

Міністерство освіти і науки України
Національний університет водного господарства та природокористування

А. А. Білецький, С. В. Клімов

ОРГАНІЗАЦІЯ І ТЕХНОЛОГІЯ ГІДРОТЕХНІЧНОГО БУДІВНИЦТВА



Навчальний посібник

Рівне 2025

УДК 626.8:65(075.8)
Б27

Рецензенти:

Турченко В. О., д.т.н., професор кафедри водної інженерії та водних технологій Національного університету водного господарства та природокористування, м. Рівне;

Хланук М. М., д.т.н., професор кафедри гідротехнічного будівництва та гідравліки Національного університету водного господарства та природокористування, м. Рівне.

*Рекомендовано вченою радою Національного університету
водного господарства та природокористування.
Протокол № 2 від 21 лютого 2025 р.*

Білецький А. А., Клімов С. В.

Б27 Організація і технологія гідротехнічного будівництва : навч. посіб. [Електронне видання]. – Рівне : НУВГП, 2025. – 292 с.

ISBN 978-966-327-630-4

Навчальний посібник містить основні відомості про організацію виконання і технологію будівництва різноманітних гідротехнічних споруд на водогосподарських та природоохоронних об'єктах різного призначення.

Навчальний посібник призначено для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за спеціальністю G19 «Будівництво та цивільна інженерія», 194 «Гідротехнічне будівництво, водна інженерія та водні технології» всіх форм навчання.

УДК 626.8:65(075.8)

ISBN 978-966-327-630-4

© А. А. Білецький, С. В. Клімов, 2025
© НУВГП, 2025

Зміст

Передмова	5
1. Будівництво осушувальних систем	6
1.1. Підготовка території перед будівництвом осушувальних систем.....	6
1.2. Будівництво каналів на осушувальних системах	13
1.3. Будівництво дренажу на перезволожених землях	25
1.3.1. Види дренажів й матеріалів для їх влаштування	25
1.3.2. Технологія будівництва трубчастого дренажу.....	33
1.3.3. Застосування дренажних плугів для будівництва дренажу на осушуваних землях	44
1.3.4. Використання лазерних та GPS засобів позиціювання для будівництва дренажу	49
1.4. Питання для самоконтроля.....	55
2. Будівництво ґрунтових гребель і дамб	57
2.1. Загальні відомості	57
2.2. Підготовка основи греблі	60
2.3. Влаштування зуба і понура	63
2.4. Роботи в кар'єрах, влаштування землевозних шляхів.....	64
2.5. Технологія й організація гідротехнічних робіт при формуванні насипу гребель і дамб	68
2.6. Будівництво неоднорідних гребель	74
2.7. Кріплення укосів греблі.....	75
2.8. Питання для проведення самоконтролю.....	78
3. Організація і технологія будівництва зрошувальних систем	80
3.1. Особливості будівництва відкритих зрошувальних каналів.....	80
3.1.1. Типи перетинів каналів	80
3.1.2. Роботи з винесення проекту каналу на місцевість	81
3.1.3. Виконання робіт на ділянках каналів у виїмці.....	82
3.1.4. Виконання робіт на ділянках каналів у напіввиїмці.....	85
3.1.5. Виконання робіт на ділянках каналів в напівнасипу.....	87
3.1.6. Виконання робіт на ділянках каналу в насипу.....	88
3.1.7. Будівництво каналів засобами гідромеханізації	92
3.1.8. Влаштування протифільтраційного покриття на зрошувальних каналах	95
3.2. Будівництво закритих напірних зрошувальних трубопроводів.....	128
3.2.1. Підготовчі роботи	128
3.2.2. Розробка траншей під трубопроводи	129
3.2.3. Труби для будівництва зрошувальних трубопроводів.....	133
3.2.4. Гідроізоляція трубопроводів.....	137
3.2.5. Монтаж трубопроводів.....	140
3.2.6. Зворотна засипка трубопроводів	155
3.2.7. Випробування трубопроводів	157
3.2.8. Перехід трубопроводами через водні перешкоди.....	158

4. Будівництво колекторно-дренажної мережі на зрошувальних системах..	164
4.1. Особливості виконання колекторно-дренажної мережі на зрошенні .	164
4.2. Основні матеріали, що використовуються для влаштування дренажу на зрошенні	164
4.3. Способи будівництва дренажу	169
5. Будівництво гідротехнічних споруд	177
5.1. Будівництво гідротехнічних споруд із збірних елементів	177
5.2. Транспортні роботи.....	178
5.3. Технологія будівництва збірних гідротехнічних споруд	179
5.3.1. Земляні роботи	179
5.3.2. Осушення котлованів.....	183
5.3.3. Монтаж залізобетонних елементів.....	188
5.4. Будівництво монолітних гідротехнічних споруд.....	194
6. Будівництво берегозахисних, протиерозійних та протизсувних споруд...	206
6.1. Будівництво берегозахисних споруд.....	206
6.2. Будівництво протиерозійних та протизсувних споруд.....	240
6.3. Протизсувні заходи	245
7. Будівництво природоохоронних об'єктів.....	253
7.1. Будівництво протиповеневих споруд.....	253
7.1.1. Штучне підвищення та обвалування територій.....	253
7.1.2. Регулювання русел річок.....	264
7.1.3. Регулювання стоку річок.....	265
7.2. Інженерний захист територій та споруд від підтоплення	266
7.2.1. Будівництво споруд регулювання підземного стоку.....	266
7.2.2. Влаштування гідроізоляції підземних частин споруд, комунікацій	274
7.3. Будівництво природоохоронних споруд захисту підземних і поверхневих вод від забруднення.....	276
Використані джерела	287

Передмова

Створення нових об'єктів будівництва є одним з найбільш важливих видів економічної діяльності держави. Гідротехнічне будівництво направлено на зведення різноманітних гідротехнічних споруд на водних об'єктах та дозволяє реалізувати заходи захисту територій і населених пунктів від шкідливої дії води, тому є специфічною галуззю будівельної індустрії.

Будівництво гідротехнічних об'єктів здійснюється на основі проектно-технологічної документації, в якій розроблені організаційні й технологічні заходи.

У стандарті вищої освіти для здобувачів першого (бакалаврського) рівня за спеціальністю 194 «Гідротехнічне будівництво, водна інженерія та водні технології» для вирішення технологом-гідротехніком задач технологічного проектування згідно з кваліфікаційною характеристикою передбачено відповідну фахову компетентність: ФК10 – «Здатність розробляти технологічні процеси виконання будівельних робіт та впроваджувати у будівельне виробництво сучасні способи та засоби їх реалізації».

Освітній компонент навчальна дисципліна «Організація і технологія гідротехнічного будівництва» є основою фахової підготовки здобувачів вищої освіти і передбачає вивчення організації і технології будівництва різних за призначенням гідротехнічних споруд.

У посібнику наведено особливості виконання технологічних процесів будівництва гідромеліоративних систем, гідротехнічних споруд на водних об'єктах, споруд інженерного захисту територій і населених пунктів від шкідливої дії води.

Посібник розроблено для надання методичної допомоги у фаховій підготовці здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за освітньою програмою «Гідротехнічне будівництво, водна інженерія та водні технології» з рекомендованої освітньою програмою нормативної навчальної дисципліни «Організація і технологія гідротехнічного будівництва».

Дане видання є доповненим (тобто містить значну кількість додаткових матеріалів, порівняно з попередніми), має зміни, що уточнюють попередні видання, розширено викладає окремі теми попередніх видань, а саме:

«Технологія будівництва гідротехнічних, водогосподарських та природоохоронних споруд : навч. посіб. [Електронне видання] / О. І. Ольховик, А. А. Білецький. – Рівне : НУВГП, 2019. – 377 с.», [1];

«Організація і технологія гідротехнічного будівництва. Практикум [Електронне видання] : навч. посіб. / М. М. Ткачук, А. А. Білецький, Р. М. Ткачук. – Рівне : НУВГП, 2022. – 199 с.», [2].

Автори щиро вдячні докторові технічних наук, професору Турченюку В.О. та докторові технічних наук, професору Хлапуку М.М. за рецензування посібника та пропозиції, які значно поліпшили зміст навчального посібника.

Вклад авторів: Білецький А.А. – розділи 2, 5, 6, 7; Клімов С.В. – розділи 1, 3, 4.

1. Будівництво осушувальних систем

1.1. Підготовка території перед будівництвом осушувальних систем

До складу звичайної осушувальної системи (призначення – сільське господарство) входять: безпосередньо територія, що підлягає осушенню, водоприймач, огорожувальна, провідна і регулююча осушувальні мережі; захисні дамби обвалування, насосні станції, що відводять воду з осушуваного масиву та подають воду для зволоження у періоди її дефіциту; водойми; гідротехнічні споруди, що забезпечують керування системою на осушуваній площі, експлуатаційні дороги, тощо, [3].

Будівництво більшості осушувальних систем починається з проведення робіт із регулювання наявних водоприймачів (річки, побудовані раніше канали, струмки, балки, яри, озера, водосховища, тощо). В природному стані річки характеризуються нерівномірною глибиною, яка може коливатись від 0,5 до 4 м, а також значною зміною ширини – від менше метра до кількох метрів як по дну, так і по верху, [4], [5].

Комплекс робіт з регулювання річищ водоприймачів складається з наступних будівельних процесів, [1], [3]:

- поглиблення і розширення річища, що забезпечують необхідну пропускну здатність водоприймачів;
- спрямлення річища за аналогією з будівництвом магістральних каналів (останнім часом дані роботи за можливістю намагаються скоротити, зокрема з умов збереження водних ресурсів, [6]);
- облаштування або засипання старих річищ (стариць), влаштування насипів (перемичок) для проїзду машин і їх наступного розбирання;
- розрівнювання відвалів ґрунту, вийнятого з річища;
- очищення берм і влаштування водопропусків для стоку поверхневих вод у водоприймач;
- будівництво дамб обвалування.

Щодо запобігання спрямленню річок – штучно спрямлені річки втрачають свій природний стан, їм необхідно формувати нове русло, що призводить до швидкоплинного затоплення під час паводків нижче за течією. Також звивистість сприяє кращому самоочищенню води в річці та покращує умови для розвитку біорізноманіття, [6].

Способи виконання робіт, їх черговість робіт, засоби для їх виконання визначаються у проекті виконання робіт (ПВР) і часто корегуються, залежно від характеру й обсягів робіт, термінів їх проведення, урахування місцевих умов.

Якщо на місцевості високий рівень ґрунтових вод (РГВ), то на такій, місцевості, що не дозволяє використовувати засоби механізації регулювання водоприймачів виконується в зимовий період, або в найбільш сухий період року.

Обладнання, що виконує земляні роботи з поглиблення, розширення і очищення річищ водоприймачів, мають переміщуватись від гирла ріки в верх

проти течії, чим буде забезпечено стік води з осушуваного масиву та покращаться умови їх роботи (зокрема швидше «спрацюється» РГВ).

Перед виконанням робіт з облаштування водоприймачів, проводиться будівельна (робоча) розбивка траси, видалення тої частини лісових масивів, дрібнолісся та чагарнику, яку, обґрунтовано проектом, має бути розчищено. Для зрізування й транспортування чагарнику і дрібнолісся застосовуються механічні пилки, викорчовувачі-збирачі, кушорізи і інші пристосування на тракторах і екскаваторах.

Розчищення, поглиблення та розширення річок-водоприймачів найчастіше виконуються однокішневими екскаваторами, наприклад з робочим обладнанням драглайн, обернений ківш з подовженою рукояттю, або плаваючими екскаваторами-амфібіями (рис. 1.1). При відповідному техніко-економічному обґрунтуванні ці роботи дозволяється виконувати земснарядами і землечерпаючими механізмами, особливо якщо русло ріки не містить надлишку пнів, стовбурів дерев, великого каміння.

При підборі екскаватора-амфібії варто враховувати особливості об'єкта будівництва. При цьому сучасна промисловість випускає багато різновидів таких спеціальних будівельних машин.

Глибоководний екскаватор-амфібія (Deer Water Amphibious Excavator), для очищення каналів, річок, озер та мілких морських заток, [7]. Особливістю цих екскаваторів є підвищена плавучість, зокрема через знімні додаткові бокові понтонни, а також можливість фіксації екскаватора на місці висувною палею на глибинах до 4–6 метрів (рис. 1.2).



Рис. 1.1. Екскаватор-амфібія Doosan DX140AM. Фото з сайту: www.ind-group.com.ua/doosan/eksavator-amfibiya-doosan-dx140am/



Рис. 1.2. Очищення русла річки глибоководним екскаватором-амфібією Sany Relong RL-AE30, [7]

«Болотний» екскаватор-амфібія (Swamp Amphibious Excavator) застосовується при виконанні робіт на заболочених територіях та болотах (Swamp), водно-болотних угіддях (Wetland), мілководдях (Shallow Water), грязьових ставках (Mud Pond) тощо.

Таблиця 1.1

Основні параметри глибоководних екскаваторів-амфібіїв Relong, [7]

Параметр		Значення параметра			
		RL-AE15	RL-AE20	RL-AE30	RL-AE40
Клас базового екскаватору / Base upper excavator		15 т.	20 т	30 т	40 т
Загальна вага (без бокових понтонів та опор), т		22,8*	30,7*	45,4*	60,2*
Робоче обладнання* / Work equipment	Довжина стріли, м	4,65	5,7	6,15	6,9
	Довжина рукояті, м	2,5	2,9	3,2	3,35
	Ємність ковша, м ³	0,65	1,0	1,8	2,77
Робочий діапазон* / Working range	Макс. висота копання / Max digging height, мм	9080	10120	10750	11470
	Макс. глибина копання / Max digging depth, мм	4630	5970	6500	6900
	Макс. відстань копання / Max digging reach, мм	8850	9860	10950	11800
	Макс. радіус копання / Max digging reach on ground, мм	7980	9730	10450	11500

* – наближені значення параметрів, залежно від конфігурації.

Такі екскаватори використовують у якості базових машин екскаватори Caterpillar, Xcmg, Sany, Komatsu, Volvo, Hyundai, Doosan, Hitachi тощо розмірних груп від 15 до 40 тонн.



Рис. 1.3. Очищення водойми болотним екскаватором-амфібією на базі Sumitomo SH210, [7]

Малий водно-болотний екскаватор-амфібія (Small Wetland Amphibious Excavator) застосовується для тих же територій що й великий болотний екскаватор, однак базові машини від 3 до 12 тонн. Модельний ряд: RL-AE04, RL-AE08, RL-AE15.

Таблиця 1.2

Основні параметри малих водно-болотних (Small Wetland Amphibious Excavator) екскаваторів-амфібій Relong, [7]

Опис параметра		Значення параметра		
		RL-AE04	RL-AE08	RL-AE15
Клас базового екскаватору, т		3,5–4	8	12–15
Загальна вага (без бокових понтонів та опор), т		9,075*	13,6*	22,8*
Робоче обладнання*	Довжина стріли, м	3,2	3,7	4,65
	Довжина рукояті, м	1,5	1,82	2,5
	Ємність ковша, м ³	0,22	0,38	0,65
Робочий діапазон, мм *	Макс. висота копання	5960	8120	9080
	Макс. глибина копання	3220	3450	4630
	Макс. відстань копання	5955	6370	8850
	Макс. радіус копання	5780	6170	7980

Модельний ряд екскаваторів–амфібій фірми Wilson з США (рис. 1.4) представлені моделями, назви яких містять марку базового екскаватора: Wilson Bobcat E35 (40 к.с. / hp), Wilson Bobcat E50 (49,5 к.с.), Wilson CAT 306 (55,9 к.с.), Wilson Bobcat E85.5 (57 к.с.), Wilson CAT 308 (69,5 к.с.), Wilson CAT 313 (97 к.с.), [8].

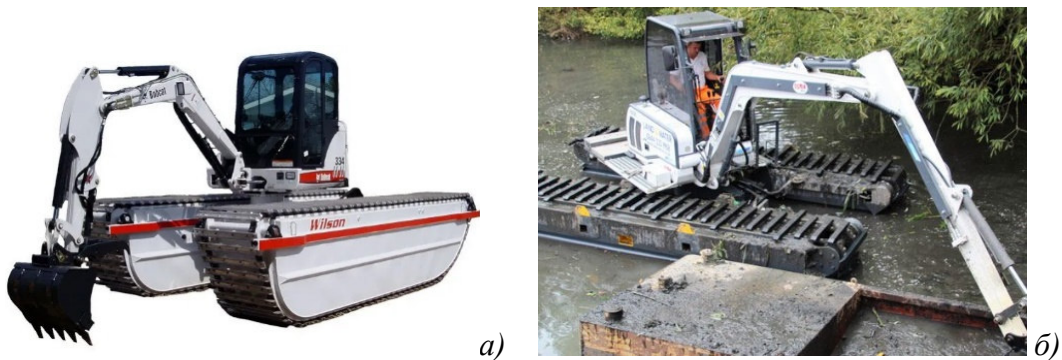


Рис. 1.4. Малі екскаватори-амфібії: а – Wilson Bobcat E35, [8], б – Land & Water P40, [9]

Фірма Land & Water (Англія) також випускає малий екскаватор-амфібію Р40 (рис. 1.4), [9] з питомим тиском на ґрунт $0,1 \text{ кг/см}^2$.

Часто, для досягнення максимальної ефективності, при розчищенні водоприймачів застосовують комплекс з малого екскаватора-амфібії, баржі та екскаватора з великим вильотом стріли для розвантаження вийнятого ґрунту на брівку, Рис. 1.5.



Рис. 1.5. Сумісна робота з очищення каналу (річки) з використанням 38-тонного екскаватора Land & Water з довгим (20 м) вильотом на базі Hitachi ZX350, баржі та малим екскаватором-амфібією Р40, [9]

Спрямлення річища водоприймачів здійснюється влаштуванням прорізу (прокопів, channel cutoff, [10]) між звивинами ріки, після чого старе річище засипається ґрунтом, вийнятим із прорізів (рис. 1.6). Вказані процеси відбуваються і в природному розвитку русла, т.зв. meander cutoff, наприклад, під час повеней, [11], тому й вважати ці роботи виключно неприродними не варто. Однак для виконання таких робіт однозначно потрібно виконувати

детальні дослідження й оцінку впливу на навколишнє природне середовище (ОВНС) відповідно найбільш сучасним вимогам, [12] та враховувати не тільки вплив в процесі виконання робіт, але й довготривалі наслідки таких дій, в т.ч. згідно Закону України «Про оцінку впливу на довкілля», [13].

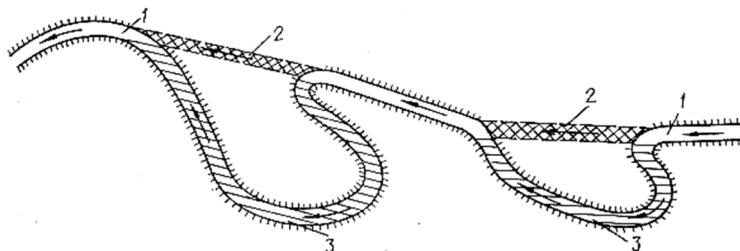


Рис. 1.6. Спрямування русла річки-водоприймача осушувальної системи: 1 – річище; 2 – прокоп; 3 – ділянки звивин річища водоприймача, що засипається, [1]

Найчастіше прокопи розробляються одноківшевыми екскаваторами типу драглайн або зворотними лопатами на розширеному гусеничному ході. На слабких ґрунтах екскаватори працюють на сланях, тобто настилах зі сталевих щитів або брусів, що перекладаються з проходкою, Рис. 1.7.



Рис. 1.7. Переміщення екскаватора по дерев'яних настилах, відео доступне за посиланням: youtu.be/LgkoYAHYj6E

Також є фірми, які промислово випускають такі настили, наприклад Dakota Matting and Environmental Solutions, Рис. 1.8. Більш детально про області застосування таких настилів з матів (timber mats), [14].



Рис. 1.8. Робота екскаваторів з використанням дерев'яних настилів від Dakota Matting, [14]

Дерев'яні мати повинні виготовлятися з якісної грубо зрізаної змішаної твердої деревини (без м'якої деревини). Для підсилення використовуються сталеві стрижні / болти (діаметр 1 дюйм) із заглибленими та потайними гайками, [14]. Існують запатентовані конструкції настилів, наприклад Emtek – це ламінована композитна панель із твердої деревини, яку виготовляє Anthony Hardwood Composites у різних розмірах, [15].

Для вироблення єдиних вимог та стандартів створені професійні організації, які об'єднують професійних виробників настилів. Як приклад – Північноамериканська асоціація виробників настилів/матів (The North American Matting Association). Дана організація розробила у серпні 2023 року стандартну специфікацію NAMA D-004.073123 для виробництва дерев'яних матів, [16].

Прокопи, за відповідного обґрунтування, можна проводити вибуховим способом. За відсутності ґрунтових вод верхня частина прокопу на глибину до 1,5–2 м може виконуватись екскаваторами, бульдозерами або скреперами.

Екскаваторні відвали розрівнюються бульдозерами, формуються у постійні кавальєри, в яких влаштовуються водопропуски шириною 2–3 м для стоку поверхневих вод у річище водоприймача.

В даному посібнику терміни «відвал» та «кавальєр» вжито в наступних значеннях.

Відвал – це тимчасове розміщення ґрунту поблизу місця розробки, який формується в процесі виїмки землі і планується на швидке подальше використання або видалення.

Кавальєр – це постійне або напівпостійне складування ґрунту, яке робиться на певній відстані від місця земляних робіт, що формується спеціально для створення штучних насипів або зберігання великої кількості ґрунту.

1.2. Будівництво каналів на осушувальних системах

Технологія будівництва каналів, які складають відкриту осушувальну мережу, має специфічні особливості, які залежать від трасування, експлуатаційних вимог та ґрунтових умов:

- осушувальні канали проходять найчастіше у виїмках (окрім нагірних та нагірно-ловильних);

- за звичай, ґрунтові води розташовані близько до поверхні, що знижує несучу здатність ґрунтів, що в свою чергу ускладнює переміщення техніки;

- також налипання ґрунту на ходове обладнання та робочі органи машин, необхідність додаткового застосування матів, сланей і інших заходів, розробка ґрунту з-під води суттєво зменшує продуктивність роботи машин,;

- для відведення води необхідно по чергові і послідовно будувати (відновлювати) канали від старшого до молодшого порядку, знизу вгору, проти течії;

- в слабких ґрунтах, тих, що опливають (торф'яники, піски), розробку ґрунту в перетині каналів ведуть в кілька етапів, поступово доводячи перетин до завданого проектом, зі спрацюванням рівня ґрунтових вод (РГВ);

- необхідність розрівнювати більшість кавальєрів шарами малої товщини до 0,1–0,5 м;

- необхідність забезпечити відведення поверхневих дощових та від танення снігу вод в канали, з улаштуванням у пониженнях (тальвегах) водозливні лійки або інші споруди для організації поверхневого, а, часто, і внутрішньогрунтового стоку.

В нестійких ґрунтах перетинам крупних каналів і річищам водоприймачів, що регулюються часто надають параболічну або полігональну форму, для забезпечення їх стійкості. Для розробки ґрунту у виїмках з такими поперечними перетинами використовують в основному однокішєві екскаватори-драглайни (рис. 1.9).

При виконанні земляних робіт під час будівництва осушувальних каналів виконуються наступні операції:

- зняття й складування рослинного шару;
- розробка ґрунту у виїмці з переміщенням його у відвали чи кавальєри;
- розрівнювання ґрунту тимчасових відвалів на смузї вздовж трас каналів;
- формування проектного профілю укосів, доробка недоборів по дну каналу.



Рис. 1.9. Розробка русла каналу екскаватором драглайн: *а* – DEMAG, фото з сайту <https://www.truck1.eu/construction-machinery/draglines/demag>; *б* – EO-4111, відео з youtu.be/fOqTcjDKfq0

На водонасичених ґрунтах з малою несучою здатністю необхідно використовувати машини т.зв «болотної» модифікації, в яких розширені гусениці забезпечують низький тиск машини на ґрунт, в межах до 12–20 кПа. До прикладу, на Рис. 1.10, *б*, гусениці на EO-4111 поставлені уширені від EO-4112, нестандартна вставка стріли (заводські від 2,5 м довжиною), а також відсутня противага, внаслідок чого при розробці екскаватор втрачає стійкість при перевантаженні ковша.

Звичайні, з нормальною шириною гусеничного ланцюга, будівельні екскаватори в таких, малопрохідних, умовах застосовують тільки із застосуванням спеціальних щитів (сланів, матів та ін), (рис. 1.10).

Проведення робіт на насичених водою торф'янистих ґрунтах, що не були осушені попередньо, доцільно виконувати у зимовий час, після їх промерзання на порівняно невелику глибину. Внаслідок цього ґрунти стають прохідними для гусеничних машин з невисоким питомим тиском на ґрунт і можуть розроблятися одноківшевими екскаваторами.

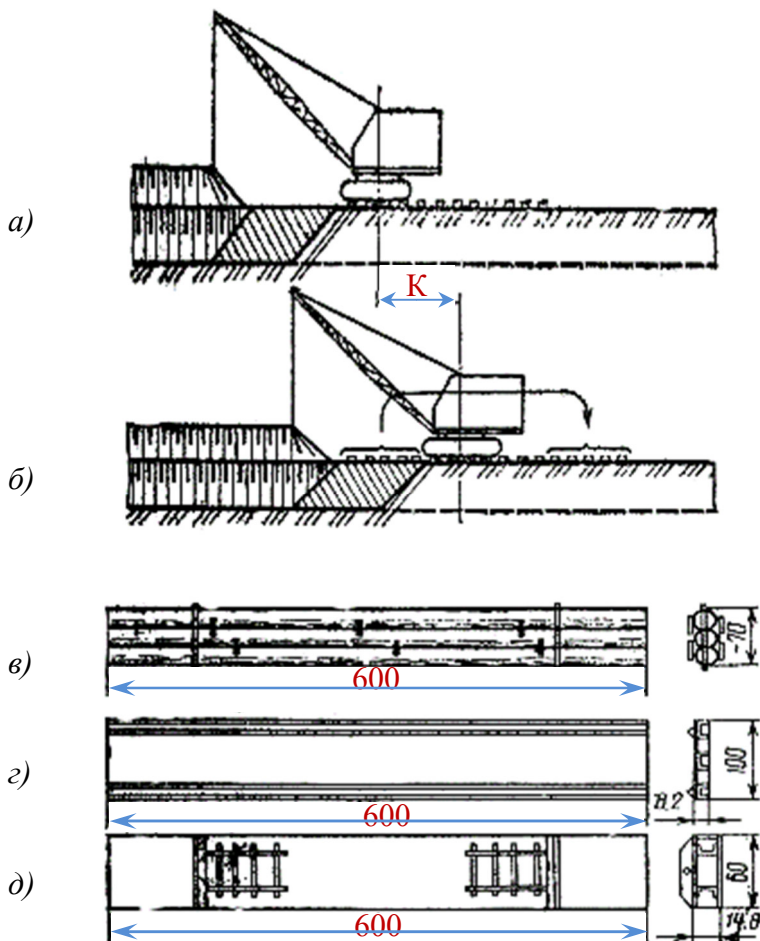


Рис. 1.10. Розробка ґрунту однокілівшевиими екскаваторами з використанням сланей: *а* – розроблення ґрунту екскаватором-драглайн, що розміщено на сланях; *б* – переміщення екскаватора і перенесення вільної частини сланей вперед, за напрямком розробки (де *К* – крок переміщення екскаватора); *в* – поздовжні слані з дерев'яних колод, діаметр 24–25 см; *з* – поздовжній щит з листа металу; *д* – поперечний щит з металу, [1]

Канали, що проходять в опливаючих та нестійких ґрунтах (пісок, торф) необхідно розробляти в кілька етапів. Якщо канал довести до проектних розмірів за один прохід, то це, як правило, призведе до опливання укосів. Високий гідростатичний тиск фільтруючих в канал ґрунтових вод, які попередньо не були понижені буде руйнувати незакріплені укоси. Тому прийдеться доробляти профіль каналу, що призведе до збільшення обсягів та вартості робіт, збільшить переріз каналу, [3]. Тому і в опливаючих ґрунтах, із урахуванням наявного досвіду гідротехнічних робіт, рекомендується розробка перетинів каналів в кілька етапів (рис. 1.11).

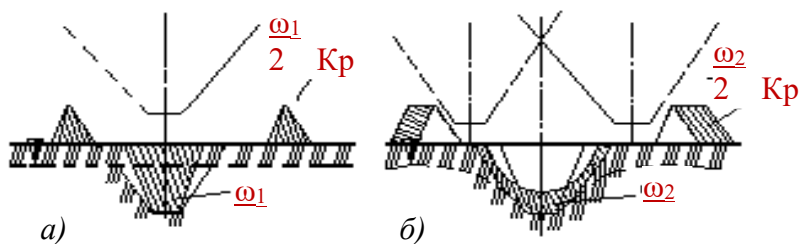


Рис. 1.11. Технологічні схеми розробки ґрунтів при влаштуванні відкритих каналів в нестійких ґрунтах на осушувальних системах: *а* – розробка ґрунту в піонерній траншеї; *б* – остаточна доробка каналу до проектних розмірів, що проводиться після пониження рівня ґрунтових вод, [1]

Для початкового водопониження по осі майбутнього каналу, від водоприймача вверх, розробляють піонерну траншею (рис. 1.11, *а*). Такий канал буде частково дренавати прилеглу територію, хоча і його укоси з часом «оплинуть», що призведе до суттєвої деформації перерізу. Однак після пониження РГВ в зоні піонерної траншеї на 0,5–0,7 м, на що потрібно, залежно від фільтраційних властивостей ґрунту, зокрема коефіцієнта водовіддачі, та погодніх умов від 7 до 25 діб, перетин остаточно дороблюється до проектних розмірів. При великій глибині каналу може знову статися опливання укосів. Тоді перетин до проектних розмірів доробляється в три заходи й більше.

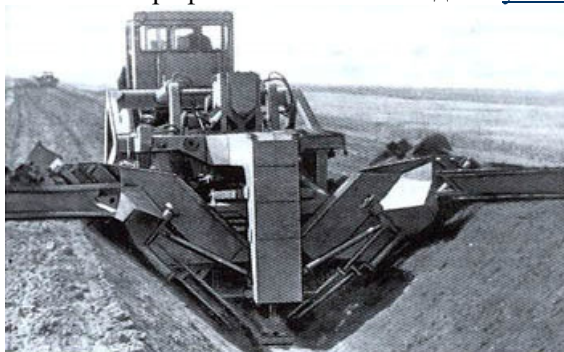
Ґрунт, що виїняли з виїмки має просохнути у тимчасових відвалах, після чого може бути розрівнений вздовж каналу незначним шаром бульдозерами з наступним плануванням. Тривалість висихання залежить від ґрунту, його вологості та кліматичних умов. В теплий період року ґрунт можна розрівнювати приблизно через 10–15 діб після виїмки з каналу. Щільні глинисті ґрунти, що погано «віддають» воду, рекомендовано виморожувати в тимчасових кавальєрах взимку і наступного розпушування вивітрюванням. Їх розрівнюють після підсихання весною – влітку на наступний рік, [1].

З метою збереження родючого ґрунту під час будівництва з смуги будівельних робіт рослинний шар знімається та складається в тимчасові відвали. Після розрівнювання мінерального ґрунту, виїнятого з каналу його рекультивують шляхом закриття рослинним шаром.

Як основні будівельні машини при розробці осушувальних каналів, забезпечуючи високу якість виконання робіт та досягнення проектного профілю використовують або однокішшеві екскаватори з профільним ковшем (рис. 1.12), спеціалізовані фрезерні каналокопачі (рис. 1.13, рис. 1.15, рис. 1.16) та плужні каналокопачі (рис. 1.14). Обмежене застосування для риття осушувальних каналів мали також екскаватори для копання зрошувальних каналів з відповідними параметрами. Зокрема екскаватор ЕТР-122 для копання каналів глибиною до 1,2 м, шириною зверху 2–4,4 м і закладанням укосів 1:1–1:1,5 на базі модифікованого Т-180Г зі зміщеною вперед двигуном та кабіною.



Рис. 1.12. Розробка каналів осушувальної мережі одноківшевим екскаватором Volvo EC220E з профільним ковшем. Відео з youtu.be/P9RR-N-uN3o



а)



б)

Рис. 1.13. Двохфрезерний каналокочач ЕТР-122: а – вид ззаду; б – спереду, [1]



Рис. 1.14. Плужний каналокочач, [1]



Рис. 1.15. Розробка каналів дрібної мережі ротаційним двохроторним канавокапачем Cosmeso (а) та його робочий орган СВ-120 (б). Фото з сайту <https://agro-sintez.com.ua/product/kanalokopatel-dvuhrotornyi/>



Рис. 1.16. Розробка каналів дрібної мережі ротаційним двохроторним канавокапачем Cosmeso BIG STORM (а) та його робочий орган (б). Фото з сайту <https://agro-sintez.com.ua/product/kanalokopatel-dvuhrotornyi-big-storm/>

Застосування тих чи інших будівельних машин визначається ґрунтовими умовами: плужні каналокопачі переважно використовуються на перезволожених ґрунтах в суху пору року; каналокопачі з фрезерними робочими органами (РО) застосовують, переважно, в мокрих, торф'янистих ґрунтах без значної кількості включень; двохроторні каналокопачі застосовують на легких, неналипаючих ґрунтах.

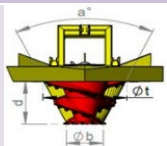
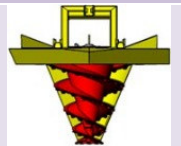
Для розробки каналів у торф'яних ґрунтах можливе застосування шнекових каналочисників (Screw ditchers) наприклад фінської фірми MeriPeat, Рис. 1.17, Рис. 1.18, Таблиця 1.3 [17], meripeat.com. До переваг такого способу варто віднести те, що шнек більш ефективно зрізає дерева, коріння або пні в болоті, а формування каналу може проводити навіть при замерзанні. Вийнятий з каналу торф розкидається на велику відстань з кожного боку канави і рівномірно розподіляється по поверхні поля, [17].



Рис. 1.17. Формування осушувальних каналів MeriPeat ditcher OJK-1.3 на базі колісного трактора, по 6 коліс на вісі. Джерело фото: youtu.be/9vs5ROsuLZE

Таблиця 1.3

Основні параметри гвинтових торф'яних каналокочачів (Screw ditchers)
MeriPeat, [17]

Технічні дані:	OJK-0,7	OJK-1,0	OJK-1.3
Діапазон потужності (к.с.)	120–300	140–300	160–300
Робоча швидкість (км/год)	0,5– 4	0,5– 4	0,5– 4
Вага (кг)	1700	1760 рік	1860 рік
Довжина/ширина/висота (мм)	2130/2310 /1670	2400/2310 /1970	2410/2310 /2270
Кількість зубів	26 шт	38 шт	48 шт
Ширина дна b (мм)	550	300	300
Верхня ширина t (мм)	1280	1280	1280
Глибина d (мм)	700	100	1300
Кут α (град)	52	52	40
			
Монтаж	3–точкове навішування CAT–3		
ВВП	Швидкість 1000 об/хв. Розмір 45 мм–z6 (1"3/4 z6)		

Варто відмітити можливість застосування MeriPeat ditcher як з колісними тракторами з посиленням колісним ходом (див. Рис. 1.17, до 3-х коліс замість одного – тобто на 4-х колісному тракторі для збільшення прохідності встановлено $4 \times 3 = 12$ коліс), а також можливість агрегування даного РО з гусеничними базовими машинами. На Рис. 1.18. Показаний Meritractor MT-700 з double rubber track (подвійний уширений гусеничний хід). Гідростатичний привід дає можливість плавно регулювати швидкість руху від 0–18 км/год. Це дозволяє трактору з базовим двигуном VOLVO TAD 1643 VE (565 кВт)

розвивати тягову потужність (Tractive power) в 420 кВт, а тягове зусилля (Tractive force) в 18 тн (тонносил) / 40000 lbs (фунтів, або 18 143.6948 кілограм), [17].



Рис. 1.18. Формування осушувальних каналів MeriPeat ditcher ОЖК-1.3 на базі гусеничного трактора МТ-700 з double rubber tracks, [17]. Джерело фото: youtu.be/V1qATCKSkHg

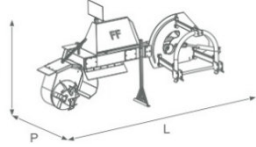
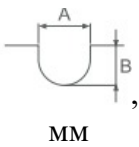
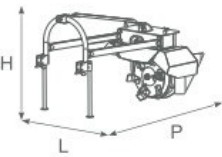
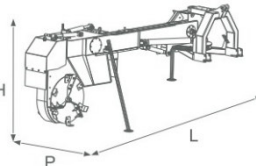


Рис. 1.19. Формування осушувальних каналів з використанням обладнання Fissore (Італія): *а* – зі зміщенням відносно вісі руху машини до 4 м, MPL.590; *б* – по вісі руху, MP.571, [18]. Джерело фото: <https://fissore.it/>

Всі ці машини технічно мають можливість вирізати канал заданого перерізу за один прохід, дотримуючи заданий похил дна, зокрема і з повторенням рельєф місцевості.

Таблиця 1.4

Основні параметри роторних каналокочів (ditchers) Fissore, Італія, [18]

 									
CODE	MODEL	ROTOR	H	L	P	A	B	WEIGHT	POWER
ML2640	MPL.260	40	1600	3100	1800	400	300	460	70
ML2655	MPL.260	55	1600	3175	1800	550	400	480	70
ML2670	MPL.260	70	1600	3250	1800	700	500	490	80
 						A	B	WEIGHT	POWER
MP5770	MP.570	70	1600	1700	2200	700	400	400	80
MP5780	MP.570	80	1600	1700	2200	800	500	420	80
MP5790	MP.570	90	1600	1700	2200	900	600	440	90
 						A	B	WEIGHT	POWER
ML5980	MPL.590	80	2100	2000	4200	800	500	1160	100
ML5990	MPL.590	90	2100	2000	4200	900	550	1180	110
MP5910	MPL.590	100	2100	2000	4200	1000	600	1200	120
MP5911	MPL.590	110	2100	2000	4200	1100	650	1220	130
MP5912	MPL.590	120	2100	2000	4200	1200	700	1240	140

Для влаштування каналу з заданим похилом дна доцільним є виконання попереднього, з дотриманням необхідного похилу, планування поверхні траси каналу. Однак при виконанні робіт в перезволожених ґрунтах попередній порушення цілісності дернового покриву знижує прохідність машин, що виконують наступні операції. З огляду на це, а також з метою збільшення продуктивності й ефективності заданий похил каналу забезпечується використанням спеціальних систем дотримання похилу (наприклад за лазерним променем/площиною, [19]).

В нестійких ґрунтах часто передбачається кріплення русла й укосів каналу, для чого, за звичай, у нижній частині русла влаштовують лоток прямокутного перетину (рис. 1.20). При відсутності будь якого кріплення буде відбуватись руйнування русла як в локальних місцях, наприклад біля гирл дренажних колекторів (рис. 1.21), так і по всій довжині укосу при неодотриманні необхідної геометрії русла каналу (рис. 1.22).



Рис. 1.20. Кріплення осушувального каналу хмизовим плотом і обдернуванням, фото: [1] та автора, Кричевичі, Ковельський район Волинській області



Рис. 1.21. Руйнування укосів каналу при відсутності кріплення та необлаштуванні дренажних гирл, фото автора, Радехів, Шептицький район Львівської області



Рис. 1.22. Руйнування укосів каналу при недотриманні закладання укосів та відсутності кріплення, фото автора, Радехів, Шептицький район Львівської області

В якості матеріалу для кріплення річища використовують **лотки**, бетонні та залізобетонні **плити** (рис. 1.23), на невеликих каналах – **хмиз**, **дерн**, **дошки**, **каміння** (рис. 1.24).



Рис. 1.23. Кріплення нижньої частини каналу залізобетонними плитами, фото автора, Кричевичі, Ковельський район Волинській області

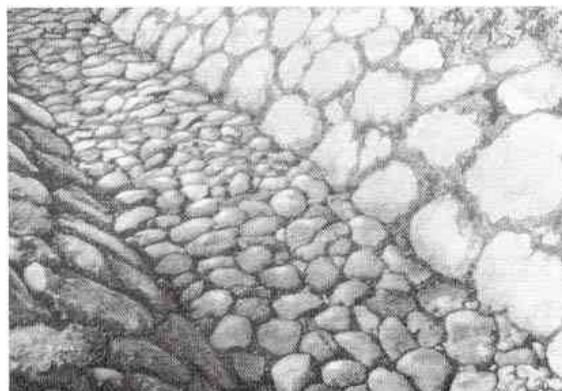


Рис. 1.24. Кріплення осушувального каналу брукуванням, [1]

Закріплення укосів вище русла каналу за сучасними тенденціями здійснюється максимально природними методами: використання заготовленого дерну, через клітину – посівом багаторічних трав на основі попередньо відсипаного родючого ґрунту або спецсумішей, наприклад з використанням торфокрихти.

Ефективним є сучасний спосіб кріплення укосів каналів осушувальних систем **георешітками** (геоградками) (рис. 1.25). Їх комірки у цьому випадку заповнюються рослинним ґрунтом з наступним посівом багаторічних трав, а для більшого закріплення – бетоном або щебенем.



Рис. 1.25. Кріплення каналу георешіткою ArmAll® GeoCell, [20]

Геосоти ArmAll® GeoCell – це об'ємні поліетиленові георешітки, що виробляються методом ультразвукового скріплення полімерних стрічок у шаховому порядку, [20]. Геосоти є об'ємною комірчастою конструкцією, висотою від 5 мм до 20 мм. Для зміцнення укосів і основ осередки

заповнюються сипучими матеріалами у вигляді щебеню, піску, ґрунту тощо, Рис. 1.26.

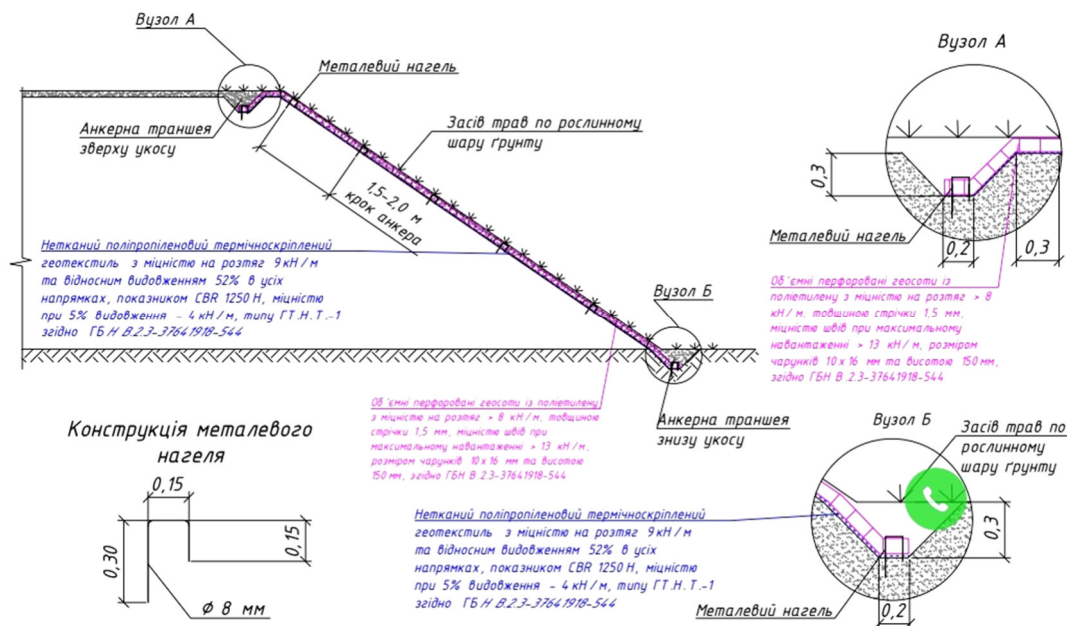


Рис. 1.26. Протирозійний захист укосів насипу геосотами GeoCell, [20]

1.3. Будівництво дренажу на перезволожених землях

1.3.1. Види дренажів й матеріалів для їх влаштування

Закритий дренаж – це система порожнин в ґрунті (найчастіше у вигляді горизонтальних труб) для пониження РГВ.

Порівняно зі зниженням РГВ відкритими дренажними каналами – закритий дренаж має наступні переваги й особливості, [1]:

- осушені закритим дренажем території не поділені на окремі ділянки, а являють собою суцільний масив, який не має перешкод для роботи спеціальної техніки;

- суттєво менше ділянок, на яких є сприятливі умови для розвитку бур'янів, поширені на укосах і бермах каналів при осушенні відкритою мережею (хоча з точки зору екологів – це мінус);

- досягається найбільш сприятливий для рослин водно-повітряний і тепловий режим, що сприяє високим врожаям сільськогосподарських культур, порівняно з осушенням відкритими каналами.

З гідромеліоративного досвіду, осушення угідь закритим матеріальним дренажем підвищує врожайність зернових і овочевих культур на 10–24%. Наприклад, строки відведення надлишкових вод для зернових культур із поверхні ґрунту становлять 0,5–1 доба; з шару ґрунту 0–0,25 м – 1–2 доби; з шару ґрунту 0–50 см – 2–3 доби. Перезволоження шару ґрунту 0–50 см

упродовж 3-х діб призводить до втрати 10% урожаю зернових, упродовж 5-ти діб – 20%. Вказані переваги закритого дренажу перед осушенням відкритими каналами сприяє його широкому застосуванню.

Класична дренажна гідромеліоративна система містить регулюючу й провідну частини. Вони в свою чергу містять дренажні лінії (Др), які підключені до колекторів, елементи приєднання дрен до колекторів, оглядові колодязі (ОК), дренажні гирла (ГЛ), трубчасті переїзди (ТП), шлюзи-регулятори (напр. РТК, РТП та ін.) і водоприймачі (напр. МК вищого порядку), [21].

Дренаж буває як матеріальний, так і нематеріальний (кротовий, щілинний). **Кротовий** або **щілинний** дренаж виконують у вигляді кротовин (кругла порожнина в ґрунті) або щілин (плоска вертикальна порожнина) без їх кріплення чи заповнення якимось матеріалом. Однак нематеріальний дренаж недовговічний, тому його доцільно застосовувати лише в особливо сприятливих для збереження форми дрен умовах (в основному це ґрунти – слабкорозкладений торф). Часто нематеріальний дренаж застосовують на фоні матеріального для інтенсифікації надходження води в систему матеріальних дрен на важких ґрунтах, або з метою збільшення відстаней між дренами й відповідно економії коштів.

Матеріальний дренаж – це використання для фіксації цільності порожнин в ґрунті різних матеріалів (пластмасових і гончарних труб, фашин, каменю, жердин, дощок).

Матеріальний дренаж з каменю, фашин, дерева – порівняно малі терміни служби і вимагають таких же витрат (а часто й більших) витрат праці при їх будівництві. Тому останні 100 років практично не застосовується. Сучасний дренаж з пластмасових труб має значні терміни служби легко промивається при замуленні, технологічний при влаштуванні, тому найбільш поширений.

Глибина закладення дренажу на осушенні від 0,7 до 1,8 м. Відстань між систематично вкладеними дренами визначається ґрунтовими умовами, кліматичними умовами та планованим агровикористанням і часто знаходиться у межах 10–40 м.

У першій половині ХХ сторіччя найбільш поширеним для влаштування осушувального дренажу був керамічний (інша назва – гончарний) дренаж. Використовувалися трубки з обпаленої глини довжиною 333 мм діаметром 50–150 мм, що укладалися з невеликими (для запобігання потрапляння частинок ґрунту) зазорами 1–2 мм в стиках. Дренажні трубки мали три форми: циліндричну, шестигранну й восьмигранну (рис. 1.27).

Вкладання трубок часто виконувалося вручну. Екскаватор-дреноукладач (наприклад ЕТЦ-202А) мав бункер – трубоукладач в якому працівник вручну вкладав трубки, а для захисту дренажу від замулення обкладав різними фільтруючим матеріалами (мох, скловолокно) стики дренажних труб.

З часом для зменшення трудовитрат керамічні дренажні трубки стали з'єднувати пластмасовими муфтами з перфорацією, обмотаними захисним фільтруючим матеріалом.

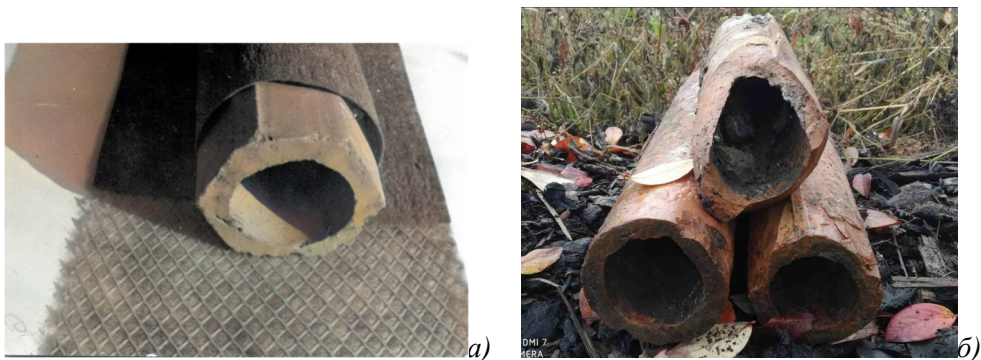


Рис. 1.27. Гончарна дренажні трубки: *а* – шестигранна, [1]; *б* – циліндрична, фото автора: Долинський район Івано-Франківської області

Керамічний дренаж раніше застосовувався для осушення мінеральних ґрунтів на дрібних перелогових торфовищах. Для глибоких перелогових торфовищ керамічні труби укладали на спеціальні опори.

Нині в практиці облаштування системного дренажу майже завжди використовуються пластикові труби, виготовлені методом екструзії з поліетилену високої щільності (HDPE), поліпропілену (PP) або полівінілхлориду (ПВХ). Пластикові дренажні труби мають однорідну структуру, стійкі до корозії, довговічні, з терміном служби понад 50 років. Вони також є економічно вигідними, легкими для транспортування та зручними в монтажі, який здійснюється швидко і просто без використання спеціального обладнання.

Для осушення земель використовують гофровані труби круглого перетину діаметром 50–125 мм із перфорацією 2–3,5 тисячі отворів на метр труби (рис. 1.28).



Рис. 1.28. Гофровані дренажні труби з перфорацією, фото автора: Долинський район Івано-Франківської області

Гофровані стінки труб не лише підвищують їхню стійкість до стиснення, але й додають еластичності, що дозволяє змотувати довгі відрізки труб та зручно транспортувати їх у бухтах (див. рис. 1.28).

Останнім часом багато компаній почали виробництво двошарових гофрованих труб із поліетилену (ПВХ) та поліпропілену (ПП) з перфорацією діаметром 110–400 мм (рис. 1.29). Такі труби мають довжину 6 м і з'єднуються пластмасовими муфтами.

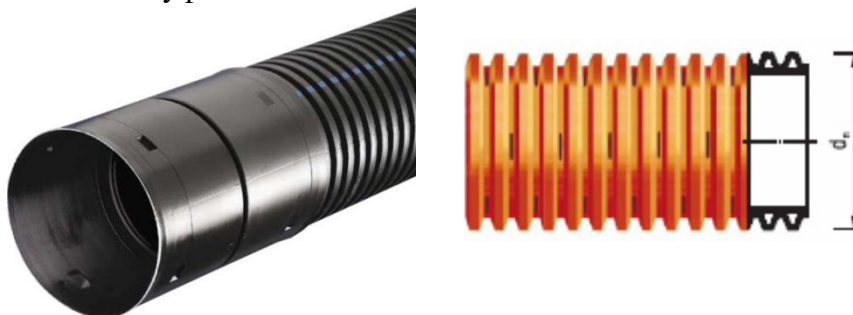


Рис. 1.29 Поліетиленова двошарова труба зі з'єднувальним елементом, [1]

Двошарові труби мають гладкою внутрішньою поверхнею, яка не створює опір потоку води, та суцільну або порожнисту спіральну або кільцеву зовнішню стінку для створення міцного каркасу. Основні переваги цих труб – висока кільцева жорсткість, мала питома маса, низька шорсткість внутрішньої поверхні труб, що забезпечує значну пропускну здатність у порівнянні з іншими трубами, а також зменшення незамулювальних швидкостей. Вони мають високу стійкість до стирання абразивними частинками, що переміщуються з дренажною водою, [1].

Для підключення пластмасових (найчастіше з ПВХ, HDPE або PP) дренажів до колекторів, колодязів, тощо випускається ціла лінійка фасонних частин з поліетилену полівінілхлориду та інших матеріалів (рис. 1.30).



Рис. 1.30. Пластмасові фасонні частини, [1]

З метою захисту від потрапляння до дренажів частинок ґрунту, замулення та покращення здатності забирати воду з ґрунту застосовують різні захисні фільтруючі матеріали (ЗФМ) як природнього (наприклад мох) так і штучного (геотекстиль) походження.

Тривалий час як фільтрувальний матеріал використовували мох, з огляду на його екологічність, довговічність та дешевизну. Однак його заготівля та обгортання стиків трубок вручну – дуже трудомісткій процес. Також це руйнує рослинний покрив й екологічно небезпечний для місцевості, де здійснюється його збирання (сприяє водній та вітровій ерозії оголеного ґрунту).

З середини XX ст. почали використовувати скловолокно та мінеральні вати, однак ці матеріали через наявність дрібних легких частинок, які легко відділяються від основної маси матеріалу і створюють запиленість робочої зони, чим стають небезпечними в роботі з ними, так і виносяться з водою, чим стають вкрай шкідливими для навколишнього середовища в процесі експлуатації.

Тому на сьогодні для захисту дренажних труб від потрапляння в них частинок ґрунту застосовують синтетичні ЗФМ: неткане голкопробивне полотно, клеєне або термічно скріплене неткане та синтетичне полотно, дарніт та геотекстиль (рис. 1.31). За кордоном широко використовується екологічний фільтр з кокосового волокна. Експортоване з південних аграрних країн, (рис. 1.32) кокосове волокно – ефективний природний фільтр, стійкий до гниття, нешкідливий для оточення (відсутність мікропластику, канцерогенів та ін).



Рис. 1.31. Дренажна труба з намотаним попередньо геотекстильним фільтром, фото: [1], з сайту mizol.ua/ua/geodrain-



Рис. 1.32. Дренажні труби з використанням кокосового волокна як ЗФМ, [1]

Обгортання ЗФМ навколо дренажних труб виконують, як правило, в заводських умовах або, рідше, безпосередньо перед вкладанням, на виробничих базах організацій, що виконують будівництво. Для цього застосовують спеціальні станки (рис. 1.33).



Рис. 1.33. Станок для намотування ЗФМ на труби, [1]

В місцях з'єднань дренажних колекторів, різких змін їх напрямку, в місцях перепадів та ін. необхідне влаштування оглядових колодязів. Для них, а також для гирлових та інших споруд на дренажній мережі застосовують залізобетонні деталі (рис. 1.34), і нові матеріали.



Рис. 1.34. Колодязь з залізобетонних кілець, [1]

До прикладу застосовуються полімерні колодязі, які виготовлюються зі спірально-зварних конструкцій і які можуть виконувати функції як обслуговуючих оглядових колодязів, так і поглиначів дощових (поверхневих) вод, технологічних колодязів для виконання промивання дренажу. Полімерні колодязі мають діаметри від 400 до 1200 мм, висоти 2,5–6 м, масу одного метру глибини колодязя – до 12 кг (рис. 1.36).

Крім традиційної функції – збирання і розподілу дощових дренажних вод, основною функцією пластикових колодязів є надання доступу для обслуговування дренажної системи. До кінця XX століття для проведення інспекції та прочищення в колодязь безпосередньо опускалась людина, тому мінімальний розмір колодязів був 1000 мм. З появою дистанційних технологій прочищення та огляду дренажних системи опускання людини в колодязь для

виконання маніпуляцій з підтримки його в робочому стані перестало бути необхідністю, [22]. Оглядові колодязі Pipelife дають можливість проводити експлуатаційні роботи за допомогою спеціального обладнання, призначеного для систем колодязів без необхідності занурення людини. За останнє десятиріччя нові колодязі замінили понад 40% традиційних великих каналізаційних і дренажних колодязів, раніше встановлених в Європі, [22].

Рис. 1.35. Полімерний колодязь для промивання дрен, [1]



б)



Рис. 1.36. Оглядові колодязі: *а* – з пластику, [1]; *б* – полімерний (розбірний) дренажний колодязь VULKAN, vul-kan.com/, Україна

Основною конструкційною особливістю сучасних систем пластикових колодязів є їх збірна структура. Наприклад, комплект колодязя ТМ Pipelife складається з трьох основних елементів, [22], Рис. 1.37:

- Кінета – нижня частина колодязя, основа колодязя, у яку під'єднуються каналізаційні або дренажні труби;
- Гофрована або гладка стержньова труба;
- Люк з телескопічною частиною.

Складові частини колодязів виготовлені з поліпропілену способами лиття або екструзії.

Система Pipelife дозволяє поставляти колодязі з діаметром стержньової труби 400, 630, 800, 1000 мм з конфігурацією підключень під будь-яким кутом в діапазоні діаметрів 110–600 мм.

Колодязі з діаметром DN <800 мм не призначені для обслуговування людиною і обслуговуються з поверхні землі за допомогою спеціального обладнання. Колодязі з діаметром колодязя DN > 800 мм придатні для обслуговування людиною всередині колодязя, при відсутності сучасного обладнання для обслуговування системи (телеінспекції і проčiщення) з поверхні землі, [22].



Рис. 1.37. Комплект колодязя ТМ Pipelife, Pragma®: а – кінета; б – стержньова труба; в – люк з телескопічною частиною, [22]

Для влаштування гідротехнічних елементів на дренажній мережі іноді, в особливих агресивних умовах, застосовують деталі з полімерсклофібробетону. Він виготовлений з дрібнозернистого бетону з наповнювачем – піском, який армовано волокнами скловолокна, захищених полімерними смолами.

Такі вироби доволі міцні, що сприяє виготовленню конструкцій з тонким перетином та малою масою. Наприклад, стінове кільце з

полімерсклофібробетону діаметром 1000 мм та висотою 600 мм, стінкою 20 мм має масу 83 кг, що суттєво менше 400 кг для аналогічного кільця із залізобетонну (рис. 1.38).

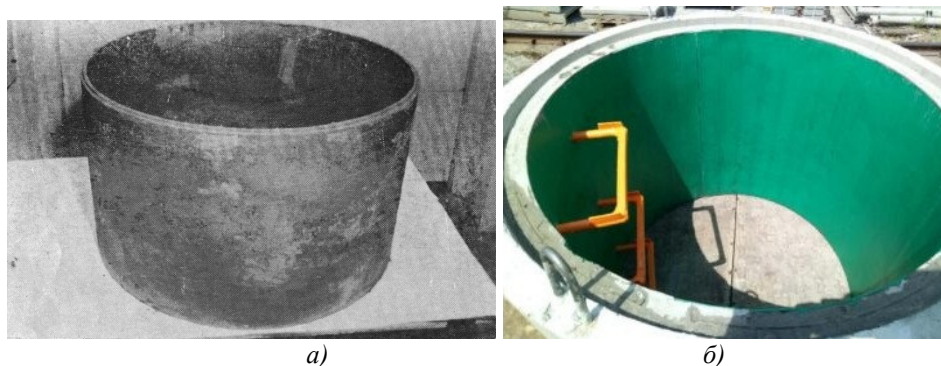


Рис. 1.38. Стінове кільце: *а* – з полімерсклофібробетону, [1], та *б* – з поліетиленовою вкладкою і скобами КС 10.9П-ЕС: фото з сайту <https://betonenergo.com.ua/>

1.3.2. Технологія будівництва трубчастого дренажу

Будівельний процес вкладання трубчастого дренажу складається з трьох циклів.

Підготовчий цикл включає допоміжні операції з підготовки трас дренажних ліній: зрізання крупної рослинності, викорчовування та збирання пнів і каменів, засипання ям, трасування дренажних ліній (винесення проекту в натуру), планування трас дрен і колекторів, доставка, розвезення вздовж трас дрен та колекторів і розкладання дренажних матеріалів (труб, ЗФМ, муфт та ін.), підготовка системи керування процесом укладання, підготовка машин і механізмів.

Основний цикл складається з операції відривання траншеї (при застосуванні траншейного або вузько-траншейного способу) з дотриманням проектної глибини й ухилу, вкладання дренажних труб із захистом їх від замулення, формування фільтруючого обсіпання.

Заключний цикл: допоміжні операції облаштування споруд на мережі, контроль якості влаштування дренажу, остаточного засипка траншей (часто робиться в одному технологічному процесі з вкладанням при наявності обладнання).

Перед початком основних будівельних робіт дренажу повинні бути виконані підготовчі роботи, основні з яких: винесення проекту в натуру, організація місць для накопичення та зберігання будівельних матеріалів, збереження й обслуговування техніки, створення запасу основних будівельних матеріалів, перебазування на об'єкт техніки.

Винесення проекту в натуру (перенесення осей дрен, колекторів і споруд на місцевість, закріплення їх геодезичними знаками) проводиться замовником або проектними організаціями згідно договорів із замовником.

Запас матеріалів на об'єкті до початку будівництва рекомендовано 30–40% від загальної потреби, але не менший двотижневого. У зоні осушення дренажні матеріали зберігаються на об'єкті до їх укладання в заводському упакованні (контейнери, бухти, мішки і т.д.), що захищає їх від пошкодження.

Вкладання ПВХ, HDPE та РР дренажних труб може виконуватись одним з трьох способів: траншейний, вузькотраншейний і безтраншейний.

При вкладанні труб **траншейним** способом вириваються траншеї шириною 0,5–0,7 м, в які вкладають дренажні труби або дреноукладачами або вручну. Раніше гончарний дренаж вкладали екскаваторами – дреноукладачами (наприклад ЕТЦ-202А, рис. 1.39) саме таким способом. Це дозволяло контролювати якість вкладання трубок, а так як їх форма не дуже рівна – й підібрати їх положення так, щоб забезпечити нормативну ширину стику і відсутність перекосів. Також була можливість як ЗФМ використати мох або інші природні нетехнологічні, але екологічні, матеріали.

При **вузькотраншейному** способі ширина траншеї не більше 0,25 м, що суттєво зменшує об'єми виймання ґрунту, та виключає опускання робітників в траншею. Застосовуються спеціальні вузькотраншейні дреноукладачі, [23].

При застосуванні **безтраншейного** способу вкладання дрен – траншея не розробляється, а робочим органом (РО) безтраншейного трубоукладача прорізається вузька щілина, одночасно дренажна трубка подається по полюму РО в ґрунт на задану глибину. Через технологію подачі трубки цей спосіб застосовується для вкладання дрен з полімерних труб.



Рис. 1.39. Екскаватор-дреноукладач ЕТЦ-202 (екскаватор траншейний ланцюговий, 2,0 м глибина) для вкладання дренажу, [1], оброблено автором

Технологічні операції будівництва гончарного дренажу **траншейним способом** екскаваторами-дреноукладачами:

1. винесення трас дрен та колекторів з проекту «в натуру»;
2. при потребі влаштування корита та зняття, при необхідності, з трас рослинного ґрунту;
3. встановлення системи дотримання заданого похилу дренажної лінії (наприклад лазерні системи УКЛ, ПУЛ);
4. розвезення та розкладання дренажних гончарних трубок вздовж майбутніх трас залежно від типу дреноукладача:
 - а) в лінію, для наступної неперервної подачі трубок при русі дреноукладача;
 - б) окремими дрібними штабелями;
 - в) в контейнерах, при застосуванні дреноукладачів з контейнерною подачею;
5. розробка траншеї екскаватором-дреноукладачем за проектним похилом;
6. одночасне укладання труб;
7. одночасний захист стиків ЗФМ;

Захист дрен від замулення проводиться використанням спеціальних пластмасових з'єднувальних муфт з ЗФМ, або обгортання дренажних труб по всій довжині спеціальними механізмами.

Лазерний вказівник похилу (УКЛ-1), що управляє роботою екскаватора-дреноукладача для дотримання заданого похилу дренажних ліній, складається з: випромінювача лазерного променя (фактично у формі сегменту лазерної площини) (поз. 1, Рис. 1.40), фотоприймального пристрою (фоточутливого елементу), блоку вироблення команд керування (БВК) й фоторійки.

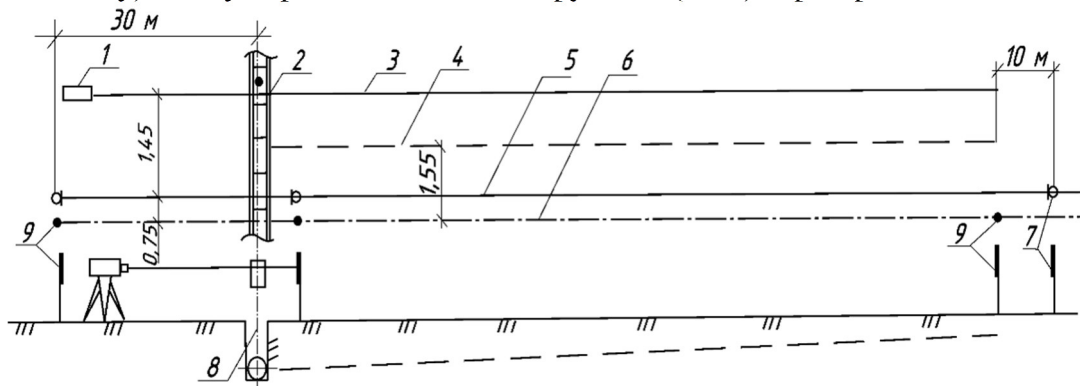


Рис. 1.40. Схема встановлення лазерного задавача похилу та віх задання курсу для екскаватора-дреноукладача ЕТЦ-202А: 1 – лазерний випромінювач; 2 – дренажний колектор; 3 – вісь, в якій формується площина випромінювання; 5 – створ віх задання курсу; 6 – винесена «в натуру» вісь майбутньої дренажі; 7, 9 – віхи; 8 – фоторійка

Схема роботи екскаватора з лазерним вказівником похилу ЕТЦ-202А при приєднанні дрен до колектора наведена на Рис. 1.41, а схема укладання дренажу екскаватором представлена на Рис. 1.42.

