

5. ІНЖЕНЕРНИЙ ЗАХИСТ ЗАТОПЛЕНИХ ТЕРИТОРІЙ

5.1. Формування забудови на заплавах та прибережних територіях

Освоєння та містобудівельне використання заплавів та прибережних територій відкривають широкі перспективи для розвитку міста і забезпечують вирішення важливих народногосподарських задач:

- ліквідацію загрози повені та підтоплення території;
- розміщення значної частини міського населення у більш сприятливих мікрокліматичних умовах;
- залучення нових територіальних резервів при необхідності збереження цінних лісових масивів і сільськогосподарських угідь;
- формування раціональної архітектурно-планувальної структури міста за рахунок розміщення забудови по обох берегах річок, скорочення транспортних зв'язків між зонами праці, побуту і відпочинку, а також зменшення відстані інженерних комунікацій;
- виходу центра міста до берегів моря чи річки з метою поліпшення архітектурно-художнього вираження міста та зміцнення зв'язку з водним простором;
- перетворення прибережної стрічки з метою поліпшення та оздоровлення середовища.

5.2. Режим рівнів водотоків та водойм

Затоплення територій може бути *тимчасовим* та *постійним*. Тимчасове затоплення може виникати після скидання надлишків води через греблю. Найбільша загроза відбувається при затопленні, при таненні снігу, зливі та вітровому нагоні.

За *розрахунковий горизонт високих вод* приймають найвищий рівень води з вірогідністю: один раз на 100 років – для територій, які освоюються під забудову житловими, громадськими та промисловими спорудами; один раз на 10 років – для територій парків, спортивних споруд, допоміжних складських

об'єктів. Для міст, розташованих у нижньому б'єфі водоймища, мають бути враховані аварійні горизонти на випадок руйнації греблі.

Постійне затоплення виникає на територіях, де споруджено водоймище. У цьому випадку найбільший підпірний рівень верхнього б'єфа водоймища є постійним (нормальний підпірний горизонт – НПГ).

Хвилі водойм бувають у наступних зонах:

→ **глибоководних** ($H > 0,5 \cdot \lambda_d$), де дно не впливає на основні характеристики хвиль;

→ **мілководних** ($0,5 \cdot \lambda_d \geq H > H_{cr}$), де дно впливає на розвиток хвиль і на основні характеристики до глибини, на якій відбувається перше обрушення хвилі;

→ **прибійних** ($H_{cr} \geq H > H_r$), де починається та завершується руйнування хвиль;

→ **приурізових** ($H < H_r$), де відбувається накат хвилі на укіс.

Висота накату на укіс хвилі, що підходить фронтально, при глибинах $H \geq 3 \cdot h_{d,1\%}$, $H \geq 2 \cdot h_{1\%}$, де H – середня глибина водойми, м; λ_d – середня довжина хвилі у глибоководній зоні у м, $h_{1\%}$ – висота хвилі із забезпеченістю 1% у системі, м, $h_{d,1\%}$ – висота хвилі на глибині $H \geq 0,5\lambda$ забезпеченістю 1%, м.

5.3. Регулювання стоку та збільшення пропускної здатності

Захист від затоплення методом регулювання стоку. Витрата води Q , яка скидається, залежить від розмірів водойми W_b , рельєфу місцевості, максимальної витрати повені Q_{max} , форми гідрографа та розрахункового об'єму повеневого стоку W_p .

При розрахунку витрати води приймають лінійну схематизацію гідрографа у вигляді трикутника чи трапеції (рис. 5.1). Для малих річок наближене значення визначається за наступною залежністю:

$$Q = Q_{\max} \left(1 - \frac{W_b}{W_p} \right). \quad (5.1)$$

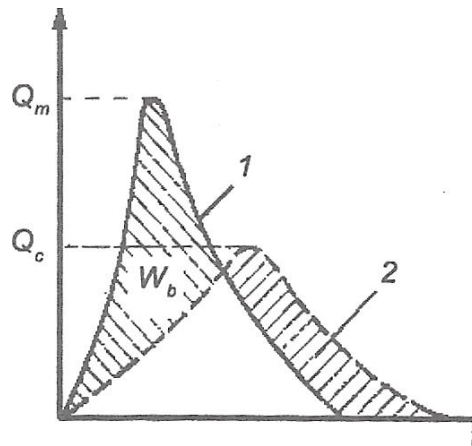


Рис. 5.1. Зміни максимальної витрати води при акумуляції:
1 – гідрограф притоку; 2 – гідрограф скидання через споруду

Збільшення пропускної здатності русла ріки можна досягти за допомогою розширення та заглиблення, а також випрямлення колін. При заглибленні русла для запобігання розмиву на ділянках, де збільшується ухил дна, і при підпорі з нерегулюючої ділянки величина поздовжнього ухилу повинна розраховуватися за формулою Шезі:

$$i = \frac{V^2}{C^2 \cdot R}, \quad (5.2)$$

де V – середня незамулююча для низової і нерозмиваюча для верхової ділянок швидкість течії, м/с; C – коефіцієнт Шезі; R – гідравлічний радіус, м.

Цей метод використовується на малих річках з невеликими площами водозбору.

5.4. Незатоplenі дамби обвалування

Обвалування території потребує менших об'ємів робіт у порівнянні із суцільною підсипкою.

Траса дамби повинна бути мінімальної довжини (рис. 5.2).

