



Національний університет

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

**Національний університет водного господарства  
та природокористування**

**В.А. Ліпянін**

**ІНЖЕНЕРНА ПІДГОТОВКА  
МІСЬКИХ ТЕРИТОРІЙ**

**Навчальний посібник**

**Для студентів спеціальності 7.092103, 8.092103  
"Міське будівництво і господарство"**

**Рівне – 2010**



УДК 71(075.8)

ББК 624

Л61

Національний університет  
водного господарства  
та природокористування

*Затверджено вченою радою Національного університету водного господарства та природокористування.  
(Протокол № 3 від 26 березня 2010 р.)*

**Рецензенти:**

*Бабіч Є.Є.*, канд. техн. наук, доцент НУВГП;

*Стародуб І.В.*, канд. техн. наук, доцент НУВГП.

**В.А. Ліпянін**

**Л61** Інженерна підготовка міських територій: Навчальний посібник.  
– Рівне: НУВГП, 2010. – 143 с.

Навчальний посібник „Інженерна підготовка міських територій” містить робочу програму, стисло викладено навчальний матеріал дисципліни, що поділений на змістові модулі та теми, питання для самоконтролю з кожної теми, методичні рекомендації до практичних занять, список рекомендованої літератури.

Навчальний посібник призначено для самостійного вивчення дисципліни студентами вищих навчальних закладів, які навчаються за напрямом підготовки 0921 „Будівництво” за спеціальністю 7.092103, 8.092103 „Міське будівництво і господарство”.

**УДК 71(075.8)**

**ББК 624**

© Ліпянін В.А, 2010

© Національний університет водного господарства та природокористування, 2010



## З М І С Т

1.	Робоча програма дисципліни „Інженерна підготовка міських територій”.....	4
2.	Короткий зміст основних модулів та методичні рекомендації до їх вивчення.....	15
	Модуль 1.....	15
	Тема 1. Загальні відомості про інженерну підготовку територій. Основні задачі інженерної підготовки територій населених пунктів.....	15
	Тема 2. Затоплення міських територій.....	25
	Тема 3. Захист міських територій від підтоплення... ..	41
	Модуль 2.....	51
	Тема 4. Інженерна підготовка і благоустрій ярів.....	51
	Тема 5. Зсуви і протизсувні заходи.....	56
	Тема 6. Захист міських територій від селевих потоків... ..	62
	Тема 7. Намив територій.....	66
	Тема 8. Інженерні заходи по захисту лавинонебезпечних територій.....	70
	Модуль 3.....	74
	Тема 9. Інженерна підготовка територій із сильноестивими ґрунтами.....	74
	Тема 10. Інженерна підготовка заболочених і заторфованих територій.....	79
	Тема 11. Інженерна підготовка територій із карстовими явищами.....	84
	Тема 12. Інженерна підготовка підроблювальних територій.....	88
	Тема 13. Інженерна підготовка територій із вічномерзлими ґрунтами.....	92
3.	Методичні рекомендації до самостійної роботи.....	95
4.	Методичні вказівки до виконання практичних занять	96
5.	Методичні рекомендації та завдання до виконання курсової роботи.....	114
6.	Питання для самоперевірки та контролю засвоєних знань.....	135
	Додаток 1.....	140
	Додаток 2.....	141
7.	Список використаної літератури.....	142



## СТРУКТУРА ТА ЗМІСТ РОБОЧОЇ ПРОГРАМИ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ «ІНЖЕНЕРНА ПІДГОТОВКА МІСЬКИХ ТЕРИТОРІЙ»

### 1.Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Напрямок підготовки, освітньо-кваліфікаційний рівень	Характеристика навчальної дисципліни	
		денна форма навчання	заочна форма навчання
Кількість кредитів, відповідних ECTS –5,5	Напрямок 0921 „Будівництво”	За вибором ВНЗ	
Модулів – 1	За спеціальністю: „Міське будівництво та господарство”	<i>Рік підготовки:</i>	
Змістових модулів – 3		5-й	6-й
		<i>Семестр</i>	
Загальна кількість годин - 198	9-й	11-й	
	<i>Лекції</i>		
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 4 СРС – 5	Освітньо-кваліфікаційний рівень: спеціаліст, магістр	34 год.	12 год.
		<i>Практичні</i>	
		34 год.	8 год.
		<i>Лабораторні</i>	
		-	-
		<i>Самостійна робота</i>	
		106 год.	154 год.
ІНДЗ: - КРф – 24 год.			
Вид контролю: залік			

#### Примітка.

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної і індивідуальної роботи становить:

для денної форми навчання - 34% до 66%.

для заочної форми навчання - 10% до 90%.



## 2. Мета та завдання дисципліни

Мета вивчення дисципліни „Інженерна підготовка міських територій” – засвоєння студентами теоретичних положень, здобуття практичних навичок в області інженерної підготовки міських територій. Оволодіння загальними принципами рішення комплексних задач інженерного захисту територій від несприятливих умов.

В результаті вивчення дисципліни кожен студент **зобов’язаний знати:**

- проблеми та заходи інженерної підготовки територій;
- основні заходи із забезпечення стабільності поверхні міських територій.

Використовуючи набуті знання студент **повинен вміти:**

– за допомогою методів інженерної підготовки проектувати та використовувати під забудову території із сильностисливими ґрунтами;

- використовувати під забудову території з ярами;
- запобігати зсувонебезпечним явищам;
- планувати та забудовувати підроблювальні території;
- запобігати селевим потокам.



### **3. Програма навчальної дисципліни**

## **ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ I**

### **ОСНОВНІ ЗАДАЧІ ІНЖЕНЕРНОЇ ПІДГОТОВКИ МІСТ**

**ТЕМА 1. Загальні відомості про інженерну підготовку територій. Основні задачі інженерної підготовки територій населених пунктів**

Мета та завдання вивчення курсу. Фізико-геологічні процеси на території міста. Фактори вибору території. Характеристика природних умов територій за ступенем придатності для житлового, цивільного і промислового будівництва.

**ТЕМА 2. Затоплення міських територій**

Причини, характер і наслідки затоплення територій. Захист міських територій від затоплення. Суцільна підсіпка затоплюваних територій. Розрахункові рівні води і відмітки територій. Обвалування затоплюваних територій. Пониження найбільших витрат річки. Збільшення пропускної здатності русла річки. Водотоки і водовідведення в умовах обвалування територій.

**ТЕМА 3. Захист міських територій від підтоплення**

Умови, що впливають на підтоплення міських територій. Завдання з інженерної підготовки при підтопленні територій. Типи дренажів і дренажних систем. Призначення, застосування.

## **ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ II**

### **ІНЖЕНЕРНА ПІДГОТОВКА ТЕРИТОРІЙ В ОСОБЛИВИХ УМОВАХ (ЧАСТИНА 1)**

**ТЕМА 4. Інженерна підготовка і благоустрій ярів**

Яри і яроутворення на міських територіях. Типи та класифікація ярів по розмірах і крутизні схилів. Використання ярів в містобудуванні. Інженерна підготовка територій з ярами.



## **ТЕМА 5. Зсуви і протизсувні заходи**

Причини утворення і характеристики зсувів. Види зсувів. Основні містобудівельні задачі інженерної підготовки зсувних територій. Протизсувні заходи з інженерної підготовки зсувних територій.

## **ТЕМА 6. Захист міських територій від селевих потоків**

Загальні відомості про селеві потоки. Структурна модель селевого потоку. Основні задачі в боротьбі із селевими потоками. Організаційно-господарські заходи у боротьбі із селевими потоками. Агролісомеліоративні заходи. Гідротехнічні інженерні заходи.

## **ТЕМА 7. Намив територій**

Загальні відомості про намивні території. Схеми та способи намиву територій. Особливості проектування будівництва на намивних територіях.

## **ТЕМА 8. Інженерні заходи по захисту лавинонебезпечних територій**

Загальні відомості. Параметри які характеризують лавини. Причини їх виникнення. Типи лавин. Заходи захисту територій від лавин.

### **ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ III**

#### **ІНЖЕНЕРНА ПІДГОТОВКА ТЕРИТОРІЙ В ОСОБЛИВИХ УМОВАХ (ЧАСТИНА 2)**

## **ТЕМА 9. Інженерна підготовка територій із сильностисливими ґрунтами**

Загальні відомості про сильностисливі ґрунти. Характерні ознаки сильностисливих ґрунтів. Інженерні методи по підготовці територій із сильностисливими ґрунтами. Схеми інженерної підготовки сильностисливих ґрунтів.



**ТЕМА 10. Інженерна підготовка заболочених і заторфованих територій**

Загальні відомості. Основні показники, які характеризують заболочені та заторфовані території. Геоморфологічна схема боліт. Макроструктура торф'яного пласту. Інженерні заходи по підготовці заболочених і заторфованих територій.

**ТЕМА 11. Інженерна підготовка територій із карстовими явищами**

Загальні відомості про карстові явища. Основні типи карстових деформацій земної поверхні і засоби захисту будівель і споруд від їх впливу. Заходи інженерної підготовки територій із карстовими явищами.

**ТЕМА 12. Інженерна підготовка підроблювальних територій**

Загальні відомості про підроблювальні території. Засоби захисту будівель від горизонтальних деформацій ґрунту. Основні заходи інженерної підготовки на підроблювальних територіях.

**ТЕМА 13. Інженерна підготовка територій із вічномерзлими ґрунтами**

Загальні відомості. Будівництво і експлуатація будівель і споруд на ґрунтах.



#### 4. Структура навчальної дисципліни

Назва змістових модулів і тем	Кількість годин											
	Денна форма						Заочна форма					
	Σ	у тому числі					Σ	у тому числі				
		л	п	лаб	інд	ср		л	п	лаб	інд	ср
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
<b>Змістовий модуль 1.</b>												
<b>Основні задачі інженерної підготовки міст.</b>												
<b>ТЕМА 1.</b> Загальні відомості про інженерну підготовку територій. Основні задачі інженерної підготовки територій населених пунктів.	8	2	-	-	2	4	10,5	0,5	-	-	2	8
<b>ТЕМА 2.</b> Затоплення міських територій.	20	6	4	-	2	8	22	2	2	-	2	16
<b>ТЕМА 3.</b> Захист міських територій від підтоплення.	28	6	8	-	2	12	22	2	2	-	2	16
<b>Разом - змістовий модуль I</b>	<b>56</b>	<b>14</b>	<b>12</b>	<b>-</b>	<b>6</b>	<b>24</b>	<b>54,5</b>	<b>4,5</b>	<b>4</b>	<b>-</b>	<b>6</b>	<b>40</b>
<b>Змістовий модуль 2.</b>												
<b>Інженерна підготовка територій в особливих умовах (частина 1)</b>												
<b>ТЕМА 4.</b> Інженерна підготовка і благоустрій ярів.	8	2	-	-	2	4	10,5	0,5	-	-	2	8
<b>ТЕМА 5.</b> Зсуви і проти-зсувні заходи.	14	2	2	-	2	8	14,5	0,5	-	-	2	12
<b>ТЕМА 6.</b> Захист міських територій від селевих потоків.	14	2	2	-	2	8	14,5	0,5	-	-	2	12
<b>ТЕМА 7.</b> Намив територій.	6	2	-	-	2	2	8,5	0,5	-	-	2	6
<b>ТЕМА 8.</b> Інженерні заходи по захисту лавино-небезпечних територій.	8	2	-	-	2	4	10,5	0,5	-	-	2	8
<b>Разом - змістовий модуль II</b>	<b>50</b>	<b>10</b>	<b>4</b>	<b>-</b>	<b>10</b>	<b>26</b>	<b>58,5</b>	<b>2,5</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>10</b>	<b>46</b>
<b>Змістовий модуль 3.</b>												
<b>Інженерна підготовка територій в особливих умовах (частина 2)</b>												



продовження таблиці

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
<b>ТЕМА 9.</b> Інженерна підготовка територій із сильностисливими грунтами.	14	2	2	-	2	8	14,5	0,5	-	-	2	12
<b>ТЕМА 10.</b> Інженерна підготовка заболочених і заторфованих територій.	8	2	-	-	2	4	8,5	0,5	-	-	2	6
<b>ТЕМА 11.</b> Інженерна підготовка територій із карстовими явищами.	8	2	-	-	2	4	8,5	0,5	-	-	2	6
<b>ТЕМА 12</b> Інженерна підготовка підроблювальних територій.	56	2	16	-	2	36	45	3	4	-	2	36
<b>ТЕМА 13.</b> Інженерна підготовка територій із вічномерзлими грунтами.	6	2	-	-	-	4	8,5	0,5	-	-	-	8
<b>Разом - змістовий модуль I</b>	<b>56</b>	<b>14</b>	<b>12</b>	<b>-</b>	<b>6</b>	<b>24</b>	<b>54,5</b>	<b>4,5</b>	<b>4</b>	<b>-</b>	<b>6</b>	<b>40</b>
<b>Разом - змістовий модуль II</b>	<b>50</b>	<b>10</b>	<b>4</b>	<b>-</b>	<b>10</b>	<b>26</b>	<b>58,5</b>	<b>2,5</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>10</b>	<b>46</b>
<b>Разом - змістовий модуль III</b>	<b>92</b>	<b>10</b>	<b>18</b>	<b>-</b>	<b>8</b>	<b>56</b>	<b>85</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>-</b>	<b>8</b>	<b>68</b>
<b>Разом годин</b>	<b>198</b>	<b>34</b>	<b>34</b>	<b>-</b>	<b>24</b>	<b>106</b>	<b>198</b>	<b>12</b>	<b>8</b>	<b>-</b>	<b>24</b>	<b>154</b>

## 5. Теми практичних занять

№ з/п	Тема заняття та його зміст	Кількість годин	
		Денна форма	Заочна форма
1	2	3	4
<b>I. Основні задачі інженерної підготовки міст.</b>			
1.	Загальні відомості про дренажні системи.	2	-
2.	Захист від підтоплення та затоплення населених пунктів промислових та будівельних майданчиків.	2	-
3.	Аналіз причин, які породжують затоплення, підтоплення та заболочення територій.	2	1

1	2	3	4
4.	Проектування інженерних заходів для захисту територій від підтоплення, затоплення та заболочення.	2	1
<b>II. Інженерна підготовка територій в особливих умовах (частина 1)</b>			
5.	Проектування та розрахунки головного дренажу	2	-
6.	Приклад розрахунку головного горизонтального дренажу.	2	1
7.	Порядок проектування та розрахунку горизонтального берегового дренажу.	2	-
8.	Проектування та розрахунки вертикального берегового дренажу.	2	1
9.	Проектування та розрахунки кільцевого вертикального дренажу.	2	
<b>III. Інженерна підготовка територій в особливих умовах (частина 2)</b>			
10.	Розрахунки стійкості зсувонебезпечного схилу по граничному стану.	4	-
11.	Побудова граничних схилів.	4	-
12.	Інженерні заходи захисту будівель і споруд на підроблювальних територіях.	4	2
13.	Розрахунок стійкості будівель і споруд на підроблювальних територіях.	4	2
<b>Усього годин</b>		<b>34</b>	<b>8</b>

## 6. Самостійна робота студентів

Розподіл годин самостійної роботи для студентів *денної форми навчання*:

34 години ( $0,5 \cdot (34+34)$ ) – підготовка до аудиторних занять;

33 години ( $6 \cdot 5,5$  мод. ECTS) – підготовка до модульних контрольних заходів;

39 години – підготовка питань, які не розглядаються під час аудиторних занять.

Розподіл годин самостійної роботи для студентів *заочної форми навчання*:

10 годин ( $0,5 \cdot (12+8)$ ) – підготовка до аудиторних занять;



33 години (6\*5,5 мод. ECTS) – підготовка до модульних контрольних заходів;

111 годин – підготовка питань, які не розглядаються під час аудиторних занять, в т.ч. 72 годин на вивчення планового навчального навантаження.

### 6.1. Завдання для самостійної роботи

№ п/п	Назва теми	Кількість годин	
		Денна форма	Заочна форма
1	2	3	4
1.	Інженерно-геологічна характеристика територій під забудову.	5	5
2.	Функціональне зонування територій. Вибір територій для міського будівництва.	5	5
3.	Формування забудови на заплавах та прибережних територіях.	5	5
4.	Основні гідрогеологічні властивості гірських ґрунтів.	5	5
5.	Методи оцінки стійкості схилів та укосів.	5	5
6.	Способи укріплення річкових берегів.	5	5
7.	Види водного обладнання.	4	4
8.	Інженерна підготовка територій, що складені торфом і мулом.	5	5
<b>Всього годин</b>		<b>39</b>	<b>39</b>

Підсумком самостійної роботи студента є розв'язки індивідуальних завдань з проведення глибокого містобудівельного аналізу стану міської забудови (план-картограми стану і рекомендації по використанню існуючої забудови, інсоляції, аерації, шумового режиму).

### 7. Індивідуальне навчально-дослідне завдання

Індивідуальне навчально-дослідне завдання складається із виконання курсової роботи. Відповідно до завдання, в курсовій роботі необхідно визначити область застосування п'ятиповерхового житлового будинку з поперечними і поздовжніми несучими стінами при дії на нього розрахункових горизонтальних деформацій розтя-

гуювання основи  $\varepsilon$ , направлених паралельно поздовжній осі будинку, і радіусі кривизни випуклості  $R = 6 \text{ км}$ .

При виконанні роботи необхідно розробити графічну частину в складі:

- розрахувати зусилля в заглибленій частині фундаменту і побудувати відповідні епюри;
- показати план фундаментів згідно вихідних даних;
- показати розріз фундаментів;
- зведену таблицю розрахованих навантажень.

Пояснювальна записка оформлюється в рукописному або друкованому варіанті на стандартному папері формату А4 (210×297мм) з одного боку. Поля: верхнє, нижнє та ліве – 20 мм, праве – 10 мм.

Захист курсової роботи відбувається у терміни, спільно обумовлені студентом і викладачем.

## 8. Методи навчання

Лекційний курс та практичні заняття супроводжуються ілюстративним матеріалом у вигляді:

- реальних проектів інженерної підготовки міських територій, виконаних проектними організаціями;
- навчальних проектів виконаних студентами (курсіві і дипломні проекти, магістерські роботи) ;
- макетів міської забудови, будівель та споруд;
- слайдів та відеофільмів;
- проектів, виконаних за допомогою ЕОМ і ручною графікою.

## 9. Методи оцінювання знань

Для визначення рівня засвоєння студентами навчального матеріалу використовуються такі методи оцінювання знань:

- поточне тестування після вивчення кожного змістового модуля;
- оцінка за курсову роботу;
- оцінка за самостійну роботу;
- підсумковий контроль (залік).

Для діагностики знань використовується модульно-рейтингова система зі 100-бальною шкалою оцінювання.



Національний університет  
водного господарства  
та природокористування

## 10. Розподіл балів, що присвоюються студентам

Курсова робота (фахова)													Сума
Розрахункова частина				Графічна частина					Захист				
20				39					41				100
Модуль 1											ПМ (залік)	Сума	
ЗМ 1			ЗМ 2					ЗМ 3					100
30			35					35					
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	
10	10	10	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	



Національний університет  
водного господарства  
та природокористування



## 2. Короткий зміст основних модулів та методичні рекомендації до їх вивчення

### **ТЕМА 1. Загальні відомості про інженерну підготовку територій. Основні задачі інженерної підготовки територій населених пунктів**

#### **1.1. Природні умови**

Характеристика території визначається сукупністю всіх природних умов місцевості, що утворюють середовище, в якому знаходиться місто і його населення.

До числа природних умов, які мають найбільше значення в містобудуванні відносять:

- а) природний рельєф території, відіграє головну роль в плануванні і забудові міста, в організації стоку поверхневих вод;
- б) атмосферні опади, які можуть викликати затоплення понижених місць, заболоченість окремих ділянок, порушення елементарних умов благоустрою;
- в) водні простори – моря, річки, озера, ставки і водосховища, які можуть призвести до затоплення територій при паводках, підмиву і переформуванню берегів.

Для розвитку і функціонування міста і його територій суттєве значення має стабільність поверхні ґрунту.

До числа природних фізико-геологічних процесів, що можуть виникати і діяти на території міст, відносять:

- затоплення міських територій атмосферними водами і паводками річок;
- яроутворення і розвиток ярів на міській території;
- зсуви і обвали;
- селеві потоки, що мають напрямок в сторону міста;
- карсти та просідання на території міста;
- порушення стабільності рельєфу в результаті водної і вітрової ерозії, а також вказаних вище процесів.

Процеси пов'язані з діяльністю людей, включають: деформації поверхні при підземних виробках, затоплення і підтоплення території при влаштуванні водосховищ і т. д.

Водна ерозія це розмив гірських порід проточними дощовими і талими водами. Процес розмиву є процесом руйнування і змиву гір-



ських порід, які вивітрюються, перенесення продуктів руйнування в понижені ділянки і відкладення їх в таких ділянках. Ерозія порушує стабільність рельєфу і поверхню території, що є причиною яроутворення. Дуже небезпечні селеві потоки, які змивають і несуть в собі утворені в результаті вітрової та водної ерозії маси ґрунту і крупні утворення.

Вивчення природних умов і процесів тісно пов'язане із вивченням рельєфу та його форм, геології і гідрології території, гідрології водних просторів, а також кліматичних умов, особливо атмосферних опадів.

Природні умови і процеси здійснюють суттєвий вплив на зонування території за функціональним призначенням, вибір поверховості забудови, трасування мережі вулиць, розміщення зелених насаджень.

Природні умови є вирішальними при побудові архітектурно-планувальної композиції міста.

## **1.2. Містобудівельна оцінка природних умов і вимоги до території сучасного міста**

Для правильного вибору територій для міста їх подальшого проектування та будівництва необхідна містобудівельна оцінка території, яка характеризує природні умови і їх відповідність вимогам планування, забудови та благоустрою міста.

Містобудівельна оцінка території є основною при визначенні обов'язкових заходів при інженерній підготовці в даних конкретних умовах території. Оцінка кожної із природних умов з містобудівельних позицій дозволяє визначити придатність території для міста.

При оцінці території розглядаються в сукупності всі природні умови, які мають містобудівельне значення:

- рельєф місцевості, особливо напрямки схилів, крутизна, перепад вищих і нижчих відміток, ступінь пересіченості;
- геологічні і ґрунтові умови, включаючи літологічні, стратиграфічні, морфологічні дані, також несуча здатність ґрунтів;
- гідрологічні умови, наявність і режим підземних вод;
- гідрологія водоймищ (морів, річок, озер, водосховищ);
- атмосферні опади середньорічні і максимальні, їх повторюваність.





В конкретних умовах місцевості в містобудівельну оцінку включається:

- в умовах рівнинної і слабопересіченості місцевості – природній стік поверхневих вод, наявність заболоченості і боліт, джерела живлення, горизонти і потужність потоку ґрунтових вод;
- в умовах пересіченості місцевості – стабільність поверхні, наявність водних потоків і ґрунтових вод, яри та яроутворення;
- в гірській місцевості – ґрунтові умови і ерозія на схилах гір, зсувні явища, можливість утворення селевих потоків і напрямок їх руху;
- для територій на берегах річок – режим річки і горизонти води, межі затоплення території, зсувні явища на схилах берегів.

Природні умови місцевості та фізико-геологічні процеси, які на ній проходять, визначають ступінь придатності території для будівництва міста. З містобудівельної точки зору, території за ступенем придатності розділяють на три категорії:

- сприятливі – території, які повністю придатні для будівництва, легко освоюються, не вимагають спеціальних заходів або вимагають нескладних заходів по їх інженерній підготовці;
- несприятливі – території, які обмежено придатні для будівництва, освоюються після здійснення складних заходів по їх інженерній підготовці із залученням об'ємних робіт і великою їх вартістю;
- особливо несприятливі – території, які не рекомендуються для освоєння.

В практиці будівництва в першу чергу забудовуються території повністю придатні і вимагають відносно не складних заходів по їх інженерній підготовці. Однак, при необхідності, використовуються обмежено придатні території і лише у виключних випадках, при дуже несприятливих умовах місцевості, будівництво здійснюється на територіях, що не рекомендуються для освоєння і розглядаються як не придатні території. В останніх випадках доцільність інженерної підготовки територій і освоєння їх вимагає техніко-економічного обґрунтування.

Загальні вимоги до міських територій, що характеризуються різними природними умовами наведено в табл. 1.1.

Території промислових зон і майданчики промислових підприємств повинні відповідати жорстким вимогам будівництва великих корпусів, автомобільних доріг і залізничних шляхів на під'їздах і на територіях промислових підприємств. Особлива увага звертається на природний рельєф території і його перетворення у зв'язку з об-



меженням ухилів і крутизни схилів на території промислового підприємства.

Таблиця 1.1

### Характеристика природних умов територій за ступенем придатності для житлового, цивільного і промислового будівництва

Природні умови	Ступінь придатності територій		
	сприятливі	несприятливі	особливо несприятливі
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
<b>Рельєф:</b> а) для житлового і цивільного будівництва  б) для промислового будівництва	З ухилом від 0,5 до 10%	З ухилом менше 0,5%; від 10 до 20%, а в гірській місцевості до 30%	З ухилом більше 20%, а в гірській місцевості більше 30%
	З ухилом від 0,3 до 3%	З ухилом менше 0,3% і від 3 до 5%	Без ухилу, а також із загальним ухилом більше 5% (за винятком випадків, що допускаються технологічними процесами виробництва)
<b>Ґрунти</b>	Які допускають зведення будівель і споруд без влаштування штучних основ і складних фундаментів	Які вимагають влаштування економічно доцільних штучних основ і складних фундаментів для будівель і споруд	Які вимагають влаштування особливо складних штучних основ і фундаментів
<b>Ґрунтові води</b>	Які допускають будівництво без проведення робіт по зниженню рівня ґрунтових вод або без влаштування гідроізоляції	Які вимагають економічно доцільного зниження рівня ґрунтових вод, влаштування гідроізоляції або проведення протикорозійних заходів	Які вимагають проведення особливо складних інженерних заходів по зниженню рівня ґрунтових вод
<b>Заболоченість</b>	Без заболоченості або із можливістю осушення територій найпростішими методами	Які вимагають виконання економічно доцільних спеціальних робіт по осушенню	Значні заболочення, торф'яники шаром більше 2 м



1	2	3	4
<b>Затоплюваність:</b> а) для житлового і цивільного будівництва  б) для промислового будівництва	Не затоплювані паводками 1%-ої забезпеченості (повторюваністю 1 раз на 100 років)  Не затоплювані паводками 1%-ої забезпеченості (1 раз на 100 років) для підприємств великого народногосподарського і оборонного значення; для інших підприємств 2%-ої забезпеченості (1 раз на 50 років); для підприємств з коротким строком експлуатації (10...15 років) – 10%-ої забезпеченості (1 раз на 10 років)	Затоплювані більш ніж на 0,5 м паводками 1%-ої забезпеченості (повторюваністю 1 раз на 100 років) і не затоплювані паводками від 1 до 4%-ої забезпеченості (1 раз на 25 років) Затоплювані більш ніж на 0,5 м паводками, що вказані в графі для придатних територій, які вимагають проведення економічно доцільних заходів по інженерній підготовці територій	Затоплювані більш ніж на 0,5 м паводками 4%-ої забезпеченості (повторюваністю 1 раз на 25 років)  Які затоплюються паводками з більш частішою повторюваністю
<b>Зсуви, карст і яри</b>	Відсутні	Знаходяться недіючі та діючі зсуви, карст і яри, що вимагають виконання нескладних економічно доцільних інженерних заходів	Знаходяться значно розповсюджені діючі зсуви, карст і яри, що вимагають виконання складних інженерних заходів
<b>Провітрювання території (для житлово-громадського будівництва)</b>	Добре провітрювані і захищені від сильних вітрів або що допускають влаштування вітрозахисних зон	Замкнуті котловани з тривалим застоюванням повітря і ділянки, які не захищені від сильних шкідливоносних вітрів	Розташовані в межах санітарно-захисних зон від промислових підприємств та інших джерел сильного забруднення атмосфери
<b>Інсоляція території (для житлово-громадського будівництва)</b>	Нормально інсолюючі протягом всього року	Затіннені більше половини нормальної тривалості інсоляції	Не інсолюючі протягом всього року



Необхідно враховувати при виборі і підготовці території для зелених насаджень: можливу ерозію ґрунту, характер ґрунтового покриття для сприятливого приймання зелених насаджень, пониження рівня ґрунтових вод. Загальні вимоги до природних умов територій зелених насаджень приведено в табл. 1.2. Конкретні показники, необхідні для містобудівельної оцінки території по рельєфу наведено в табл. 1.3.

Таблиця 1.2

**Характеристики природних умов територій за ступенем їх сприятливості для влаштування зелених насаджень (садів, парків)**

Природні умови	Ступінь придатності територій		
	сприятливі	несприятливі	особливо несприятливі
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
<b>Рельєф</b>	З ухилом до 0,1	З ухилом 0,1... 0,3	З ухилом більше 0,3
<b>Ґрунти</b>	За ґрунтовим шаром – чорноземи різні, червоноземи; за механічним складом – легкі і середні суглинки, супіски	За ґрунтовим шаром – слабо засолені, вилужені, кислі; за механічним складом – піски, глини середні і важкі; суглинки важкі	За ґрунтовим шаром – солонці, солончаки; за механічним складом – скельні породи (при суцільному заляганні)
<b>Ґрунтові води</b>	Рівень від 2 до 1,5 м від поверхні	Рівень від 1,5 до 0,5 м і від 2 до 3 м від поверхні	Рівень ґрунтових вод менше 0,5 м і більше 3 м від поверхні
<b>Затоплюваність</b>	Не затоплюються паводковими водами	Затоплюються паводковими водами не більше 15 днів	Затоплюються паводковими водами більше 15 днів
<b>Заболоченість</b>	Заболоченість відсутня	Заболоченість атмосферного живлення, легко осушувані	Болота ґрунтового живлення, важко осушувані
<b>Яри</b>	Стабілізовані глибиною до 5 м з пологими схилами	Стабілізовані глибиною до 5 м з крутими і обривистими схилами або глибиною більше 5 м з пологими схилами	Діючі



1	2	3	4
<b>Зсуви</b>	Відсутні	Окремі зсувні ділянки, що потребують укріплення	Багато зсувних схилів, що потребують укріплення
<b>Розмив і переробка берегів</b>	Відсутні	В кількох ділянках. Зона переробки не перевищує по ширині 10 м	Річки з блукаючими руслами, значний розмив і переробка берегів, зона переробки перевищує 10 м по ширині
<b>Карст</b>	Відсутні	Незначна кількість неглибоких чарунок затухаючого карсту	Значна кількість чарунок затухаючого карсту глибиною більше 10 м, наявність в межах території підземних пустот

Таблиця 1.3  
**Містобудівельна оцінка територій залежно від крутизни поверхні**

Категорія	Крутизна (ухил)	Містобудівельна оцінка територій
1	2	3
<b>I</b>	Менше 0,005	Сприятлива для розміщення забудови, трасування вулиць і доріг; несприятлива для організації стоку поверхневих вод і прокладання самопливних інженерних мереж.
<b>II</b>	0,005...0,03	Сприятлива і задовольняє вимоги забудови, прокладання вулиць і доріг; організації водовідведення і т.д. Вертикальне планування не викликає складних заходів.
<b>III</b>	0,03...0,06	В основному сприятлива для планування і забудови; створює деякі ускладнення в розміщенні будівель (протяжні, багатосекційні), в плануванні міських площ і трасуванні вулиць. Викликає значні роботи по перетворенню рельєфу.
<b>IV</b>	0,06...0,1	Створює великі складнощі при плануванні і забудові, при трасуванні вулиць і при прокладанні підземних інженерних мереж. Викликає складні і значні за об'ємом роботи по перетворенню рельєфу.



1	2	3
V	0,1...0,2	Несприятлива для розміщення забудови – викликає необхідність влаштування терас і використання будівель спеціальних конструкцій. Більше відповідає малоповерховій забудові. Створює ускладнення при прокладанні вулиць, доріг, площ і підземних комунікацій. Викликає складні і великі за об'ємом роботи по підготовці майданчиків і при будівництві споруд – влаштування терас, відкосів, підпірних стінок.
VI	Більше 0,2	Дуже несприятлива і складна для планування, забудови і благоустрою, дуже складна для трасування вулиць і прокладання підземних комунікацій. Викликає дуже великі труднощі при вертикальному плануванні. Освоюється при особливій необхідності і при відповідному техніко-економічному обґрунтуванні.

Приведені вимоги до природних умов сельбищних, промислових і зелених зон міст можуть бути уточнені і розширені залежно від географічного положення міста, кліматичних умов місцевості, характерних природних умов, а також від призначення міста, характеру його забудови і особливих вимог до міста і його території.

### 1.3. Інженерна підготовка міських територій

Сприятливі природні умови, що відповідають вимогам міського будівництва, не викликають необхідності в заходах по підготовці території. Однак в містобудівельній практиці освоюються території не сприятливі по відношенню до якої-небудь із природних умов і вимагають прийняття спеціальних заходів по їх підготовці.

Інженерна підготовка міських територій це інженерні заходи по перетворенню, зміні та покращенню природних умов, а також обмеженні фізико-геологічних процесів в їх розвитку та впливу на територію міст. Тому задачею інженерної підготовки є забезпечення стабільності поверхні території.

Другою важливою задачею інженерної підготовки є приведення в стан придатний для містобудівельного використання непридатних територій (яри, заболочені території і т. ін.).

Інженерна підготовка тісно пов'язана із інженерним благоустроєм і обладнанням міської території. Окремі заходи і споруди інже-



нерної підготовки одночасно є елементами благоустрою міста, як наприклад: організація стоку поверхневих вод і мережа міських водостічних колекторів, озеленення ярів, вертикальне планування територій і т.д.

Заходи по інженерній підготовці доцільно здійснювати із врахуванням збереження ландшафту. Споруди, які зводять у комплексі із інженерною підготовкою міських територій, повинні відповідати вимогам архітектурної композиції міських ансамблів, площ, берегових територій і у відповідності з генеральним планом міста. В першу чергу це відноситься до оформлення відкосів і схилів, влаштування підпірних стінок, вертикального планування, озеленення окремих ділянок і т.д.

Зміна якісного стану природних умов можлива в теперішній час в межах, що визначаються рівнем техніки і економічної доцільності проведення тих чи інших заходів.

Основними видами будівельних робіт, за допомогою яких здійснюється інженерна підготовка територій є:

- а) земляні роботи, пов'язані з переміщенням мас ґрунту, влаштуванням насипів і виїмок, шляхом використання землерийних транспортних машин, екскавації або за допомогою гідромеханізації;
- б) будівництво відкритих або закритих (підземних) систем водовідведення поверхневих (атмосферних) вод;
- в) будівництво дренажних систем при необхідності пониження рівня ґрунтових вод;
- г) будівництво споруд з метою стабілізації поверхні території (підпірні стінки, дамби і т. д.);
- д) будівництво відкосів насипів і природних відкосів при вертикальному плануванні в ярах і на зсувних ділянках, на берегах річок і т.д.

