу в 3-4 рази, а вартість у 2-2,5 рази є меншою. Застосування таких затворів доцільно при їх масовій установці, так, наприклад, на каналі Сіверський Донець - Донбас встановлено близько 50 залізобетонних затворів розміром 3х3 м. Затвор є залізобетонною, ребристою конструкцією з двох опорних стійок і шести ригелів, пов'язаних між собою плитою товщиною 7 см. Полози опор виконано з пластику.

2.2.7 Дерев'яні плоскі затвори

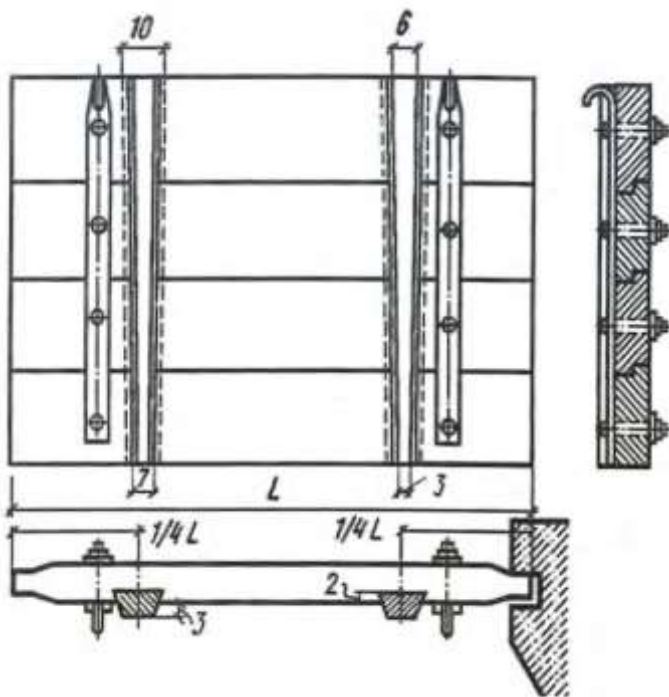


Рисунок 12 – Дерев'яний плоский затвор (розміри в см)

Дерево використовується для виготовлення затворів зазвичай у тих випадках, коли необхідно перекрити отвори шириною 1–1,5 м, висотою до 1,2 м, при напорах 2–3 м. Іноді зустрічаються дерев'яні затвори й більш великих розмірів. Виготовляються такі затвори з дошок товщиною 6–10 см, з'єднаних у чверть або шпунт шпонками (рис. 12), що врубуються з напірної сторони затвору. Підйом затвору проводиться через приболчені до дошки затвору гаки розміром зазвичай 8х50 мм, виконані зі смугової сталі. При перекритті значних за розмірами прольотів конструкція дерев'яного затвору

аналогічна конструкції сталевому плоскому затвору. В цьому випадку ригелі і балочна кліть виконуються з бруса, а обшивка з дошок, при цьому по контуру обшивка окантовується смуговою сталлю або сталевим куточком.

2.2.8 Параметри плоских затворів, сфера застосування

Простота конструкції, невеликі розміри за напрямом руху потоку, зручність огляду та ремонту, а також монтажу, який найчастіше виконується на березі, після чого затвор доставляється у проліт вже готовим, все це зумовило широке застосування плоских затворів у практиці енергетичного будівництва. До середини минулого століття плоскі сталеві затвори виконувались клепаними, але з розвитком технології зварювання останнім часом зварні затвори повністю витіснили клепані. Застосування останнім часом сталей підвищеної якості дозволило суттєво знизити вагу прогонової будови затвору та спростити його конструкцію. У якості опор найчастіше використовуються ковзні опори, які простіше у виготовленні та експлуатації. Плоскі затвори вимагають влаштування у биках та підвалинах пазів, глибина яких становить $1/20$ – $1/8$ від ширини прольоту. Ширина паза може бути або

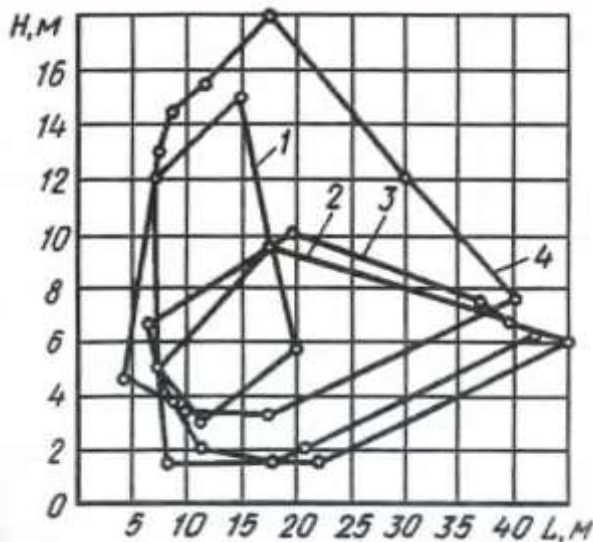


Рисунок 13 – Графік розмірів отворів, що перекриваються сталевими плоскими затворами:

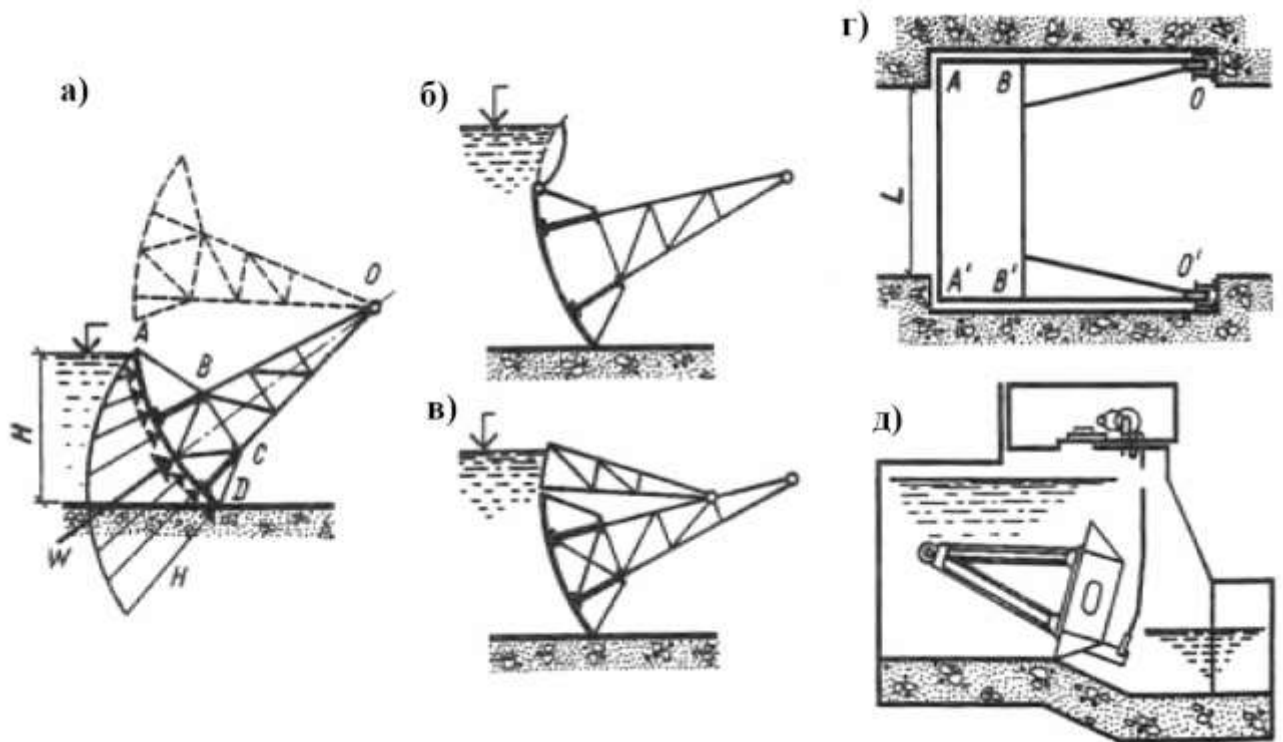
1 – одиночні багаторигельні; 2 – одиночні дворигельні; 3 – з клапаном (багаторигельні – у лівій частині, дворигельні – у середній частині, трипоясні та одноригельні у правій частоті графіку); 4 – здвоєні

дещо більшою за висоту ригеля, або такою, що дорівнює їй. Для дворигельних колісних затворів вона може досягати 3,5 м, а для здвоєних затворів великих прольотів вона може сягати 5 м.

Розміри плоских затворів повинні відповідати розмірам отворів, що нормуються нормативним документом. Верхня кромка поверхневого затвору в закритому стані повинна перевищувати рівень, що підтримується, не менше, ніж на 0,2 м з урахуванням вітрового нагону, якщо інше не передбачено умовами його експлуатації. На практиці прольоти поверхневих затворів можуть досягати 40–45 м, висота доходить до 20 м, при загальній площі отвору 300 м^2 і більше (рис. 13). В окремих випадках застосовують затвори унікальних розмірів.

2.3 Сегментні затвори

Схема затвору. На відміну від плоского затвору, зусилля для підйому якого перевищує його вагу в 2–3 рази, сегментний затвор позбавлений цього недоліку. Останній є кілька вигнутий плоский затвор (лінія $ABCD$ рис. 14, а), що може обертатися навколо осі шарніру (точка O), на якій насаджені «ноги» BCO , що передають навантаження на споруду. З метою запобігання вібрації затвору напірна поверхня його обшивки виводиться циліндричною постійного радіусу з центром на осі обертання затвору. У цьому випадку рівнодіючий тиск води буде проходити безпосередньо через дану вісь обертання затвору. Обшивка сегментного затвору може виконуватись також циліндричною з постійним або змінним радіусом або плоскою (рис. 14, д). Можуть використовуватися також одиночні сегментні затвори з клапаном або здвоєні (рис. 14, б, в), підйомні або опускні. Останні часто використовуються як затвори, що перекривають камери шлюзів. Для того щоб уникнути пошкодження шарніру в момент льодоходу, а також засмічення наносами і промерзання в зимовий період вісь обертання розташовують вище поверхні води, що переливається через водоскид. Радіус обшивки затвору зазвичай приймається таким, що дорівнює $(1,2-1,5) \cdot H$, де H – висота затвору. У тих випадках, коли вісь обертання затвору підвищується, його радіус збільшується до $(2,0-2,5) \cdot H$.



а–г – з низовим розташуванням шарніру;

д – з верхнім розташуванням шарніру

Рисунок 14 – Схеми сегментного затвору:

Діючі сили. Тиск води з боку верхнього б'єфу W може бути

представлений як геометрична сума двох складових: горизонтальної W_1 і вертикальної W_2 (рис. 15). Сила W_1 є силою гідростатичного тиску води верхнього б'єфу, а сила W_2 являє собою вагу води в об'ємі тіла тиску $ABCD$.

Рівнодіюча $W = \sqrt{W_1^2 + W_2^2}$ проходить через точку O і точку E перетину горизонтальної сили W_1 , розташованої на висоті $1/3H_1$ від порогу і на відстані l_1 від центру O і вертикально спрямованої сили W_2 , що проходить на відстані l_2 по нормалі від центру O . Величина l_2 може бути визначена з рівняння:

$$W_1 l_1 - W_2 l_2 = 0 \quad (18)$$

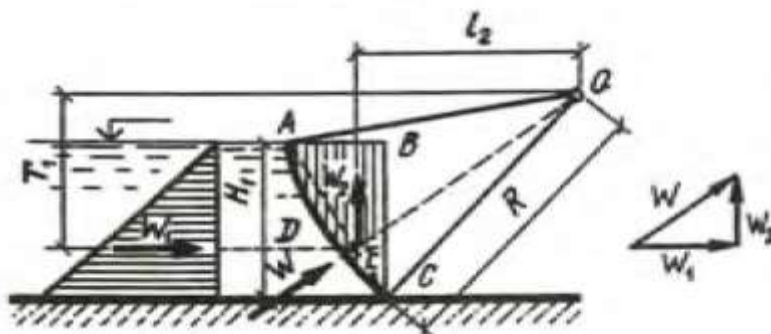


Рисунок 15 – До визначення сил гідростатичного тиску, що діє на сегментний затвор

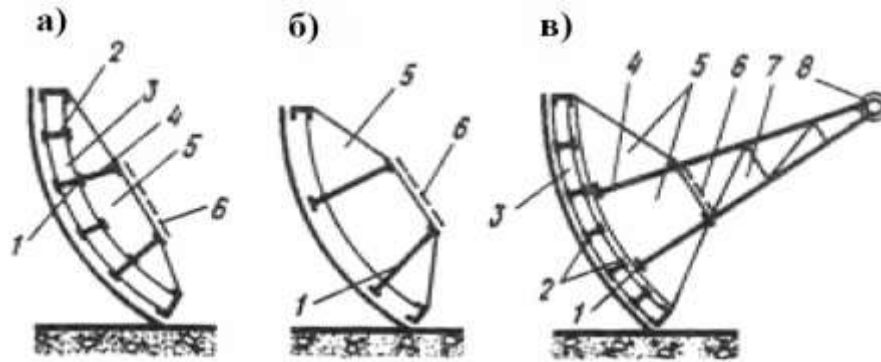
Власну вагу сталевих сегментних затворів на попередній стадії може бути визначено за емпіричною формулою:

$$G = k \cdot (w \cdot l_{омв})^n \quad (19)$$

Дана формула може застосовуватися для затворів з прямими «ногами» при $w \cdot l_{омв} > 150$ кН·м ($k = 0,15$, $n = 0,70$); для затворів із похилими «ногами» при $w \cdot l_{омв} > 250$ кН·м ($k = 0,11$, $n = 0,69$).

Конструкція затвору. Сегментні затвори зазвичай виконуються зі сталі легких сплавів або дерева, проте дерев'яна обшивка недовговічна, недостатньо щільна і фільтрує. Конструкція сегментного затвору ідентична конструкції плоского затвору, лише злегка нахилена до вертикалі та трохи вигнутого. Пролітна будова (рис. 16) зазвичай складається з двох або більше ригелів 1, балкової кліти, виконаної з горизонтальних балок – стрингерів 2, криволінійних стійок 3 і обшивки 4. Поперечні діафрагми 5 виконуються або суцільними або у вигляді ферм. Поздовжні зв'язки 6 між ригелями утворюють підйомно-вагові ферми, до складу яких входять нижні пояси ригелів. Пролітна будова за допомогою ригелів кріпиться до двох ніг 7, що спирається на опорні

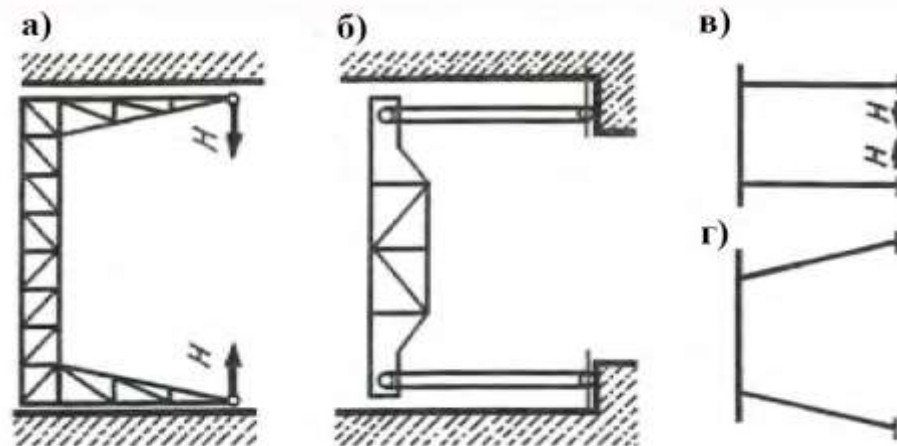
шарніри 8.



- а – з наскрізними стрингерами та поздовжньою системою балочної клітини;
- б – з довгою стороною панелей обшивки, перпендикулярною до ригелів – поперечна система балочної клітини;
- в – з нерозрізними поперечними балками

Рисунок 16 – Пролітна будова сегментного затвору:

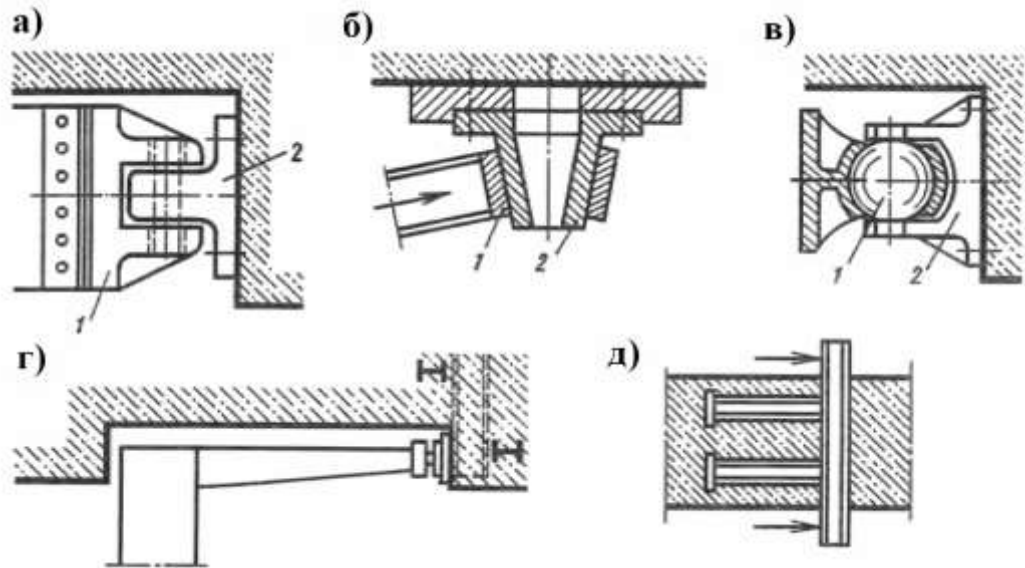
Ригелі з ногами спільно утворюють портали (рис. 17, а, б), які можуть бути просторовими чи плоскими, як з жорстким, так і з шарнірним з'єднанням ніг і ригелів. При значних прольотах краще використовувати просторові рами як більш жорсткіші. Внаслідок закріплення опорних ніг у шарнірах при згинанні ригелів, згинаються і самі ноги, і в шарнірах з'являються горизонтальні сили розпору H , які у просторовій рамі будуть більшими, ніж у плоскій. Наявність розпору в шарнірах дає економію у витратах на метал під час виготовлення затвору, проте ця економія практично повністю «з'їдається» необхідністю додаткового армування биків та посилення кріплення шарнірів у них.