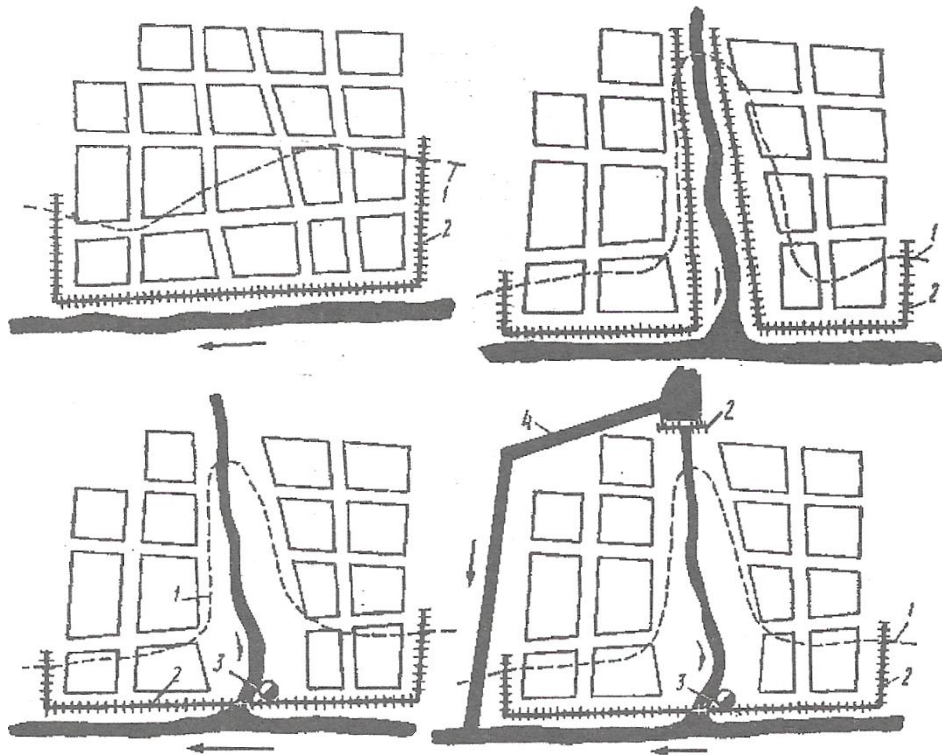


Рис. 5.2. Типові схеми обвалування:

1 – межа затоплення; 2 – траса дамби обвалування;

3 – насосна станція; 4 – обвідний канал

У практиці використовують *насипні* та *набивні* дамби з однорідного ґрунту. Використання піщаних ґрунтів допускається при забезпеченості фільтраційної стійкості ґрунтів дамби. Поперечний переріз дамби має форму трапеції (рис. 5.3).

Для зменшення фільтрації роблять протифільтраційні обладнання (екрани, ядра) з малонепроникних ґрунтів із коефіцієнтом фільтрації менше $0,0001 \text{ см/добу}$. Для захисту міських територій від затоплення можна використовувати дамби обтиснутого профілю (рис. 5.4). Напірний укіс дамби виконують у вигляді підпірних хвилевідбійних стінок.

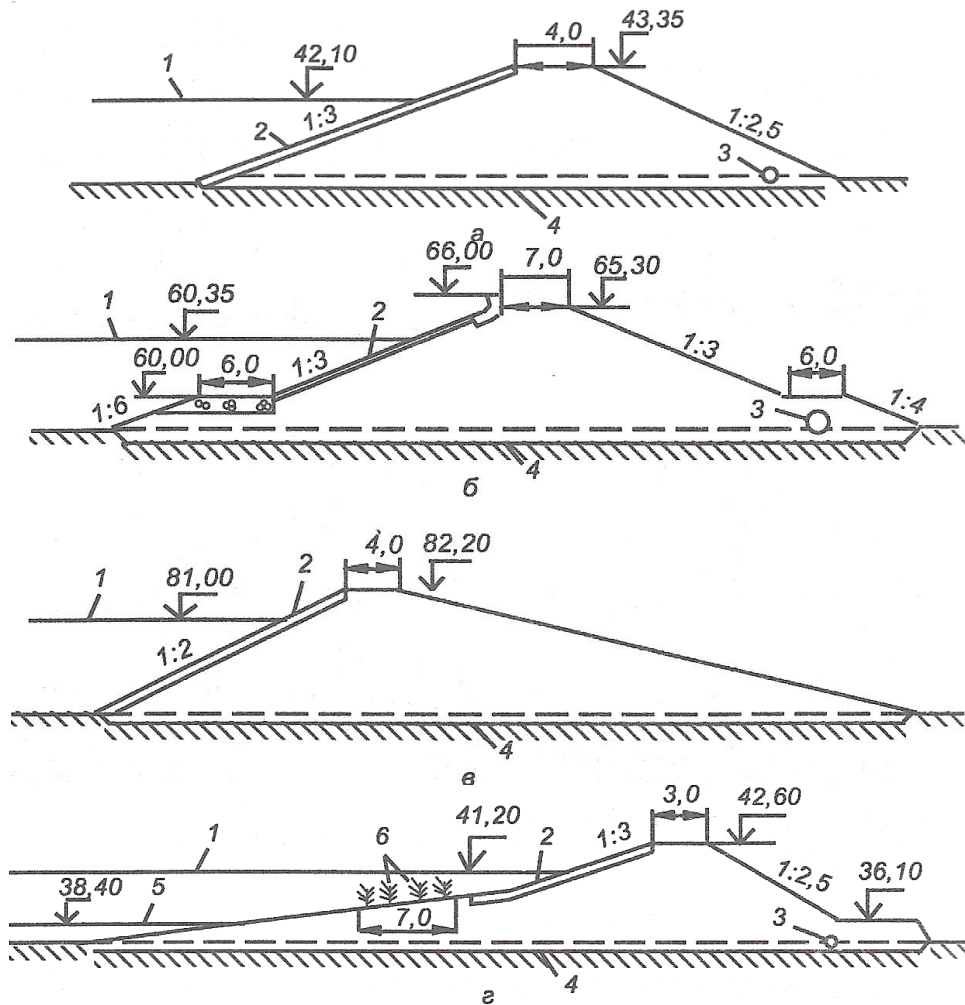


Рис. 5.3. Поперечний переріз дамби:

a – г – відповідно звичайна, з бермами, з половими низовим і верховим укосами;

1 – розрахунковий горизонт води; 2 – кріплення дамби; 3 – дренаж;
4 – основа дамби; 5 – меженний горизонт води; 6 – біологічне кріплення

При проектуванні дамб із **грунтових матеріалів** слід врахувати зерновий склад, межу пластичності, питому вагу ґрунту, вологість, кут внутрішнього тертя, коефіцієнт фільтрації, питоме зчеплення, коефіцієнт ущільнення, показники фільтраційної міцності, хімічні властивості.

У тій частині дамби, де фільтрується вода, не слід використовувати ґрунти з водорозчиненими сумішами більше 2 %. Однорідні наливні дамби будують із піщаних ґрунтів.

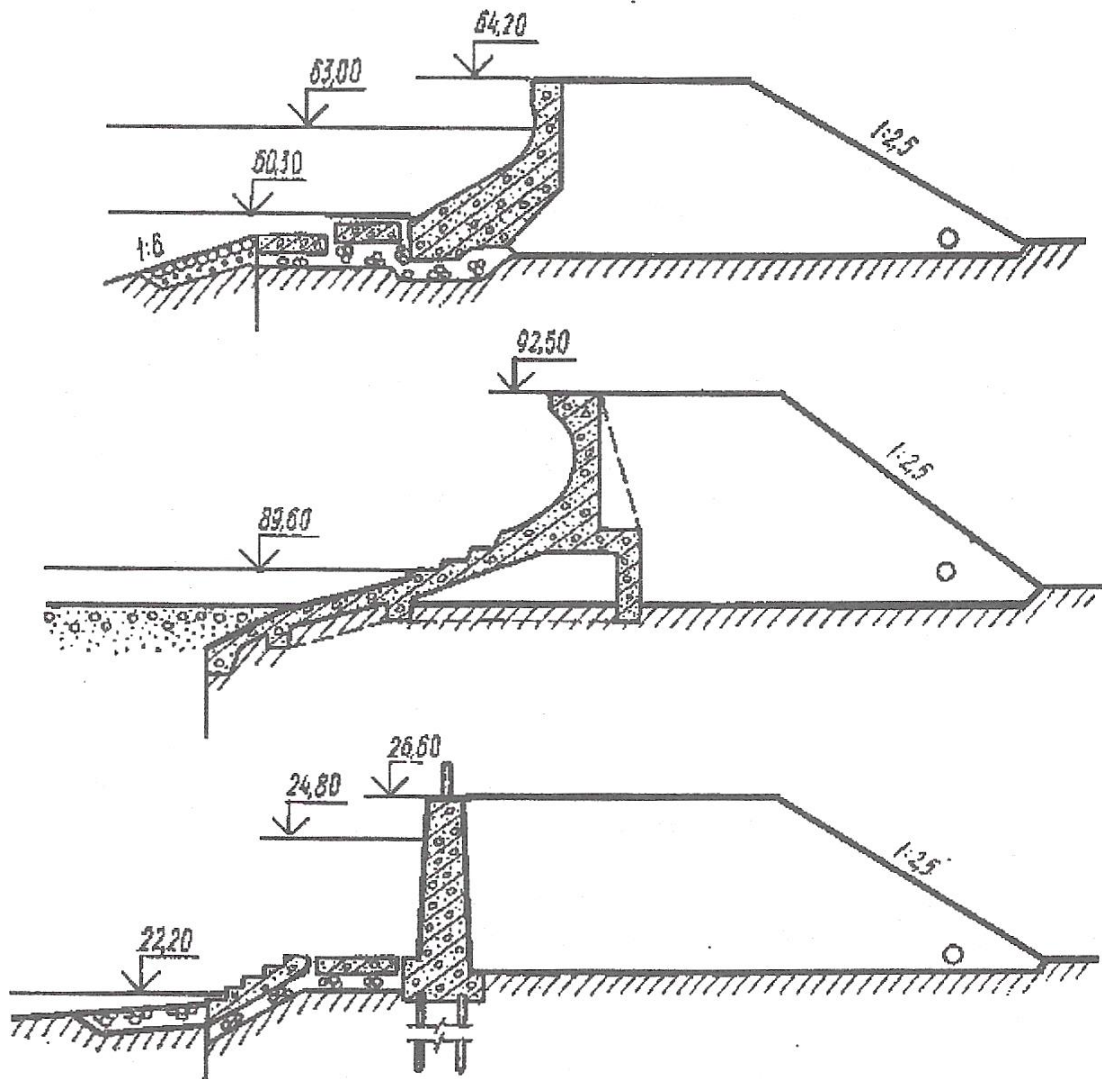


Рис. 5.4. Дамби обжатою профілю

Ширину гребеня дамби визначають у залежності від умови виробництва робіт та експлуатації, але не менше 3–4 м (з уширенням через 300–400 м). На укосах влаштовують сходи чи пандуси з ухилом 6 %.