Для комплексного проектування, своєчасного і повного здійснення заходів необхідна попередня розробка схеми інженерної підготовки міста в цілому або його нового житлового району. В цій схемі намічаються заходи по всім природним умовам для всієї території повністю. Подібна схема входить в склад проектно-планувальних робіт і матеріалів по кожному місту. Однак зміст таких схем, що супроводжують генеральні плани міст в масштабі 1:5000 або 1:10000, є недостатньою для реального уявлення про об'єм і характер необхідних заходів, а також про черговість здійснення інженерної підготовки територій.



Особливе значення має правильне встановлення порядку проведення інженерної підготовки в загальному комплексі робіт, що включає будівництво будівель і споруд, благоустрій та інженерне обладнання міста.

В проектно-планувальних роботах порядок і склад матеріалів відповідає прийнятому порядку складання проектів планування і забудови міст.

При двостадійному проектуванні генеральних планів міст в першій стадії – розробка техніко-економічних основ міста – питання інженерної підготовки вирішуються у вигляді плану планувальних обмежень по інженерно-геологічним умовам з вказуванням меж затоплення, ярів, зсувних, карстових і заторфованих ділянок. На плані виділяються території, освоєння яких вимагає проведення заходів по інженерній підготовці. Масштаб плану приймається в 1:10000.

При розробці другої стадії, а також при одностадійному проектуванні генерального плану міста в склад матеріалів проекту включають схеми, що характеризують природні умови і заходи по інженерній підготовці території міста. Залежно від ступеня впливу природних умов і складності вирішення питань інженерної підготовки території визначаються склад матеріалів і масштаби планів в межах 1:10000...1:25000, а інколи при необхідності, в масштабі 1:2000...1:5000.

В склад матеріалів входять:

- інженерно-геологічна карта із вказуванням меж затоплення територій, ґрунтових умов, ділянок з високим рівнем ґрунтових вод, ярів, зсувів та інших природних умов;

- схема території, що виключається із забудови внаслідок наявності зсувів, карстів та інших природних умов і фізико-геологічних процесів;

- схема інженерної підготовки території міста, з показниками основних інженерних заходів, з визначенням по черговості їх виконання.

Для малих міст схема інженерної підготовки територій розробляється в масштабі 1:5000.

В проектах детального планування інженерна підготовка розробляється у вигляді схеми вертикального планування, організації водовідведення поверхневих вод, дренажу територій і спеціальних споруд, що використовуються для інженерної підготовки територій,





із визначенням об'єктів основних робіт. Схема виконується в масштабі 1:1000...1:2000.

В проектах забудови масштабу 1:500...1:1000 інженерна підготовка полягає у вертикальному плануванні, що уточнена за схемою, розробленою в генеральному плані і в проекті детального планування. Масштаб плану вертикального планування приймається 1:500...1:1000. Вихідним матеріалом для проектування вертикального планування в масштабах 1:500...1:1000...1:2000 є плани червоних ліній (меж вулиць, кварталів, мікрорайонів), а також плани з горизонтальними відмітками.

Питання інженерної підготовки включаються в проектування планування приміської зони міста. Схема природних умов і заходів по інженерній підготовці приміської зони розробляються в масштабі 1:25000...1:50000.

Прийняті в процесі проектно-планувальних робіт рішення є матеріалом (проектним завданням) для розробки технічних проектів і робочих креслень по здійсненню окремих або комплексних заходів і будівництву споруд по підготовці міських територій.

В процесі проектно-планувальних робіт, виконанні проектних схем, планів і карт проводяться інженерні вишукування, на основі яких вивчаються природні умови і встановлюються основні заходи по інженерній підготовці територій та по черговість їх виконання.

## **ТЕМА 2. Затоплення міських територій**

### **2.1. Причини, характер і наслідки затоплення територій**

Міста в минулому і тепер будувались і будуються на берегах морів, річок, озер і водосховищ. Берегові території завжди є найбільш привабливими для забудови і розміщення промислових підприємств, транспортних споруд та рекреаційних об'єктів. Однак, берегові території, в першу чергу, підлягають впливу фізико-геологічним процесам. Характерні риси берегових територій – зсуви, яри, розмиті береги і підмиви берегових схилів.

До найбільш несприятливих явищ відносяться затоплення міських територій або підвищення рівня води у водоймах (річках і водосховищах). Такі явища називають повенями і паводками.



**Повінь** – фаза водного режиму річки, що характеризується високим і тривалим підняттям рівня води, як правило, супроводжується виходом води із русла на заплаву. Викликається повінь головним джерелом живлення річки: на рівнинних річках – таненням снігів (весняна повінь), на високогірних – таненням снігу та льодовиків (літня повінь). Для річок однієї кліматичної зони повінь повторюється щорічно в один і той же сезон з різною інтенсивністю і тривалістю.

Паводок – швидке, порівняно короткочасне піднімання рівня води в будь-якому створі річки, що закінчується швидким спадом і, на відміну від повені, виникає нерегулярно. Величина підняття рівня і збільшення витрат води при паводках може в окремих випадках перевищувати рівень і найбільшу витрату повені. Паводок виникає від дощів, але в умовах нестійких зим може бути обумовлений інтенсивним короткочасним таненням снігів.

В результаті інтенсивних і короткочасних атмосферних опадів затоплюються, в першу чергу, низькі ділянки – заплави, інколи міські житлові райони з капітальною багатоповерховою забудовою.

Залежно від причин виникнення і тривалості дії на міську територію розрізняють тимчасові і постійні затоплення.

Тимчасові затоплення носять сезонний характер і властиві територіям, що розташовані на берегах річок з нерегульованим режимом, в результаті різкого і короткотривалого підняття рівня води при таненні снігів та сильних дощах у весняний період, а на деяких річках і в осінній період.

Найбільш небезпечними є затоплення при одночасному інтенсивному таненні снігів і проходженні грозових дощів.

Коливання рівнів води в річках залежно від площі стоку і режиму річок знаходиться приблизно в межах: для малих річок 2...3м, для середніх річок 5...8м і великих річок 8...25м.

Постійні затоплення міських територій виникають при проведенні крупних гідротехнічних робіт, що пов'язанні з влаштуванням водосховищ і будівництвом ГЕС, регулюванням стоку, зведенням обводнювальних систем, зведенням греблі та ін.

Тимчасові і постійні затоплення міських територій супроводжуються підтопленням територій, тобто підвищенням рівня ґрунтових вод.



Затоплення і підтоплення міських територій сприяє активізації фізико-геологічних процесів в межах берегової частини міста: зсувних процесів, яроутворення, переформування берегів.

Тимчасові і постійні затоплення та підтоплення територій вимагають заходів по огороженню територій та їх захисту.

Захист територій від затоплення є одночасно вирішенням питання про раціональне використання заплав, освоєння яких можливе тільки після підняття відміток їх поверхні шляхом суцільної підсипки або обвалування.

## 2.2. Захист міських територій від затоплення

В боротьбі із затопленням застосовуються різні заходи щодо захисту міських територій. Застосування тих або інших методів обумовлюється місцевими умовами, характером річки або водосховища (режим, витрати, рівні води) і особливостями їх використання, характером забудови і благоустрою затоплюваних територій.

Основними заходами по захисту міських територій від затоплення є:

а) суцільна підсіпка затоплюваних територій – підвищення поверхні території до деякої розрахункової відмітки;

б) обвалування території – огороження затоплюваної частини міста захисними дамбами – валами;

в) пониження найбільших витрат річки в межах міської території, регулювання стоку і витрат шляхом влаштування водосховищ вище міста по течії річки, створення відвідного скидного русла.

г) збільшення пропускної здатності річки в межах території міста для пропуску найбільших витрат при більш низьких горизонтах шляхом розчистки або заглиблення русла річки.

Застосування окремих заходів може обмежуватись територією міста і ділянкою річки в межах міської території. При необхідності і доцільності заходів вони поширюються і здійснюються не тільки в межах міста, але і за його межами, наприклад, створення водосховища вище по течії, що регулює витрати і рівні води в річці.

В багатьох випадках є доцільним застосування за межами населеного пункту різних комплексних заходів. Комплексне проектування і впровадження заходів по захисту територій передбачає не тільки інтереси міста, але і одночасно вирішення задач народногосподарського значення, що пов'язані з використанням річок. Такими



задачами є: забезпечення умов судноплавства, використання водної енергії (ГЕС), землекористування, забезпечення санітарно-технічних умов та ін. Комплексне вирішення цих задач потребує не лише виконання спеціальних робіт по вертикальному плануванню, будівництву водостічної мережі і дренажної системи, але і проведення гідротехнічних робіт на території міста та вище за течією річки (водосховища, греблі і т.д.).

### 2.3. Суцільна підсіпка затоплюваних територій

Суцільна підсіпка є одним із основних заходів захисту міських територій від затоплення. Вона здійснюється шляхом вертикального планування території та проведенням земляних робіт. Відведення поверхневих і підземних вод здійснюється звичайними способами.

Перевагою даного методу при захисті територій є гарантована незатоплюваність при розрахунковому рівні води в річці або водосховищі та можливість проведення інженерної підготовки території під забудову, рис. 2.1. Суцільна підсіпка дозволяє наблизити забудову міста до водного басейну.

Область застосування методу суцільної підсіпки обмежується відносно невеликими територіями, при об'ємах земляних робіт і капіталовкладеннях, що обґрунтовуються техніко-економічними показниками.

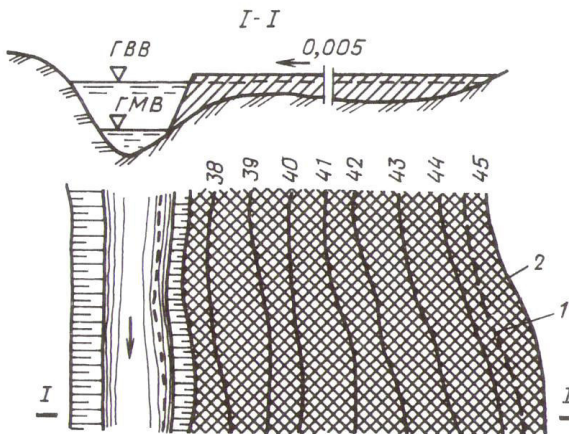


Рис. 2.1. Суцільна підсіпка територій

1 – межа затоплення; 2 – межа суцільної підсіпки; ГМВ – горизонт мілких вод; ГВВ – горизонт високих вод



Підсипка затоплюваних територій здійснюється на основі спеціального проекту, що передбачає підвищення відміток існуючого рельєфу до незатоплюваного рівня.

В проекті підсипки території встановлюються: основні параметри насипу (межі і площа території, що підсипається, висота насипу на окремих ділянках); об'єм земляних робіт по всій території та ділянках; спосіб виконання робіт; резерви ґрунту, спосіб його транспортування і ущільнення; розрахунок необхідної кількості машин, механізмів і т.д.

При визначенні найменшої відмітки території  $i$ , відповідно, висоти підсипки необхідно мати на увазі можливий підпір ґрунтових вод. При постійному затопленні (підіймання рівня води в річці, будівництво водосховищ) величина підпору визначається за формулою:

$$Z_i = \sqrt{h_n^2 - h_p^2 + h_d + Z_d} - h_i, \text{ м} \quad (2.1)$$

де  $Z_n$  – величина підпору ґрунтових вод в перерізі, що розглядається, м;  
 $h_n$  – підвищення рівня ґрунтових вод над водоупором в тому ж перерізі, м;  
 $h_p$  – підвищення рівня води в річці над водоупором в тому ж перерізі, м;  
 $Z_p$  – підпір, що створюється в річці, м;

Проектування відміток території при її суцільній підсипці здійснюється методами вертикального планування з врахуванням найменшої відмітки, що забезпечує не затоплення території і умови стоку поверхневих вод.

Висота підсипки визначається різницею у відмітках існуючого рельєфу території і проектних відміток вертикального планування території, яка підсипається.

Організація стоку поверхневих вод забезпечується шляхом відповідних напрямків ухилів та їх значень. Поверхня повинна мати ухил в повздовжньому і поперечному напрямках. Найменший ухил приймається 0,004, у виняткових випадках 0,003. Рекомендований ухил поверхні підсипки становить 0,005. Однак, будь-яке підвищення ухилів викликає збільшення загального об'єму земляних робіт.



При інженерній підготовці територій промислових підприємств суцільною підсипкою ухили майданчиків рекомендується приймати в межах від 0,003 до 0,03, залежно від умов і вимог технології підприємств.

Стік поверхневих вод з поверхні підсипки проектується в напрямку до річки або водосховища. В окремих випадках, при підсипці великих майданчиків і можливості скидання поверхневих вод в поперечні до водойми водотоки, проектують штучні пониження в напрямку, що паралельний береговій лінії збору і відведення поверхневих вод. По пониженій лінії споруджується колектор водостічної мережі. При ускладненні в скиданні води із колектора споруджуються насосні станції перекачування зібраних вод. Такий варіант вертикального планування може сприяти різкому зменшенню об'ємів і вартості земляних робіт.

При високому рівні ґрунтових вод додатковим елементом захисту територій від затоплення є дренажна система. Проектування дренажних систем здійснюється за загальними правилами і нормами спорудження дренажних систем.

Укріплення відкосів підсипки здійснюється різними типами одягу, який вибирається по ряду техніко-економічних показників: висоти відкосу, режиму і рівні води в річці або водосховищі, умов і горизонту льодоходу, швидкості течії води, напрямку дії хвиль і т.д. У виборі типу одягу також враховуються умови будівництва, наявність місцевих матеріалів, форма відкосу і відповідність типу одягу архітектурним вимогам.

В якості одягу для укріплення відкосів можуть використовуватись дерн, кам'яне мощення, бетонний одяг у вигляді збірних або монолітних елементів.

В умовах міста, особливо в його центральних районах, укріплення відкосів виконують влаштовуючи підпірні бетонні і залізобетонні стінки, збірні конструкції без облицювання або з облицюванням зовнішньої сторони стінки гранітними або іншими плитами.

Земляні роботи із влаштування підсипки здійснюється шляхом суцільної підсипки привозним ґрунтом і за допомогою гідромеханізації, тобто наміванням ґрунту. В більшості випадків намівання ґрунту вимагає менших затрат, ніж суцільна підсипка території.



Роботи по підсипці та наміванню ґрунту на територіях зі значною площею проводять по чергово згідно темпів освоєння міських територій.

#### 2.4. Розрахункові рівні води і відмітки територій

Залежно від містобудівельного використання територій допускається можливість їх затоплення, що повторюється протягом кількох років. Періодичне затоплення територій один раз за певну кількість років характеризується забезпеченістю у відсотках.

Велике значення має капітальність забудови і поверховість будівель, а також щільність забудови і щільність населення.

Відповідно до правил і норм планування і забудови міст, території, що затоплюються частіше одного разу на 25 років (забезпеченість 4 %), з найвищим рівнем затоплення заплави більше 0,6 м, відносяться до несприятливих територій, які потребують захисту від затоплення. При затопленні територій з капітальною забудовою забезпеченість приймається в межах від 1 до 3%, що відповідає затопленню один раз на 100 років і один раз на 33 роки. При особливо важливій забудові забезпеченість приймають 0,5% (затоплення один раз на 200 років), у виняткових випадках, при необхідності захисту від затоплення життєво важливих споруд і підприємств, забезпеченість приймають в межах до 0,1% (можливість затоплення один раз 1000 років).

Для малоцінної забудови, незабудованих територій та територій зелених насаджень забезпеченість приймають в межах від 4 до 10% (із затопленням один раз на 25...10 років).

Розрахункові рівні води і забезпеченість є вихідними даними у встановленні найнижчої відмітки підсипки при вертикальному плануванні затоплюваної території та відмітки гребеню дамби. При встановленні розрахункового рівня води необхідно враховувати підвищення горизонту в річках при звуженні русла дамбами обвалування.

На малих річках при малій забезпеченості найнижча відмітка підсипки території визначається за формулою:

$$H = H_g + a, \quad (2.2)$$



де  $H_0$  – розрахункова відмітка рівня води найвищого розрахункового горизонту, м;

$a$  – запас по висоті відкосу над розрахунковим рівнем води, приймається 0,25...0,50 м.

На великих річках і великих водосховищах при розрахунку відмітки гребеня дамби враховують вплив вітрових хвиль і проводять хвильові розрахунки.

Розрахункова відмітка гребеня дамби при наявності вітрових хвиль визначається за формулою (рис. 2.2):

$$H = H_0 + \Delta h + h_n + a, \quad (2.3)$$

де  $H_0$  – розрахункова відмітка високого рівня води, м;

$\Delta h$  – підняття горизонту води під впливом вітрового навантаження, м;

$h_n$  – найбільша висота нахату хвилі на відкіс, м;

$a$  – запас по висоті відкосу дамби, приймається рівним 0,25...0,5 м.



Рис. 2.2. Розрахункова схема при врахуванні дії вітрових хвиль

Значення розрахункової відмітки високого рівня води ( $H_0$ ) приймається на основі розрахункової витрати і забезпеченості, прийнятої для даної території. Підняття горизонту води під впливом вітрового навантаження ( $\Delta h$ ) приймається по місцевим спостереженням в межах 0,3...1,0 м залежно від площі водойми; на малих водосховищах  $\Delta h$  становить 0,5 м, і на великих 1,0 м.

Найбільша висота нахату хвилі ( $h_n$ ) приймається в межах 0,4...1,0 м, зазвичай вибір обмежується 0,5 м.

Повна висота дамби  $H$  визначається за формулою:

$$H = H_0 + H_0 + \Delta h + h_n + a, \quad (2.4)$$

де  $H_0$  – відмітка дна річки або водосховища біля дамби.





Розрахункову відмітку гребеня дамби або найнижчу відмітку підсіпки території можна визначити і за такою формулою:

$$H = H_г + \Delta h + 1,5h, \text{ м}, \quad (2.5)$$

де  $H_г$  – розрахунковий горизонт високих вод, м;  
 $h$  – висота хвилі з врахуванням набігу, м.

Висота хвилі з урахуванням набігу ( $h$ ) визначається за різними емпіричними формулами. За В.Г. Адрєяновим, вона рівна:

$$h = 0,0208V^3 / 4L^{1/2}, \text{ м}, \quad (2.6)$$

де  $h$  – висота хвилі, м;  
 $V$  – швидкість вітру, м/с;  
 $L$  – довжина розгону хвилі (відстань від відкосу до протилежного берегу), км.

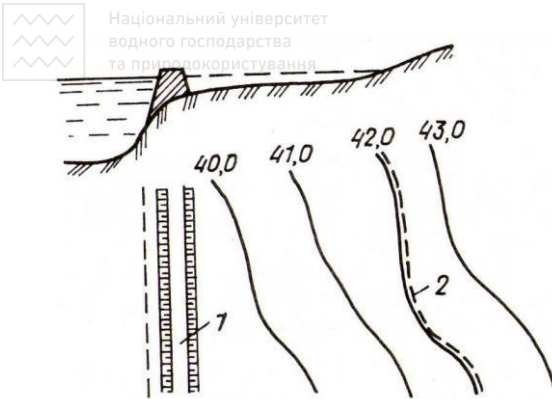
Наведена формула застосовується при швидкості вітру до 15 м/с і довжині розгону хвилі до 30 км.

Для проведення попередніх розрахунків перевищення гребеня дамби ( $H_г$ ) над розрахунковим рівнем води приймають рівним 1,5...3,0 м.

## 2.5. Обвалування затоплюваних територій

Обвалування затоплюваних територій порівняно із суцільною підсіпкою (рис. 2.3) має безперечні переваги внаслідок значно менших об'ємів земляних робіт. Однак, наявність дамб ускладнює стік поверхневих вод, особливо в період одночасного стояння високих рівнів води в річці та проходження дощів, і потребує проведення спеціальних заходів для організації стоку (насосні станції для перекачки води, створення регулюючих басейнів і т.д.). Також ускладнюється задача пониження рівня ґрунтових вод, що вимагає влаштування дренажної системи, з перекачуванням вод у водойму.

Дамби відокремлюють територію міста від водного простору, ускладнюють вихід населення до води, що з містобудівельної точки зору не можна розглядати як позитивне явище.



**Рис. 2.3. Обвалування затоплюваних територій**  
1 – дамба обвалування; 2 – межа можливого затоплення

Область застосування методу обвалування поширюється на великі за площею затоплення території, а також на території з існуючою капітальною забудовою.

Залежно від рельєфу затопленої міської території і необхідності в захисті від затоплення, обвалування охоплює всю територію міста або його частину. Зокрема, обвалування може здійснюватись з метою захисту окремих ділянок або територій промислового підприємства.

Вибір принципової схеми обвалування залежить від місцевих умов: рельєфу, поширення вод при розрахунковому рівні, наявності водотоків на території міста і т.д.

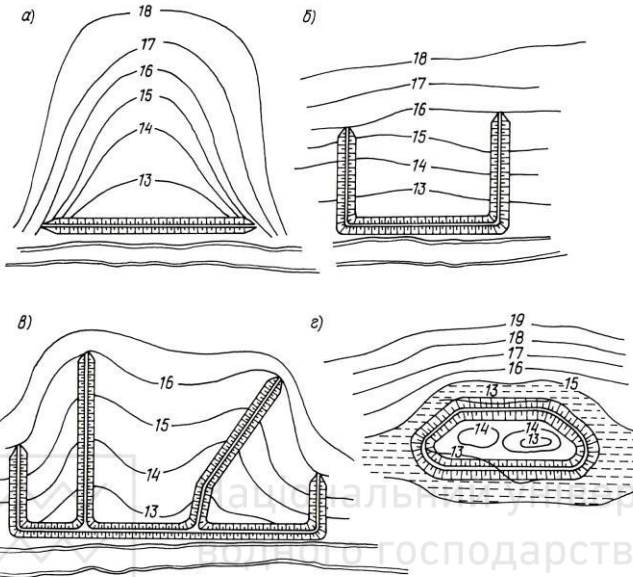
Основними варіантами обвалування території міста є (рис. 2.4):

- розташування дамби вздовж водойми з примиканням до схилу долини на відмітках незатоплюваних територій;
- розташування дамби вздовж водойми і по межах території, що захищається з влаштуванням поперечних до водойми дамб, які примикають до незатоплюваних берегових схилів;
- огороження затопленої території ділянками, які влаштовують з метою пропуску значного водотоку;
- кільцеве (кругове) огороження території міста або ділянки території.

Як правило, при проектуванні розробляється кілька варіантів, траси дамб, що передбачає захист затопленої території. Вибір оптимального варіанту виконується на основі техніко-економічних показників і вартості будівництва, включаючи не лише влаштування дамб і пов'язаних з ними споруд, але і витрати по реконструкції



планування і забудови міста або його району на затоплюваній території (в існуючих містах).



**Рис. 2.4. Основні варіанти обвалування територій**

*а)* – дамба вздовж водойми з примиканням до схилів; *б)* – дамба вздовж водойми з поперечними ділянками; *в)* – огороження окремими ділянками; *г)* – кільцеве обвалування

Відповідно до прийнятої схеми обвалування території встановлюється розташування огорожуючих дамб в плані. Траси дамб прокладають прямолінійно або по плавним кривим з найменшою протяжністю. Вибір оптимальної траси дамби виконується з врахуванням розподілення швидкостей течії в річці та руслових процесів, що залежить від ширини русла річки при проходженні високих вод.

Дамби обвалування бувають незатоплювані і затоплювані. На територіях, що підлягають міській забудові, дамби споруджуються незатоплюваними, тобто без можливості переливання води через гребінь дамби при розрахунковому рівні. Вони служать постійним захистом території міста від затоплення. Затоплювані дамби застосовуються при огороженні території, періодичне затоплення яких допускається, як, наприклад, зелені насадження, розташовані в заплаві річки, і т.д.



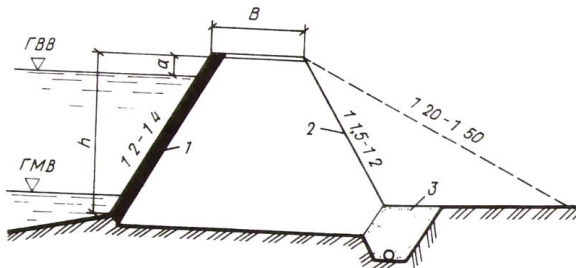
Конструкція дамби повинна задовольняти вимоги стійкості відкосів, гребеня і дамби в цілому під дією води, хвиль, льоду, а також в умовах обмеження фільтрації води через дамбу.

Стійкість дамб визначається надійністю стабільного стану відкосів, та дамби разом з її основою.

Поперечний профіль дамби, як правило, має форму трапеції. При значній висоті дамби можливе влаштування берми зі сторони берегу шириною 1,5...2 м (рис. 2.5). Ширина дамби по верху визначається умовами її використання. При роботі дамби тільки як огорожуючої захисної споруди ширина по гребеню приймається: при влаштуванні дамби із суглинистих ґрунтів з протифільтраційним пристроєм не менше 3 м; із піщаних фільтруючих ґрунтів – не менше 10...15 м. Найменша ширина в 3...4 м забезпечує проїзд по дамбі автомобілів і спеціальних машин при ремонті дамби і в аварійних випадках.

При використанні дамби в якості міського проїзду, зокрема для швидкісного руху, або місця відпочинку і прогулянок населення міста у вигляді бульвару із зеленими насадженнями, ширина дамби по верху визначається додатковими розрахунками.

Ухил верхнього відкосу дамби зі сторони водойми приймають в межах від 1:2 до 1:4, залежно від типу кріплення, а нижній зі сторони берегу – в межах від 1:1,5 до 1:2. Для виконаних дамб із фільтруючих ґрунтів ухил верхнього відкосу приймають в межах від 1:4 до 1:10, а нижнього – від 1:2,5 до 1:4. При відсутності укріплення відкосів їм надають похилого значення з ухилом від 1:20 до 1:50.



**Рис. 2.5. Поперечний профіль дамби обвалування**

1 – верхній відкіс з кріпленням; 2 – нижній відкіс; 3 - придамбовий дренаж;  $a$  – запас по висоті;  $b$  – ширина дамби по верху;  $h$  – висота дамби



Відкіс із сторони водойми повинен бути захищеним від дії течії, хвиль і льоду. Типи укріплень відкосів такі ж, як і при суцільній підсипці територій.

При високому рівні води в тілі дамби створюється фільтраційний потік. Тому при проектуванні дамби виконується розрахунок її поперечного профілю на фільтрацію, визначається фільтраційна витрата і будується крива депресії. Для зменшення фільтрації (при необхідності) в дамбі передбачають водонепроникні ядра, екрани або діафрагми. Зі сторони берега вздовж дамби проектується дренаж.

Особливої уваги заслуговує комбінована система захисту міських територій від затоплення, що включає елементи суцільної підсипки і обвалування. Суть такої системи полягає в підсипці території до відмітки, що відповідає деякому забезпеченню і розрахунковому рівню при піднятті води в річці, і спорудженні дамби на підсипці меншої висоти, яка відповідає більш високій забезпеченості та високим рівням води в річці.

## 2.6. Пониження найбільших витрат річки

Захист від затоплення методом регулювання стоку, тобто пониження найбільших витрат річки, здійснюється в період найбільших витрат і найвищих рівнів пропуском в нижній б'єф водосховища тільки таких витрат, які не викликають підняття рівня води в річці вище розрахункового рівня, що забезпечує не затоплення міської території.

При граничній витраті річки ( $Q_{дон}$ ) і розрахунковій максимальній витраті ( $Q_p$ ) регулюючий об'єм водосховища ( $V$ ) визначається для малих річок за формулою:

$$V = W \left( 1 - \frac{Q_{ддi}}{Q_{\delta}} \right), м^3 \quad (2.7)$$

де  $W$  - об'єм стоку річки за період розрахункового паводка або повені,  $м^3/сек.$

Влаштування водосховищ, що регулюють рівень води в річках, створює значні за об'ємом роботи, особливо при великому річному

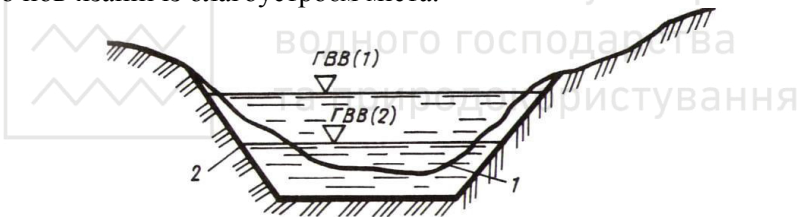


стоці. Доцільність застосування цього методу безперечна при влаштуванні водосховищ з комплексним їх використанням (обводнення річок, енергетика і т.д.) Однак, можливість використання водосховищ в інтересах захисту затоплюваних територій залежить від функціонального їх призначення.

## 2.7. Збільшення пропускної здатності русла річки

Збільшення пропускної здатності русла річки досягається розчисткою, заглибленням, а також його виправленням та супроводжується великими об'ємами робіт, які визначаються витратами річки та повздожніми ухилами її русла.

Даний метод найчастіше доповнює основні методи – підсипку і обвалування територій. Його перевагою є можливість пониження розрахункової відмітки поверхні території або гребеню дамби (рис.2.6). Крім того, метод розчистки, заглиблення або розширення русла річки є вирішальним при розв'язанні інших інженерних задач, що пов'язанні із благоустроєм міста.



**Рис. 2.6.** Збільшення пропускної здатності русла річки

1 – існуюче русло; 2 – нове русло; ГВВ (1) – горизонт високих вод при існуючому руслі; ГВВ (2) – горизонт високих вод при новому руслі

При пониженні рівня води в річці шляхом заглиблення русла заглиблення виконують по довжині вверх по течії річки, для запобігання розмиву при збільшенні ухилу і вниз по течії, для запобігання підпору від нижньої нерегульованої ділянки річки.

Область застосування даного методу обмежується малими річками з малими площами водозбору. На великих річках з малими повздожніми ухилами збільшення пропускної здатності русла річки є не ефективним.

При вирішенні питань захисту територій міст від затоплення і пов'язаних з ними питань інженерної підготовки міських територій



важливим є вірний вибір і техніко-економічне обґрунтування заходів, що проектуються та впроваджуються. Економічна оцінка заходів по захисту територій визначається вартістю робіт на 1 га території, що захищається від затоплення.

## 2.8. Водотоки і водовідведення в умовах обвалування територій

При захисті міських територій від затоплення методом обвалування необхідно враховувати, що в період підняття горизонту води виникає ряд обставин, що ускладнює експлуатацію дамби. Вони потребують проведення спеціальних заходів, пов'язаних з можливістю: затоплення міської території поверхневими водами в басейні огороженої території у зв'язку зі складністю їх скидання самопливом внаслідок різниці відміток водостічної мережі та рівня води в річці або водоймі; затоплення територій водотоків, що проходять по огороженій території, через різницю у відмітках рівнів води у водотоці та річці; підтоплення міської території внаслідок підпору і фільтрації води через тіло дамби і її основу.

Організація стоку поверхневих вод з міської території при захисті її від затоплення дамбами обвалування на відміну від суцільної підсіпки має свої особливості, що пов'язано зі складністю відводу поверхневих вод в період високих рівнів в річці. При низьких рівнях води в річці скидання поверхневих вод здійснюється самопливом через тіло дамби, причому труби забезпечуються спеціальними клапанами і засувками, що перекривають стік під час повені і паводків.

Для запобігання затоплення міської території поверхневими водами, застосовуються такі заходи: тимчасова акумуляція поверхневих вод в накопичувальних басейнах та інших регулюючих ємкостях; перекачування зібраних поверхневих вод через дамбу за допомогою насосних станцій. В якості накопичувальних басейнів на території міста можуть використовуватись існуючі та новостворені ставки.

Водостічна мережа міста проектується таким чином, що траси головних колекторів, які збирають поверхневі води із всього басейну стоку, закінчуються в 2-3 місцях розташування накопичувальних басейнів. Об'єм накопичувальних басейнів розраховується за максимальними витратами водостічних колекторів. Розрахунок проводиться на максимальні витрати із 1% забезпеченістю (одноразове переповнення басейну можливе 1 раз у 100 років). При визначенні місця для зведення накопичувального басейну необхідно врахову-





вати, що при перевищенні розрахункового дощу, що приймається для визначення ємкості накопичувального басейну, може затоплюватись деяка територія, що розташована біля басейну.

Об'єм накопичувального басейну при повній акумуляції поверхневого стоку ( $V$ ) визначається за формулою:

$$V = 10h\psi F, \text{ м}^3 \quad (2.8)$$

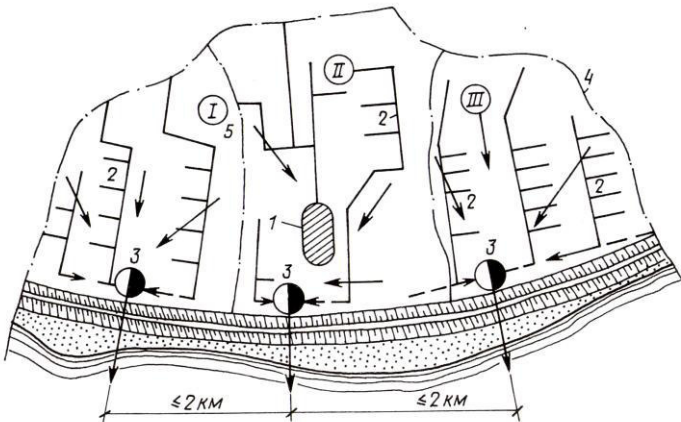
де  $h$  – максимальний шар опадів за період паводку,  $\text{мм}$ ;

$\psi$  – середній коефіцієнт стоку, який приймається залежно від благоустрою міської території,  $\psi = 0,4 \dots 0,7$ ;

$F$  – площа водозбірного басейну,  $\text{га}$ .

Накопичувальні акумулюючі басейни виконують свої функції збору поверхневих вод тільки під час паводків, але в декоративних та рекреаційних цілях вони зберігають своє значення як міські водойми впродовж року. Із накопичувальних басейнів зібрана вода скидається в річку після пониження в ній рівня.

Другий спосіб скидання поверхневих вод, який забезпечує незатоплюваність міської території – механічне перекачування їх у водойму. Водостічна мережа в такому випадку проектується таким чином, щоб зібрані води направлялись до насосних станцій. Насосні станції розташовуються в кожному басейні стоку, в понижених місцях. Залежно від розміщення насосних станцій трасуються головні колектори дощової каналізації рис. 2.7.



**Рис. 2.7. Схема організації стоку поверхневих вод з механічним перекачуванням**

1 – накопичувальний басейн; 2 – водостічний колектор; 3 – насосна станція; 4 – межа загального басейну стоку; 5 – номер басейну стоку





Кількість насосних станцій і їх розміщення визначається залежно від кількості басейнів стоку, площі стоку, загальної протяжності водостічної мережі міста і розрахункової витрати в колекторах цієї мережі. При наявності значних площ стоку, а також при великій протяжності дамби вздовж берегу річки необхідно передбачати спорудження кількох насосних станцій.