- а – з конусним шарніром на лицьовій стороні бика; б – з віссю обертання, що закріплена на виступі бика; в-г – консольні

Рисунок 17 – Портالي сегментних затворів:

Крім описаних вище, застосовують також і затвори з консольними порталами (рис. 17 в, г), «ноги» у яких можуть бути нормальними або похилими. Останні дають суттєву економію в матеріалі ригелів за рахунок зниження максимального згинального моменту, який у них виникає. Однак при цьому збільшується розпір в опорних шарнірах. Просторові портали не застосовуються у затворах, що допускають перелив води. У цьому випадку ноги виконують у вигляді плоских рам, покритих з боку, зверненого до отвору плоскою обшивкою, що захищає всю конструкцію від застрягання в ній сміття, що знаходиться в воді, що переливається.



1 – рухома частина; 2 – нерухома частина

Рисунок 18 – Опорні шарніри сегментних затворів та їх загортання у биках:

Опорні шарніри сегментних затворів можуть бути трьох основних видів: *циліндричні, конічні або кульові*. Циліндричні опори можуть бути або з одним вушком у рухомій частині та двома в нерухомій, або навпаки (рис. 18, а). Даний вид шарнірів має один недолік – у них виникає місцеве напруження під час згинання ніг. У затворах із похилими ногами середніх та великих прольотів та значних напорів часто застосовують конічні шарніри (рис. 18, б). Кульові опори (рис. 18, г) допускають поворот ніг затвору без появи місцевих напружень змінання і застосовуються при жорсткому з'єднанні ригелів з опорними ногами затвору. Закладення нерухомої частини шарніру здійснюється на закладні частини, закріплені у бетон споруди. При великих навантаженнях у биках та стоянах для закладення шарнірів влаштовують спеціальні пази або ніші. У цьому випадку нерухома частина шарніру встановлюється на виступі пазу (рис. 18, г). Залежно від зусилля, що передається, плита шарніру розташовується або безпосередньо на бетоні бика або стояна, або на особливій розподільній плиті, або з посиленням бетону заробленими в нього металевими балками або швелерами. Затвори можуть

спиратися і на консолі (рис. 18, д), що не потребує влаштування ніш або пазів, зменшує товщину биків та сприятливо у гідравлічному відношенні.

Ущільнення сегментних затворів відрізняється від ущільнення плоских затворів тим, що бічні ущільнення розташовані по дузі окружності, а донне ущільнення влаштовується з урахуванням нахилу обшивки в нижній частині затвору.

Зусилля підйому та посадки. Для підйому сегментного затвору з нижнього становища, тобто його повороту навколо осі шарніра O (рис. 19, а) необхідно докласти зусилля, що долає суму моментів від ваги затвору, тертя в ущільненнях і тертя в шарнірах радіусом r . Дана умова записується у наступному вигляді:

$$SR\cos\alpha - GR_o\cos\beta - fQr - T_yR_y = 0, \quad (20)$$

де: R , R_o , R_y – відповідно радіус напірної поверхні затвору, радіус точки прикладання ваги затвору, радіус точки прикладання сили тертя в ущільненні; Q – рівнодіюча зусиль, що передаються шарніру від тиску води W та частини ваги $G-G_0$ (інша частина ваги $G-G_0$ передається підйомній тязі в точці A);

$$G_0 = G \left(1 - \frac{R_o \cos \beta}{R \cos \alpha} \right). \quad (21)$$

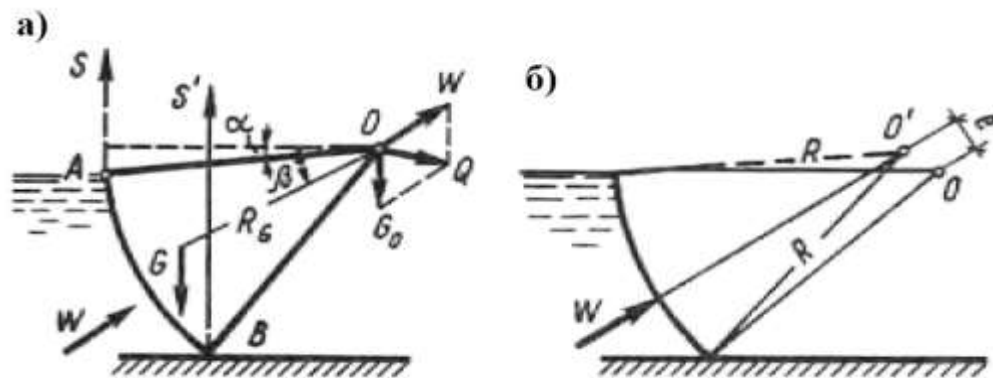


Рисунок 19 – Схеми для розрахунку стійкості сегментного затвору на порозі

У цьому випадку підйомне зусилля з урахуванням введення коефіцієнта перевантаження ($k_1 = 1,1$) та коефіцієнта, що враховує відхилення фактичних коефіцієнтів тертя від прийнятих у розрахунку ($k_2 = 1,2$), буде дорівнювати:

$$S = k_1 G \frac{R_o \cos \beta}{R \cos \alpha} + k_2 \left(fQ \frac{r}{R \cos \alpha} + T_y \frac{R_y}{R \cos \alpha} \right). \quad (22)$$

Оскільки плече сили S більше сили G , а моменти сил тертя в

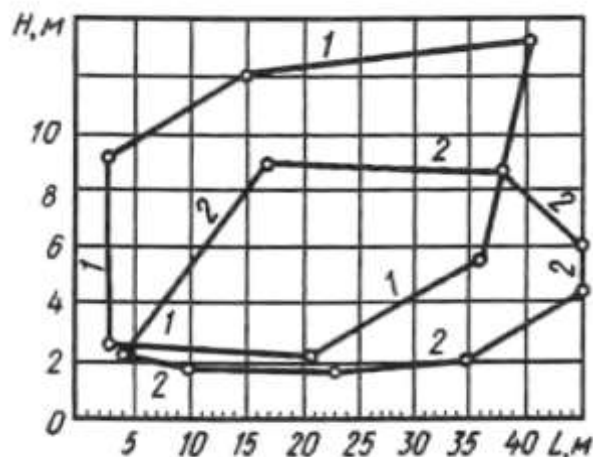
уцільненнях і осі затвору малі, підйомне зусилля S завжди менше ваги затвору G . У цьому і полягає основна перевага сегментних затворів перед плоскими.

Підйом затвору може здійснюватися і за його нижню частину, наприклад точку B (рис. 19, а). В цьому випадку величина зусилля S' буде більшою за S , але обчислюється вона за тією ж самою формулою (22) з підстановкою замість кута α кута, утвореного радіусом OB з горизонтом.

Підйомне зусилля можна зменшити, якщо розташувати шарнір O нижче центру O' , з якого описана поверхня затвору (рис. 19, б). У цьому випадку до лівої частини рівняння (20) необхідно додати момент We , а з правої частини рівняння (22) відняти величину $We / R \cos \alpha$.

Затвор повинен бути стійкий у закритому стані, тобто відношення суми моментів сил, що закривають затвор, відносно осі обертання затвору до суми моментів сил, що відкривають затвор, має бути більшим або дорівнювати 1,25.

Галузь застосування. На рис. 20 надано межі значень H і L виконаних сегментних затворів. Зазвичай максимальна площа отвору, що перекривається, близька до 300 м^2 , але в той же самий час затвор Вілюйської водозливної греблі перекриває отвір площею 528 м^2 .



1 – сегментними; 2 – вальцьовими

Рисунок 20 – Графік розмірів отворів, що перекриваються затворами:

Порівняно з плоскими сегментні затвори мають ряд переваг:

1) у кілька разів менше підйомне зусилля і, як наслідок цього, простіше і надійніше маневрування, і більша швидкість підйому;

2) велика жорсткість, найкраща робота в зимових умовах і за значних наносів у річці;

3) менша висота биків та можливість відмови від пазів;

4) можливість влаштування вододіючого затвору.

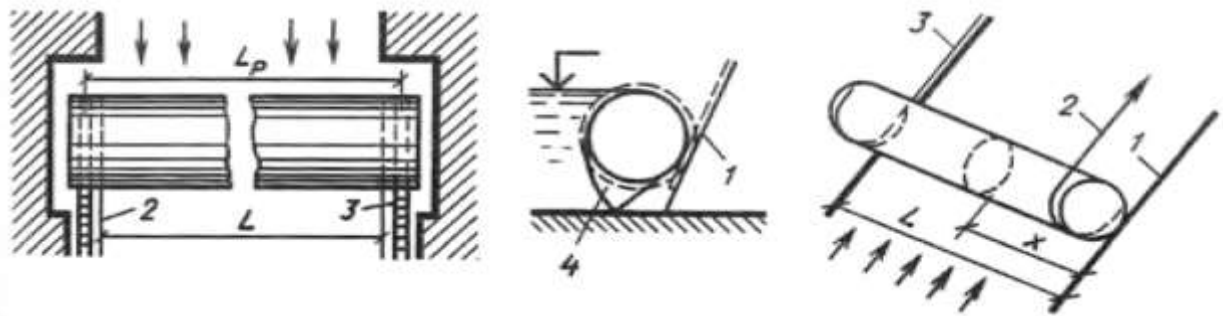
У той же час вони мають ряд недоліків:

1) необхідність будівництва биків більшої довжини;

2) за наявності розпору збільшення товщини биків.

2.4 Вальцьові затвори

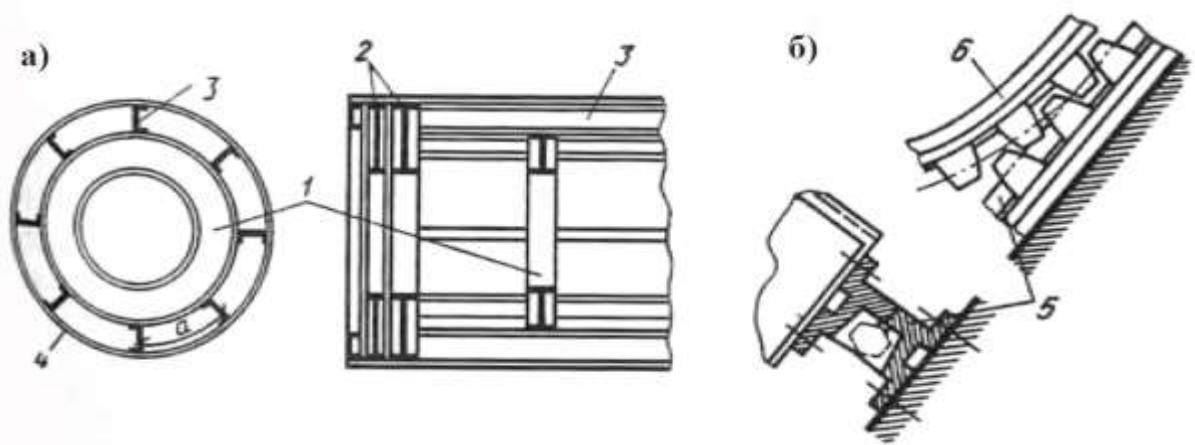
Вальцьовим затвором називається рухлива, переважно порожниста трубчаста конструкція, що перекриває водозливний отвір як двоопорна балка і піднімається вгору шляхом перекочування її похилими шляхами на биках або стоянах (рис. 21). Несуча конструкція затвору у вигляді циліндру складається з обшивки товщиною 10–16 мм, прикріпленої до поздовжнім решетуванням або стрингерам, число яких буває 8–12 і більше і які розташовуються один від одного на відстані 0,6–1,0 м. Незмінність і жорсткість конструкції забезпечуються поперечними діафрагмами, які є жорсткими кільцями зі швелерів або двотаврів, або плоскими решітками, розташованими на відстані 1,5–1,8 м одна від одної. На опорах вальця діафрагми посилюються для сприйняття сили, що перерізує. На опорних діафрагмах, що мають більш потужну, ніж у прольоті конструкцію, закріплені бандажі, які одночасно об'єднують у собі викривлені по дузі кола рейки та зубчасту передачу (рис. 22, б); опори в пазах биків являють собою прямолінійні рейки. Нормальна складова сил тиску води та ваги затвору, а також їх дотична складова передаються на споруди через рейки, якими перекочується затвор. Кут нахилу рейки у пазах затвору приймається рівним близько 70° , як найбільш доцільний за мінімальним підйомним зусиллям і стійкістю затвору в його нижньому положенні. Робочий і холостий ланцюги охоплюють затвор у протилежних напрямках і таким чином, коли один з ланцюгів змотується, інший намотується, що оберігає затвор від падіння у разі порушення зачеплення зубців, тому що робочий і холостий ланцюги створюють моменти, спрямовані в різні боки.



1 – опорні рейки; 2 – робочий ланцюг; 3 – холостий ланцюг; 4 – щиток

Рисунок 20 – Схема вальцьового затвору:

Прольоти отворів, що перекриваються вальцьовими затворами, досягають 45–50 метрів, але можуть бути і до 60 м, висота затвору може сягати 9 м, а при невеликих прольотах і до 13 м. Загальна площа отвору, що перекривається, досягає 300–450 м², тобто вона може бути і більшою за площу отворів, що перекриваються плоскими і сегментними затворами.



1,2 – поперечні та опорні діафрагми; 3 – стрингери; 4 – обшивка;
5 – опорна рейка; 6 – бандаж

Рисунок 21 – Конструктивна схема (а) та опорні частини (б) вальця:

Вальцьові затвори відрізняються великою жорсткістю і простотою опорних частин при порівняно невеликому підйомному зусиллі (стосовно ваги затвору), тому вони можуть успішно застосовуватися в умовах дуже суворой зими і на річках, що тягнуть значну кількість наносів. Дані затвори без особливих пошкоджень сприймають удари плаваючих тіл і навал льоду. Однак, вага вальцьових затворів та їх вартість значно вища ніж у плоских та сегментних затворів та їх виготовлення пов'язане з серйозними технічними труднощами, так само як і їх монтаж на місці встановлення.

Бики для вальцьових затворів перевершують за своїми розмірами (товщиною, довжиною, висотою) та вартістю бики гребель, обладнаних плоскими та сегментними затворами.

2.5 Секторні затвори

Секторними називаються затвори, що мають поперечний переріз у вигляді кругового сектору з обшивкою по двох або трьох його гранях, що опускаються в нішу порога споруди при обертанні навколо горизонтальної осі (рис. 22). Вісь обертання може розташовуватися або з низової або з верхової сторони споруди. Дані затвори передають тиск води на поріг споруди.

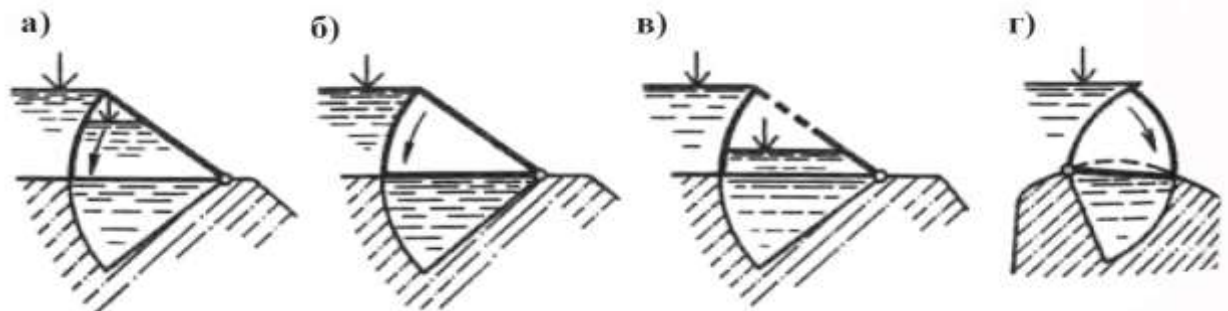


Рисунок 22 – Схеми секторних затворів

Вододіючі затвори, у яких низова зливна грань обшита сталлю (рис. 22, а, б), можуть перебувати в рівновазі або повертатися при підйомі або опусканні за рахунок тиску води, що заповнює нішу, яка називається камерою тиску. Затвор, у якого верхова грань обшита повністю, а низова грань обшита частково (рис. 22, в), називається напіввододіючим і вимагає для маневрування спеціальних механізмів.

Затвори, які мають обшивку з усіх боків (рис. 22, б, г) називаються поплавцевими, так як повітря, що знаходиться в них, створює їм плавучість. Затвори, що мають обшивку по двох гранях (рис. 22, а, в), називаються тонучими. Затвори із шарніром з верхньої сторони часто називають барабанного типу.

Виготовляються секторні затвори із сталі, а затвори поплавкового типу можуть також виготовлятися із залізобетону.

