

**ОСНОВИ НА ХИДРОТЕХНИКА**  
**ДЕЛ 7**  
**ХИДРОТЕХНИЧКИ ОБЈЕКТИ**

# СОДРЖИНА

## 1. ДЕФИНИЦИЈА И КЛАСИФИКАЦИЈА

## 2. ОСНОВНИ ОСОБИНИ НА ХИДРОТЕХНИЧКИТЕ ОБЈЕКТИ

## 3. БРАНИ

### 3.1 Поделба на браните

### 3.2 Елементи на браните и акумулациите

### 3.3 Насипни брани

#### 3.3.1 Избор на преградно место

#### 3.3.2 Основни принципи при проектирање на насипните брани

#### 3.3.3 *Класификација на насипните брани*

А) Земјани насипни брани

Б) Камено-земјани брани

В) Каменонасипни брани

### 3.4 Бетонски брани

А) Гравитациони бетонски брани

Б) Контрафорни брани

В) Лачни брани

## 4. ОСКУЛТАЦИЈА НА БРАНИ

## 1. ДЕФИНИЦИЈА И КЛАСИФИКАЦИЈА

Инженерски објекти, изградени со цел да се решат одредени водостопански задачи се викаат **хидротехнички објекти**, а дисциплината која се занимава со проучување, проектирање, градење и експлоатација на овие објекти се вика **хидротехника**.

Хидротехничките објекти се викаат речни, езерски или морски во зависност дали се изведуваат на реки, езера, акумулации или мориња.

Група на хидротехнички објекти поврзани меѓу себе со местоположбата и условите на заедничка работа, формираат **хидротехнички јазол**. Во состав на хидројазелот хидротехничките објекти се делат уште на **основни, помошни и привремени**. Основните хидротехнички објекти ја обезбедуваат нормалната работа на хидројазелот и овозможуваат исполнување на специјалните водостопански функции (создаваат денивелација на водата, заградуваат акумулационен простор). Помошните и привремените објекти се неопходни во период на градба на хидројазелот и негова експлоатација (патишта, станбени и административни згради и слично).

Комплекс на хидротехнички објекти, обично обединети во неколку хидротехнички јазли со заедничка намена се вика **хидротехнички систем или хидросистем**. Постојат хидросистеми за една намена, а најчесто се комплексни со кои се задоволуваат потребите на повеќе водостопански гранки.

Врз основа на нивната намена хидротехничките објекти може да се поделат во две групи и тоа: (1) **повеќенаменски или општи објекти** кои служат за повеќе водостопански гранки (водоснабдување, наводнување, контрола на поплавни бранови, производство на електрична енергија и сл.) и (2) **еднонаменски објекти** изградени само за една водостопанска гранка.

Врз основа на функцијата која ја вршат општите хидротехничките објекти може да се поделат на:

(1) **Водопотпорни објекти** (успорни и одбанбени) со кои се подига нивото на водата во речното корито (брани и одредени видови насипи). Водопотпорните објекти кои се градат со цел да се подигне нивото на водата во речното корито и да се формира вештачко езеро или акумулација се нарекуваат **брани**. Браните треба да овозможат формирање на акумулационен простор со кој ќе се постигне просторна и временска прераспределба на расположливите водни ресурси. Со издигнување на нивото на водата се појавува денивелација помеѓу горната и долната вода и тој пад може да се користи за да се произведува електрична енергија. Водопотпорни објекти кои се градат паралелно на текот на реката, покрај брегот на морињата и езерата, а служат за заштита од изливање на големите речни води се викаат **одбрамбени насипи**.

(2) **Водоспроводно објекти** со кои се создаваат вештачки водени текови (надземни или подземни) како канали, тунели, цевководи и со нив се спроведува потребната количина вода од местото на зафатот до местото на нејзиното користење за најразлични цели (водоснабдување, наводнување на земјоделски површини, производство на електрична енергија, пловидба, туризам и друго),

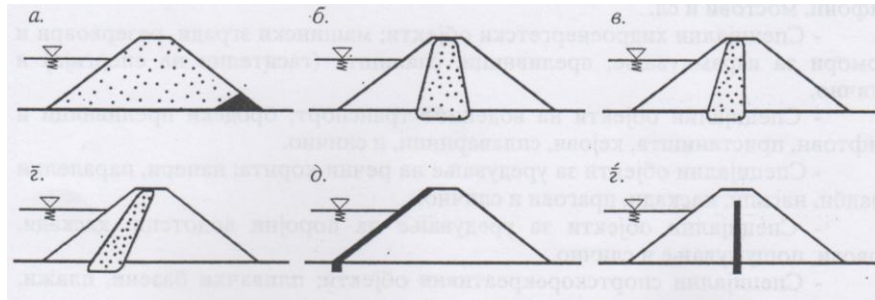
(3) **Зафатни објекти** кои служат за зафаќање на вода од извориштето. Зафатните објекти се изведуваат директно на речниот тек на езерото или акумулацијата. Истите може да бидат површински или подземни, изведени во телото на браната или надвор од него.