Оскільки дощі випадають нерівномірно, надходження води на насосні станції також характеризується нерівномірністю і періодичністю. Нерівномірність стоку, в свою чергу, пов'язана з різним режимом роботи насосних станцій. Щоб запобігти таким обставинам, доцільно влаштовувати на насосних станціях регулюючі резервуари. Їх зведення дає можливість створити оптимальні умови роботи станцій, що дозволяє зменшити потужність насосів за рахунок збільшення часу перекачування поверхневих вод.

Пониження та стабілізація горизонту поверхневих вод на підтоплюваній території здійснюється шляхом влаштування дренажної системи – берегового дренажу з перекачуванням зібраних дренажних вод у річку або водосховище.

## **ТЕМА 3. *Захист міських територій від підтоплення***

### **3.1. Загальні відомості про підземні води**

Всі гірські породи поділяються на водопроникні і водонепроникні. Перші поглинають воду і транспортують її в своєму середовищі. Другі не пропускають воду і, підстилаючи водопроникні водоносні шари, є для них водоупором.

Джерелами живлення ґрунтових вод на території міста є:

- атмосферні води, що проникають в ґрунт шляхом інфільтрації опадів;
- підземні води, що поступають з верхніх територій у вигляді потоків води в товщі водоносних шарів;
- руслові води річок і водосховищ, що проникають в товщу берегового ґрунту в результаті фільтрації цих вод.

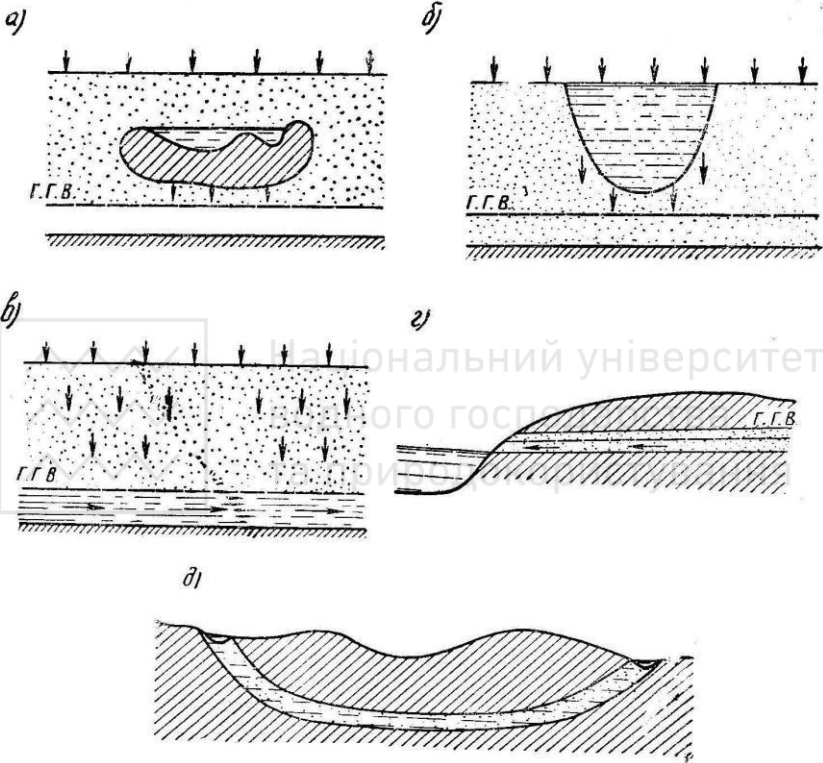
Підземні води в межах міських територій за видами джерел живлення і положенням під поверхнею землі поділяють на такі групи:



Національний університет

водного господарства  
та територіального розвитку

– верховодка – атмосферні води, що просочились з поверхні землі та затримались на окремих водоупорних лінзах на порівняно невеликій глибині (рис. 3.1а); утворюється в період дощів або танення снігів, має непостійний рівень внаслідок поступового просочування води через лінзи. Утворення верховодки залежить від організації поверхневого стоку і загального благоустрою території міста;



**Рис. 3.1. Види підземних вод**

а) – верховодка; б) – підвішені води; в) – ґрунтові води; г) – міжпластові води; д) – напірні води; ГГВ – горизонт ґрунтових вод

– підвішені води утворюються атмосферними опадами, які випадають і просочуються на ділянках слабо проникних ґрунтів; не мають водоупору і утримуються в ґрунті капілярним натягом (рис. 3.1б). Зберігаються нетривалий період і просочуються до водонос-



ного горизонту. Утворення таких вод визначається станом поверхні, рівнем організації стоку і благоустрою території;

– ґрунтові води утворюються інфільтрацією атмосферних опадів в землю і фільтрацією із водойм, створюючи потік підземних вод. Це перший від поверхні водоносний шар, що залягає на витриманому водоупорі, з розповсюдженням на великі площі (рис. 3.1є). Рівень ґрунтових вод підлягає зміні залежно від пори року і опадів. Ґрунтові води часто зустрічаються на порівняно невеликій глибині від поверхні ґрунту та відіграють головну роль підтопленні міських територій і, відповідно, в інженерній підготовці та благоустрої;

– між пластові води – підземні води, розташовані між двома водоупорами (рис. 3.1з). Вони можуть бути безнапірними і напірними. Вони залягають на великій глибині та рідко підтоплюють міські території. Однак, в деяких випадках у верхньому водоупорному шарі можливе капілярне підняття води, що може викликати надлишкове зволоження ґрунту або підтоплення території;

– напірні води – підземні води, які перебувають під тиском, що значно перевищує атмосферний, і належать до водоносних горизонтів, які залягають між водотривкими пластами в межах геологічних структур (рис. 3.1д). Напірні води часто називають також артезіанськими водами.

### **3.2. Задачі інженерної підготовки підтоплюваних територій**

Підтоплення міських територій виникає при високому рівні підземних вод і ускладнює будівництво та експлуатацію будівель і споруд, погіршує санітарні умови міських територій. Вода, що виходить на поверхню або наближається до неї, утворює заболочення або болота. Надлишок вологи сприяє пониженню несучої здатності ґрунту, що має суттєве значення при проектуванні та зведенні будівель і споруд.

Підземні води сприяють ерозії ґрунтів, утворенню ярів, активізації зсувних процесів та ін.

Задачами інженерної підготовки при підтопленні території є: пониження рівня підземних вод, осушення територій, захист міських будівель і споруд від підтоплення.



Ці задачі вирішуються шляхом влаштування дренажних систем в комплексі з вертикальним плануванням міської території і організацією стоку поверхневих вод.

**Дренажні системи** застосовуються в інженерній підготовці і благоустрої територій з ярами, зсувними схилами, при захисті міської території від підтоплення водами річок і водосховищ, при підйомі в них рівня води, що викликаний підвищенням рівня ґрунтових вод. Дренажні системи влаштовують при будівництві міських вулиць і доріг, підземних тунелів, глибокоземних споруд, підпірних стінок на набережних та в інших випадках.

Допустимий рівень підземних вод залежить від призначення підтопленої території, існуючих та запроектованих будівель і споруд. Найменша допустима глибина від поверхні до найвищого рівня підземних вод називається **нормою осушення**.

Для різних за призначенням і забудовою міських територій норма осушення становить:

- для території із забудовою що має підземні приміщення – 0,5...1м, від підлоги підземного приміщення до найвищого рівня підземних вод;
- для територій із забудовою що не має підземних приміщень – 0,5м від підшви фундаменту будинку до найвищого рівня підземних вод;
- для територій зелених насаджень – 1...2м, залежно від типу, порід дерев і кущів;
- для територій сільськогосподарських культур – 0,5...1м, залежно від виду культури;
- для міських вулиць, доріг і площ – 0,5...2м, залежно від ґрунту і конструкції дорожнього одягу.

### 3.3. Типи дренажів і дренажних систем

**Дренаж** представляє собою систему пристроїв для штучного пониження рівня ґрунтових вод, що розрахований на тривалий період безперервної дії.

**Дренажні системи** – це окремі лінії або дренажні мережі, які складаються з дренажних осушувачів, дренажних збирачів, колекторів для відводу поступаючих в мережу підземних вод і спеціальних споруд на мережі (оглядових колодязів, насосних станцій та ін.).



Загальна ідея роботи дренажної системи полягає в тому, що ґрунтові та інфільтраційні води (атмосферні) поступають в дрени в силу зменшення опору дрен у порівнянні з ґрунтом і різким збільшенням коефіцієнту фільтрації в конструкціях дрен. Вода спрямовується до дрен по лінії найменшого опору. Залежно від положення водоопору і дрен, а також джерел ґрунтових вод вода поступає в дрени з різних напрямків.

За конструктивними рішеннями дренажні системи поділяють на:

- відкритий дренаж;
- закритий дренаж з дрениуючим матеріалом;
- закритий трубчастий дренаж;
- галерейний дренаж;
- вертикальний дренаж;
- пластовий дренаж.

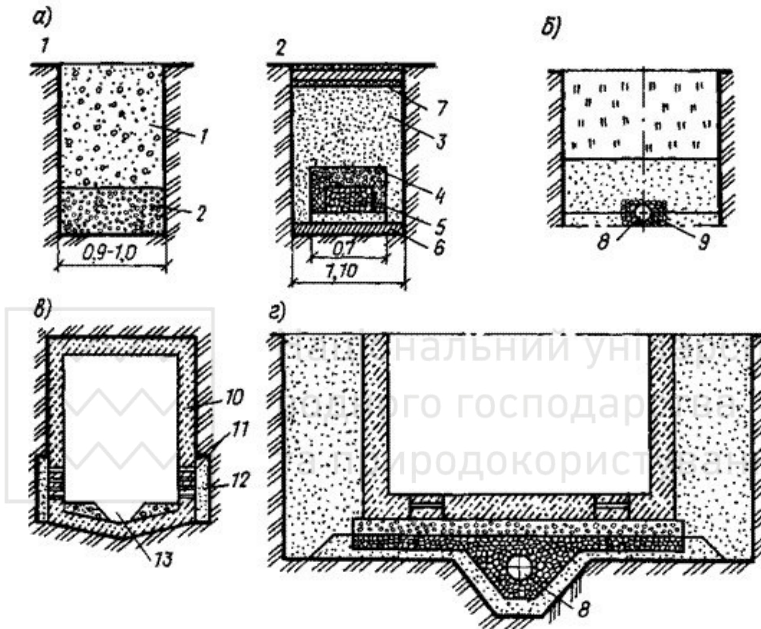
**Відкритий дренаж** найпростішого типу – це система відкритих каналів або траншей. Їх глибина обмежена умовами виконання робіт і експлуатації. При невеликій глибині каналу мають природні відкоси, а при збільшенні глибини – бокові відкоси укріплюють пластинами із дерев'яних рам, а щілини між ними служать для прийому ґрунтових вод.

Застосування відкритих дренажів в умовах міста несумісне з благоустроєм міських територій, з міськими вулицями і забудовою. Тому, відкритий дренаж може влаштовуватись на незабудованій території, на ділянках зелених насаджень, в приміській зоні міста і в зоні відпочинку. Однак, і в цих умовах відкриті канали і траншеї необхідно розглядати як тимчасові заходи, які при першій можливості необхідно замінити підземним дренажем.

**Закриті дренажі** – це траншеї з вертикальними стінками (рис.3.2а), заповнені дрениуючими матеріалами. Такий дренаж не перешкоджає використанню території з містобудівельною метою, але в містах з капітальною багатоповерховою забудовою цей тип дренажу не може забезпечити стабільне пониження рівня ґрунтових вод і не виключає можливість виникнення аварій і катастроф. Надійність роботи закритого дренажу, можливість його постійного засмічення і складність очищення визначає його застосування тільки на територіях з некапітальною тимчасовою забудовою, на ділянках зелених насаджень, в приміській зоні і т.д.



Різновидом закритого підземного дренажу є **трубчастий дренаж**, який використовують в міських умовах (рис. 3.2б) Конструкція трубчастого дренажу представляє собою дренажну трубу з дренажною обсіпкою, яка захоплює ґрунтові води. Траншея трубчастого дренажу засипана повністю і на поверхню землі виходять лише люки колодязів, які встановлені на дренажних лініях.



**Рис. 3.2. Конструктивні рішення дренажів:**

а) – закритий дренаж найпростішого типу; 1 – щебеневий дренаж; 2 – кам'яно-щебеневий дренаж; б) – закритий, трубчастий дренаж; в) – галерейний дренаж; г) – пластивий дренаж; 1 – місцевий ґрунт; 2 – щебінь або гравій; 3 – пісок; 4 – гравій; 5 – кам'яна викладка; 6 – глинобетонна подушка; 7 – два шари дерну з глиняним прошарком; 8 – дренажна труба; 9 – дренажна обсіпка; 10 – бетон; 11 – водоприймальні отвори в стінках; 12 – дренажний шар піску; 13 – лоток в галереї

Для влаштування трубчастого дренажу використовуються керамічні, бетонні і азбестоцементні труби. Ґрунтові води поступають в труби через незаповнені стики, щілини і отвори. Найбільш доцільно застосовувати перфоровані азбестоцементні труби із стиками з муфтами або без них.



Діаметри дренажних труб знаходяться в межах 100...250мм, але можуть бути і більші, дренажних колекторів, які відводять зібрані води – 400 мм і більше.

В якості фільтраційного матеріалу в дренажній системі використовують гравій, щебінь та крупнозернисті піски. Фільтраційний матеріал (обсипку) – є основним елементом дренажу, що здійснює захват підземних вод. Обсипка є проміжним шаром між дрібними фракціями водонасиченого ґрунту і водоприймальними отворами дренажних труб. Вона запобігає виносу частинок водонасиченого ґрунту в дренажну трубу, але й сама не повинна проникати в неї. Тому в обсипці повинна бути дрібна і крупна фракції матеріалу, який використовується. В кожному конкретному випадку виконується підбір складу обсипки з врахуванням крупності зерен ґрунту водонасиченого шару і самої обсипки.

Альтернативою трубчастого дренажу є трубофільтри – пористі труби, стінки яких виконують функції обсипки. В такій конструкції звичайна обсипка відсутня або застосовується у простішому вигляді. Трубофільтри виготовляють із пористого бетону, керамзитобетону і керамзитоскла. Трубофільтри з пористого керамзитобетону застосовуються у ґрунті поза зоною промерзання і при відсутності агресивних вод, трубофільтри із керамзитоскла – в умовах агресивних вод.

В якості підземних дренажів в несприятливих умовах, зокрема, на зсувних територіях, застосовують *галерейні дренажі* прохідного або напівпрохідного типів (рис. 3.2в), що прокладаються у відкритих траншеях або за допомогою підземних проходок. В практиці використовують штольні або щитові проходки. Матеріалом для будівництва галерейних дренажів служить бетон або залізобетон.

**Вертикальний дренаж** – ряд або група вертикальних трубчастих колодязів, що є дренами-осушувачами. Колодязі об'єднуються трубами, що відводять воду, і сполучаються із насосною станцією. Видалення збірних вод здійснюється з допомогою насосів (рис. 3.3) або сифонної установки (рис.3.4). Поступаючи на насосну станцію в приймальний резервуар дренажні води перекачуються за допомогою центробіжних насосів у водойми або міський колектор водостічної мережі.

Основним елементом вертикального дренажу є вертикальні трубчасті колодязі-дрени, водовідвідна труба-колектор і насосна станція.





При роботі дренажної системи навколо кожного колодязя утворюється чарунка, обрис якої представляє собою криву депресії. При ряді кількох колодязів депресійні криві з'єднуються і утворюють загальну депресію ґрунтових вод. Кожна депресійна чарунка характеризується величиною  $R_{\text{депресії}}$ .

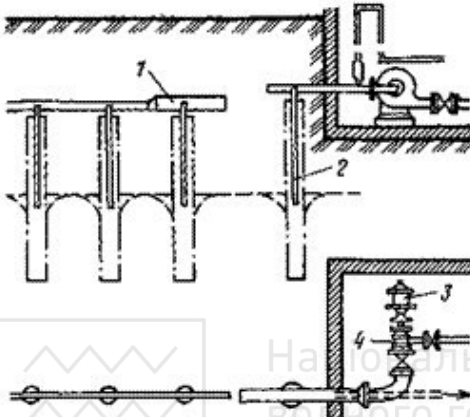


Рис. 3.3. Схема влаштування вертикального дренажу із всмоктуючим трубопроводом

1 – всмоктуючий трубопровід; 2 – всмоктуюча труба; 3 – електродвигун; 4 – насос

Принцип роботи вертикального дренажу сифонного типу полягає у створенні вакууму в трубчастих колодязях-дренах і дотриманні умов сполучених посудин.

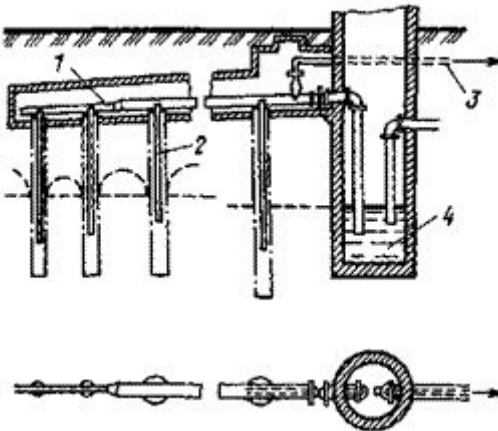


Рис. 3.4. Схема влаштування вертикального дренажу з сифоном

1 – сифонний трубопровід; 2 – всмоктуюча труба; 3 – до вакуумнасосу; 4 – приймальний резервуар





Робота насосної станції полягає в створенні вакууму в дренах і в колекторах, які відводять воду, а також у перекачуванні зібраних вод у водоймища або водостічну мережу. Пониження рівня ґрунтових вод відбувається при безперервному відкачуванні і відведенні води.

Встановлення трубчастих колодязів виконується шляхом забивання труб або з допомогою бурових станків. Прокладання колектора, який відводить воду, здійснюється у відкритій траншеї. Насосна станція споруджується у відкритих котлованах.

Вертикальна дренажна система застосовується при великому притоці води і при необхідності перехвату цих вод на великій глибині. Найбільш часто вертикальний дренаж застосовується в якості берегового дренажу для перехвату фільтруючих вод з річки, а також при локальному захисті окремої глибокоземної споруди (підземні гаражі, підвали, тунелі та ін.).

**Пластові дренажі** всіх видів мають локальне значення у відведенні ґрунтових вод від окремих будівель і споруд (рис. 3.2г). В інженерній підготовці міських територій при значних площах осушення вони суттєвого значення не відіграють, а відносяться до будівельних робіт із зведення окремих об'єктів.

Призначення пластового дренажу полягає в прийомі води із ґрунту, що прилягає до споруди і захисту споруди від проникнення в неї ґрунтових вод.

Пластові дренажі є стрічкові та площинні. Прикладом стрічкового пластового дренажу є дренаж крупних підземних колекторів і загальних колекторів для сумісної прокладки в них підземних комунікацій. Площинні пластові дренажі служать для осушення підвалів будинків та основ дорожньої конструкції. У випадку осушення підвалів будинків, площинний пластовий дренаж суміщається із пристіночним дренажем, що призначений для перехвату ґрунтових вод і верховодки біля фундаменту будівель і застосовується при неглибокому водоупорі.

Залежно від потужності потоку підземних вод і розрахункових витрат, а також від призначення дренажу, дренажні системи можуть бути:

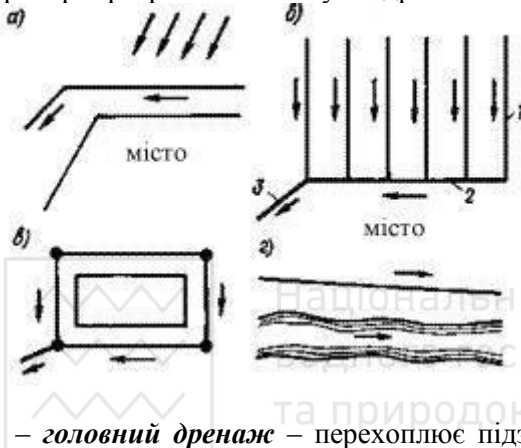
- а) однолінійними, з горизонтальним або вертикальним дренами;
- б) двохлінійні, при влаштуванні двох паралельних дренажних ліній;



в) у вигляді системи паралельних дренажних ліній, більш або менш рівномірно розташованих по осушувальній площі.

Залежно від положення по відношенню до водоупору розрізняють дренажі вдосконаленого типу (розташовані безпосередньо над водоупором) і невдосконаленого типу (не доходять до водоупору і знаходяться у "підвищеному" стані в ґрунті).

За своїм призначенням і розташуванням відносно підтоплюваних територій розрізняють наступні дренажні системи (рис. 3.5):



**Рис. 3.5. Типи дренажних систем**

а) – головний дренаж;

б) – систематичний дренаж;

в) – кільцевий дренаж;

г) – береговий дренаж;

1 – дренаж-осушувач; 2 – дренаж-збирач; 3 –

відвідний колектор

– **головний дренаж** – перехоплює підземний потік, який іде у напрямку міста. Основна задача цієї системи полягає в захисті території міста від підтоплення.

– **систематичний (площинний) дренаж** – призначений для осушення порівняно великих територій шляхом пониження рівня ґрунтових вод по всій території.

– **кільцевий (контурний) дренаж** – прокладається навколо або по контуру споруди, групи будівель і споруд. Задачею кільцевого дренажу є захист підземних (підвальних) приміщень від підтоплення ґрунтовими водами, а також осушення території.

– **береговий дренаж** – призначений для захисту територій міста від підтоплення фільтраційними водами зі сторони річки, або іншого водоймища при високому рівні або періодичних паводках на річці.

– **спеціальний дренаж** – призначений для перехвату вод і осушення окремих ділянок міської території у зв'язку із заходами по інженерній підготовці.



#### 4.1. Яри і яроутворення на міських територіях

Яроутворення це фізико-геологічне явище, що викликає зміну поверхні території і порушення стабільного стану рельєфу.

В загальному розумінні яри являють собою глибокі рови, що простягаються від вищих точок водорозділу до водоймищ.

Причиною утворення ярів є ерозія, розмивання ґрунту грозовими і талими водами. Тривала ерозія призводить до поступового розмиву dna яру, його заглиблення, та розширення його схилів.

На яроутворення впливають: крутизна і форма схилу; кліматичні умови і атмосферні опади; характер ґрунтів; наявність ґрунтових вод, що виходять на схилах яру; наявність тріщин в товщі ґрунту де здатен накопичуватися сніг та лід.

Яри розвиваються в рихлих породах, лесових ґрунтах і лесовидних суглинках, суглинках і глинах, які при замочуванні втрачають в'язкість. В таких ґрунтах процеси яроутворення розвиваються швидше ніж в піщаних, оскільки останні поглинають воду і не створюють умов для розмиву ґрунту.

Яри поділяють на діючі, затухаючі, засипані.

**Діючі яри** небезпечні для міської території. Вони порушують стабільність поверхні ґрунту та руйнують будівлі і споруди.

**Затухаючі яри** – характеризуються стабільним станом, постійною формою, розміром поперечного перерізу, порожнистістю. Затухаючі яри є безпечними і заростають.

**Засипані яри** – безпечні після закінчення осідання засипаного ґрунту. Територія колишнього яру може бути використана з містобудівельною метою.

Класифікація ярів за розмірами та крутизнами ухилів наведено в табл. 4.1.

Яри по формі та в плані можуть бути поодинокими (прямолінійними і криволінійними) або розгалуженими (система ярів).

Наявність ярів на території міста характеризує її як несприятливу або особливо несприятливу для містобудівельних потреб. Тільки при незначній кількості ярів малої глибини (до 3 м), пологих схилах, а також при повному виключенні можливості розвитку та росту яру, територія міста може бути визнана як сприятлива для будівництва і життя міста.



### Класифікація ярів по розмірах і крутизні схилів

Група ярів	Кут нахилу схилів в градусах	Розміри, м		
		Довжина	Ширина	Глибина
Міlkі	50...70	10...300	5...50	2...15
Середні:				
а) з пологими схилами	15...35	300...2000	50...100	10...30
б) з крутими схилами	50...70			
Крупні:				
а) з пологими схилами	10...20	>2000	100...500	15...30 і більше
б) з крутими схилами	30...60			

З містобудівельної точки зору наявність ярів на території міста небажана з цілого ряду причин, до числа яких можна віднести:

- розчленування території міста, що ускладнює його планувальне рішення;
- ускладнення у сполученнях між районами з центром міста, культурними, спортивними та іншими центрами;
- необхідність зведення мостів та інженерних споруд у зв'язку з переходом ярів;
- можливе руйнування будівель, споруд, доріг і підземних комунікацій міста при збільшенні розмірів ярів і наближенні їх до цих споруд.

Заходи по боротьбі з ярами і яроутвореннями мають подвійну мету – запобігання пошкодженню міських будівель і споруд та містобудівельне використання територій з ярами шляхом перетворення їх у сприятливі для будівництва.

Загальні задачі інженерної підготовки територій з ярами включають:

- запобігання яроутворенню на території міста, а також на його резервних ділянках;
- ліквідацію ярів найбільш небезпечних для будівель і споруд міста, або тих, що заважають здійсненню планувальних рішень;
- стабілізацію ярів, що збільшуються, збереження форми, розмірів та крутизни схилів;
- використання територій з ярами із містобудівельною метою.



## 4.2. Використання ярів в містобудуванні

Після проведення комплексу заходів із інженерної підготовки території ярів можуть використовуватись з наступною містобудівельною метою:

1. Розміщення житлової забудови та комунально-господарських підприємств (гаражі, склади, під'їзди та ін.).
2. Прокладання міської магістральної вулиці або швидкісного руху.
3. Прокладання підземних комунікацій міста (каналізація, водостічна мережа, дренаж).
4. Влаштування парків і садів міського або районного значення із зведенням споруд культурного призначення або без них.
5. Створення штучних водойм для купання, катання на човнах або декоративного призначення.
6. Зведення спортивних споруд (з використанням схилів для трибун), та інших спортивних будівель та майданчиків.

Будівництво в ярах за умови його стабільного стану можливе при крутизні схилів до 20%.

### 4.3. Інженерна підготовка і благоустрій територій з ярами

Склад і об'єм заходів із інженерної підготовки територій з ярами, їх черговість здійснення залежать від геологічних і гідрогеологічних умов місцевості, басейну стоку поверхневих вод, форми і розмірів яру, його стану, активності процесів розвитку яру, а також містобудівельної задачі використання його території.

Заходи по інженерній підготовці територій з ярами доцільно проводити одночасно із заходами по зовнішньому благоустрою міської території (рис. 4.1).

Заходи по інженерній підготовці території з ярами включають такі роботи:

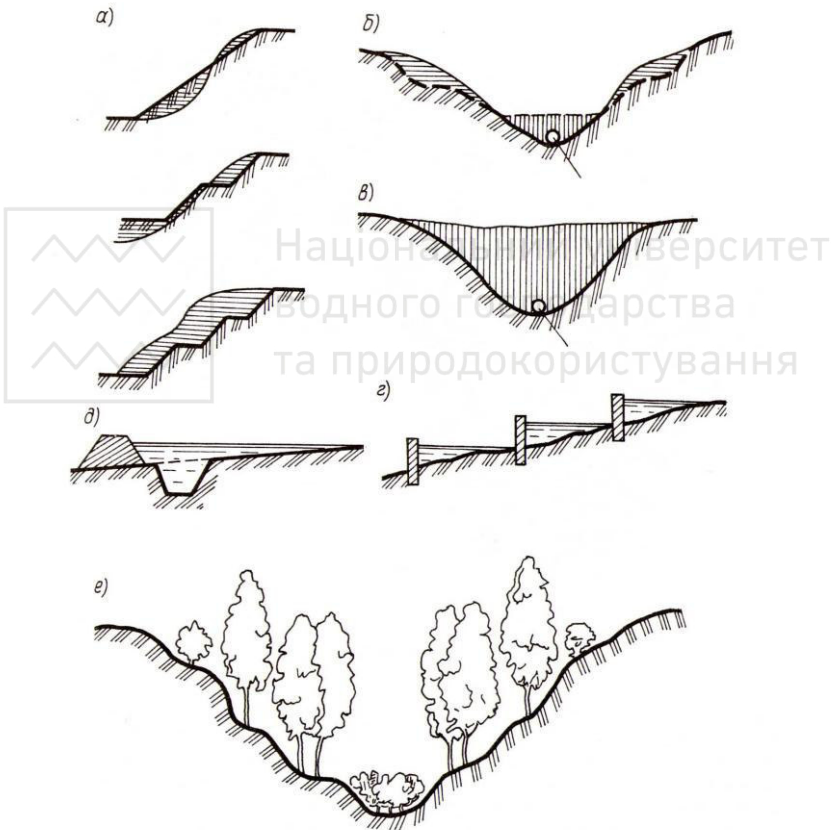
1. Вертикальне планування території, що здійснюється за рахунок земляних робіт.
2. Будівництво закритих підземних і відкритих систем для відведення поверхневих (атмосферних) вод.
3. Будівництво дренажних систем для пониження або перехвату ґрунтових вод.



#### 4. Висаджування зелених насаджень з метою укріплення поверхні території з ярами і самих ярів (ухилів, дна).

Вертикальне планування включає наступні заходи:

- суцільну засипку або залив яру;
- часткову засипку із підвищенням відмітки дна;
- вертикальне планування поверхні засипаного яру або пологих схилів і дна яру при його збереженні, а також вертикальне планування прилеглої до яру території;
- зменшення або терасування схилу яру.



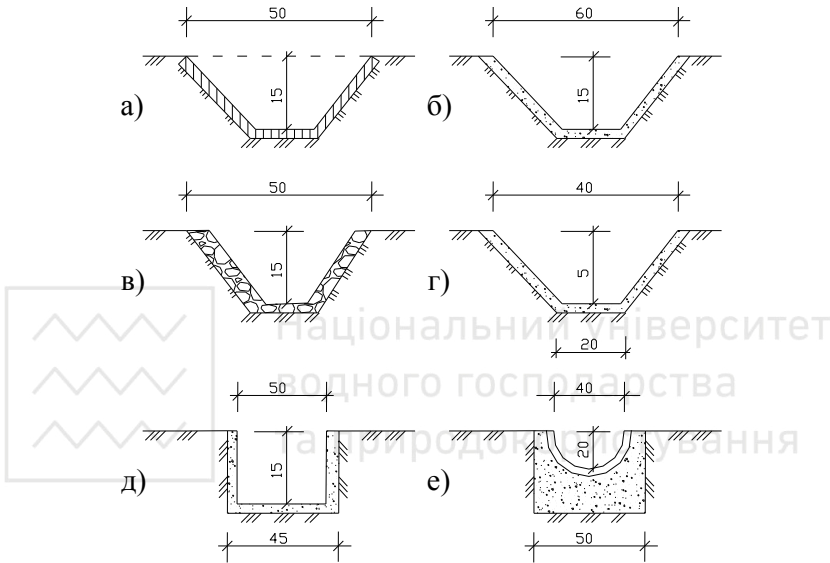
**Рис. 4.1. Заходи по інженерній підготовці і благоустрою ярів**

*a)* – зменшення і терасування ухилів; *б)* – часткова засипка; *в)* – суцільна засипка; *г)* – влаштування каскаду заплав; *д)* – гірська канава для перехвату поверхневих вод; *е)* – озеленення яру



поверхневі води, які перехоплюються, відводяться у водостічну мережу або по відкритій системі каналів за межі яру.

Відкрита система водовідведення включає: лотки, які збирають поверхневі води по верху яру; направляючі лотки по схилах яру (рис. 4.2); канали або підземні колектори, що відводять поверхневі води у водойму.



**Рис. 4.2. Канави і лотки, що влаштовуються на схилах яру**

- а), б) – бетонні малі канави; в) – канава з кам'яним укріпленням ухилів;  
г) – дрібний лоток; д) – прямокутний переріз канави, лотка; е) – лоток круглого перерізу

При наявності в ярі постійного водотоку з порівняно невеликою витратою, по дну яру, до його засипки, прокладають колектор водостічної мережі.

Для перехоплення підземних вод до їх виходу в яр влаштовують дренажні системи, що розраховані за схемою головних. При створенні в ярі водойм зводять земляні греблі. В окремих випадках можливо зведення каскаду заплав.

Зелені насадження використовують як один методів укріплення ухилів, а інколи і дна яру. Однак, особливого значення зелені насадження набувають при створенні в ярах парків і садів.

**ТЕМА 5. Зсуви і протизсувні заходи****5.1. Причини утворення і характеристики зсувів**

Зсуви є несприятливими природними умовами для планування, забудови і благоустрою міста. Зсувні території в межах міста, незалежно від міри їх використання з містобудівельною метою, потребують виконання значних за своїм об'ємом робіт по інженерній підготовці.

Зсув це фізико-геологічне явище, повільний, а в окремих випадках швидкий рух (переміщення, ковзання, зсування) земляних мас вниз по схилу під дією сили тяжіння у зв'язку зі зміною фізичних властивостей ґрунтів за участю поверхневих, підземних вод і атмосферних опадів.

Причини виникнення зсувних явищ поділяють на:

– пасивні – рельєф місцевості та геологічна будова, крутизна схилу;

– активні – діяльність поверхневих і підземних вод, атмосферних агентів (сонце, вітер, опади, температура), сейсмічних явищ, а також діяльність людини, що активізує зсувний процес (навантаження схилу будівлями та ін.).

Активізації зсувів сприяють поверхневі води. В результаті їх дії відбувається зволоження ґрунтів зсувного схилу, розмив берега, відмив дна, змочування поверхні ковзання. У розмиві відкосів на берегах морів і великих річок має прибій хвиль.

Діяльність підземних вод призводить до зволоження порід, створення гідродинамічного тиску потоку, до різкого падіння природного тиску на підстилаючи пласти.

Дія атмосферних агентів проявляється у вивітрюванні ґрунтів зсувного схилу.

Суттєве значення мають сейсмічні умови – землетруси, в результаті дії яких порушується зв'язність і зчеплення в породах, що утворюють зсувний схил.

Активізації зсувних явищ сприяє і діяльність людини. Підрізка схилів, навантаження схилів при будівництві споруд, вирубка зелених насаджень на схилах призводить до порушення рівноваги земляних мас зсувного схилу та переміщенню центру ваги зсуву.

Суттєво активізує зсувні явища будівництво ГЕС і водосховищ, спортивних споруд та мостів, що порушують рівновагу земляних мас на зсувних схилах.





За активністю зсуви поділяються на:

- діючі активні;
- тимчасово призупинені;
- неактивні.

За характером руйнувань розрізняють наступні види зсувів (рис. 5.3):

– **зсуви ступінчасті** – найбільш небезпечні. Вони характеризуються великою потужністю при русі, утворюють зсувні уступи. Ступінчасті уступи можуть мати велику ширину смуги зміщення. Після деякого часу грані уступів згладжуються і утворюють кілька рядів.

– **суфозійний зсув** – зміщення зсувного тіла внаслідок виносу піщаних та інших дрібних частинок із ґрунту зсувного схилу фільтраційним потоком.

– **контактні зсуви** характерні для зсувних зон з геологічною будовою у вигляді явно виражених почергових шарів вапняку і піщаника з глинистими сланцями при їх похилому розміщенні.