Застосування лазерного вказівного й задаючого похил пристрою під час вкладання колекторів та дрена скасовує технологічну операцію розбивання пікетажу та визначення висотних відміток по кожній дрена. У випадку застосування лазерних (або GPS) задавачів похилу дна траншеї достатньо визначити одну відмітку гирла або дренажного колектора, або дрена.

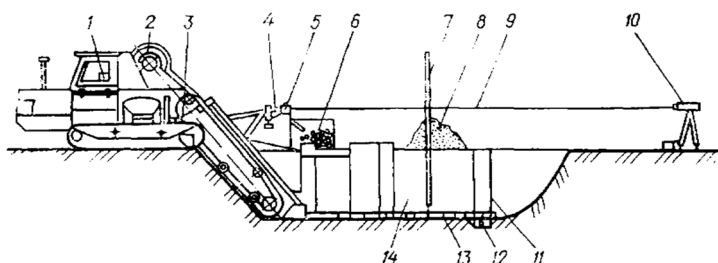


Рис. 1.41. Схема встановлення екскаватора ЕТЦ-202А при приєднанні до колектора при вкладанні керамічного дренажу з лазерною системою керування: 1 – блок вироблення команд; 2 – екскаватор; 3 – виконавчий гідроциліндр; 4 – вузол підвіски; 5 – приймальний пристрій; 6 – контейнер; 7 – фоторейка; 8 – відвал ґрунту з колекторної траншеї; 9 – промінь лазера; 10 – лазерний показчик; 11 – колекторна траншея; 12 – труба колектора; 13 – дрена; 14 – дренажна траншея

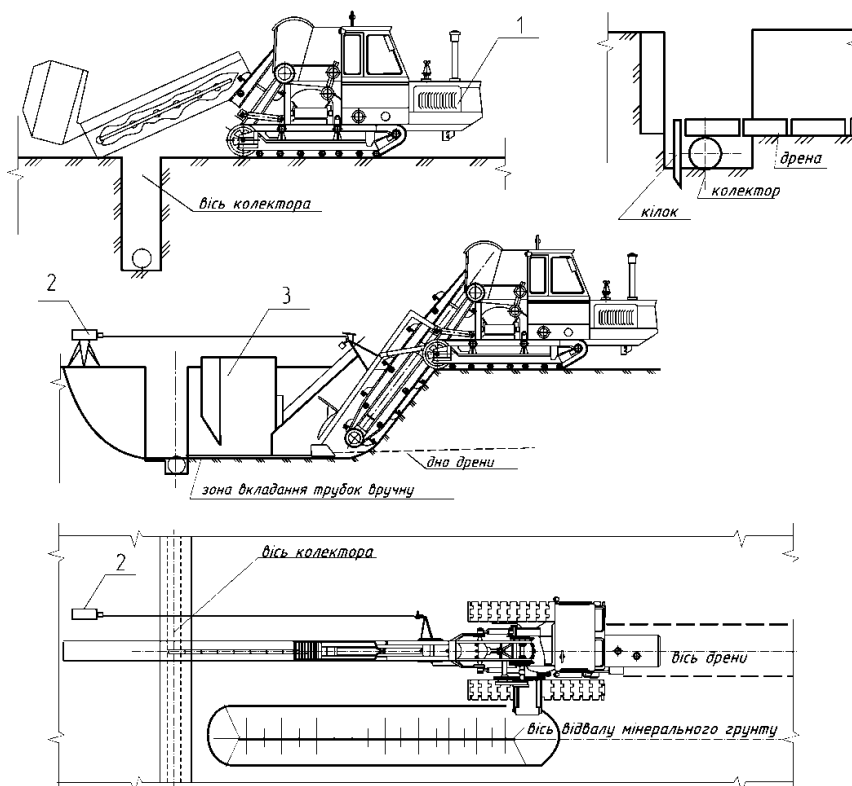


Рис. 1.42. Схема укладання дрена екскаватором ЕТЦ-202А: 1 – екскаватор-дреноукладач ЕТЦ-202А; 2 – світловипромінювач; 3 – бункер трубоукладача; 4 – вісі завдання напрямку руху екскаватора-дреноукладача

Фоторейка має бути встановлена на нульовому пікеті і використовується для швидкого встановлення робочого органа екскаватора-дреноукладача на задану проектом глибину вкладання дренажу на початку траншеї, а також наступного контролю висотних відміток. При включенні лазерного випромінювача (УКЛ) і блоку вироблення команд (БВК) ковшовий ланцюг екскаватора-дреноукладача під керівництвом БВК заглиблюється на проектну глибину. Контролювання похилів укладених колекторів і дрен проводиться при роботі екскаватора-дреноукладача як за допомогою нівелірів, так і перевіряючи фоторейкою рівень за лазерним променем.

Описані вище дреноукладачі в єдиному технологічному процесі відривають траншею, вкладають дренажні трубки (гончарні діаметрами до 150 мм, пластмасові до 75 мм) на глибину 2 м, а також дозволяють виконувати захист дрен від замулення стрічковими фільтруючими матеріалами.

При вкладанні дренажних труб періодично контролюють дотримання заданого похилу дрени. Перед засипанням траншеї нівелюванням перевіряється остаточна точність дотримання похилу дренажної лінії.

Якість виконання дренажних робіт має відповідати нормативам та проекту. Допустимі відхилення осі дрени по горизонталі від проектних значень не повинні перевищувати 1 м. Не допустимі місцеві відхилення дна траншеї (перебори) більше 1,5–3 см, що залежить від діаметра труб (1,5 см для $d = 0.05$ м та 3,0 см для $d = 0.15$ м) і на ділянках довжиною не більш 10 м, при дотриманні загального проектного похилу.

Довжина ділянок дренажу без похилу не повинна перевищувати 10 м (якщо інше не вказано в проекті). Взаємне зміщення керамічних трубок одна відносно іншої не повинно бути більшим $\frac{1}{3}$ товщини стінки.

Засипка дренажної траншеї допускається тільки після контролю якості вложеного дренажу. Засипка найкраще виконується бульдозерами з поворотним відвалом. При цьому не допускається ущільнення ґрунту гусеницями чи колесами тракторів.

Найбільш поширеним в світовій практиці дренажних робіт на сьогодні є **вузькотраншейний спосіб**.

Провідні фірми, які займаються виробництвом обладнання для будівництва дренажу, виробляють вузькотраншейні дреноукладачі з широким спектром застосування: від дрібних фермерських ділянок до значних площ агрохолдінгів. Вузькотраншейні дреноукладачі застосовують для влаштування регулюючої дренажної мережі з дрен малих діаметрів $d=50...125$ мм на глибину до 1,8 м, (рис. 1.44).

При влаштуванні колекторів інші вузькотраншейні дреноукладачі можуть укладати труби більших діаметрів ($d=125...300$ мм) на глибину до 3 м (рис. 1.44).

Особливостями дреноукладачів Mastenbroek є можливість регулювання ширини колії (здійснюється гідроприводом), незалежна рухома підвіска гусениць. Це дозволяє укласти дренаж без проведення попереднього ретельного планування трас. Опціонально дреноукладачі обладнують

бункерами, які дозволяють подавати в траншею фільтруючий матеріал, чим створюється над дренаю фільтруюча обсіпка із заданими фільтраційними властивостями.



Рис. 1.43. Вузькотраншейний дренаукладач з активним РО Mastenbroek 15/15: *а* – вкладання дренажу кабіни в робочому положенні; *б* – те ж вигляд з боку кабіни; *в* – кабіна в транспортному положенні; *г* – завантаження вийнятого ґрунту транспортером дренаукладача в транспортні засоби та засипання привозного зворотного фільтру в дренажну траншею через бункер, [24]



Рис. 1.44. Вузькотраншейний (0,16–0,55 м) дренаукладач Mastenbroek М-3500: *а* – робота з повним заглибленням РО (шнек в повітрі); *б* – формування повороту траси без бункера, [24]

Наповнення бункерів проводиться самохідними транспортними одиницями, наприклад гусеничним візком або фронтальним навантажувачем, (рис. 1.45).



Рис. 1.45. Гусеничний візок для транспортування і навантаження в бункер дренаукладача Mastenbroek 30/20 фільтруючого матеріалу, [24]

Для кращого огляду робочої зони кабіни дренаукладачів мають можливість регулювати положення з використанням гідроприводу. Для механізації завантаження дренаукладачів бухтами з дренажними трубами машини обладнуються механізмами з гідроприводом. Котушки оснащені автоматичними гальмівними пристроями для забезпечення рівномірного натягу при змотуванні дренажних труб.

Укладання пластмасового регулюючого дренажу **безтраншейним способом** проводиться безтраншейними дренаукладачами.

Фірма *Mastenbroek Ltd* (Великобританія) [25] виробляє повний спектр машин для будівництва дренажу, спеціалізуючись в основному на траншескопачах та виготовлених на їх основі екскаваторів-дренаукладачів. Машини даної фірми можуть вкладати дренаж різного призначення: від спортивних споруд (стадіонів, полів для гольфу) до сільськогосподарського дренажу як на осушенні так і на фоні зрошення.

Так зване «пасивне» обладнання, яке дозволяє вкладати дренаж на задану глибину без розробки траншеї та виносу мінерального ґрунту на денну поверхню, Drainage Plow, дренажні плуги, даної фірми можуть бути з одним ножем-стійкою (Straight Leg Plow) та з подвійним ножем V-подібної форми (V-Plow) (рис. 1.46). Технічні характеристики наведені в Таблиця 1.5.

Зауважимо, що ніж V-Plow дозволяє запобігати суттєвого недоліку, який притаманний прямим ножем традиційної конструкції – це ущільнення ґрунту в стінки щілини, яка розрізається ножем-стійкою. V-Plow навпаки розпушує ґрунт над дренаю, припіднімаючи його, що покращує надходження води до дрени.

Таблиця 1.5

Технічні характеристики дреноукладачів фірми Mastenbroek, [26]

Показник	25/20	35/20	40/20	50/20
Потужність двигуна, кВт	250	269	354	417
Глибини траншеї, м	0–1,8	0–1,8	0–2,0	0–2,2
Робоча швидкість, м/год	2410	–	–	–
Максимальн. діаметр труби, мм	165	200	305	400
Габаритні розміри, ДхШхВ, м	10х2,95 х3,4	10,5х2,95 х3,4	12х3,2 х3,6	13х3,3 х3,8
Маса, кг	25 000	26 000	36 000	55 000

Mastenbroek часто застосовує систему позиціонування Trimble GPS, що дозволяє будувати дренажні системи, починаючи з обстеження місцини, з використанням сучасних програмних комплексів, до прикладу Farmworks surface software або Trimble Multiplane, до управління технологічним процесом укладання дрен відповідно запроектованому положенню. При записі всього процесу вкладання дренажу, інформації про основні параметри технологічного процесу, дотримання точності вкладання дрен, застосовувані матеріали та інше ведеться комплексний електронний облік процесу, результати передаються в офіс для подальшої обробки, [27].



Рис. 1.46. Дреноукладачі фірми Mastenbroek: а – з ножем V-подібної конструкції (V-Plow); б – з одним прямим ножем (Straight Leg Plow), [24]

RWF Industries (Канада) – виробляє важку техніку з 1974 року. Під маркою BRON виготовляються та продаються в багатьох країнах світу самохідні дренажні плуги (Self Propelled Drainage Plow – двох видів), а також начіпні дреноукладачі, [28].

Самохідні Self Propelled Drainage Plow відрізняються між собою конструкцією ножа – Double Link Plow та RC PLOW (рис. 1.47.). Double Link Plow призначений для роботи в звичайних ґрунтах, забезпечує точніше вкладання дрен, більші швидкості вкладання. RC PLOW дозволяє вкладати

дренаж і у важких ґрунтах. На машинах встановлюються двигуни Caterpillar, (Таблиця 1.6). Дреноукладачі обладнані GPS та лазерною системою дотримання похилу. Ходова система забезпечує вкладання дренажу з перекосом до 36° з автоматичним коригуванням за допомогою гідросистеми (рис. 1.48).

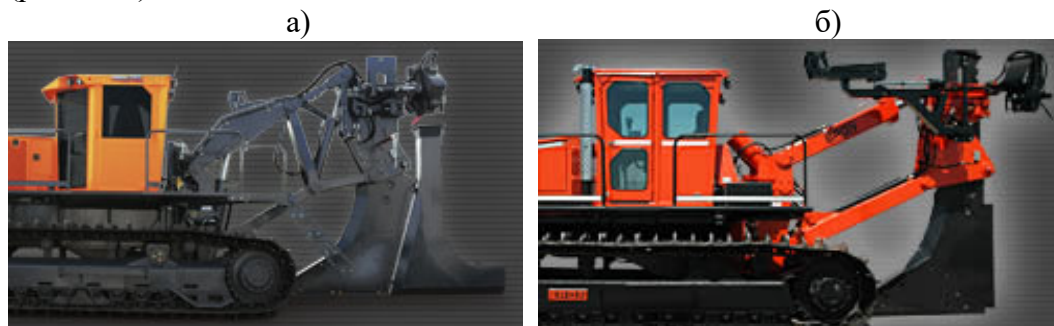


Рис. 1.47. Дреноукладачі RWF Industries: а – Double Link Plow на BRON 150; б – RC PLOW, [28]



Рис. 1.48. Автоматичне коригування перекосів, [28]

Таблиця 1.6

Самохідні безтраншейні дреноукладачі **RWF Industries**, [27]

Показники	150	250	350	450	550
Тип робочого органу (Plow Type)	Double Link	Double або Link RC 750			
База	D4	D5	D6	D7	D7
Встановлена потужність (кВт)	157	205	272	343	392
Марка двигуна Caterpillar	C6.6	C-9	C-11	C-13	C-15
Питомий тиск на ґрунт, кПа	37,2	35,8	31,0	35,8	37,2
Експлуатаційна маса, кг	15 875	22680	27215	34020	35380
Максимальна глибина, м	1,37	1,7	2,28	2,28	2,28
Максим. роб. швидкість, м/год	1500	1600	1900	2250	2250

Як варіант зменшення витрат на придбання нового обладнання RWF Industries виробляє націпні дреноукладачі, які можна навішувати на серійні трактори інших виробників. (Таблиця 1.7)

Таблиця 1.7

Начіпне дренаукладальне обладнання BRON (add-on drainage plows), [27]

Параметри	300	400	500	600	750	1000
Потужність базового трактора, кВт		224	242	261	336	D9+
- колісного	205	134	134	175	201	
- гусеничного						
Макс. глибина вкладання, м	1,22	1,52	1,60	1,90	2,286	3,2
Діаметр труби, дюйм (см)	3–4 (7,62– 10,2)	3–8 (7,62– 20,3)	3–10 (7,62– 25,4)	3–12 (7,62– 30,5)	3–15 (7,62– 38,1)	3–15 (7,62– 38,1)
Маса, кг	2 721	4 082	4989	5125	6 349	9 070

Inter-Drain – фірма що виготовляє дренаукладачі і з активними і з пасивними робочими органами. Безтраншейні дренаукладачі даної марки бувають трьох типів начіпки РО:

- A) Double-linkage system, GP-Series – подвійна начіпка РО;
- B) Single-linkage system, TL-Series – одинарна начіпка РО;
- C) Single beam system, SP-Series, однобалочна система.



Рис. 1.49. Екскаватор-дренаукладач Inter-Drain 2030 SP-Series, [29]

Всі системи дозволяють отримати якісний результат, зокрема контролю реакції робочого органу залежно від ґрунтових умов, в наслідок чого підвищуються точність і тягова здатність, а, відповідно й швидкість вкладання дренажу.

На ринку представлені моделі потужністю 300–550 к.с. та тяговим зусиллям більше 50 тонн, (Таблиця 1.8). Максимальні швидкість вкладання дренажу – до 4 км / год. Машини оснащені системою автоматичного контролю

похилу, осцилюючими треками (певна незалежність від нерівностей по трасі дрен), кондиціонером і т.д.

Таблиця 1.8

Технічні показники дренаукладачів Inter-Drain

Показник	2030TL/ GP/ SP	2040 TL/ GP/ SP	2050 TL/GP
Двигун (виробник / об'єм, л)	Volvo / 12 л	Volvo / 12 л	Volvo / 16 л
Потужність двигуна, кВт	260	310	382
Тип гусеничного ходового обладнання	Незалежні гусениці		
Трансмісія	Гідростатична		
Підвіска	Осцилююча		
Тип	D5B	D5B/D7	D7G
Довжина	6 м	6 м	6 м
Ширина	0,76 м	0,8 м	0,8 м
Тиск на ґрунт кг/см ²	0,33	0,37	0,4
Робоча швидкість, км / год	0–3	0–3,2	0–3
Транспортна швидкість, км / год	5	5,5	5,5
Глибина (середня / макс., м	1–1,5 / 1,8	1,2–1,6 / 2,0	1,2–1,8 / 2,0
Тягове зусилля, тонн	33,07	40,79	60,63
Маса (приблизна, для TL), кг	29 760	35 270	37 480

Як висновок з даного опису – на сьогодні в світі існує багато видів сучасної техніки для вкладання горизонтального трубчастого дренажу, з високими швидкостями (продуктивністю), з сучасними системами автоматизації керуванням як положенням РО (глибина вкладання дрен) так і в цілому технологічним процесом. Це зменшує час на влаштування дренажних систем, а також дозволяє вкладати дрени й колектори не тільки по прямій, але й по будь якій заданій траєкторії.

Сучасні дренаукладачі мають суттєво більшу потужність ніж старі МД-4 (118 кВт), а якщо разом з тягачем МД-5 – то трохи менше їх суми (118+118·0,8 = 212 кВт), (рис. 1.50). Роботи з більшою швидкістю (при однакових інших умовах) ніж комплект МД-4, МД-5 (до 1000 м/год), таких машин як Mastenbroek 25/20 (2410 м/год), BRON (1500–2250 м/год), Inter-Drain (до 3200 м/год) при нормуванні робіт з вкладання дренажу вимагає перерахунку норм часу, зменшуючи її з врахуванням й більш сучасних технологій дотримання похилу, завантаження бухт з дренажними трубами та ін., що може бути визначено методом хронометражу.

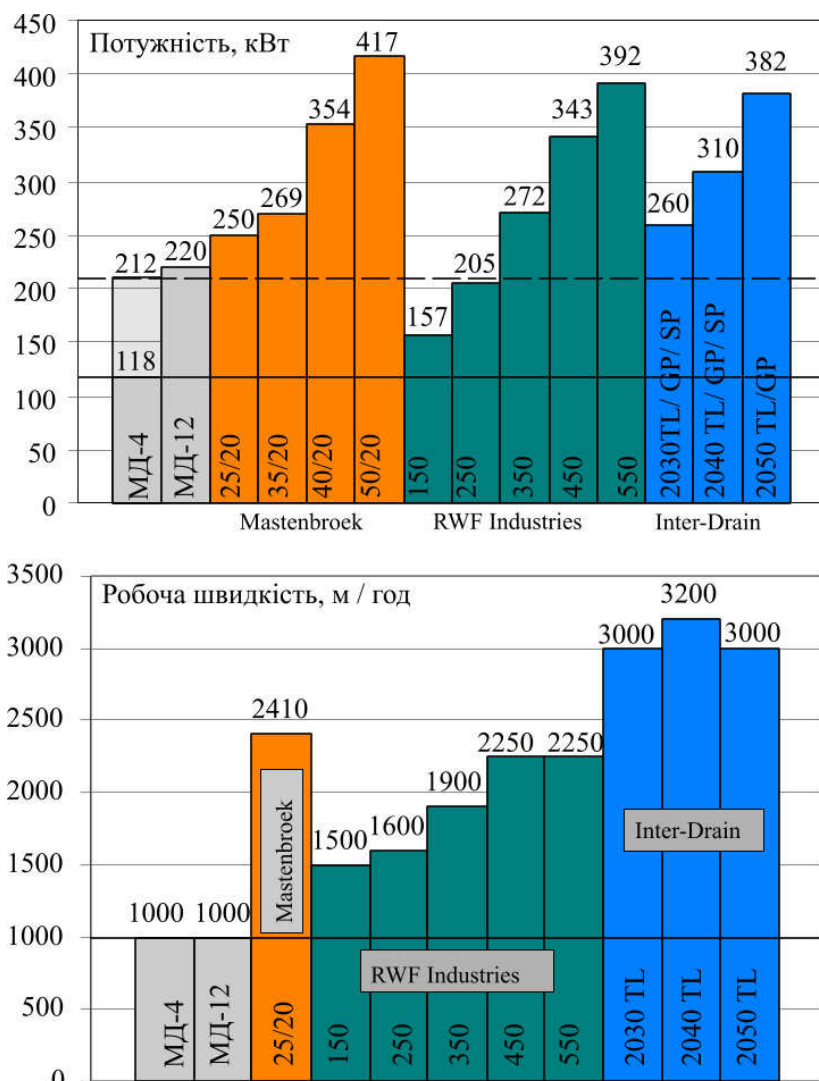


Рис. 1.50. Потужності та робочі швидкості (швидкості вкладання) основних безтраншейних дрепоукладачів, [27]

1.3.3. Застосування дренажних плугів для будівництва дренажу на осушуваних землях

Сучасні економічні реалії України не дозволять найближчим часом розраховувати на суттєві фінансові впливання в сферу водного господарства, зокрема на будівництво нових, або проведення реконструкції існуючих ГМС. Існують також випадки, коли проведення «повноцінної» реконструкції не потрібне, а достатньо провести часткову, перебудувати дренаж на незначних площах, а на решті площ провести відновлення його працездатного стану, з вкладанням ДЕМ по периметру системи.

Отже питання зниження вартості будівельних робіт, які виконуються при проведенні реконструкції гідромеліоративних систем є досить актуальним. [27]. Тому виробники випускають все більшу кількість дрепоукладачів, які

можуть агрегатуватись серійними сільськогосподарськими тракторами, що суттєво зменшує вартість спеціалізованої частини обладнання. Зокрема, дренажні плуги (Tile Plow) стають все більш популярними. Звертаємо увагу на те, що більшість фермерів наймають підрядників для проектування та будівництва дренажних систем, які мають необхідні знання, навички та досвід, необхідні для побудови успішної системи, що гарантує надійність її роботи [30].

Розглянемо наступні марки дренажних плугів, що агрегуються звичайними сільськогосподарськими тракторами і які широко пропонуються на світовому ринку для будівництва дренажу [19].

Soilmax – на ринок пропонуються дві моделі. Soil-Max Gold Digger Stealth ZD Pulltype Plow з робочою глибиною 6.5' (1.95 м) легко під'єднується до трактора, а опора на колесах дозволяє розвантажити навіску трактора і забезпечує більш точне укладання дрена (рис. 1.51, а). Soil-Max Gold Digger Stealth ZD 3pt Plo під'єднується до стандартної 3-х точкової начіпки (3pt в Cat III або Cat IV), вкладає дрена на глибину до 5.5' (1.65 м) і коштує \$21,500 (рис. 1.51, б), табл. 5.6 [31].

Конструкція ножів дозволяє розробляти ґрунт з транспортуванням його частини на поверхню поля, що зменшує ущільнення в стінки щілини (рис. 1.51, в). Також вказана конструкція дозволяє зменшити тяговий опір і досягти більших глибин вкладання або зменшити потужність базової машини.

Таблиця 1.9

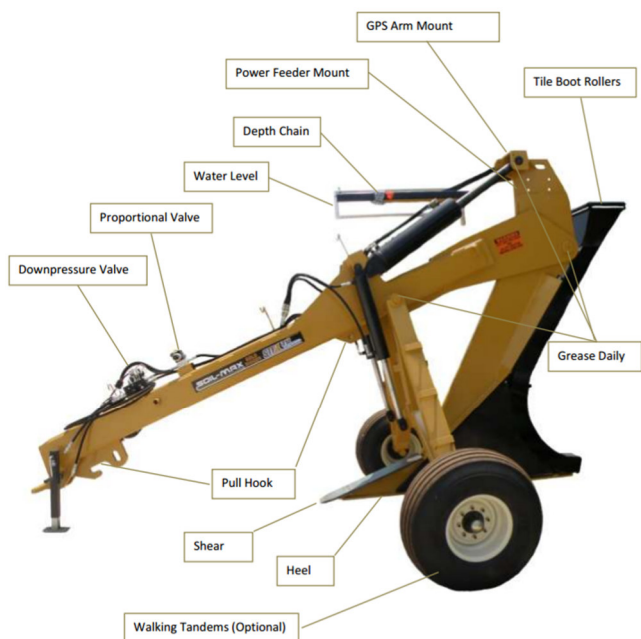
Можливі глибини закладання дренажу плугами Soil-Max в залежності від ваги базового трактора [31]

Вага трактора, т (тис. фунт) Lbs.*	Pull Type Parts Identification	3 Point Parts Identification
9,0–13,6 т (20–30)	3,5–4 ft ** 1,07–1,2 м	4–4,5 фут 1,2–1,37 м
13,6–18,1 т (30–40)	4–5 ft 1,2–1,52 м	5–6 фут 1,52–1,83 м
більше 18,1 (40)	5–6 ft 1,52–1,83 м	6–7 фут 1,83–2,13 м

* – Lbs. (1 фунт = 0.45359237 кг), ** – ft (1 фут = 0.3048 метра)

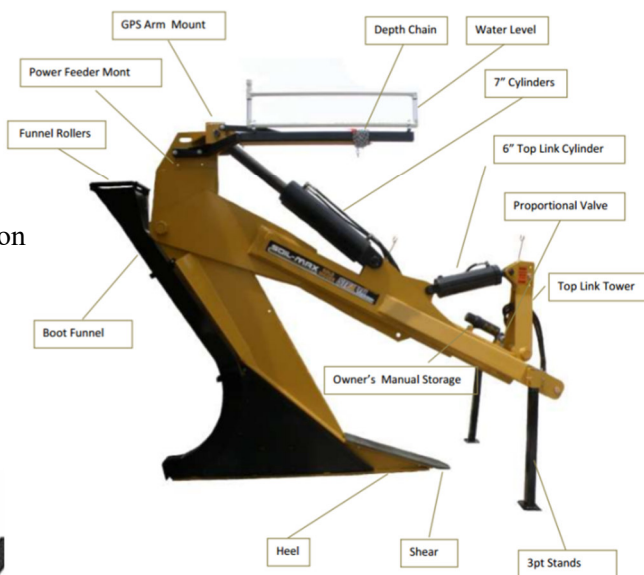
Конструкція плугів фірми Soil-Max дозволяє проводити їх заглиблення в ґрунт до проектної глибини як з приямків, які відриваються заздалегідь екскаваторами, так і самочинно, рухаючись вперед і поступово заглиблюючи робочий орган.

Також передбачена можливість використовувати додатковий трактор-тягач, який тягне через спеціальний трос безпосередньо плуг.



а) Pull Type
Parts Identification

б) 3 Point
Parts Identification



в) Підйом ґрунту по ножу

Рис. 1.51. Два варіанти дренажних плугів фірми Soilmax: а – причіпний; б – з 3-х точковою системою начіпки; в – підйом ґрунту по ножу, [31]



Рис. 1.52. Агрегатування дренажних плугів Soilmax, [31]

Liebrecht – дренажний плуг вагою 4 т. вкладає дренаж діаметром до 20 см на глибину до 1,8 м (рис. 1.52, а). Обладнаний лазерною системою дотримання похилу фірми Trimble GL720 або GL722 Dual Grade [32].



Рис. 1.53. Дренажний плуг Liebrecht: а – плуг в транспортному положенні; б – комплект Trimble для даного плуга

Crary – на сьогодні випускає три типи дренажних плугів 506, 612 та 712 моделі. Їх характеристика наведена в Таблиця 1.10. Для агрегування різними тракторами випускаються спеціальні керовані адаптери (в т.ч. і на 3-х та 4-х точкову системи начіпки) [33]. Дренажні плуги даної фірми можуть працювати із системами керування різних фірм: Outback; Leica; Trimble; John Deere.

Таблиця 1.10

Параметри \ Модель	506	612	712
Вага, кг	1723	3175	4082
макс. глибина, м	1,5	1,82	2,13
мін. потужність трактора, к.с.	200	250–450	> 350

Фірма *Paul's Machine & Tool* випускає дренажні плуги, які можуть агрегуватись бульдозерами (рис. 1.54), однак вони призначені для вкладання

дренажу на невеликі глибини (до 1 м) у легких ґрунтах [34].



Рис. 1.54. Дренажний плуг фірми Paul's Machine (Bulldozer Tile Plow), [34]

Як і при використанні інших дренаукладачів перед будівництвом дренажу дренажним плугом необхідно провести топографічну RTK зйомку місцевості (рис. 1.55). Надалі проводиться проектування дренажної системи з використанням спеціальних комп'ютерних програм (наприклад SMS Advanced Water Management software або Geo Surface Analyzer) які дозволяють визначити оптимальні маршрути і візуалізувати, параметри системи (глибини каналів і колекторів, їх розміщення в плані, рис. 1.55). Після того, як визначено кращий варіант на плані, генеруються докладні дренажні плани, із забезпеченням прив'язки глибин і градієнтів дрен до колекторів. Дані передаються на систему керування дренаукладача і з оператор з використанням сенсорного екрану системи Intellislope® (рис. 1.56) вибирає параметри необхідні для вкладання дренажної лінії. Для полегшення роботи оператора може застосовується система автоматизованого керування трактором Tile Plow Control System ParaDyme Automated Steering System, яка приєднується до керма і контролює рух трактора відповідно заданій програмі.

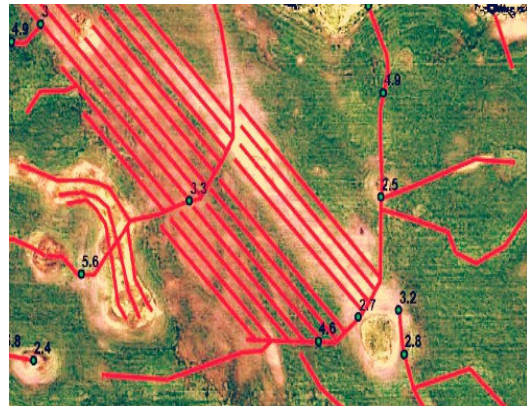


Рис. 1.55. RTK зйомка місцевості, [27]



Рис. 1.56. Система Intellislope®, [35]

Для встановлення горизонталі використовуються водні рівні, а для автоматичного керування вкладанням дренажної трубки на дренажних плугах можуть використовуватись дві схеми управління GPS (AGPS) та лазерна (Laser). Основні переваги AGPS:

- ✓ Базова станція AGPS охоплює діапазон 2 милі (більше 3 км), в той час коли ротаційний лазерний нівелір охоплює радіус до 600–900 м.

- ✓ Працює у вітер і туман.
- ✓ Не потребує прямої видимості базової станції.
- ✓ Запис і відображення на комп'ютерній карті реальної схеми вкладання дренажних ліній.

- ✓ Використання існуючого AGPS обладнання та використання RTK (Stands for Real Time Kinematic correction) для більшої точності.

Недоліки AGPS: погіршення сигналу від нависаючих дерев та негативний вплив сонячних спалахів.

Недоліки лазерної системи керування:

- ✓ Система погано працює під час дощу, туману та сильного вітру.
- ✓ Необхідність знаходження приймача системи на плузі у зоні прямої видимості ротаційного лазерного нівеліру на обмеженій відстані.
- ✓ Відсутня можливість запису даних в комп'ютер.
- ✓ Необхідність використання спеціалізованого обладнання.

Переваги: працює під деревами і не впливає підвищена сонячна активність, дозволяє отримати високу точність вкладання дренажу.

1.3.4. Використання лазерних та GPS засобів позиціювання для будівництва дренажу

Для відповідності високим вимогам сучасного будівництва все частіше використовуються системи керування машинами, що дозволяють з високою точністю виконувати земляні роботи, зокрема механізованим способом.

Використання сучасних систем позиціювання разом з можливістю контролю переміщення об'єкта в реальному часі забезпечило майже автоматизовану роботу землерийних машин. Інформація про положення об'єкта щодо вихідного пункту використовується для спільного аналізу з

іншими даними, отриманими від різних датчиків, таких як лазерні сканери, ультразвукові датчики та системи GPS, [26].

Автоматичні системи, що застосовуються у будівництві, можна розділити на дві групи: традиційні системи автоматичного керування (умовно назвемо їх 2D системи) та більш нові 3D системи.

У традиційних системах здійснюється контроль висоти робочого органу (для екскаваторів–дреноукладачів це глибина вкладання дрени) та, іноді, поперечного ухилу. Упродовж останніх 40 років для таких робіт використовуються лазерні системи.

Вони замінили системи з контролем положення РО за зовнішніми копірними пристосуваннями початкового рівня – з колірним тросиком або дротом, завдяки ряду суттєвих переваг. Відсутність впливу на лазерний промінь гравітації, вітру та інших факторів, відсутнє провисання (найкращі варіанти мали провисання дроту 1,5 см, однак частіше це 2,0 см і більше) й коливання копірної основи, а, відповідно, зменшується відхилення від проектного похилу. Також зменшуються трудовитрати на запуск в роботу такої системи – непотрібно встановлювати систему підтримуючих копірний тросик опор, створювати натяг тросику. Також уникнення механічних контактів по копірному тросику дозволяє збільшити швидкість руху дреноукладача, [36].

У гідромеліоративному будівництві України у зоні осушення для будівництва дренажу застосовували екскаватори-дреноукладачі ЕТЦ-202А(Б) з системою дотримання похилу за променем лазера вітчизняного виробництва. З 1981 року, коли розпочалося серійне виробництво таких систем почали виробляти вказівники проектного похилу УКЛ-1 з газовим лазером. Технічну характеристику УКЛ-1 див. в Таблиця 1.11.

Для вкладання дренажу із заданим похилом сучасні виробники застосовують лазерні ротаційні нівеліри (або побудовники площини). Вони часто застосовуються для контролю положення РО багатьох землерийних машин. Це реалізується через малогабаритні напівпровідникові лазери в компактних та недорогих приладах (напр. LASERLINER AquaPro 120). Вони лазером позначають горизонтальну чи похилу площину радіусом до 800–900 м.

В багатьох будівельних фірмах для контролю положення РО землерийної техніки, зокрема й дреноукладачів РО, застосовують лазерні системи Trimble тм, тому розглянемо на їх прикладі будову і роботу традиційних автоматичних систем контролю рівня.



Основними компонентами систем **Trimble Laser Machine Control** (LMC) є лазерний ротаційний нівелір (рис. 1.57), лазерний приймач, електрогідроклапан, що вбудовується паралельно основній гідравлічній системі машини і блок керування гідравлічною системою.

Рис. 1.57. Лазерний побудовник площини GL742

Система LMC функціонує наступним чином. Лазерний нівелір розміщується на будівельному майданчику в зручному для роботи місці. Нівелір створює з лазерного променя площину – горизонтальну або під певним кутом. Ця площина має задаватись паралельно до проектної площини владання дрен, [27].

Лазерний приймач (один або два) фіксується на телескопічній щоглі на РО машини (для екскаваторів–дреноукладачів це або рама скребкового або ківшевого ланцюга, ротор, або безпосередньо на трубоукладач). Для роботи РО дреноукладача розташовується на початок траси дрени і заглиблюється до заданої робочої глибини. Після цього регулюючи щоглу по висоті, приймач установлюється на рівень лазерної площини і машина починає вкладати дренажну лінію.

Існує можливість роботи в двох режимах. У першому (індикаторному режимі) під час виконання робіт оператор орієнтується на показники індикаторів приймача або панелі керування в машині, що дозволяє йому визначити, в якому напрямку слід переміщати відвал для досягнення проектного рівня.

У автоматичному режимі водій тільки скеровує дреноукладач по трасі, а автоматика за допомогою електрогідроклапана, що вмонтовано в гідросистему керування, підкореговує гідроциліндрами необхідне положення РО для забезпечення проектного похилу дренажу.

Стандартний комплект системи включає лазерний приймач LR50, телескопічну щоглу, блок керування CB25 та комплект встановлення і сам електрогідроклапан. Встановлення та зняття системи відбувається швидко, що дозволяє переставляти її на іншу машину за потреби.

Лазерний побудовник площини складається з лазерного світлодіода червоного кольору з потужністю до 5 мВт та довжиною хвилі 633–670 нм, що відноситься до лазерів другого або третього класу і не вимагає додаткового захисту для очей.

З метою забезпечення безпеки праці під час будівництва дренажу важливо знати про небезпеки, які можуть виникнути при роботі з лазерними приладами. Класифікація лазерів згідно із МЕК 60825-1:2007 [37], [38] :

Клас 1. Найбезпечніший клас лазерів, де максимальна допустима межа випромінювання (ДПВ) не може бути перевищена, а також забезпечено захист від потрапляння випромінювання на сітківку ока людини (доступ до лазера конструктивно закритий). Це лазерні принтери, DVD приводи, та інші, хоча потужність лазера може бути більшою 5 мВт, але випромінювання назовні не виходить), [27].

Клас 2. Малопотужні лазери видимого ($0.4 < \lambda < 0.7$ мкм) діапазону. Неперервна потужність до 1 мВт, і з огляду на те, що людина має природну реакцію на різке світло є безпечними. При короткочасному опроміненні ($\Delta t < 0.25$ хв) енергетика лазерних випромінювачів 2 класу не перевищує ДПВ для приладів 1 класу.

Клас 3. Перехідні – між безпечними і лазерами 4 класу, які вимагають

безумовного вжиття захисту очей.

Клас 3А. Умовно безпечні випромінювачі. Не можуть зашкодити зору людини, якщо людина не дивиться на них через оптичні прилади. Потужність видимого випромінювання безупинних лазерів не перевищує 5 мВт (5-ти кратне ДПВ для 2 класу), а опромінення до 25 Вт/м².

Клас 3Б. Випромінювачі середньої потужності, які навіть неозброєним (без фокусуєної оптики) оком небезпечні для зору. При дотриманні певних умов (відстань від ока більш 13 см, час впливу до 10 с) допустиме спостереження розсіяного випромінювання. Безупинна потужність не перевищує 0.5 Вт, енергетична експозиція до 100 кДж/м².

Клас 4. Найбільш потужні лазери, що можуть зіпсувати зір та шкірні покриви людини як прямим, так і дифузно розсіяним випромінюванням. Значення ДПВ перевищують значення для підкласу 3Б. Робота з такими лазерними випромінювачами потребує обов'язкового дотримання захисних заходів.

Отже для використання лазерного нівеліру 3 класу обов'язково вживають наступні заходи безпеки:

- для запобігання потрапляння в очі робітників лазерного променя застосовують захисні окуляри, промінь розміщують вище зросту людини;
- на шляху формування лазерної площини не має бути дзеркал або речей з високою відбивною здатністю.

Таблиця 1.11

Технічні характеристики лазерних приладів, [27]

	GL422	GL722	УКЛ-1
Точність; роздільна здатність; зона нечутливості	±0.015% (±3.0 мм на 30 м) ±10,0 кут. секунди	+0,001% (1.5 мм на 30 м), +4,6 кут. сек	20–150 м – 25 мм, > 150 м – 40 мм ±15% кут. секунд
Діапазон похилів	–10 до +15% по двох осях	±10% по X 0,5..25% поY	0...2%
Ширина зони керування на відстані	–		20 м – 0,3 м; 150 м – 2,0 м; 500 м – 5,0 м
Точність дотримання куту похилу	0.001% до 9.999%, 0.01% при більшому ухилі		+1,2–2,0 см
Радіус дії лазера	800 м	900 м	500*
Тип лазера	<5 мВт 635 нм, Class 3A/3B		0,2 мВт 632,8 нм
Швидкість обертання дзеркала, об/хв	300, 600	300, 600, 900	–
Час роботи батарей	55 год		–
Робоча температура	-20° до +50° С		-10° до +40° С

* – вказані параметри відповідають метеорологічній видимості не менше 1000 м та зовнішньому природному освітленні до 40 000 люкс.

Для порівняння комплект УКЛ-1 дозволяє працювати при освітленості до 40 000 лк, однак в сонячний день природна освітленість сягає 100 000 лк. Тому використання лазерних ротаційних нівелірів краще порівняно з УКЛ-1:

1) підвищений радіус дії з одного місця (до 900м), тому можна з одного положення відпрацювати по декількох трасах дрен;

2) швидке встановлення, швидке навчання, автоматична компенсація кутів нахилу пристрою, що скорочує витрати і підвищує продуктивність;

3) збільшений ресурс, сумісна робота в сучасних 3D системах;

4) збільшена потужність лазера, можливість роботи в несприятливих (як сонячна погода так і опади) погодних умовах.

Є й недоліки: можливість перешкоджання при роботі кількох машин одночасно в зоні ротаційного нівеліру (це можна вирішити сегментуванням зон дії нівеліру – до 4 сегментів). Клас 3 лазера вимагає вжиття спеціальних заходів безпеки, захисту очей, при вкладанні дрен.

Останнім часом на зміну розглянутим системам приходять 3D технології. Цифрова 3D модель поля, створена за допомогою проектного програмного забезпечення, завантажується в бортовий комп'ютер машини, що дозволяє здійснювати повний контроль за виконанням робіт прямо з кабіни. Система позиціонування визначає місцезнаходження робочого органу машини і передає ці дані в бортовий комп'ютер. Контролююче програмне забезпечення порівнює поточне положення робочого органу (будь-якої конкретної точки з закріпленим активним відбивачем) з проектним положенням.

На заміну розглянутим системам в останні роки приходять 3D системи. Тривимірна цифрова модель місцевості, створена за допомогою відповідного ПЗ (наприклад [WM-Subsurface](#), Trimble®), завантажується в комп'ютер дреноукладача і здійснює повний контроль за роботою з кабіни. Система позиціонування отримує інформацію про поточне положення РО машини і передає її в комп'ютер машини. ПЗ порівнює положення РО (за даними закріпленого активного відбивача) із необхідним, проектним положенням [26].

Дреноукладачі, які обладнуються системою керування РО з використанням лазера, дозволяють вкладати дренаж з точністю ± 5 мм відносно проектних відміток. Системи, наприклад фірми Trimble містить випромінювач (рис. 1.57) на тринозі і приймача (рис. 1.58), який встановлено на дреноукладач.

Випромінювач (напр. GeoMax Lazer Rotators) встановлюється в одній або в кількох точках поля з умови, щоб дреноукладач був завжди «у полі зору» (нагадаю – радіус до 900 м) пристрою. Немає потреби встановлювати випромінювач на початку кожної дрени або колектора.

Лазерна система відслідковує положення дреноукладача, порівнює з лазерною площиною і задає на його РО через електро-гідравлічну систему відмітки дрени.



Рис. 1.58. Комплект обладнання для дотримання похилу з використанням лазерного побудовника площини: *а* – GeoMax Lazer Rotators; *б* – 419 Mast with 360 Sensor; *в* – 419 Mast with 367 Sensor; *г* – LazerTech Model 312 Machine Control System, [39]

Як правило, сьогодні дреноукладачі додатково обладнуються GPS, що дозволяє відмовитися від операції винесення проекту «в натуру». Не потрібна геодезична розбивка кожної дрени в полі. Креслення майбутньої дренажної мережі завантажується у бортовий комп'ютер, вводяться GPS координати будівельного репера на системі. Положення дреноукладача на плані осушувальної системи транслюється на монітор (рис. 1.59) в кабіні.



Рис. 1.59. Монітор GPS в кабіні оператора дреноукладача, [27]

При укладанні дренажу GPS система записує фактичне положення дрен (рис. 1.60).

- Безтраншейне вкладання дренажу передбачає такі технологічні операції:
- установка передавача лазерної системи;
 - спорядження дреноукладача (встановлення бухт з дренажними трубами на барабан-бухтотримач, заправлення дренажних труб через напрямні в бункер-трубоукладач та випускається на 0,5 м);
 - відривання шурфу (приямка для заглиблення РО дреноукладача);
 - встановлення РО дреноукладача в приямку в проектне положення;
 - приєднання дрени до колектора (з'єднання муфтами, захист двома шарами ЗФМ, присипання приєднання і притрамбовування ґрунту монтажником);
 - укладання дренажної труби дреноукладачем;
 - заглушення кінця дренажної труби.



Рис. 1.60. Виконавчий план (електронний варіант) ділянки дренажу, [27]

Приямок має довжину 4–5 м, ширину 0,5 м для заглиблення РО дреноукладача. Глибина дорівнює глибині закладання колектора, з незначним (5–10 см) недобором ґрунту. При приєднанні труби до колектора обов'язкова фіксація кінця дрени, тому що під час руху дреноукладача пластмасова дренажна труба змотується за рахунок цієї фіксації. Через бункер труба подається в щілину на задану глибину.

Заклушення кінця дренажної лінії виконують до виглиблення РО дреноукладача. Труба обрізається, закривається заглушкою.

При вкладанні дрен контролюють: відповідність проекту в плані та висотні відмітки дрен; заповнення супровідної технічної документації.

1.4. Питання для самоконтроля

1. Які підготовчі роботи мають бути виконані перед будівництвом осушувальної системи?

2. Які труби (матеріали, їх види) використовуються при будівництві дренажу

3. Які ЗФМ використовуються при будівництві дренажу
4. Які технологічні операції у процесі будівництва трубчастого дренажу?
5. З яких матеріалів виготовлюються колодязі для дренажних систем?
6. Назвіть всі способи будівництва с/г дренажу.
7. Які машини використовуються для укладання дрена і колекторів?
8. Які системи використовують дренаукладачі для точного укладання дрена?
9. Які технологічні операції виконують при будівництві дренажу безтраншейним способом?

2. Будівництво ґрунтових гребель і дамб

2.1. Загальні відомості

Основною спорудою кожного гідровузла є гребля, що будується з бетону, залізобетону або місцевих будівельних матеріалів (ґрунтова насипна або наливна, кам'яно-насипна, змішана або кам'яна).

Греблі з ґрунтових матеріалів – це найпоширеніший тип гідротехнічних споруд. Від їх технічного стану залежить надійна та безпечна робота гідровузла. Греблі будують у різноманітних геологічних умовах з наявних у районі будівництва гідровузла ґрунтів, у тому числі із ґрунтів, вилучених з котлованів будівель і споруд, бетонних гребель, шлюзів, водоскидів тощо.

Ґрунтова гребля – це водопідпірна споруда, що перетинає водотік і його долину для підйому рівня і акумулювання води (рис. 2.1).



Рис. 2.1. Ґрунтова гребля з водосховищем. Фото з сайту: surl.li/aiqlwd

Греблі та дамби використовуються для захисту від повеней і паводків, зміни русла річок формування штучних водойм (рис. 2.2).



Рис. 2.2. Протипаводкова дамба, [1]

Будівництво таких споруд характеризується високою технологічністю, комплексною механізацією виконання робіт.

Основною метою будівництва таких споруд є:

- захист населених пунктів та сільськогосподарських угідь від стихійних лих: паводків, повеней, великих припливів;

- генерування природної енергії води для будівництва гідроелектростанцій;

- влаштування водосховищ для контролю рівня води та управління течією за допомогою регулювальних шлюзів, що допомагає уникнути затоплення з ризиком руйнування об'єктів інфраструктури.

Греблі і дамби відносяться до якісних насипів. При зведенні гребель і дамб відповідно до чинних стандартів необхідно дотримуються таких вимог:

- при виконанні робіт в тілі якісного насипу греблі не повинні з'являтися будь-які дефекти, які могли б сприяти її руйнуванню;

- осадка основи і усадка тіла греблі не повинні призвести до значного зменшення її висоти, внаслідок чого вода могла б переливатись через її гребінь;

- укуси насипу повинні витримувати вплив тиску води та атмосферних опадів. Якщо ґрунт з них змивається, це означає що вони недостатньо укріплені, що може призвести до швидкого руйнування споруди;

- при укладанні ґрунту в тіло споруди шари підлягають обов'язковому ущільненню до проектної щільності. При цьому не допускається наявність порожнеч між шарами, що забезпечить міцність насипу.

Розміри профілю греблі та дамби залежать від її типу, висоти, ґрунтів основи й тіла греблі, навантажень і впливів, а також умов будівництва й експлуатації.

Ґрунтові греблі і дамби якщо наявні сухі зв'язні ґрунти найчастіше зводяться землерийними машинами. Для їх зведення придатні більшість ґрунтів, окрім пливунів, мулу і ґрунту рослинного шару.

Основні властивості ґрунтів, що укладаються в тіло греблі чи дамби – максимальна водонепроникність, міцність та опір зсуву. Найкращими ґрунтами для зведення насипних земляних споруд є суглинки. З них частіше за все зводяться однорідні греблі і дамби.

Ґрунтові греблі поділяються на високі, більше 30 м, середні від 15 до 30 м і низькі, менше 15 м.

З точки зору будівництва ґрунтові насипні греблі поділяють: за місцем влаштування греблі в поперечному перерізі річкової заплави та за конструкцією поперечного перерізу самої греблі.

За розміщенням в заплаві греблі є руслові і заплавні. Заплавні греблі зводяться на сухій заплаві, а руслові – у руслі річки. Технологія й організація будівництва заплавних і руслових земляних гребель різна.

За конструкцією поперечного перерізу земляні греблі бувають:

- з однорідного непроникного ґрунту;

- з піщаних ґрунтів з понуром і екраном або з ядром.

За протифільтраційними пристроями в основі розрізняють греблі з зубом, замком, діафрагмою, з шпунтової стінкою, з комбінацією шпунтової стінки з зубом, з ін'єкційної завісою до водоупора або висячої завісою, з понуром тощо, (рис. 2.3).

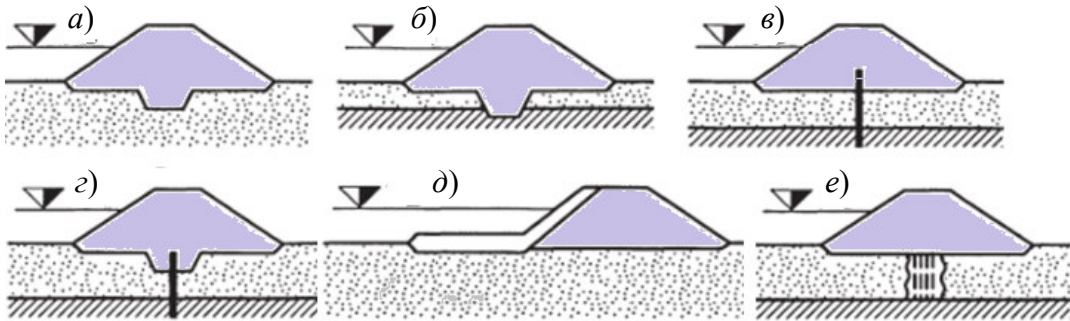


Рис. 2.3. Протифільтраційні пристрої в основі греблі: а – зуб; б – замок; в – діафрагма; г – шпунтова стінка з зубом; д – понур з екраном; е – ін'єкційна завіса. Джерело: https://stud.com.ua/115818/geografiya/grebl_i_vodoymischa

Для організованого збору та відведення води, профільованої крізь тіло греблі та її основи, греблі зазвичай мають зовнішні, внутрішні або комбіновані дренажі.

У заплавних греблях внутрішній дренаж влаштовують в наступному порядку. Спочатку зводять частину земляної греблі, де повинен міститися дренаж. Потім за розмірами дренажу розроблюють траншею в тілі греблі і в неї укладають дренаж. Простір між тілом греблі та дренажем повинен бути засипаний ґрунтом, ущільненим до проектної щільності ґрунту в тілі греблі.

Для планування виконання робіт зі зведення ґрунтових гребель або дамб необхідні наступні матеріали:

1. План території будівництва з горизонталями, зазначений створ греблі та розміщення ґрунтів, що придатні для зведення греблі (рис. 2.4).

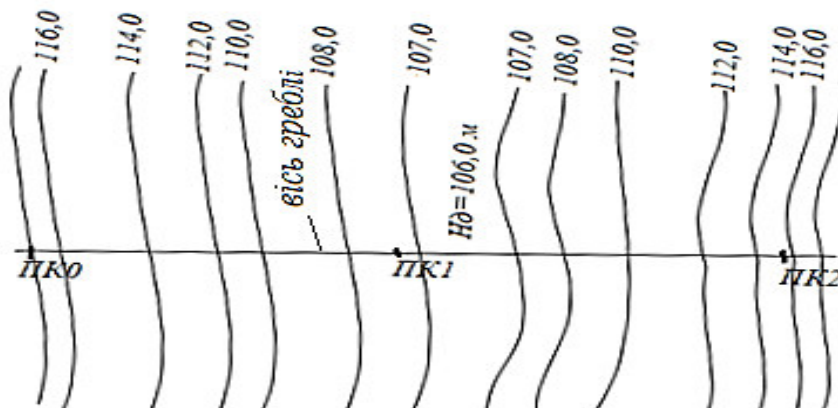


Рис. 2.4. План ділянки річки, [1]

2. Гідрологію водотоку (витратну характеристику, швидкість потоку, можливість пересихання, тощо).

3. Параметри кар'єрів ґрунту (необхідний шар розкриття, потужність шару придатного ґрунту, його механічний склад, природна щільність та вологість).

4. Проектні креслення греблі або дамби, особливі проектні вимоги.

5. Геологія та гідрогеологія основи греблі, ложка майбутнього водосховища.

6. Кліматичні умови території.

Комплекс робіт будівництва насипних гребель і дамб поділяється на три види: підготовчі роботи, основні роботи й опоряджувальні роботи.

До **підготовчих робіт** відносяться роботи з водовідведення для руслових гребель, водовідливні роботи, відкачування фільтраційних вод, підготовка основи греблі, розкривні роботи кар'єру мінерального ґрунту і підготовчі роботи в чаші водойми, влаштування землевозних доріг.

До **основних робіт** відносяться: розроблення ґрунту в кар'єрі, транспортування, укладання й ущільнення ґрунту в тілі споруди, влаштування дренажних призм, фільтрів, екрана, понура, діафрагми та ядра.

До **опоряджувальних робіт** відносяться: планування зовнішніх укосів та гребеня греблі або дамби, їх кріплення, будівництво й опорядження проїжджої частини дороги на гребені, рекультивація кар'єрів.

Способи виконання робіт і комплекти машин для їх виконання визначаються з урахуванням взаємного розміщення і розмірів греблі, кар'єрів ґрунту, потужності і характеристики придатного шару ґрунту.

Якщо можливо застосовувати декілька способів, то остаточний вибір здійснюють шляхом порівняння варіантів за техніко-економічними показниками (вартості одиниці робіт і її трудомісткості).

2.2. Підготовка основи греблі

Перед початком підготовки основи для греблі та виконання земляних робіт проводиться будівельна розбивка споруд на місцевості. Основна вісь споруди закріплюється постійними реперами, щоб уникнути їх пошкодження під час робіт. Одночасно паралельно осі, за межі основи греблі, виноситься допоміжна (т.зв. зміщена) вісь, яка дозволяє в будь-який момент відновити положення знаків основної осі, (рис. 2.5).

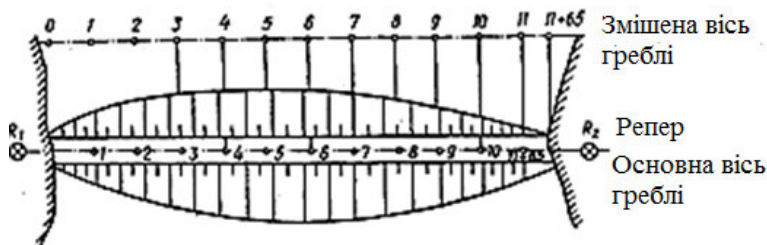


Рис. 2.5. План греблі з нанесеними осями, [1]

Контур основи ґрунтової греблі закріплюється кілками і вішками через кожні 50 метрів на прямих ділянках траси, через кожні 20 метрів на заокругленнях, а також на всіх характерних змінах профілю місцевості (рис. 2.6, рис 2.7).

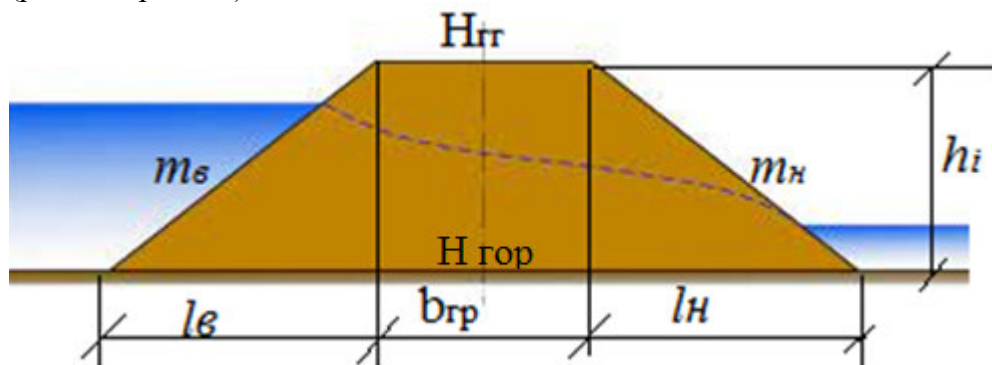


Рис. 2.6. Поперечний профіль ґрунтової греблі. Джерело: <https://wikipedia.org/wiki/svg>

Для закріплення на місцевості контуру основи ґрунтової греблі необхідно визначити довжину закладання верхового і низового укосів

$$l_{в(н)} = m_{в(н)} \times h_i,$$

де $m_{в(н)}$ – коефіцієнти, що вказують на закладання верхового (в) і низового (н) укосів греблі; h_i – висота греблі на i -тому перетині, м,

$$h_i = H_{гг} - H_{гор},$$

$H_{гг}$, $H_{гор}$ – відповідно відмітка гребеня греблі і величина горизонталі в перетині, що розраховується, м.

Ширина основи греблі в перетині, що розглядається визначається за виразом (рис. 2.7)

$$L_i = b_{гр} + l_{в} + l_{н},$$

де $b_{гр}$ ширина гребеня греблі, м; $l_{в}$, $l_{н}$ – відповідно закладання верхового і низового укосів греблі, м.

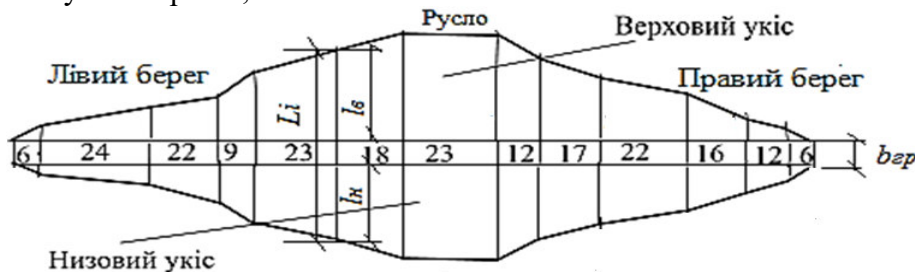


Рис. 2.7. План контуру основи греблі, [1]

Контур кар'єру повинен бути перенесений на місцевість і закріплений віхами. Розбивочні знаки повинні бути встановлені поза зоною розробки ґрунту, а також місць, що відведені проектом під відвали ґрунту і землевозні дороги. З ділянки, відведеної під основу греблі чи дамби викорчуюються дерева, чагарник, знімається та складається рослинний шар ґрунту, а також на глибину до 1 м ті верхні шари мінерального ґрунту, в яких була коренева система дерев і чагарнику, видаляються лінзи наносів і торф зі ступенем розкладання менше 50%. Рослинний шар ґрунту знімається на проектну глибину й складається з боку нижнього б'єфу для подальшого його використання на рекультивацію й закріплення низового укосу греблі.

Рослинний ґрунт з основи греблі розроблюють скреперами або бульдозерами і укладають в тимчасові відвали. Розробка рослинного ґрунту скреперами з основи греблі здійснюється за спіральною схемою, а у разі для виконання цієї роботи використання бульдозерів застосовується поперечно-човникова або спіральна схеми (рис. 2.8). Товщина зрізування рослинного шару визначається проектом.

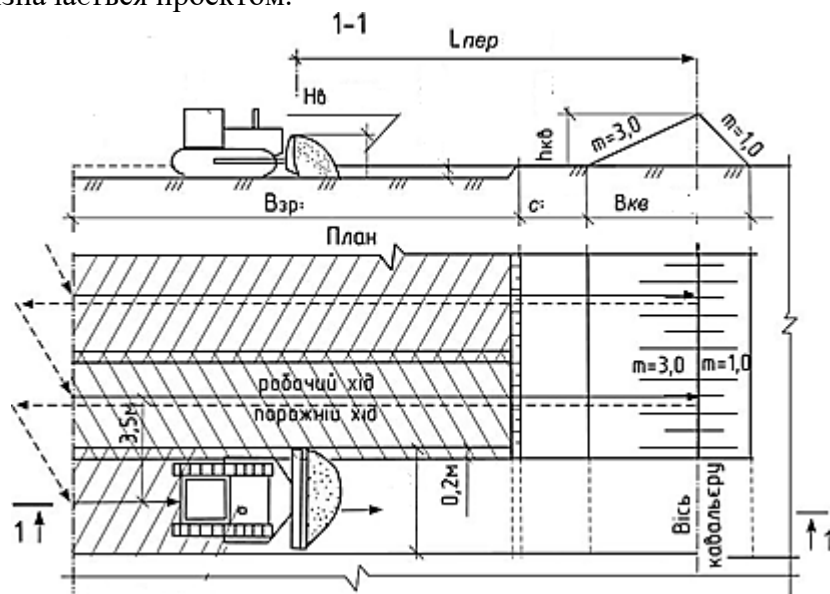


Рис. 2.8. Схема зрізки рослинного ґрунту з основи греблі бульдозером, [1]

Зрізання рослинного шару з поверхні частини заплави, що буде затоплена вказується в проекті. Рекультивація кар'єра проводиться після завершення його розробки, але не пізніше року після завершення робіт.

Паралельно з підготовчими роботами в основі греблі розробляються котловани під майбутні споруди, вкладаються шарами фільтруючий матеріал для створення зворотного фільтра, монтуються трубчастий дренаж, оглядові колодязі й водовипуски. Якщо ґрунт основи мають великі коефіцієнти фільтрації в основі влаштовується зуб, шпунтовий ряд чи протифільтраційна завіса що визначено в проекті (рис. 2.9).

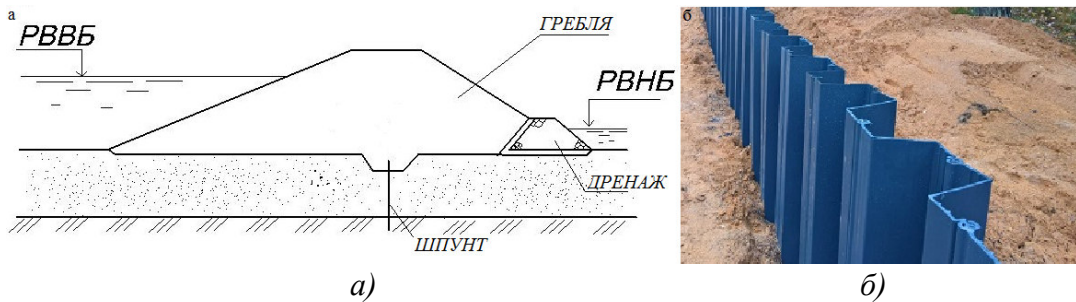


Рис. 2.9. Протифільтраційна завіса в основі греблі: а – схема завіси. Джерело: <https://studfile.net/preview/9365036/page:9/>; б – шпунтовий ряд. Джерело: <https://satiksme.daugavpils.lv/projekti>

Перед зведенням греблі чи дамби їх основу розпушують і звожують до оптимальної вологості та ущільнюють до проектної щільності. Товщина шару розпушення ґрунту не повинна бути більшою ущільнюючої спроможності котків.

Перед укладанням мінерального ґрунту в тіло греблі або дамби складається акт на поховані роботи з підготовки основи греблі.

2.3. Влаштування зуба і понура

При будівництві греблі з ядром або на водонепроникній основі з дренажем влаштовується зуб (рис. 2.10).

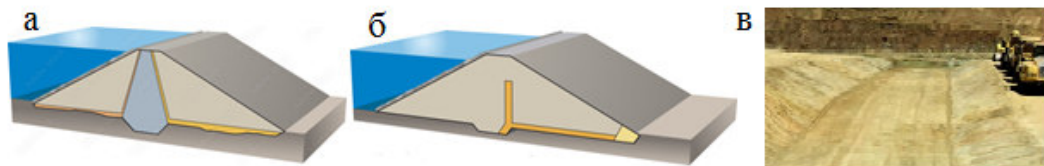


Рис. 2.10. Гребля з зубом і ядром (а), з зубом і внутрішнім дренажем (б), траншея для влаштування зуба (в). Джерело: www.mementodumaire.net/risques-technologiques/rt-4-rupture-de-barrage/, <https://wikiwater.fr/e7-construction-of-small-surface>

Траншеї під зуб в греблі розробляють скреперами або бульдозерами, а при високому рівні ґрунтових вод екскаваторами з робочим обладнанням драглайн чи зворотна лопата. Ці машини використовують для розробки підвідних і скидних каналів, котлованів під понури, водовипуски та шахтні водоскиди (рис. 2.11).