Според водостопанските гранки кои ги обслужуваат еднонаменските хидротехнички објекти може да класифицираат на следниот начин:

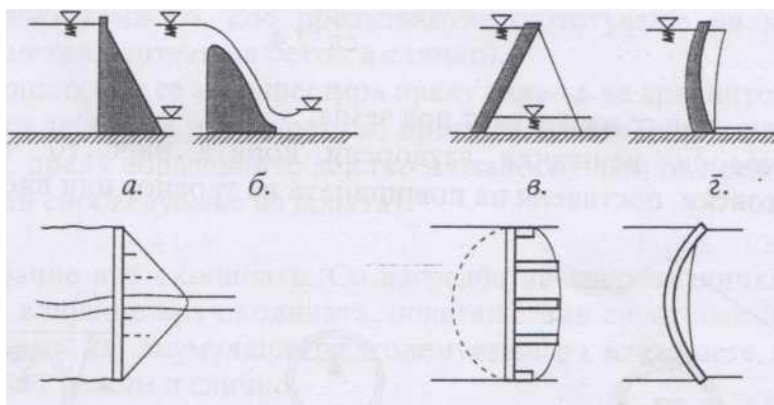
- **Водоснабдување:** каптажи, пумпни станици, пречистителни станици, распределителни шахти, резервоари и друго,
- **Канализациони системи:** собирни и контролни шахти, пумпни станици, каскади, таложници, пречистителни станици и слично,
- **Наводнување:** зафати, таложници, сифони, пропусти, каскади, распределувачки градби, шахти за аерациони вентили, шахти за испусни вентили и слично,
- **Одводнување:** дренажи, шахти, каскади, сифони, мостови и сл.

- **Хидроенергетика:** машински згради, резервоари и комори за израмнување (водостани), преливници, слапишта (гасителни на енергија) и слично,
- **Воден транспорт:** бродски преливници и лифтови, пристаништа, кејови и слично,
- **Уредување на речни корита:** напери, паралелни градби, насипи, каскади, прагови и слично,
- **Спорт и рекреација:** пливачки базени, плажи, кајакарски и веслачки патеки и слично,
- **Рибарство:** рибни патеки, рибни лифтови, мрестилишта, рибници и слично.

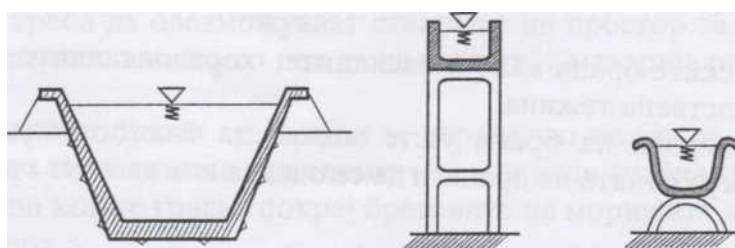
Во продолжение ќе се разработат браните како најспецифични и најкомплексни хидротехички објекти, а останатите објекти се обработуваат во другите дисциплини.



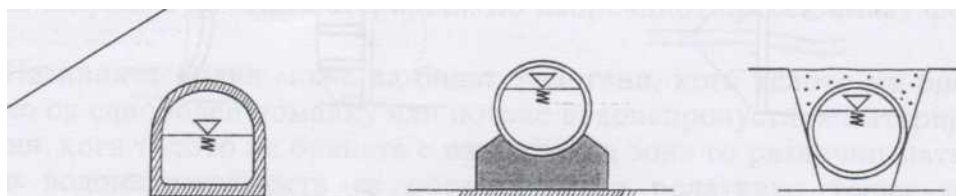
Слика 1.1- Водопотпорни објекти - Насипни брани



Слика 1.2- Водопотпорни објекти - Бетонски брани



Слика 1.3- Водоспроводни објекти-надземни канали



Слика 1.4- Водоспроводни објекти-подземни тунели и цевководи

## 2. ОСНОВНИ ОСОБИНИ НА ХИДРОТЕХНИЧКИТЕ ОБЈЕКТИ

Хидротехничките објекти, посебно браните, се карактеризираат со некои особености кои ги прават видливо различни од повеќето други инженерски објекти:

- **Дејството на водата врз објектот.** Водата има повеќекратно дејство на објектот и тоа: (а) **механичко**, кое се состои во притисок предизвикан од водите што мируваат и се движат по површината или се филтрираат низ објектот, (б) **физичко-хемиско**, кое предизвикува оштетување на материјалите (корозија на метал, оштети на бетон и слично). (в) **биолошко**, кое се манифестира преку гниење на дрвените елементи, (г) **водата дејствува и индиректно** преку притисокот на млазот, депонираниот нанос, преку абразивното дејство на наносот што го носи водата (при преливање или спроведување на водата).
- **Влијание врз околината.** Со изградба на хидротехнички објекти се врши големо влијание врз околината. Со изградба на регулација на река може да се постигне подигање или спуштање на нивото на подземните води со што може да се изврши измена на целокупниот воден режим на подрачјето. Со изградба на брана и формирање на акумулација се влијае на целата микро клима на подрачјето преку зголемување на влажноста на воздухот, температурниот режим и слично.
- **Одговорноста.** Последиците од рушење на хидротехнички објекти (посебно брана) би биле катастрофални за населените места и имотот по долината на водотекот. Затоа при димензионирањето на овие објекти се влегува со висок степен на сигурност.
- **Услови на градба.** Условите на градба на хидротехничките објекти се специфични, а тоа се гледа од следното: (а) во текот на градбата треба да се пропуштаат водите од водотекот нормално да поминуваат низ речното корито, (б) во одделни случаи градежните работи се изведуваат под вода, (в) потребна е моќна механизација и одлична организација на работите, поради големиот обем на работи, а често во непристапни или тешко пристапни региони, (г) често пати се бара етапна изградба, со цел да се пуштат одредени делови во експлоатација, а тоа ја усложнува работата.
- **Потреби од набљудување и оскултација.** За време на градбата, а посебно во текот на експлоатацијата, хидротехничките објекти мора да бидат подложни на перманентно, систематско добро планирано и организирано набљудување. За таа цел во телото на објектот и во околниот терен се вградува опрема за мерење на деформациите, напрегањата, порните притисоци, филтрацијата, сеизмичките појави и сл., со што се обезбедува постојан увид во состојбата на објектот.
- **Единственост и неповторливост.** Поради нееднаквост на топографските, геолошките, хидролошките услови, потоа намената на објектот и сл., при проектирањето на вакви објекти е исклучен секаков шаблонски пристап. Хидротехничкиот објект има свои индивидуални карактеристики и не може да се повтори два и повеќе пати во пракса.
- **Чинење.** Инвестиционите вложувања кај хидротехничките објекти се релативно високи, трошоците на експлоатација се релативно ниски, па најчесто вложувањата се економски оправдани.