Коефіцієнт витрати водозливу з опущеним у нішу секторним затвором приймається рівним 0,35–0,36. Для збільшення коефіцієнту витрати часто низову грань затвору виконують криволінійною. Характер силового впливу на секторний затвор при його знаходженні в рівновазі або повороті може бути розглянуто на прикладі тонучого вододіючого затвору (рис. 23). На такий затвор, що знаходиться у верхньому положенні діють наступні сили: тиск води на напірну грань з боку верхнього б'єфу W_1 та зсередини W_2 (залежно від положення рівня води всередині затворе), тиск води на низову грань затвору зсередини затвору W_3 , власна вага затвора G . Крім того, є сили тертя в шарнірах з радіусом осі r ($f\Sigma Pr$), тут $f\Sigma P$ – сума сил W_1, W_2, W_3, G , тертя T_y в ущільненнях. При переливі води через затвор (рис. 23, б) з'являється тиск на низову грань W_4 .

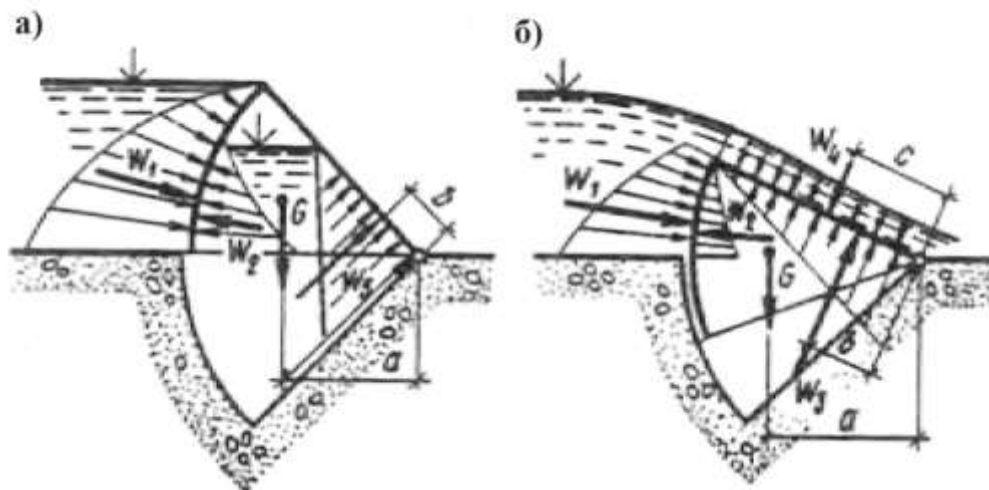


Рисунок 23 – Схема дії тонучого секторного затвору

При рівновазі затвору в будь-якому положенні сума моментів усіх сил і ваги затвору відносно осі обертання повинна дорівнювати нулю. У разі граничної рівноваги, тобто в момент початку повороту затвору вгору або вниз,

у рівняння рівноваги додаються моменти від сил тертя, спрямовані в бік, зворотний руху. У загальному випадку:

$$Ga + W_3b + W_3c \pm f\sum Pr \pm T_y R_y = 0, \quad (23)$$

де: R_y – плече сили тертя в ущільненнях (інші позначення див. на рис. 23).

Впускаючи в камеру тиску воду з верхнього б'єфу і випускаючи її, можна регулювати положення затвору і пропускати ту чи іншу витрату води поверх нього.

Використовуючи різноманітні системи поплавців, автоматизуючи засувки, які пускають у камеру тиску і випускають із неї воду, у більшості випадків можна домогтися того, що секторний затвор працюватиме в автоматичному режимі. У зв'язку з цим бики виходять досить масивними – від 3 до 6 м.

Секторні затвори гідравлічної дії можуть перекривати отвори прольотом до 60–65 м і висотою до 9 м, у той час як проліт, що перекривається затвором напівгідравлічної дії, може досягати 50 м, а його висота досягати 8–9 м. До безперечних переваг секторних затворів відноситься наступне:

- точність регулювання рівня верхнього б'єфу;
- можливість скидання льоду та плаваючих тіл;
- автоматичність дії та можливість швидкого маневрування;
- жорсткість конструкції та мінімальна висота биків.

Однак дані затвори мають і ряд недоліків:

- значна вага рухомої частини і висока вартість затвору;
- складність монтажу, що може істотно вплинути на терміни введення споруди в експлуатацію, у цьому відношенні секторні затвори із залізобетону переважніше;

– відносно складніша експлуатація, що викликано необхідністю взимку проводити очищення камер від наносів та їх прогрів;

– необхідність здійснювати примусовий підйом затвору у разі ремонту, особливо при ремонті ущільнень.

З іншого боку дані затвори хороші при можливих несподіваних зливових паводках.

Залізобетонні секторні затвори, як показала практика застосування за кордоном, можуть перекривати прольоти шириною до 45 м.

2.6 Затвори даховидні, клапанні, з поворотними фермами (рамами), кільцеві та тканеві

Рухлива частина *даховидного затвору* складається з двох стулок (полотнищ), шарнірно укріплених на порозі водозливної споруди і які взаємно

спираються так, що в піднесеному стані затвору утворюється дахоподібна конструкція, а в опущеному стані він міститься в ніші порога водозливу (рис. 24). Зазвичай верхове полотнище має на кінці коротку надставку перпендикулярну до площини полотнища, а низова стулка виконується криволінійною. Камера, що утворюється «дахом» затвору, як і у секторних затворів заповнюється водою з верхнього б'єфу, що чинить тиск на клапани зсередини. Рівень води у камері встановлюється таким, який необхідний для утримання затвору в потрібному положенні. Управління затвором можна автоматизувати, організувавши регулювання тиску у камері поплавцями, що йдуть за рівнем води у верхньому б'єфі.

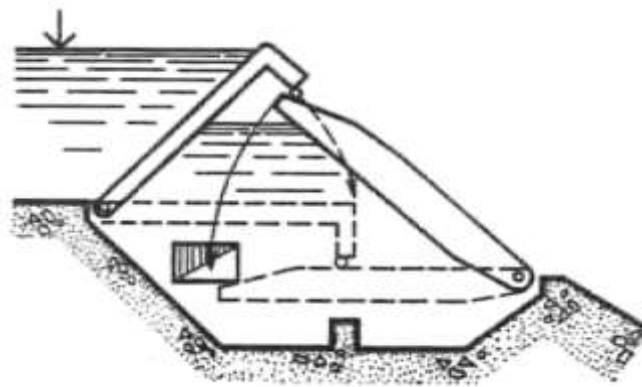


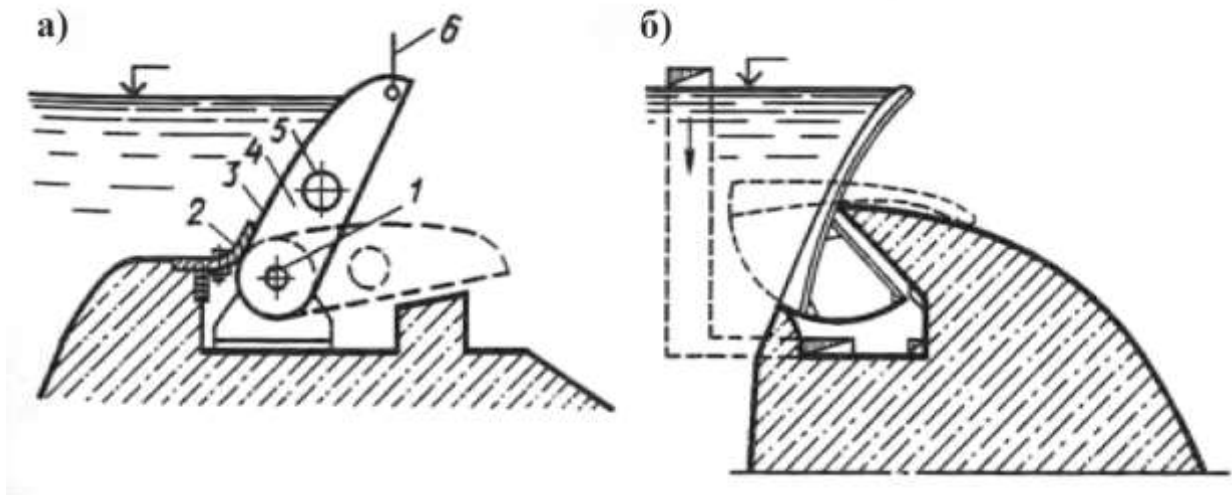
Рисунок 24 – Схема дахового затвору

Дахові затвори можуть перекривати отвори шириною до 40–45 м, при їх висоті до 6–7 м. Даний тип затворів може бути застосований в умовах паводків, що швидко наступають, так як вони можуть бути опущені практично за 10 хвилин і менше. До переваг цього типу затворів відноситься також і те, що вони безперешкодно пропускають лід та інші плаваючі тіла і можуть забезпечувати точне регулювання рівня верхнього б'єфу.

Недоліками дахового затвора є необхідність влаштування досить широкого порогу водозливу, складність системи регулювання роботою затвору, складність його монтажу та необхідність боротьби з обмерзанням у зимовий період та з наносами у літній.

Клапанний затвор складається з полотнищ, що обертаються навколо горизонтальної осі, що закріплена на порозі водоскидної споруди. Для поліпшення умов обтікання під час пропуску води в опущеному стані полотнища затвору можуть виконуватися криволінійної форми, а збільшення загальної жорсткості затвору – сочевицеобразної форми. На рис. 25, а показаний найпростіший клапанний затвор з трубчастим ригелем, який добре працює на вигин і кручення. Висота полотнищ такого затвору зазвичай не перевищує 2 м. Сучасні затвори можуть досягати висоту 3,5 м при прольоті до 20 м. Затвори такого типу зазвичай бувають урівноваженими, що досягається або за допомогою противаг, або гідравлічно. Встановлення клапанних затворів

є доцільним на водоскидах з підвищеним порогом, коли рівень нижнього б'єфу не впливає на роботу затвору. На рис. 25, б представлено схему вододіючого клапанного затвору, поворот якого здійснюється під дією сили тиску води з боку камери тиску. Вода може надходити в цю камеру як по водоводах, що мають регулюючі засувки, так і по водоводах, що таких засувок не мають, коли вода надходить в камеру при підвищенні рівня верхнього б'єфу до певної позначки. Автоматизацію роботи затвору може бути досягнуто з'єднанням засувок з поплавцями, що стежать за рівнем б'єфу.



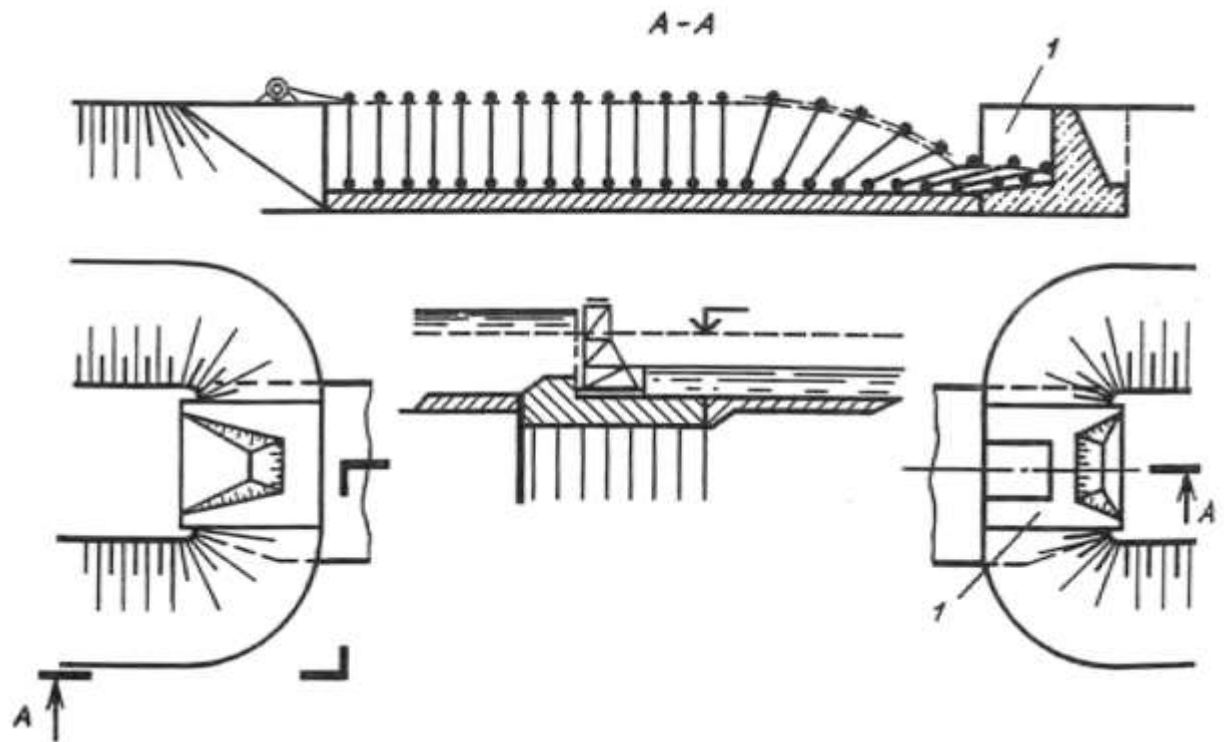
1 – вісь обертання; 2 – ущільнення; 3 – обшивка; 4 – діафрагма; 5 -
трубчастий ригель; 6 – підвіска

Рисунок 25 – Клапанний затвор:

До переваг клапанних затворів можна віднести простоту маневрування, точність регулювання рівня верхнього б'єфу, пропуск плаваючих тіл і льоду без значних втрат води, швидкість дії та можливість перекриття прольотів практично будь-якої ширини.

До недоліків можна віднести необхідність влаштування ніш та заглиблень, а також складність монтажу та ремонту.

Затвор із поворотними фермами. Даний затвор складається з ряду металевих ферм, що встановлюються на порозі водозливного отвору греблі на відстані 1,0–1,5 м одна від одної (рис. 26), і нормально розташованих до осі греблі. Прольоти між щитами затвору перекриваються щитами, шторами чи спицями. При необхідності пропуску тих або інших витрат води частина щитів або спиць чи всі вони з прольоту видаляються. Для відкриття всього отвору, наприклад для пропуску льоду, суден, лісу, ферми повертаються в опорних шарнірах і укладаються на поріг греблі за допомогою канатної або ланцюгової лебідки та ланцюга, що їх з'єднує. Для закриття отворів, за необхідності, ферми піднімаються за допомогою тієї ж лебідки і ланцюга, після чого їх верх з'єднується легкими елементами службового мосту, з якого потім виконується закриття прольотів між фермами щитами, спицями тощо.



1 – стійка з нішою

Рисунок 26 – Схема греблі з поворотними фермами:

Один із засад греблі, обладнаної затвором з поворотними фермами, влаштовується звичайного типу зі зворотними відкрилками, інший зазвичай влаштовується з нішею, в яку можуть укладатися крайні ферми при їх опусканні на поріг.

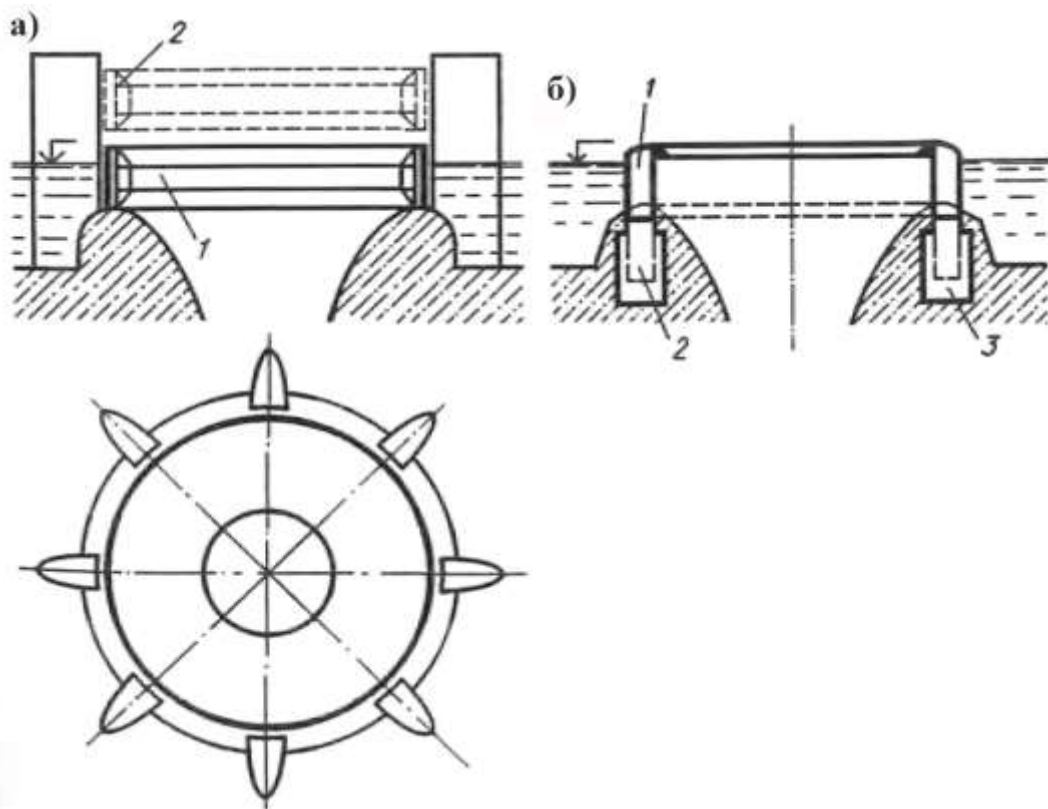
Затвори з поворотними фермами можуть перекривати великі прольоти (до 200 м), вимагають дуже низького порогу, прості у виготовленні та експлуатації і досить дешеві. Затвори даного типу застосовуються в основному для створення невеликого підпору (до 4–5 м) на судноплавних річках, оскільки допускають пропуск суден у паводок через відкриті отвори в греблі. Тому греблі з такими затворами називаються судноплавними. Затвори з поворотними фермами також застосовуються і у якості тимчасових та ремонтних загороджень у греблях інших систем. До недоліків затворів з поворотними фермами можна віднести неможливість маневрування затвором взимку, тривалість розбирання затворів значних прольотів, значні втрати води через нещільності численних щитів і тим більше спиць, деякі труднощі в підйомі ферм за наявності наносів, що відклалися на порозі, топляків тощо.