Верховий укіс укріплюють улаштуванням кам'яного накиду, бетонних монолітних, збірних залізобетонних плит, асфальтобетонного та біологічного кріплення з верхньої відмітки до глибини $H_{cr} = 2h_{1\%}$. З умов стійкості товщину плит визначають за формулою:

$$t = 0,07 \cdot \eta \cdot h_{1\%} \cdot \sqrt{\frac{\lambda}{B}} \cdot \sqrt{\frac{m^2 - 1}{m}} \cdot \frac{p}{p_c - p} \quad (5.3)$$

де η – коефіцієнт, що приймається для монолітних плит 1,0; для збірних – 1,1;
 $h_{1\%}$ – розрахункова висота хвилі, м; B – довжина ребра плити, яка направлена

нормально до урізу води, m ; t – коефіцієнт верхового укосу; p_c і p – щільність плити і води, $\kappa\text{H}/\text{м}^3$, відповідно.

Розрахункова вага каменю визначається:

$$Q = \mu p_s h_{2\%} \lambda / \left(\left\{ \frac{p_s}{p} - 1 \right\}^3 \sqrt{1+m} \right) , \quad (5.4)$$

де μ – коефіцієнт, який ураховує форму каменю. Приймається для масивів – 0,017, для кам'яного накиду – 0,025; p_s – щільність каменю у $\kappa\text{H}/\text{м}^3$.

Коефіцієнти укосів дамби t і t_1 (низовий укіс) у залежності від висоти дамби і ґрунту наведені у табл. 5.1.

Таблиця 5.1

Значення коефіцієнтів укосу дамби

Ґрунти	$H = 4 \text{ м}$		$H = 7 \text{ м}$		$H = 10 \text{ м}$	
	t	t_1	t	t_1	t	t_1
Ґрунт тіла дамби						
Суглинок важкий	2,0	1,5	2,5	1,75	3,0	2,25
Суглинок пиловидний	2,5	2,0	3,0	2,25	3,25	2,75
– лес	2,75	2,25	3,25	2,75	3,75	3,0
– супісок	2,75	2,25	3,0	2,5	3,25	2,75
Пісок дрібнозернистий	3,0	2,5	3,25	2,75	3,5	3,0
Пісок різнозернистий	2,75	2,25	2,75	2,25	3,0	2,5
Пісок крупнозернистий	2,5	2,0	2,5	2,0	2,75	2,25

Для кріплення низового укосу використовують одерновку (суцільну чи у клітину), посів трави по шару рослинної землі завтовшки 0,2–0,3 м, відсіпку шару щебню чи гравію товщиною 0,2 м та ін.

Берми слід використовувати на верховому укосі у кінці кріплення для створення упору, на низовому – для службового проїзду і відведення поверхневого стоку. Ширина берми на верховому укосі – 2 м.

Дренаж є обов'язковим для земляних дамб. Він усуває розмивання низового укосу фільтраційним потоком і забезпечує безпосередньо відведення фільтраційної води через тіло дамби, що сприяє стійкості низового укосу (рис. 5.5).

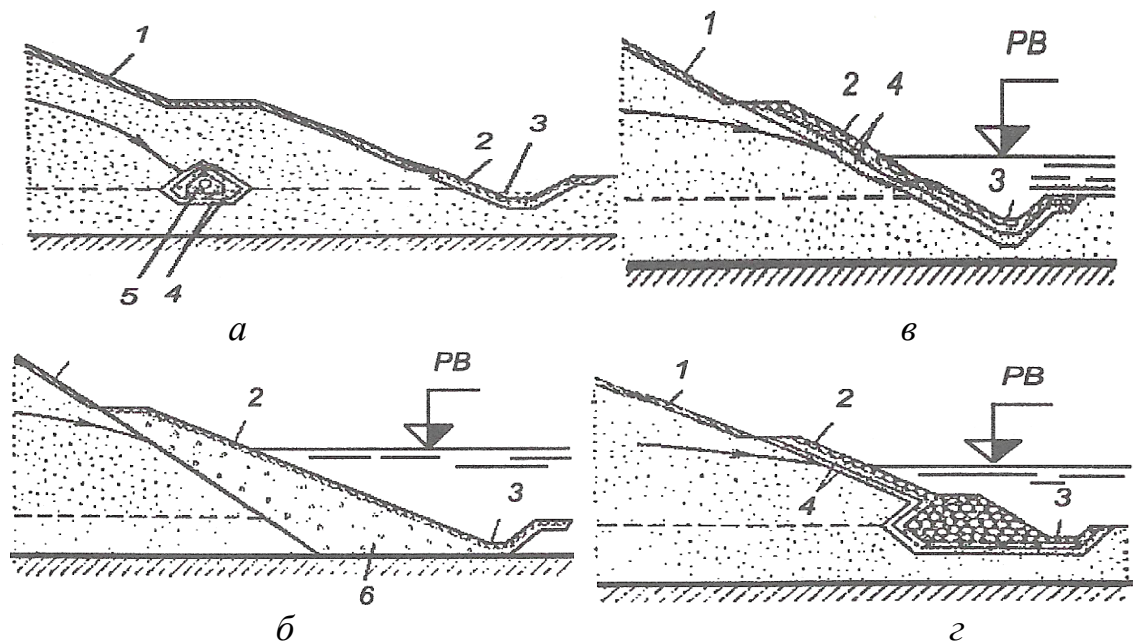


Рис. 5.5. Типи дренажів дамб обвалування:

a – трубчастий; *б* – наслінний; *в* – наслонний нашарований; *г* – комбінований;