Рис. 2.11. Розроблення траншеї екскаватором з робочим обладнанням: а – зворотна лопата. Джерело: www.youtube.com/; б – драглайн, джерело : www.bau.ua/

Траншею зуба чи котлован під понур заповнюють глиною або тяжким суглинком з шаровим розрівнюванням та ущільненням. Товщина шару розрівнювання не повинна перевищувати ущільнюючій спроможності за технічною характеристикою ущільнюючих засобів.

Водонепроникний ґрунт вкладають в понур до влаштування тіла греблі горизонтальними шарами з наступним ущільненням. За наявності в греблі екрана понур влаштовують до початку укладання ґрунту в нижню частину екрана. Для попередження утворення тріщин поверхню понура прикривають захисним шаром із піщаного, супіщаного чи гравійного ґрунту.

Якщо в тілі греблі запроектовано внутрішній дренаж, то він влаштовується в наступному порядку. Спочатку зводять частину земляної греблі, де повинен міститися дренаж. Потім за розмірами дренажу розроблюють однокішчевим екскаватором траншею в тілі греблі і в неї укладають дренаж. Всі пазухи між тілом греблі та дренажем повинні бути засипані ґрунтом, ущільненим до проектної щільності ґрунту в греблі.

2.4. Роботи в кар'єрах, влаштування землевозних шляхів

Для будівництва гребель та дамб застосовується ґрунт із кар'єрів, а також інший, придатний (обґрунтовується проектом) ґрунт із виїмок під споруди гідровузла (котловани під споруди, підвідний та відвідний канали).

Кар'єри для мінерального ґрунту розташовуються поблизу будівельного об'єкту з метою зменшення відстані транспортування ґрунту. Розташування кар'єру визначається проектом. З метою продуктивного використання земельного фонду кар'єри краще влаштовувати в затоплюваній частині водосховища.

Розмір кар'єру доцільно обґрунтовувати через баланс ґрунтових мас, а форму надавати прямокутну чи близьку до неї (рис. 2.12).

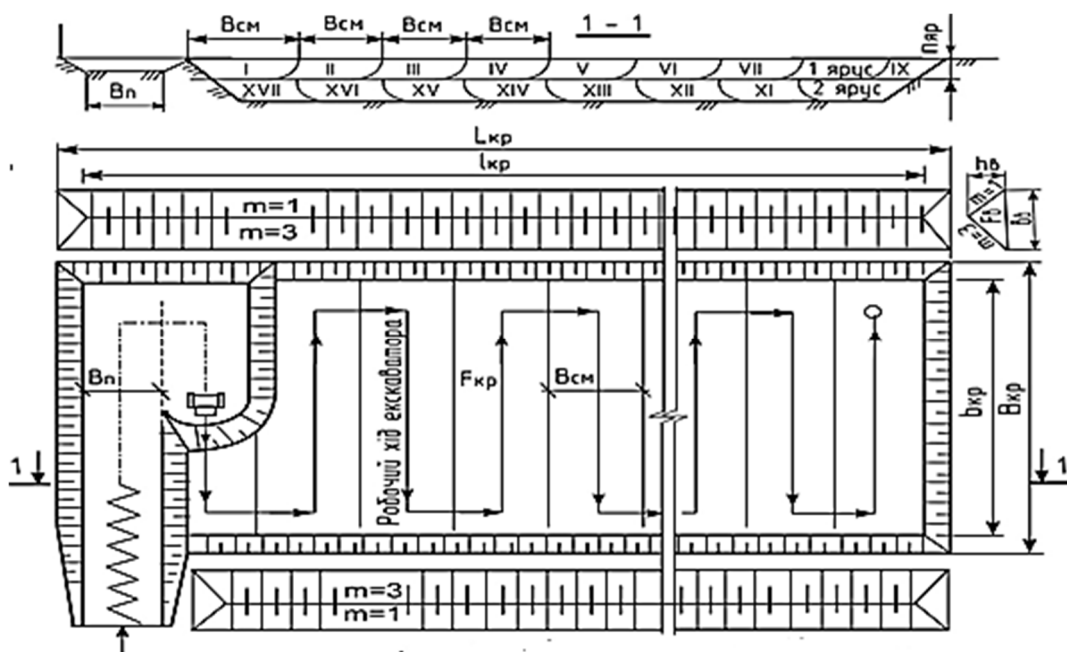


Рис. 2.12. Схема для визначення планового розташування і основні розміри сухого кар'єру та відвалів, [1]

Необхідний обсяг придатного ґрунту в кар'єрі визначають за формулою

$$V_k = V_r \frac{\rho_r}{\rho_k} k_b,$$

де V_r – профільний об'єм тіла греблі, м^3 ;

ρ_r – щільність ґрунту в тілі греблі, $\text{кг}/\text{м}^3$;

ρ_k – щільність ґрунту в кар'єрі, $\text{кг}/\text{м}^3$;

k_b – коефіцієнт, що враховує втрати ґрунту.

Потрібну середню площу кар'єра в плані можна розрахувати за формулою

$$F_k = \frac{V_k}{h_k},$$

де h_k – товщина придатного шару ґрунту в кар'єрі, м.

Роботи в кар'єрі виконуються як підготовчі, так і основні.

Підготовчі роботи: розкриття кар'єру, захист виїмки кар'єру від припливу ґрунтових й дощових вод, створення заходів з водовідливу. Розкриття кар'єру полягає у знятті з поверхні кар'єру родючого та непридатного для вкладання в греблю ґрунту.

Машини та схеми розробки ґрунту при розкритті кар'єру залежить від відстані його переміщення. При середній відстані переміщення ґрунту до 40–60 м раціонально застосовувати бульдозери, при відстані більше 60 м – скрепери.

Основні роботи: розробка мінерального ґрунту, облаштування і підтримання землевозних доріг, в'їздів і виїздів з кар'єру.

Якщо площа кар'єру менше 1 га розкривні роботи доцільно виконувати відразу на всій його поверхні бульдозерами чи скреперами. При значній площі кар'єру розкриття доцільно проводити смугами, з переміщенням непридатного для греблі ґрунту у вироблений простір.

Від греблі до кар'єрів мають бути прокладені зручні землевозні шляхи, що забезпечують кільцевий рух транспортних засобів. В'їзди і виїзди при висоті підйому до 3 м повинні влаштовуватися з похилом не більшим ніж 1:5, краще 1:10.

При розробці мінерального ґрунту в кар'єрі з використанням скреперів в'їзди необхідно робити через 100м з обох боків кар'єру, а при розробці екскаваторами і транспортуванні автомобілями–самоскидами мінімум через 250 м.

Ширина дороги на в'їздах та з'їздах при односторонньому русі скреперів з ковшем до 6 м³ – не менше 4 м, до 10 м³ не менше 4,5 м і з ємністю більше 10 м³ – не менше 5,5 м.

Ширина проїжджої частини дороги при двосторонньому русі автомобілів–самоскидів з вантажопідйомністю до 12 т має бути не менше 7 м, при односторонньому русі – не менше 3,5 м. Ширина узбічч не менше 1 м, при роботі в стиснутих умовах, на з'їздах і виїздах узбіччя можуть зменшені до 0,5 м. Узбіччя не передбачені у вибої на відвалі.

Землевізні дороги є тимчасовими і влаштовуються без постійного покриття. Обслуговування землевозних доріг передбачає періодичне профілювання, в літню пору періодичне поливання водою, очищення від бруду і пилу, в зимовий час – від снігу і льоду, а при ожеледиці, крім того, посипання піском, шлаком.

Ведучим технологічним процесом в кар'єрі є розробка придатного мінерального ґрунту – повинен виконуватися скреперами чи екскаваторами з робочим обладнанням пряма або зворотна лопата (рис. 2.13).



Рис. 2.13. Розроблення ґрунту в кар'єрі однокішшовими екскаваторами з робочим обладнанням: *а* – пряма лопата, джерело <https://strobbe.com.pe/>; *б* – зворотна лопата, джерело: <https://prom.ua/ua/p1599545-razrabotki-grunta-kieve.html>

Вибір конкретного способу і марки машин виконується залежно від обсягу робіт і відстані переміщення ґрунту в тіло якісного насипу на основі техніко-економічного порівняння.

Розробку ґрунту в кар'єрі одноківшевим екскаватором з робочим обладнанням пряма лопата можна вести лобовим або бічним вибоєм (рис. 3.14).

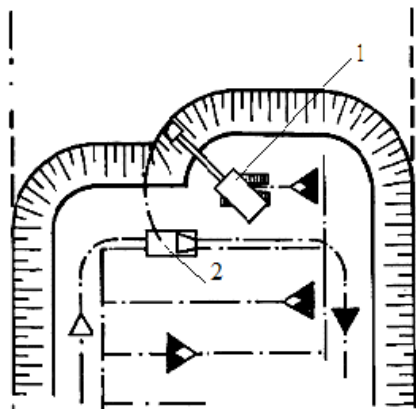


Рис. 2.14. Схема розробки ґрунту в кар'єрі одноківшевим екскаватором з робочим обладнанням пряма лопата; 1 – екскаватор; 2 – транспортний засіб, джерело: <https://studfile.net/preview/3908905/page:3/>

Розробку лобовим вибоєм (рис. 2.15) застосовується якщо ґрунт виймається перед екскаватором і навантажується в транспортні засоби, що надходять до екскаватора ззаду, по дну вибою. Автомобілі під'їжджають на задній передачі по черзі з двох боків проходки. Кут повороту досить великий і досягає 140° . При відриванні піонерних траншей, з'їздів чи виїздів використовується лобовий вибій, в інших випадках – боковий. Боковий вибій краще при розробленні ґрунту з одного боку від напрямку руху екскаватора. Для завантаження транспортні засоби подаються з іншого боку від осі проходки.

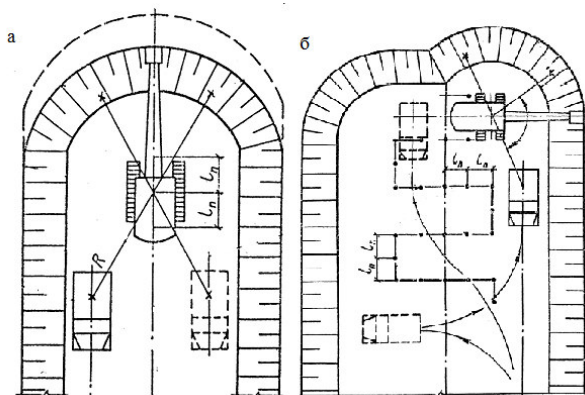


Рис. 2.15. Схеми копання мінерального ґрунту в кар'єрі лобовим вибоєм одноківшевим екскаватором з робочим обладнанням пряма лопата і завантаження в транспортні засоби з під'їздом в два ряди (а); копання мінерального ґрунту в кар'єрі розширеним лобовим вибоєм з переміщенням одноківшевого екскаватора паралельними проходами і завантаженням в транспортні засоби (б), джерело:

<https://studfile.net/preview/5199515/page:64/>

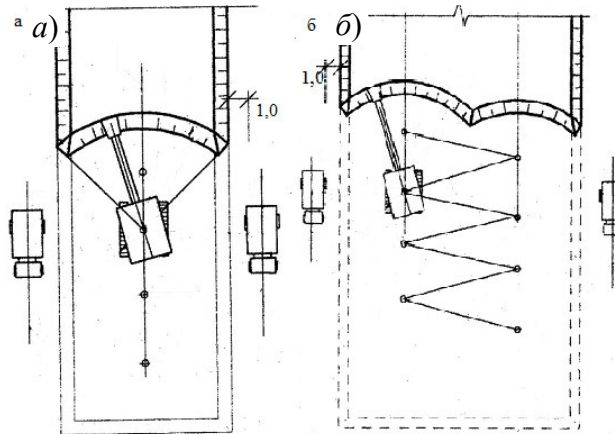


Рис. 2.16. Схеми копання мінерального ґрунту в кар'єрі лобовим вибоєм одноківшевим екскаватором з робочим обладнанням зворотна лопата і завантаження в транспортні засоби з під'їздом в два ряди (а); копання мінерального ґрунту в кар'єрі розширеним лобовим вибоєм з переміщенням одноківшевого екскаватора «зигзагом» і завантаження в транспортні засоби (б), джерело: <https://studfile.net/preview/1825072/page/6/>

Транспортування ґрунту від екскаваторів автомобілями-самоскидами, розвантаження в насип проводиться з дотриманням такого порядку робіт, щоб забезпечити ритм розвантаження ґрунту в заданому місці, з врахуванням його розрівнювання й ущільнення. При плануванні маршрути землевізних доріг плануються так, щоб автомобілі-самоскиди, що рухаються по них будуть здійснюючи додаткове ущільнення спланованому ґрунту.

2.5. Технологія й організація гідротехнічних робіт при формуванні насипу гребель і дамб

Процес створення якісного насипу тіла греблі чи дамби складається з наступних технологічних паралельних операцій:

- відсіпка ґрунту з транспортних засобів;
- пошарове розрівнювання відсипаного ґрунту;
- зволоження ґрунту (при необхідності) до оптимальної вологості;
- ущільнення ґрунту (пошарово).

Поверхня основи та якісного насипу тіла греблі, що зводиться, розділяється на 3–4 карти, на яких послідовно виконуються перераховані вище операції: на першій карті відсипають ґрунт з транспортних засобів, на другій – його пошарово розрівнюють і звожують до оптимальної вологості, а на третій пошарово ущільнюють до проектної щільності, потім на третій карті відсипають ґрунт, на другій – ущільнюють, а на першій – розрівнюють. Таким чином організовується безперервний потік робіт із зведення насипної ґрунтової греблі.

При потребі склад операцій може доповнюється чи скорочується. Наприклад, якщо ґрунт має оптимальну вологість – його не потрібно зволожувати. Зв'язні ґрунти можуть зволожуватись в кар'єрі, що виключає зволоження на карті. При доставленні ґрунту машинами, що розвантажують ґрунт рівномірним шаром (скрепери), розвантаження й розрівнювання суміщені.

Площа однієї карти укладання може бути розрахована в м² за

$$F_k = \frac{\Pi_r}{h_{ш}} t ,$$

де Π_r – об'єм ґрунту, що подається в насип за 1 год., м³;

t – час, упродовж якого ґрунт подається на одну карту укладання, год.;

$h_{ш}$ – проектна товщина вкладання ґрунту, враховуючи властивості ґрунту й параметри ґрунтоущільнюючої машини, в межах 0,2–0,4 м.

Часу, упродовж якого ґрунт подається на одну карту, приймається рівним тривалості однієї зміни чи робочому часу доби.

Площі карт проектуються рівновеликими (рис. 2.17).

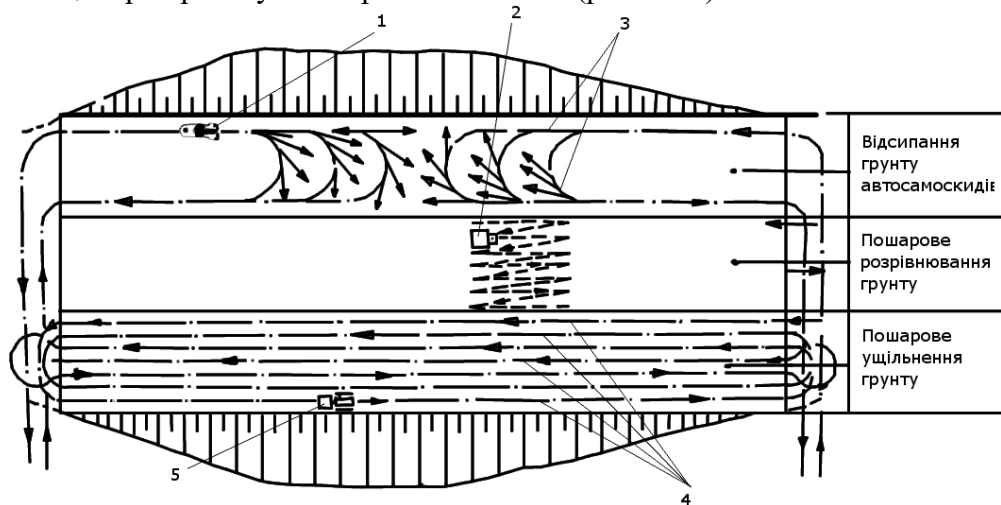


Рис. 2.17. Схема влаштування якісного насипу земляної греблі: 1 – автосамоскид; 2 – бульдозер; 3 – напрям руху самоскидів; 4 – напрям руху котка; 5 – коток, [1]

Перед відсіпанням першого шару ґрунту в греблю основу розпушують за допомогою тракторних розпушувачів або оранкою плугом на глибину 0,2–0,3 м. Потім ґрунти основи ущільнюють так само, як і кожен наступний шар ґрунту в тілі греблі.

При розробці ґрунту в кар'єрі і транспортуванні його в тіло греблі скреперами відстань переміщення ґрунту визначається як відстань між центрами мас виїмки і насипу.

Центр ваги кар'єру, який в плані і поперечному перетині мають прості геометричні фігури, визначається за геометричними формулами.

Місцезнаходження центра ваги насипу визначається його відстанню від початку чи кінця насипу в напрямку осі споруди.

Ґрунт на карті транспортується автосамоскидами, скреперами чи тракторними візками (рис. 2.18).



Рис. 2.18. Будівництво греблі при транспортуванні ґрунту автосамоскидами, [1]

У насипу ґрунт розрівнюється за допомогою бульдозерів чи автогрейдерів. Товщина шару, що відсипається, визначено проектом. Якщо в проекті це не вказано – проводиться пробне ущільнення і визначається найбільш оптимальна з урахуванням способу ущільнення й характеристик ґрунтоущільнюючих машин (рис. 2.19).

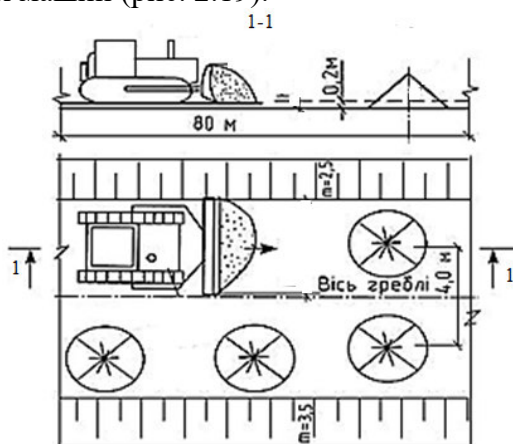


Рис. 2.19. Схема розрівнювання ґрунту в насипу греблі бульдозером, [1]

Ґрунт, що доставляється з кар'єру на карту автосамоскидами, розвантажується в купи в шаховому порядку, а тракторними візками і скреперами – рівномірним шаром по всій площі карти (рис. 2.20, а).

Ґрунт розрівнюється бульдозерами поперечним способом, поздовжніми смугами з шириною більше 10 м. При розрівнюванні грейдером – поздовжнім способом і укладання ґрунту поперечними смугами (рис. 2.20, б).

Якщо застосовується поздовжні рухи бульдозерів – шлях розрівнювання може бути від 50 до 200 м. Розрівнювання проводиться від краю насипу до середини насипу. Відсипаний ґрунт розрівнюється горизонтальними шарами або з похилом $i < 0,005$ в бік верхового укосу. Проходи бульдозера виконуються з перекриттям сліду попереднього проходу не менше ніж на 0,3 м.

Товщина шару ущільнення ґрунту в насипу і кількість проходу машини по одному сліду встановлюється проектом залежно від виду ґрунту, його вологості і типу машин для ущільнення (рис. 2.20, в).



Рис. 2.20. Машини для влаштування якісного насипу греблі або дамби: а – скрепер для розробки, транспортування і укладання ґрунту (<https://www.cat.com/>); б – бульдозер для розрівнювання ґрунту (<https://www.cat.com/>); в – коток для ущільнення ґрунту (<https://smk-monolit.prom.ua/ua/>)

Якість ущільнення ґрунту суттєво залежить від його вологості. Частинки сухого ґрунту створюють значний опір ущільненню. При перезволоженні пори, зайняті повітрям заповнені водою, яка майже не стискається, тому ґрунт також складно ущільнити. Тому рекомендовано дотримуватись оптимальної вологості ґрунту з точністю $\pm 2\%$.

Орієнтовно вона може бути прийнята наступною табл. 2.1.

Таблиця 2.1

Межі оптимальної вологості ґрунтів

№ за п	Найменування ґрунтів	Межі оптимальної вологості, %
1	Піщані, супіщані	8–15
2	Пилуваті	16–22
3	Суглинисті	12–15
4	Суглинисті пилуваті	18–21
5	Глинисті	19–23

Між закінченням поливу і початком ущільнення ґрунту потрібно зробити технологічну перерву (очікування) для вбирання води і рівномірного зволоження шару по глибині. Така перерва виключається, якщо ґрунти зволожуються не на карті, а в кар'єрі.

Необхідна кількість води для зволоження ґрунту визначається за формулою

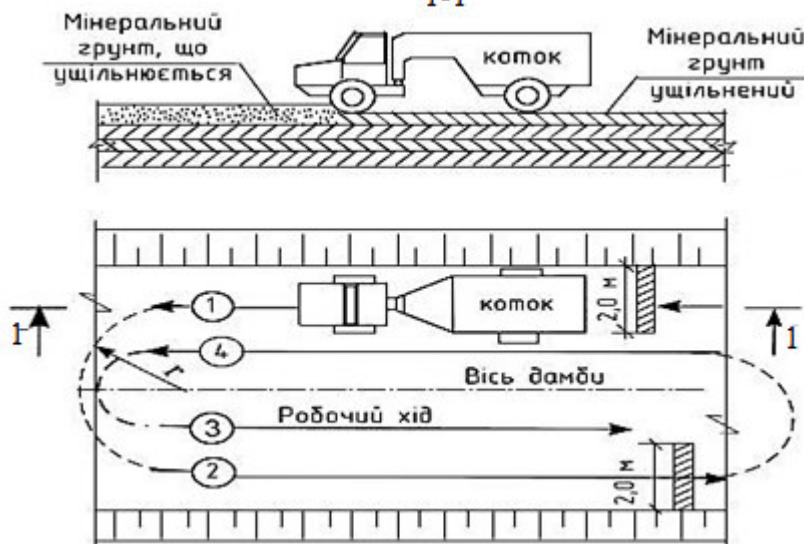
$$V_{\text{в}} = \frac{V_{\text{г}}(\omega_{\text{о}} - \omega_{\text{к}})\rho_{\text{г}}}{100\rho_{\text{о}}},$$

де $V_{\text{г}}$ – обсяг ґрунту, що ущільнюється, м^3 ;

$\omega_{\text{о}}$, $\omega_{\text{к}}$ – відповідно оптимальна вологість ґрунту і вологість ґрунту перед зволоженням, %;

$\rho_{\text{г}}$, $\rho_{\text{о}}$ – щільність ґрунту до ущільнення і щільність води, т/м^3 .

1-1



Ширина карти при виконанні робіт причіпними котками приймають як два – чотири мінімальних радіуси повороту, і наближено складає 8 м для одиночного котка, і 10 м для зчіпки з двох–трьох котків цугом, а також 12 м для двохосового пневмоколісного котка.

$$\Pi = \frac{1000h(B-C) \cdot v_{\text{cp}}}{n} K_{\text{B}},$$

K_g – коефіцієнт використання змінного часу, прийнятий рівним 0,85–0,9.

Після завершення укладання ґрунту в тіло греблі її укоси повинні бути доведені до проектного профілю. Планування укосів допускається тільки шляхом зрізання на укосах надлишків не ущільненого ґрунту (бахроми) товщиною 0,2–0,5 м..

З укосів із закладанням $m \leq 2$ ґрунт необхідно зрізати із насипанням дамби до висоти 1–1,5 м грейдерами, укосопланувальниками на тракторах, а до висоти 3–5 м однокішневими екскаваторами з планувальним ковшем. Пологі укоси, $m \geq 2$ доцільно планувати бульдозерами, переміщуючи ґрунт знизу наверх, з подальшим його вкладанням в насип споруди (рис. 2.22).

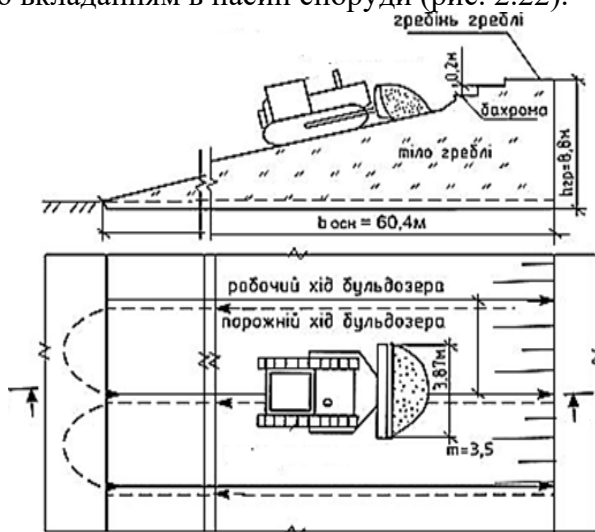


Рис. 2.22. Схема планування укосу греблі бульдозером, [1]



Рис. 2.23. Планування укосів греблі: а – екскаватором (<https://lens.google.com/search?ep=gisbubb&hl=ru-UA&re=df&p=AbrfA8qL>); б – бульдозером (<https://youtu.be/c9Dfqk-A5go>)

Якість влаштування насипу греблі контролюється:

- попереднім обстеженням ґрунтів, які ідуть на відсипання насипу;
- постійним спостереженням за дотриманням всіх етапів відсипання і контроль якості ущільнення ґрунтів у насипу.

Кількість відібраних в кар'єрах проб ґрунту, відсипаного в насип, повинно забезпечити повний контроль і визначається розрахунком, однак не менше однієї відібраної проби на кожні 300 м³ розробленого або укладеного в

насип ґрунту. За відібраними пробами визначають вид ґрунту, вологість, щільність.

Операційний контроль за дотриманням критеріїв якості виконання робіт, що проводиться при зведенні насипу, визначає: проектну щільність, товщину відсипаних і ущільнених шарів, кількість проходів ґрунтоущільнюючих засобів, розміром перекриття сліду тощо, що передбачено проектом виконання робіт (табл. 2.2).

Таблиця 2.2

Критерії якості робіт при зведенні насипу			
Критерій якості		Допустиме відхилення	Спосіб контролю критерію
Відхилення бровки або осі споруди	позначок або осі земляної споруди	$\pm 0,05$ м	Нівелювання
Збільшення укосів земляних споруд	крутизни	Не допускається	Проміри не менше ніж у двох поперечниках на кожному пікеті
Зменшення укосів дренажних призм із кам'яного накиду гребель	крутизни	$\pm 5-10\%$	Проміри не менше ніж у двох поперечниках на кожному пікеті
Відхилення насипних берм	по ширині	$\pm 0,15$ м	Проміри через 50 м

Будівельна лабораторія через контрольні пости проводить контроль якості будівництва земляних споруд.

2.6. Будівництво неоднорідних гребель

Однорідні греблі зазвичай відсипаються рівномірно по довжині та ширині. При будівництві неоднорідних гребель в певній послідовності зводять їх окремі частини: екран, понур, ядро, бічні призми тощо (рис. 2.24).



Рис. 2.24. Будівництво неоднорідної греблі

«При зведенні греблі з ґрунтів з різними механічними властивостями необхідно застосовувати для різних частин якісного насипу свій спосіб і режим ущільнення. При наявності зуба глибокого сполучення греблі з основою вкладання ґрунту починається з нього. Вкладання ґрунту можна вести на всіх

рівнях одночасно у всіх частинах греблі, доставляючи ґрунт із різних кар'єрів, або по черзі (рис. 2.25). При малій ширині різних зон вкладання ґрунту відсипання можна вести на одному рівні так, щоб не ускладнювалася робота механізмів», [1].

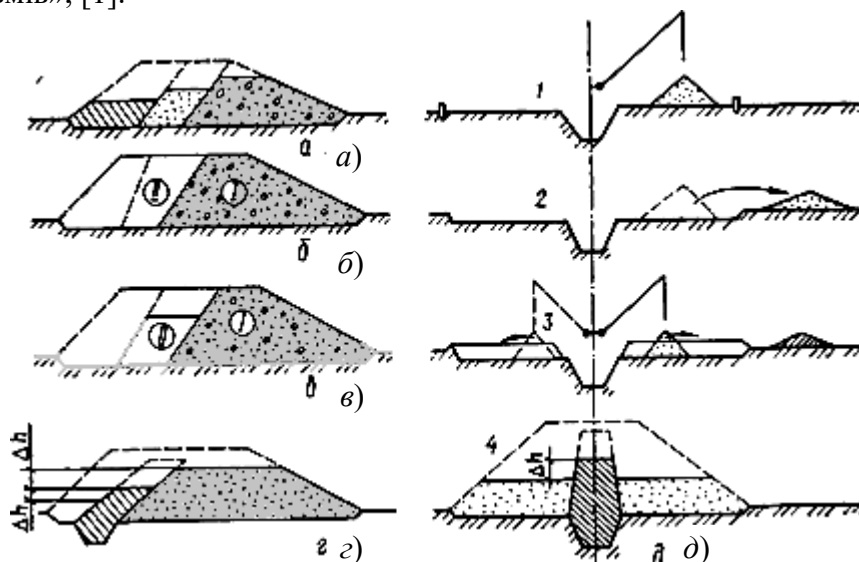


Рис. 2.25. «Послідовність вкладання ґрунту в тіло неоднорідних гребель:

a – одночасне вкладання трьох видів ґрунту на різних рівнях; *б, в* – почергове вкладання різних ґрунтів; *г* – одночасне відсипання ґрунту в тіло греблі, екрану і захисного шару при ширині поверху, достатньої для проходу механізмів; *д* – послідовність будівництва греблі з зубом і ядром: 1 – розробка ґрунту в траншеї під зуб греблі; 2 – переміщення розробленого ґрунту за межі насипу; 3 – варіант із використанням ґрунту для насипу греблі; 4 – вкладання ґрунту в ядро і бічні призми на різних рівнях; (Δh – різниця в рівнях відсипання; приймається 0,5–1 м)», [1]

Ґрунт в екран укладають після того, як тіло греблі зведено на проектну висоту і отримало достатню осадку. У деяких випадках укладання екрану здійснюють одночасно з насипанням тіла греблі, але так, щоб він зводився безперервно.

Ядро в тілі греблі може бути вертикальним центральним або похилим. Масивне центральне ядро з кутом нахилу укосів, рівним куту внутрішнього зсуву матеріалу ядра, зводять з випередженням росту бічних призм греблі. При будівництві гребель з обтиснутим ядром бічні призми і ядро відсипається одночасно. Для цього потрібно встановити необхідні потоки ґрунту в ядро і в бічні призми греблі на кожному рівні її зведення. «Процес відсипання тіла греблі з екраном та ядром (рис. 2.25, *д*) в основному подібний процесу відсипання ґрунту в тіло неоднорідних гребель. Різницю в рівнях відсипки Δh (рис. 2.25) зазвичай приймають 0,5–1 м», [1].

2.7. Кріплення укосів греблі

Укоси ґрунтових гребель облаштовуються кріпленнями від руйнуючої дії хвиль, льоду, зміни рівнів води, атмосферних опадів та інших чинників, які

призводять до руйнування укосів. Вибір кріплення в кожному конкретному випадку проводиться на основі техніко-економічного порівняння варіантів з врахуванням: а) максимального використання засобів механізації і місцевих матеріалів; б) характеристик ґрунтів тіла греблі і основи; г) надійності і довговічності кріплення в заданих умовах експлуатації.

Із завершенням формування насипу низові укоси закріплюються посівом трав у відсіпаний шар рослинного ґрунту. Цей шар, раніше зрізаний з основи греблі, переміщується на спланований низовий укіс греблі і розрівнюється товщиною шару 0,2–0,3 м. При висоті греблі до 10–15 м рослинний ґрунт переміщується зазвичай за допомогою бульдозерів, а для більш високих – розроблюють і вантажать в транспорті засоби екскаватором з робочим обладнанням зворотна лопата, відсіпають на укіс зверху від гребеня і розрівнюють бульдозером або екскаватором з ковшем–планувальником.

Таким самим чином здійснюється відсіпання на верховий укос сипучих матеріалів.

Захист верхового укосу греблі зазвичай виконується такими типами кріплення:

- а) кам'яний (кам'яний накид);
- б) бетонне монолітне кріплення, збірний залізобетонними плитами;
- в) асфальтобетонне покриття;
- г) полімерними матеріалами.

Кам'яне кріплення у вигляді кам'яного накиду виконується екскаваторами переважно з несортованого каменю (гірської маси). Щоб камінь не просаджувався в насиченому водою ґрунті, укладання зазвичай виконують на підготовлену основу з геотекстилю (рис. 2.26).

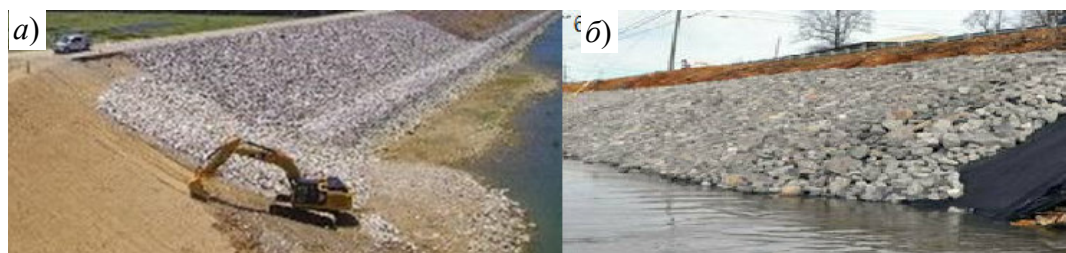


Рис. 2.26. Кріплення верхового укосу греблі кам'яним накидом (а – <https://www.crosstimbersgazette.com/2016/09/29/corps-propose-modifications-to-lake-lewisville-dam/>; б – <https://flagma.ua/uk/products/>)

Монолітні бетонні та залізобетонні кріплення укосів виконуються, як правило, у вигляді секцій, розділених між собою температурними поперечними і осадочними поздовжніми швами (рис. 2.27).



Рис. 2.27. Бетонне кріплення укосу ґрунтової греблі
(<https://www.slideshare.net/slideshow/chap-6-b-barrages-en-remblais/33443594>)

Кріплення укосів із збірних залізобетонних плит виконується з омонолічуванням їх в секції. Максимальний розмір плит визначається за умов транспортування та зручності вкладання їх на укіс. Для укладання на укоси монолітного бетону, збірних залізобетонних плит використовують крани для яких, інколи, влаштовують проміжні берми (рис. 2.28, 2.29).

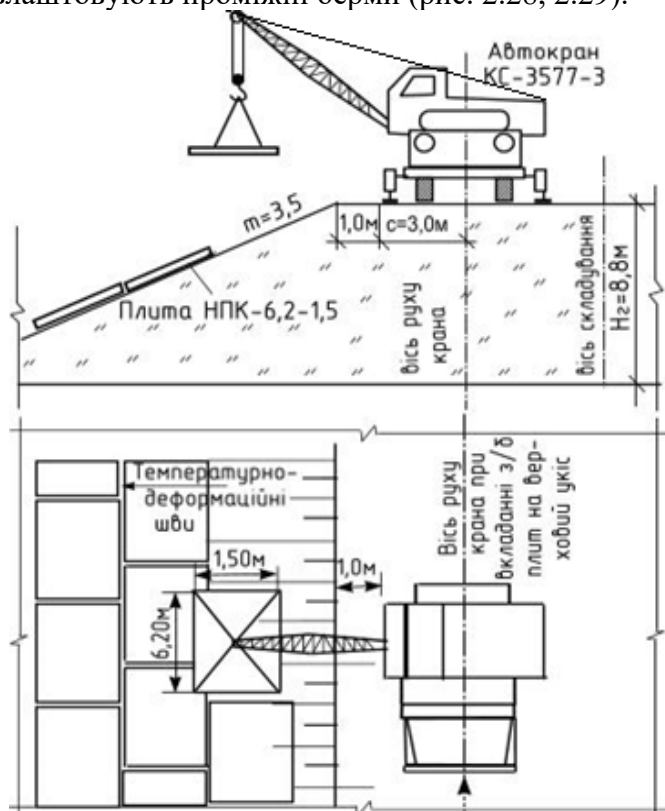


Рис. 2.28. Схема кріплення верхового укосу греблі залізобетонними плитами автокраном, [1]

4. Які технологічні процеси виконують при роботі в кар'єрі?
5. Які є способи розробки кар'єру екскаватором?
6. Перелічить технологічні операції при влаштуванні якісного насипу тіла греблі?
7. Які будівельні машини застосовують для розрівнювання та ущільнення ґрунту у тілі греблі?
8. Які особливості відсіпання неоднорідної греблі?
9. Назвіть типи кріплень верхового і низового укосів греблі?

3. Організація і технологія будівництва зрошувальних систем

3.1. Особливості будівництва відкритих зрошувальних каналів

3.1.1. Типи перетинів каналів

Зрошувальні системи класифікують за конструкцією провідної зрошувальної мережі: відкрита, закрита і комбінована.

Зрошувальна мережа зрошувальної системи відкритого типу містить облицьовані канали в земляному руслі або залізобетонні лотки.

Канали на зрошувальних системах відрізняються великим різноманіттям форм та розмірів поперечних перетинів, [3].

Довжина магістральних каналів сягає десятків, іноді сотень кілометрів, ширина – 200 м. А на внутрішньогосподарській мережі ширина по дну та глибина каналів – до 1,5 м. У зрошенні канали вищого порядку мають «командувати» над прилеглою територією, забезпечуючи рівень води в робочій частині вище поверхні землі. Це призводить до різноманітності конструкцій каналів і за формою поперечного перетину, [1].

Для детальної розробки технології будівництва каналів в проектах організації будівництва (ПОБ) та проектах виконання робіт (ПВР), необхідні дані, що визначаються при виконанні вишукувальних робіт: складання плану мережі каналів, їх поздовжні профілі та поперечні перетини на різних характерних ділянках, геологія та гідрогеологія трас каналів.

«Розміри поперечних перетинів каналів є основним показником, який визначає вибір технології будівництва каналів та засобів механізації виконання робіт. Для полегшення вибору технології та механізмів необхідно провести типізацію перетинів та ділянок каналів: за шириною дна каналу, за положенням дна каналу відносно рельєфу місцевості, за глибиною виїмки, за висотою насипу тощо», [1].

«Холоста частина магістральних і розподільчих каналів зрошувальних систем проходить, зазвичай у виїмці, а робоча, де починаються відводи у канали молодшого порядку, може бути виконана (залежно від рельєфу місцевості) у напіввиїмці, у напівнасипу або у насипу з підсипним дном», [1].

В залежності від розташування дна каналу відносно земної поверхні розрізняють наступні ділянки (сегменти) каналів:

- у глибокій виїмці (глибина > 5 м, є проміжні берми) (рис. 3.1, а);
- у виїмці (глибина ≤ 5 м) (рис. 3.1, б);
- у напіввиїмці (дамби відсипаються з виїнятого з виїмки каналу ґрунту) (рис. 3.1, в);
- в напівнасипу (дамби відсипаються з ґрунту, як з виїмки каналу, а так як його недостатньо – то додатково і з резервів) (рис. 3.1, г);
- в насипу (дном розташовано над поверхнею землі, а дамби відсипаються повністю з ґрунту, що видобувається з резервів або кар'єрів) (рис. 3.1, д).

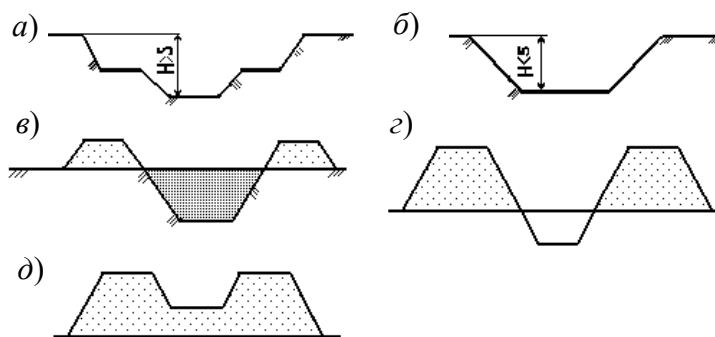


Рис. 3.1. Схеми типових поперечних перетинів каналів , [3]: а – у глибокій виїмці; б – у виїмці; в – у напіввиїмці; г – в напівнасыпу; д – в насыпу

У випадках, коли розміри дна каналу варіюються в широких межах, проводять типізацію перетинів для кожної ділянки з характерною шириною дна. Для великих каналів виділяють сегменти з різницею ширини дна понад 1 метр, для малих каналів – з різницею в 0,5 метра. Окремо визначають перетини для сегментів зі складними геологічними умовами. Обсяги робіт розраховують для всіх сегментів і складають баланс ґрунтових мас.

3.1.2. Роботи з винесення проекту каналу на місцевість

Щоб забезпечити необхідну точність перенесення проекту каналів на місцевість, створюється геодезична будівельна мережа. Пункти цієї мережі закріплюються постійними знаками та розміщуються так, щоб було зручно виконувати геодезичні роботи.

У водогосподарському будівництві геодезичну будівельну мережу формують за допомогою полігонометрії першого або другого розряду.

Будівельники отримують від проектувальників план траси з позначеннями всіх геодезичних знаків та профіль траси для проведення будівельних робіт.

Траса повинна включати:

- пікетаж від початку (витоку) до кінця (гирла) та розмітку кривих на поворотах (вісь траси на прямих ділянках закріплюється вішками через кожні 10 метрів та через 5 метрів на кривих);
- прив'язування до опорних точок геодезичної будівельної мережі;
- ґрунтові репери через кожних 5 км, винесені за межі зони земляних робіт;
- створні знаки, встановлені на відстані 20–50 метрів від траси на всіх вершинах поворотів каналу;
- розмітка поперечників на кожному пікеті та в характерних точках рельєфу, [1].

Для кожного каналу має бути визначено: поздовжній профіль з проектною лінією дна та нормальним рівнем води, проектний профіль гребеня

дамби (якщо є в проекті), місце розміщення та типи гідротехнічних споруд (ГТС).

До початку виконання основних земляних робіт, після винесення проекту в натуру, представники будівельної організації, разом з представниками замовника визначають точність виконання геодезичних робіт на місцевості. Складається акт, додається схема винесення проекту на місцевість.

Для будівництва позначаються наступні елементи профілю каналу: укоси, лінії бровок, місце та глибина виїмки, розміщення і параметри резервів, місце і висота дамб і кавальєрів ґрунту.

Винесення проекту каналу на місцевість показано на Рис. 3.2.

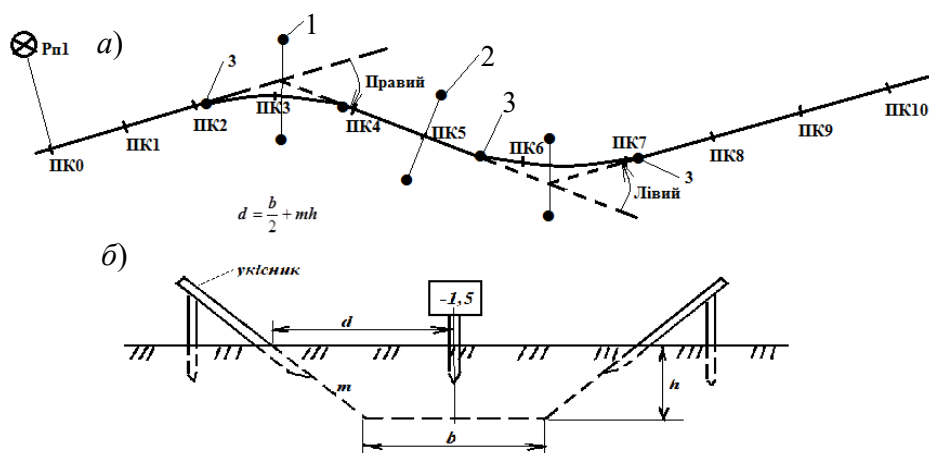


Рис. 3.2. Приклад винесення проекту на місцевість, [3]: а – схема винесення траси каналу на місцевість; 1 – бісектриса кута повороту осі каналу; 2 – виносні точки; 3 – поворотні точки; б – схема розробки перетину каналу

Для надійної фіксації елементи укосів каналів, приканальних дамб відмічають укісниками (рис. 3.2., б). Їх встановлюють на бровках, щоб не заважали землерийній техніці. Точність виконання геодезичних робіт при будівництві каналів визначає точність будівництва споруди і має становити ± 5 см.

3.1.3. Виконання робіт на ділянках каналів у виїмці

Зважаючи на розміри поперечних перетинів та робочі параметри землерийних машин канали у виїмці можна розділити на чотири типи:

- дрібна мережа каналів: ширина дна менше 1 м, глибина менше 1,2 м – можуть розроблятися плужними, плужно-роторними каналокочачками або екскаваторами неперервного копання (ланцюгові, роторні, шнекороторні та ін, рис. 3.3);

- канали середніх розмірів: ширина дна 1–3 м, глибина до 4–5 м, що розробляються найчастіше одноківшевыми екскаваторами типу «драглайн»

або «зворотна лопата» за безтранспортною схемою з вкладанням ґрунту в поруч розміщений кавальєр. За наявності відповідної техніки – багатоківшевыми екскаваторами – каналокочачами (рис. 3.3);

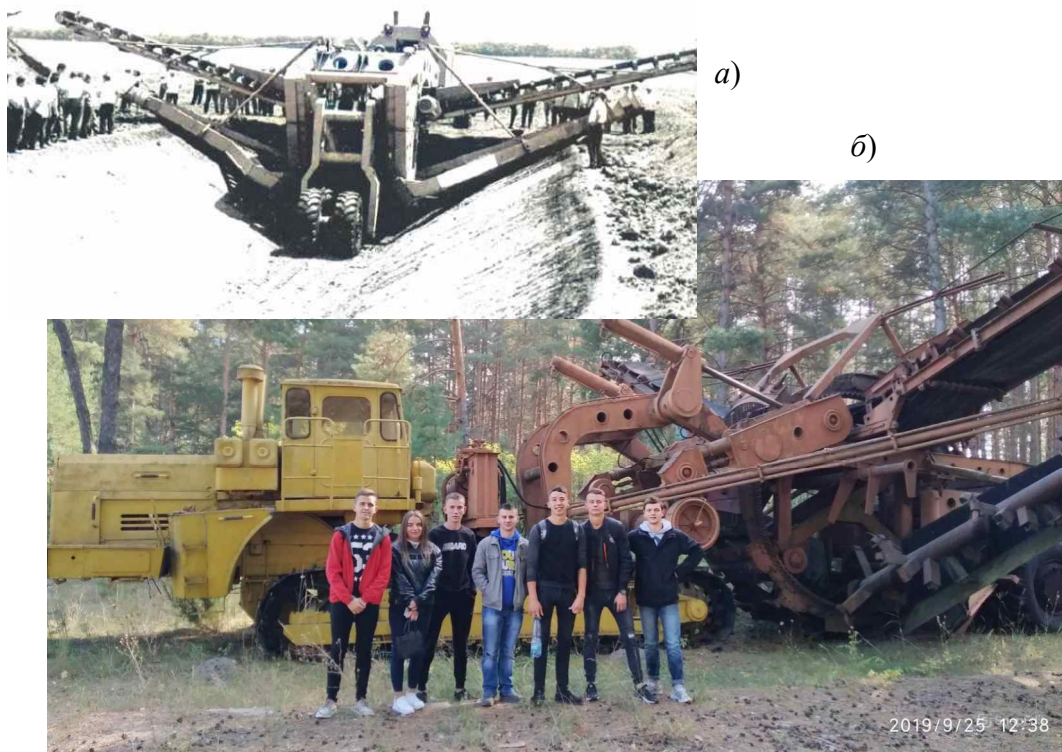


Рис. 3.3. Шнекороторні екскаватори для розробка каналів дрібної мережі: а – приймальні випробування, [1]; б – на базі практик НУВГП під час практичних занять з студентами ОП ГТБВІВТ 2019 р., фото автора

- великі канали: ширина дна 10–12 м, глибина до 5 м, розробляються екскаваторами з РО драглайн з укладання виїнятого ґрунту в кавальєр (рис. 3.4), або скреперами (рис. 3.5);

- дуже великі магістральні канали: ширина дна більше 10–12 м, глибина виїмки більше 5 м, розробляються за комбінованою схемою: спочатку скрепери, потім драглайни з перекидкою ґрунту (рис. 3.6), або великі крокуючі екскаватори (рис. 3.7).



Рис. 3.4. Розробка ділянки каналу у виїмці екскаватором з РО драглайн, [1]



Рис. 3.5. Розробка каналу на ділянці у виїмці самохідними скреперами, [1]



Рис. 3.6. Розробка каналу Дніпро – Донбас, ділянка у глибокій виїмці (фото 1962 року), [1]



Рис. 3.7. Розробка ділянки каналу у глибокій виїмці крокуючим екскаватором, [1]

При будівництві каналу на ділянках у виїмці послідовно виконують такі технологічні операції (рис. 3.8):

- зрізання рослинного ґрунту заданої товщини по трасі каналу,
- розпушення ґрунтів важкого механічного складу (за потребою);

- розроблення мінерального ґрунту при формуванні виїмки каналу;
- переміщення мінерального ґрунту в кавальєри;
- планування до проектних розмірів укоси та дно каналу;
- профілювання ґрунту у кавальєрах або його вивезення.

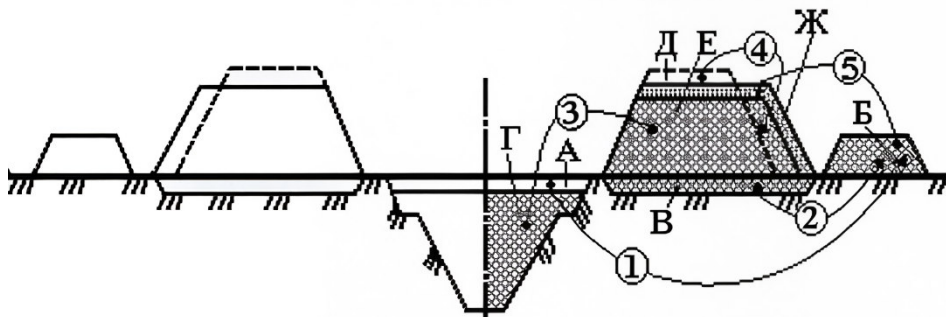


Рис. 3.8. Переміщення ґрунту під час будівництва зрошувального каналу у виїмці, [1]: А – рослинний шар ґрунту, що знімається з поверхні виїмки каналу; Б – тимчасовий відвал рослинного ґрунту; В – рослинний ґрунт, що зрізується з основи постійного кавальєру з мінерального ґрунту; Г – канал, сформований в мінеральному ґрунті; Д – кавальєр з мінеральним ґрунтом, до формування проектного профілю; Е – постійний кавальєр з мінеральним ґрунтом, після формування проектного профілю; Ж – рослинний шар ґрунту, що рекультивує поверхню впорядкованого кавальєру мінерального ґрунту; 1 і 2 – зняття рослинного ґрунту з виїмки каналу і в основі під постійний кавальєр мінерального ґрунту з наступним переміщенням в тимчасовий кавальєр; 3 – розроблення мінерального ґрунту у виїмці каналу, переміщення в кавальєр; 4 – переміщення і розрівнювання мінерального ґрунту в кавальєрі до досягнення проектного профілю; 5 – рекультивація рослинним ґрунтом

Розроблення й переміщення мінерального ґрунту доцільно виконувати однією машиною (екскаватор, скрепер або бульдозер). Мінеральний ґрунт, переміщується в кавальєри трапецеподібної форми з формуванням укосів 1:1–1:3 для забезпечення стійкості. Верх кавальєрів планується та найчастіше використовується для облаштування інспекторської дороги або посадки дерев.

Перелік будівельних операцій на ділянках каналів з значною шириною та глибиною виїмки збільшується на додаткові операції на формування ярусів при розробці ґрунту, а також додаткові переміщення ґрунту по горизонталі, переміщення декілька раз того ж самого ґрунту.

3.1.4. Виконання робіт на ділянках каналів у напіввиїмці

Основною характеристикою технології будівництва каналів у напіввиїмці, напівнасипу та насипу є потреба створення якісного насипу (дамб каналу) та, в деяких випадках, загальної подушки. Це потрібно для того, щоб вони могли витримати гідростатичний тиск при максимальному рівні води в каналі. Дамби й подушку будують виключно з придатного для цього ґрунту.

Під час будівництва каналу у напіввиїмці послідовно проводяться такі технологічні операції (рис. 3.9):

- знімання рослинного ґрунту зі смуги під дамбами та під заплановану виїмку каналу, переміщення ґрунту за межі дамб;
- розроблення мінерального ґрунту в виїмці каналу;
- переміщення частини ґрунту в дамби каналу, а зайвого в тимчасові відвали;
- пошарове відсипання ґрунту в тіло дамби та його розрівнювання;
- доведення ґрунту до його оптимальної вологості (найчастіше – дозволоження);
- ущільнення кожного шару ґрунту (з товщиною шару згідно проектом та у відповідності до ТТХ ґрунтоущільнюючих машин);
- прибирання виїздів з виїмки на насип;
- планування укосів та дна виїмки каналу;
- розрівнювання надлишку ґрунту в кавальєрах та їх профілювання.

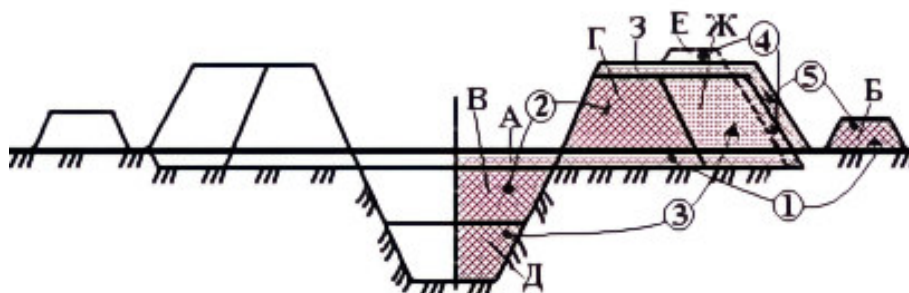


Рис. 3.9. Схема переміщення ґрунтових мас при будівництві зрошувального каналу у напіввиїмці з роздільним влаштуванням дамб: А – рослинний шар ґрунту на поверхні виїмки каналу, в основі приканальної дамби і постійного кавальєру мінерального ґрунту; Б – тимчасовий кавальєр ґрунту рослинного шару; В – частина виїмки каналу, ґрунт з якої вкладається в приканальну дамбу; Г – приканальна дамба; Д – частина виїмки каналу, ґрунт з якої вкладається в кавальєр; Е – кавальєр мінерального ґрунту до надання йому проектних обрисів; Ж – постійний кавальєр мінерального ґрунту; З – рослинний шар ґрунту, вкладений на поверхню впорядкованого кавальєру; 1 – розробка рослинного шару ґрунту з поверхні виїмки каналу, в основі приканальних дамб і кавальєру мінерального ґрунту з переміщенням в тимчасовий кавальєр рослинного ґрунту; 2 – розробка мінерального ґрунту у виїмці каналу з переміщенням в приканальні дамби; 3 – розробка мінерального ґрунту у виїмці каналу з переміщенням в кавальєр; 4 – переміщення і розрівнювання мінерального ґрунту в кавальєрі для надання йому проектних обрисів; 5 – рекультивація кавальєрів і верха приканальних дамб, [1]

Спосіб, яким буде розроблятися ґрунт на ділянках каналу в напіввиїмці вибирають з урахуванням ширини та глибини виїмки. При ширині дна понад 2,5 м перевагу віддають розробці ґрунту скреперами (рис. 3.10), так як вони забезпечують пошарове вкладання ґрунту.



Рис. 3.10. Розробка ґрунту у виїмці каналу з відсипанням його у майбутні дамби, джерело фото: surl.li/xqqsh; [1], оброблене автором

При умові, що «ширина дна менша 2,5 м виїмку розробляють багатокішцевим екскаватором або драглайном з переміщенням ґрунту за межі майбутньої дамби, для наступного вкладання частини ґрунту в дамбу бульдозером. Коли висота дамб до 1 м, то ґрунт можна вкладати екскаватором безпосередньо в дамби з його ущільненням», [1].

3.1.5. Виконання робіт на ділянках каналів в напівнасипу

Канали в напівнасипу поділяють на дві групи, за умовами виконання робіт:

- канали дрібної мережі, які будують методом створення загальної подушки, а потім вирізають русло каналу спеціальними екскаваторами-канавокопачами при ширині дна до 2,5 м;

- канали середніх та великих розмірів з окремим будівництвом дамб.

Будівництво каналів у напівнасипу з шириною дна більше ніж 2,5 м включає такі технологічні операції (рис. 3.11):

- зняття рослинного ґрунту з верху виїмки каналу й основи під приканальні дамби, поверхні резервів;

- розробка ґрунту в виїмці;
- розроблення мінерального ґрунту в резерві;
- переміщення мінерального ґрунту з резервів в тіло дамб;
- пошарове розрівнювання відсипаного з резервів ґрунту в дамбах;
- дозволення (при необхідності) ґрунту до оптимальної вологості;
- ущільнення кожного шару ґрунту;
- розбирання виїздів на дамбу;
- планування дна каналу та його укосів;
- рекультивація раніше знятим рослинним ґрунтом резервів.

Відстань від підшови зовнішнього укосу приканальної дамби до бровки резерву ґрунту вибирається 1,5–3,0 м в залежності від глибини резерву.

Найчастіше при влаштуванні каналів в напівнасіпу якщо ширина дна більше 2,5 м застосовують скрепери.

При ширині дна меншою ніж 2,5 м, розроблення мінерального ґрунту у виїмці виконують екскаваторами (багатоковшевіми або одноківшевіми), при цьому ґрунт переміщується за межі майбутньої дамби. Наступною операцією мінеральний ґрунт з тимчасового кавальєру пошарово вкладається в тіло дамб каналу оптимальними для цього землерийними машинами.

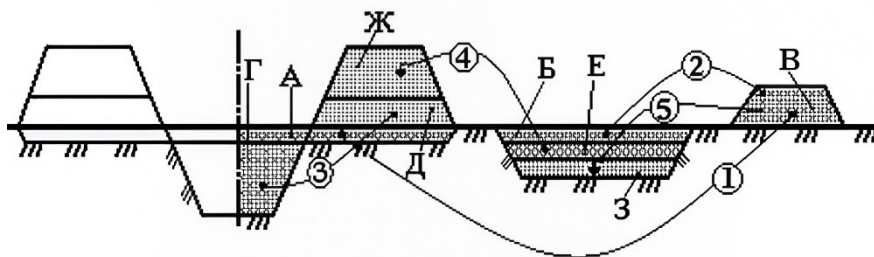


Рис. 3.11. Схема переміщення ґрунтових мас, які відбуваються під час будівництва ділянок зрошувального каналу у напівнасіпу з роздільним влаштуванням дамб, дамб, [1]: А – рослинний шар ґрунту, що зрізається з поверхні виїмки каналу і в основі приканальної дамби; Б – рослинний шар з поверхні резерву; В – тимчасовий відвал рослинного ґрунту; Г – частина каналу після виїмки мінерального ґрунту; Д – частина приканальної дамби, яка формується з виїнятого з виїмки каналу мінерального ґрунту; Е – резерв, необхідний для досипання мінерального ґрунту у приканальну дамбу; Ж – частина приканальної дамби, яка формується з ґрунту резерву; 3 – рослинний ґрунт, який вкладається при рекультивації резерву; 1 – зняття рослинного ґрунту з поверхні майбутньої виїмки каналу і з основи приканальної дамби, переміщення його в тимчасовий відвал; 2 – розроблення рослинного ґрунту з поверхні резерву і переміщення його в тимчасовий відвал; 3 – розроблення мінерального ґрунту виїмки каналу, переміщення його в приканальну дамбу; 4 – розроблення мінерального ґрунту резерву та його переміщення в приканальну дамбу; 5 – рекультивація рослинним ґрунтом резерву

3.1.6. Виконання робіт на ділянках каналу в насіпу

Ті зрошувальні канали, які повинні домінувати над прилеглою територією будуються в насіпу. Їх особливістю є відсутність розробки мінерального ґрунту по трасі каналу. Навпаки, необхідне відсипання ґрунтової подушки до рівня дна каналу, яке вище поверхні землі. Приканальні дамби зводяться повністю з ґрунту резервів (або з кар'єру) (рис. 3.12).

За особливостями виконання робіт ділянки каналів у насіпу поділяються на три групи:

- канали дрібної мережі з шириною дна 2,5 м, які споруджуються методом відсипання загальної подушки з резерву з наступним нарізанням русла каналу (рис. 3.13);

- канали, в яких шириною дна більше 2,5 м. Вони мають роздільне відсіпання ґрунту і в підсипне дно і в бокові дамби. Ґрунту береться з бокових резервів;

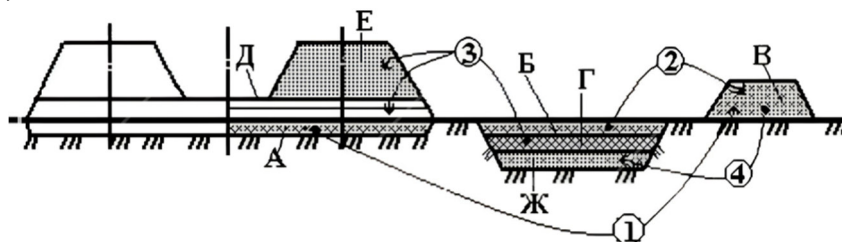


Рис. 3.12. Схема переміщення ґрунту при будівництві зрошувального каналу на ділянці в насипу з роздільним влаштуванням дамб: «А – рослинний шар ґрунту в основі подушки каналу; Б – рослинний шар ґрунту на поверхні резерву; В – тимчасовий кавальєр ґрунту рослинного шару; Г – резерв для зведення подушки і приканальної дамби; Д – подушка; Е – приканальна дамба; Ж – рослинний шар ґрунту, вкладений в резерв при рекультивації; 1 – розробка рослинного шару ґрунту в основі подушки з переміщенням в тимчасовий кавальєр; 2 – розробка рослинного шару ґрунту з поверхні резерву і переміщення його в тимчасовий кавальєр; 3 – розробка мінерального ґрунту в резерві з переміщенням його в подушку і приканальну дамбу; 4 – рекультивація резерву», [1]



Рис. 3.13. Розробка русла каналу на ділянці в насипу роторним багатоківшевим екскаватором Eagle 6300 з пасивними укісниками: відео youtu.be/8DAc94TsDAA, youtu.be/j7TNK0tBzFc

- великі магістральні канали, мають значну ширину дна. Будуються з ґрунту, який привозиться самохідними скреперами з об'ємом ковша від 10 м³ або автомобілями з кар'єрів.



Рис. 3.14. Бульдозер – розпушувач,
джерело фото: [Starr_020323-0034
Prosopis pallida.jpg](http://Starr_020323-0034_Prosopis_pallida.jpg)

При зведенні каналів в насипу, нескельні основи слід розпушити тракторними розпушувачами (рис. 3.14), зволожити (або підсушити) до необхідної оптимальної вологості, а потім провести ущільнення відповідно вимогам проекту, ДБН або технічних умов (ТУ).

Перед спорудженням лінійних насипів необхідно виконати експериментальне ущільнення ґрунту машинами (зазвичай різні типи котків рис. 3.15, 3.16, 3.17), які будуть використовуватись надалі. Це дозволить уточнити товщину ущільнюваного шару, кількість проходів котків по одному сліду і оптимальну вологість ґрунту.



а)

б)



Рис. 3.15. Пневмоколісні котки: а – ДУ-16, [1]; б – SANY SPR160C-8 (16 т),
<https://hydromarket.com.ua/ua/p1397738503-pnevmocolesnyj-katok-sany.html>



Рис. 3.16. Коток ґрунтовий вібраційний комбінований BW 177 D-3 Bomag, youtu.be/aC4KTYHLC1o, www.bomag.com/

Перед укладанням першого шару зв'язаних ґрунтів вирівнена поверхня основи під канал має бути розпушена. Поверхня основи каналу або попереднього шару, якщо вони були ущільнені кулачковими або пневмоколісними котками перед відсипанням наступного шару дозволяється не розпушувати.



Рис. 3.17. Ґрунтовий кулачковий коток, youtu.be/aC4KTYHLC1o, www.bomag.com/

Площа майбутнього насипу каналу ділиться на рівновеликі карти, на яких послідовно виконуються операції з укладання, розрівнювання, зволоження і ущільнення мінерального ґрунту.

Параметри карт і необхідні машини машинах розраховують узгоджуючи графік роботи машин досягаючи неперервного виконання робіт.

При проектуванні дамб під жорстке кріплення для дотримання проектною щільності ґрунту, укоси відсипаються більше на 20÷40 см по нормалі до укосу. Ґрунт, що не був ущільнений (умови стійкості укосу та стійкості будівельної техніки) зрізають й вкладають в тіло споруди при її зведенні.

Будівництва зрошувальних каналів варто проводити за схемою «знизу в гору», проти майбутньої течії.

3.1.7. Будівництво каналів засобами гідромеханізації

При наявності достатньої кількості води будівництво каналів можна проводити засобами гідромеханізації.

При їх використанні канали поділяються шириною виїмки: вузько-, середньо- і широкопрофільні (табл. 3.1).

Влаштування гідромеліоративних каналів проводять з використанням гідромоніторів або землесосних снарядів (земснарядів) (рис. 3.18, 3.19).