Поворотні рами застосовуються головним чином як ремонтні загородження шлюзів та каналів.

Кільцеві затвори. Кільцеві затвори виконуються циліндричними у плані і найчастіше перекривають водозлив шахтних водоскидів.

Пропуск води при використанні кільцевого затвору може здійснюватися або під ним (рис. 27, а) або при його опусканні через нього (рис. 27, б). Під час

пропуску води під затвором для його підйому необхідно використовувати підйомний механізм того чи іншого типу, а рух затвору направляється биками. У другому випадку відбувається опускання затвору у нішу, виконану у вигляді кільця у водозливі і камерою тиску. Маневрування затвором проводиться наповненням та випорожненням камери тиску, що здійснюються через систему водоводів із запірною арматурою. У цьому випадку кільцевий затвор є вододіючим, і його роботу може бути автоматизовано. Арматура для керування затвором найчастіше розміщується у бичу, який примикає безпосередньо до водозливу. Відомий, наприклад, кільцевий вододіючий затвор діаметром 19,52 м при напорі на водозливі 3,66 м.

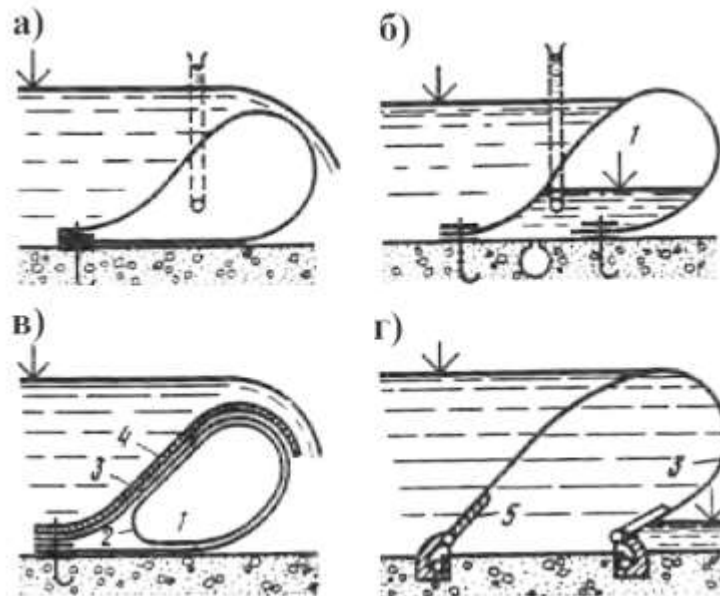


а – пропуск води під затвором; б – пропуск води через затвор
 1 – затвор, що перекриває отвір; 2 – затвор при повному відкритті; 3 – камера

Рисунок 27 – Кільцеві затвори:

Затвори із синтетичних тканин. У якості матеріалів для затворів даного типу застосовуються тканини з синтетичних волокон з одно або двостороннім гумовим покриттям і в цьому випадку вони будуть являти собою гумовотканинні оболонки, також можуть використовуватися плівки з пластмас. У нашій країні найбільшого поширення набули затвори з гумовотканинних матеріалів. Як правило, одинарна або подвійна оболонка на порозі закріплюється одним або двома рядами анкерів (рис. 28, а, б). У піднятому положенні затвор підтримується тиском води, незамерзаючої рідини або повітря, що наповнює оболонку або самопливно, або примусово з

використанням насосів, які найчастіше розташовуються в устої, але можуть бути встановлені і в потерні греблі. Підведення рідини або повітря до затвору проводиться як правило по трубопроводах, що розташовані в устої, де також розташовується і арматура для перемикання під час наповнення та випорожнення оболонки. При наповненні оболонки повітрям вона може бути виконана подвійною, при цьому у внутрішню оболонку накачується повітря, а верхня оболонка є утримуючою (рис. 28, в).



- 1 – повітря; 2 – внутрішня оболонка; 3 – утримуюча оболонка;
4 – захисна оболонка; 5 – металеве полотнище

Рисунок 28 – Схема та приклади конструктивних рішень тканинних затворів:

Прольоти отворів, що перекриваються тканинними затворами, можуть мати досить великі розміри, так ширина прольоту може доходити до 140,0 м, напір, який вони можуть утримувати може доходити до 6,0 м. У нашій країні такі затвори найчастіше застосовуються на греблях з низьким порогом при напорах до 3 м. Є приклади успішної роботи тканинних затворів у зимовий період при належній якості матеріалу та товщині льоду не більше 0,5 м, крім того, у зимовий період такий затвор може укладатися на поріг греблі під воду.

До безперечних переваг тканинних затворів відноситься їх маневреність, можливість нормальної роботи в потоках, що тягнуть значну кількість наносів, відносна дешевизна, мала маса, зручність транспортування і простота в монтажі.

Недоліками є легка ушкоджуваність та обмежений термін служби (до 10 років), проте ці недоліки легко компенсуються простотою їх виготовлення та економічними міркуваннями. Тканинні затвори є досить перспективною конструкцією для невеликих гребель і тому їх конструкції нині перебувають у

стадії розвитку. Так, наприклад, є затвор, у якого оболонка не анкерується, а з'єднується з закріпленими шарнірно на порозі металевими полотнищами (рис. 28, г). У цьому випадку оболонка затвору з торців повинна мати спеціальні полотнища, при цьому її примикання до устоїв або биків водоскиду може бути як вільним, так і з закріпленням на їх гранях. При вільному примиканні оболонка під час її заповнення рідиною або повітрям притискається до бетонних конструкцій греблі, забезпечуючи ущільнення в зазорах між оболонкою і бетоном. При закріплених торцях заповненої оболонки на її кінцях утворюються складки. Коефіцієнт витрати під час переливу води через тканинний затвор приймається рівним 0,4–0,5.

2.7 Глибинні затвори

2.7.1 Особливості роботи глибинних затворів

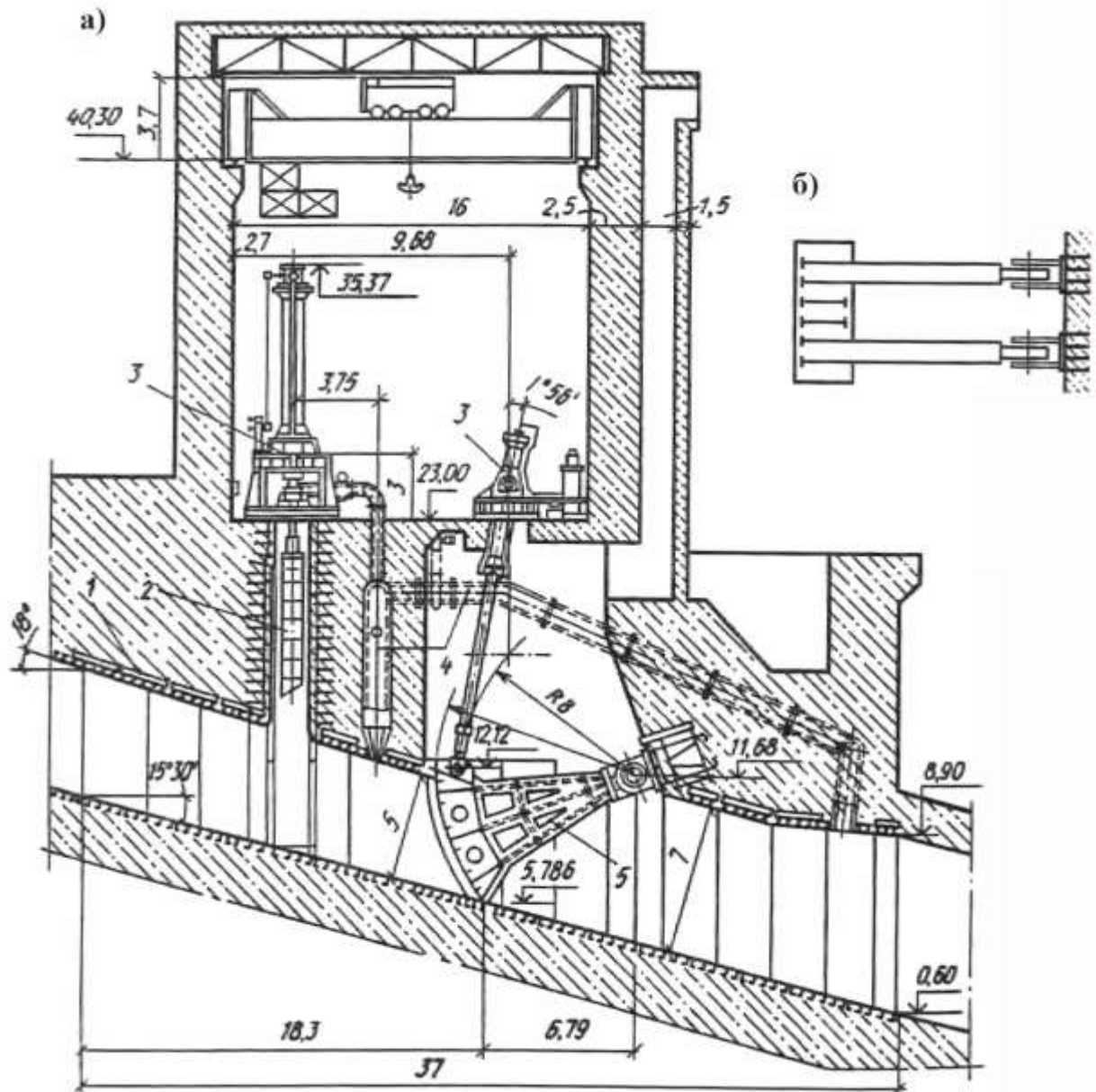
Затвори глибинних отворів при тій площі отворів, що перекриваються, в порівнянні з плоскими, знаходяться під дією істотно більшого гідростатичного тиску води, що викликає значні зусилля в елементах конструкції затвору і його ущільненнях, що пред'являє до останніх значно вищі вимоги щодо якості виготовлення. Більш високі навантаження вимагають і потужніших підйомних механізмів. Витік води через глибинні отвори відбувається з великими швидкостями. У даних умовах будь-яка різка зміна форми отвору затвором і стінками водоводу, яким рухається вода, викликають різкі зміни тисків у потоці, вібрації затвору, утворення сильних завихрень і значних вакуумів, які можуть досягати межі кавітації.

Кавітація і вібрація руйнують матеріал, засмучують з'єднання частин затвору, його закладних частин і тяг механізмів. Динамічне навантаження на затвор стає найбільш відчутним під час витікання води з-під затвору під рівень. І тому затоплення глибинних затворів з боку нижнього б'єфу може бути припустиме лише для отворів невеликих розмірів та незначних напорів. Для боротьби з утворенням вакууму необхідно здійснювати підведення повітря за глибинний затвор і намагатися забезпечувати за ним безнапірний режим руху води. До глибинних затворів висуваються більш високі вимоги до технології їх виготовлення та точності монтажу.

2.7.2 Глибинні затвори, що передають тиск води на споруду через опорно-ходові частини

Плоскі затвори. Плоскі затвори глибинних отворів з урахуванням специфічних умов їх роботи влаштовуються по типу плоских поверхневих затворів. Робота даних затворів характеризується їхньою високою водонепроникністю під час закриття отвору. Отвори, що перекриваються плоскими затворами, можуть бути прямокутними, квадратними і круглими, а

опорно-ходові частини, також як і у поверхневих, бувають колісні, ковзні, каткові, а також гусеничні. При незначних навантаженнях елементи ковзних опор плоских затворів виконують з дерева. У міру збільшення навантаження переходять на застосування полозів із синтетичних матеріалів, а також з бронзи або спеціальних сплавів у вигляді смуг, при цьому при особливо великих навантаженнях передбачається змащування під тиском поверхонь, що труться, що оберігає полози від корозії. У якості прикладу на рис. 29 наведено плоский глибокий затвор зі ковзними опорами, розташований у камері затвору.

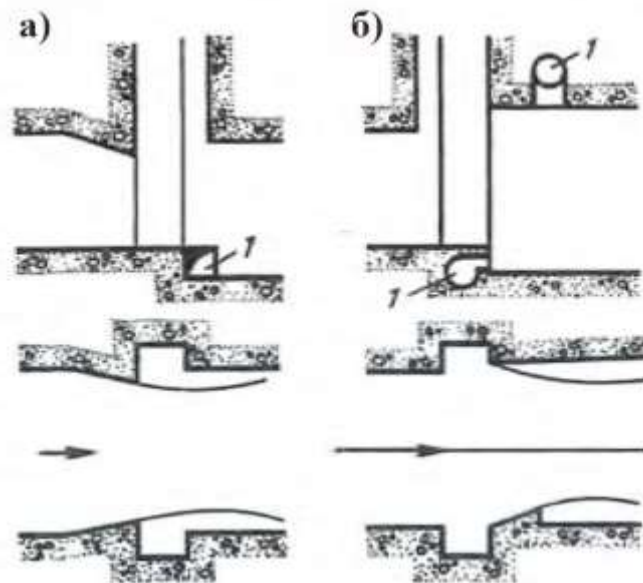


а – загальний вигляд; б – схема затвору;

1 – сталеве облицювання камери; 2 – плоский ковзний аварійно-ремонтний затвор; 3 – гідропідйомник; 4 – повітроводи; 5 – сегментний затвор

Рисунок 29 – Приклад компонування сегментного затвору:

Колісні затвори, так само як і ковзні виконуються багаторигельними з суцільними елементами, а їх візки зважаючи на передачу значно більших навантажень, ніж у поверхневих затворів, по конструкції значно складніше. Зусилля, яке потрібне для підйому колісного затвору в порівнянні зі ковзним затвором, менше і застосовуються вони в основному як аварійно-ремонтні затвори. До недоліків колісних затворів можна віднести труднощі захисту від забруднень і вапнування втулок коліс і роликів підшипників, через застосування колісних опор в умовах, коли при закритому і відкритому отворі вони знаходяться під водою, стає скрутним. Конструкція камери, в якій розміщується плоский затвор, істотно впливає на умови його роботи. Для того, щоб уникнути виникнення вібрацій затвору та кавітаційної ерозії, бажано з гідравлічної точки зору створити перед затвором стиснення потоку, а за затвором – відрив потоку від стінок, що може бути досягнуто влаштуванням перед затвором конфузornoї ділянки (рис. 30, а). Стиснення потоку сприятливо позначається на аерації зон відриву, що необхідне для боротьби з кавітаційною ерозією. Для відриву потоку від дна водоводу за затвором влаштовується спеціальний уступ, а відрив потоку від стінок водоводу забезпечується його розширенням за затвором або влаштуванням спеціальних відбивачів (рис. 30, б).



а – конфузornoна ділянка перед затвором; б – відрив потоку від стінок за рахунок розширення водоводу або влаштування відбивачів;

I – аераційні канали

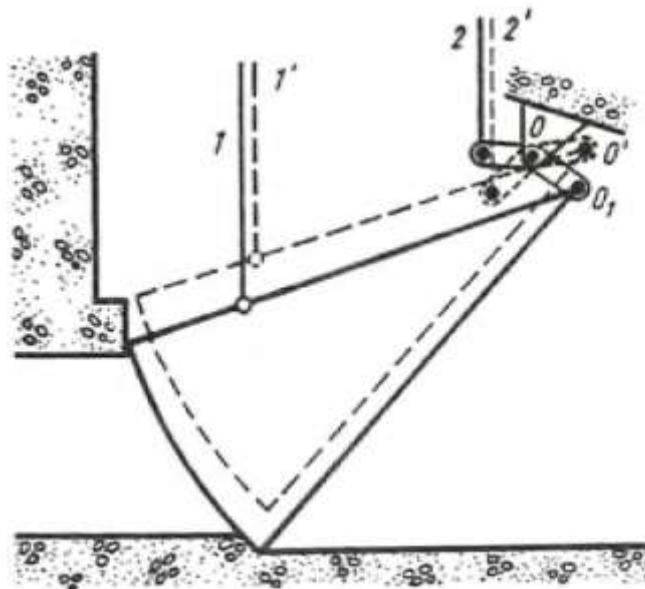
Рисунок 30 – Варіанти конструктивного оформлення камери плоского затвору:

Сегментні затвори. Затвори даного типу найчастіше використовуються в якості основних робочих і можуть розташовуватися в спеціальних камерах, як у головних ділянках водоводу, так і на виході з нього. Завдяки своїй

конструкції сегментні затвори вимагають механізмів меншої вантажопідйомності, і мають форму напірної грані більш сприятливу для обтікання потоком, не вимагають створення пазів у бетонних конструкціях, а їх опори захищені від безпосереднього впливу води та наносів.

До недоліків даного типу затворів можна віднести їхню велику металомісткість у порівнянні з плоскими затворами і складність влаштування опор, вартість яких може бути вищою за вартість прогонової будови.