1 – одерновка; 2 – мостіння; 3 – кювет; 4 – зворотний фільтр;

5 – дренажна труба; 6 – привантаження з крупного піску

Висоту дренажної призми роблять не більше 1,5 м. Якщо рівень води у нижньому б'єфі при великих витратах ріки піднімається вище від верха дренажної призми, над призмою влаштовують похилий дренаж із кам'яного накиду, виводячи його на 0,5 – 1,0 м вище від максимального горизонту води у нижньому б'єфі (комбінований дренаж).

Ширину призми по верху роблять 0,5 – 1,0 м. Коефіцієнт укосів дренажної призми приймають у межах 1,0 – 1,5. Сполучення дренажу з тілом дамби виконують у вигляді зворотного фільтра з щебеню, гравію або крупнозернистого піску, завтовшки 0,1 – 0,2 м. У разі дрібнозернистих піщаних або супіщаних ґрунтів тіла дамби або основи зворотний фільтр дренажу слід влаштовувати з гравію або щебеню і піску, але не більше ніж із двох шарів загальною товщиною 0,2 – 0,4 м.

5.5. Затоплені дамби обвалування

Відмітку гребня дамби та продуктивність насосних станцій визначають виходячи з наступних положень:

→ акумулюючий об'єм води в обвалованій території необхідно відкачати до побутового рівня до строку, коли заплата у природних умовах звільняється від води;

→ перевищення гребня дамби над максимальним горизонтом добового регулювання ГЕС повинно бути 0,5 – 0,7 м за відсутності хвилі;

→ поздовжній профіль гребня дамби повинен бути більшим, ніж ухил річки для забезпечення поступового затоплення дамби із низової ділянки, без переливу, з великим перепадом.

Затоплені дамби мають трапецеїдальний поперечний переріз із укосами 1:2 – 1:3 залежно від висоти і тривалості затоплення. Ширину гребня визначають виходячи з умов проїзду транспорту.

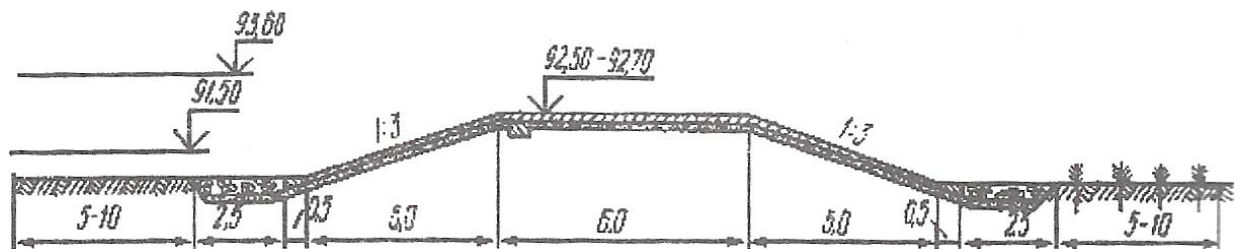


Рис. 5.6. Поперечний переріз затопленої дамби

Укоси, гребінь та упорні плити дамб в основі укріплюють монолітним та збірним залізобетоном, кам'яним накидом та біологічним способом. У місцях проливів рекомендується використовувати посилений тип кріплення (рис. 5.6).

5.6. Намив територій

Намив територій виконується в прибережних зонах заплавної терас рівнинних річок та на березі водоймищ.

Межі намивної площі встановлюють виходячи з умов будівництва, конфігурації та можливості транспортування ґрунту. При виборі відміток наміву попередньо визначають підвищення рівнів ґрунтової води під час повені та водопілля.

Відмітка наміву території повинна задовольняти вимогам вертикального планування та організації поверхневого стоку; розвитку

самопливної водостічної та каналізаційної мережі; забезпечення перехрестя колекторів різного призначення, транспортних тоннелей підземних переходів та ін.; забезпечення норми осушення; нормальних умов для рослинності.

При плануванні житлових районів на намивних територіях має бути проведена техніко-економічна оцінка обраної схеми та методи інженерної підготовки з метою забезпечення зниження об'ємів і вартості гідромеханічних робіт.

5.7. Схеми та способи наміву

При виборі схеми інженерної підготовки намивної території суттєве значення має розташування ділянки (лінійне, острівне, напівострівне, бухтове) до корінного берега та його конфігурацій.

При лінійному розташуванні намивної території (рис. 5.7) планування широких зелених виходів до ріки та площі житлових комплексів чергується з високою щільністю забудови.