– **кам'яні і щебенисто-глинисті потоки** характеризуються обвалами, що утворюють навали малих і великих глиб, що спускаються вниз по схилу.

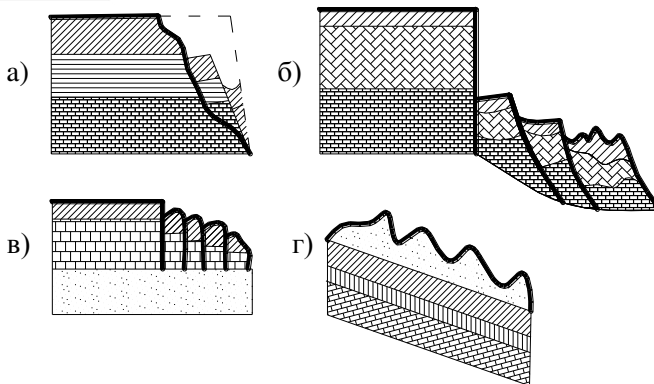


Рис. 5.3. Види зсувів

*a*) – зсув ступінчастий; *б*) – ступінчастий зсув видавлювання – утворюються при витисканні з дна моря або річки деякої частини зсувного тіла; *в*) – суфозійний зсув; *г*) – контактний зсув



## 5.2. Задачі інженерної підготовки зсувних територій

Основними містобудівельними задачами у боротьбі зі зсувами є:

- забезпечення стабільного стану зсувного схилу, тобто збереження рівноваги всіх діючих на схил сил;
- використання зсувного схилу і прилеглих територій з тією чи іншою містобудівельною метою.

Вирішення цих задач здійснюється шляхом інженерної підготовки зсувних територій і схилів із застосуванням протизсувних заходів.

Протизсувні заходи поділяються на: профілактичні, докорінні.

Профілактичні заходи мають на меті зберегти рівновагу сил і стабілізацію зсуву; докорінні – усувають основні причини виникнення і дії зсувів, затримують і перешкоджають руху зсуву, виключаючи тим самим його активізацію в майбутньому.

Профілактичні заходи по боротьбі з зсувами виконувати набагато легше порівняно з заходами, що здійснюються на тій же ділянці при повному розвитку зсувного процесу.

Вирішення завдань інженерної підготовки територій із зсувними явищами вимагає наявності вичерпної інженерно-геологічної, гідрогеологічної і гідрологічної інформації.

При цьому основними завданнями є встановлення:

1. Суті явища і причину його виникнення.
2. Меж розповсюдження зсувних явищ вздовж схилу і можливості впливу на територію міста.
3. Характеру руху зсуву.
4. Дії зсуву в перспективі.

Вивчення зсувного схилу включає вивчення явища зсування і супутніх процесів на прилеглих територіях (яроутворення, підтоплення схилу, рух підземних вод).

При проектуванні протизсувних заходів використовують матеріали і дані інженерних досліджень, в склад яких входить: збір і систематизація матеріалів, що відносяться до зсувної ділянки; вивчення тіла зсуву за допомогою геодезичних зйомок, геофізичних, бурових та інших видів робіт; вивчення властивостей ґрунтів і режиму підземних вод; спостереження за рухом зсуву, що включає визначення швидкості і характеру руху зсувної маси та встановлення причин активізації руху.



### 5.3. Протизсувні заходи

В якості основних протизсувних заходів використовують:

- організацію стоку поверхневих вод в зоні зсувної і прилеглої до неї міської території;
- дренавання підземних вод шляхом створення відкритих і закритих дренажних систем;
- огороження схилів і захист їх від підмивання і розмивання проточними водами рік або хвилями морів.

Зменшення крутизни схилу та навантаження на нього контрбанкетів шляхом:

- висаджування зелених насаджень по верху схилу і на зсувному схилі;
- штучного закріплення мас зсувного тіла;
- зведення штучних споруд для утримання ґрунтових мас.

Ці заходи здійснюють: за допомогою вертикального планування і виконання земляних робіт; шляхом прокладання комунікацій водостічної і дренажної систем; застосовуючи агролісомеліоративні заходи по організації стоку поверхневих вод, осушення територій, висаджуванню лісів; зведення споруд (підпірні стінки), виконання спеціальних робіт (випал ґрунту, цементація, силікатизація та ін.).

За допомогою вертикального планування та виконання земляних робіт здійснюють зменшення ухилів і влаштовують контрбанкети. Зменшення ухилів схилу забезпечує його стійкість і доцільне як профілактичний захід при не активному зсуві. Також, доцільність зменшення ухилів схилу, визначається об'ємами земляних робіт і характером ґрунтів.

Влаштування контрбанкетів в нижній частині зсуву збільшує його вагу, що створює протидію сповзаючій масі зсуву. Щоб запобігти надлишкового зволоження основи та самого контрбанкету необхідно передбачити відведення води із під нього. Контрбанкет виконується із ґрунту або привізного піску.

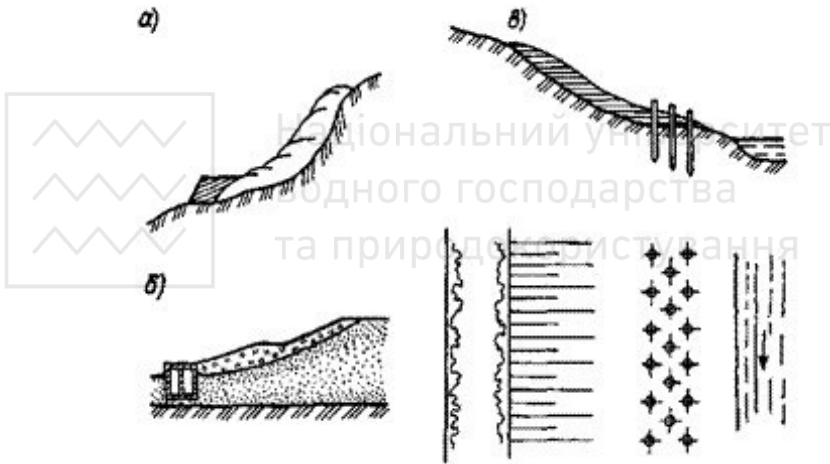
Організація стоку поверхневих вод забезпечує їх перехват з прилеглих територій і не допускає попадання в тіло зсуву. Поверхневі води перехоплюються лотками або закритими водостоками та відводяться у водойму, обминаючи схил зсуву. При необхідності відведення води відкритою системою через зсувний схил влаштовують укріпленні лотки, конструкція яких передбачає можливість деякої деформації.



При дренаванні зсувного схилу використовують два типи дренажів: головний, який перехоплює ґрунтові води вище схилу, і відкосний дренаж для осушення тіла зсуву.

Основний дренаж влаштовують вище зсувного схилу. Він перехоплює ґрунтові води та запобігає виносу частинок ґрунту, змочуванню поверхні ковзання і осушує тіло зсуву. Застосовується відкритий дренаж, горизонтальний трубчастий дренаж, а при значній потужності водоносного шару – дренаж галерейного типу (прохідний і напівпровідний). Відкосний дренаж представляє собою систему відкритих каналів невеликої глибини, розташованих безпосередньо по схилу.

Опір руху зсуву досягається влаштуванням підпірних стінок, пальових рядів, контрфорсів (рис.5.4).



**Рис. 5.4. Влаштування протизсувних заходів**  
а) – контрбанкет; б) – контрфорс; в) – пальові ряди

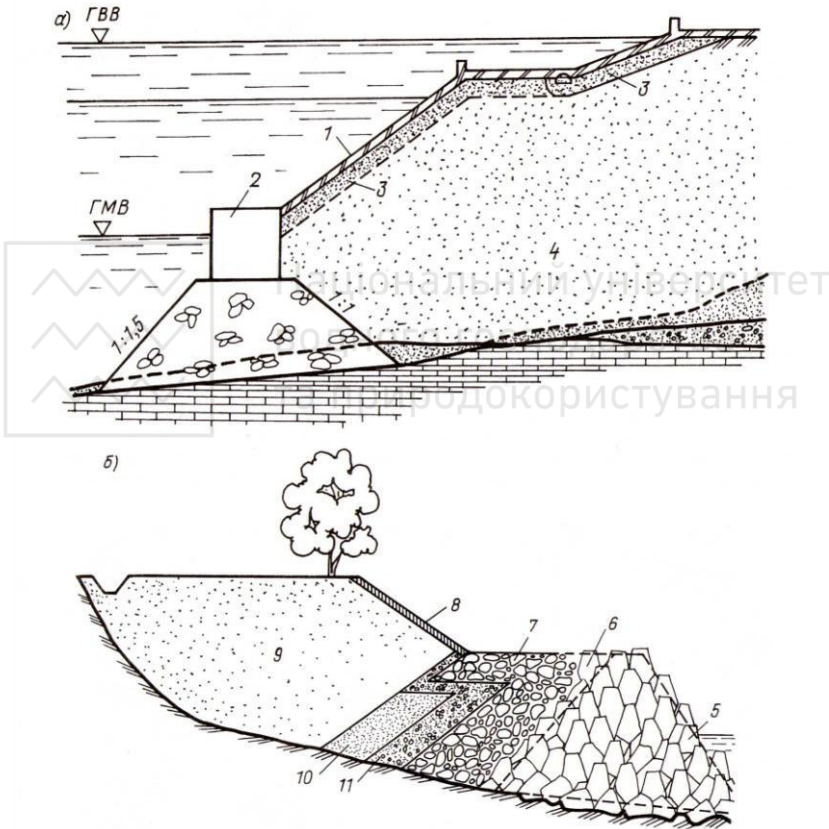
Підпірні стінки, як правило, використовують при малих потужностях зсувного шару. При цьому вони повинні бути встановлені нижче поверхні ковзання.

Пальові ряди застосовують при в'язких, але не сипучих і не текучих зсувних масах. Палі забивають в шахматному порядку не менше ніж на 2 м в нековзаючий ґрунт і не менше ніж на 2/3 довжини палі. Кількість рядів обмежується двома-трьома.



Влаштування контрфорсів передбачає влаштування тонкостінних залізобетонних корпусів, які заповнюються після встановлення піском і закриваються залізобетонними плитами. Доцільність такої конструкції виникає при скельній основі, що виключає можливість влаштування пальових основ (рис. 5.5а).

В якості берегових укріплень, що захищають контрфорси від розмиву використовують тетраподи, які вкладають рядами по висоті (рис. 5.5б).



**Рис. 5.5. Протизсувні берегові укріплення**

а) – контрфорс з опорним поясом із масивів-корпусів; б) – берегове укріплення із тетраподів; 1 – укріплення схилу із збірного залізобетону; 2 – масиви із тонкостінного залізобетону; 3 – фільтр; 4 – контрфорс із намитого піску; 5 – кладка із тетраподів масою 7,5 т; 6 – тетраподи масою 3,5 т; 7 – камінь крупністю 30 - 35 мм; 8 – збірні залізобетонні плити; 9 – місцевий ґрунт; 10 – дрібнозернистий пісок; 11 – фільтр.



В протишумних заходах влаштування зелених насаджень проти-діє вивітрюванню ґрунтів з поверхні зсувного схилу і підвищенню в'язкості в зсувному тілі. При виборі порід дерев і кущів перевагу віддають тим видам, в яких розвинена коренева система. Насадження здійснюють таким чином, щоб взимку вони не затримували сніг. Насадження ефективні при крутизні схилу не більше 30...40°. Для насаджень на зсувних схилах рекомендуються: клен, вільха, акація.

В деяких випадках можливе використання спеціальних заходів: просушення тіла зсуву повітрям, або гарячим газом; випалом ґрунту; цементація, силікатизація; електродренування та ін.

## ТЕМА 6. *Захист міських територій від селевих потоків*

### 6.1. Загальні відомості про селеві потоки

**Селеві потоки** – це стрімкі потужні потоки періодичної, короткочасної, найчастіше раптові дії тривалістю від 1 до 6 годин. Вони володіють руйнівною силою валу або кількох валів. Висота валу може сягати 2...6 і більше метрів. Селеві потоки виникають і діють переважно в гірських та передгірських районах. Найнебезпечнішими є високогірні селеві потоки, швидкість руху яких знаходиться в межах 2,5...3 м/с і може досягати 6 м/с. Радіус дії селевого потоку може знаходитись в межах 20...30 км.

Вміст твердого матеріалу в селевих потоках сягає 60...65% від загального об'єму потоку.

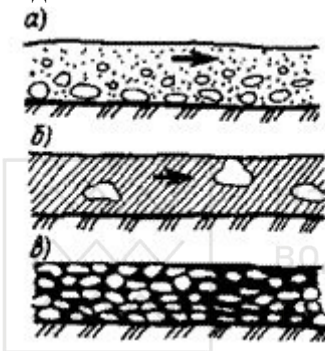
Потужність селевого потоку, напрям і швидкість його руху, склад твердого матеріалу – різні і залежать від багатьох місцевих факторів. Потік може мати один певний напрямок, може змінювати його і виходити за межі русла. Виникнення, формування і рух селевих потоків залежать від мінералогічних, гідрологічних, геологічних та інших умов у водозбірному басейні потоку. Ділянки території, де формуються селеві потоки називаються селевими осередками. Зародження потоків відбувається при інтенсивному таненні снігів, льодовиків в горах, при грозових дощах високої інтенсивності, або при одночасній дії тих чи інших явищ.

Селеві потоки поділяються на **текучі** (турбулентні) і **зв'язні** (структурні) (рис. 6.1).



**Текучі (турбулентні) селеві потоки** – це механічна суміш води і твердих матеріалів, в якій вода є транспортуючим середовищем. Характерною особливістю турбулентного потоку є сортування матеріалу за крупністю.

**Зв'язні (структурні) потоки** – це однорідна структурна маса, в якій вода є не рушійною силою, а складовою селевої маси. В структурному потоці каміння знаходиться в зваженому стані. Потік характеризується раптовим виникненням, високою швидкістю і збереженням прямолінійності руху, коротким строком дії. Під час руху і при зупинці потоку він зберігає свій склад і не розпадається на складові частини.



**Рис. 6.1. Структурна модель селевого потоку**

- а) – текучий селевий потік;
- б) – зв'язний селевий потік;
- в) – зв'язний кам'янисто-грязевий потік

Селеві потоки здійснюють руйнуючу дію не тільки на міста, але й на транспортні сполучення, руйнуючи залізничні і автомобільні дороги.

## 6.2. Захист міських територій від селевих потоків

Захист міських територій від селевих потоків включає не тільки безпосереднє огороження від селевих потоків, але й можливі заходи запобігання виникненню, формуванню, руху селевих потоків. Заходи по захисту міста і його території не обмежуються його територією, а поширюються на прилеглі до міста селеносні райони в межах водоносних басейнів селевих русел.

Об'єм і характер заходів визначаються місцевими умовами, тому важливим і обов'язковим є вивчення селевого району і селеносного басейну.

Основними задачами в боротьбі із селевими потоками є:





а) зниження і обмеження витрат селевого потоку шляхом організації і регулювання поверхневого стоку в його басейні;

б) розсосередження потоку та його формування в часі шляхом затримання потоку водосховищами, греблями та іншими спорудами;

в) організація і стабілізація напрямку потоку із збереженням русла шляхом пом'якшення ухилів, укріплення схилів і русел потоків, будівництво виправних споруд і водозбірних каналів;

г) обмеження руйнуючої дії потоку шляхом відбору кам'яного матеріалу на шляху руху селевих мас;

д) огороження приміських територій, залізничних і автомобільних приміських і міжміських доріг від затоплення потоками за допомогою спеціальних споруд.

За призначенням споруди можуть бути (рис. 6.2): селенаправляючими, селезатримуючими.

За місцем розташування заходи із боротьбою з селевими потоками здійснюються:

а) в районі зародження селевих потоків (у верхній зоні);

б) в районі формування і руху селевого потоку (в середній зоні);

в) в районі конуса виносу, де відбувається відкладення селевих наносів (нижня зона).

Для вирішення задач у боротьбі із селевими потоками здійснюються наступні заходи:

**1. Організаційно-господарські заходи** в селеносних районах:

а) охорона лісових угідь від вирубки і збереження деревинно-чагарникової рослинності в районі селеутворення;

б) заборона розорювання, проведення земляних робіт на схилах, що викликають порушення поверхні;

в) заборона пасовищ і випасу тварин на схилах гір селеносних районів з метою збереження рослинності всіх видів.

**2. Агролісомеліоративні заходи** у водозбірних басейнах:

а) інтенсивне озеленення басейнів, особливо у верхній (утворення потоку) і середній зоні (формування і руху потоку);

б) організація стоку поверхневих вод у водозбірному басейні;

в) відвід ґрунтових вод на схилах гір;

г) терасування схилів з метою зниження швидкості стікання по них води і запобігання ерозії ґрунту.

**3. Гідротехнічні інженерні заходи** по боротьбі з селевими потоками:





а) перехват потоку і регулювання його руху шляхом затримки потоку в спеціальних водосховищах;

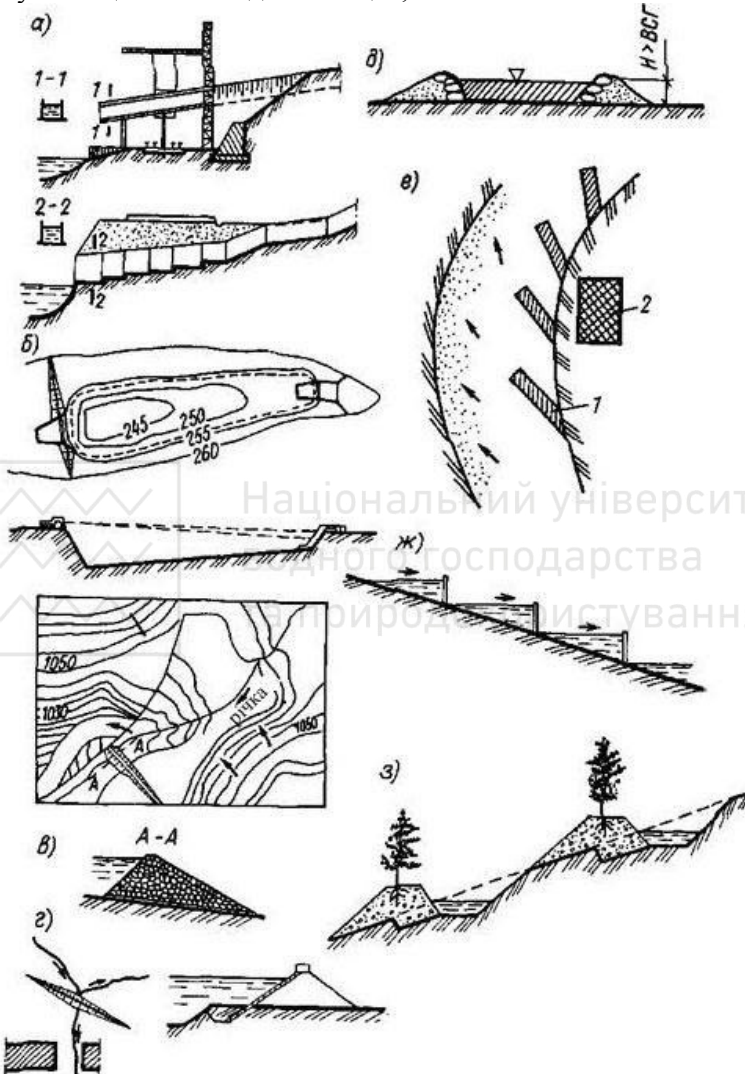


Рис. 6.2. Селезахисні споруди

а) – селенакопичувальна гребля (селесховище); б) – глибинний наносоуловлювач; в) – наносоуловлювач з фільтруючою греблею; г) – селенаправляюча гребля; д) – штучне русло в нижній частині схилу; е) – напівзаплави; ж) – селезатримуючі заплави; з) – ступеневі тераси для перехвату поверхневих вод



б) перехват потоку і відведення його в сторону від природного русла шляхом створення нового штучного русла;

в) зменшення швидкості руху селевого потоку шляхом зниження позовжнього ухилу за допомогою різних споруд;

г) затримка і осадження кам'яного матеріалу, і відповідно, освітлення потоку;

д) регуляційні заходи по руслу потоку з метою запобігання розмиву dna і відновлення русла, а також укріплення dna і схилів.

В якості попереджувальних заходів застосовують системи автоматичного оповіщення, які повідомляють про рух селевого потоку в певних перерізах русла. Для такої мети використовують різні системи, в тому числі радіолокаційні та радіоповіщувальні прилади, які встановлюються в горах. Сигнали оповіщення приймаються контрольними пунктами.

## **ТЕМА 7. Намив територій**

### **7.1. Загальні відомості про намивні території**

До намивних відносять території, створені з нанесених потоком води ґрунтів та укладені за спеціальною технологією на площі із заданими геометричними розмірами і фізико-механічним складом ґрунтів.

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.

Прогнозування рівнів ґрунтових вод на намивних територіях проводиться на основі рішень рівнянь їх балансів в нових умовах з врахуванням впливу забудови в багаторічній перспективі.



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

## 7.2. Схеми та способи намиву

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

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

В цьому випадку намив може виконуватися диференційовано для кожної зони з використанням різних видів ґрунтів при різній висоті намивних шарів. Можна скористатися також схемами **намивних карт** з відмивом мілких фракцій в зелених зонах.

**Острівне розташування** території передбачає створення центрального водорозділу, де розміщують основну масу забудови. В прибережній зоні розміщують зелені масиви. На цій частині території допускається тимчасове затоплення під час повені. З метою зменшення об'ємів земляних робіт поверхні надають ухил 0,001...0,0045.

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

Комбінована схема намиву 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. Таке рішення забезпечує безпосередній



вихід центра міста до ріки з мінімальним об'ємом робіт по підвищенню території.

Важливим елементом проектування при комбінованій схемі інженерної підготовки є вибір відмітки підвищення основної території майбутньої забудови. Особливу увагу при цьому треба приділяти профілактичним заходам щодо запобігання затопленню масиву з боку прилеглої надзаплавної території та місцевих водотоків. Для акумуляції внутрішнього стоку споруджують спеціальні водойми, що служать водночас кар'єрами ґрунту для наміву. Ці водойми розмішують в захисних зонах промислових районів та обладнують як декоративні стави.

При кожній схемі наміву території треба передбачити підвищення її надійності в майбутньому (підвищення прибережної смуги, розширення внутрішніх акваторій, резервування площадок для насосних станцій та ін.) у випадку зміни функціонального призначення території чи максимальних розрахункових горизонтів води.

Намив територій виконують низьконапірним, пошарово-ґрунтовим, поздовжнє-торцевим чи естакадним способом. Найпоширеніший безестакадний торцевий спосіб зі зосередженим випуском пульпи при прямому чи зворотно-поступовому переміщенню лінії наміву. Випуск пульпопроводу розташовують не ближче 20 м до комунікацій, заздалегідь покладених в перпендикулярному напрямку у напіввисмі-напівнасіпу, але не ближче 6 м – при паралельному. Для запобігання підмиву споруд пульпопровід рекомендується систематично нарощувати для створення широкого сектора наміву або регулювати направлення та силу потоку пульпи за допомогою розсікувачів чи валів-гасителів.

Фундаменти з палів на намивних територіях споруджують в два етапи: на першому до наміву ґрунту занурюють всі палі в підстильний шар, на другому - наминають шар проектної товщини. При наявності технічної документації та засобів прокладання інженерних комунікацій та обладнання палевої основи здійснюють до наміву методом стадійного проектування „по вертикалі”. Розробку кар'єрів в руслах ріки проводять з врахуванням збереження стійкості русла, судового ходу та екології відповідної ділянки ріки.

Залежно від балансу ґрунту та планувального рішення площа кар'єрів може бути 10...20%.



Підводну частину укосів оброблюють та профілюють земснарядом з 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. м<sup>3</sup>) 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, організовуючи їх підпитку водою для забезпечення нормальної роботи земснарядів.

### 7.3. Особливості проектування будівництва на намивних територіях

Об'єми робіт з освоєння намивних територій та архітектурно-планувальне рішення нових житлових масивів визначають згідно з генеральним планом розвитку міста.

Проекти планування, інженерної підготовки майбутньої території будівництва та нульових циклів мають бути розроблені до початку намивних робіт. Це дозволяє укласти комунікації в процесі наміву з значним скороченням земляних робіт; визначити місця розміщення забудови і ділянок під зелені насадження; ефективно управляти якістю наміву основ під споруди.

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

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

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

Для **основи II типу** при наявності гумусованих чи замулених ґрунтів невеликої потужності (0,2...0,8 м), що підстилають намивні піски потужністю 5...6 м, додаткові осадки за рахунок ущільнення слабких ґрунтів на 50...60% трапляються перед будівництвом споруд. Тому при прокладці стрічкових фундаментів на таких основах слід передбачити підвищену конструктивну жорсткість будинку обладнанням залізобетонного поясу по фундаментних блоках.



Для **основи III типу** при 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, глинистих ґрунтів в плинному та пластичному стані, що закріплені піщано-щебеним шаром 40...50 см, – 20 кПа.

Осадка будівлі на стрічковому фундаменті не перевищує 8, а на палевих – 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 в ями розміром 2×2×0,6 м. Потужність рослинного шару може бути зменшена до 20 см з обладнанням глиняного замка товщиною 20 см.

Архітектурно-планувальне рішення повинно передбачати збереження на намивних територіях природного ландшафту та заповідних ділянок заплави, особливо вздовж протоків та русел, а також глибоких водойм.

Залежно від кліматичних умов на намивних територіях садять хвойні породи дерев (ялина, сосна звичайна, яловець), листяні (акація біла, каштан, дуб черещатий та червоний, клен сріблястий, береза, горобина звичайна, тополя біла канадська), листяні кущі (акація жовта, бузина червона, маслина срібляста вузьколиста, дерев-ник, таволга, тамариск, калина звичайна, бузок, дерен білий, барбарис, глід).

## **ТЕМА 8. Інженерні заходи по захисту лавинонебезпечних територій**

### **8.1. Загальні відомості**

Лавина – це сніговий обвал, швидке сходження з гірського схилу снігового покриву під дією сили тяжіння. Лавину характеризує маса снігу, яка рухається і ковзає по гірському схилу. Швидкість лавин сягає 30...100 м/с, об'єм снігу – від сотень до мільйонів кубічних метрів.

Виникнення лавин можливе у всіх гірських районах із стійким сніговим покривом. Сходження лавин обумовлено: перенавантаженням снігом схилів під час хуртовин або внаслідок малої сили щеплення між свіжим снігом і підстилаючою поверхнею протягом перших двох діб після закінчення снігопадів (сухі лавини); появою між



нижньою поверхнею снігу і поверхнею схилу водяного прошарку під час відлиги і дощів (мокрі лавини); формуванням в нижній частині снігової товщі рихлого шару із кристалів глибинної паморозі.

Залежно від характеру руху снігу можна виділити три типи лавин:

- суцільні зсуви, які рухаються по всій поверхні схилу поза руслами;
- лоткові лавини, які рухаються по лотковим улоговинам і схилам, ерозійним борознам;
- стрибаючі лавини – вільно падаюча маса снігу по уступам.

Частота сходження лавин і їх об'єм залежать від форми і розмірів схилів. На плоских схилах лавини рухаються у вигляді суцільних зсувів. В логоподібних низинах (лотках) утворюється суцільний лавинний потік, а круті обриви лавини долають стрибками. Висота снігових конусів в місці зупинки лавини сягає 5...20 м. Падіння снігових мас супроводжується руйнівною повітряною хвилею, здатною зруйнувати капітальні споруди, викликати значні людські жертви.. Концентрація енергії в тілі лавини набагато більша ніж в найсильніших хуртовинах, але район її дії обмежений площею до 1 км<sup>2</sup>.

При будівництві на лавинонебезпечних територіях важливо знати дальність викиду лавини – для встановлення безпечної зони віддалення будівель від лавинного осередку. Дальність викиду лавини – відстань, що вимірюється по горизонталі від лінії відриву лавини до меж поширення конусу виносу лавини. Зазвичай, сніг починає сходити не з самої вершини схилу а на 30...50 м нижче, де утворюється лінія відриву лавини.

Якщо відстань від точки відриву лавини до точки її зупинки прийняти за  $h$ , то максимальна дальність викиду лавини можна розрахувати за формулою:

$$L = h \cdot ctg\alpha, \quad (8.1)$$

де  $\alpha$  - кут між лінією, що сполучає точку відриву лавини і точку її зупинки, і її горизонтальною проекцією.

Найбільш важливим завданням при освоєнні лавинонебезпечних районів є прогнозування умов, за яких можливе сходження лавин:

- кута схилу з горизонтом;
- висоти снігового покриву на схилі;
- характеру поверхні схилу і снігу;





- інтенсивності і тривалості снігопадів;
- напрямку і сили вітру;
- інтенсивності дощів при відлигах та ін.

Лавинонебезпечними вважають схили, які з горизонтом утворюють кут  $25 \dots 50^\circ$ . Сніг на схилах утримується силами щеплення, величина яких залежить від жорсткості підстилаючої поверхні. Сніг, який випав на гладку і тверду поверхню легко зісковзує вздовж цієї поверхні. Чим більша висота снігового покриву на схилі, тим ймовірніше сходження лавини. У такому випадку, небезпечним уже є шар снігу товщиною  $25 \dots 30$  см. Лавинна небезпека дуже велика при інтенсивності снігопаду більше  $2$  см за годину і його тривалості більше  $10$  год.

Найбільш серйозна ознака лавинної небезпеки – хуртовини. Сходження лавин майже завжди починається одночасно із сильною хуртовиною або через кілька годин після неї. Небезпечними, також є відлига та початок весни.

## 8.2. Інженерна підготовка лавинонебезпечних територій

Одним із найнадійніших заходів у боротьбі із сніговими лавинами є правильний вибір розташування об'єктів будівництва, вихід із лавинонебезпечної зони. Однак, це не завжди можливо. Тому в гірських районах досить широко проводяться профілактичні заходи, організуються спеціальні сніголавинні служби, станції, пункти. Ці служби проводять спостереження за станом снігового покриву на особливо небезпечних гірських схилах і розробляють заходи, що запобігають сходженням лавин.

До профілактичних заходів відносять: встановлення протилавинної сигналізації на залізничних дорогах (це, зокрема, дріт протягнутий поперек можливого шляху проходження лавини; при розриві дроту включається аварійне реле, і на світлофорах, що обмежують небезпечну ділянку, загоряється червоне світло).

Часто створюють штучне обрушення снігу із схилів за допомогою підривних пристроїв або артилерійського (мінометного) обстрілу верхніх ділянок схилу. Снаряди і міни при цьому розташовують зверху вниз у шаховому порядку. Разом з тим, подібні обстріли можуть спровокувати сходження лавин на суміжних з небезпечними напрямками ділянках, на яких раніше лавини не спостерігались.





Найбільш надійні заходи від лавин – протилавинні інженерні споруди, які можна поділити на три основні категорії – попереджувальні, захисні, комплексні.

В районах із частими хуртовинами на водорозділах лавинонебезпечних схилів влаштовуються попереджувальні споруди – багаторядні перешкоди по типу високих снігозахисних споруд, тераси, земляні дамби, штучні лісопосадки. Схили забудовують тільки зверху вниз, тому що не завершена протилавинна будівля може бути зруйнована лавинами в майбутню зиму. Під захистом снігозахисних споруд (в тому числі і з металеві сітки) на небезпечних схилах можливе штучне насадження лісу, як найбільш перспективного і сучасного протилавинного заходу.

При влаштуванні лавинозахисних споруд, на відміну від лавинопопереджувальних, сходження лавин допускається, але будівельні об'єкти повинні бути надійно від них захищені.

До основних захисних споруд відносяться лавинорізи (великі клиноподібні споруди із міцного матеріалу, що зводяться безпосередньо перед об'єктом який необхідно захистити), гальмівні стінки, затримуючі і направляючі стінки, дамби, естакади (для пропуску снігової маси), навіси, лавинопуски і галереї.

Найнадійніші і дороговартісні лавинозахисні споруди – естакади, лавинопуски, галереї. Їх зводять за індивідуальними проектами із врахуванням місцевих особливостей і розраховують на динамічну дію транзитного потоку лавини. Основне призначення цих капітальних споруд – пропуск лавини під об'єктом або над ним (рис. 8.1).

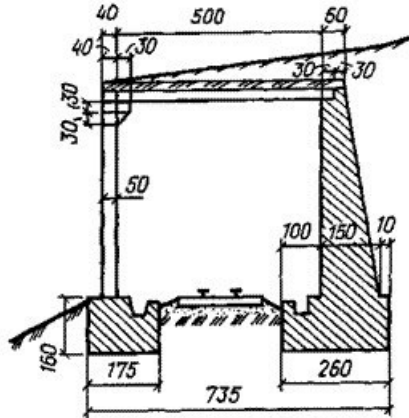


Рис. 8.1. Протилавинна галерея на залізничній дорозі



Комплексні протилавинні споруди – це комбіновані попереджувальні і захисні пристрої. Наприклад, на верхній частині великих схилів зводять лавинопереджувальні споруди, а на нижній – затримуючі стінки.

Часто лавинозахисні споруди створюються як додаткові заходи при суцільній і надійній забудові схилів.

Вибір протилавинних заходів залежить від місцевих умов і в кожному окремому випадку повинен бути обґрунтований техніко-економічними розрахунками.

## **ТЕМА 9. Інженерна підготовка територій із сильностисливими ґрунтами**

### **9.1. Загальні відомості**

Сильностисливими ґрунтами називають ґрунти, які внаслідок особливих умов виникнення та подальшого існування значно та нерівномірно деформуються при певних додаткових навантаженнях, що зменшують міцність або руйнують їхні структурні зв'язки. До таких ґрунтів відносяться:

- **лесові просідні ґрунти**, які при замочуванні під навантаженням здатні суттєво зменшуватись в об'ємі та зазнавати додаткову вертикальну деформацію-просідання;

- **набухаючі ґрунти**, які при замочуванні суттєво збільшуються в об'ємі навіть під впливом навантаження, а при висиханні зменшують свій об'єм;

- **пухкі піски**, які за малого ступеня водонасичення різко ущільнюються при динамічних навантаженнях (струсах, вібраціях, коливаннях та ін.), а при перебуванні в стані середнього ступеня та при насиченні водою втрачають міцність при динамічних навантаженнях перетворюючись у розріджену пливучу масу;

- **стрічкові глини, мули та сапропелі**, міцнісні та деформативні характеристики, яких різко змінюються при порушенні природної структури при динамічних навантаженнях;

- **торфи, заторфовані ґрунти**, що мають велику стисливість та малу міцність.

Характерними ознаками таких сильностисливих ґрунтів є:

- висока ступінь вологості;

- велика стисливість (модуль деформації  $E < 5 \text{ МПа}$ ).



Крім того, для них характерне повільне просідання, осідання, анізотропія міцнісних характеристик, деформацій, зміна реологічних характеристик.