Ущільнення глибокого сегментного затвору, що розташовуються не тільки на нижній кромці та з боків конструкції, як у поверхневих затворів, але і на верхній кромці затвору, повинні забезпечити повну його герметичність. З метою щільнішого притискання затвора до ущільнення по всьому контуру іноді застосовують затвори з ексцентриковою опорою (рис. 31). При підйомі такого затвору спочатку поворотом ексцентрикового валу він відсувається від ущільнень і таким чином, при подальшому підйомі затвору доводиться долати лише силу тяжіння самого затвору і силу тертя в осі обертання опорного механізму. Радіальне зміщення ексцентрикової опори приймається рівним 30–35 мм.



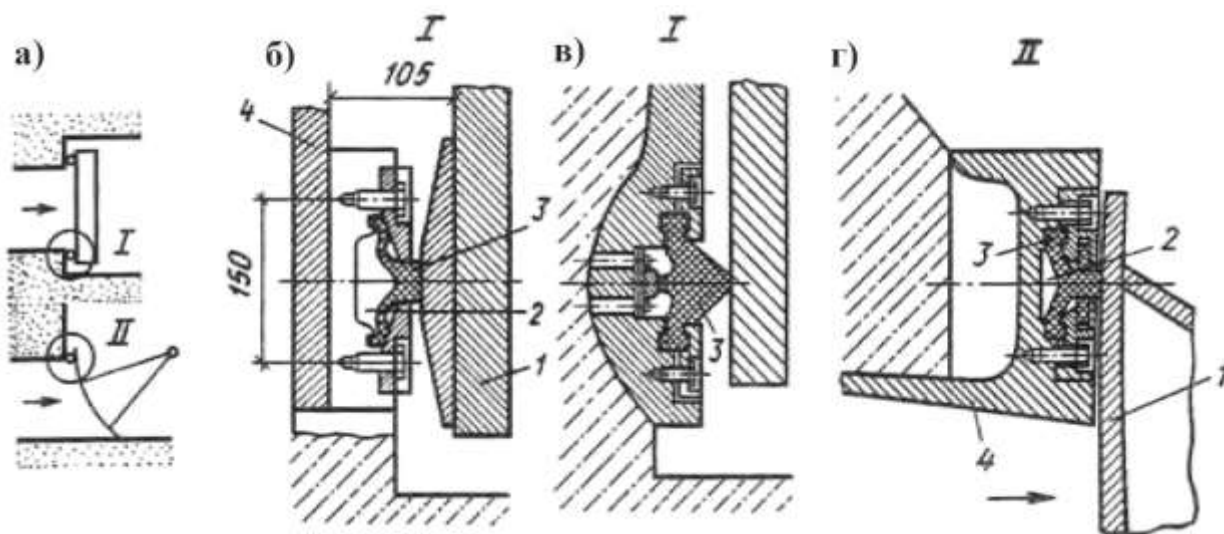
опорою: O – ось опори; O_1 і O' – положення осі обертання затвору у притисненому та віджатому станах; $1, 1'$ – штанга основного гідропідйомника; $2, 2'$ – штанга ексцентрикового валу

Рисунок 31 – Кінематична схема сегментного затвору з ексцентриковою

Пролітна будова глибокого сегментного затвору разом з ногами утворює звичайний портал і портал з двома консолями (рис. 17, в, г). Ноги затвору зазвичай коробчастого перерізу і виконуються зварними. Кожна з ніг затвору має роликові опори. У разі застосування ексцентрикової опори ексцентрик розташовується між опорами на спільному для них валу. Ноги можуть мати по два ексцентрики за опорами, що розташовуються на консолях.

Пролітна будова сегментного затвору має коробчасту конструкцію, яка складається з суцільних діафрагм, об'єднаних поперечними зв'язками.

Ущільнення глибоких затворів. Ущільнення високонапірних затворів повинні забезпечити повну відсутність протікання при закритому отворі, що може призвести до появи щільної кавітації та небажаної вібрації конструкції; повинні забезпечити з метою зменшення сил тертя, а отже і підйомного та посадкового зусиль, відсутність контакту між ущільненнями та закладними частинами під час підймання та посадки затвору. Самі елементи, що ущільнюють, повинні бути захищені від впливу потоку при частковому відкритті затвору. Для високонапірних затворів можуть застосовуватися або гідравлічно або пневматично керовані ущільнення, а також некеровані, деформативні ущільнення (рис. 32).



а – схема розташування ущільнень; б – кероване (вузол 1);

в – деформативне (вузол I); г – кероване (вузол II);

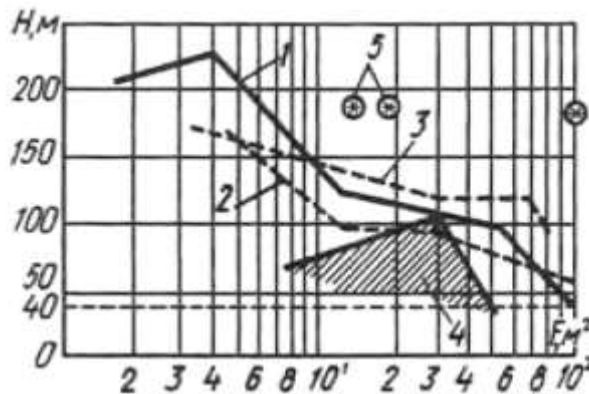
1 – обшивка затвору; 2 – робоча камера; 3 – ущільнюючий елемент; 4 – закладні частини по контуру отвору

Рисунок 32 – Ущільнення високонапірних затворів:

У керованих ущільненнях, що відповідають усім переліченим вище вимогам, ущільнюючий елемент притискається до контактної поверхні під впливом тиску води або повітря, що подається в робочу камеру елемента, що ущільнює. Під час встановлення сегментного затвору з ексцентриковими опорами використовується деформативне ущільнення, яке притискається до контактної поверхні радіальним переміщенням затвору.

Галузь застосування. На рис. 33 представлено графіки, за допомогою яких можна визначити межі застосування плоских та сегментних затворів при напорах понад 40 м. Розміри отворів, що перекриваються глибокими затворами та найбільше навантаження на них визначається можливістю передачі цього навантаження на опорно-ходові частини. Так, навантаження на

1 м полоза ковзного плоского затвору може сягати 4000 кН, а на одне колесо колісного, плоского затвору до 3500 кН. Навантаження на шарнір сегментного, глибинного затвору може сягати і 30000 кН.



- 1 – плоскі ковзні основні та аварійно-ремонтні; 2 – плоскі колісні аварійно-ремонтні; 3 – плоскі гусеничні аварійно-ремонтні; 4 – сегментні; 5 – основний та аварійно-ремонтний затвори Інгузької ГЕС

Рисунок 33 – Графік максимальних габаритів глибинних плоских та сегментних затворів:

У нашій країні при необхідності перекрити глибинні отвори площею понад 20–30 м² при напорах понад 100 м найчастіше застосовують сегментні затвори як найбільш надійні в експлуатації і порівняно прості у виготовленні.

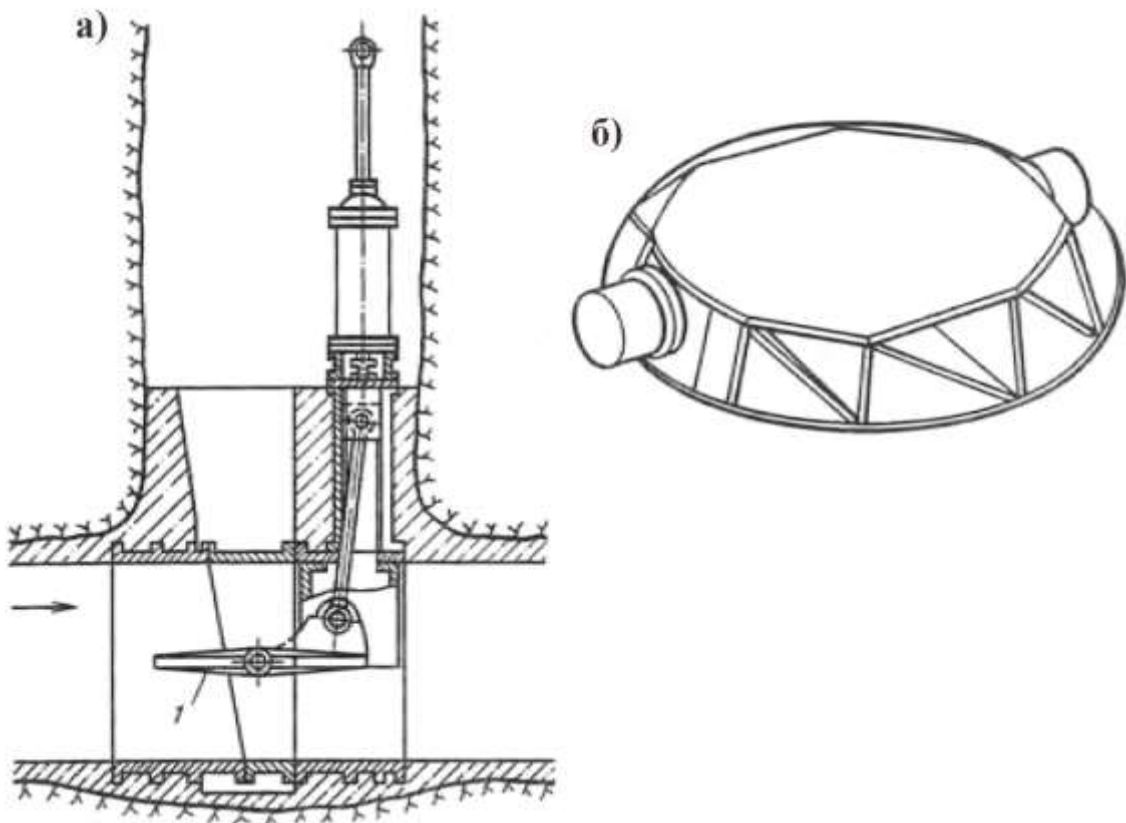
2.7.3 Глибинні затвори, що передають тиск води на споруду через корпус затвору

Засувки. Засувки є литими дисками прямокутної або круглої форми, що перекривають напірні галереї, трубопроводи, а також використовуються як запірні арматури різних систем, що подають воду і масло. Диск засувки, що щільно сидить у пазах, переміщається за допомогою штоку, який приєднується до гідравлічного або електричного приводу, поміщеного у кожух засувки.

Засувки можуть бути використані як плоский ковзний затвор при досить великих напорах, але невеликих по площі отворах. Водонепроникність у цьому випадку досягається за рахунок гідростатичного тиску води на засувку. Корпус засувки може бути приєднаний до водоводу, або за допомогою фланців, закріплених на виступаючих з бетону металевих трубах, або безпосередньо закладатися в бетон. Засувки можуть використовуватися або у повністю відкритому, або у повністю закритому стані. Засувки як затвори можуть застосовуватися при напорах до 100 м і діаметрах до 1,5 м, а при менших діаметрах напір, що сприймається засувками, може досягати і 250 м.

Дисковий (дросельний) затвор. Дисковий затвор (рис. 34) є плоским

диском, закріпленим з ексцентриситетом на вертикальній або горизонтальній осі таким чином, щоб тиск на обидві його частини був приблизно однаковим. Необхідна лише невелика різниця в моментах даних тисків для достатнього притискання затвору в закритому стані, при якому диск розташовується під кутом приблизно 90° до поздовжньої осі водоводу. Ущільнення таких затворів здійснюється гумовими кільцями, що розміщуються в циліндричному кожусі. Обертання затвору здійснюється механічним або гідравлічним приводом, що діє на ось затвору. Як правило, такі затвори використовуються або в повністю закритому або повністю відкритому стані, але при напорах до 20–30 м вони можуть бути і регулюючими. При частковому відкритті затвору за ним може відбуватися інтенсивне вихроутворення, що може призвести зрештою до втомного руйнування металу. Деяке покращення гідравлічного режиму роботи дискових затворів дає застосування напрямних стінок, що надають затвору у відкритому положенні більш обтічної форми. Істотним недоліком дискових затворів є протікання через гумові кільця ущільнень.



а – приклад керування затвором за допомогою гідроприводу; б – диск затвору біпланового типу; 1 – сочевицеподібний диск

Рисунок 34 – Дисковий затвор:

Істотне полегшення ваги дискового затвору може бути досягнуто використанням диска, що має форму біплана, у якого за допомогою ребер паралельно до основного диску прикріплено пластину і диск як би складається

з двох пластин (рис. 34, б). У такого диску коефіцієнт опору у відкритому положенні залишається незмінним ($\xi = 0,26$).

Дискові затвори застосовуються, як правило, в якості аварійних для напірних водоводів і рідше в якості основних затворів водоспусків. Затвори греблі Інгурської ГЕС мають діаметр диску 6 м при напорі 120 м і діаметр 5 м при напорі 175 м. Дані затвори призначаються для захисту дереваційного тунелю. На Черкейській ГЕС працює дисковий затвор діаметром 5 м при напорі 223 м.

Також є приклади використання в якості основних нерегульованих затворів водоспусків дискових затворів діаметром 1,6–3,45 м при напорах від 55 до 150 м. Діаметр дискових затворів на практиці лімітується також і можливістю їх транспортування.

Конусний затвор. Такі затвори встановлюються вище максимального рівня нижнього б'єфу на кінцевій частині трубчастого водоспуску і складаються з нерухомого патрубку 1 (рис. 35), конусного екрана 2, укріпленого на хрестовині 3, і рухомого циліндру 4, що перекриває кільцеву щілину між торцем. Потік, що виходить через кільцевий отвір, розщеплюється в кільцевий струмінь і вільно скидається в нижній б'єф. Переміщення циліндру проводиться з використанням або гідравлічного або електричного приводу.

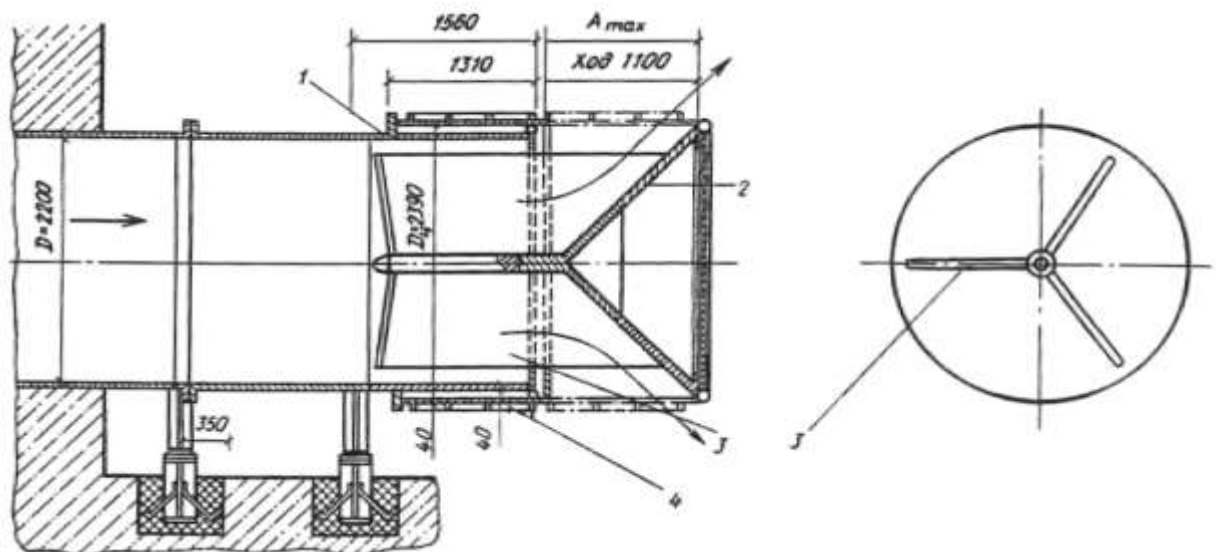


Рисунок 35 – Конусний затвор діаметром 2200 мм для напору до 150 м (розміри мм)

Коефіцієнт опору ξ затвору, що відповідає швидкості в патрубок діаметром D при куті у вершині конуса 90° , можна визначити за графіком рис. 36 залежно від відносного відкриття $f = A / A_{кр}$, де A – відкриття затвору (відстань між рухомими кромками рухомого циліндру та конусу); $A_{кр}$ – відкриття затвору, при якому він має найбільшу пропускну здатність.

Величина $A_{кр}$ менша за максимальне відкриття затвору A_{max} і змінюється практично лінійно від $0,43D$ до $0,33D$ при зростанні відношення $D_{ц} / D$ від 1,04 до 1,12.