Таблиця 3.1

Типи виїмок каналів при їх розробці засобами гідромеханізації

Типи виїмок	Типи каналів	Ширина по дну	Глибина, м	Закладання укосів
Вузькопрофільні	Внутрішньогосподарська та міжгосподарська мережа	1–5	5–7	1–2
Середньопрофільні	Міжгосподарські канали й колектори	5–20	7–12	1,5–2
Широкопрофільні	Магістральні канали	> 20	> 12	1,5–2



Рис. 3.18. Земснаряд, surl.li/sedslt

Будівництво каналів з використанням земснарядів проводиться за однією з двох схем: повздовжніми траншеями і поперечними смугами.

При влаштуванні каналів повздовжніми траншеями відривається котлован, в який, в достатній для роботи земснаряда кількості, надходить вода. Земснаряд переміщується вздовж вісі каналу розробляє ґрунт.



Рис. 3.19. Земснаряд у роботі, <https://watermaster.fi/>

За такою схемою також проводиться комбінована розробка ґрунту земснарядами і екскаваторами. Екскаватори прокладають уздовж укосів каналу дві паралельні піонерні траншеї, відсипаючи виїнятий ґрунт назовні, створюючи обвалування (рис. 3.20, А).

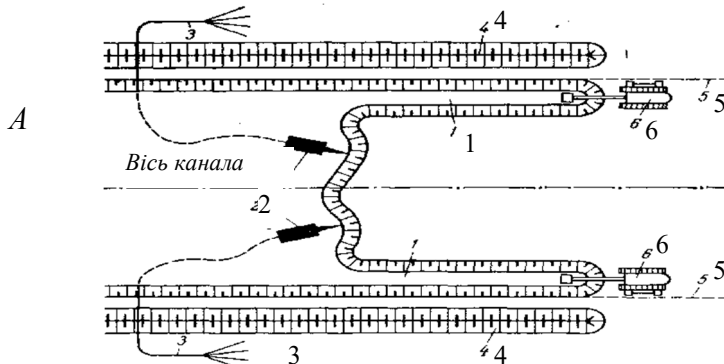


Рис. 3.20, А. Схема комбінованої розробки каналу екскаваторами й земснарядами, [1]: 1 – піонерні траншеї; 2 – земснаряди; 3 – пульпопроводи; 4 – зовнішнє обвалування; 5 – межі каналу, що розроблюється; 6 – екскаватори

До переваг схеми відноситься формування проектних укосів каналу і

створення зовнішнього обвалування, яке не дозволяє пульпі стікати з відвалів назад у канал одразу з розробкою піонерних траншей екскаваторами. А наливні дамби мають високу степінь ущільнення.

При будівництві каналів поперечними смугами земснаряд при розробці ґрунту переміщується поперек поздовжньої осі каналу.

У висотному положенні при розробці глибоких каналів можливе виймання ґрунту ярусами (рис. 3.20, Б).

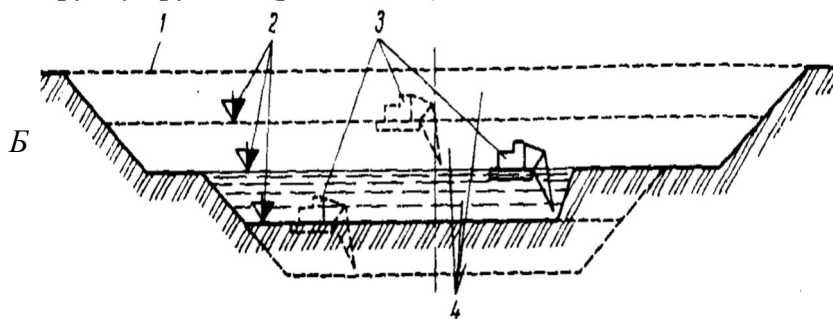


Рис. 3.20, Б. Схема пошарової розробки каналу, [1]: 1 – поверхня землі; 2 – послідовні робочі рівні води в каналі; 3 – земснаряд в роботі на різних рівнях; 4 – шари розробки

Глибина розробки ґрунту земснарядом передбачається на трохи більшу глибину, ніж за проектом. Однак проект має враховувати відстань транспортування пульпи, її економічну ефективність в цілому.

Будівництво каналів зі значною довжиною застосування земснарядів ускладнюється через необхідність частого перекладання якорів, влаштування плаваючого пульпопроводу, частий перемонтаж берегового пульпопроводу. Тому більш ефективним є розробка каналів земснарядом з підвісним напірним пульпопроводом, що не потребує берегового пульпопроводу, рис. 3.21.



Рис. 3.21. Застосування плаваючого пульпопроводу, watermaster.fi/

3.1.8. Влаштування протифільтраційного покриття на зрошувальних каналах

За даними експлуатації втрати води на фільтрацію з каналів в земляному руслі сягають 40–80%. Значні втрати води на інфільтрацію (просочування) є основним фактором, що сприяє низькій ефективності використання поливної води, коли вода транспортується на поля за допомогою зрошувальної системи [40]. Ці втрати на просочування не тільки знижують ефективність використання води системою каналів, але також збільшують рівень ґрунтових вод [41] і зменшують доступність води для інших потреб нижче за течією [42], що призводить до засолення ґрунту та заболочування [43]. Тому основними технічними вимогами, що висуваються до мережі зрошувальних каналів є зменшення втрат води, підвищення їх ККД, [44].

Для запобігання фільтраційним втратам води на відкритій зрошувальній мережі застосовують різні типи захисних покриттів, на що припадає значний обсяг капітальних вкладень при будівництві каналів, [1].

За призначенням гідроізоляційні матеріали поділяють на матеріали, що забезпечують протифільтраційні й антикорозійні властивості гідроізоляції. За технологічними особливостями матеріали поділяють на в'язучі, розчинники, пластифікатори, наповнювачі та армуючі матеріали. За природою основи гідроізоляційні матеріали розрізняють на асфальтові, мінеральні, пластмасові і металеві. Асфальтові – матеріали на основі бітумів і бітумінозних речовин. До асфальтових матеріалів відносяться бітуми, бітумінозні речовини й їх суміші, мастики гарячі й холодні (полімербітумні, резинобітумні, бітумно-каучукові й ін.), а також штучні вироби на їхній основі (гідроізол, бризол, склоруберойд, фольгоізол, руберойд, толь, пергамін). Мінеральні гідроізоляційні матеріали готуються на основі різних цементів, силікатів і глин. Пластмасові гідроізоляційні матеріали – штучні матеріали з пластичних мас на основі полімерних в'язучих, їх сумішей з мінеральними наповнювачами й добавками. Застосовують у вигляді полімерних мастик (фенолоформальдегідні, фуранові, епоксидні), полімербетонів, герметиків, а також штучних виробів (плівки й листи поліетиленові, поліпропіленові, полівінілхлоридні, вінілпластові, склопластики полімерні геомембрани), [45].

Найчастіше застосовуються наступні основні види протифільтраційного захисту: покриття змоченого периметру каналу монолітним бетоном, облицювання збірним залізобетоном або асфальтобетоном; вкладання екрану з полімерної плівки, яка захищається монолітним чи збірним бетоном, шаром ущільненого ґрунту; протифільтраційні покриття із застосуванням геомембран; влаштування завіси з плівкових або в'язучих матеріалів, [1].

Багато матеріалів, таких як геомембрана (geomembrane), бітум (bitumen), та бетон (concrete), суттєво зменшують втрати від просочування в облицюванні каналу [44], [46]. Бетон і геомембрана широко використовуються в більшості країн і є двома видами матеріалів для облицювання магістральних каналів у Китаї, [47]. У Пакистані результати випробувань показали, що втрати на

інфільтрацію через необлицьовані канали були зменшені на 75% і 97% після будівництва за допомогою протифільтраційних покриттів з бетону та геомембрани відповідно [48]. У Китаї застосування бетонних облицювань дозволило зменшити на 52–55% втрати на інфільтрацію, [49]. А застосування підкладки з геомембрани зменшила втрати на інфільтрацію на 96,33% у головних і розподільчих каналах і на 76% у бічних каналах [44]. В Ефіопії втрати на просочування з первинних каналів були зменшені на 45,3% за рахунок покриття геомембранами, [50]. Для ще більшого зменшення втрат від просочування з каналів та запобігання пошкодженню облицювання, об'єднують два або більше видів облицювальних матеріалів, [44], [51]. Було виявлено, що втрати каналу просочування зменшилися на 91% і 25% порівняно з використанням лише бетону або геомембрани [44].

3.1.8.1. Технологія улаштування монолітних бетонних облицювань

Облицювання з монолітного бетону використовують на всіх каналах різних розмірів. Товщини монолітних облицювань для каналів, в яких витрата до $50 \text{ м}^3/\text{с}$ визначається в залежності від глибини води в каналі:

$h_{\text{води}}$	$t_{\text{бет.мол.обл.}}$
до 1 м	8–10 см
1–2 м	10–12 см
> 2 м	12–15 см

Коефіцієнт закладання укосів для каналів з протифільтраційним облицюванням з монолітного бетону або залізобетону проектується не менше 1:1,5.

В монолітних бетонних облицюваннях через кожні 3–4 м влаштовують поздовжні й поперечні температурні шви. Шви, що виникають між раніше вкладеним та новим бетоном при перервах в роботі або з технологічних причин суміщають з температурними (рис. 3.22).

Поздовжні температурні шви при достатній величині укосу влаштовують по лінії сполучення між дном та укосом.

Технологія робіт з механізованого вкладання бетонного покриття визначається від параметрів поперечного перетину каналу.

У водогосподарському будівництві використовують і комплекти машин, що влаштовують покриття по всьому поперечному перетину каналу (повнопрофільні комплекти) і комплекти машин, які можуть за один прохід вкласти бетон на укіс та на частину дна каналу (напівпрофільні комплекти).

Комплект засобів механізації для облицювання каналів містить наступні основні машини: екскаватор-профілювальник, бетоновкладальна машина, машина для нарізки та заливки швів, обладнання для догляду за бетоном), а також спеціальні й допоміжні машини (установки для виготовлення бетонної суміші, машини для транспортування бетону, автобетонозмішувачі,

розчинонасоси, комплекти машин для утримання шляхів пересування міксерів).

Для остаточного зачищення та планування дна і укосів каналу, безпосередньо перед облицюванням застосовують екскаватори–профілювальники (до прикладу, в напівпрофільних комплектах, рис. 3.23). В повнопрофільних комплектах екскаватор–каналокочач після проходження формує готову основу у випадках розробки русла одноківшевим екскаватором. При реконструкції вже існуючого каналу використовують повнопрофільний профілювальник (рис. 3.24).

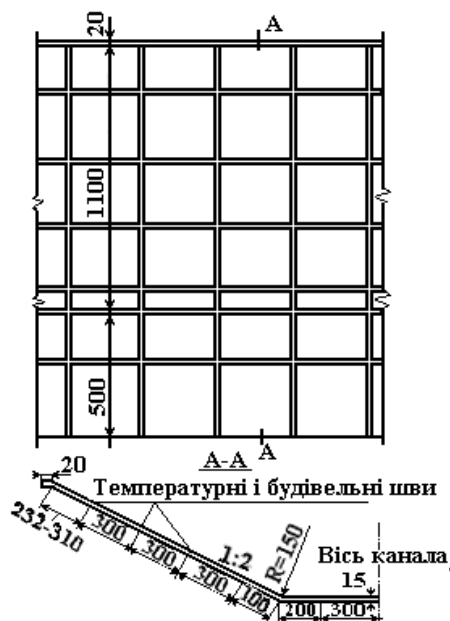


Рис. 3.22. Конструкція монолітного бетонного покриття каналу



Рис. 3.23. Напівпрофільний екскаватор-планувальник, [1]

Для забезпечення високої якості покриття планувальні роботи відіграють важливу роль.



Рис. 3.24. Повнопрофільний екскаватор-планувальник Allcons Maschinbau GmbH, <http://en.umax-trade.com/>

Бетоноукладачі – основні машини комплексу. Вони приймають бетонну суміш з транспортних засобів, розподіляють її по поверхні каналу, проводять ущільнення та загладжування поверхні. За потребою проводиться дозволоження ґрунту безпосередньо перед вкладанням на нього бетонної суміші. Бетоноукладачі найчастіше з гусеничним, пневмоколісним або рейковим ходовим обладнанням (рис. 3.25, 3.26, 3.27, А–3.27, В).



Рис. 3.25. Повнопрофільний бетоноукладач Gomaco, www.gomaco.com/



Рис. 3.26. Повнопрофільний бетоноукладач Gomaco, www.gomaco.com/

Для формування температурних швів у свіжовкладеному бетоні застосовують нарізувачі швів. Вони можуть закладати в шви стрічку «констоп» та нанести на поверхню облицювання плівкоутворюючі матеріалів, які забезпечують оптимальні умови тужавіння бетону.

А



Рис. 3.27, А. Напівпрофільний бетоноукладальний комплекс для облицювання магістральних каналів Gomaco, www.gomaco.com/

Іноді необхідне проведення облицювання каналів бетоном, які наповнені водою. До прикладу проводилось підводне мощення на каналі Коачелла в південно-західній Каліфорнії, США (Coachella Canal in southwest California, U.S.A.). У 1988 році корпорація GOMACO створила дуже спеціалізоване обладнання для підводного мощення каналу. Це асфальтоукладач і тример був розроблений для покриття верхньої частини каналу шириною 31,39 метра із шириною стріли 14,63 метра і нахилом 2,5 до 1. Тример GOMACO використовувався, щоб створювати спеціальний профіль каналу, водночас направляючи потік води від місця вкладання бетону (рис. 3.27, В). За допомогою спеціалізованої машини для укладання бруківки GOMACO

геотекстильний матеріал разом із ПВХ (полівінілхлоридом) і сліпформом уклали бетонну обшивку на стрілу та схили каналу.

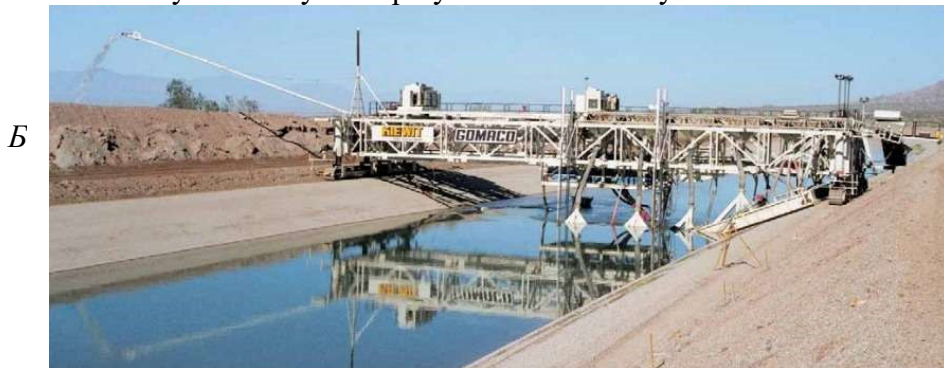


Рис. 3.27, Б. Комплекс GOMACO для облицювання магістральних каналів з водою, www.gomaco.com/

Технологія від GOMACO також забезпечує впровадження вузьких виступів (опор), які утворені на укосах каналу (напр. Coachella Canal), які допомагають запобігти потопленню диких тварин, які п'ють воду з каналу (джерело www.gomaco.com/).

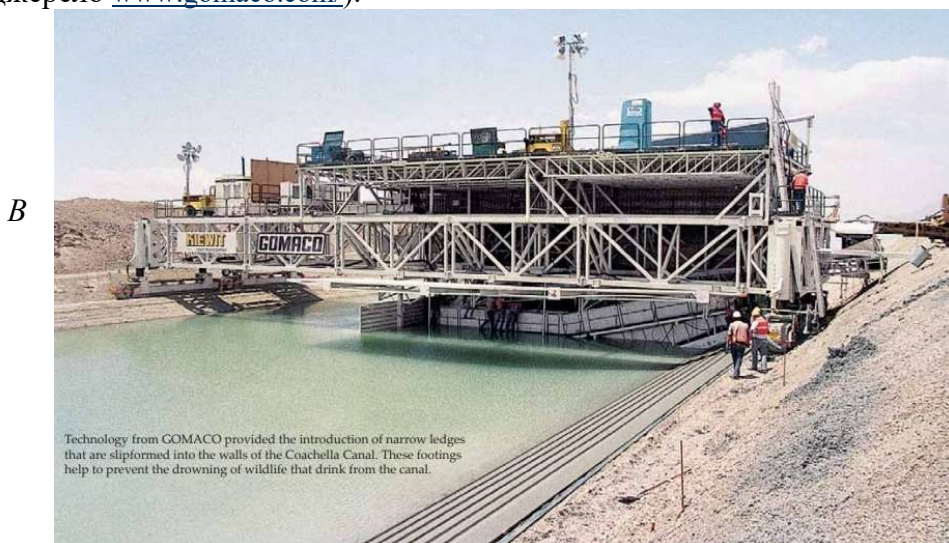


Рис. 3.27, В. Напівпрофільний бетоноукладальний комплекс для облицювання магістральних каналів Gomaco, www.gomaco.com/

Установки для приготування бетонної суміші використовують для виготовлення бетону, який завантажують в бетоноукладачі, які формують безпосередньо протифільтраційне покриття каналів. Найчастіше для цього застосовують інвентарні швидкозбірні (рис. 3.28) та мобільні (рис. 3.29) установки з виготовлення бетонної суміші.

Їх можна встановити на економічно вигідних відстанях для транспортування автобетонозмішувачами вздовж траси каналу.



Рис. 3.28. Інвентарний швидкокорозбірний бетонний вузол, <https://www.elkon.net/products/>, [1]

Турецький виробник бетонних заводів ELKON має лінійку мобільних бетонних заводів Mobile Master-30, 60, 100, 135 та 150 – відповідно годинною продуктивністю від 30 до 150 м³/год. Розглянемо на прикладі Mobile Master-60 Pegasus-bear-panthera продуктивністю 50 м³/год ущільненого бетону. Його обладнано тарільчастим, планетарним або двохвалковим змішувачем обсягом 1500/1000 л. Також є в комплекті може бути 36 тонний цементний силос. Об'єми бункерів заповнювачів 4х13,5 м³. Всі елементи мобільного заводу монтуються на моноблочному колісному шасі, завдяки чому заводи перевозяться за допомогою звичайного автомобільного тягача. Завод може виготовляти як «мокрый» так і «сухий» бетон. Завод монтується упродовж 1 доби. Для інформації – кількість заводів цієї фірми перевищує 1000 штук в 130 країнах світу, [52], рис. 3.29, А.

А



Рис. 3.29, А. Мобільна бетонозмішувальна установка Mobile Master-60 Pegasus-bear-panthera, [52]

Часто бетонні заводи поділяють на стаціонарні (Stationary Concrete Batching Plants) – продуктивністю 100–200 м³/год, мобільні бетонні заводи (Mobile Concrete Batching Plants) продуктивністю 60–150 м³/год, компактні бетонні заводи (Compact Concrete Batching Plants), які легко перевозяться та швидко монтуються з окремих модулів – 30–120 м³/год, а також бетонні заводи сухого дозування (Dry Batch Concrete Batching Plants), [53]. Монтаж Mobile Concrete Batching Plants – М 100 МЕКА – за посиланням https://www.youtube.com/watch?v=YO4xwF-7Lfw&ab_channel=MekaGlobal.

Ще один приклад мобільного бетонозмішувального вузла від Shandong Dom Machinery Equipment Co. (SDDOM). Мобільний бетонний завод (mobile concrete batching plant) MB1500 має такі основні характеристики: висота завантаження 1,38 м, продуктивність 20 м³/год, встановлена потужність 44,48кВт, об'єм бетонозмішувача 0,75 м³, вага 8,8 т, відповідність стандартам ISO9001: 2000, CE, SGS, рис. 3.29, Б.

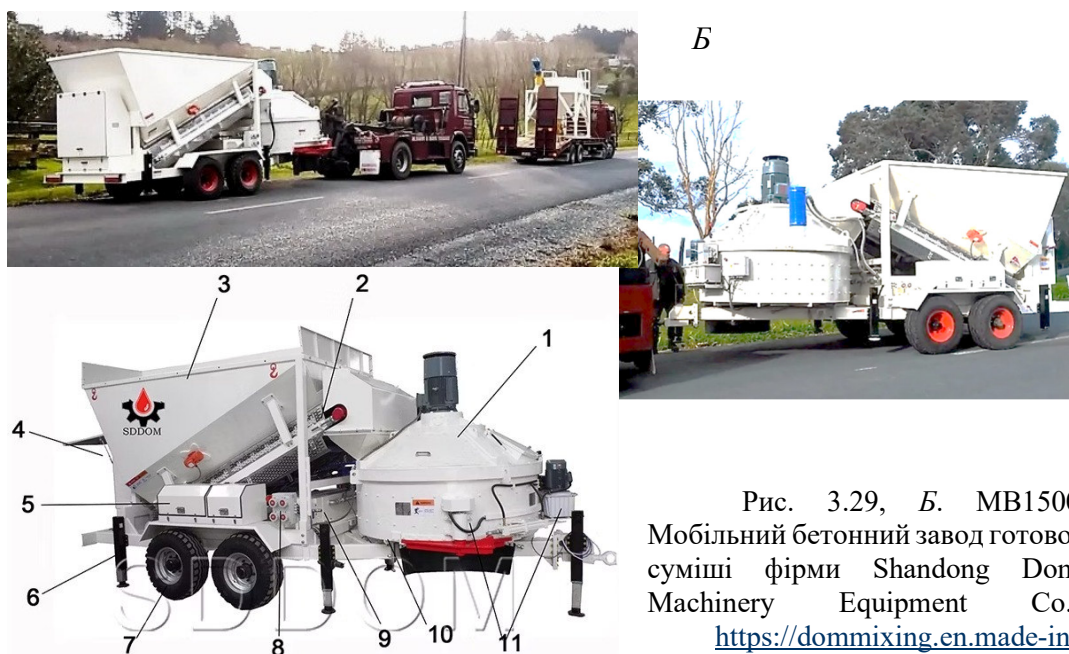


Рис. 3.29, Б. MB1500 Мобільний бетонний завод готової суміші фірми Shandong Dom Machinery Equipment Co., <https://dommixing.en.made-in-china.com/> :

1. Змішувач (Mixer); 2. Стрічкові конвеєри для заповнювачів (Aggregate Belt conveyors); 3. Бункери для заповнювачів (Aggregate bins); 4. Шафа керування; 5. Машина для очищення високого тиску; 6. Опорні ніжки; 7. Колеса; 8. Вихід пневмосистеми; 9. Водяний насос, насос для добавок; 10. Навантаження клітина, США Amcells; 11. Гідравлічна система для розвантаження

Автобетонозмішувачі (міксери) використовуються для транспортування бетонної суміші до місця її укладання.

Автобетонозмішувач може транспортувати як готову суміш так і готувати бетонну суміш із сухих компонентів безпосередньо на шляху слідування до будівельного майданчика (рис. 3.30).

Для влаштування якісного монолітного протифільтраційного покриття бетонна суміш повинна задовольняти вимогам:

- максимальний розмір крупної фракції заповнювача має бути не більше 40 мм, і не перевищувати 1/3 прийнятої проектом товщини облицювання;
- відсоток піску серед заповнювачів має складати 30–40%;
- рухливість бетонної суміші знаходиться в діапазоні 2–5 см осідання бетонного конуса.



Рис. 3.30. Автобетонозмішувач, <https://inter-beton.ua/>

Практика експлуатації бетонних протифільтраційних покриттів зрошувальних каналів підтверджує, що вони суттєво покращують умови експлуатації споруд, мають знижену шорсткість (порівняно зі збірним з/б), це покращує пропускну спроможність. Також мають недоліки – часто мають значні втрати води на фільтрацію, особливо на ґрунтах з високим коефіцієнтом фільтрації. Це пояснюється шпаруватою структурою бетону, який пропускає частину води. Також є втрати через температурні та будівельні шви (якщо вони були зроблені недосконалої конструкції, мають технологічний брак при влаштування або неправильно проводилась їх експлуатація та ремонт).

3.1.8.2. Збірні залізобетонні покриття

Протифільтраційні покриття зі збірних залізобетонних плит широко застосовувалися для захисту зрошувальних каналів в Україні.

Використання збірного залізобетонного облицювання з плит дозволило пришвидшити будівництво, індустріалізувати та механізувати процес будівництва, уникнути застосування дороговартісних комплексів для створення високоякісного монолітного облицювання, уникати впливу сезонності при будівництві каналів.

Збірні з/б покриття також мають ряд недоліків: велика кількість швів між плитами, що з часом суттєво знижує водонепроникність та вимагає значних експлуатаційних витрат на відновлення нормального стану швів.

«Для влаштування збірних залізобетонних облицювань використовувалися, залежно від розмірів каналів і глибини води в них, плити різноманітних розмірів і конфігурацій. Довжина плит коливалася від 1500 до 6000 мм, ширина від 500 до 3500 мм, товщина від 60 до 150 мм.

В результаті робіт з уніфікації будівельних конструкцій, що застосовувалися у водогосподарському будівництві, найбільш розповсюдженими у використанні стали плити типу НПК», [3], [1].

Марка плити	Розміри плити, мм
НПК 60–20	6000×2000×60
НПК 60–15	6000×1500×60
НПК 60–10	6000×1000×60

Ця номенклатура плит зберіглася і дотепер.

«Стійкість покриттів зі збірних залізобетонних плит НПК забезпечується при розташуванні їх на укосі, довгою стороною перпендикулярно до осі каналу. У тих випадках коли довжина укосу каналу менше 6 м, застосовують розкладку плит довгою стороною паралельно осі каналу (рис. 3.31). Це викликано вимогам типізації та уніфікації залізобетонних виробів, що застосовуються», [3], [1]. При цьому стійкість покриття каналів знижується.

Плити НПК зазвичай використовують при будівництві каналів з рівнем води до 3 м. Для забезпечення стійкості плит на укосі його ухил повинен бути не менше 1:1.

Транспортування плит здійснюється панелевозами (рис. 3.32) або автомобілями з напівпричепами з бортами які мають достатню довжину для розміщення плит в горизонтальному положенні.

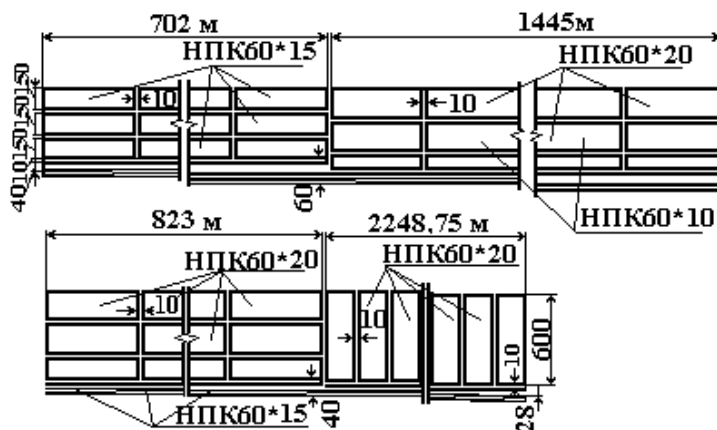


Рис. 3.31. Розкладання збірних залізобетонних плит на укосі каналу, [1].



Рис. 3.32. Тягач з напіпрічіпом-панелевозом, [1]

При цьому потрібно дотримуватись загальнобудівельних правил транспортування залізобетонних виробів (використовувати підкладки під плити, прокладки між плитами, здійснювати кріплення від розхитування та ударів).

Монтажу залізобетонних плит на укосах каналів здійснюють автомобільні та гусеничні крани (рис. 3.33) або спеціальні плитоукладачі.

Рис. 3.33. Монтаж облицювання з залізобетонних плит гусеничним стріловим краном, [1]



Так як плити досить довгі й тонкі, для їх монтажу кранами необхідне використовувати спеціальне монтажне обладнання: стропи різної довжини, траверси, які забезпечують розміщення плит при укладанні паралельно площині укосу (рис. 3.34).



Рис. 3.34. Вкладання залізобетонних плит тракторним краном на укоси каналу з допомогою чотирьох гілкового стропу, [1] кольоризоване ШІ

Під час укладання залізобетонних плит необхідно витримувати проектну ширину зазорів між плитами для можливості якісного формування шва між ними. Для отримання рівномірних зазорів застосовують пластикові, бетонні або дерев'яні обмежувачі (рис. 3.35), [1].

У місці сполучення берми і плити облицювання укосу обов'язково влаштовується монолітний або збірний заплечик (рис. 3.36). Ширина заплечика залежить від розмірів каналу і складає від 30 до 50 см, товщина – 10 см, [1].

Рис. 3.35.
Формування шва між плитами з допомогою обмежувача, [1]

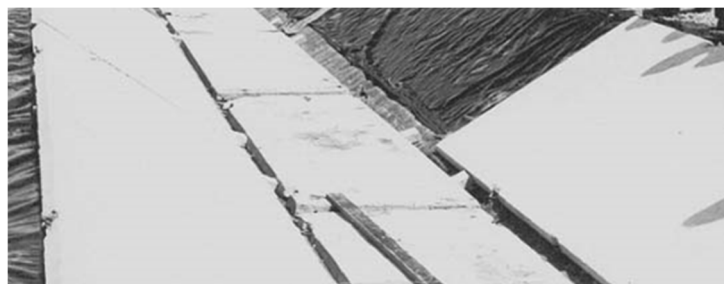
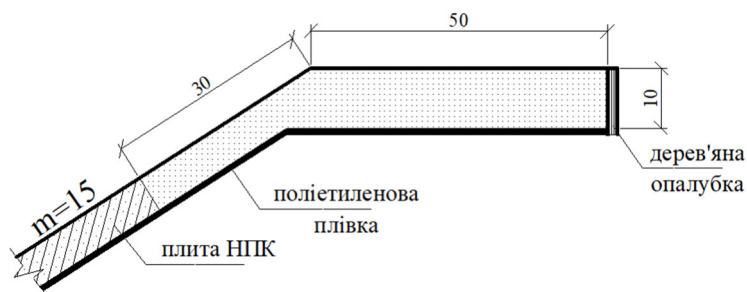


Рис. 3.36.
Конструкція заплечика на бермі каналу, [1]



При відсутності запlechиків берма буде зруйнована рослинністю й поверхневими водами. Вода з опадів буде накопичуватись і потрапляти під облицювання. Замерзаючи під облицюванням взимку плити будуть підніматись, руйнуючись чи порушуючи цілісність покриття (рис. 3.37).



Рис. 3.37.
Руйнування облицювання з залізобетонних плит при відсутності запlechиків, [1]

3.1.8.3. Влаштування деформаційних швів

Протифільтраційні властивості монолітних, збірних бетонних та залізобетонних облицювань залежить значною мірою від конструкції та ефективності деформаційних швів. Відомо, що причиною близько 65% втрат води на фільтрацію є незадовільний стан швів, [1].

Шви мають зберігати водонепроникність враховуючи навантаження та різні впливи (як природні – перепади температур, усадки, сонячна радіація та ін., так і антропогенні – при очищенні каналів) на покриття, а також повинні відносно недорого коштувати і бути технологічними при влаштуванні та обслуговуванні.

шви виконують у вигляді [1]:

- профільних еластичних смуг з різних герметиків (гуми, ПВХ, неопрен та інші матеріали);
- поверхневі шпонки з герметиків-еластомерів (каучукові композиції, які самовулканізуються);
- смуги з еластичних плівок склоеластиків;
- шпонки, які виконуються шляхом заповнення порожнини шва пружно-пластичними герметиками (гумобітумні та бітумнополімерні);
- поліетиленові профільні елементи, які анкеряться в бетон (рис. 3.38).

Самими довговічними є силіконові та бутилкаучукові мастики, які самовулканізуються, їх термін служби – 25 років, тіколові мастики – 20 років.

Наприклад бутилкаучукова герметизувальна мастика «Гермобутил» — однокомпонентна в'язко-еластична маса на основі бутилкаучуку застосовується для температур експлуатації від -30°C до $+80^{\circ}\text{C}$. Мастика забезпечує надійну герметизацію та гідроізоляцію упродовж 18–20 років.

Особливістю застосування є те, що оброблювані поверхні не тільки необхідно очистити від старого покриття, бруду та пилу, але й те, що підготовлену поверхню бажано прогрунтувати. Якщо ми влаштовуємо протифільтраційне покриття з бетону чи збірного залізобетонну ґрунтуємо 10–15% розчином цієї ж мастики в уайт-спіріте. Для ґрунтування швів в асфальтових покриттях застосовують 10% розчин клею ПВА. Позитивною властивістю є те, що упродовж усього терміну експлуатації мастика повністю не твердне та зберігає гнучкість, <https://farbmacter.com.ua>.

Армогерметики наклеюють на паз між конструкціями з провисанням для компенсації змищень. Ширина армогерметика з урахуванням цього повинна бути $10\text{см} + 1,2B$ (B – ширина шва).

Достатньо надійними є шви в монолітному бетоні з використанням в якості герметизуючого елементу профільованого поліетилену.

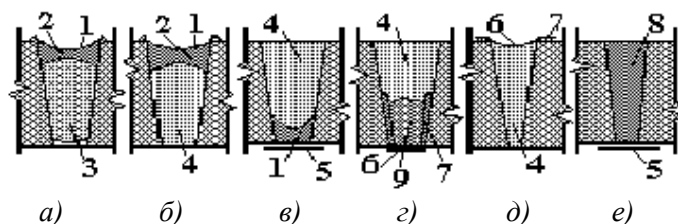


Рис. 3.38. Схеми основних конструкцій деформаційних швів, що виконуються з полімерних матеріалів, [1]: а – шов з пороізолловою прокладкою; б – шов з цементного розчину; в – шов з рулонним матеріалом та захисним покриттям з цементного розчину; г, д – облицювальний шов з армогерметика або тіоколової стрічки з цементним розчином; е – заливний з прокладкою і бітумнополімерною мастикою; 1 – мастика полімерна; 2 – протиадгезійний шар; 3 – прокладка з пороізолу (герніту); 4 – розчин цементний; 5 – прокладка з рулонного матеріалу; 6 – еластична смуга з герметику; 7 – клей з герметику; 8 – бітумнополімерна мастика; 9 – м'який заповнювач

Профільний поліетилен – це листовий матеріал 0,8 мм з ребрами висотою 8 мм, що розташовані на ширині 40 мм для анкерування. Анкерні ребра, занурені в моноліт бетону на ширині 200 мм створює захист від фільтрації.

На жаль, у водогосподарському будівництві, особливо під час його найактивнішого розвитку, здебільшого використовували гумобітумні та бітумнополімерні мастики. Ці матеріали мали найнижчу вартість і були найпростішими у виробництві. Теоретичний термін служби таких мастик становив 10 років, але фактично шви, виконані з них, рідко зберігали свої властивості більше 5–6 років. Отже, велика кількість каналів, збудованих у ті часи, та які експлуатуються досі, потребують термінового ремонту та реконструкції.

Поліізобутилові, тіоколові та силіконові мастики вводяться в стики за допомогою ручних пневматичних апаратів для заливання швів (рис. 3.39).



Рис. 3.39. Пристрій для заливання швів вручну, [1]

Бітумні мастики готують у бітумоварних котлах місткістю 0,5...1,0 м³ з кришками. Заповнення швів гарячими мастиками можна виконувати за допомогою машин для заливання швів, (рис.3.40).



Рис. 3.40. Обладнання для заливання швів, причіпне, [1]

Для захисту свіжовкладеної мастики від дощу шов закривають пергаментом, толем або поліетиленовою плівкою. Захисні смуги з рулонного матеріалу знімають після вулканізації мастики, але не раніше ніж через 6 годин після заповнення швів.

Заливання швів цементним розчином здійснюється з допомогою розчинних наносів, які обладнанні спеціальними насадками, в які подається стиснене повітря від компресора, розчин переміщується по шлангу і вилітає з нього з швидкістю 0,5–6 м/с, цим досягається зневоднення та ущільнення суміші.

Широко застосовується спосіб влаштування деформаційних швів закладанням герметизуючих профілів в «сирий» застигаючий бетон одночасно з влаштуванням монолітного облицювання.

При цьому використовують прокладки з полівінілхлориду типу «констоп», яка має хрестоподібну форму з замкненою порожниною (деформатором) на перетині вертикальних елементів (відкрилків) із потовщеннями на кінцях відкрилків, [1].

Вертикальні частини прокладки сприймають горизонтальні деформації бетону. Горизонтальні частини з'єднують бетонні плити та перешкоджають фільтрації води через з'єднання (рис. 3.41).

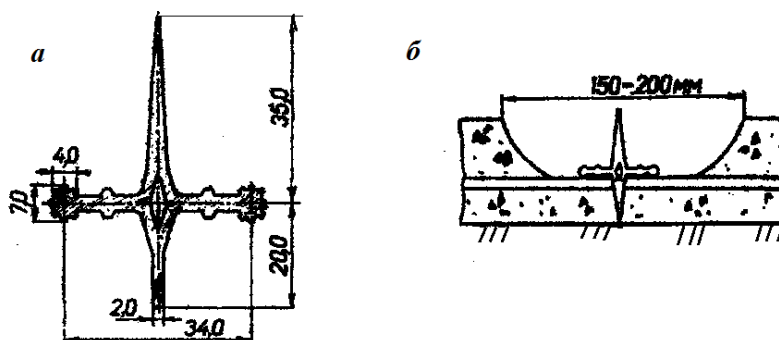


Рис. 3.41. Полівінілхлоридна стрічка типу «констоп»: *а* – поперечний перетин; *б* – вузол перетину двох стрічок, [1]

При герметизації об'єктів з великим напором води існує проблема пористості матеріалів: який би не був «чудовий» і дорогий герметик, яка б не була відмінна його адгезія до матеріалів – ніхто не гарантує, що від постійного контакту з водою, періодично висихаючи під час спорожнення каналу, герметик з часом не відшарується. Це пов'язано з проникненням води до адгезійного шару через капіляри бетону, а також з полярним витисканням молекул води герметика з зони контакту. Імовірність такого відшарування зростає з підвищенням пористості контактуючих матеріалів. Вода проникає через пористий бетон до межі контакту з герметиком. Як наслідок – на межі контакту значно знижується адгезія, і за умов, коли герметик перебуває у напруженому стані через розтягуючі зусилля, можливе відшарування. Тому, для надійної тривалої роботи шва, необхідний матеріал, який би забезпечував хорошу адгезію з бетоном та створював постійний тиск на стінки шва, не дозволяючи воді проникати за межі контакту бетон-герметик.

Новий гідроізоляційний елемент – шнур (рис. 3.42) на основі натрієвого бентоніту (75%) та бутилового каучуку (25%).

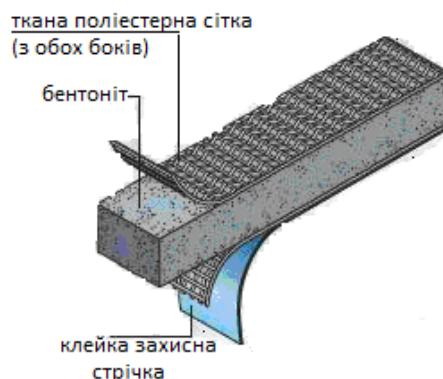


Рис. 3.42. Бентонітовий шнур, [1]

Бентонітові шнури використовуються для герметизації горизонтальних, похилих та вертикальних швів. Основні властивості бентонітового шнура обумовлені здатністю бентонітової глини збільшувати свій об'єм при контакті

з водою через наявність гідрофільних груп у її молекулярній структурі. При взаємодії з водою або водяними розчинами інших речовин, бентонітовий шнур набухає, поступово збільшуючи свій об'єм до 200%. Таким чином, він відрізняється винятковою еластичністю, ущільнює найдрібніші тріщини і нерівності в конструкції, перетворюючись на надійний механічний бар'єр, що захищає від проникнення води навіть при високому гідростатичному тиску. Коли бентонітовий шнур контактує з водою, він поступово збільшує свій об'єм, створюючи значне навантаження на бетон.

Шнур монтується по центру бетонного перетину, а з обох боків потрібно забезпечити 80 мм бетонної поверхні, інакше існує ризик утворення тріщин або часткового руйнування бетону при його розбуханні.

Використання бентонітового шнура забезпечує:

- ефективний захист, завдяки збільшенню об'єму на 200% від початкового рівня;
- поступове набухання та уникнення небезпечної напруги у конструкції;
- збереження властивостей шва навіть після численних циклів заморожування-відтавання;
- високу хімічну стійкість;
- простоту монтажу;
- експлуатацію в широкому температурному діапазоні: від -30°C до $+50^{\circ}\text{C}$;
- економічну вигоду порівняно з традиційними водоутримуючими матеріалами;
- можливість встановлення на вологій основі;
- застосування в нових та існуючих конструкціях.

Як відомо, у районах будівництва зрошувальних систем переважають ґрунти, що набухають. Облицювання зрошувальних каналів та їхні шви також зазнають додаткових сейсмічних навантажень. У таких випадках для гідроізоляції пропонується новий метод облаштування гідроізоляції деформаційних та температурних швів із використанням гідроактивних компенсаторів «Графпласт К» на основі гідроактивних поліуретанів та модифікованих графітів, (рис. 3.43).

Як перевага відносно більшості існуючих ущільнень, проведення гідроізоляції й герметизації набухаючими компенсаторами забезпечує два фактори, які доповнюють один одного: відмінна адгезія ущільнення до бетону і постійний тиск на стінки шва. При розходженні стінок шва (відносне розширення до 500%) виріб компенсатор розширюється, не розриваючи контакт з поверхнею бетону і не втрачаючи герметичності. З подальшим звуженням шва компенсатор стискається.



Рис. 3.43. Гідроактивні компенсатори до і після контакту з водою, [1]

Компенсатори при контакті з водою збільшуються у об'ємі до 360%, створюючи постійний тиск на стінки шва й надійно ущільнюючи шов. Набухання й висихання може відбуватись багатократно, [1].

Фактично при появі води вона проникає в матеріал компенсатора, капсулюється, чим збільшує об'єм компенсатора, «закриває» деформаційний шов. Тому для цього типу ущільнення проводити роботи можна і при сухому і при мокрому бетоні (рис. 3.45).



Рис. 3.44. Гідроактивні компенсатори при герметизації швів каналу, [1]

Для ефективного використання властивостей розширення і тиску на стінки шва, а відповідно й надійної гідроізоляція компенсатор необхідно запресовувати в шов і обмежувати його стопором.

Компенсаторів і профілі Графпласт К мають наступні переваги:

1. не підлягають гниттю, не всихають, не карбонізуються;
2. до 30 разів вище механічна міцність, порівняно з більшістю ін'єкційних матеріалів, що дозволяє витримувати різні навантаження, що виникають в процесі роботи;
3. допустима наявність води під час герметизації;
4. висока технологічність, не складність приклеювання або запресовування, відсутність дороговартісного устаткування в технології;
5. об'єм збільшується в 2 рази за 24 години, в 3,5 рази за 3–4 доби, при цьому зберігається пружність, еластичність і міцність;
6. при монтажі в компенсаторі пори закриті, він в стані максимальної «усадки» і надалі працює тільки на збільшення обсягу, матеріал також водонепроникний;

7. технологія виготовлення дозволяє формувати різні форми і конфігурації на замовлення, дозволяє встановлювати їх у стики різних форм, гарантуючи рівномірне примикання до бетону й сполучення в конструкціях;
8. застосування суспензії Графпласт К створює міцне з'єднання з бетоном і між собою. Адгезія 0,6–1,0 МПа є гарантом ущільнення;
9. діапазон робочих температур -60°C – $+110^{\circ}\text{C}$;
10. значна кількість циклів набухання – висихання зі збереженням властивостей.

3.1.8.4. Асфальтобетонні покриття

Асфальтобетонні покриття застосовують при влаштуванні протифільтраційних облицювань з високою водонепроникністю, при можливих деформаціях основи, а також високих вимогах щодо корозійної стійкості облицювань.

Використання асфальтобетону в гідротехнічному будівництві доводить його ефективність при ремонті захисних покриттів каналів.

найчастіше застосовується піщаний або дрібнозернистий асфальтополімербетон на основі бітуму з додаванням етилен-пропіленового каучуку або латексу.

Конструкція асфальтобетонних облицювань включає:

- монолітне облицювання – безшовне покриття з щільного гідротехнічного асфальтобетону;
- збірне облицювання у вигляді плит або гнучких матраців..

Асфальтобетонні облицювання можуть бути одношаровими або багатошаровими в залежності від навантаження.

Для влаштування монолітних асфальтобетонних облицювань використовуються машини аналогічні машинам для вкладання монолітного бетону, але з відповідними конструктивними змінами, які враховують технологію вкладання асфальтобетону.

Перед укладанням монолітного асфальтобетону виконується жорстка підготовка з щебеню. Підготовка під збірні асфальтобетонні покриття не потрібна.

У двошарових збірних облицюваннях стики нижнього шару перекриваються елементами верхнього. Герметизація швів між збірними елементами здійснюється гарячою полімерно-бітумною мастикою (при ширині шва 60 мм) або гарячими асфальто-полімер-бетонними сумішами (ширина шва 60–100 мм).

3.1.8.5. Бетоноплівкові облицювання

Бетонні й залізобетонні покриття не дозволяють запобігти на 100% втрат водам води з каналів на фільтрацію. Тому найчастіше застосовують полімерні плівкові матеріали для створення комбінованих покриттів з плівковим екраном

захищеним монолітним бетоном (рис. 3.43), збірними залізобетонними плитами (рис. 3.44) або шаром ґрунту. Двошарова конструкція покриття суттєво підвищує протифільтраційні властивості облицювань.



Рис. 3.45. Улаштування монолітного бетоноплівкового покриття, [1]



Рис. 3.46. Плівковий екран, який захищають залізобетонними плитами, [1], оброблено автором в ШІ

Для виготовлення екранів зі зрошувальних каналів найчастіше використовували поліетиленову плівку марки «С». Її товщина 0,2 мм, поставляється у рулонах шириною 2500 мм, колір чорний. Під дією сонячного світла поліетиленова плівка деполімеризується, тому її стабілізують – додають у процесі виготовлення 2% технічної сажі.

Відповідно до недіючого наразі в Україні ДСТУ [10354-82](#) «Плівка поліетиленова. Технічні умови» (Втратив чинність згідно з наказом від 14.12.2015 № 188. Термін скасування перенесено згідно з наказом від 21.04.2017 № 86), <https://online.budstandart.com>, існує 8 марок поліетиленових плівок, які різняться за призначенням та товщиною:

Марка «М» – для виробництва мішків та інших виробів високої міцності для перевезення різних матеріалів. Товщина 0,015–0,500 мм.

Марка «Т» – для виробництва тимчасових захисних конструкцій: укріплень або інших споруд, для виготовлення пакування та інших плівок:

пофарбованих та незабарвлених, стабілізованих та ні. Товщини 0,015–0,500 мм.

Марка «СТ» – широко використовується для сільськогосподарських потреб, нею покривають культиваційні споруди: теплиці або парники. Це світлостабілізована плівка, яка є атмосферостійкою та довговічною. Товщина 0,03–0,4 мм.

Марка «СІК» – також популярна у сільському господарстві для покриття теплиць, парників та інших культиваційних конструкцій. Здатна забезпечити більший тепличний ефект ніж плівка марки «СТ». Її також використовують для виробництва стабілізованої плівки із здатністю затримувати інфрачервоне випромінювання. Товщина 0,1–0,25 мм.

Марка «СМ» – в сільському господарстві як матеріал, що мульчує, а також для виготовлення плівки стабілізованою сажею. Товщина 0,06–0,22 мм.

Марки «В» та «В1» – це основна плівка для меліоративних та інших водогосподарських робіт. Найчастіше використовується як протифільтраційний екран. Товщина 0,2–0,4 мм.

Марка «Н» – плівка для побутових цілей: пакування, пакети, кульки та ін. Товщина 0,015–0,5 мм.

Основні показники для плівки марки В (В1):

- міцність при розтязі, в поздовжньому / поперечному напрямках, МПа: 14,7 (13,7) / 13,7 (12,7);
- відносне подовження при розриві в поздовжньому / поперечному напрямках, не менше 450 (350)% / 450 (400)%.

На сьогодні в Україні діє стандарт ДСТУ Б В.2.6-128:2010 «Конструкції будинків і споруд. Плити залізобетонні попередньо напружені для облицювання зрошувальних каналів меліоративних систем», https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=26704.

Щодо поліетиленової плівки, яка використовується для протифільтраційного покриття зрошувальних каналів, в Україні застосовуються положення ДБН В.2.4-1-99 «Меліоративні системи та споруди», [54].

В європейських країнах використовуються стандарти серії EN 13361:2013 «Geosynthetic barriers – Characteristics required for use in the construction of reservoirs and dams» – «Геосинтетичні бар'єри. Характеристики, необхідні для використання в будівництві резервуарів і дамб», https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=72544 (офіційний шифр документа: ДСТУ EN 13361:2017) та EN 13362:2013 «Geosynthetic barriers – Characteristics required for use in the construction of canals» – «Геосинтетичні бар'єри. Характеристики, необхідні для використання в будівництві каналів», https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=72547 (офіційний шифр документа: ДСТУ EN 13362:2017).

Дані нормативи були прийняті до застосування на території України як національний стандарт методом «підтвердження» за позначенням [Наказом від 07.08.2017 № 210](#) «Про прийняття національних нормативних документів,

гармонізованих з міжнародними та європейськими нормативними документами, змін та поправок до національних нормативних документів, скасування національних нормативних документів».

Проте Наказом ДП Український НДІНЦПСС та Я від 20.12.2023 № 352 «Про скасування національних стандартів» з 01 січня 2024 року втратив чинність ДСТУ EN 13362:2008 «Геосинтетичні бар'єри. Необхідні характеристики для використання в спорудженні каналів» та ДСТУ EN 13362:2017 (EN 13362:2013, IDT) «Геосинтетичні бар'єри. Характеристики, потрібні для використання під час спорудження каналів», <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0352774-23#Text>.

У США застосовується стандарт ASTM D7007-16 «Standard Practices for Electrical Methods for Locating Leaks in Geomembranes Covered with Water or Earthen Materials» – «Стандартний посібник для оцінки витоків у геомембранах, вкритих водою чи землею, за допомогою електричних методів», <https://www.astm.org/d7007-16.html>.

Ці стандарти регламентують вимоги до поліетиленових плівок та геомембран, що використовуються для протифільтраційного покриття зрошувальних каналів.

Плівковий екран не рекомендується укладати на занадто сухий або вологий ґрунт, тому його необхідно встановлювати відразу після підготовки основи. Взимку обов'язково влаштовується піщана підготовка під плівкою.

Будівництво плівкових протифільтраційних екранів, залежно від конкретних умов може виконуватись за однією з двох схем [45], [55]:

- 1) з попереднім розмотуванням плівки в рулони необхідної товщини;
- 2) без попереднього розмотування плівки в рулони необхідної товщини.

Залежно від конкретних умов виконання робіт допускається суміщення обох схем. При цьому кількість швів, які виконуються в польових умовах, має бути мінімальною. «При влаштуванні бетоноплівкових і збірних бетонних та залізобетонних екранів із застосуванням полімерної плівки повинна забезпечуватись непошкоджуваність плівки, що досягається ретельним плануванням дна і укосів каналу та двостороннім захистом плівки від можливих механічних пошкоджень під час укладання бетонної суміші або монтажу збірних залізобетонних плит, наприклад, крафт-папером», [54].

Послідовність операцій наведена в додатку 3. Для зменшення обсягів робіт з підготовчих робіт, пов'язаних з розрізанням та зварюванням поліетиленових плівок в умовах будівельного майданчику, полотнища плівки доцільно формувати в підготовчому цеху на примайданчиковій базі будівельної організації на станках для нарізання (рис. 3.47) та зварювання поліетиленової плівки (рис. 3.48).

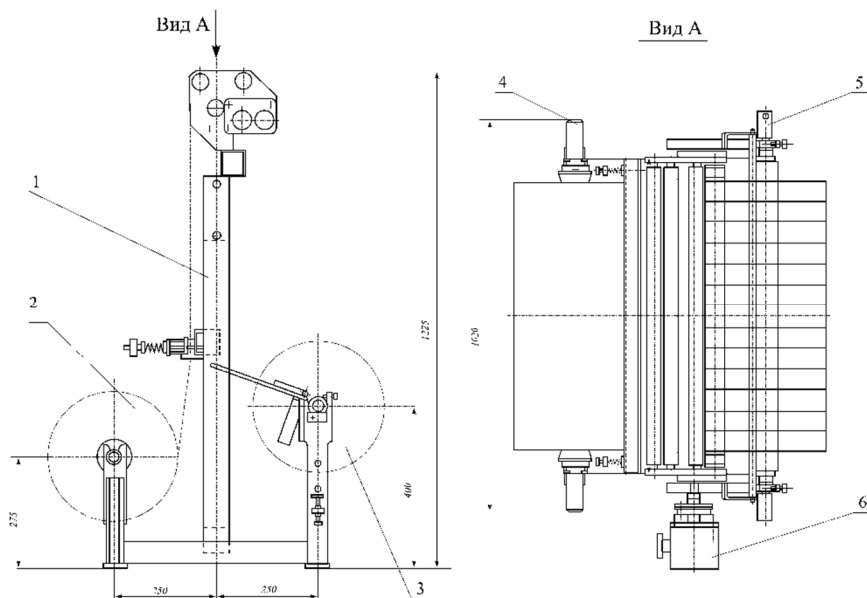


Рис. 3.47. Стенд для намотування рулонів плівки заданої довжини: 1 – рама стенда; 2 – рулон, що змотується; 3 – рулон, який намотується; 4, 5 – вісі рулонів; 6 – електродвигун приводу, [45]



Рис. 3.48. Стенд для зварювання пластикових плівок, [1]

Міцність зварного шва в стаціонарних умовах має бути щонайменше 80% від міцності основного матеріалу, п. 8.38, ДБН В.2.4 -1-99, [54].

Для зварювання поліетиленової плівки у польових умовах використовують спеціальні пристрої з різними принципами дії:

- зварювання гарячим повітрям (рис. 3.49), при якому пристрій створює струмінь повітря, розігрітого до 630° С;
- екструзійне зварювання (рис. 3.50);
- застосування електрозварювальних пристроїв, (рис. 3.51, А, рис. 3.51, Б).



Рис. 3.49. Пристрій для зварювання плівок гарячим повітрям, [1]

Для вільного (без натягу) укладання та з'єднання полотнищ між собою необхідно щоб робоча довжина полотнища мала 5–6% запасу.



Рис. 3.50. Пристрій для екструзійного зварювання плівок, [1]

А



Рис. 3.51, А. Пристрій для електрозварювання плівок (геомембрана Agru Kunststofftechnik GmbH, 1.5 мм), зварювання мембрани проводилося методом гарячого клину за допомогою обладнання Liester, фото автора, <https://nuwm.edu.ua/nni-vgp/news/oznaiomlennia-z-tekhnologiiu-budivnytstva-stavka-nakopychuvacha>

Загальний розмір полотнищ при ручному розкладанні обмежують 100 кг за масою. Якщо екран складається з одного полотнища його завозять та розкладають вздовж осі каналу звернутим по ширині, а потім розвертають.

Якщо екран складається з трьох і більше полотнищ, то спочатку вкладають робочі полотнища на укосах, а потім на дні.

Під час влаштування екрану та захисного покриття ходити по робочих полотнищах дозволяється тільки в м'якому спецвзутті (рис. 3.51, Б).



Рис. 3.51, Б. Зварювання геомембрани Agru Kunststofftechnik GmbH, 1.5 мм методом гарячого клину за допомогою обладнання Liester, фото автора, <https://nuwm.edu.ua/nni-vgp/news/oznaiomlennia-z-tekhnohiiieiu-budivnytstva-stavka-nakopychuvacha>

«Ліквідація пошкоджень плівки та дефектів зварювання здійснюється шляхом наклеювання латок з поліетиленової клейкої плівки. Щоб запобігти підняттю полотнища вітром їх тимчасово потрібно придавити інвентарними мішечками з піском вагою 7–10 кг з інтервалом 5–6 м», [1].



Рис. 3.51, В. Облаштування геомембрани Agru Kunststofftechnik GmbH, 1.5 мм (відповідає ДСТУ Б В.2.7-101-2000) методом гарячого клину за допомогою обладнання Liester, фото автора, <https://nuwm.edu.ua/nni-vgp/news/oznaiomlennia-z-tekhnohiiieiu-formuvannia-protyfiltratsiinoho-pokryttia-vodoim>

«Досвід водогосподарського будівництва дає можливість визнати, що використання плівки дає наступний ефект: монолітний бетоноплівковий екран зменшує фільтрацію в 9–10 разів; плівковий екран захищений збірними залізобетонними плитами – зменшення фільтрації в 24–25 разів», [1].

«Але плівки товщиною 0,2 мм мають невеликий опір динамічним навантаженням, особливо під час влаштування на них облицювання з бетону, тому їх приходится укладати кількома шарами або з захисним екраном з рулонних матеріалів (рис. 3.52)», [1]. «Більший ефект досягається при застосуванні поліетиленової або бутилкаучукової плівки товщиною від 0,4; 0,6; 0,8 до 1,0–2,0 мм», [1].



Рис. 3.52. Плівка покрита захисним екраном з пергаміну, [1] кольоризоване ШІ

3.1.8.6. Геомембрани

«Геомембрани – це сучасний гідроізоляційний матеріал, на основі полімерного полотна, призначений для зменшення або запобігання фільтрації води або рідини через його структуру. Вихідним матеріалом для виробництва геомембрани є поліетилен високої та низької щільності з додаванням сажі, антиокислювачів і стабілізаторів високої температури», [1].

Поліетилен високої щільності (ПВЩ), поліетилен високої густини (ПВГ) або поліетилен низького тиску (ПНД), високої щільності (high-density polyethylene – HDPE) це термопластичний поліетилен, виготовлений з нафтопродуктів, має підвищену міцність та меншу еластичність у порівнянні з поліетиленом низької щільності (Low-density polyethylene – LDPE), https://en.wikipedia.org/wiki/High-density_polyethylene. Його застосовують де при малій товщині необхідна хороша міцність але немає необхідності в високій гнучкості. Має хороші характеристики до поздовжніх і поперечних навантажень, не пропускає вологу, але все ж таки не має властивості герметичності. Плівка, створена з HDPE, має газонепроникність і водостійкість, при хорошій еластичності відрізняється ще й кращими теплоізоляційними якостями. Мінусом цього виду поліетилену є менша стійкість до міцності на розрив. Поліетилен низької щільності (густоти – ПНГ) (англ: LDPE – Low-density polyethylene) – це термопластик, який виробляють із мономеру етилену. LDPE-пластик має більш розгалужену структуру (приблизно на 2% більше атомів вуглецю), ніж ПВГ, тому міжмолекулярні сили слабкіші, а його міцність і стійкість вища, https://en.wikipedia.org/wiki/Low-density_polyethylene.

«Геомембрани випускається і поставляється в рулонах шириною від 2 до 12 метрів. Товщина геомембрани складає, залежно від вимог конкретного проекту 0,65–6 мм. Залежно від складу сировини розрізняють полімерні геосинтетичні мембрани, глиняно-геосинтетичні мембрани і бітумно-геосинтетичні мембрани. За призначенням геомембрани підрозділяють на гладкі, текстуровані і профільовані. Геомембрани не схильні до гниття, впливу кислот, лугів, ультрафіолетового опромінювання. Термін служби геомембран не менше 80 років. Для захисту геомембран від механічних пошкоджень використовується геотекстиль високої щільності», [1].

«Бентонітові геомембрани виготовлюють з натурального натрієвого бентоніту і високоміцного поліпропіленового геотекстилю. Несучий і покриваючий матеріали скріплені між собою голкопробивним методом з наступною термічною обробкою нижньої сторони матеріалу. Верхній, покриваючий геотекстиль у бентонітових геомембран наповнений бентонітовим порошком, що забезпечує проникнення часток бентоніту в шпарини бетону і збільшує адгезію до бетону», [1].

«Бентоніт – природний глинистий мінерал, що має властивість розбухати при гідратації (в 14–16 разів). При обмеженні простору для вільного розбухання в присутності води утворюється щільний гель, який перешкоджає подальшому проникненню вологи. Ця властивість, а також нетоксичність і хімічна стійкість робить його незамінним у влаштуванні гідроізоляційних покриттів каналів, штучних резервуарів води та відстійників (рис. 3.53)», [1].

Покриття з геомембран настільки міцні і стійкі проти механічних пошкоджень, що на каналах де не передбачається очищення дна від мулу бульдозерами, їх можна використовувати як самостійний вид облицювань (рис. 3.54).

«За необхідністю геомембрани захищають одним з видів бетонного або залізобетонного покриття (рис. 3.55)», [1].

Технологія укладання геомембран на дно та укоси каналів подібна улаштуванню плівкових екранів.

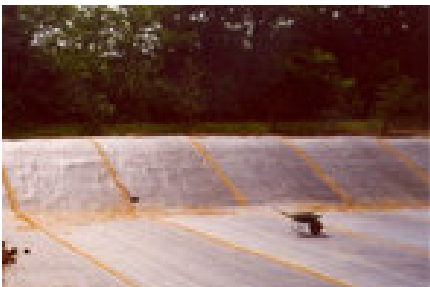


Рис. 3.53. Влаштування гідроізоляційного покриття з бентонітової геомембрани, [1]



Рис. 3.54. Влаштування облицювання каналу з поліетиленової геомембрани, [1]



Рис. 3.55. Захист мембранного покриття універсальними гнучкими бетонними матами, [1]

3.1.9. Будівництво каналів-лотків

Канали з залізобетонних лотків дозволяють знизити витрати води, підвищити ККД і КЗВ зрошувальних систем. Будівництво лоткової мережі зменшує об'єми земляних робіт в порівнянні з відкритими каналами, сприяє впровадженню індустріальних методів монтажу, але потребує високої технологічної культури виконання робіт.

Канали-лотки можуть зводитися на стійках (стаканного типу), палях або опорних плитах, що вкладаються на ґрунт (рис. 3.56).

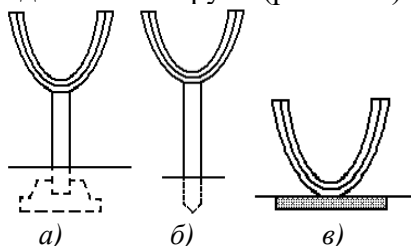


Рис. 3.56. Схеми зведення лоткових каналів, [1]: а – на стійках (стаканного типу); б – на палях; в – на опорних плитах, що вкладаються в ґрунт

Для будівництва лоткових каналів застосовують збірні залізобетонні лотки параболічного перетину.

Основні розміри лотків наведені в таблиці 3.2, а загальний вигляд на рис. 3.57.

Водопроникність з'єднань досягається шляхом укладання в розтруб лотка пороізового джгута, мінеізовових прокладок або бентонітового шнура.

При цьому застосовують обмежувачі, що заважають повному зім'яттю протифільтраційного елемента.

До початку будівництва каналів-лотків повинен бути виконаний комплекс підготовчих робіт. Лотки, розміщують вздовж траси на дерев'яних

підкладках. Стійки, фундаментні блоки, палі, опорні плити вкладають без підкладок.

Таблиця 3.2

Основні розміри залізобетонних лотків параболічного перетину для улаштування збірних розподільчих каналів з витратою води до $5 \text{ м}^3/\text{с}$

Марка лотка	$H/H_2, \text{мм}$	$H_2/H_3, \text{мм}$	$b/b_n, \text{мм}$	$b_p/b_{pn}, \text{мм}$	$S, \text{мм}$
ЛР-4(ЛРН-4)	400/450	465/540	800/908	940/1058	50
ЛР-6(ЛРН-6)	600/650	665/755	980/1084	1114/1228	50
ЛР-8(ЛРН-8)	800/860	875/965	1132/1240	1270/1396	60
ЛР-10(ЛРН-10)	1000/1075	1090/1210	1674/1804	1834/1994	75

Примітки: 1. ЛР – лоток розтрубний; ЛРН – лоток розтрубний попереднього напруження; 2. Довжина лотків ЛР-5980 мм, лотків ЛРН-7980 мм; 3. Умовні позначення див. рис. 3.57.

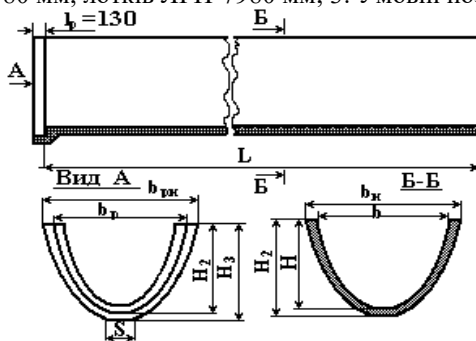


Рис. 3.57. «Параболічний лоток», [1]

При будівництві лотків на опорних стійках (рис. 3.58), котлован розробляється екскаватором зворотна лопата місткістю ковша $0,15 \text{ м}^3$. На дні котловану влаштовується піщано-щебенева підготовка товщиною 5–7 см.

«Коли котлован готовий, краном в нього опускається фундаментний блок і після вивірки встановлюється остаточно, з наступною зворотною засипкою. Потім у фундаментні блоки встановлюються опори. Після вивірки положення опор-стійок їх омонолічують жорсткою бетонною сумішшю, приготовленою із дрібного щебеню, піску та цементу, що швидко тужавіє», [1].



Рис. 3.58. Лотковий канал на опорних стійках, [1], кольоризоване ШІ

«На попередньо зволожену опорну частину стійки підливають цементний розчин і ретельно вирівнюють. На опорі встановлюють розтруб лотка, укладаючи гладкий кінець лотка в розтруб раніше встановленого лотка на гідроізоляційну прокладку», [1].