Більшість перерахованих ґрунтів володіють властивостями тимчасового розрідження при впливі динамічних навантажень. Для попередніх розрахунків і можливості використання сильностисливих ґрунтів необхідно знати такі характеристики:

Таблиця 9.1

### Деформаційні властивості мулів

Мул	Коефіцієнт пористості, $e$	Модуль деформації, $E$ , МПа
Супіщаний	0,8-1,2	0,5-0,35
Суглинистий	0,9-1,5	0,19-0,12
Глинистий	1,2-2,0	0,16-0,08

Таблиця 9.2

### Характеристика стрічкових глин

№ з/п	Параметр	Числові значення
1	Щільність часток ґрунту $S_s$ , $t/m^3$	2,5-2,6
2	Вологість $W$ , %	0,4-0,5
3	Коефіцієнт пористості, $e$	1-1,5
4	Коефіцієнт внутрішнього тертя $\varphi$ , °	16-18
5	Модуль деформації $E$ , МПа	5-13

Таблиця 9.3

### Деформаційні властивості глинистих ґрунтів з домішками рослинних залишків

Показник текучості, $i_L$	Характеристика ґрунтів $\varphi$ , $E$ , $C$	Коефіцієнт пористості, $e$			
		0,65	0,85	1,05	1,25
0-0,25	$E$	13,0	11,0	8,5	7,0
	$\varphi$	21,0	20,0	15,0	-
	$C$	0,029	0,087	0,018	-
0,25-0,5	$E$	11,0	8,5	7,0	5,5
	$\varphi$	21,0	20,0	17,0	15,5
	$C$	0,021	0,024	0,033	0,039
0,5-0,75	$E$	8,5	6,5	5,0	4,5
	$\varphi$	21,0	21,0	18,0	16,0
	$C$	0,018	0,019	0,023	0,026



### Класифікація боліт за ознакою їх деформації від навантаження

Характер	Підтип і умови залягання ґрунтів	Деформація під навантаженням
Губчасто-волокниста будова, високе структурне щеплення, ступінь розкладання торфу 50%, основа – суцільний мінеральний ґрунт	а) торф в усушених або ущільнених пластах; б) торф пухкий повністю водонасичений	Переважає стискання в межах контуру залягання: $E=0,11-0,22$ МПа
Пластична консистенція, структура аморфна або зерниста, ступінь розкладання >10%, основа – органічний або напіворганічний мул	а) торф високого ступеня розкладання або мул, або сапрпель усушений або ущільнений; б) те саме, не ущільнені при вологості близько повного водонасичення	Можливе висихання з контуру залягання $E=0,15-0,31$ МПа
Текуча консистенція, структурне щеплення відсутнє	Рідкі шари боліт з плаваючим на поверхні торф'яним килимом	Несуча здатність відсутня

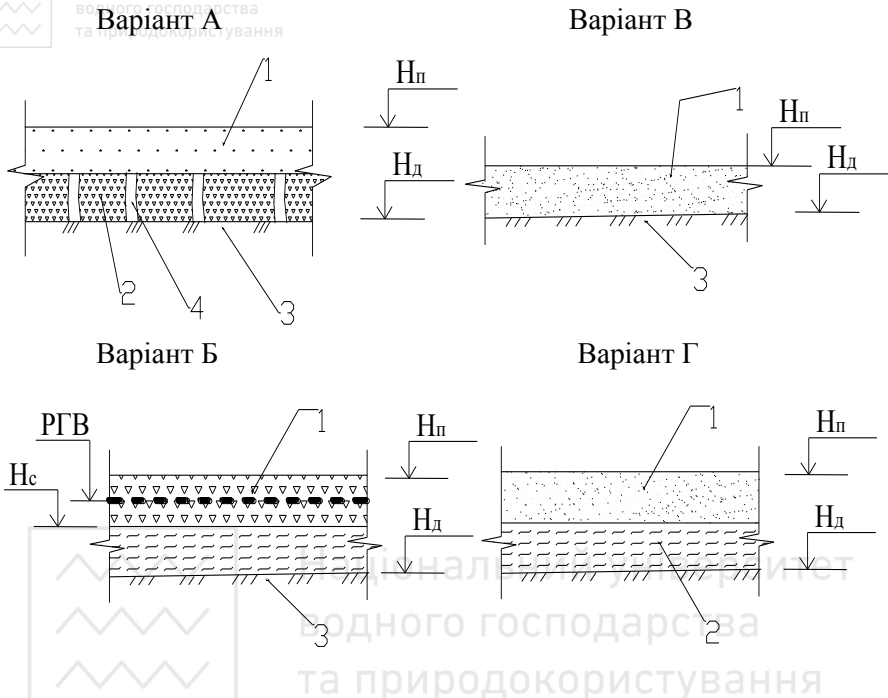
Піщані і глинисті ґрунти із вмістом рослинних залишків від 10...60% за масою вважають заторфованими, при вмісті рослинних залишків більше 60% - ґрунти називають чистими торфами. Коли потужність торфу досягає 0,3 м, то такі території відносять до боліт (див. табл. 9.4).

## 9.2. Методи інженерної підготовки сильностисливих ґрунтів

Інженерна підготовка території для міста включає комплекс загальних заходів (навантаження шаром фільтруючого ґрунту із застосуванням вертикальних піщаних дренажів, часткова або повна заміна сильностисливого ґрунту табл. 9.5).

Ущільнення фільтраційним навантаженням особливо раціональне при зведенні споруд, які мають розвинуту площу обпирання на основу (резервуари, споруди на суцільній фундаментній плиті), і може бути рекомендовано у випадку, коли товщина сильностисливих ґрунтів перевищує 3 м.

Навантаження від фільтруючого донавантаження повинно на 10% перевищувати тиск під подошвою фундаменту.



**Рис. 9.1. Схеми інженерної підготовки сільностисливих ґрунтів**

А – довантаження фільтраційним шаром, Б – підсіпка поверхні (насип), В – повна заміна сільностисливого ґрунту мінеральним, Г – часткова заміна сільностисливого ґрунту мінеральним; 1 – насип мінерального ґрунту; 2 – сільностисливий ґрунт; 3 – мінеральне дно; 4 – вертикальні піщані дрени.  $H_n$  – відмітка проектної поверхні;  $H_c$  – відмітка поверхні сільностисливого ґрунту;  $H_d$  – відмітка мінерального дна

Таблиця 9.5

**Комплекс заходів інженерної підготовки сільностисливих ґрунтів для міста**

№ з/п	Функціональне використання	Комплекс заходів з інженерної підготовки		
		Спеціальні методи	Загальні заходи	Спеціальні заходи
1.	Житлові квартали і мікрорайони, зелені насадження загального користування і спортивні споруди	Доновантаження шаром мінерального ґрунту	Вертикальне планування і організація водовідведення	Дренування



2.	Вулиці і площі сельбищних зон і дороги поза нею	Донавантаження або виторфовування (повне або часткове) з заміною мінеральним ґрунтом	Вертикальне планування і організація водовідведення	Дренування
3.	Промислові і комунально - складські території	Донавантаження або виторфовування (повне або часткове) з заміною мінеральним ґрунтом	Вертикальне планування і організація водовідведення	Дренування плюс агролісо-технічні заходи
4.	Санітарно-захисні смуги і приміські зони відпочинку	—	Осушувальна мережа	Дренування плюс агролісо-технічні заходи

Товщина шару насипного ґрунту встановлюється спеціальними розрахунками з врахуванням величини осідання торф'яного пласту. В загальному потужність шару повинна бути достатньою для організації рельєфу і для прокладання підземних комунікацій, але в усіх випадках товщина шару донавантаження повинна бути не менше ніж 0,8 м.

Мінімальний шар ґрунту донавантаження для місцевих доріг можна застосовувати по таблиці 9.6, а для магістралей з інтенсивним рухом по таблиці 9.7.

Таблиця 9.6

### Мінімальний шар донавантаження для місцевих доріг

Товщина сильнестисливого ґрунту, м	Мінімальна товщина настилу, м при щільності ґрунту донавантаження $2/см^3$		
	0,18	0,13	0,08
6	1,00	1,40	1,40
3	1,00	1,35	1,40
1	1,00	1,25	1,30

Таблиця 9.7

### Мінімальний шар донавантаження для магістральних доріг

Товщина сильнестисливого ґрунту, м	товщина настилу, м для покриттів		
	Капітальне удосконалене	Полегшене удосконалене	Перехідних
8	4,5	4,0	3,5



6	4,0	3,5	3,0
4	3,0	2,5	2,0
2	2,5	2,0	1,5

## **ТЕМА 10. Інженерна підготовка заболочених і заторфованих територій**

### **10.1. Загальні відомості**

Болотами називають територію, де надлишкова волога сприяє розвитку характерної рослинності та процесу формування торфу. Заболочені ґрунти – території, надлишкове зволоження яких призвело до розвитку вологолюбної рослинності та перших стадій торфоутворення. Таким чином, заболоченість територій є початковим етапом утворення болота.

Основні показники, які характеризують заболочені території: тривалість стояння ґрунтових вод на глибині менше 0,5 м від поверхні; наявність болотної рослинності, нерозкладної органічної маси (торфу) і аморфного перегною.

При потужності шару торфу більше 0,5 м ці території відносяться до боліт або торф'яників, а при меншому шарі торфу – до мінеральних боліт, заболочених лісів, луків або до заболочених земель. Ділянки місцевості з поширенням покладів торфу різної товщини відносять до заторфованих територій.

До причин утворення заболочених територій належать наступні природні фактори:

- значна кількість атмосферних опадів;
- плоский рельєф територій або наявність замкнутих низин, що ускладнює або унеможлиблює стік поверхневих вод, неглибоке залягання водоупорних пластів, що перешкоджає відтоку ґрунтових вод;
- зміна ухилів місцевості, що створює можливість виходу підземних вод на поверхню;
- ґрунтові біологічні процеси, пов'язані з умовами несприятливими для розкладання рослинних залишків;
- глибоке промерзання ґрунтів і повільне їх відтаювання.

Утворенню заболоченості і боліт може сприяти і нераціональна діяльність людини. Так, при дорожньому будівництві насипи залізничних і автомобільних доріг стають перешкодами на шляху руху



грозових і талих вод, що впадали раніше в струмки та річки. Заводнена низина заболочується і підтоплення, яке відбувається, може стати причиною загибелі лісів на значних відстанях (до 2...3 км і більше).

До утворення заболочених територій призводить також неорганізований стік з міських територій промислових і комунально-господарських вод.

Болота поширюються окремими локальними масивами, які розвиваються в низинах, а також системами масивів, які утворюються при розростанні або злитті окремих масивів. Болотний масив характеризується його площею, а системи масивів – наявністю боліт на даній території у відсотках.

Мікроландшафт заболочених територій обумовлюється умовами водного живлення, що, в свою чергу, пов'язано з певними формами рельєфу (рис. 10.1).



Рис. 10.1. Геоморфологічна схема боліт

1 – водорозділ; 2 – схил долини; 3,4 – тераси; 5 – болото

На водорозділах при надлишковому живленні атмосферними опадами можуть утворюватись *верхові* або *мохові болота* – перший тип боліт. У випадку, коли верхні і середні ділянки схилів річкових долин отримують зволоження внаслідок просочення вод, що поступають зі схилів, і викликані ґрунтові води, утворюються болота другого типу, які називаються *перехідними* або *схилувими*. Третій тип – болота на понижених ділянках схилів. Живлення цих боліт

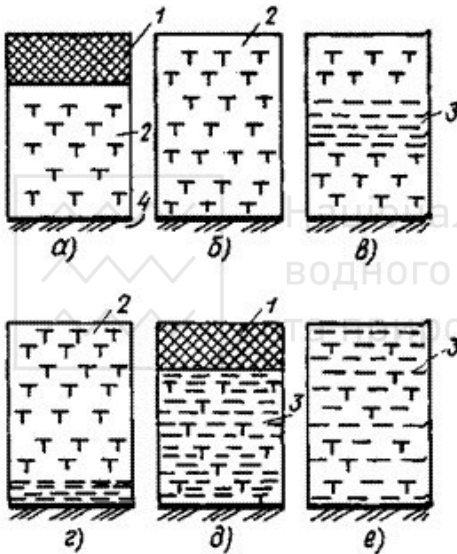




проходить за рахунок атмосферних опадів, вод, що поступають із схилів, ґрунтових і поверхневих вод.

Відповідно до вищеназваних типів боліт типи торф'яних ґрунтів поділяють на верховий і низинний

За потужністю шару торфу болота поділяють на дрібні (до 2 м), середні (до 4 м) і глибокі (з потужністю торф'яних пластів більше 4 м). Вміст вологи у торфі сягає 96%, причому більша частина вологи знаходиться у вільному стані. Певне чергування пластів різних типів болотних ґрунтів визначає макроструктуру кожного болота і його специфіку (рис. 10.2).



**Рис. 10.2. Макроструктура торф'яного пласту**

а) – з волокнистою товщею по верху; б) – з однорідним торф'яним ґрунтом; в) – із слабким прошарком; г) – із слабкими донними відкладеннями; д) – теж, із розрідженим торфом; е) – з розрідженим торфом; 1 – волокнистий ґрунт; 2 – щільний торф'яний ґрунт; 3 – розріджений шар і прошарок; 4 – мінеральне дно болота

Заторфовані території характеризуються:

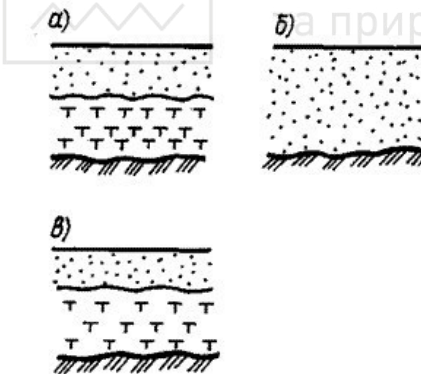
- високою стисливістю торф'яних покладів під навантаженням;
- тривалими і нерівномірними деформаціями в результаті зсуву і під дією навантаження;
- несприятливим впливом на мікроклімат (різні коливання температури протягом доби, тумани та ін.);
- здатністю осушених територій піддаватись вітровій ерозії; ймовірністю займання в посушливі роки; швидким перезволоженням в період інтенсивних опадів.



## 10.2. Інженерна підготовка заболочених і заторфованих територій

Враховання розглянутих факторів визначає конкретні заходи по інженерній підготовці заболочених територій із врахуванням їх технічної та економічної доцільності. Однак сучасна техніка дозволяє освоювати практично будь-які заболочені території, але все залежить від економічності. На сучасному етапі малодоступними для забудови необхідно вважати болота глибиною більше 10 м, а також болота складені розрідженими торфами з потужністю шару більше 3...5 м.

При використанні заторфованих територій з містобудівельною метою необхідно проводити комплекс заходів по їх інженерній підготовці. Поряд з такими заходами як вертикальне планування, організація стоку поверхневих вод, осушення територій, на заболочених ділянках застосовують спеціальні заходи, а саме навантаження торф'яного шару шаром мінерального ґрунту, часткове або повне виторфовування із заміною видаленого шару мінеральними ґрунтами (рис. 10.3). Застосування тих або інших заходів пов'язано з функціональним використанням територій.



**Рис. 10.3. Заходи по інженерній підготовці заторфованих територій**

*a)* – навантаження шаром мінерального ґрунту; *б)* – повне виторфовування із заміною мінеральним ґрунтом; *в)* – часткове виторфовування

На ділянках залягання торфу, призначених під забудову, доцільно здійснювати навантаження поверхні мінеральними ґрунтами. При цьому товщину шару мінеральних ґрунтів встановлюють з врахуванням подальшого осідання торфу і забезпечення ухилів поверхні території для організації стоку поверхневих вод. Ці роботи проводять паралельно з пониженням рівня ґрунтових вод. На територіях житлових мікрорайонів,



зелених насаджень загального користування, спортивних споруд мінімальний шар мінерального ґрунту приймають рівним 1 м, а на проїжджій частині вулиць і доріг встановлюється залежно від інтенсивності руху транспорту. В окремих випадках при відповідних обґрунтуваннях допускається використовувати метод виторфовування.

Навантаження боліт дозволяє ліквідувати просідання торф'яних ґрунтів в результаті створення насипу, який сприймає динамічні (від руху транспорту) і статичні (від будівель і споруд) навантаження. Будівлі зводять на пальовому фундаменті, що передає навантаження на міцні підстилаючі шари.

Для зменшення об'ємів земляних робіт вертикальне планування території на навантажених болотах виконується з використанням мінімальних ухилів, що забезпечує організацію поверхневого стоку. При цьому, найбільш часто використовують пилоподібний профіль як вулиць і проїздів, так і територій забудови.

Осушувальну мережу, яку використовують для тимчасового пониження рівня ґрунтових вод перед навантаженням торф'яного шару, влаштовують, як правило, відкритого типу.

Метод виторфовування полягає в повному видаленні торф'яного шару із заміною його мінеральним ґрунтом. Висота необхідного насипу визначається як різниця між планувальною відміткою поверхні території і відміткою поверхні мінерального дна болота. Основний недолік цього методу у порівнянні з методом навантаження – великий об'єм земляних робіт, особливо при потужності торф'яного шару більше 1,5...2 м. Тому виторфовування застосовують локально, на окремих ділянках, головним чином на вулицях, майданчиках, промислових територіях.

В комплексі інженерних заходів по містобудівельному використанню заболочених і заторфованих ділянок значна увага приділяється благоустрою природних і штучних водойм, що входять в загальну систему осушення території. Найголовнішу роль при цьому відіграє визначення відмітки водної поверхні водойми для підсилення дренажу прилеглих територій.

Заходи із інженерної підготовки боліт і заболочених територій дозволяють забезпечити санітарні і містобудівельні норми осушення, стабілізацію поверхні, умови для вирощування зелених насаджень і, в кінцевому випадку, створити умови для нормального проживання населення.



## ТЕМА 11. Інженерна підготовка територій із карстовими явищами

### 11.1. Типи карсту та форми його проявлення

Карстові процеси проявляються у вигляді специфічних поверхневих та підземних форм, своєрідності якостей річково-озерної мережі та циркуляції підземних вод.

Карстові процеси спостерігаються у вапняках, доломітах та перехідних карбонатних породах, у вапняних конгломератах, крейдових породах, гіпсі, ангідриті, кам'яній солі, калійних, калійно-магнієвих та інших соляних породах, а також – при певних умовах у крейдо подібних мергелях та мармурі.

Карстові явища та процеси поділяють за типами деформації земної поверхні, за літологічним складом та особливостями залягання карстових порід.

У важкорозчинних породах розвиваються карбонатні (вапняки, доломіти, крейда), сульфатні (гіпс) та сульфатно-карбонатні типи, а у легкорозчинних спостерігається соляний тип карсту.

Розрізняють такі типи карстових деформацій земної поверхні: провали, осідання, корозія земної поверхні.

Провали виникають: у випадку провалювання покрівлі карстових порожнин, у випадку карстово-суфозійних явищ, які виникають внаслідок просочування в карстові порожнини та тріщини пухкого матеріалу з покривних відкладень і, у випадку, змішаних процесів.

Поступові осідання земної поверхні (невеликі за площею місцеві осідання та осідання на великій площі) інколи приводять до утворення великих мульд осідання та депресій.

Корозія земної поверхні утворюється у місцях виходу на поверхню розчинних гірських порід.

Часто зустрічаються комбіновані та проміжні типи деформацій земної поверхні.

За особливостями залягання карст поділяють на два типи: відкритий (карстові породи безпосередньо на поверхні) та прихований або закритий (карстові породи перекриваються шарами нерозчинних водонепроникних або водопроникних гірських порід). По відношенню до рівня підземних вод карстові породи можуть залягати у зоні аерації, постійного водонасичення або в обох одночасно.

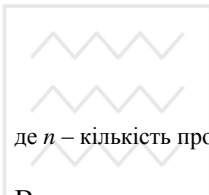


## 11.2. Містобудівельна оцінка територій з карстом

Містобудівельна оцінка територій з карстовими явищами проводиться за даними інженерно-геологічних досліджень умов формування карсту, інтенсивності та характеру його розвитку. Мета досліджень – виявлення ділянок, які придатні для зведення будівель, споруд, а також проектування заходів боротьби з карстом під час будівництва та експлуатації об'єктів.

Стійкість територій визначають на підставі інженерно-геологічного районування за умовами розвитку карстових явищ. Для її кількісної оцінки використовують показники середньорічної кількості карстових провалів, які відносяться до одиниці площі, та середньорічного враження територій карстовими провалами.

Середньорічна кількість карстових провалів, яка відноситься до одиниці площі, визначається за формулою:



$$P = \frac{n}{st}, \quad (11.1)$$

де  $n$  – кількість провалів, що зареєстровані на площі  $S$ ,  $\text{км}^2$ , за час  $t$ , років.

Величина зворотна до  $P$ , - середня періодичність провалів, яка показує, через який час на площі  $1 \text{ км}^2$  відбудеться один провал визначається за формулою:

$$\frac{1}{P} = \frac{st}{n}, \quad (11.2)$$

Середньорічна враженість території карстовими провалами визначається за формулою:

$$B = \frac{\sum S}{st} 100\%, \quad (11.3)$$

де  $\sum S$  – сума площин провалів,  $\text{км}^2$ , які з'явилися на території за  $t$  років.

При районуванні виділяють такі категорії карстових територій за ступенем їх стійкості відносно провалів: дуже нестійкі ( $P > 1,0$ ),



нестійкі ( $P = 0,1-1,0$ ), недостатньо стійкі ( $P = 0,05-0,10$ ), зниженої стійкості ( $P = 0,01-0,05$ ), відносно стійкі (утворення провалів виключається).

Для оцінки швидкості розвитку карсту використовують показник активності карстового процесу. Швидкість розвитку карсту виражається відношенням об'єму розчиненої породи, яку виносять підземні води із карстового масиву, до загального об'єму карстової породи за умовний проміжок часу (за тисячоліття).

Показник активності карстового процесу, % за 1000 років визначається за формулою:

$$A = \frac{V}{V'} 100\%, \quad (11.3)$$

де  $V$  – об'єм розчиненої породи,  $m^3$ , яка буде винесена підземними водами за 1000 років;

$V'$  – загальний об'єм масиву карстових порід,  $m^3$ .

Об'єм розчиненої породи, що виноситься підземними водами з карстового масиву, визначають за середнім хімічним складом водних джерел, який відображає загальний результат умов, що впливають на інтенсивність карстового процесу (склад та потужність порід, агресивність підземних вод та швидкість їх переміщення).

Ступінь придатності ділянки під будівлю в межах території з карстовими явищами визначається окремо для сельбищної, промислової та транспортної зони залежно від середньорічної кількості провалів на  $1 km^2$  за рік (табл. 11.1).

Таблиця 11.1

### Ступінь придатності територій з карстом під забудову залежно від середньорічної кількості провалів

Зона забудови	Території		
	придатні	Обмежено придатні	непридатні
Сельбищна	Менше 0,01	Від 0,01 до 0,1	Більше 0,1
Промислова та транспортна	Провалини виключаються	Менше 0,05	$\geq 0,05$



Ділянки під будівлі і споруди обирають на стійких не порушених карстовим процесом блоках порід. Не рекомендується розміщувати будівлі і споруди безпосередньо на місцях старих карстових форм (чарунок, впадин) та поблизу їх скупчення. Території, які непридатні під забудову, використовують для зелених насаджень.

### 11.3. Заходи захисту будівель і споруд

Вибір заходів захисту будівель і споруд, що зводяться у карстових районах, виконують залежно від умов розвитку та характеру виявлення карсту, призначення та конструктивних об'єкту, який проектується.

Інженерна підготовка основ будівель та споруд, які проектуються на територіях з карстовими явищами включає:

- вертикальне планування та відведення дощових, стічних, дренажних вод за межі водозбірних площин поверхневих вод;
- засипку карстових впадин глинистим матеріалом;
- тампонаж водостійким матеріалом (цементацию) всіх водопоглинаючих чарунок та тріщин, що виходять на поверхню, а також бурових свердловин та інших інженерно-геологічних виробок;
- заповнення підземних порожнин (небезпека виникнення провалів та осідання будівель та споруд може бути зменшена або ліквідована тампонажем порожнин та тріщин у карстовому масиві та заповненням карстових порожнин бутобетонною кладкою);
- влаштування водонепроникних завіс навколо ділянок забудови методами цементациї, бітумізації, силікатизації;
- влаштування глибоких фундаментів на бурі набивних палях або на опорах глибокого закладання, якими проходять карстові породи.

З метою забезпечення міцності, стійкості та експлуатаційної надійності будівель і споруд у разі появи карстових провалів влаштовують спеціальні фундаменти, застосовують заходи посилення конструкцій та покращення умов їх роботи, будують промислові споруди нових типів та ін.

При експлуатації інженерних мереж необхідно взагалі усунути можливість витоку із водогону, каналізаційних, теплофікаційних та інших мереж.

Витоки агресивних промислових стоків у ґрунт не допускаються.



### **12.1. Оцінка умов забудови територій**

Оцінку територій, що розроблюються гірничими виробками, виходячи з умов забудови виконують на підставі гірничо-геологічного обґрунтування, яке складається спеціалізованою організацією і містить у собі:

- геологічні та гідрогеологічні дані про розроблену товщу;
- плани гірничих робіт з перспективою розробок корисних копалин;
- відомості про системи розробки корисних копалин та контури площин залягання їх балансового та забалансового запасу;
- відомості про контури площин територій різних груп за величинами очікуваних деформацій земної поверхні;
- дані про місця виходу наносів тектонічних порушень та пластів корисних копалин, розташування гирл старих вертикальних та скісних виробіток;
- дані про місця, де можливо утворення провалів, про уступи наземної поверхні, які проявилися, про тектонічні порушення та провали;
- оцінку змін геоморфологічних, гідрологічних та гідрогеологічних умов ділянки забудови внаслідок осідання земної поверхні, а також можливих змін фізико-механічних властивостей ґрунтів у разі зміни гідрогеологічних умов території.

Під забудову, насамперед, використовують території, під якими залягають непромислові корисні копалини або вже вироблені промислові корисні копалини та процес деформації земної поверхні скінчився, а також території, де розроблення корисних копалин очікується після закінчення часу амортизації об'єктів, що проектуються. Забороняється будівництво будівель та споруд на розроблених територіях, де за прогнозом можливо утворення провалів та зсувів або перевищення припустимих значень деформацій земної поверхні.

На розроблених територіях у місцях виходу робочих та розроблених пластів та тектонічних порушень, а також у районах зі старими гірськими виробками, що пройдені на малих глибинах, зведення будівель та споруд здійснюється тільки при наявності відповідного висновку організацій, що спеціалізуються у даній області.





Території, що розроблені виробітками на глибинах, вищих за безпечні, можливо забудувати після закінчення процесу зсуву або після вживання заходів, що виключають можливість виникнення провалів (замулення виробіток через свердловини, закладення виробіток породою). На цих горизонтах гірські роботи повинні виконуватися з застосуванням гірських та конструктивних заходів захисту.

**Допустимі величини деформацій** об'єкту залежать від його призначення та народногосподарської цінності, „чутливості” будівельних конструкцій та обладнання до деформацій основи, а також від виду технологічного процесу.

**Безпечна глибина розробки**, починаючи з якої гірські виробки не викликають у споруд деформацій, що більші за допустимі:

$$H_b = k_1 \frac{m}{\varepsilon}, \quad \text{або} \quad H_b = k_2 \frac{m}{i}, \quad (12.1)$$

де  $k_1$  та  $k_2$  - коефіцієнти, які залежать від групи родовищ та кута падіння пласту;

$m$  - потужність шару ґрунту,  $m$ ;

$[\varepsilon]$  та  $[i]$  - відповідно припустима горизонтальна деформація та уклон земної поверхні,  $mm/m$ .

Якщо для об'єкту встановлені допустимі величини горизонтальної деформації та ухилу, за безпечну глибину приймають найбільше значення  $H_b$ .

На територіях, що розроблені на глибинах, вищих за безпечні, водойми споруджують за спеціальними проектами, які передбачають заходи захисту гірських виробіток від проникнення води.

Розроблені території забудовують з врахуванням активізації процесу зсуву над вже розробленими пластами при кожному наступному розробленні, незалежно від її глибини.

## 12.2. Інженерні заходи щодо освоєння територій

До заходів, що забезпечують експлуатаційну придатність забудов та споруд, які зводяться на розроблених територіях, відносять:

- вертикальне планування;
- раціональну орієнтацію забудов та споруд відносно призначених до проведення (або вже існуючих) виробіток та вибір оптимальних габаритів об'єктів будівництва;



— використання будівельних та гірничо-технічних захисних засобів; використання раціональних конструкцій та ефективних будівельних матеріалів (табл. 12.1).

Для запобігання проникненню води у гірничі виробки при інженерній підготовці території необхідна організація відведення дощових, стічних, дренажних та інших вод за межі водозбірних площин. При цьому слід враховувати можливість проникнення води через шурфи та інші гірничі виробки, які мають вихід на денну поверхню, а також через незатамповані або неякісно затамповані свердловини.

Таблиця 12.1

**Групи територій в залежності від очікуваних деформацій земної поверхні**

Очікувані деформації земної поверхні			
Групи територій	Відносна горизонтальна деформація розтягування або стиснення $\varepsilon$ , мм/м	Нахил $i$ , мм/м	Радіус кривизни $R$ , км
I	$12 \geq \varepsilon > 8$	$20 \geq i > 10$	$1 \leq R < 3$
II	$8 \geq \varepsilon > 5$	$10 \geq i > 7$	$3 \leq R < 7$
III	$5 \geq \varepsilon > 3$	$7 \geq i > 5$	$7 \leq R < 12$
IV	$3 \geq \varepsilon > 0$	$5 \geq i > 0$	$12 < R < 20$

Поздовжні вісі забудов орієнтують: для I та II груп територій (табл. 12.1) – у напрямку простирання або перпендикулярно до напрямку простирання пластів корисних копалин; для I<sub>k</sub> – III<sub>k</sub> груп територій (табл. 12.2) - перпендикулярно до напрямку простирання означених пластів.

Таблиця 12.2

**Групи територій в залежності від очікуваної висоти уступу  $h$ , см**

I <sub>k</sub>	$25 \geq h > 15$
II <sub>k</sub>	$15 \geq h > 10$
III <sub>k</sub>	$10 \geq h > 5$
IV <sub>k</sub>	$5 \geq h > 0$

**Примітка.**

Будинки розміщують між уступами на земній поверхні.



Будинки та споруди на територіях з гірничими виробками проектуються за жорсткими, піддатливими або комбінованими конструктивними схемами.

За жорсткою схемою проектуються об'єкти порівняно невеликих розмірів у плані, а також об'єкти, в яких за умовами експлуатації не допускається взаємного зміщення конструкцій.

За піддатливою схемою проектують об'єкти більших розмірів у плані, власна жорсткість яких незначна. Піддатливість будинків та споруд забезпечується влаштуванням швів плинну, шарнірними сполученнями елементів рухомих опір, розподілом будинків та споруд деформаційними швами на відсіки та інше. Тонелі, галереї, естакади та ін., що встановлені або примикають до будинків, також відокремлюють від будинків деформаційними швами.

Як гірничі засоби охорони ділянки земної поверхні проектують повну або часткову закладку відробленого простору; розробку корисних копалин з відривом у часі та просторі широким фронтом кількома лавами, не залишаючи міжлавних целиків; розробку пластів неповної потужності або площини.

Припустима потужність витягнутого пласту,  $m$ , визначається за формулою:

$$n = \frac{m}{\varepsilon_m}, \quad (12.2)$$

де  $[\varepsilon]$  - припустимі деформації земної поверхні в основі розроблюваного об'єкту, мм/м;

$\varepsilon_m$  - максимальні деформації земної поверхні, що виникають при розробці пласту на повну потужність  $m$ , мм/м.

Як міра захисту будинків і споруд передбачається у процесі експлуатації вирівнювання будинків, споруд, їхніх окремих конструкцій і технологічного обладнання з допомогою домкратів і інших вирівнювальних приладів.



### 13.1. Загальні відомості.

Райони вічної мерзлоти складають приблизно 47% території СНД.

Мерзлі ґрунти – це ґрунти, які мають від’ємну чи нульову температуру і утримують в собі лід.

Ґрунти відносяться до вічномерзлих, якщо вони знаходяться у мерзлому стані більше трьох років.

По ступеню стискання під навантаженнями розрізняють три види вічномерзлих ґрунтів:

1. Твердомерзлі міцно зцементовані льодом і практично не стискаються під навантаженням від будівлі,  $E = 100 \text{ МПа}$ .

2. Пластичномерзлі зцементовані льодом, але такі, що володіють в’язкими властивостями (внаслідок вмісту в них значної кількості незамерзлої води). Такі ґрунти можуть стискатися під навантаженням від споруди в межах  $E = 10 \dots 100 \text{ МПа}$ .

3. Сипучомерзлі незцементовані льодом (внаслідок низької вологості), піщані і крупноуламкові ґрунти, які володіють такими ж властивостями стискання як і немерзлі ґрунти такого ж складу вологості і щільності.

Зустрічаються різні форми поширення і залягання вічномерзлих ґрунтів: суцільна, перервна, острівна.

При розмерзанні ґрунтів відбувається різке порушення їх структури. Мулисті і глинисті ґрунти перетворюються в текучепластичну масу, яка характеризується великим перезволоженням і малою несучою здатністю. Відтаювання прошарків льоду у товщі ґрунту супроводжується осіданням земної поверхні, що має характер місцевих швидкопротікаючих просідань, що небезпечно для будівель. Модуль деформації мерзлого ґрунту при переході в розмерзлий стан змінюється в дуже широких межах в залежності від наявності льоду.

Крупноуламкові ґрунти  $E = 3 \dots 30 \text{ МПа}$ ; піски  $E = 2 \dots 20 \text{ МПа}$ ; супіски  $E = 1 \dots 10 \text{ МПа}$ ; суглинки  $E = 0,5 \dots 2,5 \text{ МПа}$ ; глини  $E = 0,4 \dots 1,5 \text{ МПа}$ .

Якщо розмерзання ґрунту основи відбувається в процесі експлуатації будівлі, то в такому випадку необхідно враховувати два види деформації основи: осадку розмерзання, яка не залежить від типу; осадку ущільнення, яка залежить від тиску фундаментів і власної ваги ґрунту.

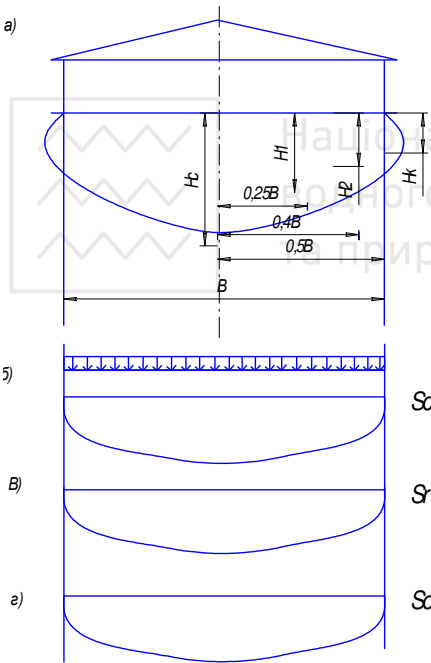


Найбільше розмерзання відбувається під середньою частиною будівлі, менше – біля її країв.