## 3. БРАНИ

Во продолжение ќе се разработат браните како најспецифични и најкомплексни хидротехнички објекти, а останатите објекти се обработуваат во другите дисциплини.

### 3.1 Поделба на браните

Браните се водопотпорни хидротехнички објекти кои се градат нормално на

речното корито и треба да овозможат формирање на акумулационен простор со кој ќе се постигне просторна и временска прераспределба на расположливите водни ресурси. Со издигнување на нивото на водата се појавува денивелација помеѓу горната и долната вода и тој пад може да се користи за да се произведува електрична енергија.

Браните најчесто се градат од локални материјали: глина, иловица, песок, чакал, кршен камен, потоа од бетон, армиран бетон, а за одделни конструктивни елементи уште се употребува и асфалт, челик, дрво, пластична маса и друго. Најчести се **насипните брани**, кои се изведуваат со насипување на локални замјани и камени материјали, а потоа доаѓаат разни типови на **бетонски брани**.

Насипните брани може да бидат **хомогени**, кога телото на браната е изведено од еднороден помалку или повеќе водонепропустлив материјал или **зонирани**, кога телото на браната е изведено од зони со различни материјали со што водонепропусноста се обезбедува со релативно тенка зона од водонепропустлив глинен материјал. Водонепропусноста кај овој вид брани често се постигнува и со изградба на тенки зони од вештачки материјали како што се бетон, армиран бетон, асфалт, челик или пластична маса.

Бетонските брани се делат на масивни (гравитациони), контрафорни и лачни. Овие брани може да бидат непреливни и преливни. Бетонските брани како и насипните, хоризонталните сили ги примаат со својата сопствена тежина.

Сите видови на брани уште можат да бидат проодни и непроодни односно преку круната на браната да се одвива или да не се одвива сообраќај.

### 3.2 Елементи на браните и акумулациите

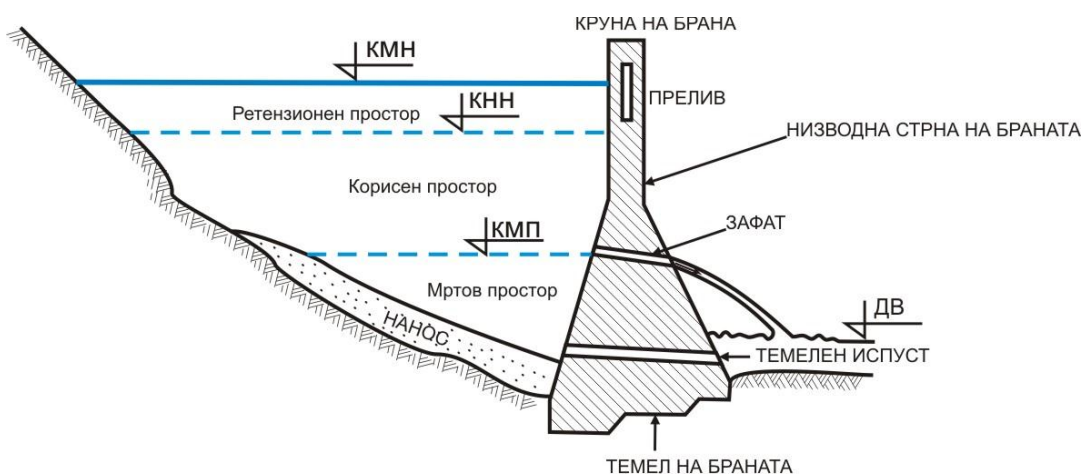
Кај сите типови на брани се разликуваат три карактеристични коти на водата во акумулацијата:

- кота на мртовиот простор (КМП),
- кота на нормално ниво (КНН) и
- кота на максимално ниво (КМН).

Трите карактеристични коти на водата ја делат акумулацијата на три дела и тоа:

- **мртов простор** кој не се користи, а се очекува во текот на експлоатацијата на акумулацијата да се засипе со нанос,
- **крстен простор** кој е дел од акумулацијата и чија зафатнина на вода се користи за наменетите цели и
- **ретензионен простор**, расположен меѓу нормалното и максималното ниво, служи за задржување или ублажување (трансформација) на поплавни бранови.