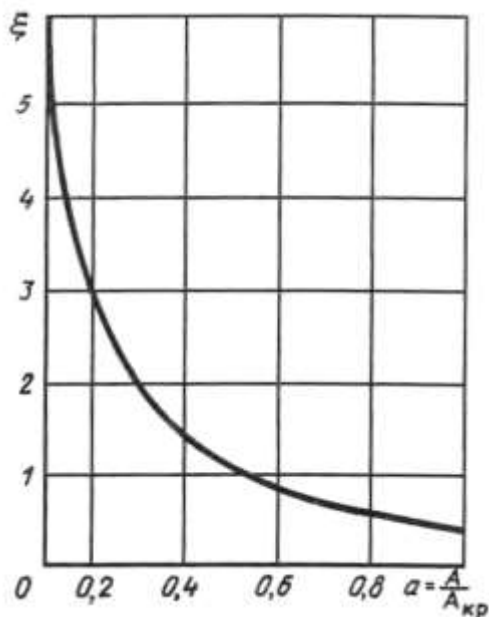


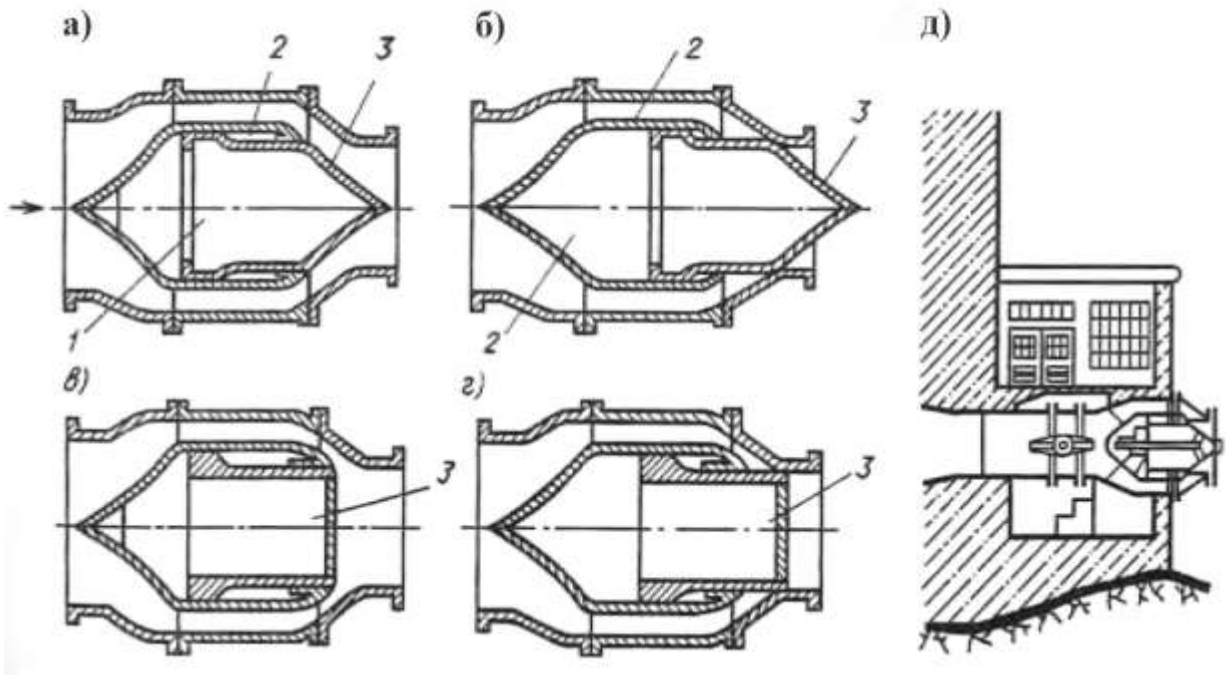
Рисунок 36 – Залежність коефіцієнта опору конусного затвору від відносного відкриття

Найбільші конусні затвори сягають 6 м при напорах до 150 м.

Голчасті і кільцеві затвори. Даний тип затворів є одним з найбільш досконалих і дані затвори пристосовані для регулювання витрат через глибинні отвори при великих напорах. Працювати вони можуть за будь-яких відкриттів без появи небажаної вібрації та виникнення кавітації.

Ідея голчастого затвору полягає в наступному (рис. 37): до труби водоспуску приєднується кожух, усередині якого поміщений власне затвор таким чином, що вода з труби рухається по кільцевому простору навколо затвору і потім витікає або в атмосферу, або в наступну за затвором ділянку водоводу. Власне затвор складається з нерухомої частини, всередині якої рухається рухомий циліндр у вигляді поршня без дна. Порожнина між рухомою та нерухомою частинами затвору може сполучатися з верхнім або нижнім б'єфом за допомогою відкриття відповідних кранів. Для закриття отвору порожнина 1 сполучається з верхнім б'єфом. Тоді під тиском води на конічну частину рухомого циліндру він висувається вперед до тих пір, поки не впереться в кільце ущільнювача нерухомого кожуха. Для відкриття затвору необхідно випустити воду з порожнини 1 і заповнити водою верхнього б'єфу порожнину 2. У голчастого затвору частина затвору, що звернена в бік отвору, виконана у вигляді тіла обертання загостреного профілю. Для зупинки затвору в будь-якому проміжному положенні можна використовувати або механічний привід, або регулюючу голку. У першому випадку затвор називається неврівноваженим, тоді як у другому – врівноваженим. Коефіцієнт опору

голчастого затвору у повністю відкритому положенні, обчислений по швидкісному напору у вхідному перерізі корпусу, дорівнює 0,2.



а, б – голчастий затвор у відкритому та закритому положенні;

в, г, д – кільцевий затвор;

1, 2 – камери тиску; 3 – рухомий елемент

Рисунок 37 – Схеми голчастого та кільцевого затворів:

Кільцевий затвор, що є модифікацією голчастого, забезпечений рухомим циліндром, що не має загостреної частини, і в цьому випадку отвір перекривається безпосередньо самим циліндром (рис. 37, г, д). Для запобігання кавітаційної ерозії по колу вихідного отвору спеціальними каналами підводиться повітря. Голчасті та кільцеві затвори, як уже зазначалося раніше, зазвичай встановлюються наприкінці водоскиду. Так, кільцевий затвор діаметром 4,2 м встановлений наприкінці глибинного водоскиду греблі ГЕС Орлик (Чехія) та працює він при напорі 74 м, а голчастий затвор діаметром 2,44 м при напорі 141 м – на ГЕС Хангрі Хора (США).

Контрольні питання

- 1 Дати визначення затвору. Описати загальні відомості про затвори.
- 2 Описати типи плоских затворів.
- 3 Описати конструкції прогонової будови, ригелів, балкової кліті та обшивки плоских затворів.
- 4 Описати опорно-ходові частини плоских колісних затворів та їх розрахунок.
- 5 Описати опорно-ходові частини ковзних затворів.
- 6 Описати ущільнення затворів, їх типи та силу тертя в ущільненнях.
- 7 Описати зусилля підйому та посадки плоского затвору.
- 8 Описати каткові затвори.
- 9 Описати параметри плоских затворів і сферу їх застосування.
- 10 Описати конструктивні особливості сегментних затворів, їх переваги, недоліки та умови застосування.
- 11 Описати схему сегментного затвору та діючі на нього сили.
- 12 Описати вальцьові затвори.
- 13 Описати секторні та даховидні затвори.
- 14 Описати затвори клапанні, з поворотними фермами, кільцеві та тканинні.
- 15 Описати відмінності в умовах роботи поверхневих та глибинних затворів.
- 16 Описати конструктивні особливості глибинних, сегментних затворів.
- 17 Описати затвори конусні, дросельні, голчасті та їхні особливості.

Тема 3 ЕКСПЛУАТАЦІЯ, МОНТАЖ ЗАТВОРІВ І ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ МАНЕВРУВАННЯ ЗАТВОРАМИ

План

3.1 Ремонтні та аварійно-ремонтні затвори.

3.2 Обладнання для маневрування затворами.

3.3 Монтаж та експлуатація затворів.

3.1 Ремонтні та аварійно-ремонтні затвори

Галузь застосування. У період експлуатації споруди періодично виникає потреба проводити огляд, ремонт, а за потреби і зміну основного механічного обладнання або проводити огляд та ремонт порогів водоскидних споруд та закладних частин, встановлених у бетонних спорудах. Для проведення даних робіт застосовуються ремонтні затвори, які встановлюються як з боку верхнього, так і з боку нижнього б'єфів у спокійній воді. У разі виникнення аварійної ситуації на основному робочому затворі у спеціальні пази встановлюються аварійно-ремонтні затвори. Якщо під час експлуатації споруди рівень води у верхньому і нижньому б'єфі періодично (щорічно) опускається нижче порога водоскидного отвору на час, необхідний для проведення ремонтних робіт, ремонтні затвори або загородження можуть не встановлюватися. Можуть вони не встановлюватися і в тому випадку, якщо встановлені в бетонних спорудах закладні частини прості за своєю конструкцією і по режиму роботи отвору водоскиду вони не можуть зазнати пошкодження, а затвор може бути вільно піднятий з води.

Ремонтні затвори повинні бути економічними, досить простими за конструкцією та по можливості не погіршувати гідравлічний режим водоскидного отвору. У разі аварії, що загрожує великими втратами води з водосховища, встановлюються аварійно-ремонтні затвори, які мають перекидати водоскидні отвори досить швидко.

Ремонтні та аварійно-ремонтні затвори поверхневих отворів. Для поверхневих отворів в якості ремонтних та аварійно-ремонтних затворів найчастіше застосовуються шандори та секційні плоскі затвори.

Шандори один з найпоширеніших видів ремонтних затворів, так як вони займають мало місця на порозі водоскиду, зручно транспортуються, досить економічні і можуть встановлюватися як у стоячій воді, так і поточному потоці. Якщо на споруді є велика кількість водозливних прольотів, то один - два комплекти шандорів цілком можуть обслужити всю споруду. Зазвичай потрібно один комплект шандорів на 10 отворів водоскиду.

Найпростішим типом шандорів є дерев'яні бруси (рис. 38, а) та залізобетонні балки (рис. 38, б), які для опускання та підйому забезпечуються спеціальними пристроями. Іноді, щоб знизити вагу залізобетонних шандорів,

їх виготовляють порожнистими з попередньою напруженою арматурою. Зазвичай дерев'яними та бетонними шандорами перериваються прольоти шириною до 5–6 м, тоді як металеві шандори можуть перекривати прольоти шириною і до 30 метрів. Шандори балкового типу можуть виконуватися як з прокатних двотаврових балок (рис. 38, в, г), так і двотаврових балок складового перерізу (рис. 38, д), а рідше коробчастих або циліндричних балок-труб.

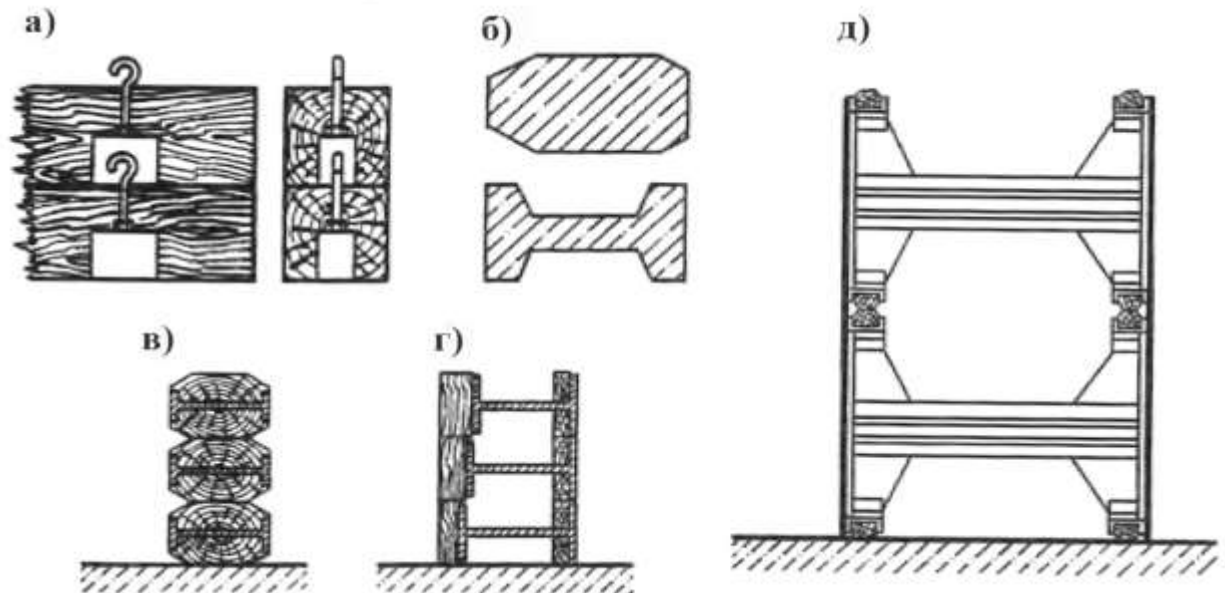


Рисунок 38 – Типи шандорів

Іноді буває економічно доцільно, як це було при будівництві Кайракумської ГЕС, перекрити отвори між биками тимчасовими тонкими арковими залізобетонними шандорами (рис. 39), прольотом 13,2 м при напорі близько 16 м. Вага арок доходила до 147 кН. При знятті загородження піднімалися лебідкою і вкладалися на баржу.

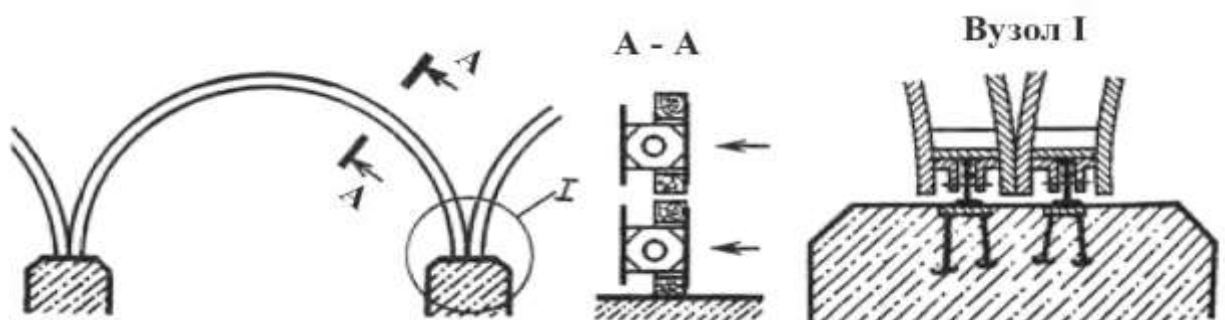


Рисунок 39 – Сталеві арокні шандори, що спираються на торці биків

Часто для прискорення процесу встановлення та зняття загороджень їх групують по три-чотири, утворюючи таким чином шандорну стінку. Зі

збільшенням розмірів шандорів вони поступово наближаються до плоских затворів. Ущільнення між металевими шандорами влаштовують із металевих брусів або гуми. Опорно-ходові частини загороджень виконують ковзного типу, а при збільшенні розмірів прольоту переходять на опорно-ходові елементи колісного типу.

Плоскі затвори є одним з найбільш поширених типів ремонтних загороджень, особливо в тих випадках, коли на греблі використовуються в якості основних затвори того ж самого типу. Дані затвори можуть обслуговуватися тими ж самими підйомними механізмами, що й основні. В інших випадках ремонтними можуть бути спеціальні затвори, що виконуються ковзними при опусканні у спокійну воду. Плоскі ремонтні затвори мають гарну водонепроникність і можуть бути швидко встановлені в отвори, але вартість їх досить висока.

Поворотні ферми і рами (див. рис. 1, к, л) та підкісні затвори є економічним та простим ремонтним загородженням отворів значних прольотів за наявності широкого порогу перед основним затвором. Недоліком їх є тривалість встановлення, особливо у воді. Поворотні рами в цьому відношенні є кращими завдяки швидкості їх збирання.

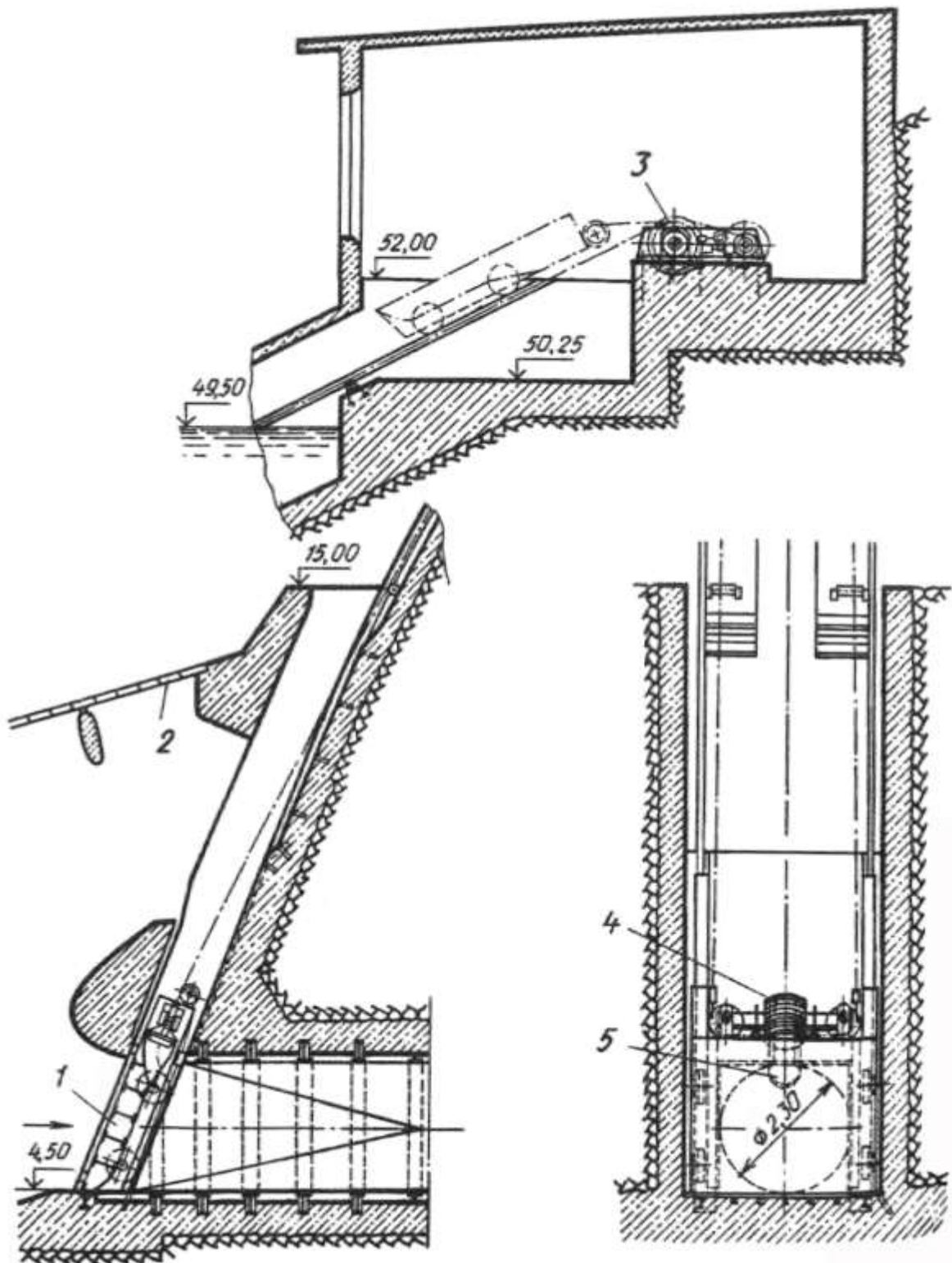
Стійково-поворотні затвори (див. рис. 1, о) використовуються в якості ремонтних загороджень за наявності постійних або легких тимчасових мостів. Вони прості за конструкцією, не вимагають великого простору, але за водонепроникністю вони поступаються іншим видам ремонтних загороджень.