Розміщення зони розмерзання ґрунту в основі споруди визначається теплотехнічними розрахунками або за даними натурних спостережень.

### 13.2. Будівництво і експлуатація будівель і споруд на вічномерзлих ґрунтах.

Залежно від конструктивних і технологічних особливостей будівель і споруд, інженерно-геологічних умов та можливості змінювання властивостей основ для фундаментів будівель приймають



один із двох принципів будівництва і експлуатації будівель і споруд на вічномерзлих ґрунтах.

Рис.13.1. Розрахункова схема розмерзання ґрунту під будівлею (а), і епюри осідань (б, в, г)

Принципи:

1. Зберігання вічномерзлого ґрунту як під час будівництва, так і під час експлуатації будівлі.

2. Відтаювання вічномерзлого ґрунту перед початком будівництва чи під час експлуатації за рахунок тепла, що виділяє споруда в ґрунт.

На кожній будівельній ділянці, для кожної окремої будівлі можливе використання лише одного принципу будівництва або експлуатації.

Будівництво чи експлуатація за першим принципом проводиться з урахуванням наступних загальних рекомендацій:



— влаштування фундаментів, які б зменшували теплопередачу ґрунту. Такими фундаментами є окремі опори чи пальові фундаменти. Глибина розмерзання визначається по двох вертикалях. Під серединою будівлі  $H_C$ , його краєм  $H_K$ , і на  $L = 0.25B$  і  $L = 0.4B$  від центру будівлі. В загальному випадку повне просідання основи  $S$  складається з осідання ущільнення, ( $S_C$ ) під навантаженням, осідання ущільнень від власної ваги ґрунту ( $S_r$ ) і осадки розмерзання ( $S_O$ ):

- обпирання труб, печей на окремі фундаменти з провітрюванням простору під ними;
- використання для влаштування фундаментів матеріалів з низькою теплопровідністю;
- прокладання в тілі фундаментів тепло ізолюючих матеріалів, а під фундаментами настилення дерев'яних брусів чи ростверку;
- влаштування водонепроникних підлог у будівлях і спорудах з мокрим технологічним процесом;
- захист основи від поверхневої води;
- реалізація такої глибини закладання фундаменту, яка задовольняє умову про мінімальну глибину

$$H_f + 2m - \text{глибина мерзлості,}$$

де  $H_f$  - сезонне розмерзання ґрунту, розрахункове.

Експлуатаційна служба, приймаючи будинки, повинна в'ясувати по якому принципу він побудований і прийняти від підрядника наступні документи і засоби:

- журнал мерзлотних спостережень;
- мережу свердловин для замірів температури ґрунту;
- журнали нівелювання.

Будівництво і експлуатацію будівель і споруд за другим принципом найчастіше використовують при неглибокому заляганні мерзлого ґрунту або коли в основі фундаментів розміщується пластично-мерзлий ґрунт, також якщо деформація основи при відтаюванні не перевищує гранично допустимих величин. Глибину закладання фундаментів для будівель споруджених за другим принципом приймають залежно від розрахунку глибини сезонного промерзання, рівня ґрунтових вод, типу ґрунту.

Основні заходи захисту будівель побудованих на вічномерзлих ґрунтах за другим принципом:



1. Зведення і експлуатація будівель на штучних насипах. Теплоізолювана поверхня ґрунту при невеликій ширині будівлі.
2. Влаштування будівель з використанням пальових фундаментів.
3. Влаштування неопалювальних приміщень в перших поверхах споруд.
4. Одинарне скління вікон. Застосування тонких стін без утеплювачів.
5. Влаштування охолоджуючих труб або вентканалів під підлогою для будівель великим нагріванням
6. Влаштування проморожуваних камер з використанням газу або рідини.

### **3. МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ**

Майже половина часу, відведеного навчальним планом на вивчення дисципліни „Інженерна підготовка міських територій”, передбачено для самостійної роботи. Повноцінне засвоєння теоретичного матеріалу неможливе без його обговорення та розв’язування задач на практичних заняттях, тому окремі теми розглядаються на передбачених планом аудиторних практичних заняттях. В той же час, у зв’язку з недостатністю аудиторного часу для повного охоплення всіх тем дисципліни, самостійна робота набуває особливо важливого значення.

Самостійна робота включає три види:

- вивчення за конспектами лекцій, підручниками та посібниками програмного матеріалу, прочитаного на лекціях;
- самостійне вивчення за навчальними посібниками розділів програми, не включених у лекційний курс;
- виконання студентами індивідуальних завдань науково-дослідного характеру та розрахункових робіт протягом семестру під керівництвом і контролем викладача.

Після вивчення відповідного розділу програми за конспектом лекцій та рекомендованою літературою, необхідно в першу чергу дати відповіді на „Питання та вправи для самоконтролю”.

Перш, ніж приступати до самостійного вирішення задач по кожній з тем, необхідно засвоїти відомості теоретичного курсу та чітко



уявляти організацію ведення робіт та норми, що слід використовувати при вирішенні відповідного завдання.

## 4. МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТТЬ

### 4.1. Розрахунок головного горизонтального дренажу

Розрахунки горизонтального дренажу виконують з метою встановлення витрати дренажу та підбору діаметрів труб.

Залежно від глибини залягання водоупору та водонепроникності верхнього (розрахункового) шару порід встановлюють тип головного дренажу – однолінійний або двохлінійний, досконалий або недосконалий і схема його розміщення на топографічному плані.

Якщо територія, що прилягає з нагірної сторони складена легкопроникними ґрунтами, то при розрахунку горизонтального дренажу враховується інфільтрація поверхневої води.

Радіус впливу дрени встановлюється за формулами:

$$R = \frac{h_1}{tg \alpha}, \text{ м} \quad (4.1)$$

при наявності інфільтрації:

$$R = h_1 \cdot \sqrt{\frac{k_d}{p}}, \text{ м} \quad (4.2)$$

де  $tg \alpha$  – величина кута нахилу депресійної кривої, його значення приймаємо в залежності від механічного складу ґрунту;

$p$  – величина інфільтрації поверхневої води, значення приймаються за табл. 1 додатку 2;

$k_d$  – коефіцієнт фільтрації, м/добу;

$h_1$  – напір води над дренажем.

Питому витрату води на 1 п.м. встановлюють використовуючи розрахункові залежності (рис. 4.1):

– при відсутності інфільтрації:

$$q_{imp} = q_1 + q_2 = k_d \cdot \frac{h_1^2}{2 \cdot R} + k_d \cdot \frac{h_1}{n \cdot R} \cdot m \cdot h_d, \quad (4.3)$$





— при наявності інфільтрації поверхневої води:

$$q_{imp}^p = k_d \cdot \frac{h_1^2}{2 \cdot R_p} + k_d \cdot \frac{h_1}{n \cdot R_p} \cdot m \cdot h_d + p \cdot \frac{R_p}{2}, \quad (4.4)$$

де  $q_1$  – притік води з верхнього шару,  $m^3/добу$ ;

$q_2$  – притік води з нижнього шару,  $m^3/добу$ .

Рівняння (4.4) має зміст якщо:  $\frac{p \cdot R_p}{2} \geq 0,1 \cdot k_d \cdot \frac{h_1^2}{2R_p}$ , тобто у

випадку коли інфільтраційний потік складає не менше 10% від бокового. Якщо умова не виконується, то слід користуватись формулою (4.3).

Якщо дренаж досконалий, то притік води буде тільки зверху, тому підживлення з нижнього шару не буде, а повна витрата знаходиться як:

$$q_{imp} = q_1. \quad (4.5)$$

Параметр  $n$  в формулах 4.3 і 4.4 враховує збільшення довжини ліній току порівняно з величиною  $R$  за рахунок їх криволінійної форми. Для знаходження значення цього параметру використовують функцію  $n = f(R/h_d)$  і приймають його значення за таблицею 2 додатку 2.

У зв'язку з тим, що лінії току охоплюють не всю площу ґрунту під дренами, то зменшення притоку враховується коефіцієнтом  $m$  значення якого при фільтраційних розрахунках приймається  $m = 0,75$ .

Повний притік до дрени незалежно від типів водного живлення та розташування дрен відносно водоупору знаходиться за залежністю:

$$Q_{imp} = q_{imp} \cdot L_d. \quad (4.6)$$

При розрахунках діаметрів дренажних труб слід виходити з умови безнапірного руху води в них, тобто при неповному їх заповненні. либину води в дрени при безнапірному русі, приймаємо рівною:

$$d_w = 0,7..0,9 \cdot d.$$



При розрахунку діаметру дрени приймаємо, що при роботі повним поперечним перерізом витрата води  $Q_{col}$ , а при неповному  $Q_w$ . Швидкість руху води в дрени відповідно  $V_{col}$  і  $V_w$ .

Витрата води при заданому діаметрі труби знаходиться за формулою Шезі:

$$Q_{col} = \omega \cdot c \cdot \sqrt{R \cdot i_d} = k_Q \sqrt{i_d}, \quad (4.7)$$

де  $k_Q$  – модуль витрати значення якого виражене через діаметр, при  $n = 0,013$  має вигляд:

$$k_Q = 24 \cdot d^{8/3}; M/c. \quad (4.8)$$

Залежно від діаметру труб значення витратної характеристики можна приймати за таблицею 3 додаток 2.

Коефіцієнт неповноти витрати знаходиться, як відношення:

$$A = \frac{Q_{imp}}{Q_{col}} = \frac{Q_{imp}}{k_Q \sqrt{i_d}}, \quad (4.9)$$

і його значення є функцією  $A = f_1(Q_w/d^2)$ , а коефіцієнт неповноти швидкості:

$$B = \frac{V_w}{V_{col}} = f_2\left(\frac{d_w}{d}\right) \quad (4.10)$$

$$v_w = B \cdot v_{col}, \text{ при повному } v_{col} = \frac{4 \cdot Q_{col}}{\pi \cdot d^2}.$$

Для нормальної роботи дренажу, його водозахоплююча здатність  $q_{dw}$  повинна перевищувати його розрахункову витрату  $q_{imp}$ .

$$q_{dw} > q_{imp}. \quad (4.11)$$

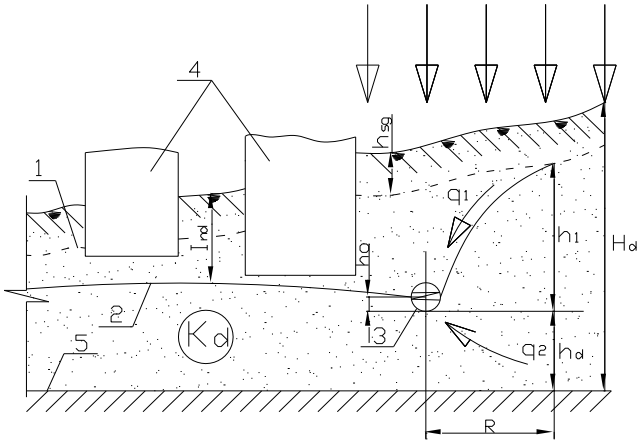


Рис. 4.1. Схема до розрахунку головного горизонтального дренажу.

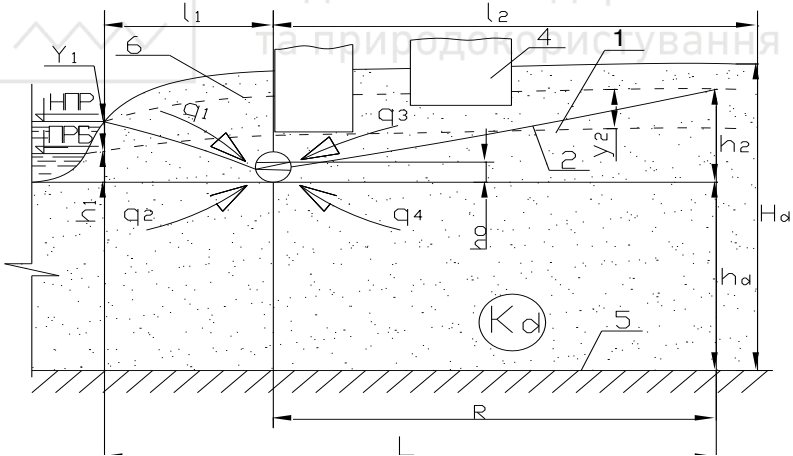


Рис. 4.3. Розрахункова схема берегового горизонтального дренажу  
1 – початкове положення РГВ; 2- депресійна крива РГВ після будівництва дренажу; 3 – дрена; 4 – підземний контур будівлі; 5 – водоупор; 6 – положення РГВ при підпорі води в річці.



Водозахоплююча здатність дрени – кількість води, яка може профільтрувати з ґрунту в 1 п.м. дрени без руйнування структури ґрунту та її значення знаходиться за формулою:

$$q_{dw} = 15,5 \cdot d \cdot \sqrt{k_d} \quad , \text{ м}^3/\text{добу}. \quad (4.12)$$

Допустима швидкість фільтрації води при виході із ґрунту встановлюється за формулою С.К. Абрамова

$$v_{lim} = 65^3 \cdot \sqrt{k_d} \quad , \text{ м}/\text{добу}. \quad (4.13)$$

Перевірка висоти виклинювання депресійної кривої при вході в дренажну трубу проводиться шляхом перевірки виконання умови:

$$h + a \leq d \quad , \quad (4.14)$$



$$h + a = 0,5 \cdot \frac{q_{imp}}{k_d} \quad . \quad (4.15)$$

#### 4.2. Приклад розрахунку головного горизонтального дренажу.

Рис. 4.2. Схема до розрахунку висоти виклинювання депресійної кривої.

Для захисту від підтоплення ґрунтовими водами території з житловими будинками, що мають підвальні приміщення застосовують головний горизонтальний дренаж.

Вихідні дані: територія розміщується на схилі де є корінні породи (глини) покриті четвертинними відкладеннями у вигляді пісків та супісків потужністю  $H_d=17,0$  м, з коефіцієнтом фільтрації  $k_d=10$  м/добу. Підземні води залягають на глибині  $hg_0=0,5$  м. Довжина контуру території, що захищається складає  $L_d=500$  м. Необхідне зниження рівня ґрунтових вод  $h_1=3,0$  м. Розрахункове значення норми осушення  $I_{nd}=4,0$  м.

Розрахункову схему наведено на рис.4.1.

Необхідно встановити: витрати дренажу, діаметр та ухил дрени.



Порядок розрахунку дренажу:

1. Використовуючи формулу (4.2) визначаємо радіус впливу дрени:

$$R_p = h_1 \cdot \sqrt{\frac{k_d}{p}} = 3,0 \cdot \sqrt{\frac{10}{0,001}} = 300 \text{ м}$$

2. За формулою (4.4) витрата води на 1 п.м. дрени визначається:

$$q_{imp} = 10 \cdot \frac{3,0^2}{2 \cdot 300} + 10 \cdot \frac{3,0}{300 \cdot 1,18} \cdot 0,75 \cdot 10 + 0,001 \cdot \frac{300}{2} = 0,94, \text{ м}^3/\text{добу} \cdot 1 \text{ п.м.}$$

3. Витрата води на всю довжину дрени буде рівною:

$$Q_{imp} = q_{imp} \cdot L_d = 0,94 \cdot 500 = 470 \text{ м}^3/\text{добу} = 5,4 \text{ л/с}$$

4. Приймаємо діаметр труби  $d=150$  мм та ухил  $i_d=0,002$ .

5. За таблицею 3, додаток 2 знаходимо значення параметрів  $k_Q$  залежно від прийнятого діаметру дрени:

$$Q_{col} = k_Q \cdot \sqrt{i_d} = 152 \cdot \sqrt{0,002} = 6,84 \text{ л/с}$$

Коефіцієнт, що враховує зменшення витрати при роботі дренажу неповним поперечним перерізом дорівнює:

$$A = \frac{Q_{imp}}{Q_{col}} = \frac{5,4}{6,84} = 0,79$$

Значення  $A=0,79$  згідно таблиці 4, додаток 2 відповідає  $d_w/d=0,80$ ;  $B=1,16$ .

6. Швидкість води в дрени при її заповненні:

$$V_{col} = Q_{col} / \omega_{col} = 4 \cdot Q_{col} / \pi \cdot d^2 = 4 \cdot 0,00684 / 3,14 \cdot 0,15^2 = 0,39 \text{ м/с}$$

$$V_w = V_{col} \cdot B = 1,16 \cdot 0,39 \text{ м/с}$$

Значення розрахункової швидкості води в трубах порівнюється з допустимою нерозмиваючою  $V_{adm}$ , значення якої для трубчастих дрен слід приймати рівним  $V_{adm}=1,5$  м/с.

Критична замулююча швидкість води в дренах  $V_{cr}=0,3$  м/с. Якщо виконується умова  $V_{adm}=1,5$  м/с  $\geq$   $V_w=0,45$  м/с  $\geq$   $V_{cr}=0,3$  м/с, то це свідчить про те, що ухил дрени визначено вірно.

7. Водозахватна здатність дрени визначається за формулою (4.12)



$$q_{dw} = 15,5 \cdot 0,15 \cdot \sqrt{10} = 7,3 \text{ м}^3/\text{добу}$$

і його значення відповідає нерівності:

$$q_{dw} = 7,3 \geq q_{imp} = 0,94 \text{ м}^3/\text{добу}, \text{ тобто умова виконується.}$$

**8.** Проводиться перевірка висоти вклинювання РГВ при глибокому заляганні водоупору:

$$h + a = 0,5 \cdot q_{imp} / k_d = 0,5 \cdot 0,94 / 10 = 0,047 \text{ м.}$$

Порівнюючи значення  $h + a < d$ , бачимо, що умова виконується, а це означає, що діаметр дрени та її ухил підбрано вірно.

**9.** Допустима швидкість фільтрації води при виході з ґрунту, значення якої знаходиться за формулою (4.13), значно перевищує коефіцієнт фільтрації  $k_d = 10 \text{ м/добу}$ .

$$v_{lim} = 65 \cdot \sqrt[3]{10} = 140 \text{ м/добу.}$$

#### 4.3. Призначення, проектування та розрахунок берегового дренажу

Після створення водосховища на річці, в її руслі здійснюється підняття рівня до НПР, а це свою чергу, веде до підняття рівня ґрунтових вод на прилеглий території. При заляганні водоупору на глибині  $h_d$  від дна річки прогноз висоти підняття РГВ виконується за формулою:

$$y_2 = \sqrt{(y_2 + h_d)^2 - (y_1 + h_d)^2 + (y_1 + y_1 + h_d)^2} - (y_2 + h_d). \quad (4.16)$$

З урахуванням інфільтраційних опадів в ґрунт, час підняття РГВ згідно умовних позначень, наведених на рис.3.3, можна визначити за формулою:

$$t = \frac{2 \cdot L \cdot \beta \cdot h_2}{k_d \cdot y_5 \cdot (h_2 + y_5)}, \quad \text{ä}^3\acute{a} \quad (4.17)$$

де  $y_5$  – середнє значення підняття РГВ, яке знаходиться як

$$y_5 = \frac{y_1 + y_2}{2}, \quad \text{ä} \text{ .}$$



#### 4.4. Порядок проектування та розрахунку горизонтального берегового дренажу

Для проектування берегової дрени на плані необхідно встановити її положення по відношенню до урізу води в водосховищі, або в річці. Відстань дрени від урізу води ( $l_1$ ) слід знаходити шляхом техніко-економічних порівнянь варіантів, суть яких полягає в тому, що при різній віддаленості дрени від урізу води, до неї буде спостерігатись різний за величиною фільтраційний потік зі сторони водосховища. Величина фільтраційного потоку залежить також від глибини закладання дрени, тому при знаходженні відстані дрени від урізу води розрахунки виконують шляхом підбору, для чого використовують рівняння:

$$\frac{q_{col}}{k_d \cdot (h_1 + y_1)} = \frac{(h_1 + y_1)}{2 \cdot l_1} + \frac{m \cdot h_d}{n \cdot l_1} \quad (4.18)$$

Таким чином величину  $\frac{q_{col}}{k_d \cdot (h_1 + y_1)}$  знаходять при різних значеннях  $l_1$ , тобто

$$\frac{q_{col}}{k_d \cdot (h_1 + y_1)} = f(l_1) \quad (4.19)$$

Горизонтальний береговий дренаж розраховується з метою встановлення положення дрени в плані, розрахунку повної витрати, що притікає до дрени та знаходження діаметру і ухилу дрени.

Оскільки порядок розрахунку берегового дренажу будемо розглядати як розв'язання конкретної задачі, то для цього використовуємо основні вихідні дані, які використовувалися при розрахунках головного дренажу:  $H_d = 17$  м;  $k_d = 10$  м/добу;  $ln_d = 4,0$  м, а також додаткові дані:

- глибина води в річці до підпору води в ній  $h_1 = 1,0$  м;
  - підняття рівня води до НПР на висоту  $y_1 = 5,0$  м;
  - відстань від осі дрени до водоупору  $h_d = 12,0$  м;
- $h_2 = 2,0$  м;  $L_d = 500$  м.

Порядок розрахунку дренажу:



1. Використовуючи залежність (4.16) прогнозуємо висоту підняття РГВ:

$$y_2 = \sqrt{(0,0 + 12,0) - (0 + 12,0) + (0 + 5,0 + 12,0) - (0,0 + 12,0)} = 4,7 \text{ м},$$

а також час стабілізації рівня ґрунтових вод після його підпору за формулою (4.17).

$$y_s = \frac{5,0 + 4,7}{2} = 4,85 \text{ м}; \quad L = R + l_1 = 200 + 50 = 250 \text{ м};$$

$$t = \frac{2 \cdot 250^2 \cdot 0,10 \cdot 2,0}{10 \cdot 4,85 \cdot (0,0 + 4,85)} = 75 \text{ діб}.$$

Для розрахунку часу необхідно знайти радіус впливу берегової дрени, для чого використовується залежність (4.2)

$$R_p = 2,0 \cdot \sqrt{\frac{10}{0,001}} = 200 \text{ м}.$$

2. Визначається положення дрени, для чого використовується залежність (4.18), а результати розрахунків зводяться в таблицю 4.1.

Таблиця 4.1

Значення  $\frac{q_{col}}{k_d \cdot (h_1 + y_1)}$  при різних величинах  $l_1$ .

$l_1, \text{ м}$	10	20	30	40	50	60	80
$\frac{q_{col}}{k_d \cdot (h_1 + y_1)}$	0,8 760	0, 438	0, 318	0, 219	0, 175	0, 146	0, 110

Використовуючи дані таблиці 4.1, будемо графік залежності (рис. 4.4) згідно формули (4.19), по якому в місці перелому кривої знаходимо, що  $l_1$  має значення рівне 50 м.





$$q_{\text{cos}}/k_d \cdot (h_1 + y_1)$$

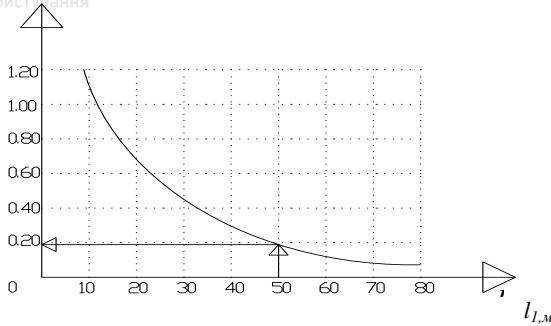


Рис. 4.4. Графік для встановлення відстані дрени від урізу води

3. Знаходять відстань  $l_2$  до кінця ділянки, де необхідно забезпечити норму осушення  $l_{nd}$  (рис. 4.3)

$$l_3 = \frac{(H_d - I_{nd})^2 \cdot R_p}{h_2^2} = \frac{(7,0 - 4,0)^2 \cdot 200}{2,0^2} = 8450 \text{ м}.$$

Ширина ділянки, що захищається повинна бути менша від  $l_2$ .

4. Загальний фільтраційний потік води до дрени знаходиться як:

$$q_{\text{imp}} = q_1 + q_2 + q_3 + q_4; \quad R_p/h_d = 16,7;$$

$$\begin{aligned} q_{\text{imp}} &= k_d \cdot \frac{(h_1 + y_1)^2}{2 \cdot l_1} + k_d \cdot \frac{h_1 + y_1}{n \cdot l_1} \cdot m \cdot h_d + k_d \cdot \frac{h_2^2}{2 \cdot R_p} + k_d \cdot \frac{h_2}{n \cdot R_p} \cdot m \cdot h_d + P \cdot \frac{R_p}{2} = \\ &= 10 \cdot \frac{(0,1 + 5,0)^2}{2 \cdot 50} + 10 \cdot \frac{0,1 + 5,0}{1,16 \cdot 50} \cdot 0,75 \cdot 12 + 10 \cdot \frac{2,0^2}{2 \cdot 200} + 10 \cdot \frac{2,0}{1,16 \cdot 200} \cdot 0,75 \cdot 12 + \\ &+ 0,001 \cdot \frac{200}{2} = 3,60 + 9,32 + 0,10 + 0,78 + 0,10 = 13,9 \text{ м}^3/\text{добу}. \end{aligned}$$

Притік води на всю довжину дрени буде рівним:

$$Q_{\text{imp}} = q_{\text{imp}} \cdot L_d = 13,9 \cdot 500 = 6950 \text{ м}^3/\text{добу} = 80 \text{ л/с}.$$

Подальший розрахунок берегового горизонтального дренажу, який полягає в знаходженні діаметру дрени та перевірці її пропускної здатності при заданому ухилі подібний до розрахунку головного



дренажу, тому зробимо посилання на формули (4.7...4.15) без виконання подальших розрахунків.

#### 4.5. Проектування та розрахунки вертикального берегового дренажу

Дренаж вертикального типу складається з ряду колодязів, розташованих вздовж берега річки або водосховища в одну або дві лінії. Береговий дренаж перехватує потік ґрунтових інфільтраційних вод зі сторони водосховища, а також потік ґрунтових вод, які поступають з нагірної сторони, тобто виконуючи в такому випадку роль головного дренажу.

Береговий дренаж вертикального типу на практиці швидше всього проектується досконалим в умовах безнапірного інфільтраційного потоку ґрунтових вод.

Розрахунок вертикальних дрен полягає у визначенні витрат, притікаючої до дрени та до всієї системи, і в знаходженні відстані між дренами, при якій на території, що захищається буде забезпечене необхідне зниження РГВ, а також знаходження місця положення дрени  $l_1$ .

Порядок розрахунку вертикального берегового дренажу розглянемо шляхом вирішення задачі з такими вихідними даними: верхній шар ґрунту потужністю  $H_d = 17,0$  м складено середньозернистими пісками з коефіцієнтом фільтрації  $k_d = 10$  м/добу. На території населеного пункту слід забезпечити положення РГВ на глибині  $I_{nd} = 4,0$  м. До захисту території від підтоплення береговим дренажем ґрунтові води знаходились на глибині  $h_{so} = 0,5$  м. Радіус дрени приймається рівним  $r = 0,2$  м, довжина фільтру складає  $l_f = 3,0$  м;  $h_1 = 15,0$  м. Довжина берегової лінії на якій проектується дренаж складає  $L_d = 600$  м.

Береговий дренаж проектується на відстані  $l_1 = 20$  м від урізу води у водосховищі.

Вихідні дані подані в символах згідно розрахункової схеми на рис. 4.5. Розрахунок вертикального берегового дренажу необхідно проводити в такій послідовності:

1. Радіус впливу дрени знаходять за формулою:

$$R = 2 \cdot S \cdot \sqrt{k_d \cdot h_2} \quad , \quad (4.20)$$

де  $S$  – необхідне зниження РГВ між дренами, м:



$$S = H_d - h_{s0} - h_0 = 17,0 - 0,5 - 10,0 = 6,5 \text{ м} \quad (4.21)$$

$$R = 2 \cdot 6,5 \cdot \sqrt{10,0 \cdot 13,0} \approx 150 \text{ м.}$$

2. Питомий приплив води до дрени розраховується за формулою:

$$q_{imp} = q_1 + q_2 = k_d \cdot \frac{h_1^2 - h_0^2}{2 \cdot l_1} + k_d \cdot \frac{h_1^2 - h_0^2}{2 \cdot R},$$

Після спрощення розрахункова залежність має вигляд:

$$q_{imp} = \frac{k_d \cdot (h_1^2 - h_2^2) + 2 \cdot q_2 \cdot R}{2 \cdot l_1}, \text{ м}^3/\text{добу} \quad (4.22)$$

$$h_2 = H_d - I_{nd} = 17,0 - 4,0 = 13,0 \text{ м}$$

$$q_2 = k_d \cdot \frac{h_2^2 - h_0^2}{2 \cdot R} = 10,0 \cdot \frac{13,0^2 - 10,0^2}{2 \cdot 150} = 2,3 \text{ м}^3/\text{добу}$$

$$q_{imp} = \frac{10,0 \cdot (5,0^2 - 13,0^2) + 2 \cdot 2,3 \cdot 150}{2 \cdot 20} = 31,20 \text{ м}^3/\text{добу}.$$

3. Відстань між вертикальними дренами знаходиться підбором з емпіричної залежності:

$$a_d \cdot \ln \frac{a_d}{\pi \cdot r} = \left[ h_1^2 - h_0^2 - \frac{2 \cdot l_1}{k_d} \cdot (q_{imp} - q_2) \right] \cdot \frac{\pi \cdot k_d}{2 \cdot g} \quad (4.23)$$

$$a_d \cdot \ln \frac{a_d}{3,14 \cdot 0,2} = \left[ 15,0^2 - 10,0^2 - \frac{2 \cdot 20}{10,0} \cdot (1,20 - 2,3) \right] \cdot \frac{3,14 \cdot 10,0}{2 \cdot 9,81}$$

Оскільки при значенні  $l_1 = 20 \text{ м}$  дане рівняння не має розв'язку через те, що вираз, взятий в дужки набирає від'ємного значення, тому задаючись новим значенням  $l_1 = 10 \text{ м}$  розрахунки повторюються.

$$a_d \cdot \ln \frac{a_d}{\pi \cdot r} = \left[ 13,0^2 - 10,0^2 - \frac{2 \cdot 10,0}{10,0} \cdot (1,20 - 4,3) \right] \cdot \frac{3,14 \cdot 10,0}{2 \cdot 9,81}$$

$$a_d \cdot \ln \frac{a_d}{3,14 \cdot 0,2} = 24,3; \text{ Звідки } a_d = 10,0 \text{ м і } 2 \cdot a_d = 20,0 \text{ м.}$$

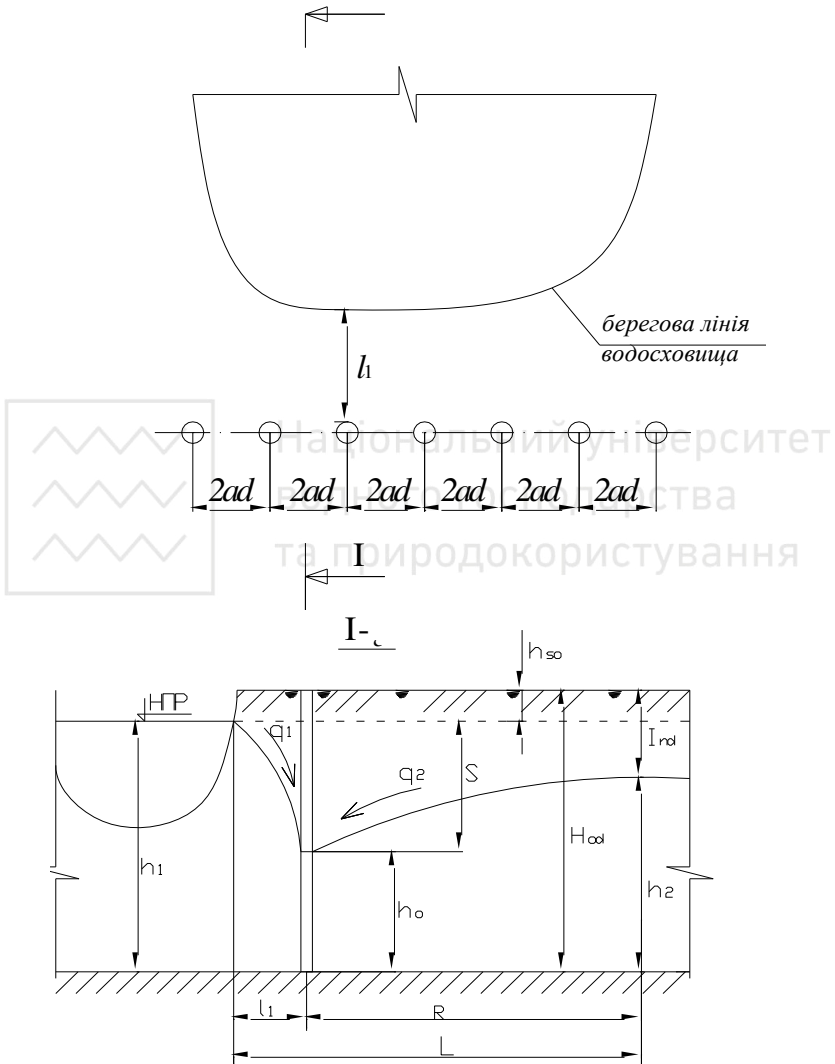


Рис. 4.5. Розрахункова схема берегового вертикального дренажу



4. Знаходимо повну витрату кожної дрени, для чого використовуємо рівняння:

$$Q_{imp} = \pi \cdot k_d \cdot \frac{h_1^2 - h_0^2 + \frac{2 \cdot q_2 \cdot l_1}{k_d}}{\frac{\pi \cdot l_1}{a_d} + \ln \frac{a_d}{\pi \cdot r}}; \quad (4.24)$$

$$Q_{imp} = 3,14 \cdot 10,0 \cdot \frac{13,0^2 - 10,0^2 + \frac{2 \cdot 43 \cdot 10,0}{10,0}}{\frac{3,14 \cdot 10,0}{10,0} + \ln \frac{10,0}{3,14 \cdot 10,0}} = 413 \text{ м}^3/\text{добу};$$

або на 1 погонний метр:  $q'_{imp} = \frac{Q_{imp}}{2 \cdot a_d} = \frac{413}{20} = 20,65 \text{ м}^3/\text{добу}$ .

Оскільки при порівнянні не виконується умова:  $q_{imp} \leq q'_{imp}$

$$q_{imp} = 31,20 > q'_{imp} = 20,65 \text{ м}^3/\text{добу},$$

то слід зменшити відстань між вертикальними дренами і визначити величину питомого припливу  $q''_{imp}$  при  $a_d = 6,0 \text{ м}$ .

$$q''_{imp} = \frac{Q_{imp}}{2 \cdot a_d} = \frac{413}{2 \cdot 6,0} = 34,4 \text{ м}^3/\text{добу}$$

$$q''_{imp} = 34,4 > q_{imp} = 31,20 \text{ м}^3/\text{добу}.$$

5. За рівнянням

$$y_0 = \sqrt{h_1^2 - \frac{Q_{imp}}{\pi \cdot k_d} \cdot \left( \frac{\pi \cdot l_1}{a_d} - \ln 2 \right) + \frac{2 \cdot q_2 \cdot l_1}{k_d}}; \quad (4.25)$$

визначається глибина притоку ґрунтових вод посередині між сусідніми колодзями в поздовжньому розрізі:

$$y_0 = \sqrt{13,0^2 - \frac{413}{3,14 \cdot 10,0} \cdot \left( \frac{3,14 \cdot 10,0}{6,0} - \ln 2 \right) + \frac{2 \cdot 2,3 \cdot 10,0}{10,0}} = 10,86 \text{ м}.$$



Як підтверджують результати розрахунків, при даних параметрах вертикального дренажу на території, що захищається, РГВ буде знаходитись нижче необхідної норми осушення.