На Сликата 3.1 се означени основните елементи на браната и тоа: круна на браната која е највисока хоризонтална површина на браната издигната над максималното ниво на водата за височина, спротиводна страна на браната, низводна страна на браната, кота на долна вода (КДВ), односно кота на водата во речното корито низводно од браната и основа или темел на браната.

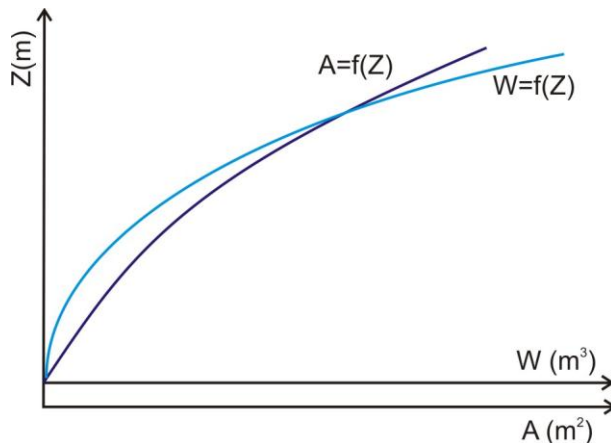


Слика 3.1- Елементи на браните и акумулациите

При проектирањето на браните коишто формираат акумулација, неопходно



е да се располага со две криви со кои е дадена зависноста на волуменот на акумулацијата ( $W=f(Z)$ ), односно површината на водното огледало ( $A=f(Z)$ ) од нивото на водата во акумулацијата ( $Z$ ), Слика 3.2.



Слика 3.2- Крива на волумен и површина на водно огледало

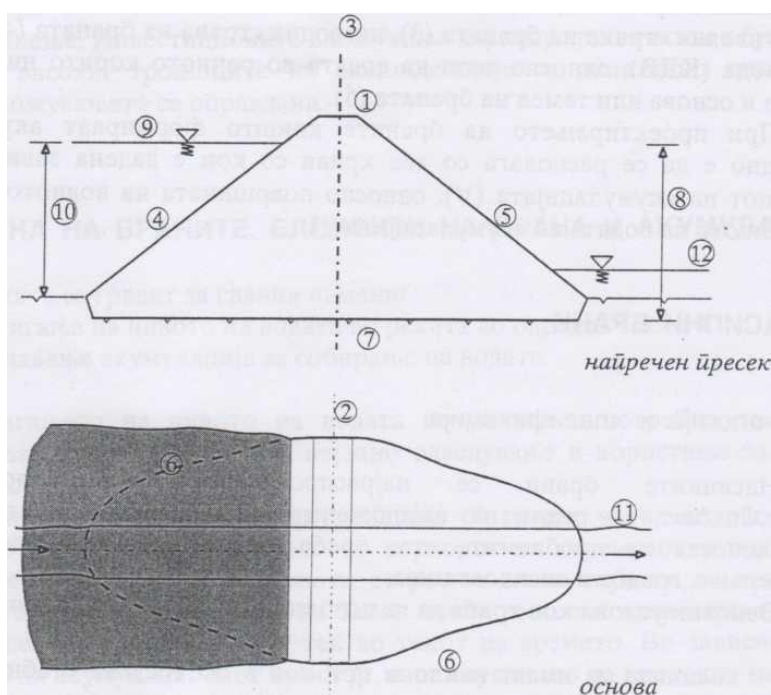
### 3.3 Насипни брани

Насипните брани се најраспространет вид водопотпорни објекти изградени од природен материјал, добиен од наоѓалишта лоцирани во близина на преградното место. Спаѓаат во редот на најсложените инженерски објекти поради комплексноста на проблемите што треба да се решаваат при нивното проектирање, градба и експлоатација.

Насипните брани треба да исполнат следниве основни услови:

- косините да имаат наклони при кои е обезбедена стабилноста на браната и нејзината основа под дејство на сите можни сили и влијанија во текот на градбата и експлоатацијата,
- деформациите во браната и основата како и во одделните составни елементи да се движат во определени прифатливи граници и да не го доведуваат во прашање правилното функционирање на објектот,
- загубите на вода поради филтрацијата низ телото на браната и основата да се движат во прифатливи граници, а процедурната вода да не предизвикува филтрациони деформации,
- круната на браната да биде доволно надвишена над максималното ниво во акумулацијата, за да се елиминира можноста од прелевање преку браната,
- косините и круната на браната да бидат соодветно обложени, а со цел да се заштитат од дејство на брановите, ледот и атмосферските влијанија,
- да се оневозможи пробивање на вода низ водоспроводните органи изведени во телото на браната.

На слика 6 е прикажана насипна брана во пресек и основа со означени основните делови кои се сретнуваат кај сите насипните брани: (1)-круна на браната, нависоката хоризонтална површина, (2)-хоризонтална оска на браната, симетрала на браната во основа (3)-вертикална оска на браната, вертикала повлечена низ средината на круната на напречниот пресек на браната, (4)-спротиводна страна, страната од браната која е свртена кон акумулацијата/потопена страна, (5)-низводна страна, непотопена страна од браната, (6)-контуре на браната во основа, линија формирана со спојување на косините на браната со теренот, (7)- темел/основа на браната, основа брз која се поставува браната, (8)- висина на браната, висинската разлика од котата на темелот до круната на браната (9)-кота на горна вода, ниво на вода во акумулацијата (10)-висина на горна вода, висинска разлика од котата на горна вода до дното на акумулацијата (кота на речно корито пред да се изгради браната, (11)-речно корито, (12)-кота на долна вода.