«Допустимі відхилення від проекту при монтажі опор не повинні перевищувати наступних величин: відстань між опорами ± 5 мм; відмітка верха стійки ± 10 мм, різниця відміток дна двох суміжних лотків при дотриманні загального проектного ухилу дна каналу ± 10 мм, вертикальних опор ± 5 мм», [1].

«При будівництві каналів-лотків на пальових опорах ведучим будівельним процесом є занурення паль. Відхилення їх положення в плані не повинно перевищувати ± 25 см. Відстань між осями паль витримують в межах ± 5 см. По висоті палі занурюють з точністю $0,5 \div 1,5$ см, не допускаючи їх не добиття. Якщо верхня площа палі знаходиться нижче проектного положення, то в межах припустимих відхилень її підвищують шляхом нанесення цементного розчину», [1].

«При улаштуванні каналів лотків на опорних плитах (рис. 3.59, А), укладених в ґрунт, автогрейдером розробляють траншею глибиною, яка задана проектом», [1].



А

Рис. 3.59, А.
«Лотковий канал на опорних плитах», [1], кольоризоване ШІ

«Товщина шару ґрунту, що зрізується за один прохід не повинна перевищувати 0,2 м. Точність розробки траншеї, порівняно з проектними відмітками дна, повинна бути ± 5 см. Вручну доробляється основа під кожен опорну плиту і влаштовується щебенева підготовка. Потім одним краном встановлюють опорні плити, а другим – монтують лотки», [1].

«Лотки транспортують до місця монтажу спеціальними автомобілями-лотковозами (рис. 3.59.3) », [1].



Б

Рис. 3.59, Б. Приклади будівництва лоткових каналів на опорних плитах виробництва Fattori, Італія: <https://www.gffattori.com/prefabbricati-irrigazione/canali-irrigazione.html>

Для зрошення італійська фірма Fattori (<https://www.gffattori.com/>) виробляє широкий набір зрошувальних каналів, бетонних лотків, що спираються на бетонні цокли (plinths), відлиті на місці, що дозволяє швидко створити мережу каналів.

Представлені 3 основні типи лоткової мережі:

- Section 500, cm 500 x 50 x h55 (рис. 3.59, Б);
- Section 1000, cm 500 x 50 x h55 (рис. 3.59, Г);
- Section 210/70 cm 500 x 210/70 ХН.70 (рис. 3.59, Г).

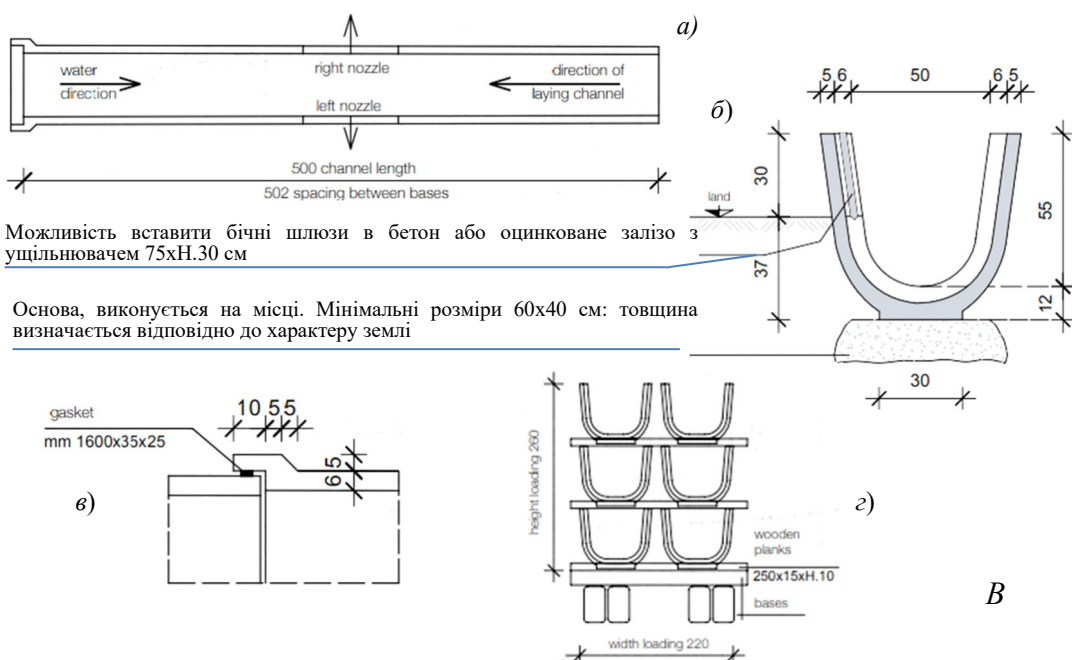


Рис. 3.59, В. Лоткова секція Section 500, cm 500 x 50 x h55 на опорних плитах виробництва Fattori, Італія: <https://www.gffattori.com/prefabbricati-irrigazione/canali-irrigazione.html>: а – параметри встановлення секції; б – геометричні параметри секції; в – параметри з'єднання секцій між собою; г – транспортування секцій

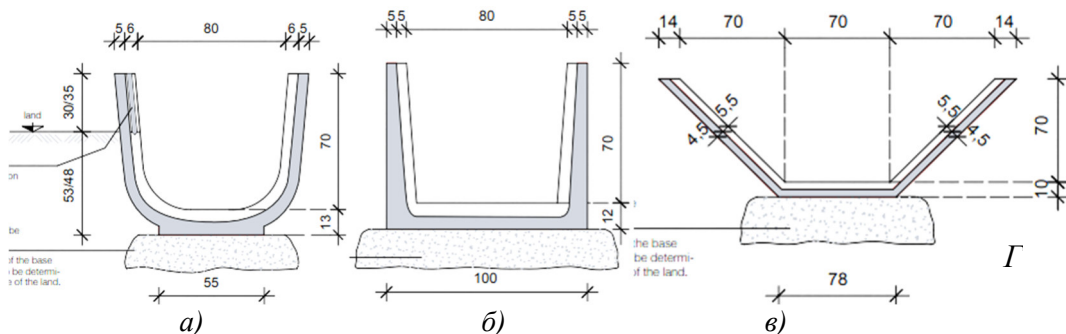


Рис. 3.59, Г. Лоткові секції виробництва Fattori, Італія, <https://www.gffattori.com/prefabbricati-irrigazione/canali-irrigazione.html>: а – Section 800, cm 500x80xh70; б – Section 1000, cm 490x80xh70; в – Section 210/70 cm 500 x 210/70 XH.70

Після монтажу лотків проводяться гідравлічні випробування каналу на (рис. 3.60).



Рис. 3.60. Гідравлічні випробування лоткового каналу на опорних плитах, [[1], кольоризоване ШІ

«Монтаж лотків ведеться з допомогою спеціальних поворотних траверс (рис. 3.61). Відхилення відстаней між осями опор від заданих проектом не повинні перевищувати ± 5 см, а відмітки верха опорних плит ± 10 мм», [1].



Рис. 3.61. Монтаж лотків з допомогою спеціальної поворотної траверси, [1]

Питання для самоконтролю

1. Як класифікуються перетини каналів залежно від розташування дна відносно поверхні?
2. Які механізми використовуються для розробки каналів у виїмці?
3. Яка спільна характеристика каналів у напіввиїмці, напівнасипу та в насипу?
4. Якими механізмами ущільнюють ґрунт у насипах каналів?
5. Які типи протифільтраційного покриття використовуються для зрошувальних каналів?
6. Які машини входять до складу комплексу для влаштування монолітних облицювань?
7. Що таке повнопрофільний комплект машин?

8. Яка відстань між температурними швами в монолітному облицюванні каналів?
9. Які плити застосовуються для облицювання каналів?
10. Які підйомні механізми застосовуються для монтажу збірних залізобетонних плит?
11. Що встановлюють у місці з'єднання берми та облицювальної плити укусу?
12. Для чого використовується стрічка «констоп»?
13. Які матеріали застосовуються для герметизації швів між збірними залізобетонними плитами?
14. Які властивості має бентонітовий шнур?
15. Що таке гідроактивні компенсатори?
16. Яка плівка використовується для створення екранів?
17. Які пристрої використовуються для зварювання полімерних плівок?
18. Назвіть типи геомембран.
19. Які типи лотків використовуються при будівництві зрошувальної мережі?
20. На які елементи встановлюються збірні залізобетонні лотки?

3.2. Будівництво закритих напірних зрошувальних трубопроводів

«Широке розповсюдження в меліоративному будівництві знайшли закриті зрошувальні трубопроводи. ККД трубопроводів значно перевищує ККД каналів – 0,95–0,98, що сприяє економному витрачання води на зрошення, дає можливість впровадження прогресивних способів поливу та його автоматизації», [1].

3.2.1. Підготовчі роботи

Підготовчі роботи по трасі трубопроводу зводяться до розчищення смуги, на якій відбувається будівництво від чагарників, дерев, пнів, великогабаритного каміння звичайними для цих робіт механізмами.

Виносяться в натуру вісі трубопроводів та споруд, визначаються межі розробки траншей, котлованів, розташування кавальєрів та відвалів (смуга тимчасового відводу земель).

Вздовж траси трубопроводу встановлюються покажчики наявних підземних комунікацій (рис. 3.62, А), які розкриваються в присутності представників відповідних організацій.

Перед початком розробки траншей знімається рослинний шар ґрунту (рис. 3.62, А). Глибина зняття рослинного шару встановлюється проектом за даними геологічних та ґрунтових вишукувань. Ширина зняття рослинного шару повинна перекривати смугу, на якій безпосередньо розташовані траншея та кавальєр мінерального ґрунту.



Рис. 3.62, А. Траса трубопроводу зі знятим рослинним ґрунтом, Osmun Armory, keystone pipeline project, (2010). Дата звернення: 09, Січень 2025. [Online Video]. Доступний у: <https://www.youtube.com/watch?v=LXZfepzCbB4>



Рис. 3.62, Б. Маркування наявних підземних комунікацій, PA Asphalt Pavement Association, Pipe Installation, (2019). Дата звернення: 09, Січень 2025. [Online Video]. Доступний у: <https://www.youtube.com/watch?v=aWG8tPHV5y0>

3.2.2. Розробка траншей під трубопроводи

При розробці траншей їх влаштовують згідно розмірів за проектом. За відсутності в проєкті таких даних керуються вказівками, наведеними в [ВБН А.3.1-33-2.4-01-99](#), [56].

«Глибина траншеї призначається з урахуванням зовнішнього діаметра та глибини промерзання ґрунту. Допустима глибина траншеї без кріплення стінок залежить від виду ґрунтів, в яких вона розробляється: в піщаних – 1 м; в супіщаних – 1,25 м; в суглинках і глинах – 1,5 м. При більшій розрахунковій глибині траншеї необхідно влаштовувати трапецієподібної форми або у стислих умовах використовувати інвентарні кріплення», [1].

«Коефіцієнт закладання укусу траншеї залежить від її глибини та виду ґрунту (табл. 3.3)», [1].

Таблиця 3.3

Найбільші допустимі коефіцієнти закладання укусів траншей у не перезволожених ґрунтах, [1]

Найменування ґрунту	Коефіцієнт закладання укусів при глибині виїмки до, м		
	1,5	3,0	5,0
Насипний	1 : 0,67	1 : 1,00	1 : 1,25
Піщаний та гравійний вологий (насичений)	1 : 0,50	1 : 1,00	1 : 1,00
Глинистий: супісок глина леси та лесові сухі	1 : 0,25	1 : 0,67	1 : 0,85
	1 : 0	1 : 0,50	1 : 0,75
	1 : 0	1 : 0,50	1 : 0,50
Морені: супіщаний, піщаний суглинистий	1 : 0,25	1 : 0,57	1 : 0,75
	1 : 0,20	1 : 0,50	1 : 0,65

Ширина траншей приймається залежно від діаметра, матеріалу, способу вкладання труб (табл. 3.4).

Найменша ширина дна траншей при їх розробці в піщаних та супіщаних ґрунтах землерийними машинами циклічної дії повинна перевищувати ширину ріжучої крайки робочого органу на 0,15 м, а при розробці в глинистих та суглинистих ґрунтах – на 0,1 м.

Таблиця 1.4

Найменша ширина траншей з вертикальними стінками по дну без врахування кріплень укосів, [1]

Спосіб укладання трубопроводу	Ширина траншеї, м (без врахування кріплень) при стиковому з'єднанні		
	зварне	розтрубне	муфтове, фланцеве для всіх труб
1	2	3	4
1. Секціями або окремими трубами при зовнішньому діаметрі труб Д, м: від 0,7 понад 0,7	Д + 0,3 але не менше 0,7 1,5 Д	– –	– –
2. Те ж саме, на ділянках, що розробляються траншейними екскаваторами під трубопровід діаметром до 210 мм, який укладається без спускання людей до траншеї	Д + 0,2	–	–
3. Те ж саме, на ділянках трубопроводу, привантажених вантажем	2,2 Д	–	–
4. Окремими трубами при зовнішньому діаметрі труб Д, м, включно:			
до 0,5	Д + 0,5	Д + 0,6	Д + 0,8
від 0,5 до 1,6	Д + 0,8	Д + 1,0	Д + 1,2
від 1,6 до 3,5	Д + 1,4	Д + 1,4	Д + 1,4

Траншеї розробляють окремими ділянками у якомога коротші терміни, ув'язані з загальним ходом робіт з прокладання трубопроводів. Відкриті траншеї необхідно захищати від поверхневих та ґрунтових вод, а при їх попаданні в траншею, своєчасно видаляти для запобігання обрушень.

Розробка траншей починається з понижених місць. Вийнятий ґрунт бажано складати в односторонні кавальєри, щоб не створювати складнощів при монтажі труб.

Відставання вкладання труб від розробки траншей не повинно перевищувати трьох днів влітку та одного – взимку.

Для розробки траншей слід застосовувати землерийні машини неперервної дії. Наприклад, шнекороторні екскаватори (рис. 3.63) для розробки траншей з укосами, роторні (рис. 3.64), стрічкові (рис. 3.65), а також ланцюгові екскаватори (рис. 3.66), якщо дозволяють фізико-механічні властивості ґрунтів, для розробки траншей з вертикальними стінками.

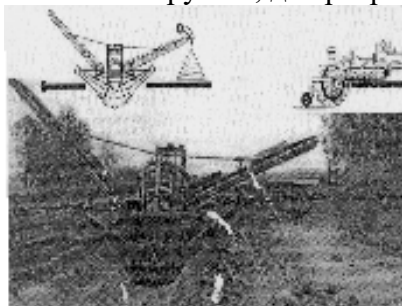


Рис. 3.63. Розробка траншей з укосами шнеко-роторним екскаватором, [1]



Рис. 3.64. Розробка траншей з вертикальними стінками роторним екскаватором, [1]



Рис. 3.65. Розробка траншей стрічковим екскаватором безперервної дії, [1]



Рис. 3.66. Розробка траншей ланцюговим екскаватором, [1]

«Якщо параметри траншей або фізико-механічні властивості ґрунту не дозволяють використовувати багатоківшеві екскаватори, траншей розробляються одноківшевими екскаваторами з робочим обладнанням «драглайн» (рис. 3.67) або «зворотна лопата» (рис. 3.68)», [3].

Рис. 3.67. Розробка траншей екскаватором «драглайн», [1]



Розробка ґрунту багатоківшевыми екскаваторами ведеться до проектних відміток, а одноківшевыми – з недобором. Потім недобір ліквідується вручну, або механізовано.

Приямки для монтажу та герметизації стикових з'єднань розтрубних труб та труб, що з'єднуються муфтами діаметром до 300 мм розроблюють безпосередньо перед вкладанням труб.

Приямки для трубопроводів $d > 300$ мм допускається влаштовувати за 1–2 дні до початку монтажу.



Рис. 3.68. Розробка траншеї екскаватором «зворотна лопата», [1]

Розміри приямків призначаються залежно від виду та діаметрів труб і способу їх з'єднання (табл. 3.5).

Таблиця 3.5

Розміри приямків, [1]

Труби	Стикове з'єднання	Тип ущільнення	Умовний прохід	Розміри приямків, м		
				довжина	ширина	глибина
1	2	3	4	5	6	7
сталеві	зварне	—	для усіх діаметрів	1,0	$D+1,2$	0,7
чавунні	розтрубне	гумова манжета прядив'яне	до 300 мм	0,5	$D+0,2$	0,1
			понад 300 мм	0,5	$D+0,7$	0,4
азбесто-цементні	муфта САМ	гумове кільце фігурне	до 300 мм включно	0,7	$D+0,2$	0,2
			понад 300 мм	0,7	$D+0,5$	0,2
	чавунна фланцева муфта	гумове кільце кругле	до 300 мм включно	0,7	$D+0,5$	0,3
			понад 300 мм	0,9	$D+0,7$	0,3
бетонні і залізобетонні	розтрубне, муфтове з бетонним поясом	гумове кільце круглого перетину	до 600 мм включно	0,5	$D+0,5$	0,2
			від 600 мм до 3500 мм	1,0	$D+0,5$	0,3
пластмасові	усі види з'єднань	—	для усіх діаметрів	0,6	$D+0,5$	0,2

3.2.3. Труби для будівництва зрошувальних трубопроводів

Залізобетонні труби (рис. 3.69) – досить міцні, витримують порівняно великі тиски, стійкі до впливу зовнішніх руйнуючих факторів (грунтові води, промерзання ґрунту тощо). Термін служби труб більше 50 років. Пропускна спроможність з часом, при відповідному догляді, не змінюється. Залежно від розрахункового внутрішнього тиску поділяють на 4 групи: 1 – тиск до 2,0 МПа; 2 – до 1,5 МПа, 3 – до 1,0 МПа, 4 – до 0,5 МПа, [1].



Рис. 3.69. Залізобетонні напірні труби, [1]

Залежно від технології виготовлення залізобетонні труби поділяють на:

- Віброгідропресовані – виготовляються діаметром 500–1600 мм, корисної довжини 5 м, (напр. ТН 80.50 – 2);
- центрифуговані – діаметром 500–1600 м, довжиною 5 м, (ТН 80.50 – 2);
- відцентровопрокатні – для спорудження водогонів великого діаметру 1200–2400 мм, розраховані на тиск 1,5 МПа ($d=2400$ – на 0,5 МПа), (ТНР ВП 200.25 – 3), [1].

Залізобетонні напірні труби постачають у комплекті з гумовими кільцями, які забезпечують герметичність з'єднання.

Азбестоцементні труби (рис. 3.70) – стійкі до корозії, морозостійкі, мають порівняно невелику щільність, тому, відносно легкі та мають невелику вартість. Основні недоліки: крихкість та канцерогенність. При транспортуванні та монтажі азбестоцементні труби потребують великої технологічної культури.



Рис. 3.70. Азбесто-цементні труби, [1]

«Азбестоцементні труби виготовляють чотирьох класів: ВТ – 6 (робочий тиск $P_p = 6$ атм); ВТ – 9 ($P_p = 9$ атм); ВТ – 12 ($P_p = 12$ атм); ВТ – 15 ($P_p = 15$ атм)», [1].

«Азбестоцементні труби випускають трьох типів:

- I тип – $l = 2.95$ м, $d = 100, 150$; $l = 3.95$ м, $d = 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 500$ мм;
- II тип – $l = 4.95$ м, $d = 200–500$ мм;
- III тип – $l = 5.95$ м, $d = 200–300$ мм», [1].

Довжина обточеного кінця – 200 мм.

«Азбестоцементні труби з'єднуються азбестоцементними муфтами (рис. 3.71) САМ (САМ–6, САМ–9, ...), що самоущільнюються, або чавунними муфтами «ЖИБО» на болтах (рис. 3.72). Як ущільнювачі в муфтах «САМ» та «ЖИБО» застосовують гумові манжети», [1].

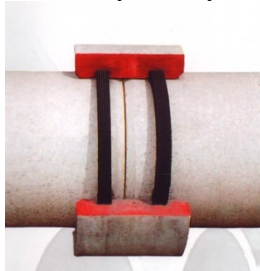


Рис. 3.71. Азбестоцементна муфта САМ у розрізі, [1]



Рис. 3.72. Муфти «ЖИБО» різних діаметрів, [1]

«Пластмасові труби – найбільше відповідають вимогам, що висуваються до закритих зрешувальних напірних трубопроводів. Вони мають малу масу, не кородують, не руйнуються при замерзанні в них води. Мають підвищену пропускну спроможність (при однаковому діаметрі на 20–30% вище, ніж у сталевих труб). 1 тонна труб з полімерних матеріалів замінює 5–6 т сталевих або чавунних, або 11 т азбестоцементних», [1].

«Напірні поліетиленові труби (ДСТУ Б В.2.7-151:2008 «Труби поліетиленові для подачі холодної води») випускають при низькому тиску з поліетилену високої щільності (ПВП), при високому тиску – з поліетилену низької щільності (ПНП)



чотирьох типів: Л (легкий) – робочий тиск до 0,25 МПа; СЛ (середньо легкий) SDR17,6 – 0,4 МПа; С – (середній) SDR21 – 0,6 МПа; В – (важкий) SDR13,6 – 1,0 МПа, ОВ (особливо важкий) SDR9 – 1,6 МПа діаметром 110...630 мм (рис. 3.73)», [1].

Рис. 3.73. Поліетиленові труби, [1]

Труби виготовляють відрізками довжиною 5, 6, 8, 10 та 12 м.

Напірні труби з **поліетилену низького тиску** високої щільності (ПВП) виготовляють діаметрами 63–1200 мм, довжиною 6 та 12 м.

Напірні труби з непластифікованого **полівінілхлориду** виготовляють шести типів: О – полегшений для безнапірних трубопроводів; Л, С, СЛ, В (Т) та ОВ (ОТ), діаметрами 50–450 мм, довжинами 5 та 6 м. Такі ж труби з розтрубами (рис. 3.74) випускаються двох типів С та В(Т), діаметрами 110–315 мм, $l=6$ м.



Рис. 3.74. Труби полівінілхлоридні з розтрубним з'єднанням, [1]

Напірні труби з **поліпропілену** виготовляються трьох типів: Л, С, В, діаметрами 40–300 мм.

Труби поліетиленові з стільниковою конструкцією стінки (рис. 3.75) діаметрами 600–6000 мм, довжинами до 13 м виготовляються двох типів Л і СЛ.



Рис. 3.75. Поліетиленові труби з стільниковою стінкою, [1]

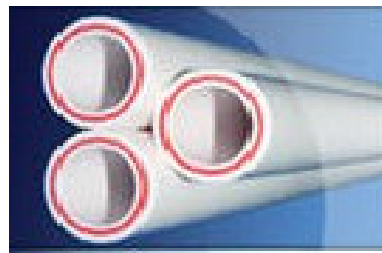


Рис. 3.76. Біпластмасові труби, [1]

«**Біпластмасові труби** (тонкостінні поліетиленові труби, зміцнені формуванням зовнішньої склопластикової оболонки) мають робочий тиск до 2,0 МПа, $d = 110...315$ мм, $l = 6$ м, з розтрубним з'єднанням (рис. 3.76)», [1].

«**Сталеві труби** в будівництві зрошувальних систем застосовують для перетину природних та штучних перешкод, коли труби з інших матеріалів непридатні, зокрема на ділянках напірних трубопроводів яким загрожує гідравлічний удар тощо», [1].

«Для напірних трубопроводів застосовують сталеві труби нафтогазового сортаменту (рис. 3.77), а також тонкостінні сталеві (рис. 3.78) труби з протикорозійним покриттям (лак «Етиноль», поліетиленова плівка, цинкове покриття)», [1].



Рис. 3.77. Сталеві труби нафтогазового сортаменту, [1]



Рис. 3.78. Тонкостінні сталеві труби, [1]

Тонкостінні труби розраховані на тиск до 2 МПа, $d = 219...530$ мм, $l = 5, 6$ і 11 м.



Рис. 3.79. Тонкостінна сталева труба з привареною обичайкою, [1]

Тонкостінні труби через неможливість зварювання та з'єднання муфтами випускаються з розтрубами, ущільнення стику яких виконується гумовими манжетами або з гладкими кінцями, до яких у заводських умовах у середовищі інертних газів приварюються обичайки з відрізків товстостінних труб. Вже такі стики можна зварювати звичайними пристроями електродугового зварювання (рис. 3.79).

Чавунні труби (рис. 3.80) для будівництва закритих зрошувальних систем використовуються тільки у виняткових випадках, коли використання інших типів труб неможливе. Це пояснюється великими витратами чавуну на їх виробництво, крихкістю при динамічних навантаженнях. Частіше чавунні труби застосовуються у природоохоронних спорудах і спорудах пов'язаних з транспортуванням води з розчиненими в ній агресивними речовинами.

Промисловість випускає чавунні розтрубні напірні труби 3-х класів: ЛА – робочим тиском 10 атм, А – 14 атм, Б – 16 атм, довжинами 3–10 м, діаметрами 200–500 мм.



Рис. 3.80. Чавунні труби, [1]

3.2.4. Гідроізоляція трубопроводів

Більшість сталевих труб випускаються з антикорозійною ізоляцією, як правило з екструдованого поліетилену (рис. 3.81). Якщо ж сталеві труби при постачанні не були покриті заводською антикорозійною ізоляцією, то її виконують безпосередньо перед монтажем труб, або попередньо на спеціалізованих стендах будівельних організацій.

Для антикорозійного захисту напірних зрошувальних водогонів, як правило, застосовують бітумно-гумові, бітумно-полімерні покриття нормального або посиленого тиску, плівкові покриття нормального або посиленого тиску, плівкові покриття з полімерних липких стрічок, [1].

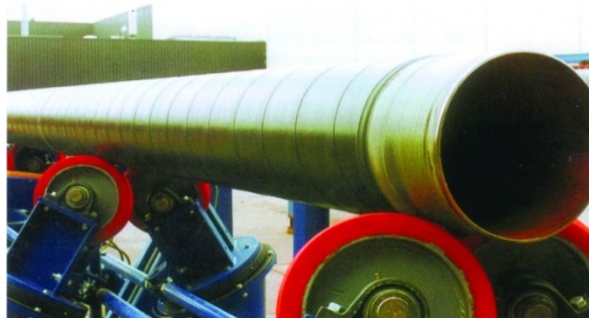


Рис. 3.81. Нанесення протикорозійної ізоляції на сталеві труби у заводських умовах, [1]

«Приклад посиленого бітумно-гумового покриття (шарами):

1. бітумна ґрунтовка;
2. шар бітумно-гумової мастики товщиною 3 мм;
3. шар склополотна;
4. шар бітумно-гумової мастики товщиною 3 мм;
5. зовнішня обгортка з паперу, брізолу, гідроізолу тощо», [1].

«Приклад посиленого покриття з полімерних стрічок:

1. ґрунтівка;
2. два шари полімерної ізоляційної стрічки;
3. зовнішня обгортка», [1].

Перед ґрунтуванням поверхня трубопроводу очищується від бруду, іржі та пилу. Очищення найбільш ефективно проводити механізовано (рис. 3.82).

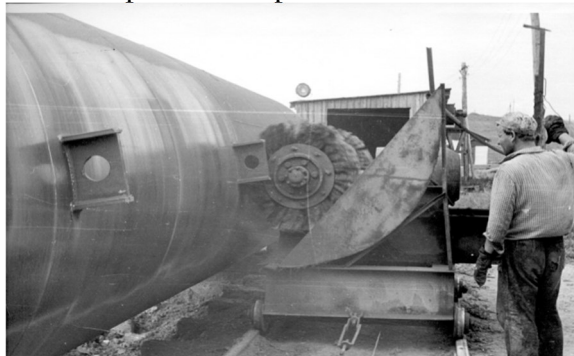


Рис. 3.82. Очищення сталевих труб механічними щітками, [1]

«Ґрунтовку наносять на суху поверхню тонким шаром», [1].

«Бітумні ґрунтовки виготовляють з бітуму, розчиняючи його в бензині у співвідношенні 1:3 за об'ємом. Бітумно-гумову, або бітумно-полімерну мастики наносять на ґрунтовку, що висохла у гарячому стані ($t = 160 \dots 180^\circ \text{C}$) », [1].

«Неприпустимо наносити мастику на вологу поверхню, а також під час снігопаду, дощу або при сильному тумані», [1].

Зовнішній обгортуючий шар з паперу, гідроізолу та інших матеріалів необхідно накладати на гарячу мастику з перекриттям витків 2–3 см, шар повинен щільно прилягати до покриття (рис. 3.83).



Рис. 3.83. Сталеві труби з бітумно-полімерною ізоляцією і зовнішнім захисним шаром, [1]

Внутрішні обгортуючі шари дозволяється накладати без перекриття, при цьому зазор між витками не повинна перевищувати 5 мм.

Плівкові покриття з полімерних стрічок також наносяться на попередньо очищені та заґрунтовані труби з допомогою ручних (рис. 3.84) та механізованих

пристроїв, як на базі будівельної організації, так і безпосередньо перед укладанням в траншею, [1].

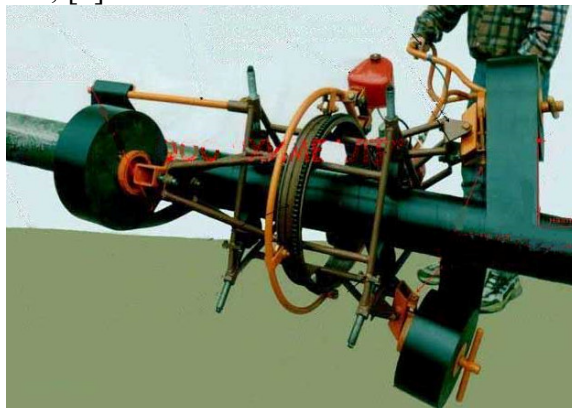


Рис. 3.84. Ручний пристрій для нанесення ізоляції з полімерних плівок, [1]

Як правило, ізоляція стиків виконується тими ж самими матеріалами, що й основна ізоляція трубопроводу (рис. 3.85). Ізоляція стиків полімерними липкими стрічками можлива і на трубопроводах, які ізолювані іншими матеріалами.



Рис. 3.85. Ізоляція стику після його зварювання, [1]

При наявності агресивних ґрунтових вод найчастіше застосовують залізобетонні труби, виготовлені зі спеціальних агресивно-стійких цементів. Якщо такі труби відсутні то використовують залізобетонні труби, виготовлені на звичайних портландцементів, однак з попередньо нанесеною гідроізоляцією.

«Для захисту від корозії в агресивних ґрунтах застосовують захисні покриття та речовини, що просочують матеріал труб. Як захисні покриття використовуються бітумні, бітумно-полімерні, бітумно-емульсійні та полімерні мастики. Для просочування залізобетонних труб застосовують розплавлений петролатум. Тип покриття та його структура визначаються проектом, [1].

Залізобетонні труби ізолюються до початку монтажу шляхом нанесення 2–4 шарів гарячого бітуму товщиною 1–2 мм на попередньо ґрунтовану поверхню, або такої ж кількості шарів холодних бітумних емульсій. Ізоляцію наносять

механічним способом з допомогою форсунок, форсунок – розпилювачів, або вручну жорсткими щітками (рис.3.86).

Для просочування залізобетонних труб застосовується композиція, яка містить 90% петролатума і 10% вищих жирних кислот. Просочування проводиться у спеціальних камерах при температурі від 80° С до 90° С протягом не менше двох годин. При просочуванні одночасно з трубами у просочувальну камеру встановлюються зразки–фрагменти зовнішнього шару бетону кількістю не менше двох штук, на яких визначається глибина просочування», [1].



Рис. 3.86. «Монтаж залізобетонної труби, з нанесенням на неї гідроізоляції в два шари бітуму», [1]

3.2.5. Монтаж трубопроводів

«Монтаж залізобетонних трубопроводів здійснюють за допомогою трубоукладачів, тракторних та гусеничних кранів. Труби, особливо їх внутрішню поверхню, перед стропуванням ретельно перевіряють, за необхідністю очищають від забруднень та напливів бетону. Підготовлену трубу подають до місця вкладання (в траншею) розтрубом вперед за ходом монтажу. Перед вкладанням першої труби, на початку траси, влаштовують бетонний або сталевий упор, який забезпечує стійке положення перших двох-трьох труб під час їх з'єднання (рис. 3.87)», [1], [3].

Найчастіше для монтажу використовують різноманітні типи захватів для труб: гідравлічні траверси (рис. 3.88), гідравлічні торцеві (рис. 3.89), універсальні захвати-ковші (рис. 3.90), кліщові (рис. 3.91) тощо.

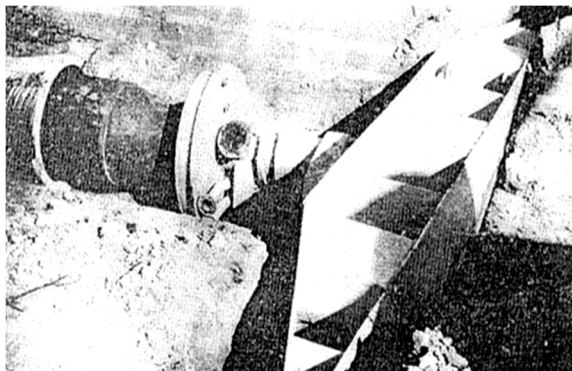


Рис. 3.87. Кінцевий упор, [1]



Рис. 3.88. Гідравлічна траверса, [1]

Якщо захват відсутній, то стропування здійснюють з допомогою м'яких стропів-рушників або траверс з «рушниками» (рис. 3.92). Потім трубу піднімають на висоту 0.2–0.3 м і перевіряють надійність стропування, після чого піднімають трубу на висоту близько 1 м та поворотом крана подають в траншею.



Рис. 3.90. Універсальний захват-ківш,

Рис. 3.89. Гідравлічний торцевий захват, installing a driveway Culvert, ezgrout, 129 Pipe Layer, (2010). Дата звернення: 08, Січень 2025. [Online Video]. [Online Video]. Доступний у: <https://www.youtube.com/watch?v=AXDcn-0tYI>



Рис. 3.91. Різні типи клешньових захватів, [1], <https://mipromet.eu/products/lifting-clamps/round-section-beam-clamps>

Рис. 3.92. Траверса з «рушниками», [1]

На висоті 0,5 м від дна траншеї опускання труби припиняють і на гладкий її кінець одягають гумове кільце ущільнення (рис. 3.93), після чого заводять в розтруб раніше вкладки труби (рис. 3.94), так щоб кільце в розтрубі було розташоване щільно по контуру. Досягнувши цього, трубу повільно опускають на підготовлену основу, [1], [3].



Рис. 3.93. Одягання гумового кільця на гладкий кінець залізобетонної труби, CРААconcpipe, CРАА Installation of Concrete Pipe, (2013). Дата звернення: 08, Січень 2025. [Online Video]. Доступний у: <https://www.youtube.com/watch?v=31tOCs2PTwc>

При монтажі залізобетонних труб найбільш трудомістким є процес заведення гладкого кінця в розтруб раніше вкладки труби, [1], [3].



Рис. 3.94. Заведення гладкого кінця в розтруб CРААconcpipe, CРАА Installation of Concrete Pipe, (2013). Дата звернення: 08, Січень 2025. [Online Video]. Доступний у: <https://www.youtube.com/watch?v=31tOCs2PTwc>

Для полегшення цього процесу застосовують різноманітні пристрої: домкрати, гідравлічні універсальні траверси (рис. 3.95), торцеві захвати, а якщо немає вище перелічених механізмів, то заведення гладкої частини в розтруб можна здійснювати за допомогою бульдозера (рис. 3.96), [1].

Після закінчення монтажу стику залізобетонних труб перевіряють правильність розташування гумового кільця в розтрубній щіліні, [1].

Азбестоцементні труби монтуються в основному механізованим способом. Труби розкладають, за можливістю, ближче до бровки траншеї в зоні роботи крана. Опущання й укладання виконують за допомогою самохідних стрілових кранів, трубоукладачів та тракторних кранів (рис. 3.97), використовуючи при цьому м'які стропи, або спеціалізовані гідравлічні траверси-захвати. Під час опущання труб та муфт на дно траншеї слідкують за тим, щоб не пошкодити її стінки та торці.



Рис. 3.95. Монтаж залізобетонних труб з допомогою захвата Kenco PL8500 Pipe Lift і штовхача, <https://kenco.com/products/pipe-lift/photos-videos/>



Рис. 3.96. Стикування залізобетонних труб з допомогою бульдозера, [1]



Рис. 3.97. Монтаж азбестоцементних труб за допомогою тракторного крану, [1]

Труби в траншеї вкладають «по шнуру», центрують, так, щоб їх торці співпадали по всьому колу і між ними лишалася щілина шириною 5–6 мм, для труб $d < 300$ мм та 8–9 мм для труб $d < 300$ мм. Відцентровані труби фіксують, присипаючи їх ґрунтом з двох боків в середній частині труби.

Насування муфт САМ здійснюють в основному важільними допоміжними пристроями (рис. 3.98).

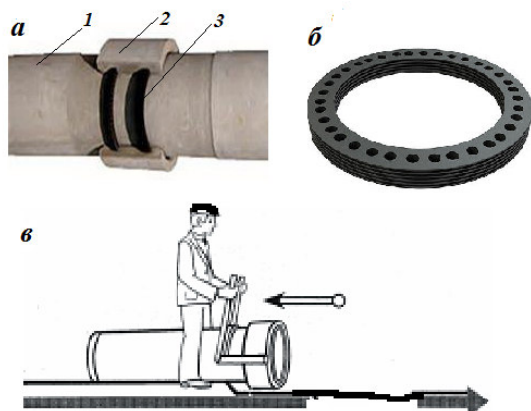


Рис. 3.98. Монтаж азбестоцементного трубопроводу, [1]: а – стик азбестоцементних труб: 1 – труба; 2 – муфта; 3, б – гумове кільце; в – пристрій для насування азбестоцементних муфт

Монтаж пластмасових труб здійснюється за базовою чи трасовою схемами.

Базова схема передбачає укрупнювальне збирання окремих труб в секції біля об'єктного складу, або на польових будівельних майданчиках, після чого вони доставляються на трасу і з'єднуються в суцільну нитку.

За трасовою схемою окремі пластмасові труби транспортуються на трасу, де розкладаються вздовж траншеї і також з'єднуються у суцільну нитку, [1], [3].

Суцільні нитки полімерних труб розташовують на бровках траншей або на підкладках над траншеєю, після чого опускають в траншею на м'яких стропях з допомогою кількох кранів-трубоукладачів.

Пластмасові труби з'єднують, як правило, за допомогою стикового або електромуфтового зварювання.

Стикове зварювання це технологія, яка вже довгі роки застосовується для з'єднання полімерних труб, [1].

Кінці труб встановлюються і з'єднуються в спеціальній установці для стикового зварювання (рис. 3.99, 3.100), після вирівнювання і фіксації крайки труб зачищаються за допомогою спеціального електричного пристрою, забезпечуючи їх паралельність. Між кінцями труб вставляють нагрівачу плиту з фторопластовим покриттям. Кінці труб розігріваються нагрітою плитою, температура якої регулюється термостатом. Коли крайки труб достатньо розплавляються, плиту прибирають, а кінці труб притискають один до одного і дають трубам охолонути, [1], [3].



Рис. 3.99. Пристрій для зварювання пластмасових труб, [1]



Рис. 3.100. Зварювання пластмасових труб великого діаметра, [1]

Після зварювання на зовнішній та внутрішній поверхнях труби утворюється шов, який легко видаляється з допомогою спеціального обладнання. Якість з'єднання швидко та надійно встановлюється візуальним контролем шва зовні, [1], [3].

Електромуфтове зварювання забезпечує розігрів країв труб за рахунок застосування поліетиленових фасонних частин з втопленими в них при виготовленні нагрівальними елементами, зокрема, електрозварних муфт (рис. 3.101). На вмонтовану у муфту електроспіраль подається струм (рис. 3.102) і вона діє як нагрівальний елемент в наслідок чого матеріал труб розплавляється і фасонна частина приварюється до стінок труб, [1], [3].

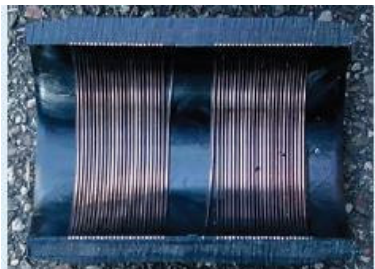


Рис. 3.101. «Електрозварна муфта у розрізі», [1], [3].



Рис. 3.102. Зварювання труб електрозварною муфтою, [1]

Приєднання пластмасових трубопроводів до металевих фасонних частин та арматури виконується за допомогою металевих фланців, які встановлюються на відбуртований (до кінця труби приварюється втулка з буртиком під фланець) кінець полімерної труби (рис. 3.103).



Рис. 3.103. Відбуртований кінець поліетиленової труби з фланцем, [1]

Пластмасові труби з розтрубами мають, як правило, в заводських умовах закріплене у розтрубі гумове кільце ущільнення. З'єднання таких труб виконується методом наросування в траншеях за такою технологією:

- очищується від бруду, пилю гладкий кінець однієї труби і розтруб іншої;
- наноситься на гладкому кінці труби фломастером або кольоровою крейдою мітка, яка показує глибину всовування в розтруб;
- рідким милом або мильним розчином змащуються гладкий кінець однієї труби (рис. 3.104) і гумове кільце у розтрубі іншої (рис. 3.105) (застосування технічних олив, солідолу тощо заборонено, оскільки гумові кільця мають низьку маслостійкість);
- вставляється гладкий кінець однієї труби в розтруб іншої;
- після введення гладкого кінця у розтруб, за допомогою натяжного монтажного пристрою (рис. 3.106) трубу всовують до тих пір поки мітка на трубі не співпаде з торцем розтрубу.



Рис. 3.104. Змащування рідким милом гладкого кінця труби», [1]



Рис. 3.105. «Змащування гумового кільця», [1].



Рис. 3.106. З'єднання розтрубних пластмасових труб за допомогою натяжного пристрою, [1], [3]

«Сталеві труби транспортуються на трасу за допомогою спеціальних автомобілів-трубовозів (рис. 3.107), як окремими трубами, так і звареними на базі будівельної організації секціями, довжина яких залежить від умов дорожнього руху в районі будівництва», [1].



Рис. 3.107. Розвантаження сталевої труби доставленої на будівельний майданчик спеціальним трубовозом

Розвантаження труб здійснюється кранами за допомогою різноманітних захватів (рис. 3.108). Доставлені на трасу труби або секції розкладаються вздовж траншеї (рис. 3.109) в межах монтажно-ї зони на спеціальних лежаках (рис. 3.110), [1].



Рис. 3.108. Розвантаження труб вакуумним захватом



Рис. 3.109. Розкладання труб вздовж траншеї



Рис. 3.110. Лежаки для укладання труб

Торці труб перед зварюванням очищають механічними щітками (рис. 3.111). Після чого торці оброблюються спеціальними фаскорізами (рис. 3.112), для забезпечення умов створення якісного зварного шва між трубами, що з'єднуються.

З'єднання сталевих труб у польових умовах виконується за допомогою електродугового зварювання.

Підготовленні до зварювання труби збирають в секції вздовж траншеї на лежачах, які розташовані суворо горизонтально на одному рівні. При збиранні необхідно слідкувати за тим аби осі всіх труб співпадали, а торці їх були паралельні. Для цього використовують, так звані, центратори різних конструкцій (рис. 3.113, рис. 3.114, рис. 3.115). Між торцями труб повинні бути залишенні зазори в 2–3 мм залежно від товщини стінок.



Рис. 3.111. Пристрій для очищення торців труб



Рис. 3.112. Торцювання крайки сталеві труби

Після встановлення труб в правильне положення за допомогою центратора, стики прихоплюють в трьох–п'яти місцях (рис. 3.116), щоб зафіксувати це положення, а потім, після зняття центратора, здійснюють зварювання стиків.

Зварювання сталевих труб можна здійснювати за допомогою пристроїв ручного зварювання (рис. 3.117), напівавтоматичною зварювальною установкою (рис. 3.118), або мобільними автоматичними комплексами (рис. 3.119).



Рис. 3.113. Центратор зовнішній ексцентриковий



Рис. 3.114. Центратор ланковий



Рис. 3.115. Центратор з гідродомкратом



Рис. 3.116. Фіксування торців труб ручним зварюванням через зазори центратора, <https://youtu.be/cUNzEDOVg9s>



Рис. 3.117. Формування стикового шва вручну, www.youtube.com/@CanadianPipeliners
<https://youtu.be/HGTASZE9aMk>



Рис. 3.118. Зварювання труб напівавтоматичною установкою,
<https://youtu.be/HGTASZE9aMk>



Рис. 3.119. Комплекс для автоматичного зварювання сталевих труб

Залежно від товщини стінок труб, зварювальний шов виконується в 2–4 шари.

Після завершення зварювальних робіт на особливо відповідальних ділянках трубопроводів стики перевіряються за допомогою ультразвукового або радіографічного контролю (рис. 3.120).



Рис. 3.120. Пристрій для перевірки якості зварного шва, <https://youtu.be/Cx2fJFcGgGU>.

За ДСТУ-Н Б В.2.5-68:2012 якість зварного шва за результатами зовнішнього огляду вважається задовільною, якщо не виявлено:

- тріщин у шві і прилеглий зоні;
- відступів від допустимих розмірів і форми шва;
- підрізів, западання між валиками, напливів, пропалів, не заварених кратерів, пор, що виходять на поверхню, непроварів або провисань у корені шва(при огляді стику зсередини труби);
- зсувів крайок труб, що перевищують допустимі розміри.

Стики, що не задовольняють перерахованим вимогам, підлягають виправленню або видаленню й повторному контролю їх якості.

Після закінчення зварювальних робіт трубопровід чи стики (якщо труби мають нанесену в заводських умовах ізоляцію) захищають від корозії.

Для вкладання в траншею коротких секцій, або окремих труб використовують крани-трубоукладачі (рис. 3.121), або стрілові гусеничні крани.



Рис. 3.121. Кран-трубоукладач

Перевагу надають спеціалізованим кранам-трубоукладачам, так як вони спеціально розроблені для таких робіт і забезпечені системами захисту від перевантаження і, як наслідок, від перекидання або обриву вантажопідйомних механізмів, а в найсучасніших вся інформація про процес підняття вантажу виводиться на дисплей в кабіні оператора (рис. 3.122, рис. 3.123).



Рис. 3.122. Інформаційна система в кабіні оператора крана-трубоукладача, <https://youtu.be/5x9NIOoffFE>

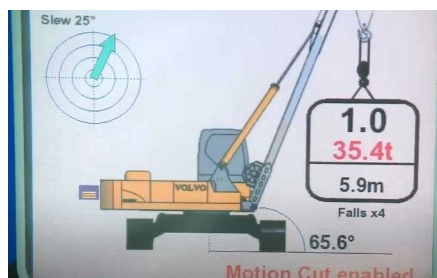


Рис. 3.123. Інформація на моніторі про масу вантажу, нахил та виліт стріли крана, <https://youtu.be/5x9NIOoffFE>

Більш довгі секції труб можна вкладати в траншею двома кранами. Як правило, вкладання сталевих трубопроводів рекомендується виконувати методом «безперервної нитки», при якому застосовують декілька трубоукладачів, відстань між якими коливається від 15 до 45 м залежно від діаметра трубопроводу (рис. 3.124, А).

А



Рис. 3.124, А. Укладання сталевих трубопроводів методом безперервної нитки

Відповідно до ДСТУ-Н Б В.2.5-68:2012 встановлено максимальні відхилення від проектного положення осей напірних трубопроводів, якщо інші норми не обґрунтовані проектом, не повинні перевищувати:

- у плані ± 100 мм,
- відміток лотків безнапірних трубопроводів ± 5 мм,
- відміток верху напірних трубопроводів ± 30 мм.

Наступним елементом технології будівництва трубопроводів є фіксація труби в траншеї. Для цього раніше використовували присипання ґрунтом (найчастіше пісок або глина), мішки з піском (рис. 3.142, В), пластикові упори (рис. 3.124, Б). Це викликано тим, що прогрес у технології трубопроводів дозволив використовувати більш якісну сталь і більш тонкі стінки труб, що збільшує ризик овальності та вм'ятин. Тому, особливо у скельних ґрунтах, необхідно захищати трубопровід від пошкодження при вкладанні та роботі, наприклад крупним камінням, [57]. Найпоширеніший спосіб захисту трубопроводів від каміння полягає в присипанні труби (зверху та знизу) піском або відсіяною зворотною засипкою (padding), та/або загортанням труби в ударостійкий поліетиленовий захисний екран. Другий спосіб більш дорогий та вимагає більше витрат матеріалу та часу, тому широко використовується перший спосіб.

Двома найпоширенішими способами кріплення труб в траншеї є пінополіуретан із закритими порами та мішки з піском. Мішки з піском традиційно використовувалися для підтримки трубопроводів у скелястих траншеях. Типова фіксація трубопроводу вимагає акуратно розміщених мішків з піском, укладених таким чином, щоб трубопровід мав повну підтримку через кожні 3–5 метрів, з опорою на 90 градусів, щоб запобігти овальності

(рис. 3.142, В). Ще один фактор, який вимагає застосування елементів кріплення в траншеї – це запобігання затопленню всієї траншеї водою або обвалення стінок траншеї. Для цього використовують вспінений пінополіуретан у вигляді спрею (Spray Polyurethane Foam – SPF), (рис. 3.142, Г, рис. 3.142, Д).



Б

Рис. 3. 124, Б. Встановлення трубопроводу в траншеї на опори, [57]



В



Рис. 3. 124, В. Підкладання мішків з піском в основі (а), [57] та фіксація мішками з піском навколо трубопроводу (б), [58]



Рис. 3. 124, Г. Фіксація та захист трубопроводу й траншеї спіненим поліуретаном Foam Trench Breakers, [58]

Г



Д

Рис. 3.124, Д.
Фіксація та захист
трубопроводу й
траншеї спіненим
поліуретаном:
Foundation
Supportworks –
Foundation Repair,
Trenchbreakers and
Rock Shield with
PolyLevel®, (2014).
Дата звернення: 09,
Січень 2025. [Online
Video]. Доступний у:

<https://www.youtube.com/watch?v=pYFsUpvedec>

3.2.6. Зворотна засипка трубопроводів

Способи засипання трубопроводів, а також машин, які застосовуються визначаються в проекті виконання робіт.

Засипання траншей з укладеними в них трубопроводами здійснюють в два прийоми.

По-перше засипаються прямки, підбиваються пазухи на висоту половини діаметра труби, після чого ґрунт ущільнюють пневматичними, механічними або ручними трамбівками (рис. 3.125).

Потім траншею засипають ґрунтом на 0.2 м вище верху труби, а для азбестоцементних труб на 0,5 м, забезпечуючи цілісність стиків й ізоляції труб та їх доступність для огляду.



Рис. 3.125. Ущільнення ґрунту в затрубному просторі ручною електротрамбівкою, <https://youtu.be/31tOCs2PTwc>

Ґрунт обережно подається екскаваторами (рис. 3.126), бажано грейферним робочим обладнанням і не ущільнюється.

Для засипки використовують місцевий ґрунт, без крупних включень. Остаточна засипка виконується після випробувань трубопроводів.



Рис. 3.126. Попереднє засипання траншеї, [1]

Траншеї засипаються бульдозерами або спеціалізованими шнековими засипачами (рис. 3.127).



Рис. 3.127. Остаточне засипання траншеї бульдозером, Daily Bulldozer, Processing Bury Drains With 2 Bulldozers Pushing Sand, (2024). Дата звернення: 09, Січень 2025. [Online Video]. Доступний у: <https://www.youtube.com/watch?v=ssxBW0E8HsU>

Ґрунт в траншеї не ущільнюється, насипається валик, розміри якого встановлюють з урахуванням наступного природного осідання ґрунту. Після цього на трасу трубопроводу повертається рослинний ґрунт.

3.2.7. Випробування трубопроводів

Напірні трубопроводи перевіряються на міцність і герметичність за допомогою гідравлічних або пневматичних методів. Вибір методу залежить від кліматичних умов будівельного майданчика та наявності води в період випробувань, як це зазначено в проекті.

Трубопроводи проходять двоетапне тестування. Попереднє випробування на міцність виконується до засипання траншей і монтажу гідрантів, запобіжних клапанів і вантузів. Після завершення всіх робіт на певній ділянці та засипання траншеї здійснюється остаточне випробування на герметичність. Випробувальний тиск визначається проектом.

Під час попереднього гідравлічного тестування засувки трубопроводу мають бути відкриті. Ділянки трубопроводів, що підлягають випробуванню, не повинні перевищувати 1 км, а для полімерних труб – 0,5 км. Вода нагнітається за допомогою пресувальних пристроїв або пересувних насосних станцій (рис. 3.128) до досягнення необхідного тиску. Цей тиск витримують 10 хвилин (для полімерних труб – 30 хвилин), після чого його знижують до робочого і проводять огляд.



Рис. 3.128. Агрегат для наповнення трубопроводів водою, [1]

Якщо параметри тиску не зазначені в проекті, то при гідравлічних або пневматичних випробуваннях тиск встановлюється згідно з ДСТУ-Н Б В.2.5-68 : 2012. Трубопровід вважається таким, що витримав попередні випробування, якщо під дією тиску не виникло руйнувань труб, порушення з'єднань або витікань води при робочому тиску.

Остаточні гідравлічні випробування трубопроводів з металу, азбестоцементу або пластику проводяться не раніше ніж через 24 години після засипки траншеї та заповнення водою, а для залізобетонних труб – через 72 години. Витікання води під час випробувань не повинно перевищувати нормативів ДСТУ-Н Б В.2.5-68:2012 «Настанова з будівництва, монтажу та контролю якості трубопроводів зовнішніх мереж водопостачання та каналізації».

Пневматичні випробування також здійснюються у два етапи. На першому етапі трубопровід витримують під тиском 30 хвилин, після чого тиск знижують до 0,3 МПа для сталевих і пластикових труб, а для чавунних, залізобетонних і азбестоцементних – до 0,1 МПа. Для виявлення дефектів використовують мильний розчин або слуховий контроль.

Під час остаточних пневматичних випробувань тиск спочатку піднімають до випробувального і витримують 3 хвилини. Потім його знижують до 0,3 МПа і вимірюють падіння тиску. Трубопровід вважається таким, що витримав тест, якщо його цілісність не порушена і падіння тиску не перевищує нормативів.

Результати випробувань фіксуються в акті про приймання напірного трубопроводу на міцність і герметичність.

3.2.8. Перехід трубопроводами через водні перешкоди

Під час будівництва водогосподарських та інших об'єктів, зокрема трубопроводів, часто виникає потреба у їхньому прокладанні через водні перешкоди, такі як річки, озера, водосховища та канали. Зазвичай трубопроводи розміщують у траншеї, яку викопують на дні водойми.

Глибина закладання трубопроводів під водними перешкодами повинна становити не менше 0,5 м від можливого рівня розмиву до верхньої частини

труби для річок, каналів і проток, та не менше 1 м для судноплавних річок. Визначення розрахункових відміток дна враховує можливі зміни русла річки та розмив берегів. Ширина траншеї повинна перевищувати діаметр трубопроводу з вантажем щонайменше на 1 м і залежить від швидкості її замулення та методу розробки.

Для копання траншей на дні водостоків використовують різне обладнання. Екскаватори застосовують для перетину трубопроводами малих річок та струмків при глибині води до 1 м без додаткових заходів, а при глибині понад 1 м – під прикриттям перемичок з тимчасовим відведенням води. Для цього використовується наступне вид обладнання екскаватора: драглайн та зворотний ківш.

Канатно-скреперні установки підходять для судноплавних і несудноплавних річок з течією до 2,5 м/с, дозволяючи розробляти всі типи ґрунтів, включаючи скелю, розпушену вибухом.

Ширина траншеї, яка розробляється скреперною установкою визначається розмірами ковша і може бути 1–2,5 м (рис. 3.129).

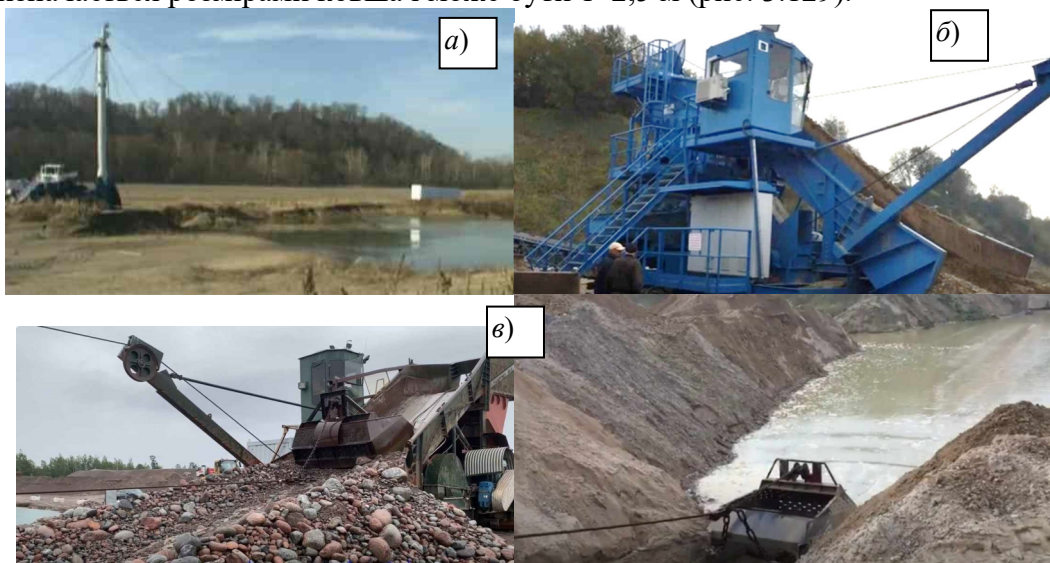


Рис. 3.129. Баштові канатно-скреперні установки: а – Model TM110 Drag Scraper, JW Jones, Skagit Model TM110 Drag Scraper (J8011), (2010). Дата звернення: 10, Січень 2025. [Online Video]. Доступний у: <https://www.youtube.com/watch?v=GsfvdGdgbQM>; б – Скрепер SMT STICHWEN з електричною ходовою частиною TRACMEC, (2019). Дата звернення: 10, Січень 2025. [Online Video]. Доступний у: <https://www.youtube.com/watch?v=x3btYQLsuQ0>; в – Bergs Mekaniska, Dragskopa hos Jehander (Drag scraper)., (2019). Дата звернення: 10, Січень 2025. [Online Video]. Доступний у: <https://www.youtube.com/watch?v=BPamprsc7IU>

Гідромонітори використовують для розмиву ґрунту на глибину до 5–6 м ґрунти всіх груп до слабкої розбірної скелі включно. Їхня ефективність зростає при високій швидкості течії води, що сприяє видаленню розмитого ґрунту.

Глибина та ширина траншеї, створюваної гідромонітором, обмежуються швидким ослабленням дії струменю. Для глибшого розмиву ґрунт розробляється пошарово, а процес здійснює водолаз.

Гідравлічні та пневматичні ґрунтовсмоктуючі установки застосовують для розробки муловатих, піщаних та гравелистих ґрунтів. Установки з розпушувачами можуть працювати зі щільними ґрунтами.

Глибина й ширина траншеї, що розробляється під водою гідромонітором, обмежуються інтенсивним затуханням дії струменю зі збільшенням відстані від виходу з гідромонітора до ґрунту, що розробляється. Для розмиву траншеї на більшу глибину, ґрунт розробляється пошарово. Іноді керує гідромонітором водолаз.

Гідравлічні ґрунтовсмоктуючі установки використовують для розробки муловатих, піщаних та гравелистих ґрунтів. Установки обладнують механічними розпушувачами для можливості розробляти щільні ґрунти (рис. 3.130).



Рис. 3.130. Розробка траншеї на дні річки ґрунтовсмоктуючою установкою (земснарядом), [1]

Прокладання трубопроводів під водою можливе кількома способами. Опускання труб здійснюється з плавучих або стаціонарних опор. Пліть трубопроводів спускають з стапеля на воду, транспортують до місця укладання, заводять у створ підводного переходу, а потім опускають на дно за допомогою тросів. Якщо немає можливості змонтувати пліть на стапелі, її зварюють з окремих секцій довжиною 100–200 м і поступово спускають на воду, закріплюючи кінець якорями для запобігання вигину пліті під дією течії, вітру та хвиль, а також захистити її від випадкового навалу суден та плотів.

Для монтажу пліті вздовж прямолінійної ділянки річки стапель розташовують на пальових опорах уздовж урізу води. В цьому випадку довжина стапеля повинна бути рівна довжині пліті, що зварюється.

На місці переходу пліть розвертають, заводять у створ та закріплюють для унеможливлення зносу від течії з використанням плавучих опорних точок (рис. 3.131).

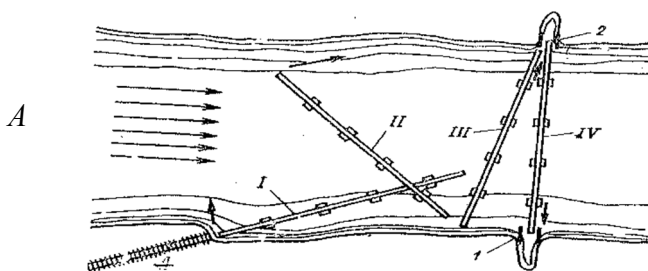


Рис. 3.131, А. Схема заведення трубопроводу у створ переходу, [1]

Встановлену в створ пліть заливають водою або додатково баластують для досягнення проектної маси.

Після перевірки якості монтажу та випробувань на щільність пліть опускають на дно з допомогою тросів, пускаючи їх з корб або кнехтів.



Б

Рис. 3.131, Б. Опускання трубопроводу через водну перешкоду, From Nuova Ghizzoni S.p.A. (www.ghizzonispa.com), https://www.northfieldma.gov/sites/g/files/vyhli991/f/uploads/intro_to_gas_pipeline_presentation_of_5-26-15_part_2.pdf

Для забезпечення позитивної плавучості торці плетей заглушуються з можливістю стравлювання повітря і заповнення водою.



В

Рис. 3.131, В. Прокладання трубопроводу із заглушеним торцем, фото з сайту: Saint-Gobain PAM International, <https://www.pamline.com>
Дата звернення: 10, Січень 2025

Опускання трубопроводів зі стаціонарних опор суттєво не відрізняються від опускання його з плавучих опор і застосовується тільки у випадку неможливості використання плавзасобів.

Опускання трубопроводу з водної поверхні вкритої льодом застосовують при всіх діаметрах трубопроводу, однак при товщині льоду, достатній для утримування маси труб та вантажопідйомної техніки, та при швидкості течії не більше 2 м/с. Наближено 50–60 см льоду витримують техніку вагою 10 т (див. https://rivergages.mvr.usace.army.mil/WaterControl/Districts/MVP/reports/ice/ice_load.html). Однак для точного розрахунку потрібно врахувати вагу обладнання, тип льоду, температуру, наявність течії та інших факторів.

Протягування трубопроводу по дну застосовується для вкладання трубопроводу якщо є плавний рельєф дна підводної траншеї та берегової смуги, на якій будуть виконуватись будівельні роботи, а також при наявності на березі у створі переходу майданчика достатньої довжини для влаштування стапеля та вузької колії з ухилом в сторону річки 0,001–0,005 (рис. 3.132).

Перед протягуванням на кінець головної секції приварюється спеціальна конусоподібна заглушка, яка є одночасно оголовком секції, за яку чіпляється тяговий трос (рис. 3.133).



Рис. 3.132. Підготовлені для протягування секції трубопроводу, [1]

Вкладання трубопроводу методом поступового доточування застосовують при прокладанні підводних переходів через озера, річки, затоки та водойми великої ширини.

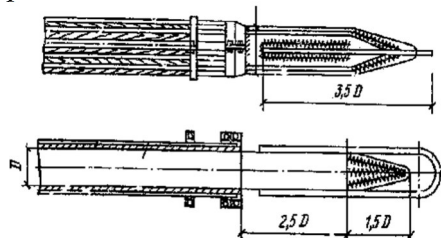


Рис. 3.133. Заглушка для протягування труб, [1]

Заздалегідь підготовлені секції трубопроводу довжиною 24, 36 або 48 м завантажують на баржу і переміщують до плавучої бази, де приварюють до раніше занурених секцій, звісно контролюючи якість зварювання та ізоляції стиків.

Для запобігання спливання трубопроводів, прокладених по дну водойм та водотоків, труби навантажують додатковим баластом. Тоді трубопровід набуває від'ємну плавучість. Найчастіше використовують залізобетонні вантажі сідлоподібної форми або різні чавунні, які складаються з двох напівкілець (рис. 3.152).

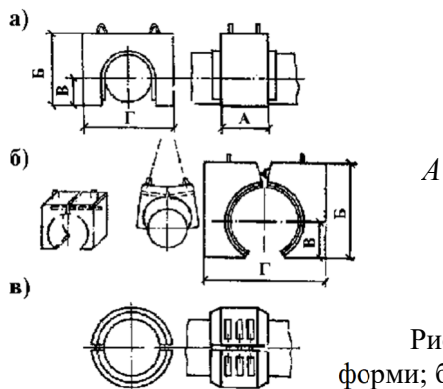


Рис. 3.134, А. Залізобетонний вантаж: а – сідлоподібної форми; б – рознімний; в – кільцевої форми

Залежно від умов навколишнього середовища та розміру трубопроводу, бетонні анкерні блоки можуть бути відформовані у прямокутну, круглу, шестикутну, восьмикутну форми (рис. 3.134, Б).



Б

Рис. 3.134, Б. Прямокутні та круглі анкерні блоки (Anchor Blocks), фото з сайту <https://www.indomer.com/>, дата доступу 10.01.2025 р.

4. Будівництво колекторно-дренажної мережі на зрошувальних системах

4.1. Особливості виконання колекторно-дренажної мережі на зрошенні

Для відведення надлишку ґрунтових вод, запобігання заболоченню та засоленню ґрунтів на зрошувальних системах будується закрыта колекторно-дренажна мережа.