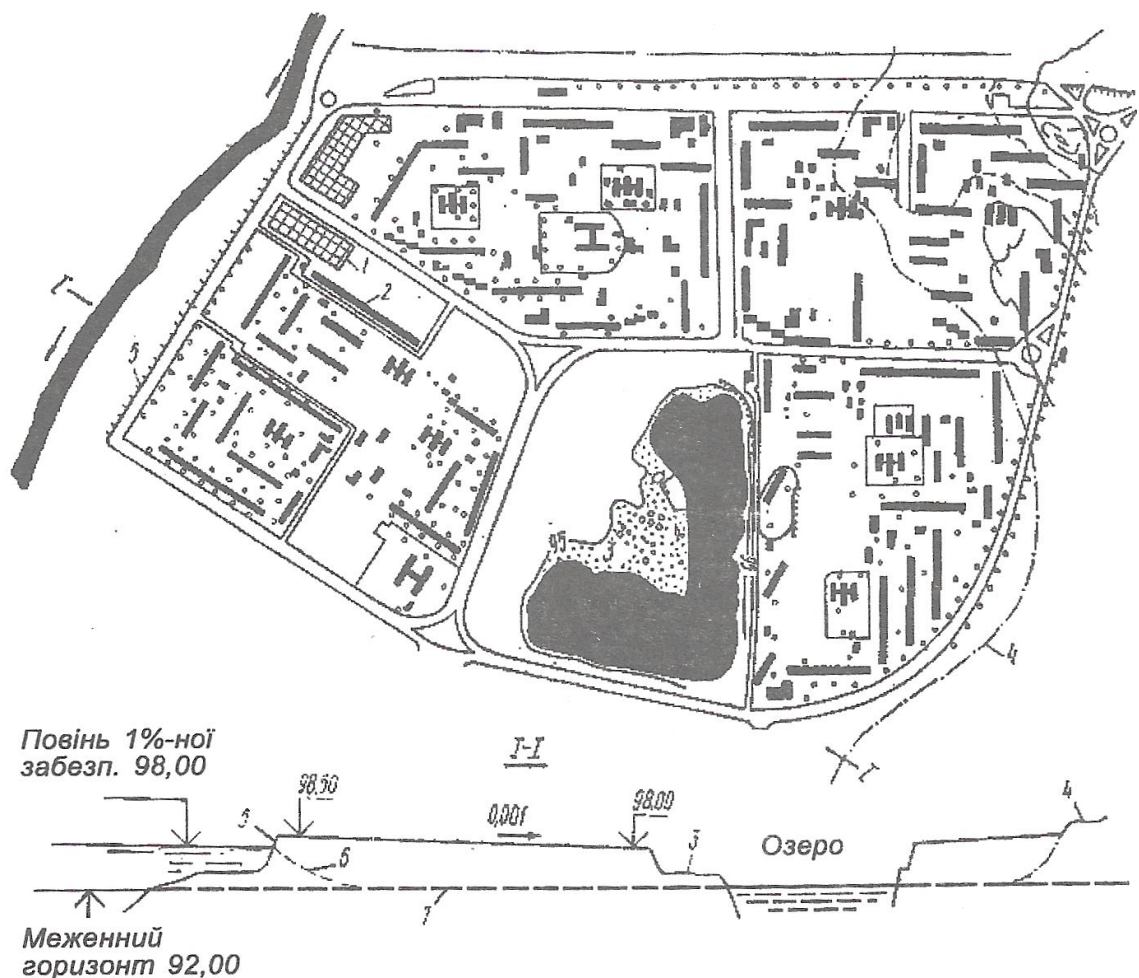


Рис. 5.7. Лінійне розташування наливної території:

- 1 – громадський центр прибережної зони; 2 – площа житлового комплексу;
- 3 – зелена зона; 4 – межа надзаплавної тераси; 5 – набережна;
- 6 – горизонт ґрунтової води під час повені 1%-ної забезпеченості;
- 7 – депресійна крива горизонту ґрунтової води

Острівне розташування території (рис. 5.8) передбачає створення центрального водорозділу, де розміщують основну масу забудови.