**6.** Знаходимо захватну здатність вертикальної дрени за формулою:

$$q_{dw} = \pi \cdot d_f \cdot l_f \cdot V_{\text{lim}}, \quad (4.26)$$

де  $d_f$ ,  $l_f$  – відповідно, зовнішній діаметр та довжина фільтру в м.

Допустиму швидкість фільтрації води на межі між ґрунтом та фільтром знаходимо за формулою (4.13)

$$V_{\text{lim}} = 65 \cdot \sqrt[3]{10} = 140 \text{ м}^3/\text{добу}$$

$$q_{dw} = 3,14 \cdot 0,5 \cdot 3,0 \cdot 140 = 659 \text{ м}^3/\text{добу}$$

тобто  $q_{dw} > Q_{\text{imp}} = 413 \text{ м}^3/\text{добу}$ , що свідчить про те, що параметри фільтру і його конструкція цілком задовольняє заданій умові.

**7.** Загальний притік води до дренажної системи, який необхідно відкачати, дорівнює:

$$Q_{\text{col}} = q_{\text{imp}} \cdot L_d = 312 \cdot 600 = 187200 \text{ м}^3/\text{добу}, \text{ або } Q_{\text{col}} = 2167 \text{ л/с}.$$

#### **4.6. Проектування та розрахунки кільцевого вертикального дренажу**

Кільцеві вертикальні дрени влаштовують для захисту невеликих територій від підтоплення безнапірними ґрунтовими водами.

Задача проектування кільцевого дренажу зводиться до розміщення по контуру території осушується (що захищається) ряду колодязів.

В кільцевих вертикальних дренах колодязі працюють як досконалі дрени.

Розрахунок дренажу полягає у визначенні витрат окремого колодязя та всієї системи в цілому, знаходженні водозахоплюючої здатності окремої свердловини.



Вихідні дані для розрахунку кільцевого дренажу приймаємо такими ж, як при розрахунках вертикального берегового дренажу. Розміри ділянки яка захищається  $40 \times 60$  м (рис. 4.6).

### Порядок розрахунку кільцевого дренажу:

1. Визначається глибина води в центрі дії вертикальних дрен:

$$y_d = H_d - I_{nd} = 17,0 - 6,0 = 11,0 \text{ м};$$

2. Радіус круга, території, що захищається дорівнює:

$$x_0 = \sqrt{\frac{A}{\pi}} = \sqrt{\frac{2400}{3,14}} = 27,6 \text{ м},$$

де  $A$  - площа ділянки в  $\text{м}^2$ .

Радіус впливу дрени приймаємо аналогічно задачі наведеній в п. 4.4.

3. Приблизна витрата кільцевого дренажу знаходиться за формулою:

$$Q_{imp} = \frac{\pi \cdot k_d \cdot S \cdot (H_s - S)}{\ln R - \ln x_0} = \frac{3,14 \cdot 10,0 \cdot 3,5 \cdot (16,5 - 3,5)}{\ln 80 - \ln 27,6} = 3058 \text{ м}^3 / \text{добу}$$

$$H_x = H_d - h_{so} = 17,0 - 0,5 = 16,5 \text{ м}.$$

4. Використовуючи формулу захватної здатності свердловини, визначається кількість колодязів  $n$ , виходячи з виконання таких двох умов:

Величина  $q_{dw}$  змінюється від кількості колодязів по периметру. Так для  $n = 10$ :

$$q_{dw}^n = 2 \cdot \pi \cdot r \cdot y_n \cdot V_{lim} = 2 \cdot 3,14 \cdot 0,2 \cdot 8,5 \cdot 1400 = 1495 \text{ м}^3 / \text{добу};$$

$$y_w = \sqrt{y_n^2 - \frac{Q_{imp}}{\pi \cdot k_d \cdot n} \cdot \ln \frac{x_0}{r}} = \sqrt{11,0^2 - \frac{3058}{3,14 \cdot 10,0 \cdot 10,0} \cdot \ln \frac{27,6}{0,2}} = 8,5 \text{ м};$$

при  $(n-2) = 8$  ум.

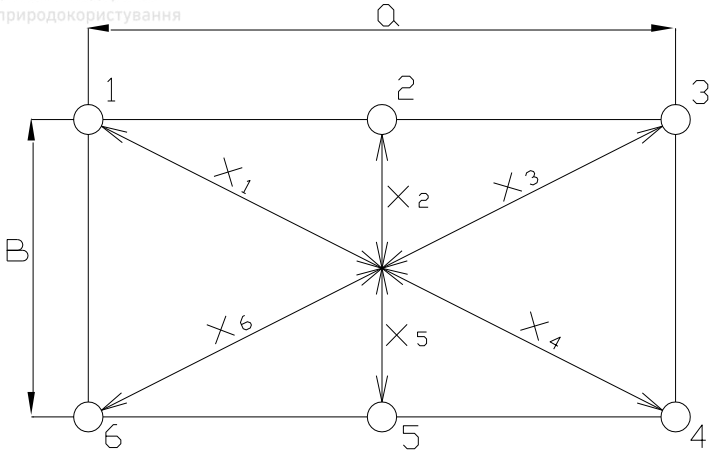


Рис. 4.6. План цеху, що захищається

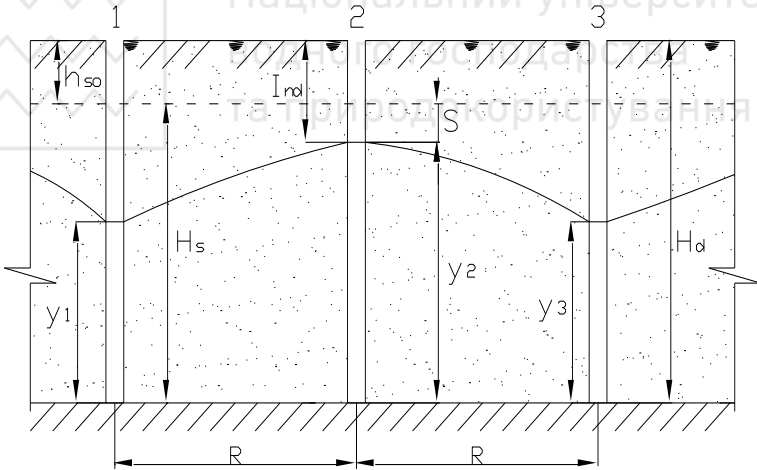


Рис. 4.7. Положення депресійної кривої на межі цеху, що захищається

$$q_{dv} \cdot n > Q_{imp} \quad \text{і} \quad q_{dv} \cdot (t-2) \leq Q_{imp}$$

$$q_{dv}^{(n-2)} = 2 \cdot 3,14 \cdot 0,2 \cdot 7,8 \cdot 1400 = 1372 \text{ м}^3 / \text{добу}$$





$$y_{(n-2)} = \sqrt{11,0^2 - \frac{3058}{3,14 \cdot 10,0 \cdot 8,0} \cdot \ln \frac{27,6}{0,2}} = 7,8 \text{ м} \cdot$$

Тепер перевіряється прийнята кількість вертикальних свердловин  $n=10$ , за такими умовами:

$$q_{dw}^n \cdot n = 1495 \cdot 10 = 14950 > 3058 \text{ м}^3/\text{добу},$$

$$q_{dw}^{(n-2)} \cdot (n-2) = 1372 \cdot 8 = 10976 > Q_{imp} \text{ м}^3/\text{добу}.$$

Умова не виконується, тому приймаємо кількість свердловин  $n=6$ :

$$q_{dw}^n \cdot n = 1108 \cdot 6 = 6648 > 3058 \text{ м}^3/\text{добу},$$

$$q_{dw}^{(n-2)} \cdot (n-2) = 176 \cdot 4 = 704 < 3058 \text{ м}^3/\text{добу}.$$

Розподіляється кількість свердловин по контуру цеху (рис 4.6).

3. Уточнюється витрата води за формулою:

$$Q_{imp} = \pi \cdot k_d \cdot \frac{H_s - S}{\ln R - \ln \sqrt{x_1 \cdot x_2 \cdot \dots \cdot x_n}},$$

Для цього знаходиться відстань від центру ділянки до окремих колодязів

$x_1 = x_3 = x_4 = x_6 = 36,0 \text{ м}$ ;  $x_2 = x_5 = 20,0 \text{ м}$ ; тоді:

$$Q'_{imp} = 3,14 \cdot 10,0 \cdot \frac{16,5 - 3,5}{\ln 80 - \ln \sqrt{36 \cdot 20 \cdot 36 \cdot 36 \cdot 20 \cdot 36}} = 3450 \text{ м}^3/\text{добу}.$$

6. Підраховується положення РГВ по групах колодязів, які знаходяться в однакових умовах. Так для колодязя 1 який розташований симетрично з свердловинами 3, 4, 6 знаходиться глибина залягання РГВ, яка буде однаковою для інших свердловин:

$$\begin{aligned} y_1 &= \sqrt{H_l^2 - \frac{Q_{yr}}{\pi \cdot k_d} \cdot \left( \ln R - \ln \sqrt{x_1 \cdot x_2 \cdot x_3 \cdot \dots \cdot x_n} \right)} \\ &= \sqrt{16,5^2 - \frac{3450}{3,14 \cdot 10,0} \cdot \left( \ln 80 - \ln \sqrt{36 \cdot 20 \cdot 36 \cdot 36 \cdot 20 \cdot 36} \right)} = 10,5 \text{ м} \cdot \end{aligned}$$



## 7. Перевіряється захоплююча здатність колодязя:

$$q_{dw} = 2 \cdot 3,14 \cdot 0,2 \cdot 10,5 \cdot 140 = 18480 \text{ м}^3 / \text{добу} \gg 575 \text{ м}^3 / \text{добу},$$

де:  $575 = \frac{3450}{6}$  - середня витрата свердловини;

$$y_2 = \sqrt{16,5^2 - \frac{3450}{3,14 \cdot 10,0} \cdot \ln \left( \frac{80 - \ln \sqrt{36 \cdot 20 \cdot \dots}}{\dots} \right)} = 10,9 \text{ м}.$$

Положення депресійної кривої РГВ, побудованої по створу вертикальних свердловин, показане на рис. 4.7.

## 5. МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ТА ЗАВДАННЯ ДО ВИКОНАННЯ КУРСОВОЇ РОБОТИ

Курсова робота, яку пропонується виконати студентам, охоплює такий розділ дисципліни „Інженерна підготовка міських територій” як „Експлуатація будівель та споруд на нерівномірно деформованих основах”, в тому числі і на підроблювальних територіях.

Виконання даної курсової роботи сприяє глибшому розумінню матеріалу, який вивчається.

Роботу необхідно виконувати на листах паперу формату А4. Розрахунки повинні бути виконані чітким почерком (шрифтом), пояснення короткими, але без скорочення слів. У випадку посилання на літературу, необхідно по тексту її нумерувати і вказувати в розділі „Література” її повну назву (автор, видавництво, рік випуску, номери формул і таблиць). Всі таблиці по тексту повинні мати двозначний номер, перша цифра якого вказує номер розділу, до якого відноситься таблиця, а друга – порядок таблиці в розділі.

Всі рисунки, а також підсумкова таблиця результатів розрахунків виконуються на листі формату А1 (див. рис.5.1). Графічні матеріали виконуються олівцем за допомогою креслярських інструментів, або за допомогою ЕОМ згідно правил виконання інженерно-будівельних креслень.

Курсова робота, яка виконана неохайно без усіх проміжних розрахунків, не за заданим варіантом, не захищується та повертається для виправлення або переробки. Робота повинна бути підписана студентом.



Без зарахування виконаної роботи студент не допускається до здачі екзамену з даного курсу.

## 5.1. Зміст курсової роботи

Визначити область застосування п'ятиповерхового житлового будинку з поперечними і поздовжніми несучими стінами (рис.5.2) при дії на нього розрахункових горизонтальних деформацій розтягування основи  $\varepsilon$ , направлених паралельно поздовжній осі будинку, і радіусі кривизни випуклості  $R = 6 \text{ км}$  при вихідних даних згідно таблиці 5.1.

## 5.2. Методика виконання курсової роботи.

Конструкції фундаментно-підвальної частини будівель при дії на них переміщень ґрунту, викликаних відносними горизонтальними деформаціями, сприймають такі навантаження, (рис. 5.2):

$t_t$  – сили тертя по підшві фундаментів поздовжніх стін будівлі;

$t_m$  – сили тертя по підшві фундаментів поперечних стін;

$t_n$  – сили тертя по бокових поверхнях підземної частини фундаментів поздовжніх стін;

$t_B$  – нормальний тиск на бокову поверхню підземної частини поперечних стін ґрунту, що зміщується.

Навантаження на фундаменти визначають при таких допущеннях:

– відносні горизонтальні деформації приймаються постійними по довжині будівлі і визначаються за формулою (5.1):

$$\varepsilon = \varepsilon_{\max} \times \gamma_f \times \gamma_c, \quad (5.1)$$

де  $\varepsilon_{\max}$  – очікувані максимальні деформації земної поверхні на ділянці забудови;

$\gamma_f$  – коефіцієнт перенавантаження;

$\gamma_c$  – коефіцієнт умов роботи.

– розрахункове переміщення ґрунту в межах будинку визначається за формулою (5.2):

$$\Delta l = X \times \varepsilon, \quad (5.2)$$



де  $X$  – відстань від центральної поперечної осі будинку до перерізу фундаменту, де визначаються дані характеристики;

- сили тертя (зсувні сили) приймаються зростаючими пропорційно переміщенню ґрунту відносно фундаменту від нульового значення на відстані  $X$  по осі будинку до граничного (рис. 5.3б), рівного опору ґрунту на зріз;
- нормальний тиск ґрунту вважається пасивним і залежить від переміщення ґрунту відносно фундаменту.

Врахування власних деформацій конструкцій (розтягування поздовжніх конструктивних елементів, прогини фундаментів під поперечними стінами, а також вигин основи, який викликає перерозподіл (релаксацію) відпору ґрунту під підшовою фундаментів), забезпечує зниження розрахункових зусиль.



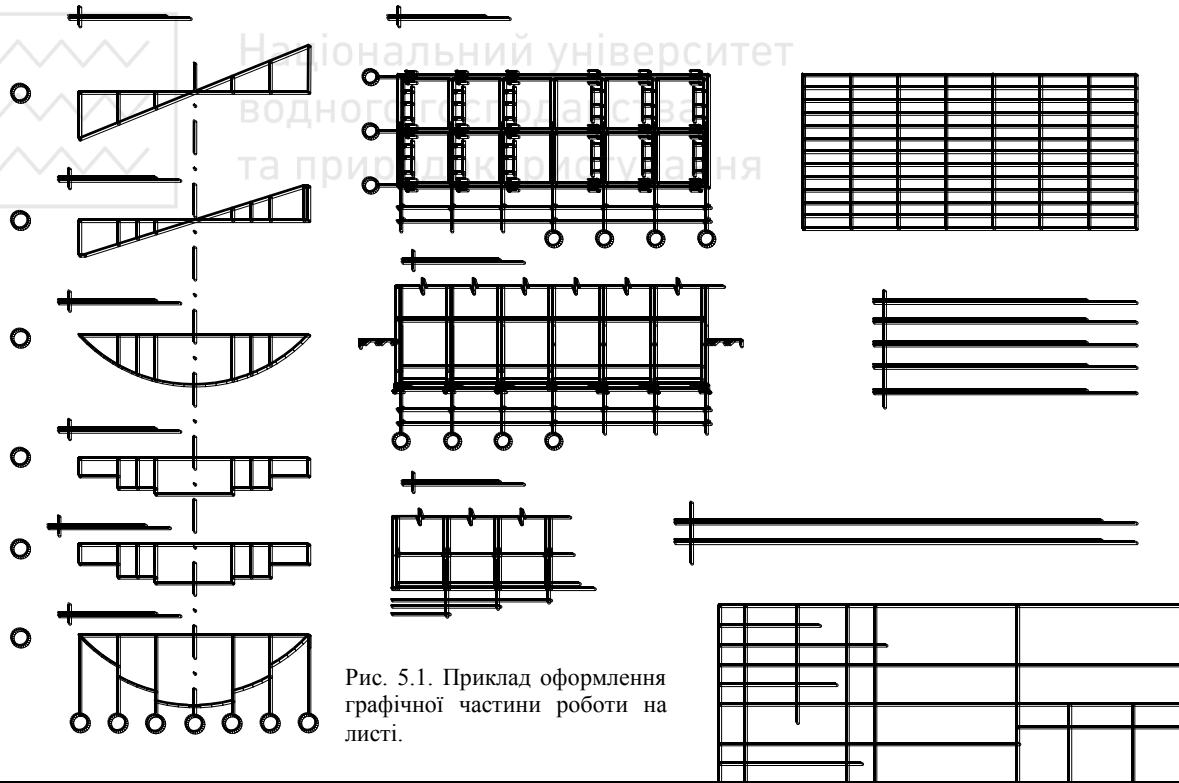
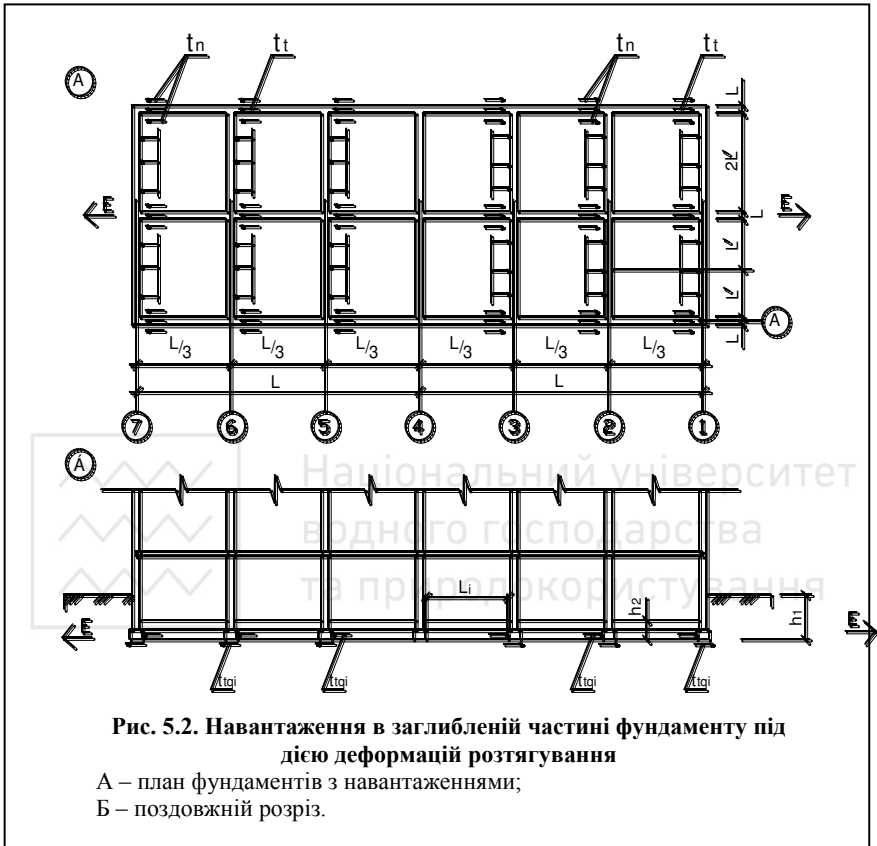
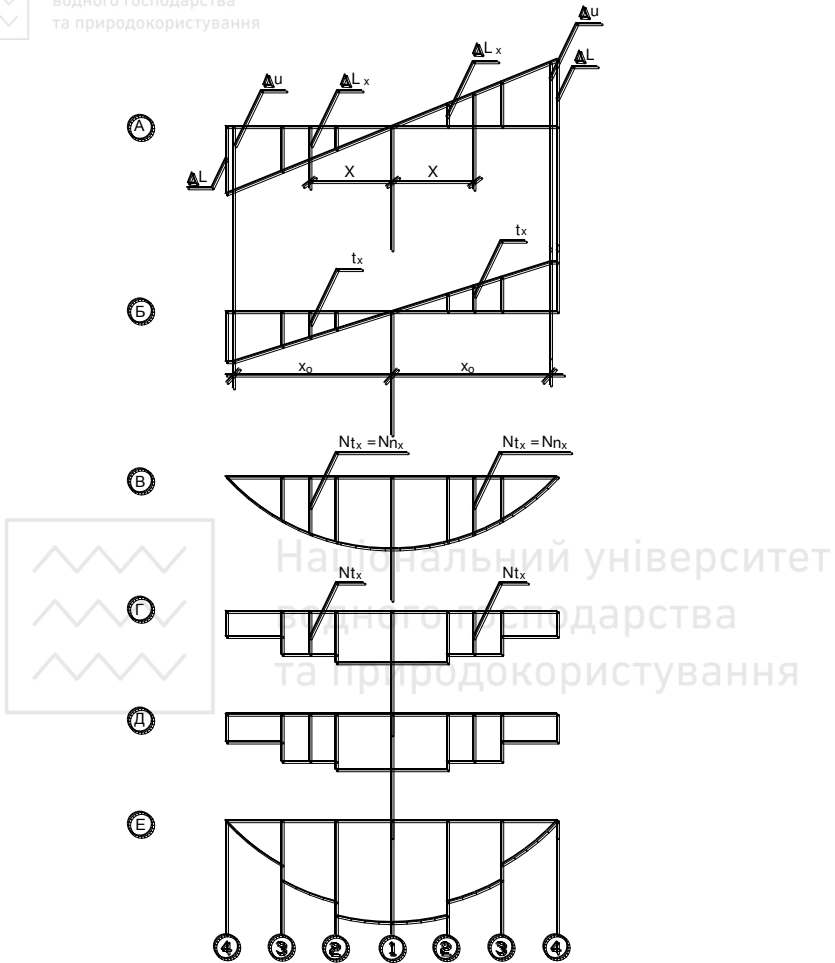


Рис. 5.1. Приклад оформлення графічної частини роботи на листі.





**Рис. 5.3. Зусилля в заглибленій частині фундаменту**

А – епюра переміщень ґрунту, Б – епюра зсуваючих зусиль  $t$  по підшві фундаментів; В, Г, Д, Е – епюра зусиль відповідно по  $N_t + N_n$ ,  $N_m$ ,  $N_g$  і сумарна епюра зусиль  $N$

Таблица 5.1

## Варіанти вихідних даних для виконання курсової роботи.

№ варі- анту	$\epsilon$ , мм/м	$2l$ , м	$l'$ , м	$l/3$ , м	$n$ , кН/м	$I_l$	$\varphi^0$	$C$ , кПа	$E_0$ , МПа	$\gamma$ , кН/м <sup>3</sup>	$h_1$ , м	$h_2$ , м	$R_0$ , кПа	$b$ , м	Клас бетону фундаментів
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	4,2	24,0	4,0	4,00	120	0,2	16	18	17,0	15,0	1,2	0,2	220	0,30	B7,5
2	4,3	23,8	3,9	3,97	118	0,3	17	19	17,2	15,2	1,4	0,4	225	0,32	B10
3	4,4	23,6	3,8	3,93	116	0,4	18	20	17,4	15,4	1,6	0,6	230	0,34	B12,5
4	4,5	23,4	3,7	3,90	114	0,5	19	21	17,6	15,6	1,8	0,8	235	0,36	B15
5	4,6	23,2	3,6	3,87	112	0,4	20	22	17,8	15,8	2,0	1,0	240	0,38	B20
6	4,7	23,0	3,5	3,83	110	0,3	21	23	18,0	16,0	2,2	1,2	245	0,40	B7,5
7	4,8	22,8	3,4	3,80	108	0,2	22	24	18,2	16,2	2,2	1,4	250	0,42	B15
8	4,9	22,6	3,3	3,77	106	0,3	23	25	18,4	16,4	2,4	1,2	255	0,44	B27,5
9	5,0	22,4	3,2	3,73	104	0,4	24	22	18,6	16,6	2,0	1,0	260	0,46	B10
10	5,1	22,2	3,1	3,70	102	0,5	16	21	18,8	16,8	1,8	0,8	265	0,48	B7,5
11	5,2	22,0	3,0	3,67	100	0,4	17	20	19,0	17,0	1,6	0,6	270	0,50	B10
12	5,3	21,8	2,9	3,63	98	0,3	18	19	19,2	17,2	1,4	0,4	275	0,30	B27,5
13	5,4	21,6	2,8	3,60	96	0,2	19	18	19,4	17,4	1,2	0,2	280	0,32	B25
14	5,5	21,4	2,7	3,57	94	0,5	20	17	19,6	17,6	1,4	0,4	285	0,34	B22,5
15	5,6	21,2	2,6	3,53	92	0,4	21	18	19,8	17,8	1,6	0,6	290	0,36	B20
16	5,7	21,0	2,5	3,50	90	0,3	22	19	20,0	18,0	1,8	0,8	295	0,38	B15
17	5,8	20,8	2,4	3,47	88	0,2	19	20	20,2	15,0	2,0	1,0	300	0,40	B12,5
18	5,9	20,6	2,3	3,43	86	0,5	20	21	20,4	15,2	2,2	1,2	295	0,42	B10
19	6,0	20,4	2,2	3,40	84	0,4	21	22	20,6	15,4	2,4	1,4	290	0,44	B7,5
20	6,1	20,2	2,1	3,37	82	0,3	22	23	20,8	15,6	1,2	0,2	285	0,46	B10
21	6,2	20,0	2,0	3,33	80	0,2	23	24	21,0	15,8	1,4	0,4	280	0,48	B12,5
22	6,3	19,8	1,9	3,30	78	0,5	24	25	21,2	16,0	1,6	0,6	275	0,50	B7,5
23	6,4	19,6	1,8	3,27	76	0,4	18	18	21,4	16,2	1,8	0,8	270	0,48	B7,5
24	6,5	19,4	1,7	3,23	74	0,3	17	19	21,6	16,4	2,0	1,0	265	0,46	B7,5
25	6,6	19,2	1,6	3,20	72	0,2	16	20	21,8	16,6	2,2	1,2	260	0,44	B25



Продовження табл. 5.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
26	6,7	19,0	4,0	3,17	120	0,2	16	18	17,0	15,0	1,2	0,2	220	0,30	B7,5
27	6,8	24,2	3,9	4,03	118	0,3	17	19	17,2	15,2	1,4	0,4	225	0,32	B10
28	6,9	24,4	3,8	4,07	116	0,4	18	20	17,4	15,4	1,6	0,6	230	0,34	B12,5
29	7,0	24,6	3,7	4,10	114	0,5	19	21	17,6	15,6	1,8	0,8	235	0,36	B15
30	8,0	24,8	3,6	4,13	112	0,4	20	22	17,8	15,8	2,0	1,0	240	0,38	B20
31	8,1	25,0	3,5	4,17	110	0,3	21	23	18,0	16,0	2,2	1,2	245	0,40	B22,5
32	8,2	25,2	3,4	4,20	108	0,2	22	24	18,2	16,2	2,2	1,4	250	0,42	B25
33	8,3	25,4	3,3	4,23	106	0,3	23	25	18,4	16,4	2,4	1,2	255	0,44	B27,5
34	8,4	25,6	3,2	4,27	104	0,4	24	22	18,6	16,6	2,0	1,0	260	0,46	B30
35	8,5	25,8	3,1	4,30	102	0,5	16	21	18,8	16,8	1,8	0,8	265	0,48	B7,5
36	8,6	26,0	3,0	4,33	100	0,4	17	20	19,0	17,0	1,6	0,6	270	0,50	B10
37	8,7	26,2	2,9	4,37	98	0,3	18	19	19,2	17,2	1,4	0,4	275	0,30	B27,5
38	8,8	26,4	2,8	4,40	96	0,2	19	18	19,4	17,4	1,2	0,2	280	0,32	B25
39	8,9	26,6	2,7	4,43	94	0,5	20	17	19,6	17,6	1,4	0,4	285	0,34	B22,5
40	9,0	26,8	2,6	4,47	92	0,4	21	18	19,8	17,8	1,6	0,6	290	0,36	B20
41	9,1	27,0	2,5	4,50	90	0,3	22	19	20,0	18,0	1,8	0,8	295	0,38	B15
42	9,2	27,2	2,4	4,53	88	0,2	19	20	20,2	15,0	2,0	1,0	300	0,40	B12,5
43	9,3	27,4	2,3	4,57	86	0,5	20	21	20,4	15,2	2,2	1,2	295	0,42	B10
44	9,4	27,6	2,2	4,60	84	0,4	21	22	20,6	15,4	2,4	1,4	290	0,44	B7,5
45	9,5	27,8	2,1	4,63	82	0,3	22	23	20,8	15,6	1,2	0,2	285	0,46	B10
46	9,6	28,0	2,0	4,67	80	0,2	23	24	21,0	15,8	1,4	0,4	280	0,48	B12,5
47	9,7	28,2	1,9	4,70	78	0,5	24	25	21,2	16,0	1,6	0,6	275	0,50	B15
48	9,8	28,4	1,8	4,73	76	0,4	18	18	21,4	16,2	1,8	0,8	270	0,48	B10
49	9,9	28,6	1,7	4,77	74	0,3	17	19	21,6	16,4	2,0	1,0	265	0,46	B15
50	10,0	28,8	1,6	4,80	72	0,2	16	20	21,8	16,6	2,2	1,2	260	0,44	B7,5



### 5.3. Порядок проведення розрахунків

Визначаємо граничний зсув ґрунту для підроблюваних територій, (рис. 5.3а):

$$\Delta u = (20 + 0,15 \times n) \times 10^{-3}, \quad (5.3)$$

де 20 і 0,15 – емпіричні коефіцієнти, ( $m, m^2/\kappa H$ );

$n$  – вертикальне нормативне навантаження на основу від будинку,  $\kappa H/m$ .

Відстань  $X_0$  до перерізу, де настає зріз ґрунту знаходимо за формулою, (рис. 5.3б):

$$X_0 = \frac{\Delta u}{\varepsilon - \varepsilon_k}, \quad (5.4)$$

де  $\varepsilon^k$  – середня власна деформація фундаменту, при деформаціях розтягування,  $\varepsilon_k = 1 \times 10^{-3} = 10 \text{ мм/м}$ .

Сили тертя під подошвою фундаментів вираховуємо за формулою:

$$t_t = c \times b + n \times \operatorname{tg} \varphi, \quad (5.5)$$

де  $c$  – коефіцієнт зчеплення ґрунту,  $\kappa Па$ ;

$b$  – ширина подошви фундаменту,  $m$ ;

$n$  – вертикальне навантаження на ґрунтову основу,  $\kappa H/m$ ;

$\operatorname{tg} \varphi$  – кут внутрішнього тертя ґрунту,  $град$ .

Зусилля  $N_t$  (від сил тертя по подошві фундаментів поздовжніх стін) визначаємо за формулами, (рис. 5.3в):

на ділянці  $X_0 \leq X \leq l$

$$N_t = (l - X) \times t_t, \quad (5.6)$$

на ділянці  $X_0 > X \geq 0$



$$N_t = (l - X_0) \times t_t + \frac{X_0^2 - X^2}{2X_0} \times t_t, \quad (5.7)$$

де  $l$  – довжина половини будинку,  $m$ ;

$X_0$  – відстань до січення, де настає зріз ґрунту, визначається за формулою 5.4,  $m$ ;

$t_t$  – сили тертя ґрунту під підшоною фундаменту, визначається за формулою 5.5,  $kH/m$ ;

$X$  – відстань від центральної поперечної осі будинку до перерізу, яке розглядаємо,  $m$ .

Для визначення зусиль  $N$  (від сил тертя по бокових поверхнях фундаментів поздовжніх стін) необхідно вирахувати опір ґрунту  $t_n$  зсувові по бокових поверхнях фундаментів:

$$t_n = c_n (h_1 + h_2) + \frac{1}{2} k_n (h_1^2 + h_2^2), \quad (5.8)$$

де  $c_n$  і  $k_n$  – емпіричні коефіцієнти;

$h_1$  і  $h_2$  – за рис. 5.2б.

Для визначення зусиль  $N_{in}$  (від сил тертя по підшві фундаментів поперечних стін), необхідно визначити зусилля  $N_{mi}$  (опорна реакція  $i$ -тої поперечної стіни):

$$N_{mi} = l' \times t_t, \quad (5.9)$$

де  $l'$  – за рис. 5.2а;

$t_t$  – сили тертя під підшоною фундаментів, визначається за формулою (5.5).

Сумарне зусилля  $N_{in}$  в будь-якому перерізі  $X$  фундаменту по осі "А" визначаємо за формулою:

$$N_{in} = \sum_{i=1}^n N_{mi}, \quad (5.10)$$



де  $n$  – число поперечних стін, що примикають до розрахункового фундаменту по осі "А" на ділянці від  $l$  до  $X$ .

Характер епюри  $N_{\text{тн}}$  представлений на рис. 5.3з.

Для розрахунку зусиль  $N_g$  (від нормального тиску на бокову поверхню поперечних стін ґрунту, що зсувається) необхідно врахувати граничний пасивний тиск ґрунту  $t_g$ , (рис. 5.2б):

$$t_g = \frac{\gamma \times h_2^2}{2} \times tg^2(45^\circ + \frac{\varphi}{2}) + 2 \times c \times h_2 \times tg(45^\circ + \frac{\varphi}{2}), \quad (5.11)$$

Граничне стискання ґрунту при пасивному тиску визначаємо за виразом:

$$\Delta g = \frac{t_g}{h_2} \times (\frac{l_i}{E_g} + \frac{a}{E_c}), \quad (5.12)$$

де  $t_g$  – за формулою (5.11);

$h_2$  – за рис. 5.2б;

$l_i$  – довжина призми випору ґрунту  $l_i = h_i \times tg(45^\circ + \frac{\varphi}{2})$ ;

$E_g$  – модуль бокової деформації ґрунту ненарушеної структури,

$E_g = 0,5E_0$ ;

$E_c$  – модуль бокової деформації ґрунту засипки пазух фундаментів;

$a$  – середня ширина пазухи між фундаментом і стінкою котловану.

Зусилля  $N_{gt}$  (опорна реакція від  $i$ -тої поперечної стіни, рис. 5.3д), яке сприймається фундаментом по осі А, вираховуємо за формулою:

$$N_{gt} = l' \times k_i \times \xi_i \times t_{gi}, \quad (5.13)$$

де  $l'$  – за рис. 5.2а;



$k_i$  – коефіцієнт, що враховує стискання ґрунту,

$$k_i = \frac{\Delta l_i}{\Delta g} = \frac{(\varepsilon - \varepsilon_k) \times X_i}{\Delta g} \leq 1, \quad (5.14)$$

де  $\Delta l_i$  – гранична довжина призми випору ґрунту;

$\Delta g$  – за формулою (5.12).