Плаваючі затвори, звані також ботопортами, є порожнистими, замкнутими сталевими або залізобетонними конструкціями з водонепроникною оболонкою, що володіють плавучістю. Затвор на плаву заводять у пази отвору, потім наповнюють водою настільки, щоб він опустився на дно отвору; при відкачуванні води з простору, що захищається, ботопорт притискається тиском води до пазів і порогу. В якості ремонтних затворів поверхневих отворів можуть використовуватися такі ж самі ворота, які використовуються на судноплавних шлюзах, а також виконувати роль ремонтного можуть і тканинні надувні затвори.

Ремонтні та аварійно-ремонтні затвори глибинних отворів. За необхідності огляду або ремонту основного затвору або ремонту безпосередньо самого водоводу, вхідний отвір глибинного водоводу найчастіше перекривається плоскими ремонтними затворами. Так як у разі ремонту затвор опускається у спокійну воду, то перекривати він може отвори значно більшої площі, ніж аварійно-ремонтний або навіть основний затвор. Для того, щоб закрити вхідний отвір тунелю, іноді застосовують плоскі затвори з колісними опорно-ходовими частинами (рис. 40), які можуть опускатися по рейках, що прокладаються по схилу берега або на схилі споруди.

У разі необхідності ремонту затворів глибинних отворів найчастіше в якості аварійно-ремонтних затворів використовуються плоскі затвори та

засувки, які, як правило, встановлюються перед робочими затворами (рис. 29).

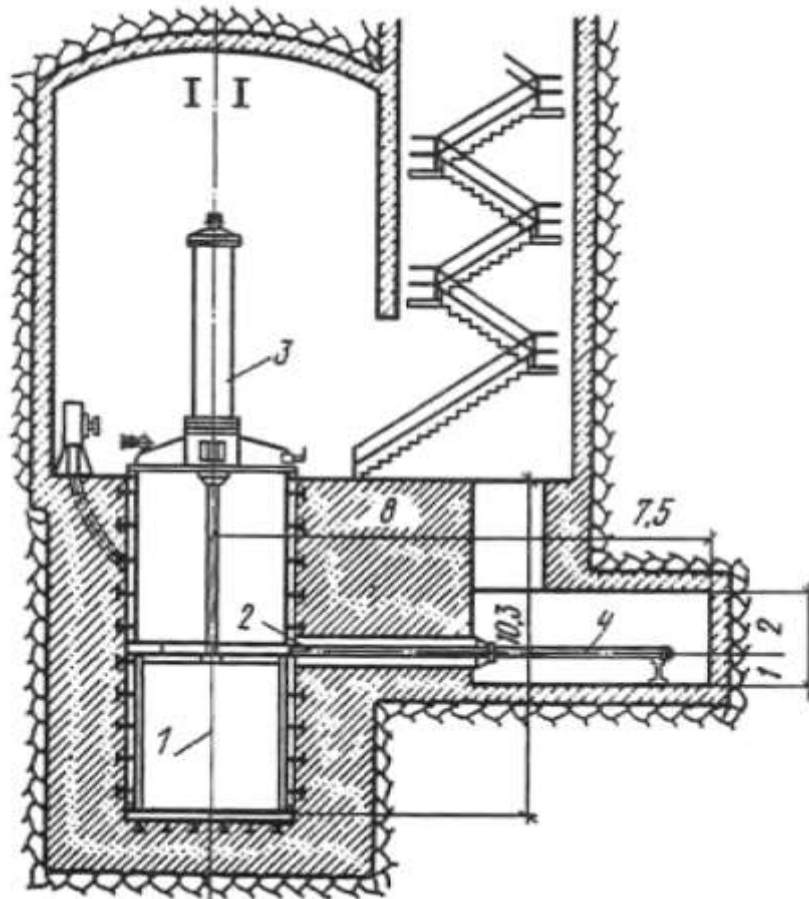


1 – затвор; 2 – решітка водоприймача; 3 – лебідка; 4 – сороутримуюча решітка патрубку 5 – патрубок із клапаном для заповнення тунелю перед підйомом затвору

Рисунок 40 – Ремонтний затвор глибинного отвору:

Іноді, щоб уникнути затоплення службового приміщення з розташованими у ньому механізмами управління затворами, ніші плоских затворів доводиться перекривати спеціальними кришками (рис. 29). Якщо плоскі аварійно-ремонтний та основний затвори встановлено послідовно, ремонт останнього під захистом аварійно-ремонтного затвору проводиться без спорожнення водоводу.

У разі необхідності ремонту самого аварійно-ремонтного затвору герметична кришка, що захищає службове приміщення, повинна бути знята, що можливе лише після закриття водоводу ремонтними загородами та відкачуванням води з тунелю. Ремонт та ревізія аварійно-ремонтного затвору без відкачування води з тунелю можливі при застосуванні ковзного плоского затвору з додатковою горизонтальною засувкою, яка при піднятому затворі перекриває нішу затвору (рис. 41).



1 – основний затвор; 2 – засувка горизонтальна; 3, 4 – гідравлічні приводи
Рисунок 41 – Плоский ковзний аварійно-ремонтний затвор із засувкою, що перекриває затворну нішу:

У якості аварійного затвору у водоскидних спорудах застосовують також і дросельні затвори.

3.2 Обладнання для маневрування затворами

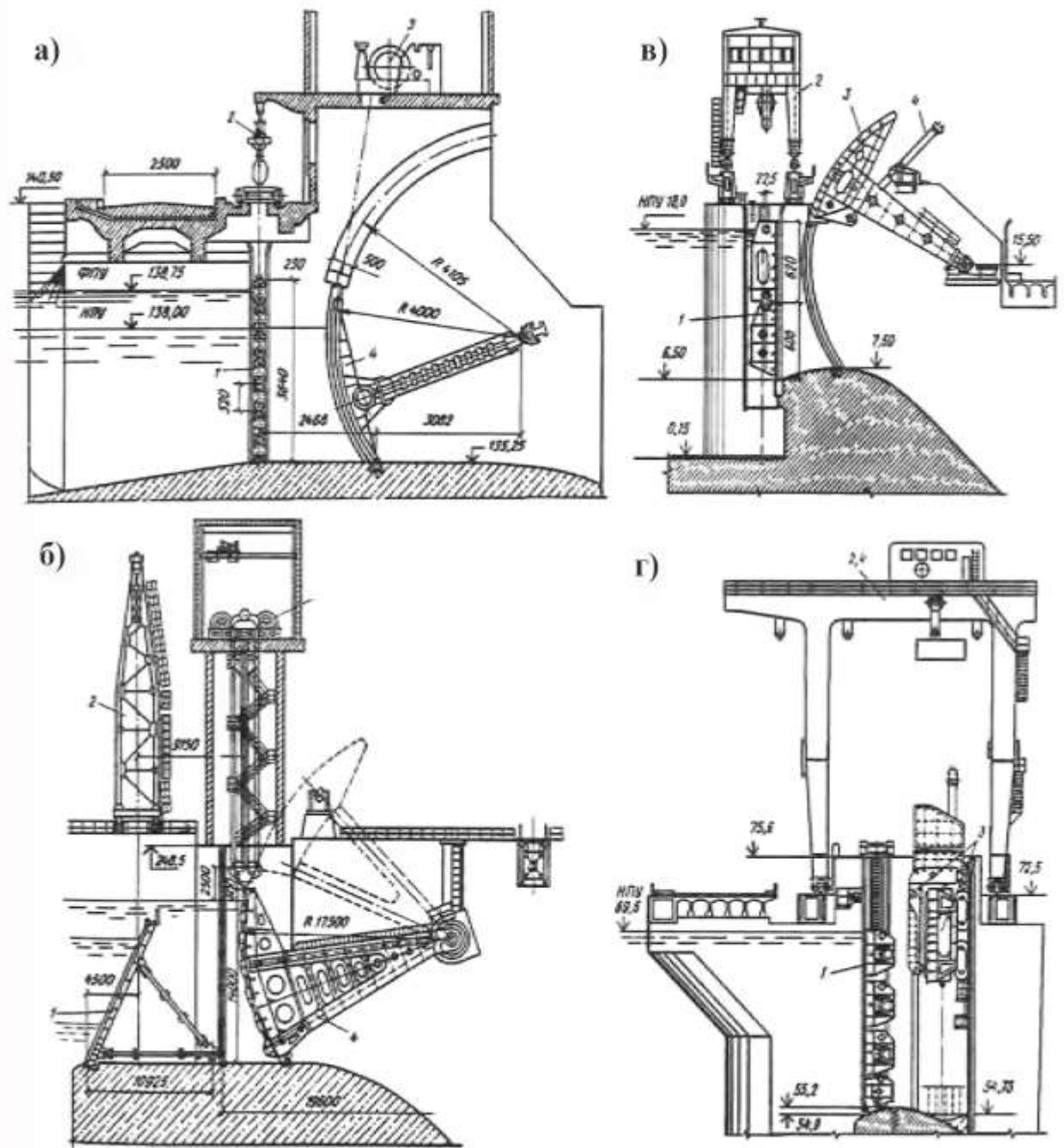
Підйомні тяги являють собою пристрої, за допомогою яких рухома частина затвору з'єднується з приводним механізмом (підвішується). Розташовують їх вертикально, похило або горизонтально. У тих випадках, коли не потрібна примусова посадка затвору, застосовуються гнучкі тяги, які виконуються у вигляді сталевих тросів, або у вигляді пластинчастих ланцюгів. Тяга, виконана у вигляді сталевих тросів, на вільному кінці має серезку для з'єднання з гаком підйомного крана, або він може навиватися на барабан підйомного крана (рис. 42, а), а ланцюг, у свою чергу, надягається на зірочку або з'єднується тросом (рис. 42, б). У сегментних затворах гнучка тяга прикріплюється біля нижнього або верхнього краю опорної ноги. Жорсткі тяги, що є зубчастими і цевочними рейками, штангами, штоками і гвинтами, залежно від свого типу з'єднуються або з зубчастим колесом, або з гаком підйомного механізму. Підйомні штанги можуть складатися з декількох ланок, що з'єднуються шарнірно, щоб у процесі підйому затвору була можливість їх нарощування приєднанням ланок. При посадці затвору довжина штанг може зменшуватися від'єднанням ланок. У разі використання гідропідйомника, які останнім часом набули досить широкого поширення завдяки високому коефіцієнту корисної дії, надійності в роботі, компактності та можливості «вбудовуватися» в бетон споруди, тягою може служити його шток, з'єднаний із затвором, а також трос або ланцюг, що з'єднують шток з затвором. При маневруванні невеликими затворами найчастіше використовується тяга, виконана у вигляді гвинта з насадженою на нього гайкою, яка обертається спеціальним приводом і переміщує гвинт з насадженим на нього затвором.

Захватні балки. При підйомі та опусканні шандорів, секційних та плоских затворів часто застосовують хватну балку, яка спеціальним пристроєм механічної, гідравлічної або електричної дії тримає або звільняє затвор при маневруванні нею за допомогою лебідок або крана.

Дотискні вантажі. При закритті глибинного, інколи ж і поверхневого, отвору плоским затвором сили тертя зростають, у результаті може виникнути необхідність примусової посадки затвору на поріг. З цією метою плоский затвор найчастіше привантажують дотискним вантажем, який є набором чавунних болванок, поміщених в спеціальну раму, що переміщається в пазах затвору за допомогою підйомного механізму. У якості дотискного вантажу застосовуються також бетонні балки або їх набір.

Підйомні механізми та приводи. Дані механізми бувають стаціонарними та рухливими. Стаціонарні механізми, до яких відносяться лебідки, гідропідйомники та ін. (рис. 42, а–в), встановлюються у кожного затвору і застосовуються в тих випадках, коли кількість прольотів на греблі невелика або за характером затвору та вимогою швидкого відкриття ряду затворів пересувний механізм непридатний, або сумарна вартість цих механізмів менша за вартість рухомих пристроїв. Застосування стаціонарного механізму

не виключає використання на споруді при цьому й пересувних механізмів для маневрування аварійними та аварійно-ремонтними загородженнями та затворами (рис. 42). Як правило, стаціонарні підйомні механізми встановлюються на биках споруди.



а, г – із шандорами; б – з підкісним затвором; в – із секційним затвором;
 1 – ремонтні загородження; 2 – вантажопідйомні механізми ремонтних загороджень (тельфер, кабельний та козловий крани); 3 – підйомні механізми основних затворів; 4 – лебідки (вантажопідйомники, козловий кран)
 Рисунок 42 – Компонування механічного обладнання водозливних отворів:

Число тяг стаціонарного механізму та їх розташування відповідає числу та місцезнаходженням точок підвісу затвору. У тому випадку, якщо висота затвору більша за його ширину при невеликому прольоті, точки підвісу розташовуються посередині затвору, у жорстких сегментних і клапанних затворів точки підвісу розташовуються з одного боку, проте, найчастіше точки підвісу розташовуються по обидва боки затвору.

Можливі схеми взаємного розташування електродвигуна та тягового органу T наводяться на рис. 43. При обмежених підйомних зусиллях вони від двигуна до тягового органу передаються через вал (рис. 43, а, б). За великих вантажопідйомних зусиль встановлюють два двигуни, синхронність роботи яких забезпечується за допомогою механічного або електричного валу (рис. 43, в).

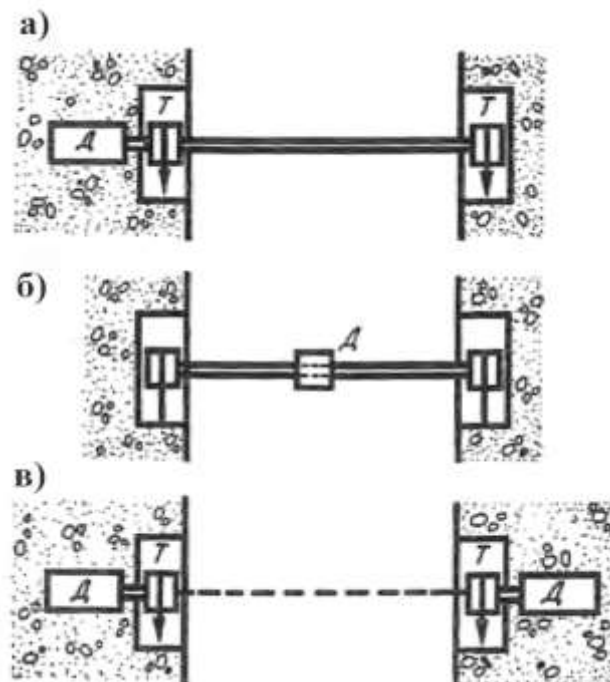


Рисунок 43 – Схеми взаємного розташування електродвигуна та тягового органу

При меншій масі та простоті в експлуатації гідравлічні підйомники дозволяють отримати великі підйомні зусилля. Гідравлічний пристрій складається з сервомотору (силового пристрою), маслонасосу та електричного двигуна, рідше замість двигуна використовується невелика гідротурбіна. Крім того, до складу гідравлічного пристрою входять розподільні, регулюючі та інші допоміжні пристрої. Довжина силового циліндру визначається ходом поршня гідропідйомника. Для збільшення часто використовують телескопічні гідропідйомники.

Пересувні підйомні механізми являють собою пересувні крани з лебідками на них або котучі лебідки і тельфери. Застосовуються, зазвичай,

крани кількох типів: козлові (рис. 44, а), мостові (рис. 44, б) і кабельні. Козлові крани більш важкі, вимагають великої кількості металу та більш важких мостів для пересування греблею. Мостові крани дешевші, швидше пересуваються по греблі, проте вони вимагають встановлення спеціальних колон на биках, підвалинах та монтажному майданчику для влаштування підкранових шляхів. Зазвичай для надійності затворів на греблі передбачають не менше двох пересувних кранів. Крани також використовуються для монтажу гідросилового обладнання у процесі будівництва гідровузла та у якості експлуатаційних для машинної будівлі гідроелектростанції.