**Слика 3.3- Насипна брана во пресек и основа**  
 (1)-круна на браната, (2)-хоризонтална оска на браната, (3)-вертикална оска на браната, (4)-спротиводна страна, (5)-низводна страна, (6)-контури на браната во основа, (7)- темел/основа на браната, (8)- висина на браната, (9)-кота на горна вода, (10)-висина на горна вода, (11)-речно корито, (12)-кота на долна вода

### 3.3.1 Избор на преградно место

Пред да се избере преградното место се прават студии врз основа на кои се докажува оправданоста за изградба на акумулација и се дефинира нејзиниот корисен простор. Кога е познат потребниот акумулационен простор, при изборот на преградното место мора да се земат предвид и да се анализираат многубројни фактори од кои најважни се:

- инженерско-геолошките и топографските услови како на самото преградно место, така и на акумулациониот простор во целина.
- постоење на наоѓалишта на локални материјали за градба на браната и тоа во доволни количини и во близина на преградното место.
- можности за рационално и складно компонирање на сите објекти во склоп на хидројазелот, особено на скапите преливни органи.
- можностите за сигурно и економично преведување на водите во текот на градба на хидројазелот.
- присуство на раседи и дисконтинуитети во карпестите маси, низ кои би можело да дојде до губење на акумулирана вода и загрозување на сигурноста на објектот.
- можности за изведба на пристапни патишта и користење на постојните сообраќајни комуникации.

### 3.3.2 Основни принципи при проектирање на насипните брани

При проектирањето на насипните брани да се соберат и проучат следните информации и податоци:

- Хидролошките карактеристики за водотекот на кој се гради браната. Да се изработи хидролошка студија од која ќе се дефинираат карактеристиките на расположивите води. Треба да се определат меродавните големи води за заштита на градежната јама при фундаирањето на браната и меродавните големи води за димензионирање на евакуационите - преливни органи при експлоатација на објектот. Треба да се дефинираат малите води во речното корито по изградба на браната. Во хидролошката студија треба да се дефинираат и карактеристиките на пренос на нанос во речното корито, а за потребите на определување на мртвиот простор на акумулацијата и векот на траење на акумулацијата.



- Климатските карактеристики на регионот со кои ќе се проучат врнежите, температурите на воздухот, појавата на мраз, испарувањето од слободна водена површина, карактеристики на ветерот и друго.
- Геомеханичките карактеристики на материјалот кој ќе се вградува во телото на браната, а исто така и на тлото - основата на која ќе се фундаира браната.
- хидрогеолошките карактеристики на материјалот во и под браната од аспект на водопрпусност.
- условите за стабилност на браната и на телото на браната и на тлото под браната.
- видот и потребниот број на механизација за градба на браната.

При проектирањето на насипните брани треба да се утврди сигурноста на телото на браната од хоризонтално поместување, потоа сигурноста за стабилност на косините на браната и при услови на полна и посебно во услови на нагло испразнета акумулација.

Треба да се пресметаат границите на слегување на браната и во кои рамки истата ќе биде сигурна за време на експлоатацијата.

Треба да се пресмета сигурност на браната од продирање на вода низ и под телото на браната, со проценка на количините на провирните води.

Спречувањето или намалувањето на филтрационите води низ телото на браната е објаснето порано, а низ темелот на браната се врши со изградба на јадра, дијафрагми, завеси и слично.

### 3.3.3 Класификација на насипните брани

Класификација на насипните брани се врши на неколку начини.

(1) Според видот на материјалот од кој се градат:

- **земјани**, кај кои поголемиот дел од телото на браната (преку 50%) е изведено од ситнозрнести земјани материјали - глина, песоци, песокливо-чакалести и слично.
- **камено-земјани**, кај кои основниот волумен на телото на браната е изведен од крупнозрнести чакалести или камени материјали, а водонепропусноста е обезбедена со тело од ситнозрнен земјен материјал (глина).
- **камено насипни**, кај кои телото како и во претходниот вид е изведено од крупнозрнен камен материјал, а водонепропусноста е постигната со елемент изведен од вештачки материјал (бетон, асфалт, пластика и слично).