З огляду на особливості конструкції технологія будівництва закрытого дренажу у зоні зрошення має ряд особливостей. Глибина закладання дрена збільшена і досягає 3–4 м. Також суттєво більші ніж в осушенні відстані між дренами: залежно від ґрунтових умов від 80 до 300 м. Мінімальні діаметри дрена на зрошенні 100 мм.

Як правило, дрена на зрошених землях вкладаються в слабо-водопроникних ґрунтах, тому для збільшення фільтраційного притоку води до них необхідно влаштовувати додаткові обсіпання.

4.2. Основні матеріали, що використовуються для влаштування дренажу на зрошенні

Для влаштування дренажу зрошувальних систем найчастіше використовують пластмасові труби, однак обмежене застосування мають й інші види труб.

Азбестоцементні безнапірні труби $d=100\text{--}300$ мм. Найчастіше застосовують для відведення дренажних вод від особливо важливих об'єктів, населених пунктів і промислових майданчиків, [3].

Перфорація виконується у вигляді щілин розташованих по колу під кутом 120° . Розміри щілин: довжина 100–120 мм, ширина 2–3 мм. Загальна площа отворів залежить від величини дренажного модуля. Зокрема промисловість сьогодні випускає безнапірні труби БНТ 100–200 L4, Рис. 4.1, [59].

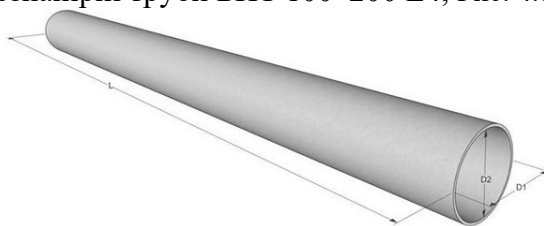


Рис. 4.1. Труби безнапірні БНТ 100–150 L4, [59]

Напірні та безнапірні азбестоцементні труби з'єднуються як азбестоцементними так і поліетиленовими муфтами, (рис. 4.2). Поліетиленові муфти для азбестоцементних безнапірних труб надійні і стійкі до агресивних середовищ, при цьому термін їх експлуатації більше металевих в кілька разів. Вони не піддаються електрохімічній корозії і мають відносно малий гідравлічний опір, [60].

Таблиця 4.1

Основні характеристики азбестоцементних безнапірних труб, [59]

Показник	БНТ 100 L4	БНТ 150 L4	БНТ 200 L4
Довжина L, мм	3950	3950	3950
Вага, кг	24	37,1	52,1
Діаметр труби D1, мм	100	150	200
Діаметр внутрішній, мм			189
Діаметр D2, зовнішній, мм	118	161	211
Товщина стінки, мм	9	10	11
Ціна, грн (2024 рік)	580	—	4200



Рис. 4.2. Муфти БМТ для безнапірних а/ц труб, [59]

Таблиця 4.2

Основні характеристики муфт БМТ для азбестоцементних безнапірних труб, [59]

Показник	БМТ 100	БМТ 150	БМТ 200
L (довжина), мм	150	150	150
Вага, кг	2,3	3,4	5,2
Діаметр внутрішній, мм	140	188	234
Діаметр D2, зовнішній, мм	160	212	262
Товщина стінки, мм	10	14	14
Ціна, грн (2024 рік)	50	80	100

Керамічні дренажні труби $d=100-250$ мм, $L=500$ мм, використовувалися доволі широко при будівництві дренажу на системах Криму, у даний час практично не застосовуються. Параметри регулюються нормативом ДСТУ Б В.2.5-58:2011 Труби керамічні дренажні. Технічні умови (ГОСТ 8411-74, MOD).

Дренажні гофровані труби (рис. 4.4) з поліетилену (HDPE), наповненого поліетилену, полівінілхлориду, поліпропілену (PP-B). Труби і фітинги виготовляються згідно ДСТУ Б.В.2.5-32:2007, відповідають стандартам EN 13476-1: 2002 і EN DIN4261-1: 1998-12. $d=100-200$ мм (виготовляються й більше [61], [62], [63]), глибина закладання до 5 м.

Гофровані дренажні труби мають ряд переваг:

- висока міцність (висока кільцева жорсткість, здатність витримувати суттєві ґрунтові навантаження) та ударостійкість;
- висока гнучкість дозволяє створювати великі кути повороту, що дозволяє будувати системи різних конфігурацій;
- невелика вага полегшує транспортування, вантажно-розвантажувальні роботи і монтаж;
- технологічність монтажу, простий спосіб з'єднання труб з надійною герметизацією;
- витримують значні перепади температур (правда мають значний коефіцієнт лінійного розширення, що іноді вимагає компенсаційних заходів);
- висока стійкість до стирання а також суттєво менша інтенсивність відкладення на внутрішніх стінках труб;
- висока хімічна та корозійна стійкість;
- термін служби –50 років і більше .

Двошарові перфоровані дренажні труби E2-D, з ребрами жорсткості зовні, застосовуються для відведення дренажних вод та мають велику кількість отворів у вигляді щілин, які мають розміри і форму, достатні для потрапляння через них в трубу води і затримують сторонні включення.

Залежно від розміщення перфорації (рис. 4.3) дренажні труби, згідно з ДСТУ Б В.2.5-32:2007 «Труби безнапірні з поліпропілену, поліетилену, непластифікованого полівінілхлориду та фасонні вироби до них для зовнішніх мереж каналізації будинків і споруд та кабельної каналізації. Технічні умови», [64], поділяються на типи:

ТР – повнодренажна труба, в якій отвори входу води розміщені рівномірно по всій окружності;

ЛР – частково дренажна труба, в якій отвори входу води розміщені у верхній частині окружності і дно неперфороване;

МР – труба дренажна багатоцільового використання, в якій отвори входу води розміщені на гребені окружності, і який має водонепроникне з'єднання. Нижня частина труби багатоцільового використання може служити для транспортування зібраної води.

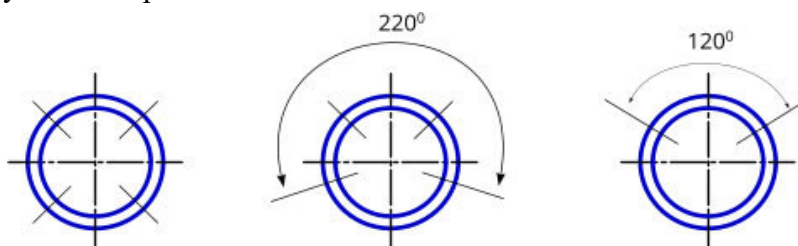
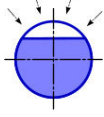
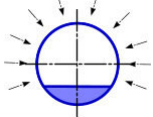
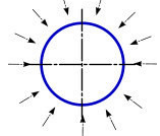


Рис. 4.3. Основні типи дренажних труб залежно від розміщення перфорації, [64]

Таблиця 4.3

Труби E2-D – двошарові гофровані для систем дренажу, [63]

Комплект: труба L=6 м, муфта – 1 шт., ущільнююче кільце – 2 шт.	E2-D MP (перфорація 120°)	E2-D LP (перфорація 220°)	E2-D TP (перфорація 360°)
			

Діаметр Номинальний (DN), мм	Зовнішній/ Внутрішній (OD/ID)	SN8	SN4	SN8	SN4	SN8	SN4
110	111/93,8	782,31	688,53	814,91	717,13	847,50	745,81
160	160,3/135,9	1 299,47	1143,53	1 353,61	1191,18	1 407,75	1 238,82
200	225/197,1	2009,38	1 768,25	2093,10	1841,93	2176,83	1 915,60
300	339/296,8	4140,87	3 643,97	4313,41	3 795,80	4485,95	3 947,63
400	455/396,6	7249,06	6 379,16	7551,10	6644,96	7853,15	6910,76

Труби E2-D також виготовляються з кільцевою жорсткістю SN10, SN12, SN16 та номінальними діаметрами (DN): 250 мм, 500 мм, 600 мм.

Таблиця 4.4

Труби E2-R1 – одношарові гофровані для систем дренажу, [63]

Номинальний діаметр (DN), мм	Зовнішній/ Внутрішній (OD/ID)	Поставка L, м 	Ціна за метр, грн з ПДВ*, 2024 рік
110	111/93,8	50(1 бухта)	64,89
160	160,3/135,9	30(1 бухта)	113,30
200	225/197,1	30(1 бухта)	179,77

Труби E2-R1 виготовляються з перфорацією трьох типів: 120°, 220° та 360°.

*Кожна бухта комплектується однією муфтою та двома ущільнюючими кільцями.

Отвори входу води дренажних труб, що виготовляються шляхом додаткової обробки труб типу В, відповідно ДСТУ Б В.2.5-32:2007, [64], повинні мати форму шліців. Вони не мають перешкоджати входу і виходу води (наприклад, через задирки). Шліці повинні бути виконані під прямим кутом до осі труби. Ширина шліца повинна знаходитися в діапазоні не менше 0,8 мм і не більше 1,4 мм. В трубах з номінальним діаметром більше 355 мм допускаються шліці шириною не більше 3,5 мм – за умови, що це враховується при обчисленні стабільності фільтра. Дренажні труби, згідно з [64], повинні

мати мінімальну площу входу води (50 ± 5) $\text{см}^2/\text{м}$ незалежно від їх номінального діаметра.

При укладанні частково дренажних труб (LP) та труб багатоцільового використання (MP), необхідно чітко їх орієнтувати в траншеї за формою труби або позначенням гребеня.

Кільцева жорсткість для дренажних труб за ДСТУ Б В.2.5-32:2007, [64], після нанесення перфорації має бути не менше $4,0 \text{ кН/м}^2$.

Дренажні гнучкі виті труби (ТДВП) виготовляються з полівінілхлориду $d=100\text{--}200$ мм глибина закладання до 5 м і (ТДВПУ) $d=100\text{--}300$ мм, глибина закладання до 8 м.

Труби бетонні фальцеві ТФ, ТФП (з плоскою підшоною) $d=200$ мм, довжиною 2 м.



Рис. 4.4. Дренажні гофровані труби глибокого закладання: а, в, г – двошарові перфоровані E2-D, б – одношарові перфоровані E2-R1 [62], [63]

Для улаштування закритих колекторів використовують:

- **бетонні фальцеві** труби ТФД-2,3,4, $L=5$ м;
- **залізобетонні безнапірні** труби РКТ, РТ $d_y=500\text{--}1600$ мм, довж. 5 м.
- **пластмасові спірально-зварні** труби (рис. 4.5), $d_y=300\text{--}1200$ мм, довжиною 6 і 8 м. Особливістю конструкції цих труб є багатошарова стінка, що представляє собою спіралью намотаний і зварений між собою профіль різного перетину (що визначається діаметром і класом жорсткості готової труби), [65].



Рис. 4.5. Поліетиленові безнапірні спіральньо-зварні труби, [65]

Труби виготовляються діаметрів від 1200 мм до 2200мм, класами кільцевої жорсткості SN від 2 до 8 кН/м². Зовнішня поверхня труб чорного кольору (для захисту від ультрафіолету), внутрішня поверхня – гладка білого кольору. Стандартна довжина труб 6 м, [65].

Труби з'єднуються зварюванням, з використанням системи електро-дифузійного зварювання розтруба. Для цього труби ТМ КОРСИС ПЛЮС містять розтруб із заставним нагрівальним елементом, який нагрівається за допомогою спеціального зварювального апарата, в результаті чого обидва кінці труби – розтруб і згін герметично зварюються між собою, утворюючи єдине ціле, [65].

4.3. Способи будівництва дренажу

Будівництво дренажу в зоні зрошення ведеться трьома способами: широкотраншейним, траншейним та безтраншейним, [3].

При укладанні дрен **широкотраншейним способом** розробка траншей здійснюється однокішчевими екскаваторами (драглайн або зворотна лопата), а укладання дренажних труб виконується вручну, з використанням кранів.

Широкотраншейний спосіб використовується, як правило, у важких ґрунтах при високому стоянні рівня ґрунтових вод, а також в сухих ґрунтах при відсутності спеціальних дреноукладачів параметри яких відповідали б проектній глибині закладання дрени, а також в ґрунтах з великим вмістом каміння, похованої деревини.

Якщо рівень ґрунтових вод знаходиться нижче проектного дна траншеї (рівня закладання дрени з врахуванням приямків), то труби укладаються безпосередньо на дно траншеї.

При високому рівні стояння ґрунтових вод укладання дренажних труб здійснюється на так звану «полічку» (рис. 4.7), яка повинна мати відмітку вище ніж відмітка дна водовідвідного приямку розташованого поруч.

Траншея при широкотраншейному способі виконується з укосами, коефіцієнт закладання яких повинен відповідати вимогам діючих нормативів для земляних робіт.



Рис. 4.6. Укладання труб з поліетилену високої щільності. Фото з сайту: <https://en.wikipedia.org/wiki/Drainage>

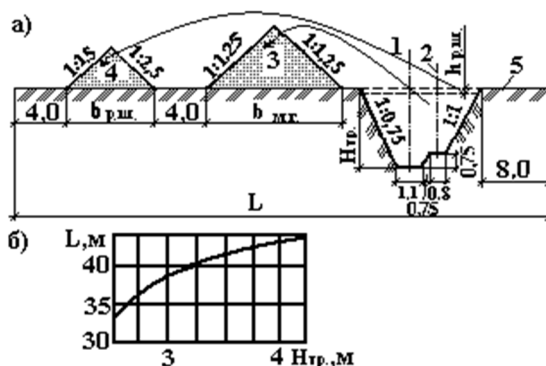


Рис. 4.7. Схема влаштування траншеї з «полицею», [3]: а – схема розробки траншеї екскаватором-драглайн; б – графік залежності смуги тимчасового відчуження земель від глибини траншеї; 1 – вісь проходки екскаватора; 2 – вісь дрени; 3 – тимчасовий кавальєр мінерального ґрунту; 4 – тимчасовий відвал рослинного ґрунту; 5 – монтажна зона; L – смуга тимчасового відчуження землі; H_{тр} – глибина траншеї з «полицею»; h_{рш} – глибина рослинного шару ґрунту; b_{мг} – ширина кавальєру мінерального ґрунту; b_{рш} – ширина кавальєру рослинного ґрунту

Розробку траншей обов'язково ведуть за схемою «знизу–вгору» для забезпечення можливості відведення води.

Азбестоцементні, бетонні або залізобетонні труби при масі однієї труби до 150 кг подаються в траншею з застосуванням багатовзахватних траверс. Труби попередньо розвозяться і розкладаються уздовж траси, [3].

Дренажні або колекторні труби повинні укладатися тільки на суху полицю (рис. 4.8), для чого на ній, як правило, влаштовується щебенева підготовка, товщиною 10 см.



Рис. 4.8. Укладання дренажного колектору з бетонних фальцевих труб на полицку, [3]

Навколо, вкладеної на полицку дренажної труби, яка обгорнута захисно-фільтруючим матеріалом (ЗФМ), додатково ще робиться піщано-щебенева обсіпка. Піщано-щебєневу суміш, як правило, подають в траншею механізованим способом: спеціалізованими автотранспортом (рис. 4.9), екскаватором з грейферним ковшем або краном з цебром.

Траншейний спосіб є найбільш розповсюдженим у світовій практиці улаштування дренажу глибокого закладання. Це пов'язано з тим, що провідні виробники налагодили випуск траншейних екскаваторів-дреноукладачів, які спроможні вкладати дренажні труби на значну глибину.

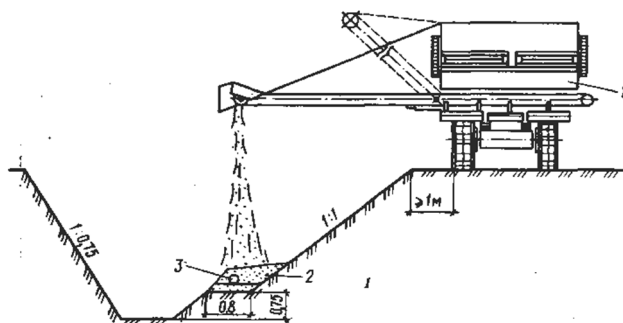


Рис. 4.9. Механізована подача в траншею гравійно-піщаного обсіпання, [3]:

- 1 – двохосьовий автотранспортом;
- 2 – фільтруюча обсіпка;
- 3 – дрена

Екскаватори-дреноукладачі глибокого закладання випускаються двох класів: для влаштування дренажів $d=100\ldots 200$ мм, на глибину до 5 м (



Рис. 4.10) і для будівництва закритих колекторів діаметром до 600 мм, на глибину до 8 м (рис. 4.10).

Рис. 4.10. Екскаватор-дреноукладач для влаштування дрен, [3]

Укладання дренажу з полімерних труб за допомогою дреноукладачів складається з таких технологічних операцій:

- підготовка робочої смуги й установка лазерної системи керування робочим органом для дотримання похилу вкладання труб;
- транспортування барабанів з трубами;
- риття початкової ділянки траншеї до позначки, що відповідає місцю закладення дрени, встановлення дреноукладача у вихідне положення;
- відривання траншеї, вкладання труб з обсіпкою фільтруючим матеріалом і попередньою присипкою ґрунтом;
- остаточне засипання траншеї бульдозером і відновлення рослинного шару.

Дренажні труби діаметром до 200 мм транспортуються на об'єкт в бухтах або намотаними на барабан і в такому вигляді навішуються на спеціальний пристрій дреноукладача.

При влаштуванні колекторів діаметром більше 200 мм дренажні труби розкладаються вздовж траси і з рухом екскаватора-дреноукладача подаються робітниками у направляючий пристрій машини (рис. 4.11).



Рис. 4.11. Укладання колекторів екскаватором-дреноукладачем Inter-Drain 3035T, [66]

Дреноукладачі обладнуються бункером для завантаження гравійно-піщаного фільтра і транспортерами зворотного засипання (рис. 4.12).



Рис. 4.12. Риття траншеї, вкладання дренажу та формування зворотного фільтру екскаватором-дреноукладачем Mastenbroek 40/36, [24]

Таблиця 4.5

Технічні характеристики екскаваторів-дреноукладачів Mastenbroek 36/30 та 40/36, [24]

Основні показники	36/30	40/36
Траншейний метод / Trench method	Ланцюг для копання з безступінчастим регулюванням швидкості / Digging chain with stepless adjustable speed	
Контроль глибини вкладання / Trench depth range	Прецизійний лазер Trimble або GPS з ручним керуванням	
Діапазон глибини траншеї / Trench depth range	0,5 м – 2,6 м	1,8 м – 4,0 м
Діапазон ширини траншеї / Trench width range	250 мм – 650 мм	320 мм – 800 мм
Поворот трубоукладача / Pivoting trenching unit	5° від центру в обидві сторони	
Привід ланцюгового робочого органу	Двошвидкісні гідростатичні низькошвидкісні двигуни з високим крутним моментом	
Розвантаження на Spoil discharge	конвеєр	
Бункер трубоукладача Pipe box	Поворотний з гідравлічним регулюванням глибини	
Підйом труб / Pipe handling	Ручні або гідравлічні котушки для труб	
Привід / Power unit	Cummins 298 кВт (400 к.с.), що живить головний і допоміжний насоси	Cummins 336 кВт (450 к.с.), що живить головний і допоміжний насоси
ходова частина / Undercarriage	Важкий коливальний D4 / Heavy duty oscillating D4	Важкий коливальний / Heavy duty oscillating D6C
Гусеничний хід / Track pad	1000 мм потрійний ґрунтозацеп	1200 мм потрійний ґрунтозацеп
Привід гусениць / Track drive	Незалежний гідростатичний, високо- та низькошвидкісний привід	
Транспортні розміри –(Д) – (Ш) – (В)	14,0 м – 3,5 м – 4,2 м	16,0 м – 4,4 м – 3,8 м
вага /Weight	35 тонн (приблизно)	44 тонни (приблизно)

За допомогою крану барабан (бухта) з трубами навішується на дренаукладач (рис. 4.13) і кінець труби пропускається через направляючий захисний кожух таким чином, щоб він виступав за межі кожуха на 1 м, і закріплювався на дні траншеї металевими скобами. Надалі кінець труби приєднується до оголовка. Дренажні полімерні труби при зміні барабану стикуються за допомогою пластмасових муфт.



Рис. 4.13. Розміщення бухти з трубами на екскаваторі-дренукладачі Mastenbroek M-3500, [24]

Одночасно з вкладанням труб способом «полиці» чи слідом за проходом дренаукладача монтуються оглядові колодязі за допомогою автомобільного чи тракторного гусеничного крану. Монтаж оглядових колодязів глибиною більше ніж 3 м з залізобетонних кілець варто виконувати в два прийоми. Спочатку встановлюються кільця на висоту 3 м і після виконання зворотної засипки виконується монтаж іншої частини колодязя.

Безтраншейний спосіб будівництва дренажу застосовується в стійких зв'язних ґрунтах при відсутності ґрунтових вод, а також у незв'язаних ґрунтах і в ґрунтах пливунного типу при глибині закладання дрен до 3 м і діаметрі до 150 мм (рис. 4.14), колекторів до 4 м (рис. 4.15).



Рис. 4.14. Безтраншейний дренаукладач для труб діаметром до 150 мм, фото з сайту: <https://www.landwirt.com>

Технологія будівництва пластмасового дренажу з піщано-гравійним фільтром на основі застосування безтраншейних дренаукладачів складається з

влаштування вікна в кавальєрах колектору, підготовки трас дрен, розробки піонерного шурфу, розвезення бухт труб для дрен і розкладка труб уздовж трас, колекторів, вкладання дренажної або колекторної лінії (рис. 4.15), влаштування споруд, відновлення кавальєру.



Рис. 4.15. Укладання колектора безтраншейним дрепоукладачем BRON 450, [67], [68]

Піонерний шурф (прямок) розробляють одноківшевим екскаватором зворотна лопата. Лобова стінка шурфу, у котру буде врізатися робочий орган дрепоукладача, виконується відповідно параметрам робочого органу дрепоукладачі. Довжина шурфу залежить від параметрів дрепоукладача, часто не менше ніж 3 м. Часто (наприклад при високому стоянні води в колекторі) шурф розташовується на відстані 10 м від брівки відкритого колектора, а при впадінні дрени в закритий колектор – над збирачем.

Питання для самоконтролю

1. Які підготовчі роботи виконуються перед початком будівництва трубопроводів?
2. Які механізми використовуються для розробки траншей?
3. Перелічіть типи труб, що використовуються для влаштування зрошувальних трубопроводів.
4. Які типи з'єднань використовують для азбестоцементних труб?
5. З якою метою наноситься на труби гідроізоляція?
6. За допомогою яких пристроїв монтують залізобетонні труби?
7. За допомогою чого з'єднуються пластмасові труби.
8. Як монтуються пластмасові труби з розтрубами?
9. Як готуються торці сталевих труб до з'єднання?
10. Як забезпечують паралельність торців труб, що зварюються?
11. Чим виконується з'єднання сталевих труб?
12. Як укладаються сталеві труби в траншею?
13. Який порядок зворотної засипки трубопроводу.
14. Які є способи і з якою метою виконуються випробування трубопроводів?
15. Опишіть спосіб прокладання труб продавлюванням?

16. Як реалізується направлене буріння?
17. Якими машинами здійснюється розробка траншей по дну водотоків?
18. Назвіть методи вкладання трубопроводу під воду?
19. Які типи та розміри труб використовують для влаштування колекторно-дренажної мережі на зрошуваних землях?
20. Якими способами будують колекторно-дренажну мережу
21. Які механізми призначені для будівництва колекторно-дренажної мережі на зрошенні?

5. Будівництво гідротехнічних споруд

5.1. Будівництво гідротехнічних споруд із збірних елементів

При будівництві гідротехнічних об'єктів широко використовуються різні види гідротехнічних споруд, що зводяться із монолітного бетону та збірного залізобетону.

Бетонні і залізобетонні гідротехнічні споруди за конструкцією та технологією зведення поділяються на збірні, збірно-монолітні і монолітні. Збірні і збірно-монолітні гідротехнічні споруди влаштовуються переважно на гідромеліоративних системах, при берегоукріпленні тощо. Монолітний бетон застосовується при будівництві великих гідровузлів, шахтних водоскидів, підземних частин насосних станцій. Ці споруди зводяться на будівельному майданчику гідротехнічного об'єкта з бетонної суміші, що доставляється з бетонного заводу чи установки.

На гідромеліоративних системах зводяться мережеві збірні гідротехнічні споруди із збірного залізобетону. Конструкція і технологія зведення цих споруд залежить від типу гідромеліоративної системи: трубчасті регулятори і переїзди, водовипуски, перепади і швидкоतोки, дюкери і акведуки, колодязі (рис. 5.1).



Рис. 5.1. Мережеві збірні гідротехнічні споруди (<https://uk.wikipedia.org/wiki/https://depositphotos.com/se/photo/sewer-city-dirty-waters-in-the-canal-merge-waterfall-155172994.html>)

При зведенні гідротехнічних споруд збірної конструкції виконуються наступні технологічні операції та процеси:

- інженерна підготовка будівельного майданчика (видалення каміння, дерев і пнів, зняття рослинного шару);
- перенесення осей і будівельне розмічування гідротехнічної споруди, доставка і складування залізобетонних виробів та інших матеріалів на будівельний майданчик;
- влаштування котлованів і організація водовідливу;
- підготовка основи й вкладання фільтрів, забивання паль, шпунтів і влаштування протифільтраційних завіс;
- вкладання монолітного бетону там, де це передбачено проектом;
- монтаж збірних частин споруд з формуванням стиків;
- зворотна засипка пазах ґрунтом;
- влаштування кріплень у нижньому і верхньому б'єфах;
- монтаж металоконструкцій.

Залежно від інженерно-геологічних умов будівництва та типу збірної гідротехнічної споруди деякі із перерахованих технологічних процесів можуть бути відсутні.

При підготовці будівельного майданчика застосовуються тракторні корчувачі-збирачі, кушорізи, бульдозери, каменезбиральні машини тощо.

Перенесення осей і будівельне розмічування гідротехнічної споруди здійснюється за допомогою геодезичних інструментів – нівеліра і теодоліта та мірних приладів. Найчастіше ці роботи для невеликої гідротехнічної споруди на відкритій місцевості, без перешкод для прокладання проектних ліній, виконуються методом промірів – мірним приладом. Осі та контури гідротехнічної споруди на місцевості закріплюють кілочками.

5.2. Транспортні роботи

Забезпечення будівництва збірних і збірно-монолітних гідротехнічних споруд будівельними матеріалами та залізобетонними виробами здійснюється транспортними засобами.

Процес доставляння виробів з заводів виготовлювачів та полігонів до місця зведення споруди у водогосподарському будівництві має певні особливості: значні відстані переміщення; потреба в кранах для вантаження і розвантаження виробів на початку та в кінці рейсу, а інколи і для перевантаження виробів з транспортних засобів одного виду на транспорт другого виду; переміщення поганими шляхами, а часто-густо бездоріжжям.

З повної вартості збірної гідротехнічної споруди на транспортування будівельних матеріалів і виробів в середньому приходиться 30%.

Спосіб транспортування виробів та вид транспортних засобів вибирають за місцем розташування об'єкту. В першу чергу використовують існуючі залізничні та автомобільні шляхи.

Транспортні засоби вибирають згідно з обсягами робіт, термінами їх виконання, відстанню переміщення, масою виробів та їх формою, умовами, що склалися на транспортних шляхах, кількістю однотипних блоків.

При транспортуванні збірних залізобетонних виробів можуть виникати такі їх пошкодження:

- відколи при ударах одного виробу об інший або об дно чи борти кузова;
- тріщини та розлами через неправильно вибрані місця обпирання або захвату.

Для запобігання ударам, зсувам та розвалу штабелів деталей, що транспортуються застосовують підкладки, стояки з дошок та брусів і такі пристрої як шаблони, касети.

Залізничний транспорт використовують при транспортуванні деталей на далекі відстані, як проміжний транспорт від заводу до перевалочного прирейкового складу.

Найбільш розповсюдженим є автомобільний транспорт з застосуванням бортових автомобілів з маніпуляторами вантажністю 2,5–12 т.

При переміщенні великих партій виробів рекомендується використовувати напівпричепи або напівпричепи-платформи (рис. 5.2).



Рис. 5.2. Перевезення залізобетонних виробів автомобільним транспортом: а – кільця колодязів, <https://www.mit-net.com.ua/>; б – плити, <https://0442332290.kiev.ua/ua/p54419321-perevozka-shatrovyh-plit.html>

Довгомірні вироби слід перевозити на трейлерах, спеціальних причепах (панелевозах, лотковозах тощо) (рис. 5.3).

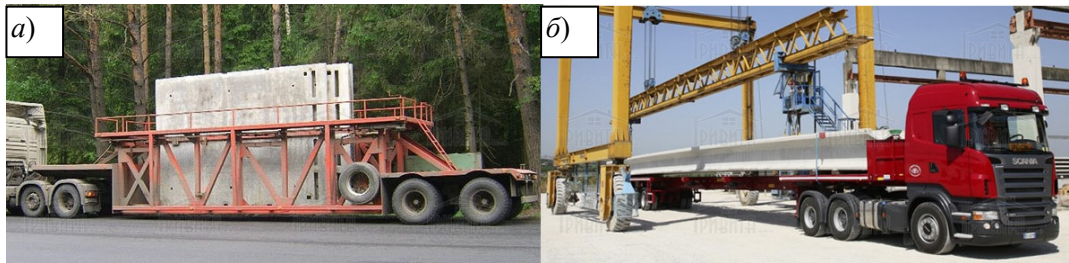


Рис. 5.3. Перевезення довгомірних залізобетонних виробів автомобільним транспортом: а – <https://0442332290.kiev.ua/ua/p54419321-perevozka-shatrovyh-plit.html>; б – <https://gazobeton.dp.ua/articles/kran-manipulyator-i-transportirovka-stroitelnykh-k.html>

5.3. Технологія будівництва збірних гідротехнічних споруд

5.3.1. Земляні роботи

Зняття рослинного шару з площі будівельного майданчика виконується бульдозером за поперечною схемою розробки і переміщення ґрунту (рис. 5.4).

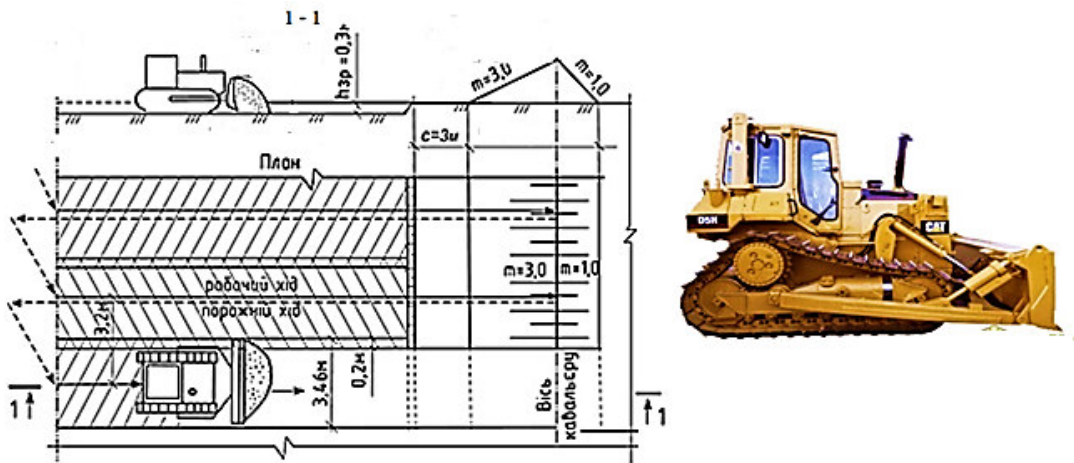


Рис. 5.4. Технологічна схема зняття рослинного шару, [1]

За геометричними розмірами поперечного перетину котловану під споруду та технічними характеристиками підбирається екскаватор та визначається схема розробки котловану.

При підборі екскаватора спочатку розглядається поперечна схема розробки котловану (рис. 5.5).

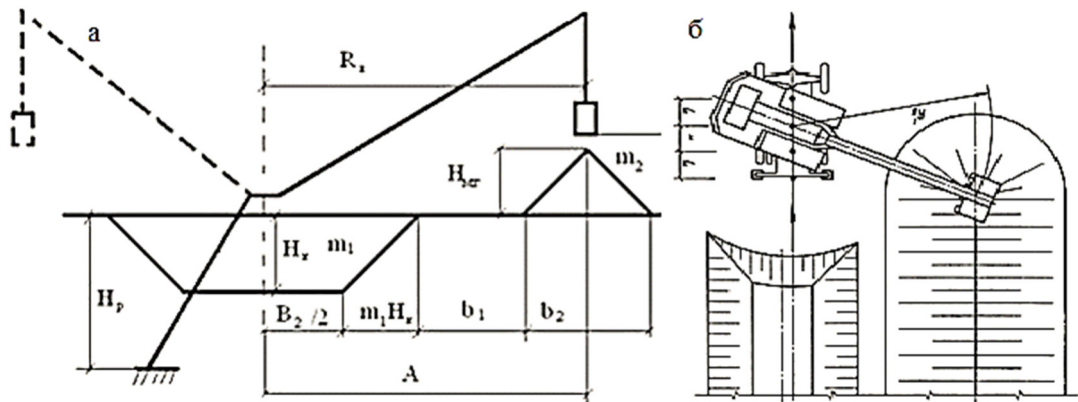


Рис. 5.5. Підбір екскаватора для розробки котловану за поздовжньою схемою: а – визначення параметрів підбору; б – поздовжня схема роботи екскаватора

Визначальним параметром підбору екскаватора є радіус вивантаження мінерального ґрунту $R_{\text{в}} \geq A$.

$$A = \frac{B_2}{2} + m_1 \cdot H_{\text{к}} + b_1 + m_2 \cdot H_{\text{мг}},$$

де B_2 – ширина котловану на дні, м; m_1 – коефіцієнт закладання укосу котловану; $H_{\text{к}}$ – глибина котловану, м; b_1 – ширина берми або відстань від верхньої бровки котловану до нижньої основи відвалу, м; m_2 – коефіцієнт закладання укосів відвалів; $H_{\text{мг}}$ – висота відвалу, м.

Умови вибору екскаватора за поздовжньою схемою розробки котловану:

- радіус вивантаження ґрунту за технічною характеристикою екскаватора має бути рівним або більшим параметра розробки A : $R_B \geq A$;

- глибина розробки за технічною характеристикою екскаватора повинна бути більшою ніж глибина котловану: $H_p \geq H_K$;

- висота вивантаження ґрунту за технічною характеристикою екскаватора повинна дорівнювати висоті відвалу, або бути більшою: $H_B \geq H_{MG}$;

- ширина ковша екскаватора повинна бути меншою ніж ширина котловану на дні: $b_K \leq B_2$.

Якщо за поздовжньою схемою розробки котловану неможливо підібрати екскаватор, то розглядають поперечну схему розробки (рис. 5.6).

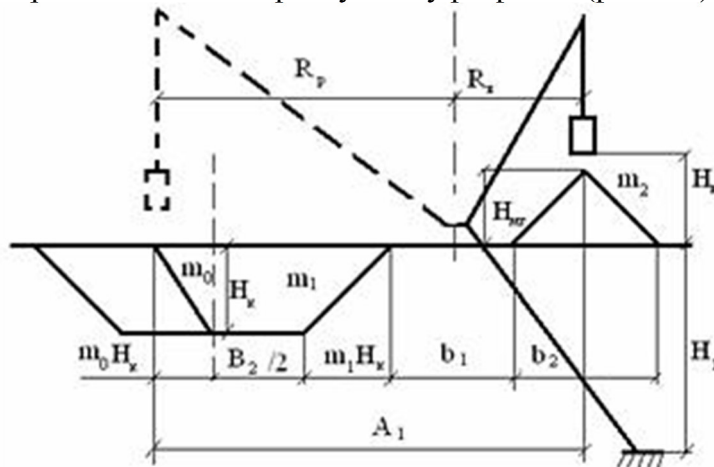


Рис. 5.6. Підбір екскаватора для розробки котловану за поперечною схемою

Умови вибору екскаватора за поперечною схемою розробки котловану:

$$A_1 = m_0 \cdot H_K + \frac{B_2}{2} + m_1 \cdot H_K + b_1 + m_2 \cdot H_{MG},$$

де m_0 – коефіцієнт закладання зовнішнього укосу вибою, залежить від виду ґрунту, $m_0 = 0,8$.

- необхідно щоб сума радіусів різання та вивантаження ґрунту за технічною характеристикою екскаватора має бути рівним або більшим параметра розробки A_1 : $R_p + R_b \geq A_1$;

- глибина різання за технічною характеристикою екскаватора має бути більшою проектної глибини котловану: $R_p \geq H_K$;

- висота вивантаження ковша екскаватора повинна бути більшою проектної висоти відвалу: $H_B \geq H_{MG}$;

- довжина ковша екскаватора має бути не більшою ширини котловану на дні: $l_K \leq B_2$.

Допустима глибина виїмок з вертикальними стінами для різних ґрунтів становить: гравійних, піщаних – 1 м; супісків – 1,25 м; глинистих і суглинних – не більше 1,5 м; сильно щільних – 2 м.

Тривалість розробки ґрунту в котловані становить:

$$T_p = \frac{V_k}{P_e},$$

де V_k – об'єм котловану, m^3 ; P_e – експлуатаційна продуктивність екскаватора за зміну, $m^3/зміну$;

$$P_e = \frac{q \cdot K_n \cdot n \cdot K_q \cdot t_{зм}}{K_p},$$

q – геометрична ємність ковша, m^3 ; K_n – коефіцієнт використання ємності ковша екскаватора (0,9–1,1); n – кількість циклів за одиницю часу (год) при розрахункових умовах; K_q – коефіцієнт використання робочого часу; K_p – коефіцієнт початкового розпушування ґрунту (1,08–1,35 залежно від типу ґрунту); $t_{зм}$ – тривалість робочої зміни, год;

$$n = \frac{3600}{t_{ц}},$$

$t_{ц}$ – тривалість циклу, сек;

$$t_{ц} = t_k + t_{п} + t_b + t_{пов.},$$

t_k – тривалість копання (10–15 с); $t_{п}$ – тривалість повороту повного ковша (3–5 с); t_b – тривалість вивантаження (2–4 с); $t_{пов.}$ – тривалість повороту у вибій (2–3 с).



Залежно від геометричних розмірів котловану і підбраного за типом і маркою екскаватора здійснюється розробка котловану за однією із розглянутих технологічних схем з укладанням мінерального ґрунту у тимчасовий відвал (рис. 5.7, 5.8).

Рис. 5.7. Розробка котловану екскаватором із зворотною лопатою (<https://mykyivregion.com.ua/news/>)

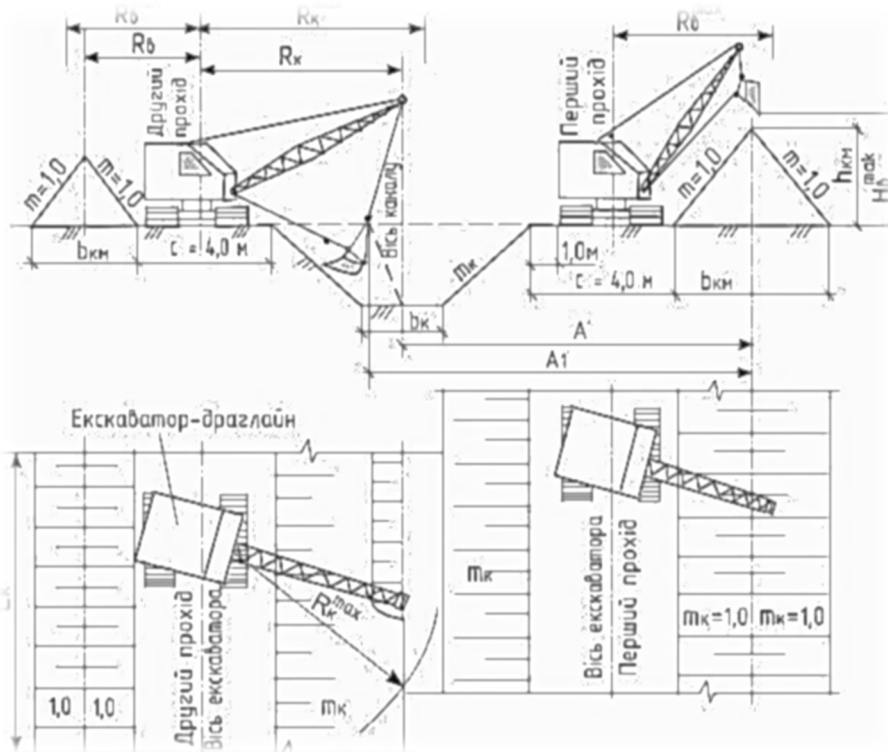


Рис. 5.8. Технологічна схема розробки котловану екскаватором драглайн, [1]

5.3.2. Осушення котлованів

При будівництві гідротехнічних споруд на водотоці чи при високому рівні ґрунтових вод у більшості випадків необхідно застосовувати штучне осушення котлованів і підтримку їх в осушеному стані упродовж усього періоду будівництва.

Осушення відкритих котлованів зазвичай виконується в дві стадії: первинний відкритий водовідлив – видалення вільної води, що знаходиться в котловані; утримання котловану в осушеному стані шляхом відкачування ґрунтових вод, які фільтруються через укуси і дно котловану.

Застосовуються два основних способи: відкритий водовідлив і штучне зниження рівня ґрунтових вод.

Відкритий водовідлив здійснюється найчастіше із застосуванням звичайних низьконапірних відцентрових насосів з двигунами внутрішнього згоряння чи електроприводом. Всмоктувальний патрубок опускається в приямок, що влаштовується в найнижчій точці на дні котловану (рис. 5.9).

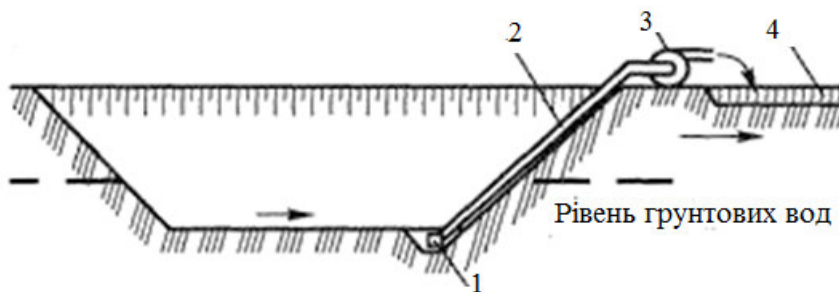


Рис. 5.9. Схема відкритого водовідливу: 1 – прямокутний канал; 2 – всмоктувальний патрубок; 3 – насос; 4 – водовідвідна траншея
(<https://studfile.net/preview/9053247/page:4/>)

Відкритий водовідлив застосовується в котлованах, де ґрунти мають достатню стійкість проти деформації стінок і дна котлованів, що відбувається через зважування частини ґрунту фільтраційним тиском і механічної суфозії ґрунту. До таких ґрунтів відносяться скельні, уламкові, галечникові й інші породи.

Розрахунок системи відкритого водовідливу полягає у визначенні об'єму припливу води до котловану, а також у виборі марки і кількості насосів, що забезпечують відкачування води за межі котловану.

Витрата води при відкачці її з котловану, відгородженого від водойми перемичками, обчислюється приблизно за залежністю

$$Q = \frac{K \cdot W}{T},$$

де K – коефіцієнт, що враховує збільшення об'єму відкачування у результаті фільтраційного припливу; приймається рівним від 2 до 10 залежно від типу ґрунту в основі і стінках котловану;

W – геометричний об'єм води в котловані до початку відкачки, м^3 ;

T – намічуваний термін відкачки, год.

Для орієнтовних розрахунків і при невеликих розмірах котлованів приплив води можна визначити за формулою

$$Q = q \cdot F \cdot H,$$

де q – питомий приплив води на 1 м^2 площі котловану при напорі 1 м (для дрібнозернистих пісків $q=0,16 \text{ м}^3/\text{год}$, для середньозернистих $q=0,24 \text{ м}^3/\text{год}$, для грубозернистих $q=0,3 \text{ м}^3/\text{год}$, для гравелистих із грубозернистим піском $q=0,35 \text{ м}^3/\text{год}$, для тріщинуватої скелі $q=0,05 \dots 0,1 \text{ м}^3/\text{год}$); F – площа котловану, м^2 ;

H – напір ґрунтових вод, м .

Потрібна кількість насосів N визначається за формулою

$$N = \frac{Q}{Q_n} m,$$

де Q – розрахунковий приплив води до котловану, $\text{м}^3/\text{год}$;

Q_n – експлуатаційна продуктивність насоса, $\text{м}^3/\text{год}$;

M – коефіцієнт резерву потужності насосних установок, $m=1,2 \dots 2$.

На вибір того чи іншого способу водовідливу впливають наступні фактори:

- геологічні і гідрогеологічні умови котловану;
- глибина закладення котловану відносно рівня поверхневих чи ґрунтових вод;
- тип і розміри споруди;
- прийняті способи і терміни виконання робіт.

Для виконання робіт з відкритого водовідливу використовують мобільні (рис. 5.11, *а*) або самохідні, на базі тракторів (рис. 5.11, *б*) та пересувні (рис. 5.11, *в*) насосні установки.



Рис. 5.11. Установки відкритого водовідливу: *а* – на одноосному шасі (https://flagma.ua/mm-27-100-tu-22-145-010-90-motopompa-o2762230.html#google_vignette); *б* – на тракторі (https://bioresurs.in.ua/ru/stati/2018/06/nasos-ot-vom-dlya-jidkih-othodov_ss.html); *в* – пересувні (<https://prom.ua/ua/p1052758672-stantsiya-nasosnaya-peredvizhnaya.html>)

Штучне зниження рівня ґрунтових вод здійснюється за рахунок відкачки води з шпурів чи колодязів, розташованих у плані і по вертикалі так, щоб не допустити надходження води в котлован.

Штучне зниження рівня ґрунтових вод полягає в тому, що навколо зовнішнього контуру котловану буряться шпури, у які занурюються вертикальні труби, що мають фільтр. При відкачці води з занурених труб навколо них створюється місцеве зниження рівня ґрунтових вод (рис. 5.11).



Рис. 5.11. Штучне зниження рівня ґрунтових вод (<https://msk.in.ua/vodoponizhenie>)

Як правило, для штучного пониження рівня ґрунтових вод використовують водознижуючі установки з легкими голкофільтрами, які являють собою систему труб малого діаметра, що мають на кінці фільтрову (приймну) ланку, яка занурена в ґрунт на глибину 7–8 м по контуру котловану, що осушується.

Легкі голкофільтрові установки, крім голкофільтрів, включають також водозбірний колектор, який об'єднує їх в одну водознижувальну систему, відцентрові насосні агрегати та відвідний трубопровід.

Голкофільтр складається з фільтрової ланки, через яку з ґрунту надходить вода, надфільтрової колони (труби) й наконечника із зубчастою коронкою. До надфільтрової труби діаметром 50 мм і 7–8,5 м завдовжки унизу приєднують голкофільтрову ланку, а згори – гнучкий рукав.

Голкофільтрова ланка завдовжки 1,25 м складається з двох труб: внутрішньої діаметром 38 мм суцільної та зовнішньої діаметром 50 мм з отворами. Зовнішня труба обгорнута фільтрувальною та захисною сітками та внизу виконана у вигляді наконечника, усередині якого розміщені кільцевий і кульовий клапани (рис. 5.12, 5.13).

Під час відкачування води кульовий клапан голкофільтра під дією вакууму піднімається, а кільцевий клапан опускається, відкриваючи шлях ґрунтовій воді, що надходить у внутрішню трубу через отвори зовнішньої труби фільтра.

Легкі голкофільтри занурюють у ґрунт способом гідропідмиву під дією власної ваги за допомогою струменя води тиском 0,3–0,5 МПа, що розмиває

грунт під наконечником фільтра, або монтують у заздалегідь пробурені свердловини.

Відстань між голкофільтрами вибирається залежно від характеру ґрунтів і кількості ярусів. Глибина осушення цим способом досягає до 5,5 м.



Рис. 5.12. Штучне зниження ґрунтових вод: а – принципова схема зниження рівня ґрунтових вод; 1 – голкофільтр; 2 – колектор; 3 – установка водозниження; 4 – уловлювач піску; 5 – відвідний трубопровід; 6 – зливний шланг; 7 – лічильник потоку; А – ґрунтові води; В – колодязь; С – котлован; б – голкофільтрові ланка (<https://aquamen.com.ua/burinnya-sverdlovyn/burinnya-vodoznyzhuiuchykh-sverdlovyn>)



Рис. 5.13. Практичне застосування штучного зниження ґрунтових вод в котловані установкою з легкими голкофільтрами (<https://eprints.kname.edu.ua/pdf>)

Голкофільтровий спосіб зниження рівня ґрунтових вод застосовують під час будівництва підземних споруд дрібного закладення відкритим способом у тих випадках, коли рівень ґрунтових вод розташовується вище підшови підземної споруди. До того ж по контуру вироблення закладають водознижувальні свердловини, розташовуючи їх на відстані 0,7–1,5 м. Зі свердловини протягом певного часу безперервно відкачують воду, унаслідок чого утворюється депресійна поверхня й рівень ґрунтових вод розташовується нижче підшови підземної споруди, а отже, виконання робіт проводять в осушеному ґрунтовому масиві. Радіус і глибина депресійної воронки залежать від потужності водоносного шару, коефіцієнта фільтрації та інтенсивності відкачування.

5.3.3. Монтаж залізобетонних елементів

При зведенні збірних гідротехнічних споруд монтаж залізобетонних виробів є ведучим технологічним процесом і організація монтажних робіт залежить від типів споруд, їх кількості та термінів будівництва.

Для монтажу нескладних конструкцій (оглядові, регулюючі колодязі, дренажні гирла тощо) долучаються ланки з 2–3 робітників (рис. 5.14), а для спорудження більших об'єктів створюються спеціалізовані або комплексні бригади.



Рис. 5.14. Монтаж залізобетонного колодязя (<https://info-bud.com.ua/materialy-dlya-kanalizatsionnogo-kolodca-rassmatrivaem-podrobno/>)

На кожную споруду складають технологічну карту, яка визначає місця складування збірних залізобетонних конструкцій, послідовність виконання різних видів робіт, порядок і послідовність встановлення окремих збірних елементів під час їх монтажу (рис. 5.15, 5.16).

Деталі повинні знаходитися в зоні дії крану, який встановлюється на певних монтажних позиціях відповідно до раніше складеної схеми монтажу.

При масовому будівництві споруд можливо вести встановлення елементів в робоче положення безпосередньо з платформ транспортних засобів, так званий «монтаж з коліс».

Якщо важко або неможливо узгодити транспортні або монтажні операції так, щоб організувати «монтаж з коліс», застосовується проміжне складування. Доставлені до місця монтажу вироби розвантажують і складують так, щоб уникнути додаткового переміщення їх перед встановленням.

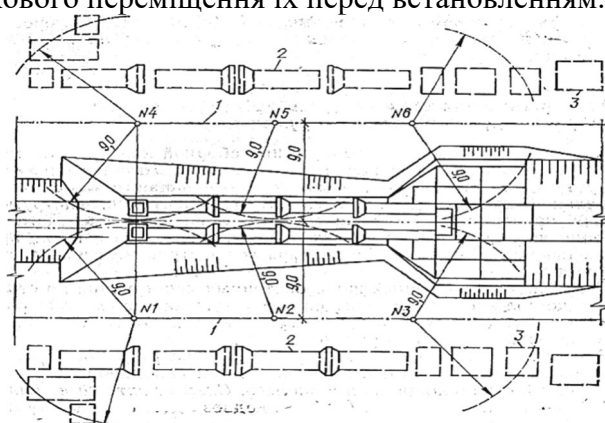


Рис. 5.15. Схема виконання робіт при монтажі шахтного перепаду-регулятора із збірного залізобетону (план): 1 – вісь переміщення крана; 2 – місця розташування деталей до початку монтажу; 3 – склади гравію; № 1, 2, 3, 4, 5, 6 – номери стоянок монтажного крана

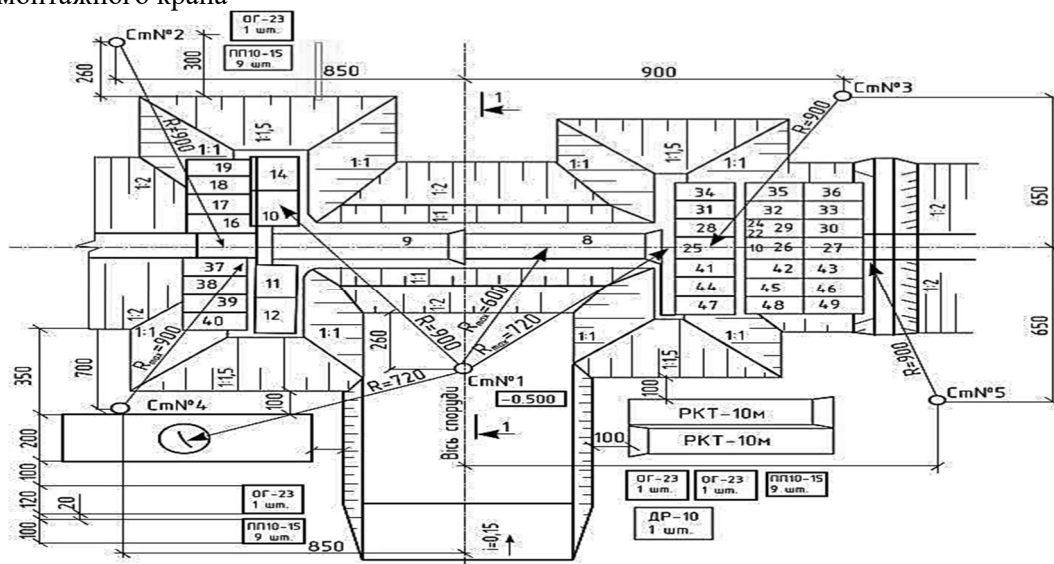


Рис. 5.16. Схема організації монтажу конструкцій споруди типу РТК – 10-0-20 із збірного залізобетону

Монтажні роботи можна виконувати одночасно на одному, двох або кількох об'єктах. При невеликій кількості (1–3) споруд, що монтуються одночасно, бригада монтажників встановлює всі елементи у певній послідовності відповідно до технологічної карти, переходячи від однієї споруди до іншої.

Цей спосіб дозволяє більш повно використовувати робочий час кранів, без частих переміщень їх з однієї монтажної позиції на другу.

При великій кількості споруд, що монтуються одночасно, бригада монтажників розбивається на спеціалізовані ланки. Такий спосіб дозволяє використовувати спеціальні засоби транспорту для перевезення залізобетонних виробів, одні і ті ж монтажні та захватні пристрої.

При зведенні збірних гідротехнічних споруд ведучою машиною є монтажний кран. Вибір крана для виконання монтажних робіт здійснюється за технологічними параметрами монтажу, які порівнюються з відповідними технічними характеристиками крана (рис. 5.17):

- вантажопідйомністю крана $G_k \geq G_m$;
- висотою підняття гака $H_k \geq H_m$;
- вильотом гака $L_k \geq L_m$,

де G_k , G_m – відповідно вантажопідйомність крана за технічною характеристикою і монтажна маса елемента, т;

H_k , H_m – відповідно висота підйому гака за технічною характеристикою крана і необхідна висота підйому гака, м;

L_k , L_m – відповідно виліт гака за технічною характеристикою крана і необхідний виліт гака за технологічними параметрами монтажу, м.

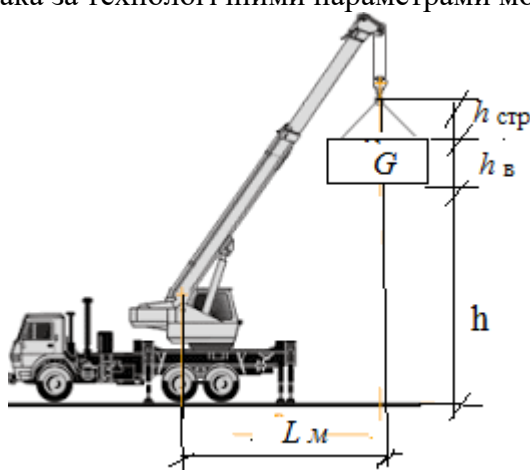


Рис. 5.17. Схема визначення технологічних параметрів монтажу

Монтажна маса елемента G_m (т) – це сума власної маси елемента, маси вантажозахватних пристроїв і монтажного оснащення Σg , яке закріплюється на елементі (риштування, хомути, кондуктори тощо), тобто

$$G_m = G + \Sigma g,$$

де G – маса найважчого елемента, розташованого на максимальній відстані від крана, т; Σg – маса встановленого на ньому оснащення, вантажозахватних пристроїв тощо, т.

Необхідна висота підйому гака визначається за виразом

$$H_m = h + h_з + h_e + h_{стр},$$

де h – відстань між рівнем стояння крана та монтажним горизонтом, м; $h_3 = 0,5 \dots 1$ м – зазор між рівнем стояння крана та нижнім кінцем елемента, що подається для монтажу; h_b – висота елемента, що монтується, м; $h_{стр}$ – висота такалажного пристрою, м.

Необхідний виліт гака для стрілових самохідних кранів

$$L_M = \frac{b}{2} + H_K \cdot m + a + c,$$

де b – ширина основи (плити) під з/б труби, м; H_K – глибина котловану, в якому влаштовується споруда, м; m – коефіцієнт закладання укосу котловану; a – безпечна відстань – від зовнішньої брівки котловану до опори крана (приймається не менше 1 м), м; c – відстань між віссю повертання крана і шарніром кріплення стріли, м.

За технологічними схемами виконання монтажних робіт здійснюється визначення параметрів монтажу залізобетонних елементів гідротехнічної споруди (рис. 5.18).

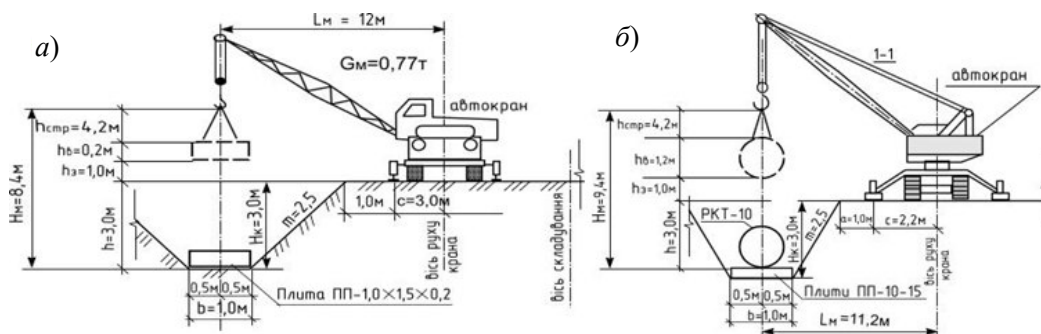


Рис. 5.18. Розрахункові технологічні схеми монтажу залізобетонних елементів шлюза-регулятора: *a* – плити; *б* – труби

На основі визначених параметрів монтажу залізобетонних елементів гідротехнічної споруди за вантажними характеристиками здійснюється вибір монтажного крана (рис. 5.19).

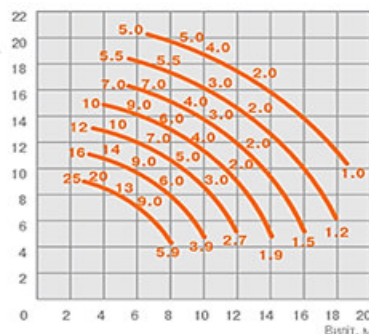


Рис. 5.19. Вантажна характеристика автомобільного крана (<https://www.facebook.com/profile.php?id=100064876427928>)

При монтажі невеликих збірних споруд на меліоративних системах застосовуються переважно мобільні вантажопідйомні стрілові крани – автомобільні, тракторні крани і крани-екскаватори.

Виконання технологічних операцій з монтажу гідротехнічних споруд пов'язано з широким використанням різноманітних монтажних пристроїв, що послугуються як перехідна ланка між елементом, що монтується, і вантажопідйомним механізмом.

Стропування та підвішування виробів на гак крана виконують з допомогою вантажозахватних пристроїв: строп різних конструкцій, скоб, карабінів, хомутів, траверс, захватів, електромагнітів, вакуумних присосів тощо.

При виборі того чи іншого пристрою прагнуть того, щоби виріб, знаходячись у підвішеному стані, не зазнавав непередбачених напруг, займав би зручне положення в просторі при вкладанні його на транспортний засіб, в штабель для тимчасового складування або встановлення в споруду, та був надійно застрахований від зриву і падіння.

Стропи являють собою відрізки канатів (рис. 5.20), ланцюгів з кільцями, коушами, гаками для безпосереднього захвату виробів. Кріплення може здійснюватися в одній, двох, трьох або чотирьох точках залежно від форми та розмірів виробу.



Рис. 5.20. Стропи різноманітного призначення, (<https://1kanat.com.ua/ua/vybiraem-stropy-chto-vazhno-znat/>)

Для підняття довгих виробів – балок, плит в горизонтальному положенні застосовують траверси. Траверси (рис. 5.21) дозволяють підвішувати вироби на коротких стропах в кількох точках. Брус траверси сприймає горизонтальні складові зусиль від сили ваги виробу.

Перед монтажем залізобетонних виробів необхідно перевірити: положення закладних деталей і необхідних рисок; правильність і надійність закріплення вантажозахватних пристроїв; готовність робочого місця до прийому блоку, що укладається.



Рис. 5.21. Види траверс: *а* – двоточкова для монтажу балок, вузьких плит (<https://kzk.kiev.ua/krany-mostovyye-metallurgicheskoye/>); *б* – чотирьохточкова, для монтажу плит перекриття, покриття (<https://kzpto.com.ua/uk/traversi/>); *в* – багатоточкова, для монтажу довгих вузьких елементів (<https://luczeko.pl/promocje/>)

Збірні залізобетонні конструкції монтуються в строгій технологічній послідовності, що забезпечує незмінність, стійкість і міцність встановлених частин споруд на всіх стадіях монтажу.

Бажано монтаж невеликих споруд вести з однієї позиції крану. У проектне положення блоки встановлюються плавно, без ударів і поштовхів до тимчасового закріплення блоку стропи не знімають з гака крану. При підйомі і подачі конструкції не допускається її розгойдування й обертання, а також переміщення підтягуванням (волоком). Під час монтажу конструкцій повинен здійснюватися постійний геодезичний контроль за відповідністю їхнього положення проектному.

При монтажі окремих блоків і частин споруди допускаються наступні відхилення: відмітка верха фундаментних опор – 10 мм; зсув осей стійок, бичків, фундаментів, підпірних стінок у плані і по вертикалі – ± 10 мм; зсув осей і відхилення у відмітці верхньої поверхні плит, понура, водобоя і рисберми – ± 20 мм.

Зворотне засипання ґрунту в пазухи котлованів виконується безпосередньо після закінчення робіт з гідроізоляції бетонних поверхонь і закладних деталей. Засипання необхідно виконувати бульдозерами з



пошаровим розрівнюванням і ущільненням пневмотрамбівками або електротрамбівками. Ущільнення ґрунту в пазах котлованів починається в напрямку від побудови і поступово зсувається до укосів (рис. 5.22).

Рис. 5.22. Ущільнення ґрунту в пазах котлованів віброплитою (<https://dimkomfort.kyiv.ua/>)

Після закінчення монтажу збірних залізобетонних конструкцій виконується монтаж металоконструкцій гідротехнічної споруди.

5.4. Будівництво монолітних гідротехнічних споруд

Будівництво монолітних гідротехнічних споруд – це комплекс технологічних процесів, після виконання яких створюються бетонні споруди заданих розмірів і конфігурацій, що мають високу надійність та довговічність під час роботи в умовах дії водного потоку, поперемінного заморожування та відтаювання і інших природно-кліматичних та виробничих факторів.

Для будівництва гідротехнічних споруд застосовують спеціальний гідротехнічний бетон щільністю 2200–2500 кг/м³.

Гідротехнічний бетон – це бетон, який працює в спорудах, що постійно або періодично знаходяться у водному середовищі, та піддаються вилуговуванню, періодичному заморожуванню, ударах хвиль, дії тертя наносів.

Влаштування монолітних бетонних та залізобетонних конструкцій – це складний процес, що складається із заготівельних, транспортних та монтажно-укладальних процесів.

Заготівельні процеси включають виготовлення опалубки, заготовляння арматури, приготування бетонної суміші.

Транспортні процеси включають доставляння з місць виготовлення до будівельного майданчика опалубки, риштувань, арматури, арматурно-опалубних блоків, бетонної суміші та устаткування.

Монтажно-укладальні процеси виконують безпосередньо на будівельному майданчику і включають встановлення опалубки та арматури в проектне положення, подачу бетонної суміші, її вкладання та ущільнення, догляд за бетоном, зняття опалубки з конструкцій та їх оздоблення.

До складу бетонних робіт входять наступні технологічні процеси: готування бетонної суміші, транспортування її до місця укладання, встановлення опалубки та арматури, укладання бетонної суміші, догляд за свіжоукладеним бетоном.

Прикладом будівництва монолітних гідротехнічних споруд можна розглянути влаштування баштового водоскиду автоматичної дії (рис. 5.23).

При будівництві масивних бетонних споруд їх ділять на блоки бетонування та розраховують об'єми цих блоків. Щодо влаштування баштового водоскиду, то спочатку він ділиться на яруси, а яруси на блоки бетонування (рис. 5.24) .