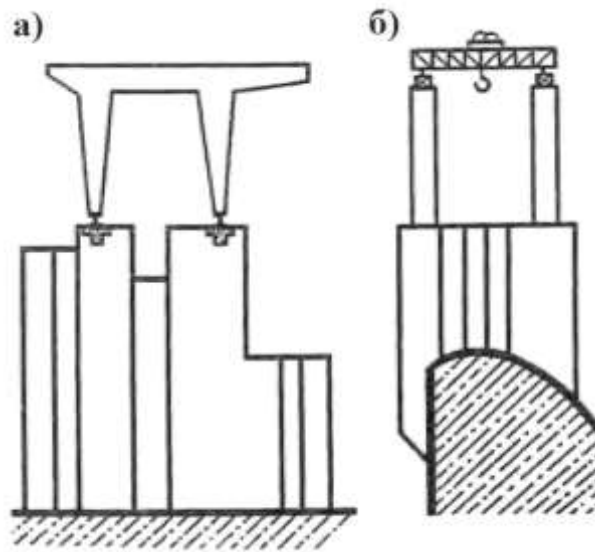


Рисунок 44 – Типи кранів на греблях

Кабель-крани часто знаходять застосування при обслуговуванні робітників, підкісних затворів на гребні високої греблі (зазвичай арочної), а також у якості підкісних ремонтних затворів на греблі з великими прольотами, як це має місце на Вілюйській ГЕС, де ширина водозливного прольоту становить 40 м (рис. 42, б).

Катучі лебідки та тельфери (рис. 42, а) найчастіше застосовують для встановлення шандорних загороджень. Під час маневрування піднятий частково або повністю затвор утримується в потрібному положенні підхватами, які розташовуються на биках або опорно-кінцевих стійках затворів.

Службові мости. Службові мости на греблях призначено для розміщення на них стаціонарних приводних механізмів затворів, для пересування по них кранів, що обслуговують затвори та ремонтні загородження, для пішохідного службового руху або кількох зазначених вище цілей. Часто службові мости поєднуються з автошляховими. Кількість мостів на греблі намагаються скоротити до мінімуму шляхом поєднання кількох функцій в одному мостовому переході. Зокрема, пішохідний міст поєднується

з яким-небудь службовим або автодорожнім мостом або замінюється проходом галереєю в тілі греблі або по затвору. Розміщення мостів найчастіше пов'язується з розташуванням їх на суміжних спорудах гідровузла, наприклад, на будівлі гідроелектростанції, а також з проїжджою частиною по глухих греблях вузла, з мостом через шлюз, висотне положення якого визначається габаритами суден, що проходять. На сучасних гідровузлах мости влаштовуються або залізобетонними, або сталевими.

3.3 Монтаж та експлуатація затворів

Монтаж затворів. Якщо розмір затвору дозволяє доставити його до місця установки повністю зібраним (довжина не більше 28–30 м, а поперечні розміри до 2,7 x 3,75 м), то вони перевозяться залізницею і в такому вигляді встановлюються безпосередньо на греблю. Іншим, часто використовуваним способом доставки зібраних затворів, є водний транспорт, причому в цьому випадку розміри затвору можуть бути значно більшими. У тому ж випадку, якщо затвор не може бути доставлений до місця встановлення в зібраному вигляді, його перевозять окремими монтажними одиницями, які досить легко збираються на місці установки багатотонні конструкції, що дозволяє значно скоротити терміни монтажу гідромеханічного обладнання після завершення бетонних робіт.

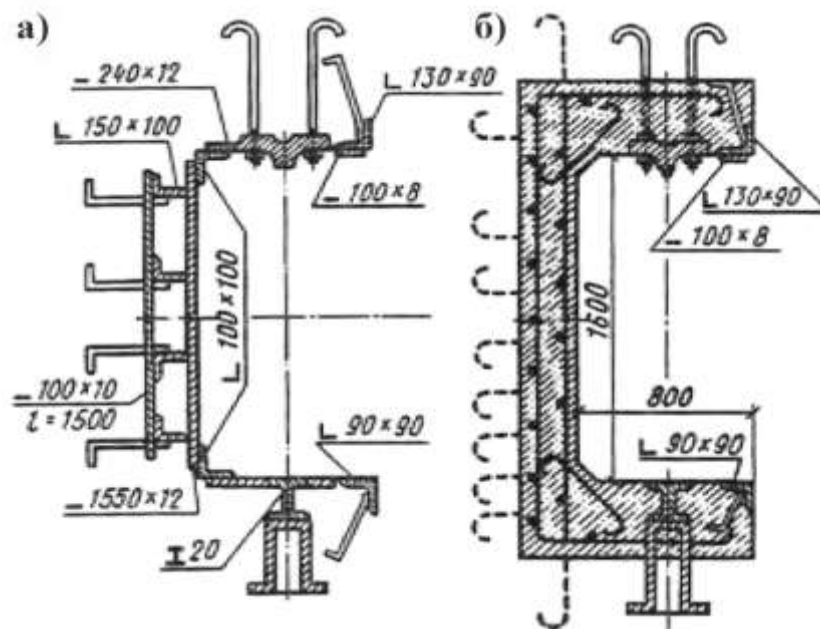
Збірку затворів найкраще проводити поблизу місця їх встановлення на спеціальних майданчиках. Для встановлення в проліт плоского затвору в зібраному вигляді найчастіше використовуються крани, лебідки або домкрати. Таким же чином збираються та встановлюються вальцьові затвори, поворотні ферми, клапани та сегментні затвори, але без опорних ніг. Деякі затвори, такі як секторні, дахові, іноді вальцьові та сегментні збираються безпосередньо у водозливному прольоті, проте в цьому випадку часу на таку збірку йде більше, що подовжує термін здачі греблі в експлуатацію і може мати значення для вибору типу затвору для греблі. Взагалі бажано максимум робіт зі збирання затвору виконувати на заводі, включаючи і збирання опорно-ходових частин та ущільнень, які ретельно підганяються у заводських умовах.

Закладні частини та їх встановлення. Нерухомі деталі затвору, які називають закладними, закладаються у бетон греблі і служать для передачі на нього тиску від затвору. Виконуються вони зазвичай у вигляді робочих, бічних та зворотних рейкових шляхів, зубчастих рейок, шарнірів та анкерів. Якщо закладні частини служать для створення рівних поверхонь під ущільнення, влаштовуються вони зі сталевієї смуги. Захист кутів бетонних частин пазів від руйнування виконується їх облицюванням сталевими куточками. До закладних частин, що закладаються в бетон споруди, відносяться також пристрої для обігріву частин затворів і пазів, що обмерзають. Маса закладних частин може становити до 30% загальної маси механічного обладнання.

Нормальна робота затвору висуває високі вимоги до точності

встановлення закладних частин, тому відхилення в цьому випадку коливаються в межах від +3 до -1 мм. Встановлення закладних частин раніше проводилося так званим штрабним методом. В цьому випадку у бетоні споруди в місцях встановлення закладних частин залишаються спеціальні ніші (штраби) з випусками арматури, закладеної в бетон. Штраби бетонуються після встановлення, розкріплення та вивіряння закладних частин. Бетонування вузької штраби утруднене, крім того потрібно також підрубання бетону, різання та відгини арматури, іноді відзначалися випадки сильної фільтрації через будівельні шви. Недоліком цього методу є його висока вартість.

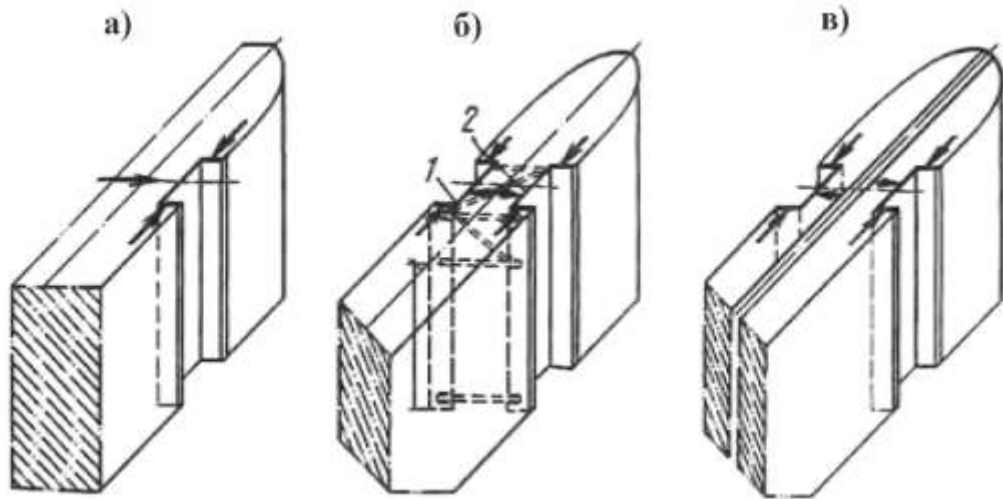
У даний час більш економічним, точним і швидким вважається безштрабний спосіб закладання нерухомих частин затворів одночасно з бетонуванням биків та устоїв. У цьому випадку пази разом із закладними частинами робляться металевими або, що краще, із збірною залізобетону (рис. 45).



а – металева; б – збірна

Рисунок 45 – Варіанти пазових конструкцій для плоского затвору з полозами з ДСП:

Стосовно сил, що діють з боку бетону, що укладається в споруду, безштрабне встановлення може бути як нерівноваженим, так і врівноваженим. Врівноважування у разі досягається спарюванням двох суміжних конструкцій (рис. 46). Безштрабний спосіб скорочує терміни будівельно-монтажних робіт по споруді в цілому та забезпечує кращу якість бетону в зоні закладних частин.



а – неврівноважене встановлення в устої; б – врівноважене встановлення у проміжному бику; в – неврівноважене встановлення в роздільному бику (з осадовим швом); 1 – низові конструкції; 2 – монтажні зв’язки

Рисунок 46 – Схеми безштрабного встановлення пазових конструкцій:

Заходи щодо забезпечення надійної роботи затворів. Вода, наноси, лід, вітер, пил, температура та ін. несприятливо впливають у процесі роботи на затвори, закладні частини та механізми. Внаслідок цього впливу металеві частини піддаються роз’їданню в результаті кавітаційного впливу, стирання наносами та льодом, а з’єднання металевих елементів руйнуються в результаті динамічного впливу води (вібрації); частини, що обертаються, засмічуються, вимивається мастило, що веде до збільшення підйомних зусиль; руйнуються й ущільнення, особливо в зимовий період внаслідок обмерзання. Крім цього в зимовий період робота затворів ускладнюється через намерзання льоду на обшивку, обмерзання контактів, ущільнень та ходових частин.

Для того, щоб затвор і його механізми завжди знаходилися в готовності до роботи, періодично роблять їх огляд і випробування, а за необхідності усувають помічені дефекти, чистять і змашують деталі, що обертаються, і не рідше 1 разу в 2 роки роблять фарбування всіх елементів затворів і механізмів, що знаходяться під водою. Для нормальної роботи затвору в зимовий період необхідне проведення комплексу спеціальних заходів.

Утворення на обшивці затвору льоду, через її промерзання з боку низової грані, намерзання льоду на закладних частинах і на ділянках примикання затвору до поверхні бетонних споруд може призвести до того, що стане неможливим здійснити підйом затвору, попередньо не очистивши його від льоду. Боротьбу з обмерзанням частин затвору найчастіше ведуть підтримкою майни¹ перед ними, обігрівом закладних частин та використання

¹ Майна – широка тріщина в льоду, ополонка.

теплоти нижніх шарів води. При невеликій протяжності водоскидного фронту майну можна підтримувати, періодично проводячи обколку льоду біля затвору, іноді майну підтримують, періодично випускаючи перед напірним фронтом струмінь стисненого повітря через встановлені перед затвором і в биках на глибині труби. У цьому випадку повітря, що піднімається перед спорудою, також захоплює за собою з глибини теплішу воду, що, у свою чергу, також сприяє підтримці майни. Останнім часом для підтримки майни почали використовувати звані потокоутворювачі, які утворюють поверхневий потік вздовж напірного фронту, який ефективно оберігає зону перед спорудою від утворення льоду. Для обігріву обшивки плоского або сегментного затвору найчастіше використовують електропечі, що встановлюються в прольоті затвору з влаштуванням знизу теплоізоляційного захисту.

Боротьба з обмерзанням закладних і опорно-ходових частин ведеться головним чином шляхом обігріву через особливі порожнини (труби) під закладними частинами або безпосередньо на самому затворі. В цьому випадку по порожнинах циркулює гаряча олія або гаряча вода. Обігрів може також проводитися електричним струмом низької напруги, що пропускається через нагрівальні елементи, встановлені всередині закладних частин або через індукційні шини нагрівання.

Управління затворами. Управління механізмами маневрування затворами може здійснюватися безпосередньо на місці його встановлення, так і дистанційно на відстані до 1 км і більше (дистанційне або телеуправління). Автоматичне керування дозволяє забезпечити потрібне відкриття або закриття затвору в залежності від рівнів води верхнього та нижнього б'єфів, а також швидке закриття отвору у разі аварійної ситуації. Автоматизація затворів здійснюється або застосуванням відповідної електричної апаратури, або встановленням затворів гідравлічної дії з автоматичним керуванням також за допомогою води, що особливо надійно на річках з раптово наступаючим паводком.

Контрольні питання

- 1 Описати ремонтні та аварійно-ремонтні затвори, їх призначення, конструкції та умови експлуатації.
- 2 Описати шандори, їх конструкції та умови експлуатації.
- 3 Описати обладнання для маневрування затворами (підйомні тяги, захватні балки, дотискні вантажі, підйомні механізми).
- 4 Описати закладні частини та способи їх встановлення.
- 5 Описати заходи щодо забезпечення надійної роботи затворів (у тому числі у зимових умовах).
- 6 Описати організацію управління затворами.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ ІНФОРМАЦІЇ

- 1 Л.Н. Рассказов, В.Г. Орехов, и др. Гидротехнические сооружения. Часть 1. Учебник для вузов. Москва: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2008. – 575 с.
- 2 Л.Н. Рассказов, В.Г. Орехов, и др. Гидротехнические сооружения. Часть 2. Учебник для вузов. Москва: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2008. – 590 с.
- 3 Гидротехнические сооружения. Учеб. пособие для вузов. Под ред. Н.П. Розанова, М.: Агропромиздат, 1985. – 432 с.
- 4 Гришин М.М. и др. Гидротехнические сооружения. ч.І / М: Высш. школа, 1979. – 615 с.
- 5 Гришин М.М. и др. Гидротехнические сооружения. ч.ІІ / М: Высш. школа, 1979. – 336 с.
- 6 Нагрузки и воздействия на здания и сооружения / Гордеев В. Н., Лантух-Лященко А. И., Пашинский В. А. и др.; под общей ред А. В. Перельмутера. – М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2007. – 482 с.
- 7 Полонский Г.А. Механическое оборудование гидротехнических сооружений. – М.: Энергоиздат, 1982.
- 8 Леенсон СВ., Степанов Д.А., Малеин А.А. и др. Некоторые вопросы разработки к совершенствования механического оборудования и специальных стальных конструкций гидротехнических сооружений // Гидротехническое строительство.– 2005.– № 10.
- 9 ДБН В.2.4-3:2010. Гідротехнічні споруди. Основні положення [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <http://profidom.com.ua/v-2/v-2-4/1704-dbn-v-2-4-32010-gidrotehniczni-sporudi-osnovni-polozhenna>.

ЗМІСТ

ВСТУП	3
Тема 1. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО МЕХАНІЧНЕ ОБЛАДНАННЯ ГІДРОТЕХНІЧНИХ СПОРУД	4
1.1. Загальні відомості про гідротехнічні конструкції	4
1.2. Склад механічного обладнання	4
1.3. Класифікація затворів	5
1.4. Загальні умови роботи затворів	9
1.5. Навантаження, що діють на затвори	11
Тема 2. ЗАТВОРИ ГІДРОТЕХНІЧНИХ СПОРУД	16
2.1. Загальні відомості	16
2.2. Плоскі затвори	18
2.2.1 Загальні положення	18
2.2.2 Опорно-ходові частини і їх розрахунок	20
2.2.3 Ущільнення	23
2.2.4 Вага затвору, зусилля підйому і посадки плоских затворів ..	24
2.2.5 Каткові затвори	26
2.2.6 Затвори з легких сплавів і залізобетонні	27
2.2.7 Дерев'яні плоскі затвори	28
2.2.8 Параметри плоских затворів, сфера застосування	29
2.3. Сегментні затвори	30
2.4. Вальцьові затвори	36
2.5. Секторні затвори	37
2.6. Затвори даховидні, клапанні, з поворотними фермами (рамами), кільцеві та тканеві	39
2.7. Глибинні затвори	45
2.7.1 Особливості роботи глибинних затворів	45
2.7.2 Глибинні затвори, що передають тиск води на споруду через опорно-ходові частини	45
2.7.3 Глибинні затвори, що передають тиск води на споруду через корпус затвору	50
Тема 3. ЕКСПЛУАТАЦІЯ, МОНТАЖ ЗАТВОРІВ І ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ МАНЕВРУВАННЯ ЗАТВОРАМИ	56
3.1. Ремонтні та аварійно-ремонтні затвори	56
3.2. Обладнання для маневрування затворами	61
3.3. Монтаж та експлуатація затворів	65
СПИСОК ДЖЕРЕЛ ІНФОРМАЦІЇ	69

Навчальне видання

ПАЛЬЧЕНКО Олег Леонідович

МЕХАНІЧНЕ ОБЛАДНАННЯ СПОРУД

Тексти лекцій

для здобувачів вищої освіти
спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія»
першого (бакалаврського) рівня

Відповідальний за випуск О.В.Самородов

Роботу до видання рекомендував О.І. Савченко

За редакцією автора

План 2022 р., поз. 32.22

Підп. до друку 02.11.2022. Формат 60×84 1/16. Папір офсетний.

Riso-друк. Гарнітура Times New Roman. Ум.-друк. арк. 3,5

Тираж 50 прим. Зам. № 7109. Безкоштовно.

ХНУБА, 61002, Харків, вул. Сумська, 40

Підготовлено та надруковано РВВ Харківського національного
університету будівництва та архітектури