(2) Според конструкцијата насипните брани се делат:

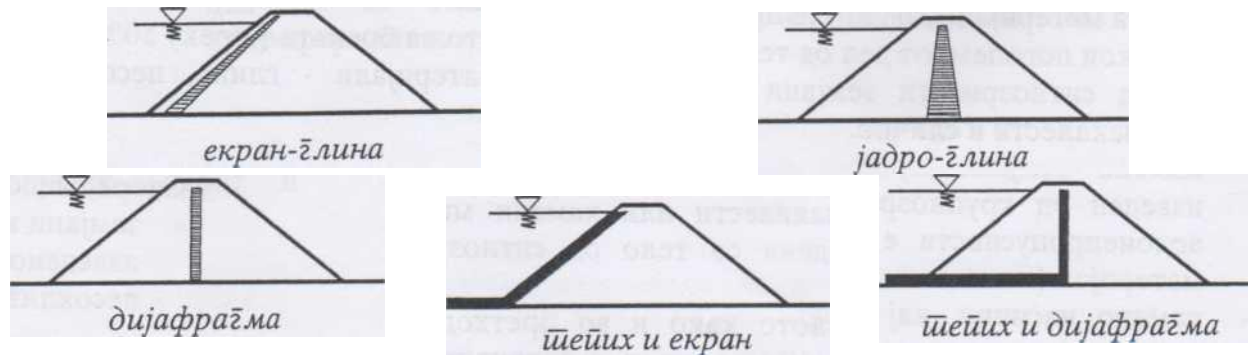
- хомогени, од еднороден најчесто земјан материјал,
- зонирани, чие тело може да се подели на две или повеќе зони изведени од различни материјали,
- насипни брани со водонепропуслив елемент од вештачки материјал.

(3) Според положбата на водонепропусниот елемент:

- брани со екран, водонепропусниот елемент е на спротиводната страна (косина),
- брани со јадро, водонепропусниот елемент е внатре во телото на браната,
- брани со дијафрагма, водонепропусниот елемент е внатре во телото на браната и е изградено од вештачки материјал. Јадрата и дијафрагмите може да бидат вертикално или косо поставени.

(4) Според искуствата од практиката често браните по однос на височината се делат на:

- ниски брани  $H \leq 30$  м,
- средни брани  $30 < H < 80$
- високи брани  $80 < H < 150$
- особено високи брани  $H > 150$  м.
-



Слика 3.4- Насипни брани со различни водонепропусни објекти

Според условите на пропуштање на големите води насипните брани по правило се градат како непреливни, со посебни евакуациони органи изведени надвор од телото на браната.

Насипните брани може да се градат на карпести, полукарпести, па и на некарпести основи од материјали кои имаат доволна носивост и филтрациона способност. Особините на материјалот во основата на браната, како и на технологијата на изведба на работите.

Каменоземјаните и каменонасипните брани се градат првенствено на карпести и полукарпести основи, а понекогаш и на основи од чакал. Само брани со мали висини може да се градат врз крупнозрнест песок, глина и збиена иловица.

Насипните брани може да се градат и на основи кои имаат одредени недостатоци, доколку со техничко-економски анализи правилно се утврдат неопходни мерки за подобрување на основата и се избере најсоодветен тип брана.

#### А) Земјани насипни брани

Земјаните брани се вид насипни брани, кај кои повеќе од половината на напречниот пресек се изведува од земјан материјал.

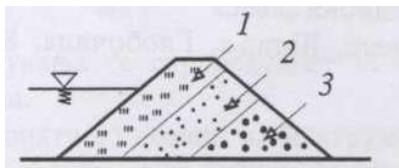
Според конструкцијата се делат на:

- хомогени брани, кои се изведуваат од еден вид слабопропуслив земјан материјал,
- зонирани земјани брани, со напречен пресек исполнет од различни материјали, материјалите се распоредуваат така што водопропусливоста расте кон низводната страна, или најнепропусливиот материјал се поставува во средишниот дел,
- брани со спротиводен екран од слабопропуслив земјан материјал, без или со хоризонтален тепих,
- брани со јадро од слабопропуслив земјан материјал обично централно поставено,
- земјани брани со водопропусливо тело од вештачки материјал (бетон, армиран бетон, асфалт, челик, полиетилен и др.) и изведено како спротиводен екран или внатрешна дијафрагма.

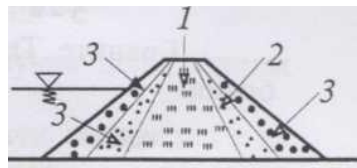
Земјаните брани содржат и други конструктивни елементи кои придонесуваат за нивната правилна и сигурна работа. Косините се изведуваат со заштитни конструкции, возводната со нафрлан или реден камен, бетонски или армиранобетонски плочи, асфалтна облога и друго, а заради заштита на локалната јакост од дејство на брановите и мразот. Низводната косина се штити со затревување од атмосферските влијанија и долната вода. Понекогаш се прават берми за подобра стабилност на низводната косина, чепови во основата на браната за подобра врска меѓу телото на браната и основата.

Кај повеќето типови земјани брани се градат дренажи за симнување на филтрационата линија и контролирано одведување на провирната вода од телото и основата на браната.

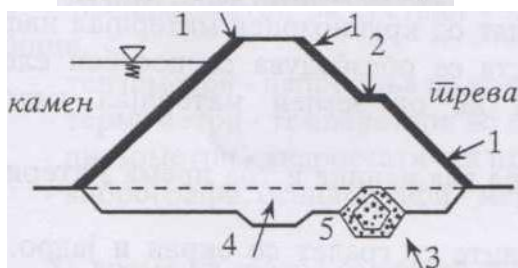
(a)



(б)



(в)