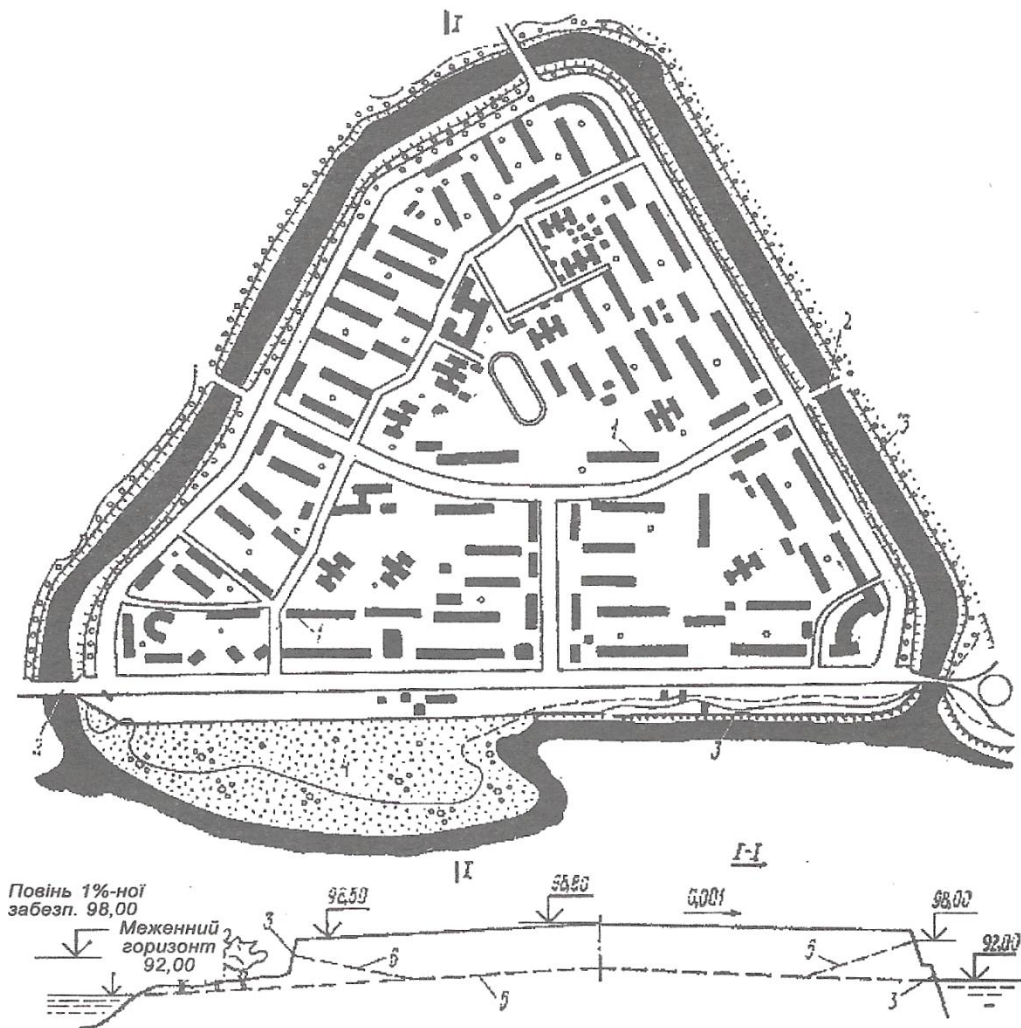


Рис. 5.8. Острівне розташування наливної території:

- 1 – житлова забудова; 2 – мости; 3 – набережна; 4 – зелена зона;
- 5 – крива депресії горизонту ґрунтової води;
- 6 – горизонт ґрунтової води при 1% забезпеченості

При напівострівному чи бухтовому розташуванні наливної території велике значення мають гідрологічний режим річки та гідрогеологічні умови надзаплавної та створеної територій. Напівострівне розташування дозволяє використати більш перспективний метод обвалування та наливу – **комбіновану схему інженерної підготовки**. При цьому берегову смугу завширшки 50–100 м підвищують для захисту масиву від затоплення при високих повенях та аварійних горизонтах (рис. 5.9.). Ухил низового укосу підвищеної берегової смуги з зовнішнього боку забудови приймають 0,02–0,03 на всій ширині.

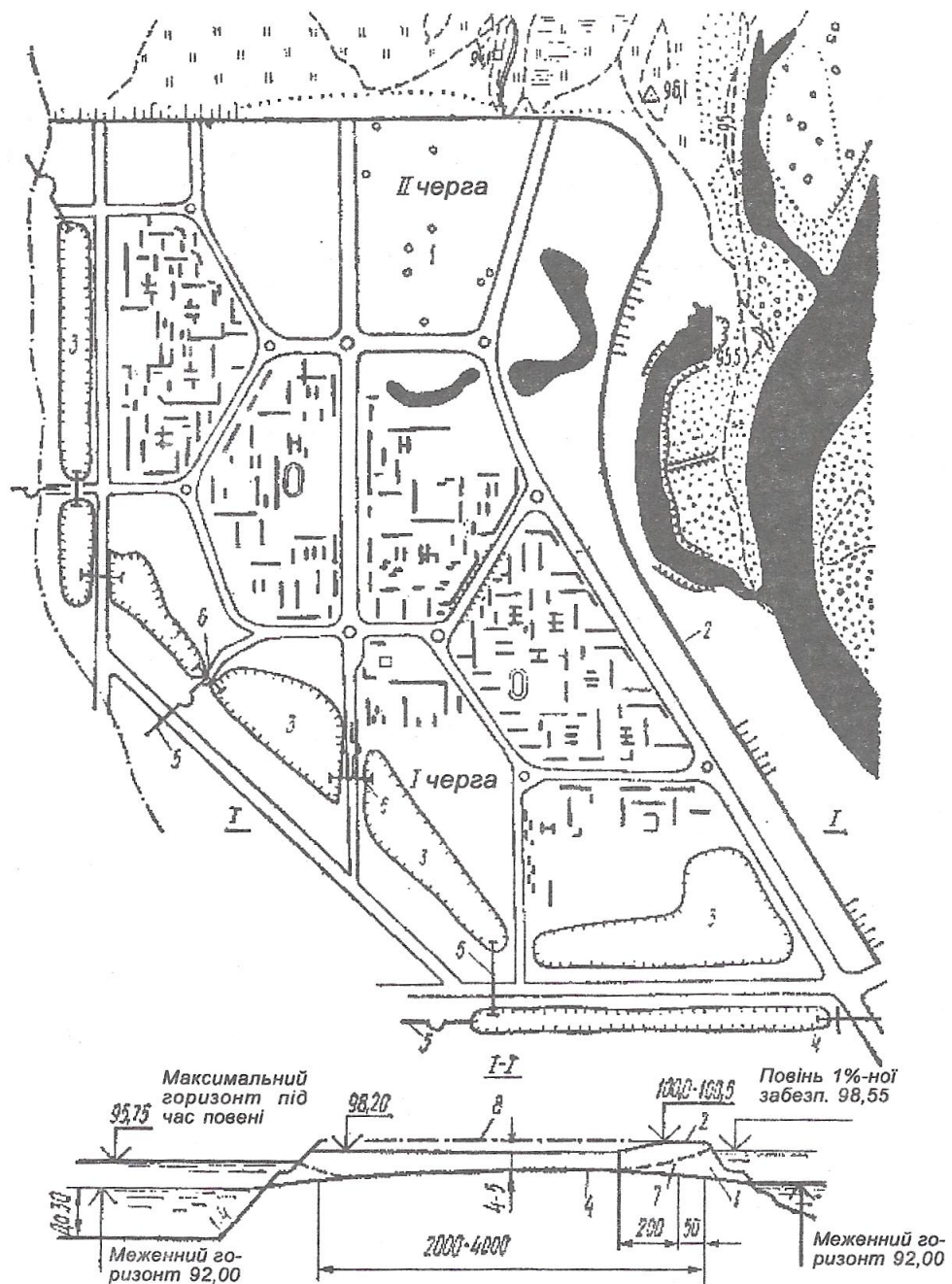


Рис. 5.9. Напівострівне розташування наливної території

(комбінована схема):