Для дотримання у бетонних чи залізобетонних конструкціях заданих розмірів, форми і положення в просторі влаштовується опалубка.

В опалубні форми вкладають бетонну суміш, де вона тужавіє до досягнення бетоном потрібної міцності.

Для влаштування шахтного водоскиду застосовується розбірно-переставна опалубка, яка складається із окремих щитів, підтримуючих елементів та кріплень.

Щит опалубки складається із робочої поверхні (палуби), ребер жорсткості, системи горизонтальних і діагональних схваток, які забезпечують жорсткість конструкції вцілому.

Кріплення щитів опалубки буває: зовнішнє – не зв'язане з блоками бетонування і внутрішнє, яке закладається в забетоновані блоки.

Зовнішнє кріплення досить просте і зручне для невисоких блоків бетонування (до 2–3 м).

При більшій висоті блока бетонування для забезпечення достатньої міцності і жорсткості конструкції опалубки застосовується складна система кріплення, яка складається із стояків, прогонів, укосів. При бетонуванні блоків висотою 3–6 м застосовують внутрішнє кріплення за допомогою металевих стяжок, розтяжок, анкерних гвинтів і петель (рис. 5.25).

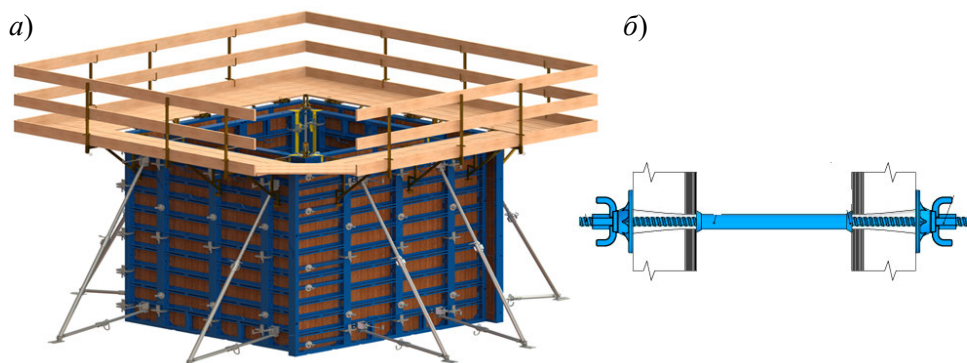


Рис. 5.25. Розбірно-переставна рамна опалубка для влаштування шахти водоскиду: *а* – рамна опалубка; *б* – анкерне кріплення (<https://variant.kharkov.com/ua/products/wall-formwork/>)

На будову арматура надходить у вигляді окремих стержнів, їх з'єднують в каркаси і сітки на робочому місці.

Відповідно до ДСТУ 3760:2006 «Прокат арматурний для залізобетонних конструкцій» арматура для залізобетонних конструкцій класифікується за класом арматурного прокату та технологією виготовлення (табл. 5.1).

Таблиця 5.1

Класи арматурного прокату, марки сталі та спосіб виготовлення			
Клас арматурного прокату	Марки сталі	Спосіб виготовлення прокату	Діаметр прокату
1	2	3	4
A240C	Ст3сп, Ст3пс, Ст3кп	гарячекатаний	5,5–40
A400C	Ст3сп, Ст3пс, Ст3Гпс, Ст5сп, Ст5пс, 25Г2С, 35ГС	термомеханічно зміцнений гарячекатаний	6–40

продовження табл. 5.1

A500C	СтЗсп, СтЗпс, СтЗГпс, СтЗГпс 25Г2С	термомеханічно зміцнений	6–16 18–22 25–40
A600	20ГС	термомеханічно зміцнений	10–32
A600C	25Г2С, 35ГС		
A600K	08Г2С, 10ГС2		
A800	20ГС, 20ГС2, 08Г2С, 10ГС2		6–40
A800K	35ГС		
A800CK	20ХГС2		
A1000	25Г2С, 20ХГС2		6–40

Місця перетину стержнів перев'язують в'язальним дротом діаметром 0,8–1 мм або зварюють (рис. 5.26, 5.27).



Рис. 5.26. Армування днища плити та стінок шахти водоскиду
(<https://teknosel.com.ua/ua/news/materialy-dlya-opalubki/opalubka-dlya-fundamenta-sovety-i-rekomendatsii/>; https://www.instagram.com/centring_lover/reel/C8eJWLnytKx/)

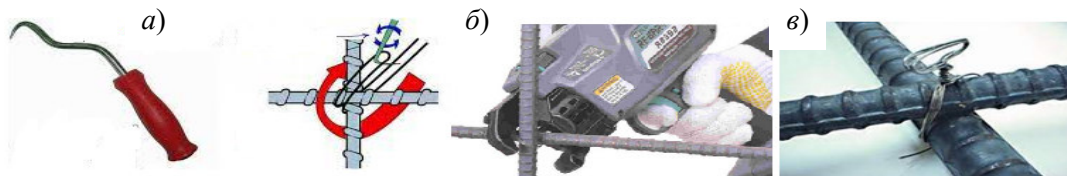


Рис. 5.27. Способи перев'язування арматури: *а* – в'язальний гак та напрям згину в'язального дроту; *б* – в'язальний пістолет; *в* – перев'язаний перетин арматури
(https://horodom.cx.ua/109-gachok-dlja-v-jazki-armaturi-vidi-sposobi.html#google_vignette)

Вкладені в проектне положення окремі стержні, сітки і каркаси з'єднують між собою за допомогою втулок (рис. 5.27, *а, б*) електрозварюванням ванним способом (рис. 5.27, *в*) або встик (рис. 5.27, *г*), за допомогою муфт (рис. 5.27, *д, е*).

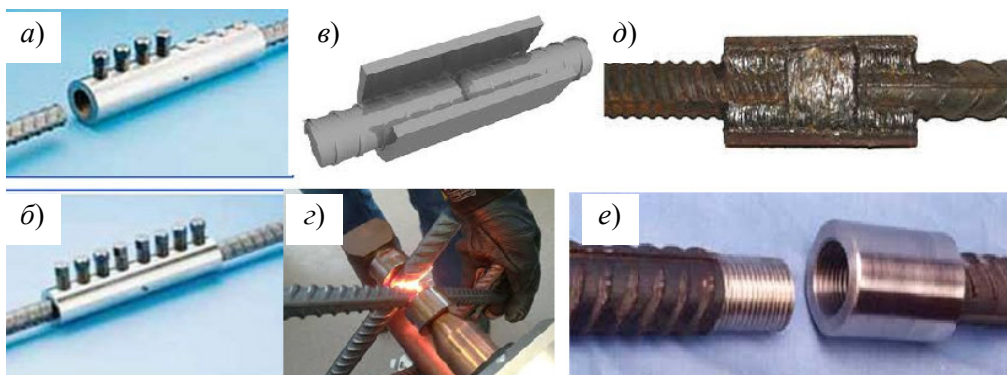


Рис. 5.27. Способи з'єднання арматури
(<https://www.erico.com/newsDetail.asp?newsid=114>; <https://www.greenrms.com/grms-couplers-products.html>)

Бетонну суміш готують, як правило, централізовано на спеціальних заводах, а якщо обсяги робіт невеликі – на приоб'єктних бетонозмішувальних установках. На будівельному майданчику бетонну суміш готують за двоступеневою схемою (рис. 5.28, а). Приоб'єктні бетонозмішувальні установки, як правило, виконуються в мобільному варіанті (рис. 5.28, б).



Рис. 5.28. Приоб'єктні бетонозмішувальні установки (<https://machineryline.ua/-/betonni-zavodi--c113>; <https://machineryline.info/-/concrete-plants/Karmel--c113tm10774>)

Бетонну суміш готують відповідно до заданих показників на основі розрахунків і підбраного в лабораторії складу – марки бетону, жорсткості, рухомості бетонної суміші та зручності вкладання. Розмір заповнювачів в бетонній суміші для армованих конструкцій не повинен перевищувати $2/3$ мінімальної відстані між стержнями арматури і $1/3$ мінімального розміру конструкції.

Готова бетонна суміш в мокрому або сухому вигляді транспортується на будівельний майданчик до місця її укладання.

Спосіб транспортування бетонної суміші від місця її приготування до місця вкладання залежить від часу початку твердіння цементу, відстані перевезення, обсягу робіт і висоти транспортування до робочого місця.

Основні вимоги – збереження якості бетонної суміші. Тривалість транспортування не повинна перевищувати термін початку твердіння бетону.

Для перевезення бетонної суміші від місця її виготовлення до будівельного майданчика у даний час використовуються автобетонозмішувачі (міксери) (рис. 5.29).



Рис. 5.29. Автобетонозмішувачі (<https://noleggio.mmtitalia.it/nolo/autobetoniera-aosta/fiori-db-180-key5594>; <https://kievspecteh.com/ru/catalog/avtobetonosmesitel>)

На невеликі відстані до 5–20 км в міксер завантажується готова бетонна суміш, під час транспортування барабан має обертатися, щоб не допустити дезінтеграції бетонної суміші. На відстані, що перевищують 20 км у автобетонозмішувач завантажують у сухому вигляді компоненти бетонної суміші на одне замішування. Перемішуються компоненти бетонної суміші з додаванням води під час руху автобетонозмішувача протягом 3–5 останніх хвилин.

У виключних випадках для транспортування бетонної суміші використовують автосамоскиди.

У межах будівельного майданчика бетонну суміш до місць укладання транспортують вантажопідйомними кранами в спеціальних місткостях – баддях, або стрічковими конвеєрами; бетононасосами; віброжолобами чи вібротолками.

Переміщення бетонної суміші в баддях здійснюється з використанням підйомних кранів (рис. 5.30).



Рис. 5.30. Обладнання для переміщення бетонної суміші до місця укладання: а – баддя (<https://1beton.in.ua/obladnannia/6-badya-dlya-betonu.html>); б – автомобільний кран (<https://uk.wheelsage.org/kamaz/cars/page13?page=27>)

Підйомні крани вибирають за необхідною вантажопідйомністю, вильотом стріли і висотою підйому гака (рис. 5.31). Для цього використовують вантажні характеристики кранів.

Вантажопідйомність крана повинна бути більшою маси бадді з бетонною сумішшю.

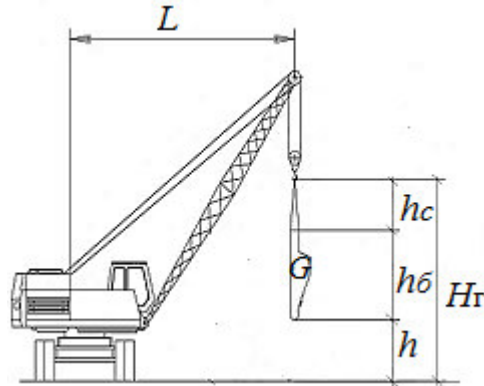


Рис. 5.31. Схема для вибору підйомного крана

Укладання бетонної суміші в блоки бетонування передбачає підготовку поверхні основи раніше вкладеного бетону, що полягає у промиванні і продуванні поверхні блоку стиснутим повітрям, очищення випусків арматури від налиплого бетону та іржі, а також очищення поверхні раніше покладеного бетону від цементної плівки.

Укладання бетонної суміші блоки бетонування баштового водоскиду виконується шарами товщиною від 1,2 до 1,3 м (стін башти), а днища – до 2,0 м. При цьому використовується пошарова схема бетонування, при якій бетонна суміш у блок вкладається декількома шарами по всій його висоті і ширині з перекриттям кожного шару до початку схоплювання в нижньому шарі бетонної суміші.

Перед бетонуванням блоку готують поверхню підмурка або поверхню раніше вкладеного бетону, встановлюють закладні деталі, готують поверхню опалубки.

З поверхні раніше вкладеного бетону знімається цементна плівка такими способами: насічкою відбійними молотками (рис. 5.32, а), обдирання поверхні бетону обертовими щітками (рис. 5.32, б), обробка струменем води або піску з піскоструменевого апарату (рис. 5.32, в).

Після зняття плівки поверхня бетону добре промивається. Усі сухі поверхні, на які буде укладатися бетонна суміш, безпосередньо перед укладанням необхідно зволожити водою з розрахунку бл/м^2 , щоби не допустити обезвоження свіжого бетону. Бетонна суміш, яка подається в блок має бути розподілена на площі блоку рівномірним шаром.

З метою уникнення розшарування бетонної суміші забороняється перекидання її лопатами та скидання з висоти більше ніж 1,5 м.



Рис. 5.32. Підготовка поверхні блоку бетонування до укладання бетонної суміші (<https://www.leavittmachinery.com/new-equipment/by-equipment-type/industrial-air-compressors>; <https://novahata.kiev.ua/podgotovka-sten-pod-shpaklevku-svoimi-rukami/>; <https://top20.ua/ru/cv/tag/peskostruynaya-obrabotka/>)

Для розподілу бетонної суміші по блоку та збереження її від дезінтеграції використовують: металеві поворотні лотки, вібралотки, металеві або гумові хоботи (з висоти 2–10 м), віброхоботи (10–80 м), бетононасоси (рис. 5.33).



Рис. 5.33. Способи розподілу бетонної суміші на поверхні блоку бетонування: а – лотком (<https://stroy-texnika.com.ua/articles/210-zalivka-betona-poslojno>); б – хоботом (<https://rbt.com.ua/monolitnyie-raboty-v-kieve/>); в – бетононасосом (<https://t1.ua/porady/44801-varianty-zalivky-fundamentu.html>)

При бетонуванні конструктивних елементів баштового водоскиду подача бетонної суміші в блоки бетонування може виконуватися за допомогою підйомного крана та бадді (рис. 5.24, а) так і бетононасосом (рис. 5.24, б).

При укладанні бетонної суміші в блоки бетонування кожний шар необхідно ущільнювати. Ущільнення бетонної суміші при її укладанні це одна з відповідальніших операцій при виконанні бетонних робіт. Способи та засоби ущільнення, що застосовуються в практиці водогосподарського будівництва залежать від консистенції суміші, форми блоків та насиченості арматурою.

Ущільнення бетонної суміші здійснюється вібруванням, вакуумуванням, центрифугуванням та пресуванням.

Найбільш розповсюджений в умовах будівельного майданчику є спосіб вібрування. Під впливом вібрації зменшуються сили тертя та зчеплення між частками бетонної суміші, вона стає більш рухливою і під дією власної ваги ущільнюється.

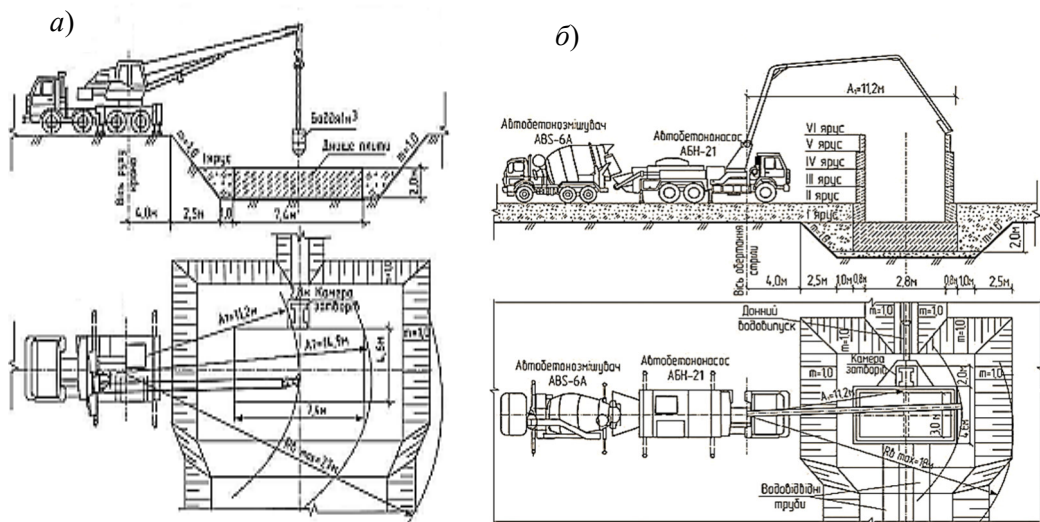


Рис. 5.34. Технологічні схеми бетонування конструктивних елементів баштового водоскиду: а – фундаментної плити башти водоскиду; б – башти

Вібратори поділяються на електромеханічні, гідравлічні та пневматичні (рис. 5.35).



Рис. 5.35. Вібратори з гнучким валом для ущільнення бетонної суміші (<https://ukrsnab.com.ua/blog/stati-pro-vibratory-dlya-betona.html>; <https://flagma.ua/uk/products/betonni-roboty/vinnickayaoblast/>)

Найбільш розповсюджені – електромеханічні. За способом передачі коливань на бетонну суміш вони поділяються на поверхневі, внутрішні (з гнучким валом), глибинні (вібрострижні, віброулави).

Товщина шару визначається спроможністю засобу для ущільнення бетонної суміші.

У разі використання вертикально розміщених вібраторів товщина шару має бути на 5–10 см меншою за довжину робочої частини вібратора, а для ручних глибинних вібраторів – не повинна перевищувати 1,25 довжини їхньої робочої частини.

Ущільнення ведуть до повного осідання суміші, припинення виділення бульбашок повітря та появи на поверхні цементного молочка.

На одній позиції вібратор має працювати в межах 20–40 сек.

Свіжоукладений бетон до набору початкової міцності, упродовж 10–12 годин повинен бути захищений від ходіння та проїзду по ньому, а також від вібрації працюючих будівельних машин.

В перші дні після вкладання бетон повинен знаходитися у теплому та вологому середовищі. Найкраща температура для тужавіння бетону 15–20° С. При температурах вище за 15° С бетон необхідно зволожувати. Поливання починають у звичайних умовах через 10–12 год., а в спекотну погоду – через 2–4 год. після укладання, протягом 3–14 діб з інтервалом 3–8 год.

Від сонця бетон захищають рулонними матеріалами, плівками.

За від'ємних температур замерзання води в бетоні, який тужавіє, призводить до виникнення внутрішніх сил, що порушують кристалічні новоутворення. Під час відтавання і подальшого твердіння ці новоутворення не відновлюються. Крім того порушується зчеплення з частками заповнювача і арматурою, що знижує міцність бетону, його щільність і довговічність.

Мінімальна міцність, за якої замерзання бетону не є небезпечним, називається критичною. Критична міцність залежить від класу бетону, виду конструкцій та умов її експлуатації і становить від 30 до 100%.

Для забезпечення умов, при яких бетон набуває критичної міцності, застосовують спеціальні методи приготування, укладання і витримування бетону.

Бетон має виготовлятися за спеціальною технологією, яка передбачає високоякісні морозостійкі пластифікатори – це є основною запорукою міцності бетонної суміші при мінусових температурах.

Готуючи бетонну суміш зимою, температуру підвищують до 35–40° С підігріванням води до 90° С і заповнювачів до 60° С. Бетонну суміш транспортують без перевантажень.

Бетонування слід виконувати безперервно, високими темпами, при цьому раніше укладений шар бетону слід перекрити до того, як у ньому температура стане нижче за передбачену.

Витримування бетону виконують за допомогою різних методів.

Метод термоса застосовують при бетонуванні масивних бетонних і залізобетонних конструкцій.

За цим методом бетонну суміш з температурою 35–40° С укладають в утеплену опалубку. Завдяки теплу від бетону і теплу, що виділяється при гідратації цементу бетон набуває критичної міцності раніше, ніж температура оточуючого раніше вкладеного бетону знижується до 0° С.

Найбільш доступним методом захисту бетону від промерзання є його укриття, ефективно в діапазоні температур від +3 до -3° С. Просте укриття бетону полівінілхлоридною плівкою або іншим теплоізоляційним матеріалом дозволяє зберегти тепло, яке виділяється цементом при взаємодії з водою. Створення штучного парникового ефекту також забезпечує хороші результати, але вимагає моментального укриття нової конструкції. Однак, укриття ефективно тільки в певних температурних умовах, і при різкому падінні температури до -5 або -15° С стає недоцільним.

Якщо ці методи неефективні, то застосовують метод термообробки бетону. Електропрогрівання бетону засновано на використанні тепла, що виділяється в бетоні під час проходження крізь нього електричного струму. Найпоширенішими є електродне прогрівання бетонної суміші (рис. 5.36).

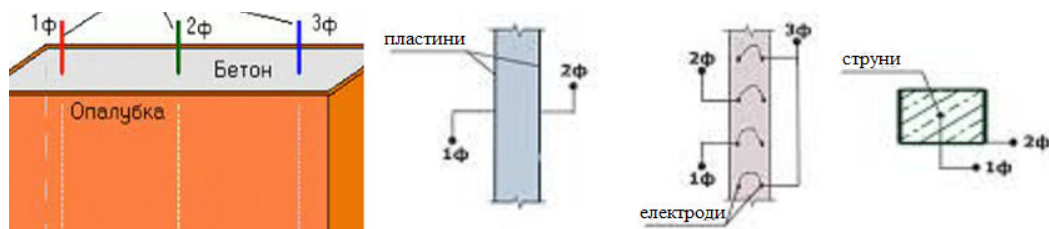


Рис. 5.36. Схеми електродного прогрівання бетону
[\(https://studfile.net/preview/5760960/page:21/;](https://studfile.net/preview/5760960/page:21/)
[https://mirbetona.info/lowrise-construction/concrete-heating\)](https://mirbetona.info/lowrise-construction/concrete-heating)

Прогрівання бетону електричним струмом базується на принципі перетворення електричної енергії в теплову. Досягається це включенням бетону як опору в ланцюг змінного струму промислової частоти за допомогою металевих (стержневих, смугових, струнних, пластинчастих) електродів.

Пластинчасті електроди застосовуються здебільшого для прогрівання виробів і конструкцій із прямокутним перетином, невеликі за розмірами. Стержневі електроди застосовуються в разі суцільної конфігурації бетонованих конструкцій. Це арматурні стержні діаметром 6–12 мм, що встановлюються в шаховому порядку у вигляді плоских груп для забезпечення рівномірного температурного поля. Під час бетонування конструкцій із малим перетином значної протяжності застосовують одиничні стержневі електроди.

Питання для самоконтролю

1. Як поділяються гідротехнічні споруди за технологією зведення?
2. Які технологічні процеси виконуються при зведенні гідротехнічних споруд збірної конструкції?
3. Які транспортні засоби використовуються при перевезенні збірних залізобетонних виробів на об'єкт?
4. Як організовується монтаж збірних споруд?
5. Яке обладнання застосовується під час монтажу збірних залізобетонних виробів?
6. За якими параметрами вибирається кран для монтажу елементів збірних гідротехнічних споруд?
7. Які існують способи осушення котлованів?
8. В чому полягає відкритий водовідлив і штучне пониження рівня ґрунтових вод?
9. Які існують установки для осушення котлованів?

10. Які технологічні процеси виконуються при зведенні монолітних гідротехнічних споруд?

11. Як влаштовується опалубка при будівництві монолітних гідротехнічних споруд?

12. Які існують способи з'єднання арматурних стержнів?

13. Які способи і пристрої застосовуються при укладанні, розподілі та ущільненні бетонної суміші при будівництві монолітних гідротехнічних споруд?

14. Які застосовуються способи догляду за бетоном в зимовий період?

6. Будівництво берегозахисних, протиерозійних та протизсувних споруд

6.1. Будівництво берегозахисних споруд

Ерозія берегів річок як наслідок їх розмиву водними потоками є найбільш поширеним руйнівним русловим процесом. Від такої руйнації страждають населені пункти, інженерні об'єкти критичної інфраструктури, виходять з ладу гідротехнічні споруди, втрачаються площі сільськогосподарських угідь та лісових масивів.

Розмив берега – природний русловий процес, притаманний будь-якій річці. Характерні здебільшого для рівнинних річок. У результаті таких руслових процесів на річці утворюються меандри – розмив річища й акумуляція відкладів.

Інтенсивність розмиву залежить від кута між стрижнем потоку до берегової лінії: чим він більший, тим більша швидкість розмиву. У прямолінійному руслі стрижень потоку розташовується в його центральній частині, біля берегів швидкість потоку знижується, а живий перетин русла має форму близьку до параболічної (рис. 6.1, а). У цих умовах береги не розмиваються.

При меандрі (річковому вигині) русла відбувається зміщення струменів потоку до одного з берегів. Тут рівень водної поверхні піднімається (Δh) та створюється місцеве збільшення швидкості потоку в результаті його стиснення при набіганні на берег (рис. 6.1, б). Таким чином відбувається розмив берега і формування крутого укосу. Одночасно розмивається дно русла біля основи крутого укосу. У результаті параболічна форма живого перерізу потоку трансформується в трикутну.

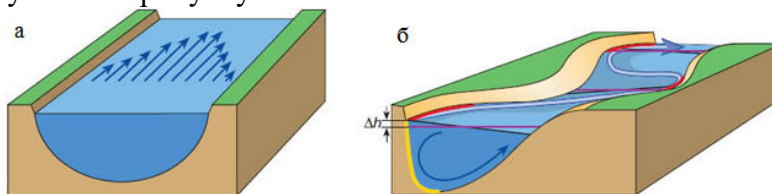


Рис. 6.1. Умови взаємодії потоку з берегами (<https://ppt-online.org/436396>)

Процес ерозії берегів спостерігається як під дією природних явищ, так і в результаті діяльності людини: будівництво гідротехнічних споруд, днопоглиблювальні роботи, перетин заплав дорожніми дамбами, видобуток в руслах корисних копалин, будівництво у заплавній зоні різних споруд, інтенсивне судноплавство, тощо (рис. 6.2).



Рис. 6.2. Розмив берега річки (<https://life.ko.net.ua/?p=111551>)

Для боротьби з ерозією берегової смуги річки здійснюють укріплення берегів, зводять дамби, виконують різні регуляційні заходи аж до створення штучного русла, що відводить потік від об'єкту, що піддається його впливу.

Берегоукріплення – це термін, що об'єднує у собі весь комплекс робіт з укріплення і захисту прибережної лінії природних та штучних водойм від розмиву, обвалів і ерозії берегового схилу.

У практиці природоохоронного будівництва застосовуються різноманітні види і методи укріплення берегів та берегоукріплювальних робіт. Берегові схили поділяються на три зони: підводну, перемінного рівня води і надводну. Методи берегоукріплення у кожній зоні можуть відрізнятися.

Для захисту природних берегів річок і водойм від ерозії переважно використовують спеціальні кріплення, що забезпечують надійну стійкість навіть тих ґрунтових укосів, які легко руйнуються під дією води.

Спеціальні кріплення різних типів складаються з трьох основних конструктивних елементів:

- підготовки, яка має залежно від умов роботи кріплення будівельно-технологічне або дренажне призначення;
- упора, призначеного для захисту кріплення від підмиву знизу укосу і від його зміщення (зсуву).
- покриття, яке призначене для протидії механічним впливам навколишнього середовища і яке виконується достатньо міцним і стійким.

Для інженерного захисту берегів річок, озер, морів, водосховищ зводять споруди відповідно до ДБН В.1.1-24:2009 «Захист від небезпечних геологічних процесів. Основні положення проектування», розділ «Берегозахисні споруди і заходи, вимоги до них».

Вибір конструкцій захисних і регуляційних споруд слід здійснювати з урахуванням типу руслового процесу, їх призначення, наявності місцевих будівельних матеріалів і можливих способів виконання робіт.

Основні види споруд і заходів при берегоукріпленні наведено в табл. 6.1.

Таблиця 6.1

Основні види споруд і заходів при берегоукріпленні

№ з/п	Вид споруди і заходи	Призначення споруди, заходи і умови їх застосування
I	Хвилезахисні	
1.1	Вздовжберегові	- Підпірні берегові стіни (набережні) хвилевідбійного профілю - Шпунтові стінки залізобетонні і металеві - Східчасті кріплення із зміцненням основи терас - Масивні хвилеломи
1.2	Укісні	- Монолітні покриття з бетону, асфальтобетону, асфальту - Покриття із збірних плит - Покриття з гнучких підстилок і сітчастих блоків заповнених каменем (габіонів) - Покриття з синтетичних матеріалів (геотекстилю) і вторинної сировини
II	Для гасіння хвиль	
2.1	Вздовжберегові	- Водопроникні споруди з пористою напірною гранню і камерами для гасіння хвиль
2.2	Укісні	- Накид з каменю - Накидання або укладання з фасонних блоків - Штучні вільні пляжі
III	Пляжоутримувальні	
3.1	Вздовжберегові	- Підводні банкети з бетону, бетонних блоків, каменя
3.2	Поперечні	- Буни, моли, шпори
IV	Спеціальні	
4.1	Регулюючі	- Управління стоком річок (регулювання скиду води, об'єднання водостоків в одне гирло тощо) - Низькі затоплювані напівзагати, розташовані під кутом назустріч потоку - Споруди, що імітують природні форми рельєфу - Перебазування запасу наносів (перекидання уздовж узбережжя, використання підводних кар'єрів тощо)
4.2	Струмененапрямні	- Струмененапрямні дамби з кам'яного накиду - Струмененапрямні дамби з ґрунту - Струмененапрямні масивні шпори або напівзагати - Схилоукріплюючі - Штучне закріплення ґрунту укосів

Споруди берегоукріплення повинні відповідати вимогам щодо стійкості, міцності та надійності:

- бути стійкими проти розмивання і руйнування поздовжньою течією;
- бути стійкими проти зсуву або перекидання під напором води;
- бути рухомими і гнучкими, тобто деформуватися без порушення цілісності конструкції при розмиванні основи;
- простотою виконання робіт і ремонту споруд з максимальним використанням місцевих будівельних матеріалів;
- протистояти руйнівній дії льодоходу і хвиль;
- не допускати гниття при змінному змочуванні.

Відповідно до норм проектування ВБН В.2.4-33-2.3-03-2000 рекомендуються такі берегозахисні споруди (табл. 6.1).

Таблиця 6.1

Вибір ефективних конструкцій основних захисно-регуляційних споруд

Споруди та їх основне призначення	Тип, конструктивні особливості
Берегові кріплення і покриття (для захисту берегів від розмивання)	Мощення • з великого каміння; • з кам'яного накиду; • кам'яно-хворостяні (плотові ряди). Чарункуваті, збірні клітки із залізобетонного бруса із завантаженням їх камінням; порожнисті фасонні блоки та ін., жорсткі, суцільні, монолітні, залізобетонні (з омоноличуванням швів по контуру); суцільні, збірні із залізобетонних плит (з омоноличуванням швів по контуру); збірні із залізобетонних плит (без омоноличування швів по контуру); гнучкі масивні, збірні з бетонних і армобетонних блоків (переважно накид з бетонних кубів, блоків у вигляді бруса, фасонних блоків тощо); гнучкі, збірні, суцільні асфальтові, асфальтобетонні та залізобетонні; біологічне закріплення укосів; • комбіновані (поєднання одного із зазначених вище видів з біологічним кріпленням) покриття;

Для забезпечення цих вимог при проектуванні берегозахисних споруд на ґрунтових основах, що розмиваються, глибина закладання підошви таких споруд призначається нижче глибини можливого розмиву ґрунту з урахуванням впливу споруди на водний потік.

Глибина розмиву підводного укосу визначається розрахунком або встановлюється за даними натурних спостережень.

При проектуванні берегозахисних споруд слід передбачати заходи проти загального і місцевого розмивів дна.

При значних глибинах розмиву підводного укосу берегозахисні споруди проектують на пальових фундаментах, палях-оболонках, на кам'яних постелях або гнучких підстилках.

З давніх часів і до тепер для створення довготривалого берегового укріплення річок і водойм використовують кам'яні відсипки або вимощування з бутового каменю (рис. 6.3).



Рис. 6.3. Кріплення берега відсипкою бутового каменю та вимощуванням (<https://ligarost.com.ua/stati-uk/privatne-budivnytstvo-ukriplennia-bereha>)

Зміцнення пологої берегової лінії великої протяжності виконують методом відсипання природнього каменю. Для того щоб не відбулося змішування кам'яної маси з ґрунтом слід забезпечити основу берегоукріплення. Підготовка поверхні берега є ключовим технологічним процесом. Захисним шаром між насипом каменю і ґрунтом може служити георешітка, геотекстиль і інші матеріали. Берегоукріплення проводиться поетапно з використанням різних фракцій каменю.

Для берегоукріплення використовується натуральний бутовий камінь – недорогий, надійний і доступний матеріал. Це в більшості випадків граніти і кварцити, рідше різні піщаники і сланці. Для ручного вимощування потрібно розмір фракції 100–500 мм, цей камінь відбирається і завантажується на кар'єрах вручну, для механізованого укладання підійде будь-яка фракція (вибухова маса, вантажиться на самоскид кар'єрним екскаватором).

Основні переваги берегоукріплення бутовим каменем:

- доступність матеріалу;
- хороша міцність і морозостійкість;
- невисока складність робіт;
- невеликий обсяг підготовчих робіт;
- при фракції каменю до 500 мм, роботи з укладання можна проводити вручну.

Кам'яне кріплення влаштовується при висоті хвилі до 2,5 м та можна застосовувати на відносно пологих берегах з нахилом до 35 градусів.

Розрахункову вагу каменя можна визначити за виразом

$$G = \frac{k_{\phi} \cdot \gamma_k \cdot h^2 \cdot l}{\left(\frac{\gamma_k}{\gamma_o} - 1\right)^3 \sqrt{1 + m^3}}, \quad (6.1)$$

де k_{ϕ} – коефіцієнт, значення якого приймається для бетонних масивів 0,021 і для кам'яної відсипки – 0,025; γ_k, γ_o – відповідно щільність каменя і води; h, l – відповідно висота і довжина хвилі; m – коефіцієнт закладання укосу.

Камінь для механізованого влаштування відсипки берегоукріплення видобувається в кар'єрах або береться з русла річки при її розчищенні чи при влаштуванні прокопів (рис. 6.4).



Рис. 6.4. Видобування каменя у руслі ріки (<https://www.youtube.com/watch?v=-DcWcGxweGw>)

Технологія укріплення берега каменем полягає в наступному. Готується схил, як його підводна, так і надводна частини. У підводній частині укосу формується призма, яка буде перешкоджати сповзанню каменів на глибину. На укосах призначених для кам'яної відсипки влаштовується з допомогою бульдозерів підготовка з гравію (рис. 6.5). Рух бульдозера здійснюється послідовними проходами вздовж укосу.



Рис. 6.5. Влаштування підготовки з гравію бульдозером (http://kova.net.ua/UA/nashi-posluhy-2/5-beregoukriplyuvalni-roboti.html#5257-DSC_1452)

У випадку, коли підготовка до відсипки каменю виконується шляхом тільки планування укосу то на підготовлений схил укладається шар геотекстилю, який оберігає камінь від просідання в ґрунт і уповільнює зростання рослинності. На нього здійснюється накидання і вирівнювання шару каменю залежно від його крупності бульдозерами або екскаваторами (рис. 6.6).



Рис. 6.6. Улаштування кам'яної відсипки екскаватором

Для забезпечення більшої надійності і стійкості кріплення на шар геотекстилю можна додатково укласти георешітку з великими осередками і великою висотою, яка додатково буде утримувати камінь.

Укріплення берегів бетонним шпунтом – один з найпоширеніших і найнадійніших варіантів безпеки. Бетонний шпунт – це залізобетонна плита довжиною до 12 метрів (може змінюватися залежно від проектних даних) і відповідним гребенем з одного боку плити і відповідним пазом на іншому, шириною 1 метр (рис. 6.7). Палі шпунтові для укріплення берегів товщиною 200–250 мм, шириною 1 м, довжиною 3,0–12,0 м типу ШП 70.100-20.20.18, ШП70.100-25.20.18.

Шпунтові залізобетонні огорожі внаслідок глибокого занурення в ґрунт характеризуються високою стійкістю, а завдяки замулюванню зазорів через невеликий проміжок часу після будівництва набувають практично повну водонепроникність.

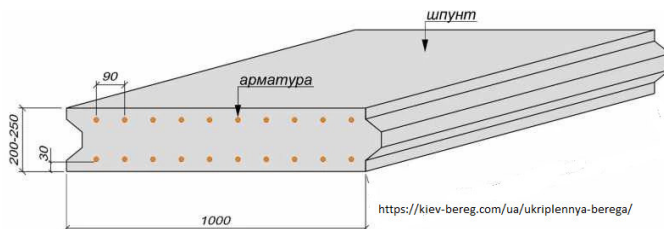


Рис. 6.7. Залізобетонна шпунтина (<https://kiev-bereg.com/ua/ukriplennya-berega/>)

Для створення цілної стійкої конструкції, яку називають шпунтовою стінкою, залізобетонні плити глибоко занурюють в ґрунт максимально щільно одну до іншої (рис. 6.8).



Рис. 6.8. Укріплення берега бетонним шпунтом (<https://kiev-bereg.com/ua/ukriplennya-berega/>)

Монтаж плит методом гідростатичного вдавнення виконується за допомогою палевдавлюючих мобільних установок (ПВУ), що дає можливість встановити опорну стіну поблизу від існуючих гідротехнічних споруд.



Рис. 6.9. Палевдавлююча мобільна установка (ПВУ) – модель **ZYC80** (https://kranbud-kzk.kiev.ua/palovdavlyuyucha_mobilna_ustanovka)

Палевдавлююча установка застосовується при монтажі залізобетонних паль і збірних плит різного перетину. Занурення паль в ґрунт відбувається під дією плавно наростаючого статичного навантаження. Зазначена технологія занурення зберігає цілісність самого елемента і відноситься до ефективних способів занурення паль в ґрунт. Після встановлення паль і збірних плит в проектне положення верхня частина стіни на всій її довжині скріплюється монолітною залізобетонною обв'язувальною балкою, яка міцно з'єднує плити і паль в одне ціле.

Як у попередні роки та і у поточний час широко використовувалося кріплення берегів та укосів водозахисних споруд залізобетонними плитами (рис. 6.10, *а*) та монолітним залізобетоном (рис. 6.10, *б*).



Рис. 6.10. Кріплення берегів та укосів водозахисних споруд: *а* – залізобетонними плитами; *б* – монолітним залізобетоном

Технологічно процес влаштування кріплення берегів залізобетонними плитами подібний до процесу кріплення зрошувальних каналів.

До складу робіт із влаштування кріплення залізобетонними плитами входять основні технологічні операції: планування укосу; розробка траншеї під упорну призму; влаштування щебеневої підготовки; влаштування упора; влаштуванням зворотного фільтра із геотекстилю; засипка пазух упора; вкладання бетонних плит на укис із заповнення стиків розчином.

До початку робіт із кріплення укосів залізобетонними плитами мають бути виконані геодезичні роботи, влаштовані тимчасові дороги і майданчики для складування матеріалів і конструкцій. Бетонні блоки для упора доставляють до місця робіт на бортових автомобілях і розкладають уздовж майбутньої траншеї автокраном. Щебінь для влаштування щебеневої підготовки доставляють автомобілями-самоскидами і розвантажують уздовж траншеї через кожні 12–15 м на відстані 1,0–1,5 м від брівки траншеї.

Пакети з бетонними плитами доставляють до місця вкладання і розвантажують в штабелі на відстані 1,5–2,0 м від брівки уздовж укосу за допомогою автомобільного крана, або маніпулятора, якщо ним обладнаний автомобіль. Між штабелями влаштовують проїзди, ширина яких визначається габаритами транспортних засобів і вантажно-розвантажувальних механізмів. Нижні плити в штабелі кладуть на підкладки, а кожна наступна плита має опиратися на прокладки. Висота штабеля плит не повинна перевищувати 2,5 м. Геотекстильний матеріал доставляють в рулонах автомобілями.

Планування укосів здійснюється екскаватором, обладнаним планувальним ковшем. Розробку траншеї для упора виконують одноківшевим або багатоківшевим траншейним екскаватором за поздовжньою схемою.

Уздовж брівки траншеї на відстані 0,5–0,7 м від її краю через кожні 10–20 м забивають кілочки так, щоб верх кілочків відповідав проектній відмітці

верха блоків. Щебінь в траншеї для влаштування щебеневої підготовки під упори розподіляють вручну шаром товщиною 0,11–0,12 м. Товщину шару щебеню контролюють за допомогою візирів. Щебеневу підготовку ущільнюють електротрамбівками.

Блоки упору автомобільним краном подають до місця вкладання. Тримаючи блок у підвішеному стані на висоті 0,1–0,15 м вище поверхні щебеневого шару, орієнтують його по лінії розбивки, після чого опускають на щебеневу підготовку і перевіряють його висотне положення. З однієї монтажної позиції встановлюють 8–10 блоків, після чого автомобільний кран переміщують на наступну позицію.

Зазори в стиках між блоками заповнюють цементно-піщаним розчином у співвідношенні 1:2.

Після влаштування упора приступають до влаштування зворотного фільтра із геотекстильного матеріалу. Перед вкладанням геотекстилю рулон розрізають на полотна необхідної довжини. Полотна геотекстилю укладають зверху донизу по поверхні укосу, з'єднуючи їх напуском або зшивають електричною швейною машинкою, виводячи верхній кінець полотна на 0,5 м за брівку укосу, а нижній – заводять в пазухи між стінкою траншеї і упора. При з'єднанні полотен напуском величина напустку має бути не менше 20 см, а при зшиванні – ця величина складає 5–7 см.

Після влаштування упорної призми із бетонних блоків і зворотного фільтру пазухи між стінками траншеї і блоками засипають щебенем фракції 40–70 мм. Щебінь доставляється автомобілями-самоскидами, розподіляється в пазухах вручну і ущільнюється пошарово електротрамбівками.

Укладання бетонних плит краном виконують рядами знизу доверху, починаючи від підосви укосу і переміщуючись до його брівки.

Після укладання плит зазори в стиках і швах заповнюють цементно-піщаним розчином.

Доволі ефективною є конструкція кріплення берегів збірними залізобетонними решітчастими конструкціями (рис. 6.11, *а*), після укладання і закріплення яких, комірки, що утворилися, заповнюються щебенем або каменем (рис. 6.11, *б*).



Рис. 6.11. Кріплення берега збірними залізобетонними решітчастими конструкціями: *а* – влаштування решітчастого залізобетонного кріплення; *б* – заповнення комірок кріплення каменем (<https://ukrbyproekt.business-guide.com.ua/>)

Комбіноване кріплення берега збірними залізобетонними решітчастими конструкціями може виконуватися із заповнення комірок монолітним бетоном і каменем у шаховому порядку (рис. 6.12).



Рис. 6.12. Комбіноване кріплення берега (<https://ukurier.gov.ua/uk/articles/vasil-stashuk-pitannya-yakosti-vodnih-resursiv-nal/>)

Більш сучасним за ефективністю та технологією влаштування є кріплення берегів і укосів гнучкими бетонними матами (УГЗБМ) (рис. 6.13) або блоками кріплення укосів (БКУ) (рис. 6.14).



Рис. 6.13. Кріплення укосу універсальними гнучкими захисними бетонними матами (УГЗБМ) (<https://pmk77.com/poslugy/gidrosporudy/>)

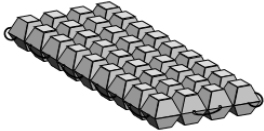


Рис. 6.14. Захист берега блоками кріплення укосів (БКУ) (<https://abeton.ua/produkty/blok-kriplennya-ukosiv-bku/>)

Основні конструкції моделей універсальних гнучких захисних бетонних матів (УГЗБМ) наведено в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1

Конструкції моделей універсальних гнучких захисних бетонних матів

Модель	Профіль блока	Загальний вигляд
УГЗБМ-105		
УГЗБМ-202		
УГЗБМ-405		

Універсальні гнучкі захисні бетонні мати (УГЗБМ) – це збірна конструкція, що складається з окремих бетонних блоків з'єднаних між собою за допомогою замоноличеного синтетичного канату. Всі моделі УГЗБМ мають однакові габаритні розміри (ширина 2746 мм, довжина 1226 мм), вони відрізняються конструкцією профілю бетонного блока, а також висотою і вагою (385 кг–1220 кг).

Транспортування **УГЗБМ** здійснюється на спеціальних піддонах (рис. 6.15), а полотна УГЗБМ з'єднуються між собою за допомогою П – подібних і Т – подібних скоб (рис. 6.16 а, б).



Рис. 6.15. Універсальні гнучкі захисні бетонні мати на піддонах

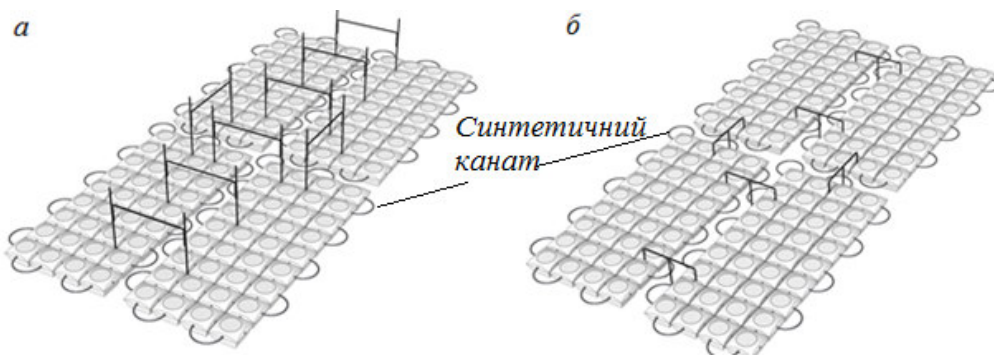


Рис. 6.16. Схеми скріплення полотен із УГЗБМ між собою: *а* – П-подібними скобами; *б* – Т-подібними скобами (<https://lens.google.com/>)

Скоби виготовляються із арматурної сталі діаметром від 10 мм до 25 мм, а висота скоби залежить від виду ґрунту, що визначає глибину забивання скоби в ґрунт.

Перед укладанням полотен із УГЗБМ поверхня укосу берега річки планується екскаватором оснащеним планувальним ковшем, а зверху на укосі влаштовується піщано-гравійна підготовка.

При застосуванні П-подібної скоби одне вістря скоби встановлюється між першим і другим рядами бетонних блоків одного мату, а друге – між першим і другим рядами бетонних блоків сусіднього мату (рис. 6.16, *а*).

При застосуванні Т-подібної скоби одне вістря скоби встановлюється за канат, що проходить уздовж першого ряду бетонних блоків одного мату, друге вістря – за канат, що проходить уздовж першого ряду бетонних блоків сусіднього мату, а середнє вістря попадає в середину між монтажними петлями сусідніх матів (рис. 6.16, *б*). Забивання скоб в ґрунт здійснюється за допомогою ручного ударного інструмента.

Укладання полотен із УГЗБМ здійснюється за допомогою монтажного крана (рис. 6.17).



Рис. 6.17. Монтаж полотен із УГЗБМ: *а* – мати і Т-подібні скоби; *б* – монтаж матів

При кріпленні берегів річок та водоймищ блоками кріплення укосів (БКУ) в таких покриттях бетонні блоки шарнірно з'єднані між собою кульковими елементами та дротом $d = 6-8$ мм у вигляді килимового покриття по всьому фронту поверхні, що захищається (рис. 6.18).

Розміри бетонного блоку $500 \times 200 \times 120$ мм; об'єм бетону – $0,02 \text{ м}^3$; маса – 25–30 кг.

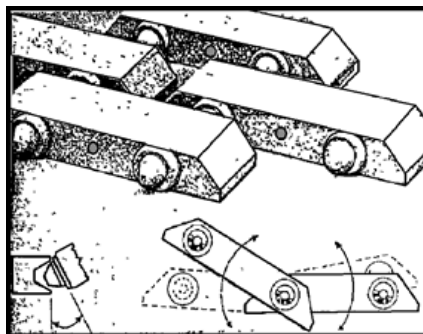


Рис. 6.18. Схема з'єднання елементів БКУ

Берегоукріплення здійснюється комбінованим способом – на мокрий укіс килим укладається за допомогою крана; у верхній частині кріплення влаштовується анкер. Анкер може бути виконано у вигляді бетонних блоків або монолітного залізобетонну.

При укріпленні берега річки блоками БКУ виконуються наступні технологічні процеси:

- збирання блоків в килим та армування килима;
- підготовка зворотного фільтру з геотекстилю;
- прикріплення зворотного фільтру (геотекстилю) до нижньої частини килима;
- укладання килимового покриття на схил вантажопідйомним краном з використанням спеціальних траверс;
- розробка траншеї під анкер, влаштування анкера та зворотне засипання траншеї;
- засипання вічок килимового покриття щебенем.



Рис. 6.19. Укладання килима із блоків БКУ

Достатньо ефективним, хоча високо витратним, є спосіб кріплення берегів річок і водоймищ габійними конструкціями. Габійні конструкції застосовують уже більш як сто років для стабілізації ерозійних процесів будь якого типу та захисту гідротехнічних споруд.

Габіони – об’ємні сітчасті контейнери, заповнені каменем щільних гірських порід. За формою сітчастих контейнерів, габіони поділяють на (рис. 6.20, 6.21):

- коробчасті;
- коробчасті з армованою панеллю;
- матраці;
- циліндричні.

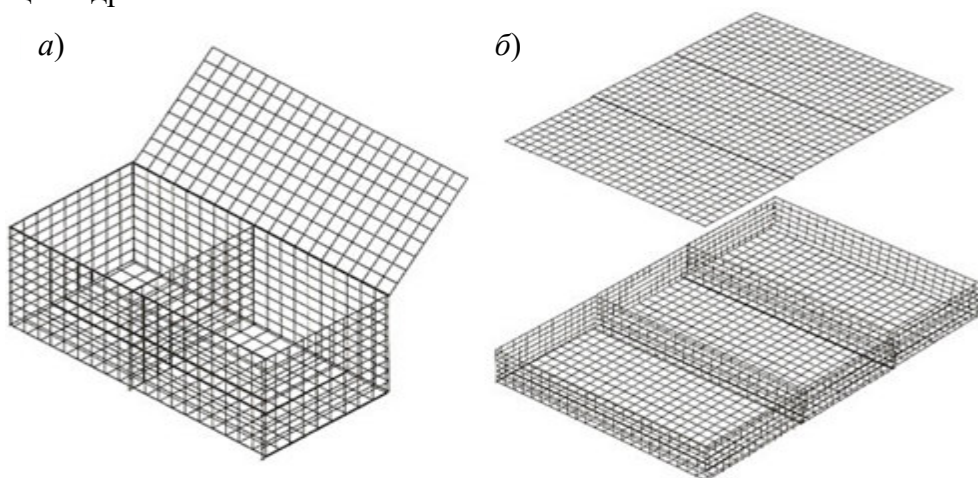


Рис. 6.20. Сітки габійних конструкцій: *а* – габійний ящик; *б* – габійний матрац

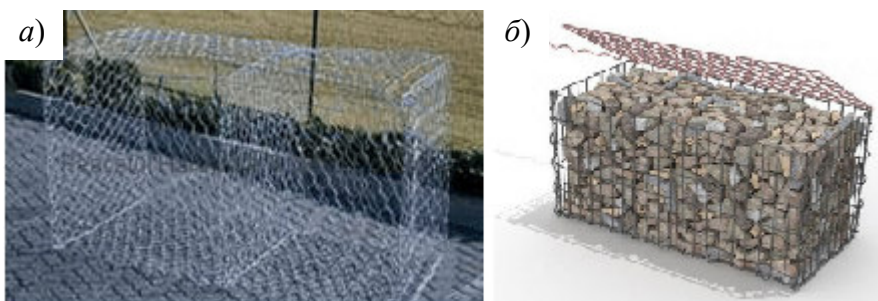


Рис. 6.21. Габійний ящик: *а* – каркас габійного ящика; *б* – габійний ящик, заповнений камінням (<http://www.gabions.net.cn/gabions/gabionbaskets.htm>, <https://alnaton.com.ua/en/gabiony.html>)

За функціональним призначенням габіони, залежно від їх розташування і умов експлуатації в споруді, поділяються на:

- надводні;
- змінного рівня води;

- підводні.

Циліндричні габіони – конструкції заводського виготовлення з сітки подвійного кручення діаметром 0,65 або 0,95 м і довжиною від 2 до 4 м (рис. 6.22). Вони заповнюються каменем і використовуються для термінових робіт при ліквідації аварій на річках, в основі берегоукріплень за наявності високої води або великої глибини необхідного зміцнення.



Рис. 6.22. Циліндричні габіони (<https://gabions.com.ua/ua/products/czilindrichni-gabioni/>)

Каркаси габіонних ящиків і матраців виготовляються у заводських умовах з металевої сітки подвійного кручення з шестикутними комірками (8×10 см). Вони поділені на секції з допомогою діафрагм, що встановлюються в середині габіонів через кожен метр по довжині. Дротяна сітка, що використовується для габіонів виготовлюється зі сталевого дроту щільного оцинкування з додатковим покриттям оболонкою з ПВХ.

Габіони й габіонні матраци відправляються із заводу спеціально складеними й з'єднаними у в'язки. Транспортування каркасів габіонних ящиків і матраців здійснюється спеціальними автомобілями (рис. 6.23).



Рис. 6.23. Транспортування каркасів габіонних ящиків і матраців: *а* – автомобіль для транспортування габіонних сіток; *б* – пакети габіонних ящиків і матраців у складеному стані, (<https://lens.google.com/search>)

Для заповнення габіонів найбільш придатними є граніти, кварцити, щільні вапняки за формою у вигляді кругляка, гальки, кар'єрного бутового каменю, які відповідають функціональним вимогам до споруди з габіонів.

Рекомендується використати матеріал: з великою питомою вагою (не менш 17,00 кН/м³) і пористістю 0.30–0.40; морозотривкий (з маркою за морозотривалістю вище МР 350); міцний; не розмивний водою; з гарною твердістю.

У разі відсутності вітрових хвиль середній розмір кам'яного матеріалу і висота габіонів для захисту схилів берегів від розмивання приймаються залежно від швидкості водного потоку відповідно до вимог, зазначених у таблиці 6.2.

Таблиця 6.2

Тип габіону	Висота габіону, м	Середній розмір каменя, мм	Гранична швидкість потоку, м/с
Матрацний	0,15–0,17	85	3,5
		110	4,2
	0,23–0,25	85	3,6
		120	4,5
	0,30	100	4,2
		125	5,0
Коробчастий	0,5–1,0	150	5,8
		190	6,4

Кріплення берегів і русел річок, малих водотоків із захистом укосів від схилової ерозії розмиву може виконуватися різними комбінаціями укладання габійних ящиків і габійних матраців (рис. 6.24, 6.25).

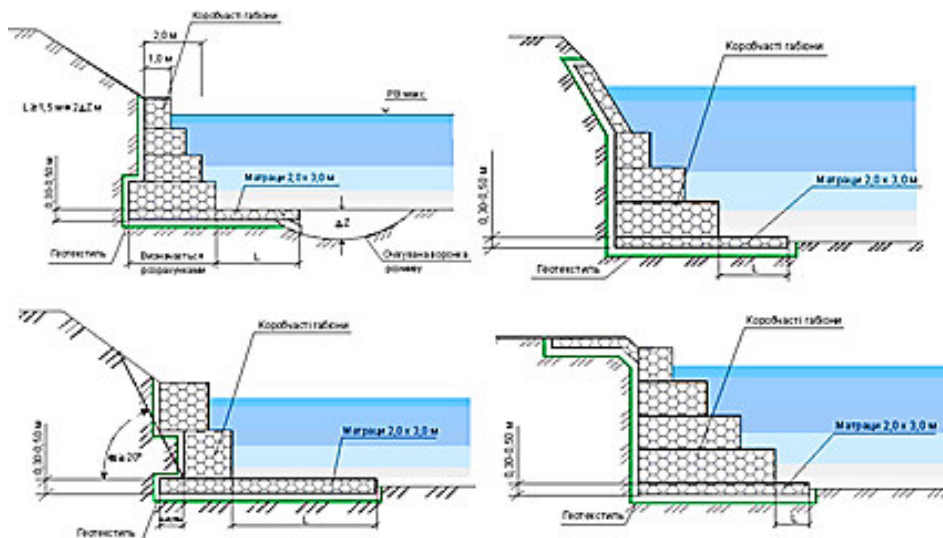


Рис. 6.24. Кріплення берегів і русел річок, малих водотоків із захистом укосів від схилової ерозії розмиву, розроблені ВАТ «УКРВОДПРОЕКТ»



Рис. 6.25. Кріплення берега габійною стінкою (<https://kiev-bereg.com/ua/ukriplennya-berega-gabionami/>)

Габіонні споруди відносяться до класу гнучких і сприймають можливі осідання ґрунту, реагуючи на це незначними прогинами. При цьому габійон не руйнується і продовжує виконувати свою функцію. Пориста структура габійону надає спорудам відмінні дренажні властивості. Висока проникність габійонних споруд виключає можливість виникнення одного з основних факторів нестабільності конструкцій – гідростатичних навантажень. Виключається також розрив зв'язку ґрунтових та поверхневих вод, відповідно практично відсутній винос часток породи під підґрунтям таких берегоукріплювальних споруд.

Габіонні конструкції у вигляді габійонних матраців, так звані матраци Рено, використовують як для улаштування основ під підпорні стінки з

габйонів так і для безпосереднього кріплення укосів та берегів річок (рис. 6.26, 6.27).

При будівництві габйонних споруд, що зводяться на нескельній основі, передбачається підготовка і вирівнювання основи, видалення рослинного шару і шару, пронизаного корінням дерев і кущів або ходами землерийних тварин, а також видалення ґрунту, що містить понад 5% за масою органічні включення або таку саму кількість солі, що легко розчиняються у воді.

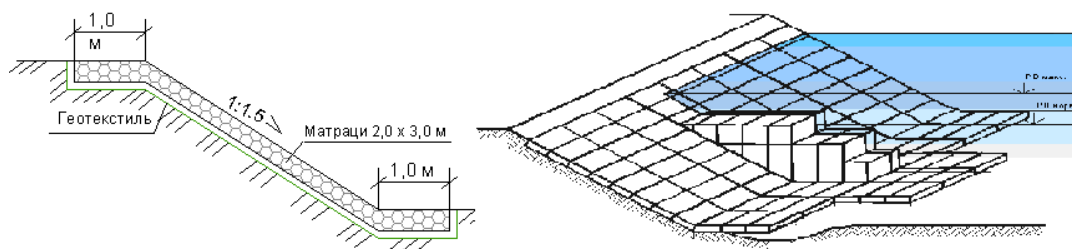


Рис. 6.26. Схема кріплення берега матрацами Рено
(<https://studfile.net/preview/3895495/page:3/>)



Рис. 6.27. Кріплення берегів матрацами Рено на р. Тересва
(https://buvrtysa.gov.ua/newsite/?page_id=5353)

У зоні контакту зі зворотною засипкою, а також на основі габйонів слід укладати зворотний фільтр з нетканого голкопробивного геотекстилю на шар піщано-гравійної підготовки завтовшки 0,15–0,30 м.

Процес берегоукріплення габйонами передбачає виконання ряду технологічних операцій.

До будівельного майданчика пакети габйонних ящиків і матраців перевозяться автомобільним транспортом, розвантажуються автомобільним краном і укладаються у штабелі уздовж укосу (рис. 6.28).



Рис. 6.28. Схема розвантаження пакетів габіонів
(https://ep3.nuwm.edu.ua/15100/1/Posibnyk_TBGTWPS.pdf)

На будівельних майданчиках, складені габіони відкриваються й збираються, випрямляються стінки й головні частини, виконується прошивання вертикальних крайок і можливих діафрагм спеціальним дротом (рис. 6.29). Прошивання звичайно виконується, пропускаючи дріт через кожні дві ланки.

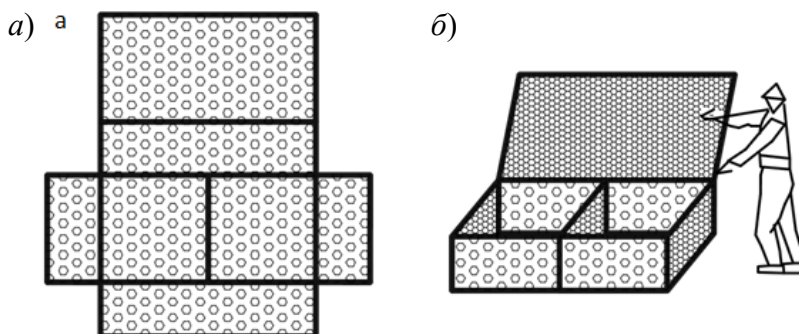


Рис 6.29. Схема збирання габіон-ящика: а – розгортка; б – у зібраному стані
(https://ep3.nuwm.edu.ua/15100/1/Posibnyk_TBGTWPS.pdf)

Збирання габіонного матраца виконується так як і габіон-ящика.

Після проведення збирання декількох габіонів, що прошиті за формою коробки й з'єднанні у групи, переходять до їх укладання, з'єднуючи між собою за групами, з міцним прошиванням уздовж всіх контактних крайок (рис. 6.30, 6.31).

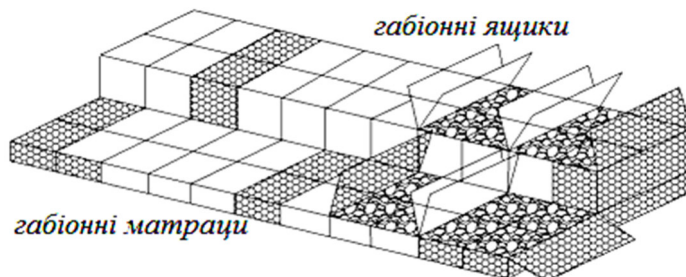


Рис. 6.30. Схема з'єднання габіонів за групами
(https://ep3.nuwm.edu.ua/15100/1/Posibnyk_TBGTWPS.pdf)

Заповнення габіона виконується кар'єрним каменем, що має розміри перевищуючі розміри комірки сітки, так щоб одержати мінімум порожнеч.

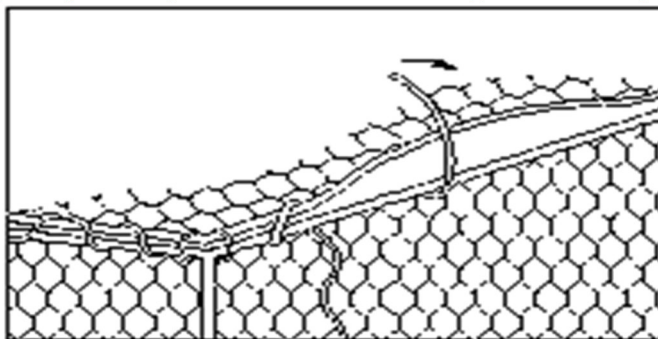


Рис. 6.31. Схема прошивання крайок кришки габіона (https://ep3.nuwm.edu.ua/15100/1/Posibnyk_TBGTWPS.pdf)

Після закінчення робіт із заповнення переходять до закриття габіонів, опускаючи кришку й виконуючи прошивання уздовж крайок (рис. 6.30).

Для монтажу конструкцій габіонів рекомендується використовувати наступний інструмент: плоскогубці (з довгими губами), монтувальна або маленький лом, спеціальний інструмент (типу «степлер») для притягання і ув'язування кришки габіону.

Послідовність виконання робіт із влаштування кріплення укусу габіонами наведено на рис. 6.32.

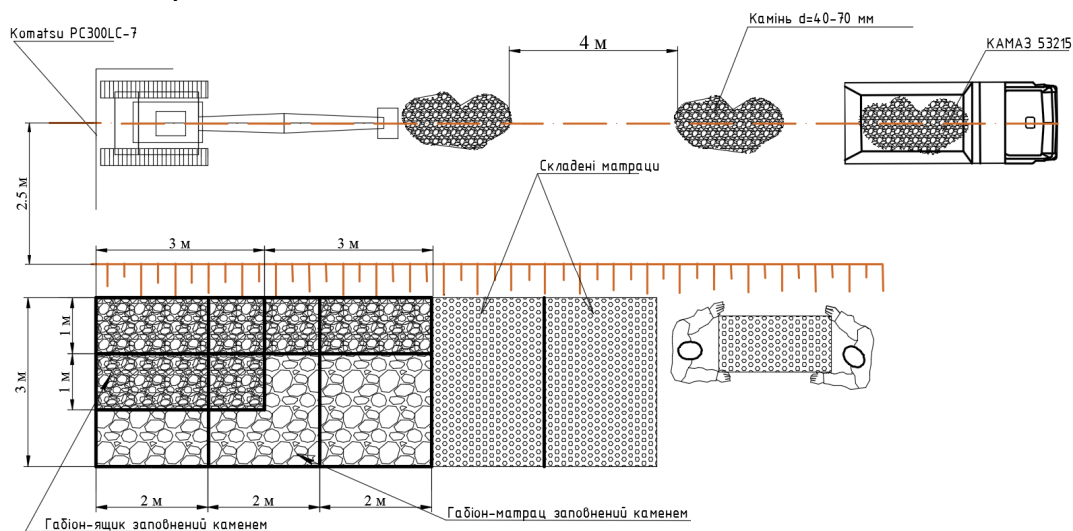


Рис. 6.32. Схема кріплення укусу габіонами (https://ep3.nuwm.edu.ua/15100/1/Posibnyk_TBGTWPS.pdf)

У гідротехнічному будівництві широкого розповсюдження набули кріплення берегів залізобетонними палями (рис. 6.33) та сталевими шпунтами Ларсена.