Слика 3.5- Земјани насипни брани

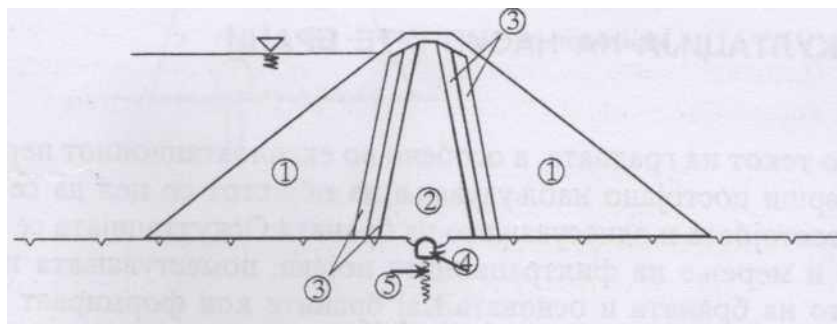
(а)-зонирана насипна брана: 1-иловица, 2-песок, 3-чакал,

(б)-централно зонирана насипна брана: 1-иловица, 2-песок, 3-чакал,

(в)-насипна брана: 1- заштитни спротиводна и низводна косина, 2- берма, 3- дренажа, 4-цеп

## Б) Камено-земјани брани

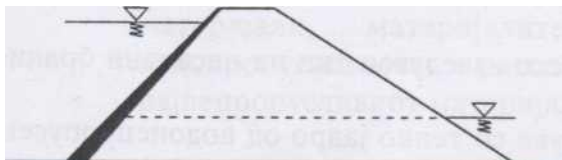
Камено земјаните брани се најчесто изведуван тип на насипани брани. Се изведуваат на карпеста основа. Водонепропусноста се обезбедува со тенко јадро од водонепропусен земјан материјал. Од двете страни на јадрото се изведуваат 1 до 3 филтерски слоеви, а останатиот дел од напречниот пресек на телото на браната се насипува со крупнозрнен материјал-чакал или нафрлан камен. Под јадрото речиси редовно се изведува инекциона галерија, преку која се прави водонепропусна завеса под браната во карпестата основа. Браните Тиквеш, Шпиле, Глобочица, Калиманци се камено-земјани брани.



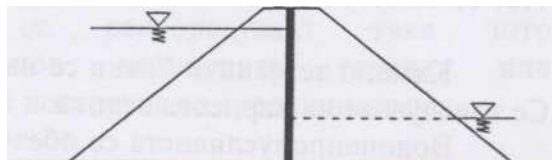
Слика 3.6- Камено-земјана брана 1-потпорни тела (камен, чакал), 2-јадро од глинен материјал, 3-филтерски слоеви, 4-инекциона галерија инекциона, 5-инекциона завеса

## В) Каменонасипни брани

Каменонасипните брани се градат од крупнозрнен материјал нафрлен камен или чакал, а водонепропусноста се обезбедува со посебен елемент изведен од вештачки материјал (бетон, армиран бетон, пренапнегат бетон, асфалт бетон, челик, пластика, геомембрани и слично). Според местоположбата на поставување на водонепропусниот елемент на браната може да се сретната брани со јадро и брани со дијафрагма.



Слика 3.7- Каменонасипна брана со екран



Слика 3.8- Каменонасипна брана со дијафрагма

### 3.3.4 Бетонски брани

Бетонските брани се делат на гравитациони, контрафорни и лачни.

#### А) Гравитациони бетонски брани

Овие брани имаат голема примена во праксата, а покрај бетонот како материјал, особено порано се граделе и од камен и тула во малтер..

Во конструктивен поглед се делат на непреливни и преливни, а најчесто се градат во комбинација еден дел преливен, а другиот непреливен.

Во однос на начинот на вградување на бетонот, гравитационите бетонски брани може да бидат од конвенционален масивен бетон вградуван во блокови со внатрешно вибрирање или од валјан бетон, вградуван во тенки хоризонтални слоеви, збивани со вибрации на виброваљци.

Овие брани се делат и во однос на основата на која е темелена браната и тоа гравитациона брани на карпеста и на некарпеста основа.

Напречен пресек на овие брани има облик на триаголник.

Преливните гравитациони брани може да бидат со безвакумски и вакумски напречен профил. Најчесто на преливниот дел на браната се поставуваат подвижни затвораачи, кои при појава на големи поплавни води се отвараат за да ги пропуштаат големите води.

Гравитационите бетонски брани може да се градат и како олеснети гравитациони брани.

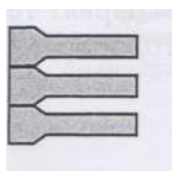
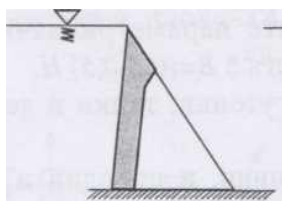
#### Б) Контрафорни брани

Овие брани преставуваат прегради кои се потпираат на вертикални ѕидови - контрафори.Спрема конструкцијата на преградата се разликуваат три основни вида контрафорни брани:

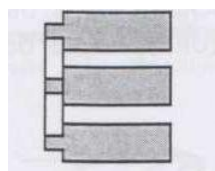
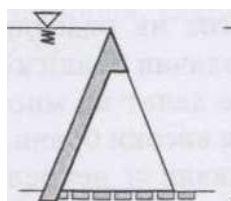
- со масивна глава,
- со тенка рамна плоча и
- со тенка закривена плоча.

Составни елементи на овие брани и контрафорни греди за вкртување на контрафорите и фундаментна плоча под целата брана на која се вградени дренажни отвори. Се градат на преградни места со различни форми, но особено се добри кај широки долини.Треба да се градат на карпеста основа, но при помали височини се градат успешно и на полукарпести и некарпести основи.