- 1 – забудова; 2 – підвищена прибережна смуга; 3 – внутрішня акваторія;
4 – шлюз; 5 – водотік нагірної частини міста; 6 – перепускні труби;
7 – крива депресії при повені 1% забезпеченості; 8 – суцільний гідронамив

Комбінована схема наливну (рис. 5.10) дозволяє використати двоярусну побудову ядра громадського центру нового житлового масиву: на платформі, що сполучає гребінь дамби обвалування та природну поверхню землі, розміщують підприємства центру, а під нею – транспортні та інженерні комунікації.

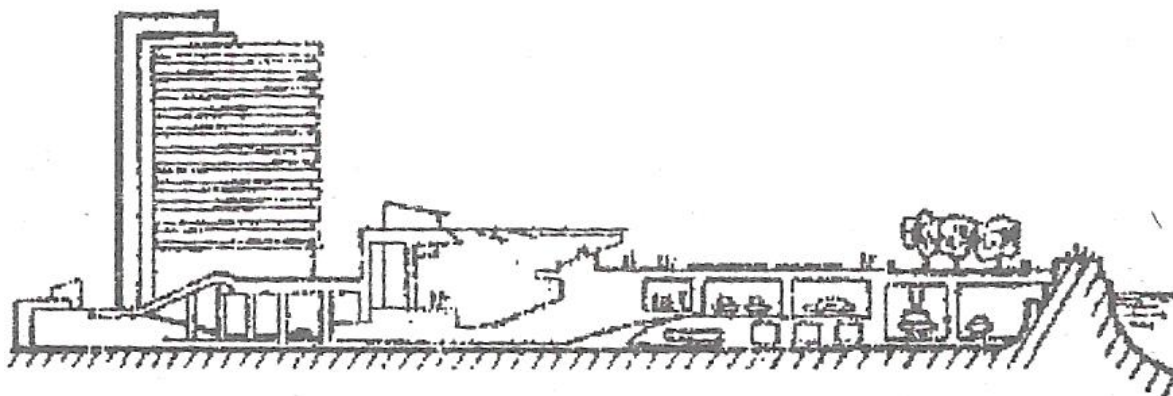


Рис. 5.10. Двоярусна побудова ядра громадського центру при комбінованій схемі наливну території

В залежності від балансу ґрунту та планувального рішення площа кар'єрів може бути 10 – 20%. Підводну частину укосів оброблюють та профілюють земснарядом із проектним ухилом не більше 1:4 (1:5) до повної глибини. На глибині 2 – 3 м від нормального рівня у водоймі споруджують горизонтальну полицю шириною 15–20 м. При великих об'ємах робіт (5–10 млн. м³) можуть бути споруджені гребні канали.

Для зменшення площі замкнених кар'єрів їх розробляють на глибину 25–30 м і більше, на всю товщу алювіальних пісків. Для запобігання прориву бортів такі кар'єри відділяють від русла на відстань 400 – 500 м залежно від

конкретних умов, організуючи їхню підпитку водою для забезпечення нормальної роботи земснарядів.

5.8. Особливості проектування будівництва на намивних територіях

Намивні ґрунти – складова частина багат шарової основи поділяються на три типи.

До I типу відносять намивний шар, який формується з піщаних ґрунтів, до II та III – формується відповідно із слабких водонасичених глинистих та торф'яних ґрунтів.

Для **основи I типу** замість пальових фундаментів слід використовувати стрічкові збірні. Це прискорить строки будівництва фундаментів, зменшить вартість та забезпечить рівномірний розподіл навантажень на основу.

Для **основи II типу** за наявності гумусованих чи замулених ґрунтів невеликої потужності (0,2–0,8 м), які підстиляють намивні піски потужністю 5–6 м, додаткові осадки за рахунок ущільнення слабких ґрунтів на 50–60% трапляються перед будівництвом споруд.

Для **основи III типу** за наявності слабких ґрунтів потужністю більше 1 м та торфу, а також для споруд понад 9 поверхів, як правило, проектують пальові фундаменти.

Умовний розрахунковий тиск на основу має бути: для пісків середньої щільності, твердих супісків та суглинків – 25 кПа, глинистих ґрунтів у плинному та пластичному стані, що закріплені піщано-щебеним шаром 40–50 см, – 20 кПа.

Осадка будівлі на стрічковому фундаменті не перевищує 8 см, а на пальових – 3 см.

Для створення повноцінної структури на намивних територіях укладають рослинний шар 0,5 м з таким співвідношенням: торф – 60%, пісок – 40%. Для дерев рослинний ґрунт підсипають у ями розміром 2×2×0,6 м. Потужність рослинного шару може бути зменшена до 20 см з обладнанням глиняного замка товщиною 20 см.