З формули (6.14)  $\Delta l_i = (\varepsilon - \varepsilon_k) \times X_i$ , де  $X_i$  - відстань від поперечної осі симетрії будинку до *i-ого* фундаменту поперечної стіни;

$\xi_i$  – коефіцієнт, яких враховує можливість повного розвитку приз-

ми випору ґрунту по її довжині  $\xi_i = \frac{\bar{l}_i}{l_i} \leq 1$ , де  $\bar{l}_i$  - відстань між гра-  
нями фундаментів поперечних стін зі сторони призми випору;

$\xi_k$  – деформація фундаменту при розтягуванні  $\xi_k = 1 \times 10^{-3}$ , при стисканні –  $\xi_k = 0$ .

Зусилля  $N_g$  (від нормального тиску на бокову поверхню поперечних стін ґрунту, що зсувається) вираховуємо за формулою:

$$N_g = l' \times \sum k_i \times \xi_i \times t_{gi}, \quad (5.15)$$

Сумарне повздовжнє зусилля розтягування в будь-якому перерізі стрічкового фундаменту (рис. 3ε) визначаємо за виразом:

$$N = 0,8(N_t + N_m + N_n + N_g), \quad (5.16)$$

де 0,8 – коефіцієнт, що враховує поєднання навантажень.

Перевіряємо достатність міцності поздовжніх фундаментів будинку для сприйняття осьових розтягуючих зусиль  $N$  за виразом:



$$R_{bt} \cdot A_{bt} \geq 0,8N_{\max}$$

## 5.4. Приклад виконання курсової роботи

### Вихідні дані

Розрахувати зусилля в фундаменті по осі «А» і визначити можливість застосування п'ятиповерхового житлового будинку з поперечними та поздовжніми несучими стінами при дії на нього розрахункових горизонтальних деформацій розтягування  $\varepsilon = 5 \text{ мм/м}$ , направлених паралельно поздовжній осі будинку і радіусі кривизни випуклості  $R = 6 \text{ км}$  при наступних вихідних даних:

- довжина будинку  $2l = 21,6 \text{ м}$ ;
- половина довжини поперечних стін  $l = 2,8 \text{ м}$ ;
- крок поперечних стін  $l/3 = 3,6 \text{ м}$ ;
- навантаження на основу під усіма поздовжніми і поперечними стінами  $n = 96 \text{ кН/м}$ ;
- ґрунти основи – суглинки з  $I_L = 0,2$ ;  $\varphi = 19^\circ$ ;  $c = 18 \text{ кПа}$ ;  
 $E_o = 19,4 \text{ МПа}$ ;  $\gamma = 17,4 \text{ кН/м}^3$ ;
- будинок має технічний підвал, заглиблення фундаментів: із зовнішньої сторони  $h_1 = 1,2 \text{ м}$ ;  
під внутрішніми стінами  $h_2 = 0,2 \text{ м}$ ;
- розрахунковий опір ґрунту основи  $R_o = 280 \text{ кПа}$ ;
- ширина підшви всіх фундаментів  $b = 0,32 \text{ м}$ ;
- матеріал фундаментів – тяжкий бетон класу В25.

### Розрахунок

1. Визначаємо граничний зсув ґрунту для підроблюваних територій :

$$\Delta u = (0 + 0,15 \cdot n) \cdot 10^{-3} = (0 + 0,15 \cdot 96) \cdot 10^{-3} = 0,0344 \text{ м},$$

де  $n$  - вертикальне нормативне навантаження на основу від будинку,  $\text{кН/м}$ .



2. Відстань  $x_0$  до перерізу, де настає зріз ґрунту знаходимо за формулою:

$$X_0 = \frac{\Delta u}{\varepsilon - \varepsilon_k} = \frac{0,0344}{0,0054 - 0,001} = 7,8 \text{ м},$$

де  $\varepsilon_k = 1 \cdot 10^{-3}$  – середня власна деформація фундаменту при деформаціях розтягування;

$\varepsilon$  – розрахункова горизонтальна деформація розтягування основи.

3. Сили тертя під подошвою фундаментів вираховуємо за формулою:

$$t_t = c \cdot b + n \cdot tg\varphi = 18 \cdot 0,32 + 96 \cdot 0,344 = 38,8 \text{ кН/м},$$

де  $c$  – коефіцієнт зчеплення ґрунту,  $\text{кПа}$ ;

$b$  – ширина подошви фундаменту,  $\text{м}$ ;

$tg\varphi = 0,334$  – кут внутрішнього тертя ґрунту,  $\text{град}$ .

4. Зусилля  $N_t$  від сил тертя по подошві фундаментів поздовжніх стін визначаємо за формулою:

на ділянці  $x_0 \leq x \leq 1$ :

$$N_{t10,8} = (-X) \cdot t_t = (0,8 - 10,8) \cdot 38,8 = 0 \text{ кН};$$

$$N_{t7,8} = (-X) \cdot t_t = (0,8 - 7,8) \cdot 38,8 = 115,7 \text{ кН};$$

на ділянці  $x_0 > x$ :

$$N_{t7,2} = (-x_0) \cdot t_t + \frac{x_0^2 - x^2}{2x_0} \cdot t_t = (0,8 - 7,8) \cdot 38,8 + \frac{7,8^2 - 7,2^2}{2 \cdot 7,8} \cdot 38,8 = 138,8 \text{ кН};$$

$$N_{t5,4} = (-x_0) \cdot t_t + \frac{x_0^2 - x^2}{2x_0} \cdot t_t = (0,8 - 7,8) \cdot 38,8 + \frac{7,8^2 - 5,4^2}{2 \cdot 7,8} \cdot 38,8 = 217,6 \text{ кН}$$



$$N_{t3,6} = (-X_0) \cdot t_t + \frac{X_0^2 - X^2}{2X_0} \cdot t_t = (0,8 - 7,8) \cdot 38,8 + \frac{7,8^2 - 3,6^2}{2 \cdot 7,8} \cdot 38,8 = 235,3 \text{ кН}$$

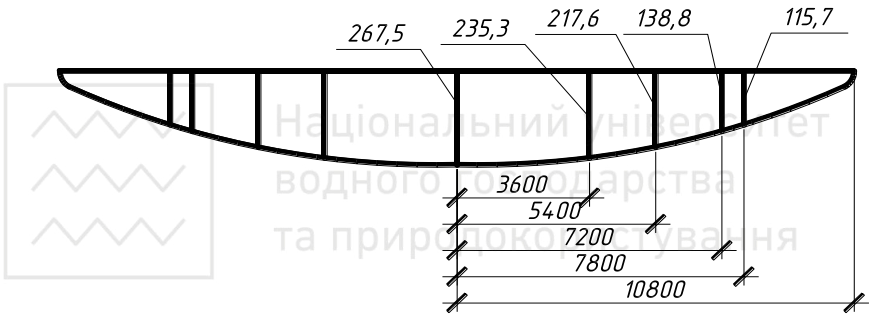
$$N_{t0} = (-X_0) \cdot t_t + \frac{X_0^2 - X^2}{2X_0} \cdot t_t = (0,8 - 7,8) \cdot 38,8 + \frac{7,8^2 - 0}{2 \cdot 7,8} \cdot 38,8 = 267,5 \text{ кН};$$

де  $l$  – довжина половини будинку, м;

$t_t$  – сили тертя під підшоивою фундаменту, кН/м;

$X$  – відстань від центра поперечної осі будинку до перерізу, яке розглядається, м.

Будуємо епюру  $N_t$ :



5. Для визначення зусиль  $N_n$  спочатку визначаємо опір ґрунту зрізуванню  $t_n$  по бокових поверхнях фундаментів за формулою:

$$t_n = c_n \cdot (1 + h_2) + \frac{1}{2} \cdot k_n \cdot (1 + h_2)^2 = 4 \cdot (2 + 0,2) + \frac{1}{2} \cdot 2,5 \cdot (2^2 + 0,2^2) = 7,45 \text{ кН/м}$$

де  $c_n = 4 \text{ кН/м}^2$  і  $k_n = 2,5 \text{ кН/м}^2$ .

Так як величина  $t_n$  складає 19,19 % від величини  $t_t$ , то і відповідно величини зусиль  $N_n$  одержуємо множенням величин  $N_t$  на коефіцієнт 0,192.





$$N_{n10,8} = N_{t10,8} \cdot 0,192 = 0 \cdot 0,192 = 0 \text{ кН};$$

$$N_{n7,8} = N_{t7,8} \cdot 0,192 = 115,7 \cdot 0,192 = 22,2 \text{ кН};$$

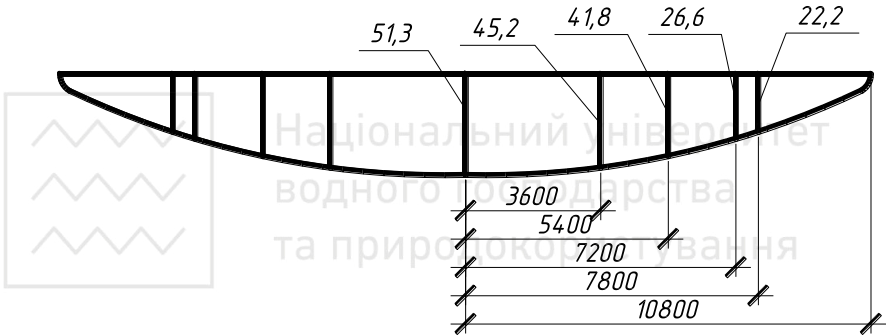
$$N_{n7,2} = N_{t7,2} \cdot 0,192 = 138,8 \cdot 0,192 = 26,6 \text{ кН};$$

$$N_{n5,4} = N_{t5,4} \cdot 0,192 = 217,6 \cdot 0,192 = 41,8 \text{ кН};$$

$$N_{n3,6} = N_{t3,6} \cdot 0,192 = 235,3 \cdot 0,192 = 45,2 \text{ кН};$$

$$N_{n0} = N_{t0} \cdot 0,192 = 267,5 \cdot 0,192 = 51,3 \text{ кН}.$$

Будуємо епюру  $N_n$ :



6. Так як навантаження на всі фундаменти однакове, то значення  $t_t = t_n = 38,8 \text{ кН/м}$ , а  $x_0$  для поперечних фундаментів також рівне  $7,8 \text{ м}$ .

Значення зусиль  $N_m$  (сума опорних реакцій поперечних фундаментів) вираховуємо за формулою і будуємо епюру:

$$N_{m10,8} = \frac{X}{X_0} \cdot l \cdot t_t = \frac{7,8}{7,8} \cdot 2,8 \cdot 38,8 = 108,68 \text{ кН};$$

$$N_{m7,2} = \frac{X}{X_0} \cdot l \cdot t_t + N_{m10,8} = \frac{7,2}{7,8} \cdot 2,8 \cdot 38,8 + 108,68 = 208,77 \text{ кН};$$



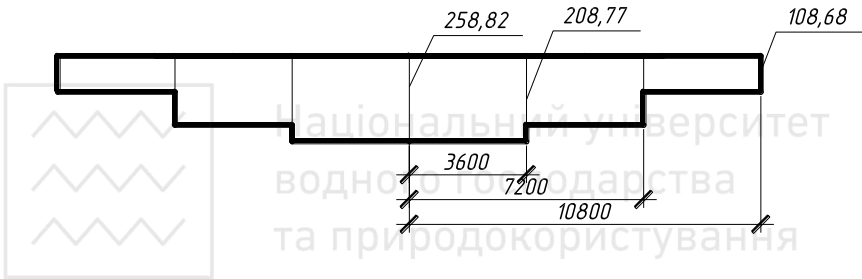
$$N_{m3,6} = \frac{X}{X_0} \cdot l \cdot t_t + N_{m7,2} = \frac{3,6}{7,8} \cdot 2,8 \cdot 38,8 + 208,77 = 258,82 \text{ кН};$$

$$N_{m0} = \frac{X}{X_0} \cdot l \cdot t_t + N_{m10,8} = \frac{0}{7,8} \cdot 2,8 \cdot 38,8 + 258,82 = 258,82 \text{ кН};$$

де  $l$  - половина довжини поперечних стін;

при  $x > x_0$  слід приймати  $x/x_0 = 1$ .

Будуємо епюру  $N_m$ :



7. Для визначення зусилля  $N_g$  (від нормального тиску ґрунту, що зсувається, на бокову поверхню поперечних фундаментів). Визначимо величину граничного пасивного тиску  $t_B$ :

$$\begin{aligned} t_A &= \frac{\gamma \cdot h_2^2}{2} \cdot \operatorname{tg}^2 \left( 45^\circ + \frac{\phi}{2} \right) + 2 \cdot c \cdot h_2 \cdot \operatorname{tg} \left( 45^\circ + \frac{\phi}{2} \right) = \\ &= \frac{17,4 \cdot 0,2^2}{2} \cdot \operatorname{tg}^2 \left( 45^\circ + \frac{19}{2} \right) + 2 \cdot 18 \cdot 0,2 \cdot \operatorname{tg} \left( 45^\circ + \frac{19}{2} \right) = 10,78 \text{ тф / м}. \end{aligned}$$

Для ґрунту засипки пазах котловану (суглинок середньої щільності) приймаємо  $E_c = 3,7 \text{ МПа}$ .

Визначаємо граничне стиснення ґрунту при пасивному тиску:



$$\Delta g = \frac{t_B}{h_2} \cdot \left( \frac{l_i}{E_g} + \frac{a}{E_c} \right) = \frac{10,78}{0,2} \cdot \left( \frac{0,28}{9,7} + \frac{0,3}{3,7} \right) = 0,59 \text{ см},$$

$$\text{де } l_i = h_i \cdot \operatorname{tg} \left( 45^\circ + \frac{\varphi}{2} \right) = 0,2_i \cdot \operatorname{tg} \left( 45^\circ + \frac{19}{2} \right) = 0,28 \text{ м} - \text{довжина}$$

призми випору ґрунту;

$E_g = 0,5 \cdot E_0 = 0,5 \cdot 19,4 = 9,7 \text{ МПа}$  – модуль бокової деформації ґрунту ненарушеної структури;

$a$  - середня ширина пазухи між фундаментом і стінкою котловану.

Значення  $\Delta l_i$  - зміщення ґрунту відносно фундаментів, що викликане горизонтальними деформаціями становить:

$$\Delta l_i = \left( -\varepsilon_k \right) \cdot X_i,$$

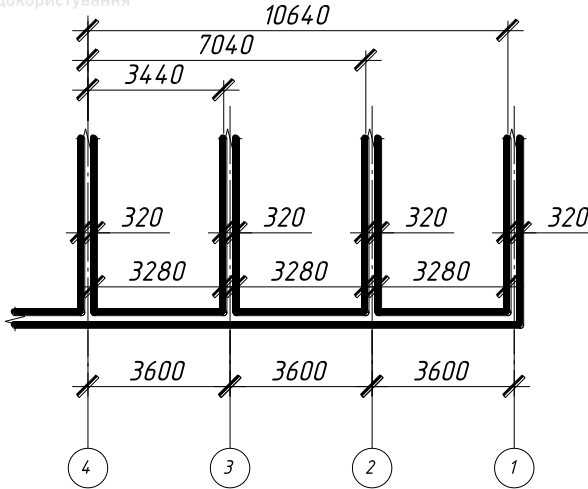
$X_i$  - відстань від поперечної осі симетрії будинку до  $i$ -ого фундаменту поперечної стіни.

$$\Delta l_1 = \left( -\varepsilon_k \right) \cdot X_1 = \left( -4 - 1 \right) \cdot 10^{-3} \cdot 10,5 = 46,1 \cdot 10^{-3} \text{ м} = 4,61 \text{ см};$$

$$\Delta l_2 = \left( -\varepsilon_k \right) \cdot X_2 = \left( -4 - 1 \right) \cdot 10^{-3} \cdot 7 = 31 \cdot 10^{-3} \text{ м} = 3,1 \text{ см};$$

$$\Delta l_3 = \left( -\varepsilon_k \right) \cdot X_3 = \left( -4 - 1 \right) \cdot 10^{-3} \cdot 3,4 = 15,1 \cdot 10^{-3} \text{ м} = 1,51 \text{ см};$$

$$\Delta l_4 = \left( -\varepsilon_k \right) \cdot X_4 = \left( -4 - 1 \right) \cdot 10^{-3} \cdot 0 = 0 \text{ м} = 0 \text{ см}.$$



Зусилля  $N_{gt}$  (опорна реакція від  $i$ -тої поперечної стіни)  
визначається за формулою:

$$N_{gt} = l \cdot k_i \cdot \xi_i \cdot t \cdot Bt,$$

де  $k_i = \frac{\Delta l_i}{\Delta g} \leq 1$  - коефіцієнт, що враховує стиснення ґрунту:

$$k_1 = \frac{\Delta l_1}{\Delta g} = \frac{4,61}{0,59} = 7,78 - \text{приймаємо } k_1 = 1;$$

$$k_2 = \frac{\Delta l_2}{\Delta g} = \frac{3,1}{0,59} = 5,23 - \text{приймаємо } k_2 = 1;$$

$$k_3 = \frac{\Delta l_3}{\Delta g} = \frac{1,51}{0,59} = 2,55 - \text{приймаємо } k_3 = 1;$$

$$k_4 = \frac{\Delta l_4}{\Delta g} = \frac{0}{0,59} = 0 - \text{приймаємо } k_4 = 0.$$



Визначаємо коефіцієнт, що враховує можливості повного розвитку призми випору ґрунту по її довжині:

$$\xi_1 = \xi_2 = \xi_3 = \xi_4 = \frac{\bar{l}_i}{l_i} = \frac{3,28}{1} = 3,28,$$

де  $\bar{l}_i$  - відстань між гранями фундаментів поперечних стін;

$l_i$  - довжина призми випору ґрунту.

Так як  $\xi \leq 1$ , то приймаємо  $\xi_1 = \xi_2 = \xi_3 = \xi_4 = 1$ .

$$t_{B1} = t_g \cdot k_1 \cdot \xi_1 = 10,78 \cdot 1 \cdot 1 = 10,78 \text{ кН/м};$$

$$t_{B2} = t_g \cdot k_2 \cdot \xi_2 = 10,78 \cdot 1 \cdot 1 = 10,78 \text{ кН/м};$$

$$t_{B3} = t_g \cdot k_3 \cdot \xi_3 = 10,78 \cdot 1 \cdot 1 = 10,78 \text{ кН/м};$$

$$t_{B4} = t_g \cdot k_4 \cdot \xi_4 = 10,78 \cdot 0 \cdot 1 = 0 \text{ кН/м}.$$

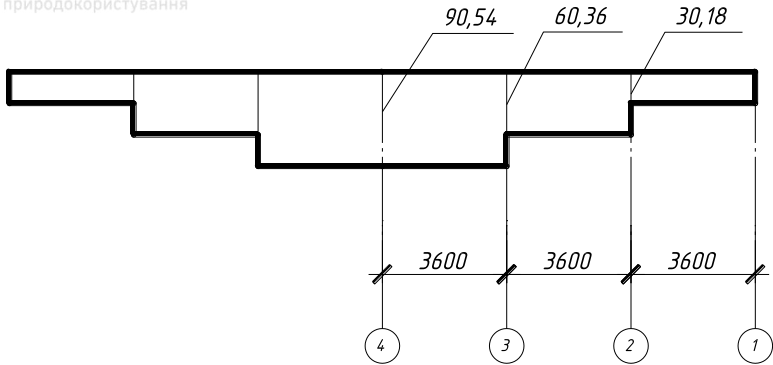
Визначаємо значення зусилля  $N_g$  (від нормального тиску на бокову поверхню поперечних стін ґрунту, що зсувається):

$$N_{g10,8} = 2,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 10,78 = 30,18 \text{ кН};$$

$$N_{g7,2} = 2,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 10,78 + 30,18 = 60,36 \text{ кН};$$

$$N_{g3,6} = 2,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 10,78 + 60,36 = 90,54 \text{ кН};$$

$$N_{g0} = 2,8 \cdot 0 \cdot 1 \cdot 10,78 + 90,54 = 90,54 \text{ кН}.$$

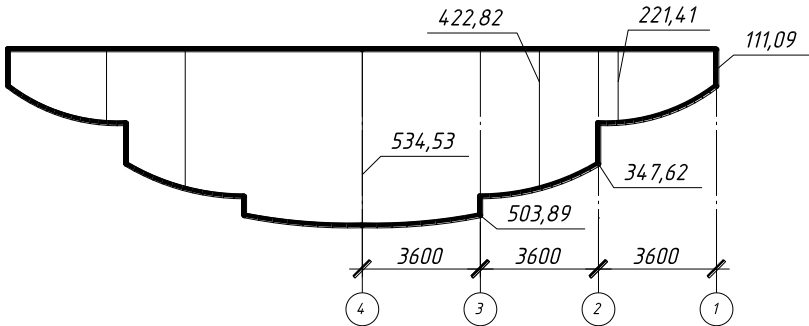


8. Вирахувані значення величин  $N_t$ ,  $N_n$ ,  $N_m$ ,  $N_g$  представляємо в табличній формі, а сумарне зусилля розтягування в будь-якому перерізі стрічкового фундаменту по осі «А» визначаємо за виразом:

$$N = 0,8 \cdot (N_t + N_n + N_m + N_g),$$

де 0,8 – коефіцієнт, що враховує поєднання навантаження.

Переріз X, м	$N_t$	$N_n$	$N_m$	$N_g$	N	0,8N
10,8	0	0	108,7	30,18	138,9	111,09
7,8	115,7	22,2	108,7	30,18	276,8	221,41
7,2	138,8	26,6	208,8	60,36	434,5	347,62
5,4	217,6	41,8	208,8	60,36	528,5	422,82
3,6	235,3	45,2	258,8	90,54	629,9	503,89
0	267,5	51,3	258,8	50,54	668,2	534,53



**9.** Визначаємо достатність міцності поздовжніх фундаментів будинку для сприйняття розтягуючи зусиль  $N$  :

$$R_{bt} \cdot A_{bt} = 1,05 \cdot 0,32 \cdot 1,2 = 403,2 \text{ кН} < 0,8 N_{\text{max}} = 534,53 \text{ кН} .$$

Експлуатаційна надійність будинку не забезпечена, так як розтягуючи зусилля, що діють на підземну частину будівлі перевищують міцність фундаментів на розтягування.

**10.** Для забезпечення експлуатаційної надійності будинку збільшуємо ширину підшви всіх фундаментів –  $b = 0,44 \text{ м}$ . Перевірка запропонованого рішення виконується з допомогою програми на ЕОМ.



## 6. ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ ТА КОНТРОЛЮ ЗАСВОЄНИХ ЗНАТЬ

### Змістовий модуль №1

1. Які задачі вирішує інженерна підготовка міських територій?
2. Який зв'язок інженерної підготовки територій та інженерного благоустрою територій?
3. Які природні умови найбільш суттєво впливають на інженерну підготовку міських територій?
4. Які фізико-геологічні процеси можуть впливати на території міст?
5. Дайте характеристику природних умов за ступенем придатності для будівництва житлових і громадських будівель.
6. Які природні умови впливають на підтоплення міських територій?
7. Які необхідно вирішити завдання з інженерної підготовки при підтопленні територій?
8. Дренажні системи. Призначення, застосування?
9. Норма осушення. Визначення. Яка норма осушення встановлюється для територій і споруд різного призначення?
10. Як поділяють дренажні системи за конструктивними особливостями?
11. Відкритий дренаж. Призначення, застосування.
12. Закритий дренаж. Призначення, застосування.
13. Які застосовують труби при влаштуванні горизонтальних дренажних систем? Вид матеріалу, діаметр?
14. Яку функцію виконує обсіпка?
15. Що представляє собою вертикальний дренаж?
16. Поясніть принцип роботи вертикального дренажу за сифонною схемою?
17. Поясніть принцип роботи вертикального дренажу із використанням насосної станції?
18. Пластові дренажі. Призначення, застосування. Принцип роботи.
19. Головний дренаж. Призначення.
20. Кільцевий дренаж. Призначення.





21. Систематичний (площинний) дренаж.
22. Береговий дренаж. Призначення.
23. Спеціальний дренаж. Призначення.
24. Які явища відносять до найбільш несприятливих при затопленні міських територій? Дайте їх характеристики.
25. Як поділяють дренажні системи за конструктивними особливостями?
26. Від яких умов залежить застосування захисних методів при затопленні міських територій?
27. Які Ви знаєте основні методи захисту міських територій від затоплення?
28. В яких випадках є доцільним застосування різних комплексних заходів при затопленні територій?
29. Дайте характеристику суцільній підсипці територій? Які переваги і недоліки такого методу?
30. Якими типами одягу здійснюється укріплення відкосів суцільної підсипки?
31. За якою формулою розраховується відмітка вертикального планування на малих річках?
32. За якою формулою розраховується відмітка гребеня дамби при вітрових хвилях? Наведіть розрахункову схему.
33. За якою формулою визначається повна висота дамби?
34. Які переваги і недоліки обвалування затоплюваних територій?
35. Наведіть основні варіанти обвалування територій міста.
36. Які вимоги повинні задовольняти дамби обвалування?
37. В чому полягає суть методу пониження найбільших витрат річки? Які основні переваги і недоліки даного методу?
38. Які існують способи організації стоку поверхневих вод в умовах обвалування територій?

## Змістовий модуль №2

1. Які причини виникнення ярів?
2. Як поділяються яри?
3. Як класифікуються яри?
4. Які задачі необхідно виконати по інженерній підготовці територій з ярами?



5. Яким чином можливо використати яри у містобудуванні?
6. Які заходи необхідно провести з інженерної підготовки територій з ярами?
  7. Що представляють собою зсувні явища?
  8. Які причини виникнення зсувних явищ?
  9. На які види поділяються зсуви?
  10. Назвіть основні містобудівельні задачі інженерної підготовки зсувних територій?
  11. Які основні протизсувні заходи використовують для інженерної підготовки зсувних територій?
  12. Які потоки називають селевими?
  13. На які види поділяються селеві потоки?
  14. Які основні задачі у боротьбі із селевими потоками?
  15. Як поділяються споруди, що використовуються у боротьбі із селевими потоками за призначенням?
  16. Які заходи здійснюються для вирішення задач у боротьбі із селевими потоками?
  17. Дайте характеристику організаційно-господарським заходам у боротьбі із селевими потоками?
  18. Яким чином здійснюються агролісомеліоративні заходи у боротьбі із селевими потоками?
  19. Які заходи відносяться до гідротехнічно-інженерних у боротьбі із селевими потоками?
  20. Дайте визначення лавинам? Які параметри їх характеризують? Причини їх виникнення?
  21. На які типи поділяють лавини?
  22. За допомогою яких факторів можливе прогнозування сходження лавин?
  23. Які схили вважають лавинонебезпечними?
  24. Які заходи необхідно застосовувати у боротьбі із сніговими лавинами?

### **Змістовий модуль №3**

1. Які ґрунти називають сильностисливими?
2. Які характерні ознаки сильностисливих ґрунтів?
3. Які методи інженерної підготовки застосовують на територіях із сильностисливими ґрунтами?



4. Які заходи з інженерної підготовки застосовують для території міста із сильностисливими ґрунтами?
5. Які території відносяться до заболочених і боліт?
6. Які показники характеризують заболочені території?
7. Які природні фактори належать до причин утворення заболочених територій?
8. Які особливості заторфованих територій?
9. Які заходи інженерної підготовки необхідно проводити для заторфованих територій?
10. Дайте характеристику карстовим явищам?
11. На які групи поділяються підземні порожнини?
12. Які основні типи карстових деформацій земної поверхні?
13. Які заходи з інженерної підготовки необхідно проводити на територіях із карстовими явищами?
14. Які території називають підроблювальними?
15. Наведіть схему деформування земної поверхні підроблювальної території?
16. На які групи поділяються підроблювальні території? Від яких показників це залежить?
17. Назвіть основні гірські заходи інженерної підготовки підроблювальних територій?
18. Дайте характеристику конструктивним заходам захисту будівель і споруд побудованих на підроблювальних територіях?
19. Які ґрунти відносяться до вічномерзлих?
20. Які розрізняють види вічномерзлих ґрунтів?
21. Наведіть розрахункову схему розмерзання ґрунту під будівлею?
22. Яких необхідно дотримуватись принципів при будівництві чи експлуатації будівель і споруд на територіях із вічномерзлими ґрунтами?
23. Яких рекомендацій необхідно дотримуватись при будівництві чи експлуатації будівель по кожному із принципів для територій із вічномерзлими ґрунтами?
24. Які основні заходи захисту будівель і споруд побудованих на вічномерзлих ґрунтах?



Дані для проектування дренажів різного типу

Сума двох останніх цифр шифру	№ плану	Головний дренаж		Береговий дренаж			Розрахункова схема дренажу
		Глибина закладання дрени $d_d$ , м	Необхідне зниження РГВ $h_l$ , м	Тип дренажу	$h_l/h_o$	Глибина закладання дрени $d_d$ , м	
0	5	5,0	-	горизонтальний	1,0/-	7,0	Кільцевий
1	4	-	5,5	Вертикальний	-/5,0	-	Придамовий
2	3	-	4,0	Вертикальний	-/4,0	-	Придамовий
3	2	5,5	-	Горизонтальний	1,5/-	8,0	Кільцевий
4	1	6,0	-	Горизонтальний	2,0/-	7,5	Придамовий
5	1	-	5,0	Вертикальний	-/6,0	-	Кільцевий
6	2	5,0	-	Горизонтальний	1,0/-	6,5	Придамовий
7	3	6,0	-	Горизонтальний	1,5/-	6,0	Кільцевий
8	4	-	4,0	Горизонтальний	2,0/-	5,5	Кільцевий
9	5	-	5,0	Вертикальний	-/6,0	-	Придамовий



Значення величини кута нахилу депресійної кривої і величини  
інфільтраційного потоку

Механічний склад ґрунту	крупнозернистий пісок	піски	супіски	суглинки	глини
$tg \alpha$	0,003...0,005	0,005...0,02	0,02...0,05	0,05...0,10	0,10...0,15
$p$ в м/добу	0,001...0,002	0,0005...0,001	0,0001...0,0007	0,0001...0,0005	-
$\Delta h$ , м	0,25	0,50	0,75	1,0	1,5

Таблиця 2

Значення величини коефіцієнту  $n$

$R/h_d$	більше 20	5	4	3	2	менше 1
$n$	1,15	1,18	1,23	1,30	1,44	1,87

Таблиця 3

Значення витратної характеристики

$d$ , мм	100	125	150	200	250	300	350	400
$k_0$ , л/с	51	94	152	328	600	955	1450	2084

Таблиця 4

Значення коефіцієнтів  $A$  і  $B$

$d_v/d$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	0,95	1,0
$A$	0,025	0,10	0,20	0,35	0,50	0,65	0,83	1,00	1,07	1,10	1,0
$B$	0,35	0,55	0,75	0,95	1,05	1,10	1,15	1,16	1,15	1,10	1,0

## 7. СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

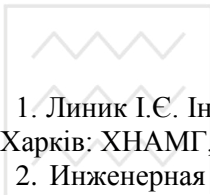


## 7.1. Методичне забезпечення дисципліни

1. Ліпянін В.А. Методичні вказівки до практичних занять з дисципліни „Інженерна підготовка міських територій” для студентів спеціальності 7.092103, 8.092103 „Міське будівництво і господарство” усіх форм навчання. Шифр 774-72 / Ліпянін В.А., Рівне: НУВГП, 2008, – 29 с.

2. Ліпянін В.А. Методичні вказівки до виконання курсової роботи з дисципліни „Утримання і використання територій населених пунктів” для студентів спеціальності 7.092103, 8.092103 „Міське будівництво і господарство” денної та заочної форми навчання. Шифр 774-35 / Ліпянін В.А., Рівне: НУВГП, 2006, – 24 с.

## 7.2. Рекомендована література



### 7.2.1. Базова

1. Линик І.Є. Інженерна підготовка населених місць / Линик І.Є., – Харків: ХНАМГ, 2004. – 337 с. – ISBN 966-695-044-8.

2. Инженерная подготовка и благоустройство городских территорий / Владимир В.В., Давидянц Г.Н., Расторгуев О.С., Шафран В.Л. – М.: Архитектура-С, 2004. – 240 с. – ISBN 5-274-01886-6.

3. Бабич Є.М. Механіка ґрунтів, основи та фундаменти / Є.М. Бабич, Ю.О. Крусь. – Р.:РДТУ, 2001. – 367 с. ISBN 966-7447-37-5.

3. Клиорина Г.И. Инженерная подготовка городских территорий / Клиорина Г.И., Осин В.А., Шумилов М.С. – М.: Вища школа, 1984, 272 с.

4. Евтушенко М.Г. Инженерная подготовка территории населенных мест / Евтушенко М.Г., – М.: Стройиздат, 1982. – 207 с.

5. Бакутис В.Э. Инженерная подготовка городских территорий / Бакутис В.Э., – М.: Высшая школа, 1970. – 376 с.

6. Ліпянін В.А. Інженерна підготовка міських територій / Ліпянін В.А.; Конспект лекцій для студентів спеціальності 7.092103, 8.092103 „Міське будівництво і господарство” денної і заочної форми навчання. – Рівне: НУВГП, 2008. – 67с.

### 7.2.2. Додаткова



1. Инженерный захист та освоєння територій: довідник (за ред. В.С. Ніщука), – К.: Основа, 2000. – 334с. – ISBN 966-7233-26-х.
2. Грацианский М.Н. Инженерная мелиорация / Грацианский М.Н., – М.: Стройиздат, 1965. – 262 с.

### 7.2.3. Нормативно-інструктивна

1. Містобудування. Планування і забудова міських і сільських поселень. ДБН 360-92\*\*. – К.: Міністерство України у справах будівництва і архітектури (Мінбудархітектури України), 2002. – 110 с.
2. Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов. Основные положения проектирования. СНиП 2.01.15-90. – 32 с.
3. Здания и сооружения на подрабатываемых территориях. СНиП 2.01.09-91. – М.: Стройиздат, 1991. – 56 с.
4. Руководство по проектированию зданий и сооружений на подрабатываемых территориях. – М.: Стройиздат, 1986. – 304 с.
5. Бетонные и железобетонные конструкции. СНиП 2.03.01-84\*. – М.: Стройиздат, 1989. – 78 с.

### 7.3. Ресурси

До складу інформаційних ресурсів навчальної дисципліни входять:

1. [www.tspu.edu.ua/кредитно-модульна](http://www.tspu.edu.ua/кредитно-модульна) система
2. <http://nuwm.rv.ua/kmbg.html>
3. Бібліотеки:
  - НУВГП – 33000, м. Рівне, вул. Приходька;
  - обласна наукова – 33000, м. Рівне, майдан Короленка, 6, тел. 22-10-63;
  - міська бібліотека – 33000, м. Рівне, вул. Гагаріна, 67, 24-12-47;
  - методичний кабінет кафедри міського будівництва і господарства НУВГП.