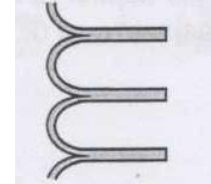
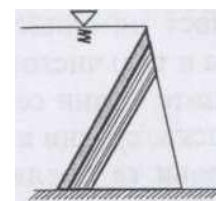
Контрафорна бетонска брана кај нас е Прилепската брана.



Слика 3.9-Контрафорна брана со масивна глава



Слика 3.10-Контрафорна брана со рамна плоча и фундаментна плоча со дренаж-ни отвори



Слика 3.11-Контрафорна брана со закривена (повеќелачна) плоча

#### В) Лачни брани

Лачните брани се криволиниски водопотпорни објекти и тоа во основа работат како свод и силите од спротиводната страна ги пренесуваат на бреговите каде се вклетшени.

Во напречен пресек лачните брани претставуваат конзоли кои може да имаат различни форми (Слика 3.12).

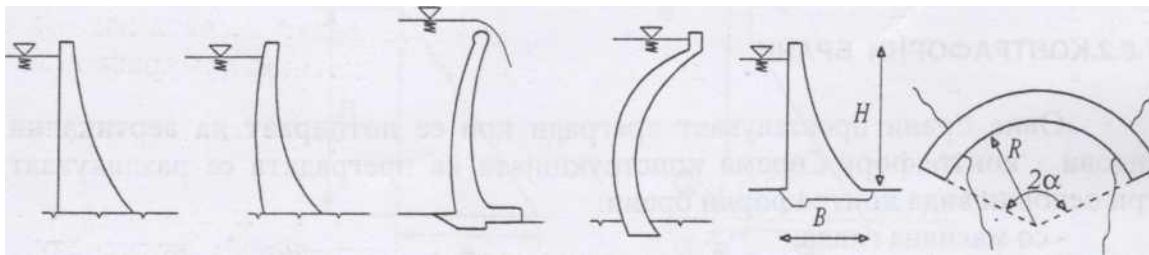
Основни параметри кај лачните брани се радиусот на закривеност на лакот во основата, централниот агол, односот на ширината на преградното место со височината на браната.

Во зависност од односот на одделните параметри лачните брани се делат на два типа и тоа: чистолачни брани кога е  $B=(0,3-0,5)H$ .

Чистолачните брани се делат на многутенки, тенки и дебели, а према височината на ниски, средни и високи брани.

И овие брани се преливни и непреливни, и преодни и непреодни за сообраќај.

Се градат на карпести основи и брегови. бараат тесни и високи долини. а се изведуваат најчесто од бетон, армиран бетон и пренапрегнат бетон.



Слика 3.12- Лачни брани во пресек и основа

#### 4. ОСКУЛТАЦИЈА НА БРАНИ

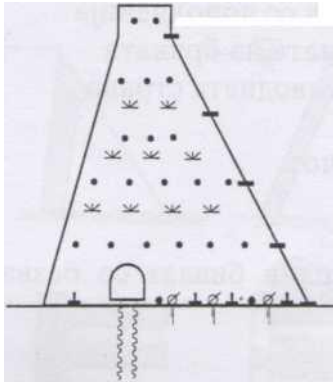
Во текот на градбата, а особено во експлоатациониот период потребно е да се врши постојано набљудување на објектот со цел да се има постојан увид во состојбата и однесувањето на браната. Оскултацијата се спроведува со следење и мерење на филтрационите појави, поместувањата и напрегањата во телото на браната и основата. Кај браните кои формираат исклучително големи акумулации, како и оние изградени на активни сеизмички подрачја, потребно е да се следи и сеизмичката активност пред, за време на градба и по градба на објектот и формирање на акумулацијата. Преку следењето на однесувањето на браната се контролира дали одделните конструктивни елементи работат и се однесуваат правилно. Набљудувањата на браните може да се поделат на два општи вида контролни и специјални. Контролните набљудувања се задолжителни и обезбедуваат систематска контрола на однесувањето на браната од почеток на градба и за време на експлоатацијата. Специјалните набљудувања се спроведуваат за научни цели, според посебно изработени програми. Паралелно со оскултацијата со помош на инструменти, неопходно е да се врши и визуелна контрола со што може брзо да се откријат одделни опасни дефекти и појави кај браната. Се користат следните инструменти:

- репери - за површински померувања,
- деформметри - деформации во бетон,
- деформметри за состави - отварање и затворање на дилатациони спојници,
- тензометри - напрегања во конструкциите
- термометри - температури во конструкциите
- пиезометри - хидростатички притисоци
- вибрографи, осцилографи - мерење на динамички потреси.

За време на градба се вршат статички набљудувања на поместувањата, дилатации, напрегања и порни притисоци.

За време на експлоатацијата се вршат статички и динамички набљудувања. Статички се поместувања, дилатации, напрегања, порни притисоци, ниво на вода, ниво на подземни води, филтрација и друго. Динамичките набљудувања се на забрзување и поместување во браната и основата.

На следната скица е даден карактеристичен пресек на бетонска брана со положба на разни набљудувачки места.



Слика 4.1- Оскултација на брани

— - контролни репери J. o - тензометри - деформометри • - термометри Z - пиезометри