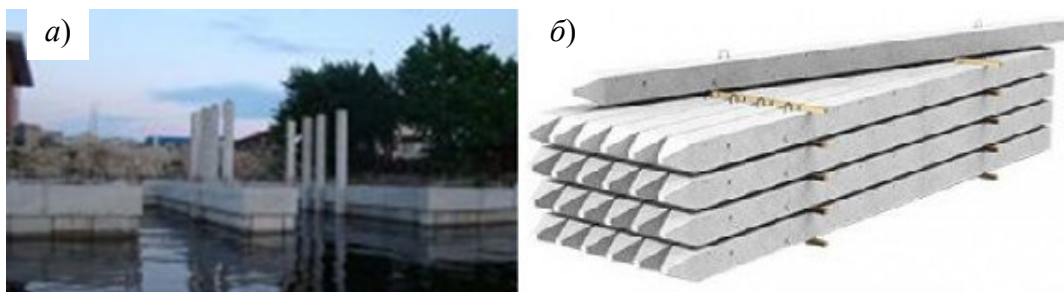


Рис. 6.33. Кріплення берега залізобетонними палями: *а* – укріплений берег; *б* – залізобетонні палі (<https://bkbm.ua/pali>)

Розміри поперечного перетину палів: 30×30 см; 35×35 см; 40×40 см. Довжина палів 12–16 метрів.

Залізобетонні палі занурюють, застосовуючи різні види впливу: статичні, динамічні й комбіновані. Вони визначають способи занурення: ударний, що передбачає забивання палі; безударний, заснований на застосуванні вібрації; вдавнення, комбінований, здійснюваний за умови інтегрування впливів (рис. 6.34).

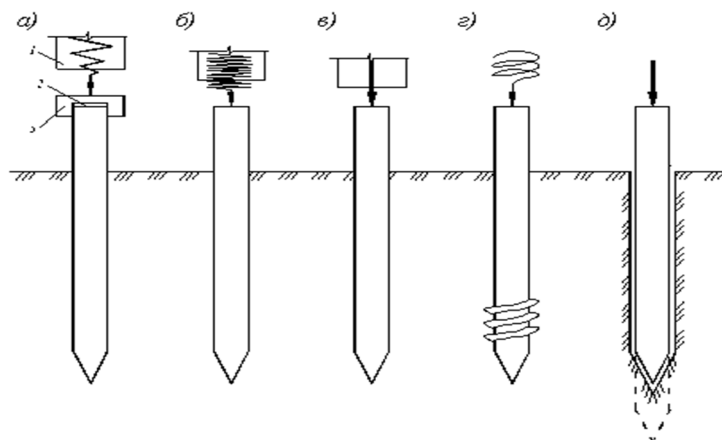


Рис. 6.34. Способи занурення палів: *а* – забиванням; *б* – віброзануренням; *в* – вдавлюванням; *г* – загвинчуванням; *д* – зануренням в лідер (в дуже щільних ґрунтах, мерзлих ґрунтах); 1 – молот; 2 – металевий оголовок; 3 – дерев'яна або гумова прокладка (для пом'якшення удару) (<https://studfile.net/preview/637023/page:27/>)

Ударний спосіб занурення є найбільш розповсюдженим, що обумовлено ефективністю застосовуваного обладнання.

Ударним способом занурюють палі, застосовуючи штангові й трубчасті дизель-молоти (рис. 6.35).



Рис. 6.35. Дизель-молоты: *а* – трубчастий; *б* – штанговий (https://yak.koshachek.com/articles/kopri-dlja-zabivannja-pal.html#google_vignette)

Палейні агрегати можуть бути установлені на базових машинах: тракторах, екскаваторах, автомобілях (рис. 6.36).

Для виконання робіт із занурення палів ударним способом копер підбирається за необхідною висотою підйому дизель-молота (рис. 6.37).



Рис. 6.36. Самохідні палейні установки: *а* – на тракторі; *б* – на крані; *в* – на автомобілі (<https://saucyintruder.org/zabivka-svaj-tehnologia-pogruzenia-zelezobetonnyh-svaj/>)

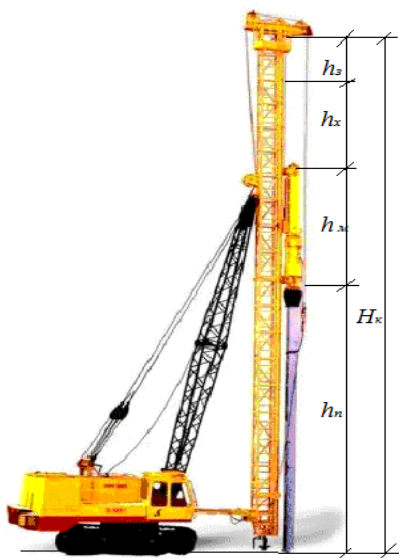


Рис. 6.37. Схема визначення необхідної висоти штанги копра (https://prom.ua/c117806-gidromashbud.html?product_group=4080671)

Необхідна висота штанги копра визначається за формулою

$$H_k = h_n + h_m + h_x + h_z,$$

де h_n – довжина палі, м; h_m – довжина молота, м; h_x – довжина вільного ходу рухомих частин молота, м; h_z – запас по висоті для розміщення вантажопідйомних пристроїв копра, приймається 0,5–1,0 м.

Технологічний процес забивання паль виконують у наступній послідовності. Здійснюють підготовку будівельного майданчика: очищають його і виконують планування, влаштовують шлях для переміщення палейної установки і транспорту, а також передбачають місця складування паль. Потім здійснюють винесення осей палейних полів і рядів, а також розмітку розташування кожної палі. Після закінчення цих робіт палейну установку розташовують у необхідній робочій позиції. Копер центрують по осі палі, що занурюється. Вертикальність копрової щогли вивіряють у двох площинах і закріплюють. Молот піднімають і фіксують у верхньому положенні. Далі підтягують і піднімають палю за допомогою канатно-блокової системи і встановлюють у положення для забивання.

Для фіксування палі в напрямних копрової щогли і запобігання руйнуванню оголовка використовують наголовник. Перші удари здійснюють при невеликій енергії удару молота. У протилежному разі палі може відхилитися від необхідного напрямку. Далі виконують основний процес занурення при повній енергії удару.

Палю занурюють до проектно-розрахункової оцінки відмови, передбаченої проектом. Відмову палі встановлюють шляхом виміру глибини занурення за 1 хв і визначають за результатами статичних та динамічних випробувань декількох паль.

Металеві шпунтові палі випускають у вигляді прокату плоского, коритного і з-подібного типу з поздовжніми кромками, виконаними за типом замка, що забезпечує ефективне з'єднання.

Шпунтові палі коритного типу називають шпунтами Ларсена. Шпунт Ларсена – довгий (до 34 м) але вузький (до 0,8 м) металічний профіль (рис. 6.38, а) з замками (шпунтами), що дозволяють з'єднувати один профіль з іншим вертикально для створення металевої стінки у ґрунті (рис. 6.38, б).

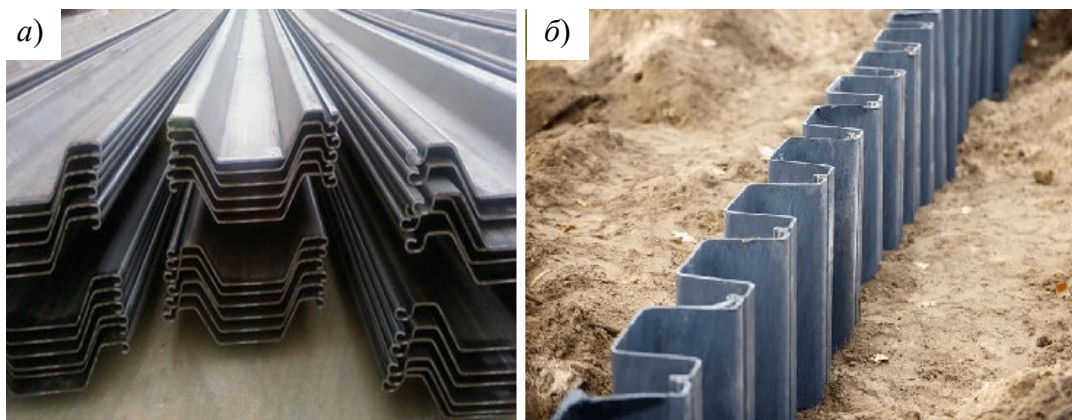


Рис. 6.38. Шпунти Ларсена (а) (<https://www.hd-steels.com/cold-formed-sheet-piles-product/>); захисна стінка з шпунтів Ларсена (б) (<https://excavator.org.ua/ua/zemlyanye-raboty/pogruzhenie-shpunta.html>)

Стінки з вищеназаних шпунтових конструкцій зводяться за технологією занурення будь яких паль з використанням установок обладнаних віброзанурювачами (рис. 6.39).

Занурення шпунтових паль із застосуванням віброзанурювача виконують наступним способом. Віброзанурювач закріплюють на шпунтовій palі, піднімають з'єднані palю і віброзанурювач та подають їх до місця занурення, фіксують у напрямних між маяковими palями і занурюють до проектної оцінки. Слід зазначити, що влаштування шпунтових огорожень починають із забивання маякових паль, які в кілька ярусів з'єднують горизонтальними схватками з прокатного металу. Такі схватки одночасно функціонують як напрямні при зануренні проміжних шпунтових паль. У процесі занурення перевіряють вертикальність кожної palі в двох взаємно перпендикулярних площинах. Виконані шпунтові огороження розкріплюють обв'язками, що являють собою пояси – обв'язки, горизонтально розташовані по всій довжині огороження.



Рис. 6.39. Занурення шпунтини: а – установка для віброзанурення (<https://www.facebook.com/hydrobudkielczyk/>); б – віброзанурювач (<https://hydrolider.com.ua/ua/p2087604453-mini-vibromolot-ostimex.html>)

Однак ці технології є доволі трудомісткі, а металеві шпунти з часом піддаються корозії і стінки руйнуються. Тому з середини 90-х років ведучими будівельними концернами була розроблена система шпунтин з полівінілхлориду (ПВХ) (рис. 6.40).



Рис. 6.40. Конструкції шпунтин з полівінілхлориду (<https://kiev-bereg.com/ua/shpunt-pvx-lz-260-tovshhina-5mm-shirina-260mm-dovzhina-1-8m-ukraina/>)

Термін служби шпунтових стінок з ПВХ мінімум 30 років, вони не потребують не яких додаткових протикорозійних заходів і витримують великі навантаження (рис. 6.41).



Рис. 6.41. Хвилезахисна стінка з ПВХ-шпунтів (<https://kiev-bereg.com/ua/nashi-roboti/>)

Для занурення ПВХ-шпунта на невелику глибину достатньо використати гідравлічний молоток невеликої потужності із спеціальною насадкою для захоплення шпунта і масляну станцію, яка забезпечує необхідну кількість ударів (рис. 6.42).



Рис. 6.42. Гідравлічний молоток для занурення ПВХ-шпунта (<https://yak.koshachek.com/articles/shpuntovi-pali-tehnichni-harakteristiki-vidi.html>)

Вага цього обладнання дозволяє виконувати ці роботи вручну, без використання вантажопідійомної техніки. Роботи починаються із встановлення в точку, визначену на місцевості геодезичним розмічуванням, першого профілю, а далі, використовуючи паз як направляючі, виконується занурення наступних шпунтин. Завдяки можливостям обладнання і простоті технології занурення шпунтин, такі роботи виконуються ланкою у складі трьох робітників.

У останні роки найбільш ефективною альтернативою давно відомим технологіям кріплення берегів та схилів є застосування геосинтетиків, зокрема георешіток. Георешітки багатofункціональні: вони призначені для армування

пухких і неоднорідних ґрунтів, протиерозійного захисту укосів, зведення підпірних стінок різної висоти і з різним кутом нахилу, зміцнення прибережної зони водойм і каналів тощо. Термін служби даного матеріалу – не менше 50 років. Георешітки постачають модулями, що покриває площу від 10 до 25 м².

Георешітка являє собою (рис. 6.43) стільникову конструкцію з поліетиленових стрічок завтовшки 1,5 мм, що скріплені між собою в шаховому порядку зварними високоміцними швами.

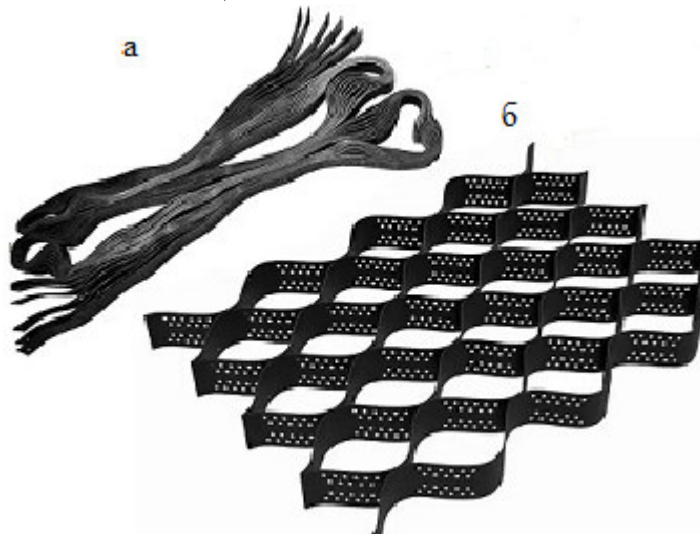


Рис. 6.43. Загальний вигляд георешітки: *а* – в транспортному (складеному) стані *б* – в робочому (розтягнутому) стані; (<https://geosintetika.shop/ua/p2127220843-georeshetka-plastikovaya-dlya.html>)

Основні фізико-механічні властивості георешіток марки «ГР», що визначають високий ступінь її надійності в різних областях застосування в будівництві:

- висока температурна стійкість, що забезпечує експлуатацію в діапазоні від укладання в діапазоні -30° С до + 50° С;
- висока хімічна стійкість, що забезпечує експлуатацію при контакті з середовищами кислотністю рН = 4–11;
- висока стійкість до впливу сонячної радіації за рахунок введення до складу сировини спеціальних добавок;
- висока міцність у поєднанні з високим значенням деформації при розриві, що забезпечують збереження георешітки в процесі будівництва та експлуатації;
- висока жорсткість георешітки в діапазоні дії можливих експлуатаційних навантажень, забезпечує високі механічні характеристики композитного шару «решітка + заповнювач» загалом, і додаткові зручності в процесі укладання георешітки. У той же час створений композитний шар має достатню гнучкість, що забезпечує його стійкість до можливих нерівномірних деформацій.

Георешітка перевозиться в складеному стані і займає малий об'єм.

Основні типи георешіток за геометричними розмірами наведені в табл. 6.3.

Таблиця 6.3

Типи георешіток за геометричними розмірами

Марка	Висота ребра h_1 , мм	Розміри в розтягнутому стані, мм		Площа одного модуля, м ²
		Осередка	Модуля	
ГР - 22/10П	100	160×160	2250×4450	15
ГР - 22/15П	150			
ГР - 30/5П	50	210×210	2450×5950	14,6
ГР - 30/7, 5П	75			
ГР - 30/10П	100			
ГР - 30/15П	150			
ГР - 30/20П	200			
ГР - 44/05П	50	320×320	2250×8850	20
ГР - 44/10П	100			
ГР - 44/15П	150			
ГР - 44/20П	200			

Заповнювачами георешітки можуть бути рослинний ґрунт з посівом насіння трав, незв'язні матеріали (щебінь, гравій), укріплені в'язким матеріалом (ґрунти), бетонні суміші. Максимальний розмір застосовуваного мінерального матеріалу не повинен перевищувати 50 мм (70 мм при висоті георешітки 15 см і більше), причому обсяг максимальних фракцій – не вище 30% від загального обсягу. Для підвищення опору ерозії в разі заповнювача з незв'язних мінеральних матеріалів можливе зміцнення його поверхневого шару розподілом цементного розчину.

При розтягуванні в робочій площині утворює стійкий горизонтально і вертикально каркас, який призначений для фіксації наповнювача: ґрунту, піску, гравію, щебеню, бетону (рис. 6.44, а, б, в, г), тощо.

Залежно від умов будівництва зміцнення ґрунтів з застосуванням георешіток може бути як одношаровим з горизонтальним прошарком з геотекстилю, так і багатшаровим, що забезпечує рівномірне армування по всій площі укосу.

У складних ґрунтово-гідрологічних умовах під георешіткою рекомендується влаштовувати захисний шар або зворотний фільтр із геотекстильних матеріалів. Створення такого захисного шару (зворотного фільтра) обов'язково при зміцненні укосів, що підтоплюються, а також укосів, складених водонестійкими, легкорозмиваючими ґрунтами та за наявності виклинюючих водоносних горизонтів в укосах виїмок.

При зміцненні укосів застосовують, як правило, перфоровані георешітки шириною осередку 20 см. При використанні заповнювачів із незв'язних

матеріалів (ґрунтів) перфорація обов'язкова. Висота георешітки призначається з урахуванням гідрогеологічних розрахунків (для укосів, що підтоплюються). При цьому у разі заповнення георешітки рослинним ґрунтом її висота може становити 5 см при малій інтенсивності розсосередженого стоку, крутизні укосів не вище 1:2, в ґрунтово-кліматичних умовах, задовільних для формування рослинного покриву до початку впливу розрахункового потоку. В інших випадках мінімальна висота георешітки 7,5 см або 10 см (укоси насипів з легкорозмиваючих ґрунтів, одновимірних пісків, великоуламкових ґрунтів).

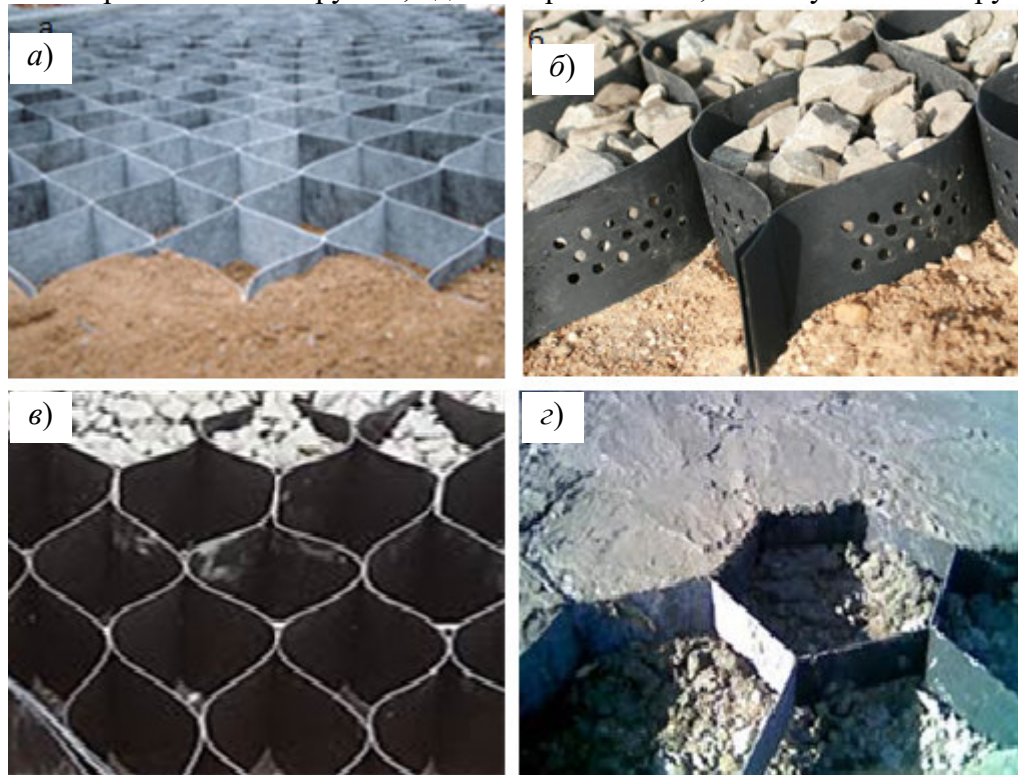


Рис. 6.44. Заповнення комірок георешітки ґрунтом (а), гравієм (б), щебенем (в) і бетоном (г) (<https://budsite.ua/georeshetka-obemnaya-3h4-m-vysota-15-sm>)

При застосуванні георешіток для зміцнення укосів виконуються технологічні операції з підготовки основи (поверхні укосу), укладанням георешітки і заповненням комірок георешітки.

Перед укладанням георешітки поверхню укосу вирівнюють і ущільнюють, перевіряють геометричні параметри укосу, створюють необхідні умови для кріплення кінцевих частин георешітки біля підосви і брівки укосу. За необхідності влаштовують захисний шар (зворотний фільтр) з нетканого геотекстильного матеріалу (рис. 6.45, а). Виконують розмітку кордонів укладаються секцій. У поздовжньому напрямку в прибрівочній смузі на відстані не менше 0,5 м від брівки укосів встановлюють анкери.



Рис. 6.45. Берегоукріплення георешіткою: *а* – укладання геотекстилю на укіс; *б* – укладання георешітки; *в* – георешітка на укосі (<https://prom.ua/p1188236130-geotekstil-lavsangeo-100.html>; <https://prom.ua/ua/p1303181254-georeshetka-obemnaya.html>; <https://prom.ua/Ukreplenie-sklonov.html>)

Кріплення георешіток на поверхнях схилів виконують за допомогою Г-подібних анкерів (рис. 6.46) завдовжки 0,6–1,2 м, виготовлених із сталі або високоміцних пластикових матеріалів.



Рис. 6.46. Пластмасові армовані анкери (*а*), кріплення георешітки (*б*); (<https://tradesv.com.ua/ua/p260319338-anker-dlya-krepleniya.html>)

При укладанні георешітки (рис. 6.45, *б*) її крайні чарунки надягають на анкери, розтягують георешітку і закріплюють на протилежній стороні анкерами. Сусідні секції також попередньо скріплюють анкерами, після чого виконують остаточне скріплення спеціальними скріпками за допомогою механічного або пневматичного степлера в кожній чарунці в декількох місцях по її висоті приблизно через 2,5 см. Анкери встановлюються по контуру кожної георешітки для забезпечення її правильного розтягування у вигляді прямокутника.

Засипку заповнювача виконують за допомогою екскаватора або навантажувача, не допускаючи падіння крупнофракційного матеріалу з висоти більше 0,5 м, ґрунту і піщано-гравійної суміші – з висоти більше 1,0 м. Планування матеріалу виконують вручну, ущільнення – за допомогою ручних трамбівок. Висота шару матеріалу заповнювача в ущільненому стані в межах похилій поверхні повинна відповідати висоті чарунки, а на горизонтальній

поверхні створюється захисний шар товщиною 2,5–3 см (5 см при застосуванні крупнофракційного заповнювача).

При застосуванні просторової георешітки для кріплення укосів під час виконання робіт здійснюється систематичний контроль якості.

Протиерозійне кріплення укосів річок, водоймищ та схилів земляних споруд може виконуватися геоклимами з бентонітової глини. Виконання робіт із протиерозійного кріплення можна виконувати в будь-яку пору року при температурі повітря від -20 до +40° С в суху погоду.

Ґрунтова основа має бути очищена від сміття, каміння, коріння рослин і спланована. Рух механізмів і автотранспорту по підготовленій основі не допускається. При укладанні геоклимих на гравійну основу, зерна гравію не повинні бути крупніші 18 мм. Поверхня основи для укладання бентонітових геоклимих має бути сухою. Допускається укладання геоклимих на вологу поверхню без калюж і вільної води, достатньої для початку гідратації глини.

На об'єкт бентонітові геоклими доставляються в рулонах і складаються на будівельному майданчику. Геоклими укладають на підготовлену основу, вручну розкручуючи рулон, що підвішений на гаку крана (рис. 6.47).



Рис. 6.47. Кріплення схилу геоклимами з бентонітової глини (<https://psm.co.ua/produkcija/bentonitovi-mati-bentomat-actimat-resistex/>)

Сусідні геоклими укладають з напуском не менше 100 мм в поздовжньому і поперечному напрямках. Поперечні стики суміжних полотен повинні бути зміщені відносно один до другого не менше, ніж на 300 мм. Як правило, бентонітові геоклими при кріпленні схилів укладаються тільки в одному напрямку.

Компанія Concrete Canvas розробила нову технологію укріплення природних схилів, укосів гідротехнічних споруд за допомогою бетонного полотна. Бетонне полотно – рулон просоченої бетонним розчином геотканини, який твердіє при гідратації. Структура бетонного полотна являє собою трьохмірну волокнисту матрицю, яка складається з волокнистого голкопробивного геотекстилю, спеціальної сухої бетонної суміші і

укріплюючих волокон та водонепроникної підкладки (геомембрани) із полівінілхлориду (ПВХ) (рис. 6.48).

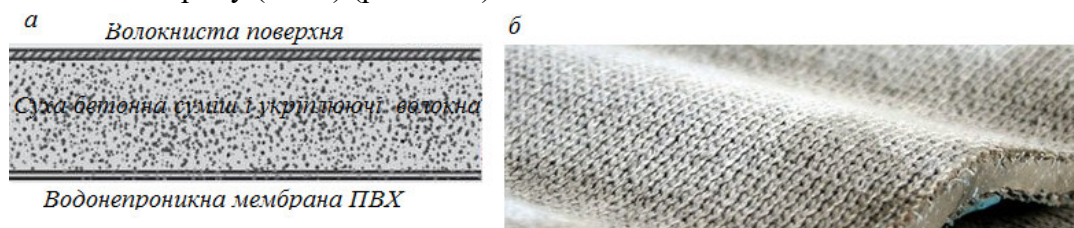


Рис. 6.48. Бетонне полотно: а – структура; б – зовнішній вигляд (<https://kamsaddeco.com/tehnologii/rulonnyj-beton.html>)

В сухому стані полотно зберігається в рулонах і може бути розкладено на поверхні, яку необхідно укріплювати. Волокниста структура робить полотно міцним, запобігає прояву тріщин і забезпечує необхідну пластичність. Геомембрана в нижній частині полотна робить його після затвердіння бетону непроникним.

Бетонне полотно виготовляється в 3 варіантах: СС5, СС8 і СС13 товщиною відповідно 5, 8 і 13 мм.

Бетонне полотно транспортується у великих рулонах по 100–250 м залежно від товщини і в маленьких відрізках довжиною 5–10 м (рис. 6.49).



Рис. 6.49. Бетонне полотно: а – у великому рулоні; б – в рулонах малої довжини (<https://in.pinterest.com/jnstewart75/concrete-cloth/>; <http://civilenggseminar.blogspot.com/2017/01/concrete-cloth-page-3.html>)

До початку укладання бетонного полотна природні схили та укоси гідротехнічних споруд вирівнюються і плануються бульдозерами, грейдерами або однокішшевіми екскаваторами, обладнаними планувальними відвалами.

Планування схилу або укосу насипу, залежно від його довжини, виконують при переміщенні екскаватора верхом насипу чи при переміщенні екскаватора уздовж основи насипу. При пересуванні по верху насипу відстань від бровки укосу до найближчої до укосу точки опори екскаватора повинна становити не менше 1 м. При переміщенні вздовж основи насипу відстань від

осі руху екскаватора до основи насипу визначається виходячи з умови отримання найбільшої висоти планування.

Якщо на схилі або на укосі є нерівності чи порожнини, вони мають бути заповнені піском, що забезпечить тісний контакт між полотном і укріплюванню поверхнею.

На верху насипу чи природньої поверхні схилу екскаватором влаштовується анкерна траншея для закріплення полотна. За допомогою траверси, підвішеній на гаку крана, рулони розмотуються і бетонне полотно укладається на укіс з перекриттям смуг на 100 мм (рис. 6.50, а). Верхній край полотна укладається в анкерну траншею і закріплюється сталевими штифтами (рис. 6.50, б).



Рис. 6.50. Укладання бетонного полотна на укіс (а) та закріплення в анкерній траншеї (б) (<https://www.concretcanvas.com/uploads/CC-CCH-Compilation-Bund-Lining.pdf>)

Перекриття смуг зварюються або склеюються герметиком і закріплюються між собою гвинтами чи скобами, а бетонне полотно товщиною 13 мм скріплюється металевими саморізами довжиною 30 мм (рис. 6.51). Крок між саморізами вибирається довільний і в середньому становить 40–60 см.



Рис. 6.51. Способи скріплення смуг бетонних полотен: а – зварюванням; б – склеюванням; в – скобами (<https://www.concretcanvas.com/uploads/CC-CCH-Compilation-Bund-Lining.pdf>)

Після закінчення монтажних робіт анкерна траншея засипається ґрунтом, а покриття змочується водою розбризкуванням до тих пір, поки полотно не

буде мокрим протягом декількох хвилин після змочування. Найменше співвідношення нанесеної води до сухої ваги полотна складає 1:2, об'єм води в середньому складає 4–4,5 л на квадратний метр.

Тривалість застигання бетону складає 1–2 години залежно від температури навколишнього середовища. Полотно набирає 80% міцності через 24 години після змочування.

Загальний вигляд укріплення укосу бетонним полотном наведено на рис. 6.52.



Рис. 6.52. Загальний вигляд кріплення укосу бетонним полотном (<https://www.ymt.com/supply/65002289>)

6.2. Будівництво протиерозійних та протизсувних споруд

Ерозія ґрунту – це руйнування його верхнього найродючішого шару і підґрунтя під впливом природних та антропогенних чинників. Залежно від природних чинників руйнування ґрунту, розрізняють водну та вітрову ерозію.

Водна ерозія проявляється у змиванні верхнього шару ґрунту, викликаного дрібними розсіяними струменями талих і зливових вод. Ерозія ґрунту не тільки змиває верхній шар ґрунту, але й спричиняє забруднення водних шляхів, зсуви та підвищує ризик затоплення. У результаті ерозійної діяльності утворюються яри, балки тощо (рис. 6.53).

Протиерозійні заходи повинні передбачати припинення площинного змиву ґрунтів, стабілізацію ярових схилів, припинення росту вершин та відвершків, зниження активного розмивання тальвегів ярів, а в окремих випадках і ліквідування ярів.



Рис. 6.53. Загальний вигляд наслідків водної ерозії (<http://poradum.com/remont/zaxist-runtiv-vid-erozi-vidi-erozi-metodi-borotbi.html>, <https://en.wikipedia.org/wiki/Erosion>)

Заходи боротьби з ярами можуть здійснюватися за двома напрямками: агролісомеліорація; влаштування штучних гідротехнічних споруд.

Протиерозійні гідротехнічні заходи є складовою ґрунтозахисного комплексу. Гідротехнічні споруди влаштовують перед вершинами, в вершинах та на дні ярів. Споруди, котрі влаштовують в вершинах ярів, призначені для затримання їх росту: це швидкотоки (рис. 6.54, *а*), перепади (рис. 6.54, *б*), консольні скиди (рис. 6.54, *в*).

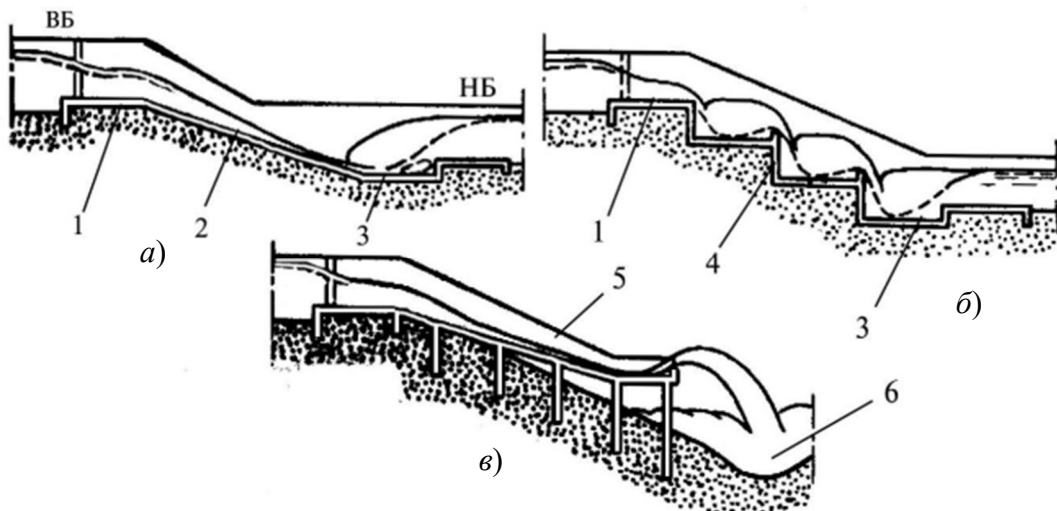


Рис. 6.54. Протиерозійні гідротехнічні споруди: *а* – швидкоток; *б* – ступінчастий перепад; *в* – консольний скид; 1 – водобійний колодязь; 2 – консоль; 3 – воронка розмиву (<http://elar.tsatu.edu.ua/handle/123456789/6126>, [69])

На водозбірній площі і перед вершинами ярів для затримання і безпечного скиду поверхневого стоку влаштовують водозатримуючі вали,

водовідвідні вали-канави, розпилювачі стоку (рис. 6.55).

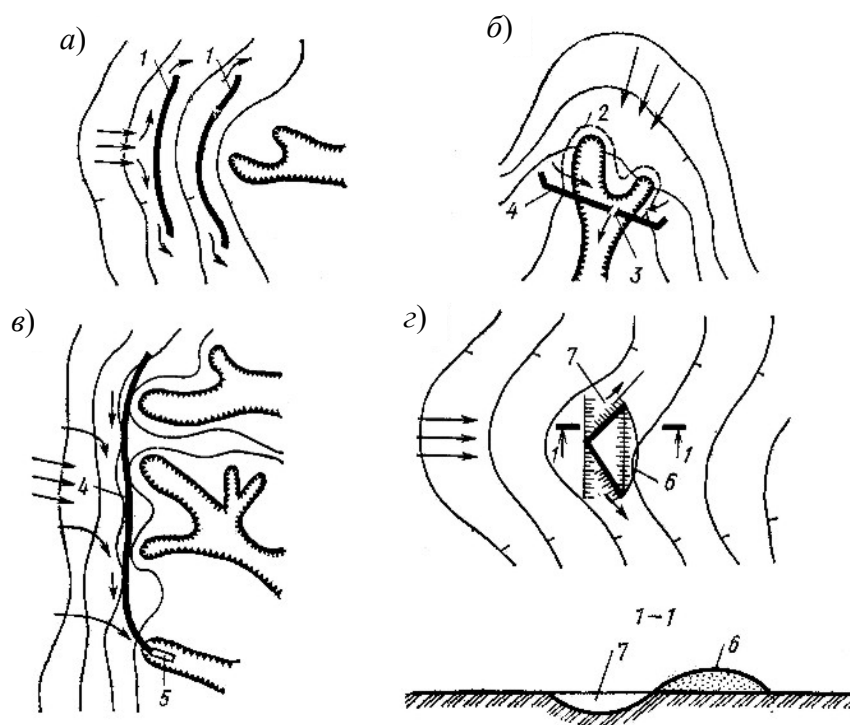


Рис. 6.55. Протиерозійні гідротехнічні споруди: а, б – водозатримуючі вали; в – водовідвідні вали-канави; з – розпилювачі стоку; 1 – водозатримуючий чи водовідвідний вал; 2 – межа уположування схилу; 3 – донний водовипуск; 4 – водовідвідний вал; 5 – водоскидна споруда; 6 – розпилювач (земляний вал); 7 – лоток (виїмка) (https://studme.org/295279/stroitelstvo/inzhenernaya_podgotovka_territoriy)

Водозатримуючі вали (рис. 6.56) влаштовують вище вершини яра, поздовжня вісь вала знаходиться вздовж горизонталі.

Якщо дно яру за водоскидною спорудою має великий ухил, то у нижній частині яру рекомендовано влаштовувати габіонні загати і перемички (рис. 6.58).

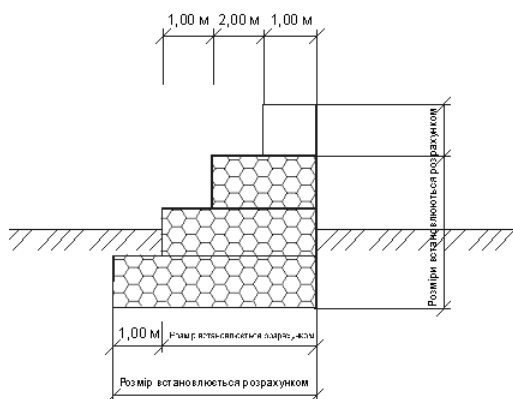


Рис. 6.58. Схема донної загати із габіонних блоків

Рекомендується берегові примикання загат врізати у корінний ґрунт укосів яру на глибину понад 2 м, а під основою загати влаштовувати «глиняний замок» завглибшки понад 0,6 м.

Ґрунти дна і укосів яру по створу загати краще мати глинисті, суглинкові й супіщані потужністю не менше ніж 1,5–2,0 м.

Для забезпечення водонепроникності габіонних споруд по напірному фронту і під габіонами слід укладати водонепроникні геомембрани завтовшки 1,0–1,5 мм з полімерної плівки ПВХ або ПВД.

Штучні русла яружно-протиерозійних споруд влаштовують переважно прямокутного, трапецеїдального і параболічного перерізів (рис. 6.59 і 6.60).

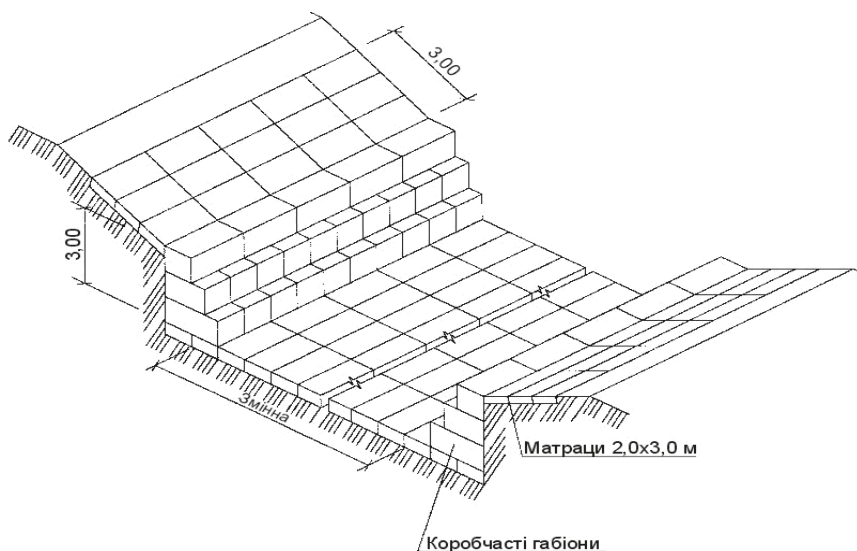


Рис. 6.59. Схема штучного русла із габіонних конструкцій

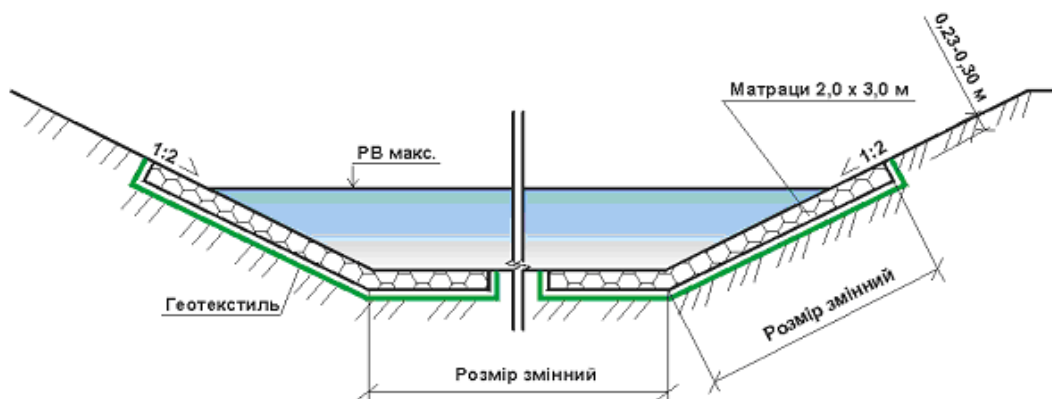


Рис. 6.60. Схема кріплення штучного русла габійними матрацами

Достатньо ефективним гідротехнічним заходом щодо захисту території від водної ерозії є застосування протиерозійних ставків-відстійників, які попереджують розвиток ярів та забезпечують очищення поверхневих вод, що стікають з полів, від продуктів ерозії.

Протиерозійні ставки-відстійники влаштовують переважно у верхів'ях, а також в середній частині великих ярів і балок (рис. 6.61).

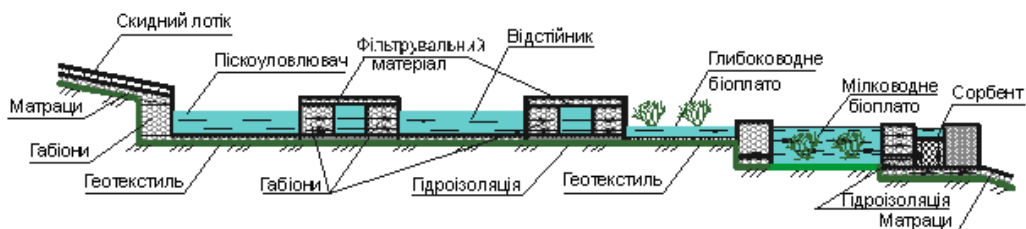


Рис. 6.61. Схема протиерозійного ставка-відстійника

В переважній більшості конструкція протиерозійного ставка-відстійника складається із піскоуловлювача, відстійника, глибоководного та мілководного плато. Для влаштування конструктивних елементів ставка-відстійника використовуються матраци, габіони та геотекстиль.

Розрахункова ємність такого ставка-відстійника має забезпечувати затримання продуктів водної ерозії упродовж періоду, що становить не менше 2–3 років.

6.3. Протизсувні заходи

Велику шкоду населеним пунктам, підприємствам та сільськогосподарським угіддям завдають зсуви, як результат деформації схилів. А тому, важливими заходами, що попереджують руйнування схилів є протизсувні заходи.

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 (рис. 6.62). Основною умовою виникнення зсуву є наявність поверхні ковзання (водоупора), а провідною роллю при його формуванні – діяльність підземних вод.



Рис. 6.62. Ділянка зсуву ґрунту над Дніпром у Київській області (<https://uk.wikipedia.org/wiki/>)

ДБН В.1.1-46:2017 залежно від причин, що викликають зсуви або обвали, передбачає такі основні заходи інженерного захисту, які підвищують стійкість схилу (укосу):

- регулювання поверхневого стоку і захист поверхні схилу від шкідливих дій води (планування території, влаштування систем поверхневого водовідведення, попередження інфільтрації дощових і талих вод у ґрунт, захист від ерозійних процесів);
- регулювання підземного стоку (перехоплення або пониження рівня підземних вод), улаштування дренажів і каптажу;
- захист схилу від вітрової та водної (поверхневої та глибинної) ерозій;
- штучну зміну рельєфу схилу шляхом регулювання балансу мас та планування поверхні схилу і прилеглої до нього території;
- закріплення ґрунтів (електрохімічне, цементация, силікатизация, обпалювання, покриття торкрет-бетоном, набризк-бетоном тощо);
- агролісомеліорацію;
- поліпшення фізико-механічних властивостей зсувних ґрунтових мас за різними технологіями (ін'єктування ґрунтів укріплюючими розчинами, ґрунтоцементними елементами, влаштованими за бурозмішувальною та струменевою технологією цементации тощо) з урахуванням прогнозів можливих станів об'єкта інженерного захисту;
- армування ґрунту георешітками та геотекстилем;
- підтримання спеціального режиму експлуатації споруд інженерного захисту.

За допомогою вертикального планування та виконання земляних робіт здійснюють зменшення ухилів і влаштовують контрбанкети (рис. 6.63). 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.

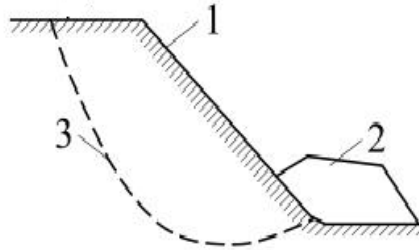


Рис. 6.63. Влаштування контрбанкету в нижній частині схилу: 1 – поверхня схилу; 2 – контрбанкет; 3 – поверхня ковзання зсуву

Контрбанкет являє собою відсіпання з ґрунту і призначений для збільшення утримуючих сил у схилі під дією власної ваги. Найбільший ефект від контрбанкета досягається в тому випадку, коли він розташований над висхідною гілкою поверхні ковзання. В окремих випадках низовий укіс контрбанкета може бути підсилений підпірною стінкою чи пальовою конструкцією. Основу контрбанкета часто виконують із дренажного матеріалу (щебінь, гравій, крупний пісок).

Організація стоку поверхневих вод забезпечує їх перехват з прилеглих територій і не допускає попадання в тіло зсуву. Поверхневі води перехоплюються лотками або закритими водостокami 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 укісний дренаж для осушення тіла зсуву.

Головний 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). Укісний дренаж представляє собою систему відкритих каналів невеликої глибини, розташованих безпосередньо на схилі.

Підпірні стінки, як правило, використовують при малих потужностях зсувного шару. При цьому вони повинні бути встановлені нижче поверхні ковзання (рис. 6.64).

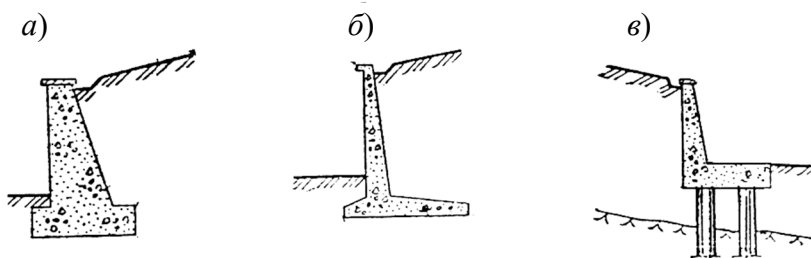


Рис. 6.64. Схема підпірних стінок на природній основі і на пальях: *а* – монолітна; *б* – збірна; *в* – на пальовому фундаменті (<https://conf.ztu.edu.ua/wp-content/uploads/2019/09/51.pdf>)

Пальові ряди застосовують при в'язких, але не сипучих і не текучих зсувних масах. Палі забивають в шаховому 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. 6.65, *а*). В якості берегових укріплень, що захищають контрфорси від розмиву використовують тетраподи, які вкладають рядами по висоті (рис. 6.65, *б*).

Одним з небезпечних стихійних природних явищ в гірських та передгірських районах, що супроводжується виникненням грязьових потоків є селі.

Селі – це стрімкі потужні потоки періодичної, короткочасної, найчастіше раптової дії тривалістю від 1 до 6 годин. Вони володіють руйнівною силою валу або кількох валів. Висота валу може сягати 2–6 і більше метрів. Найнебезпечнішими є високі гірні 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 твердої складової в селевих потоках сягає 60–65% від загального об'єму потоку.

Селеві потоки здійснюють руйнуючу дію не тільки на населені пункти, але й на транспортні сполучення, руйнуючи об'єкти логістичної інфраструктури – залізничні і автомобільні дороги.

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

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;

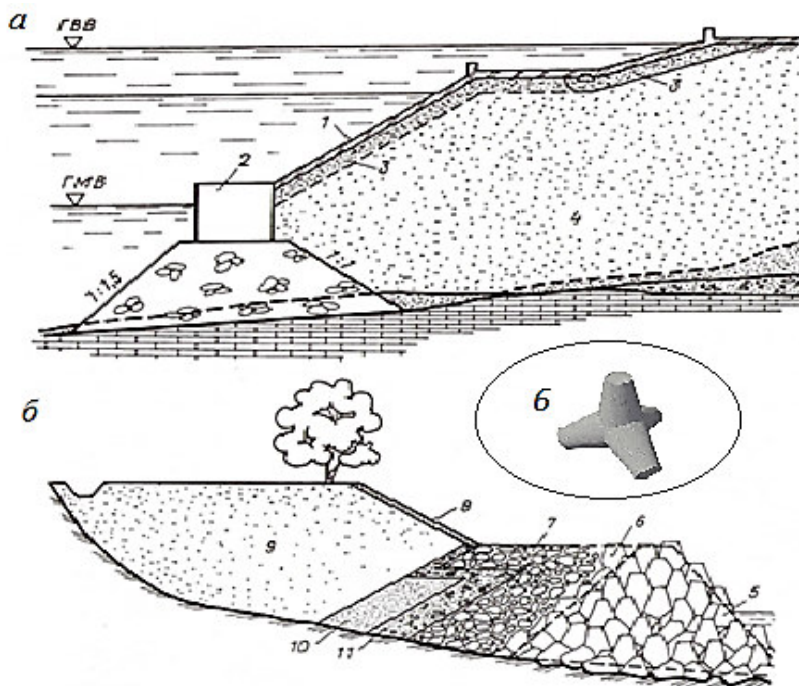


Рис. 6.65. Протизсувні берегові укріплення:

а – контрфорс з опорним поясом із масивів-корпусів; *б* – берегове укріплення із тераподів; 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 (https://studbooks.net/2306967/nedvizhimost/borba_opolznyami_selyami#google_vignette)

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

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 (рис. 6.66).



Рис. 6.66. Терасування схилів (<https://uk.m.wikipedia.org/wiki/jpg>)

Гідротехнічні інженерні заходи боротьби з селевими потоками:

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

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

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

г) затримка і осадження кам'яного матеріалу,

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

в) зменшення швидкості руху селевого і відповідно, освітлення потоку;

д) регуляційні заходи по руслу потоку з метою запобігання розмиву дна і відновлення русла, а також укріплення дна і схилів (рис. 6.67).



Рис. 6.67. Протисельові регуляційні гідротехнічні споруди (<https://kapital.kz/gosudarstvo/42289/selevoy-potok-v-talgare-perekhvachen-selezashchitnoy-plotinoy.html>)

У сучасному протиселевому будівництві використовуються земляні, бетонні та залізобетонні греблі, глухі загати, а також наскрізні споруди із залізобетонних елементів у вигляді окремих елементів, з'єднаних між собою балок, сітчасті та ґратчасті металеві конструкції різних видів (рис. 6.68).

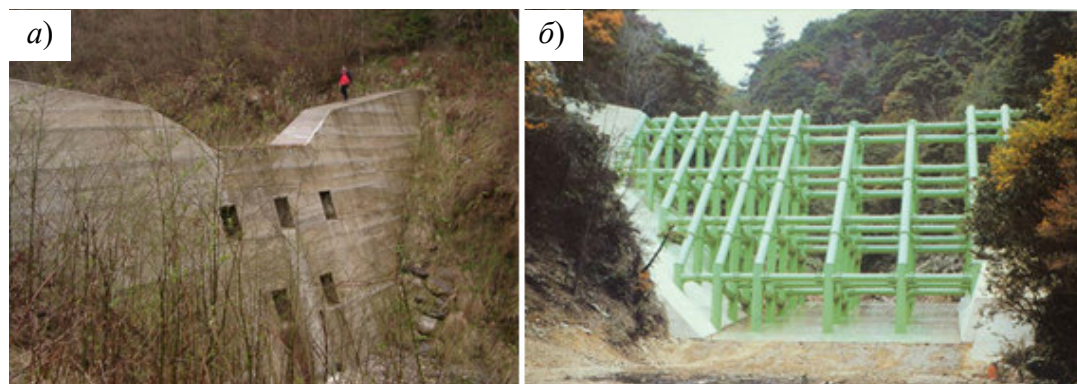


Рис. 6.68. Селезатримуючі споруди: а – бетонна гребля (Австрія); б – об'ємне стрижневе загородження (https://www.researchgate.net/figure/Fig-7-Frame-Dam-Japan-Photo-Huebl_fig6_237659498)

Одним із інноваційних рішень захисту від селів стало впровадження селеуловлювачів наскрізного типу різних конструктивних форм із сталевих стрижнів або сіток (рис. 6.69). Наскрізнi загородження беруть на себе механiчну дію уламкової частини селевого матеріалу. При цьому крупність затриманого уламкового матеріалу визначається розміром комірок. Селевий потік, що пройшов через таке загородження втратив найбільш крупні уламки, в результаті чого знижується сила дії на наступні бар'єри. Таким чином, влаштування декількох наскрізних загороджень невеликих розмірів, розміщених в місцях зародження селів, дає можливість поетапно зменшувати його руйнівну силу, а так і програмувати характер його послаблення на шляху руху вниз по руслу. Важливим є і простота встановлення сіткового загородження в порівнянні із стаціонарним бетонним бар'єром.



Рис. 6.69. Протиселеве сіткове загородження: *а* – протиселевий бар'єр; *б* – сітка із кілець (https://www.researchgate.net/figure/left-Flexible-mesh-with-concrete-abutments-Kribtzov-2015-Figure-9-right_fig4_351284395; <https://www.pinterest.com/pin/746049494494277275/>)

Влаштування гнучких наскрізних протиселевих сіткових загороджень дозволяє з найменшими витратами на інженерні заходи створювати розвинуті системи протиселевого захисту на великих територіях. Наскрізнi загородження можуть встановлюватися каскадами і послаблювати селеві потоки в місцях їх формування на рівнях вище місць з'єднання потоків в один, більш руйнівний потік, який складніше зупинити.

Питання для самоконтролю

1. Які методи боротьби з ерозією берегової смуги річки?
2. Які технологічні процеси виконуються при берегоукріпленні залізобетонними плитами?
3. Як здійснюється кріплення берега річки універсальними гнучкими захисними бетонними матами?
4. Як здійснюється кріплення берега річки блоками кріплення уксів?

5. Які види габіонних конструкцій застосовуються для кріплення берега річки?
6. Які технологічні процеси виконуються при берегоукріпленні габіонами?
7. Які існують способи занурення палів?
8. Які технологічні процеси виконуються при берегоукріпленні георешіткою, бетонним полотном?
9. Що таке зсув ґрунту і які існують стадії розвитку зсуву?
10. Які види гідротехнічних споруд застосовуються при впровадженні протиерозійних заходів?
11. Які заходи інженерного захисту приймаються для обмеження зсуву?
12. Які заходи інженерного захисту приймаються для недопущення селевих потоків?

7. Будівництво природоохоронних об'єктів

7.1. Будівництво протиповеневих споруд

7.1.1. Штучне підвищення та обвалування територій

Одним із видів небезпечної і шкідливої дії води є підтоплення і затоплення територій, населених пунктів і сільськогосподарських угідь при проходженні паводків і повеней.

Негативні наслідки від повеней і паводків проявляються на 27 відсотках території України (165 тис. кв. кілометрів), де проживає майже третина населення. В Україні найбільш паводконебезпечною територією є Карпати та прилеглі до них передгірські райони, Полісся, придунайські та придністровські землі.

За останні десятиліття на території Українських Карпат збільшилась не лише кількість катастрофічних повеней, але і їхні масштаби. У середньому за рік на річках Прикарпаття проходять 2–3 паводки і повені. Якщо раніше великі повені ставались раз на 11–16 років (1911, 1927, 1941, 1955, 1969, 1980), то пізніше повені сталися вже через 9 років (1999, 2001, 2008, останні через 2–3 роки, а то і щорічно (рис. 7.1).



Рис. 7.1. Приклади затоплення населених пунктів під час паводку: *а* – паводок на р. Дністер біля м. Галич (<https://vue.gov.ua/>), *б* – паводок на р. Тиса в Виноградівському р-ні, смт Вилोक (<https://buvrtyisa.gov.ua/newsite/?p=16747>)

Для захисту території від затоплення під час проходження паводків найбільш надійними є інженерні методи захисту:

1. Штучне підвищення та обвалування територій з боку річки, водосховища або іншого водного об'єкта;
2. Регулювання русел річок;
3. Регулювання стоку річок.

Основним нормативним документом, що регламентує заходи інженерного захисту території від затоплення є ДСТУ-Н Б В.1.1-38:2016 «Настанова щодо інженерного захисту територій, будівель і споруд від підтоплення та затоплення».

Штучне підвищення поверхні території здійснюється: для освоєння під забудову територій, схильних до підтоплення та затоплення; для використання земель під сільськогосподарське виробництво; для благоустрою узбережної смуги водосховищ та інших водних об'єктів.

Для захисту території від затоплення шляхом штучного підвищення відмітка брівки берегового укосу території приймається не менше, ніж на 0,5 м вищою від розрахункового рівня води у водному об'єкті з урахуванням розрахункової висоти хвилі та накату.

Підвищення поверхні території економічно виправдане при достатній кількості піщаних ґрунтів і можливості виконати це підвищення намівним способом (рис. 7.2).



Рис. 7.2. Підвищенням відміток поверхні землі шляхом наміву (<https://dredger.com.ua/uk/uslugi-zemsnaryada/namyv-plyazhej-i-nabereznyh/>)

Підводна розробка ґрунту здійснюється земснарядами і водоґрунтова суміш (пульпа) по пульпопроводу подається на карту наміву (рис. 7.3). Намив мінерального ґрунту здійснюється за безстакадною схемою.



Рис. 7.3. Карта наміву: *а* – випуск пульпи; *б* – загальний вид карти наміву (<https://www.youtube.com/watch?v=w0DEPryDgas>; <https://youtu.be/p62jMAM4Puk>)

Пульпа від місця випуску протікає до водоскидного пристрою, при цьому із потоку здійснюється випадання частинок мінерального ґрунту в результаті чого освітлюється вода.

Освітлена вода з карти наміву відводиться за допомогою водоскидних колодязів з донним водоспуском, трубопроводів (колекторів), траншей. До поширених конструкцій водоскидних колодязів відносяться: шандорні дерев'яні, металеві та з центральною металевою трубою з патрубком. За формою перетину колодязі можуть бути квадратними, трикутними і круглими (рис. 7.4).

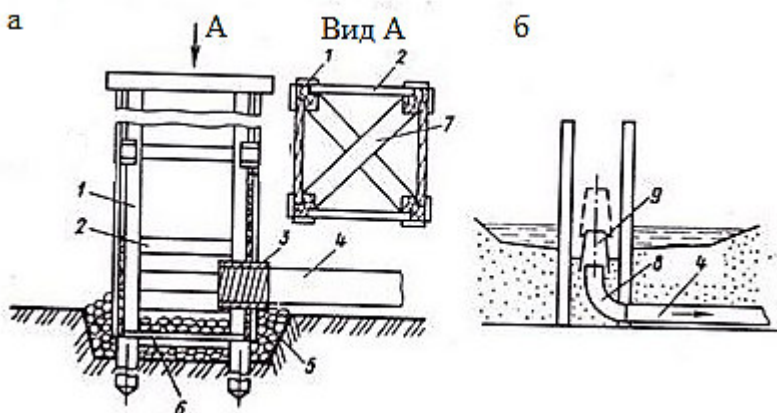


Рис. 7.4. Водоскидні колодязі: а – дерев'яний з шандор; б – з металевою трубою; 1 – стійки; 2 – шандори (дошки); 3 – ущільнення; 4 – водоскидні труба; 5 – камінь (щебінь); 6 – настил; 7 – розпірки; 8 – відведення; 9 – патрубок для нарощування металевої труби (<https://studfile.net/preview/2892211/page:9/>)

Дерев'яні водоскидні колодязі влаштовують у вигляді каркасної конструкції з стійок і розпірок, стінки колодязя роблять з дощок (шандор) товщиною 4–5 см. Щоб уникнути спливання колодязі привантажують камінням.

Поширеним способом захисту територій від затоплення є обвалування територій з боку річки, водосховища або іншого водного об'єкта.

Для захисту затоплюваних територій застосовуються два види обвалування: загальне та ділянками.

Загальне обвалування території доцільно застосовувати, якщо на території, що захищається, немає водотоків або коли стік водотоків можна перекинути до водосховища або в річку через відвідний канал, трубопровід або за допомогою насосної станції.

Обвалування ділянками застосовується для захисту територій, які перетинаються великими ріками, перекачування яких є економічно недоцільним, або для захисту окремих ділянок території із різною щільністю забудови.

Обвалування затоплюваних територій здійснюється влаштуванням ґрунтових дамб двох видів: незатоплюваних і затоплюваних (рис. 7.5).



Рис. 7.5. Дамби обвалування: *а* – незатоплювана; *б* – затоплювана (<https://buvrtya.gov.ua/newsite/?p=24467>)

Незатоплювані дамби належить застосовувати для постійного захисту від затоплення міських і промислових територій, прилеглих до водосховищ, річок та інших водних об'єктів.

Незатоплювані дамби не допускають переливання води через гребінь упродовж усього року при нормальних і надзвичайних умовах експлуатації. Їх висота має перевищувати максимальні рівні води під час паводків розрахункової забезпеченості.

Затоплювані дамби допускається застосовувати для тимчасового захисту від затоплення сільськогосподарських земель у період вирощування на них сільськогосподарських культур.

Перелив води через гребінь дамби і затоплення території допускається в період весняної повені. На обвалованій території не повинно бути населених пунктів, промислових підприємств, багаторічних насаджень і озимих культур. Весняні паводкові води приносять на заплаву мул та створюють значний запас вологи в ґрунті. Таким чином цю територію рекомендується використовувати під пасовища, які витримують тимчасове затоплення, посіви ярих культур.

Залежно від природно-кліматичних умов захисту, інженерно-геологічних умов, рельєфу територій та виду дамби обвалування за конструкцією можуть бути обтиснутого та розпластаного профілів (рис. 7.6).

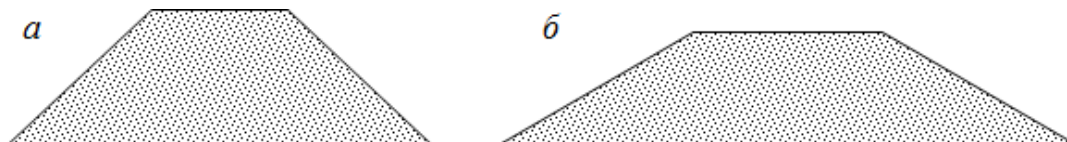


Рис. 7.6. Конструкції ґрунтових дамб: *а* – обтиснутого профілю; *б* – розпластаного профілю

Розміри поперечного перетину захисних ґрунтових дамб визначаються за нормативними документами і відповідними розрахунками.

Влаштування якісного насипу дамби здійснюють при одночасному виконанні технологічних операцій: відсіпання ґрунту, його розрівнювання, дозволоження та ущільнення. Для цього основу насипу розбивають по довжині на 3–4 карти – захватки: на першій захватці виконується відсіпання ґрунту, на другій – його розрівнювання і за потребою дозволоження, а на третій пошарове ущільнення, після цього ґрунт відсіпають на третій захватці, розрівнюють на першій, ущільнюють на другій і т.д. Таким чином організується безперервний потік робіт із влаштування насипу.

Розрахункова площа однієї карти укладання ґрунту в тіло дамби визначається за формулою

$$F_k = \frac{\Pi_{\Gamma} \times t}{h_{\text{ш}}},$$

де Π_{Γ} – об'єм ґрунту, що надходить у насип за 1 год, м³;

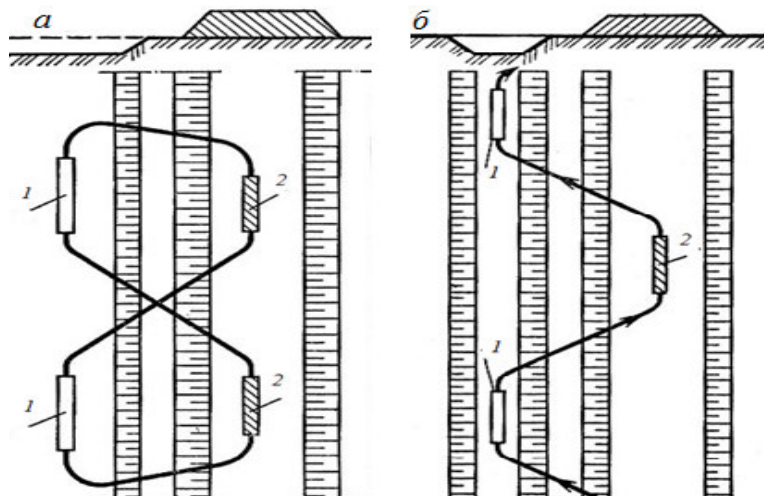
t – час, протягом якого ґрунт надходить на одну карту укладання, год;

$h_{\text{ш}}$ – прийнята товщина шару вкладання ґрунту з врахуванням властивостей ґрунту і параметрів машини, що ущільнює (0,2–0,4 м).

Ґрунт на карти доставляється скреперами, автосамоскидами чи тракторними візками (рис. 7.7).



Рис. 7.7. Засоби для транспортування ґрунту: а – скрепер (<https://zeppelin.ua/products/wheel-tractor-scrapers/631g/>); б – автосамоскид (<https://flagma.ua/uk/products/>); в – тракторний візок



Робота скрепера при влаштуванні дамби може виконуватися за двома схемами: «вісімкою» і «змійкою» (рис. 7.8).

Рис. 7.8. Технологічні схеми роботи скрепера при будівництві дамби: а – вісімка; б – змійка; 1 – набір ґрунту; 2 – укладання ґрунту

Доставлений у насип ґрунт розрівнюється бульдозерами чи грейдерами (рис. 7.9).



Рис. 7.9. Розрівнювання ґрунту: а – бульдозером (<https://dspace.library.khai.edu/xmlui/bitstream/handle/123456789/3398/Glazkov.pdf?>); б – грейдером (<https://0442332290.kiev.ua/ua/p40978774>)

Товщина шару ґрунту, що відсипається, визначається в проекті чи вибирається при пробному уложенні залежно від способу ущільнення і типу застосованих ґрунтоущільнюючих механізмів та їх ущільнюючої здатності. Розрівнювання ґрунту бульдозерами здійснюється поперечним способом при укладанні ґрунту поздовжніми смугами і ширині шару більше ніж 10 м, а грейдером – поздовжнім способом при укладанні ґрунту поперечними смугами. Рух бульдозера організовують так, щоб відвал утримувався над поверхнею насипу на відстані, рівній заданій товщині шару, що підлягає ущільненню.

При поздовжньому русі бульдозерів довжина шляху розрівнювання може прийматися 50–200 м. Розрівнювання ґрунту проводиться від країв насипу до її середини. Проходи бульдозера виконуються з перекриттям сліду попереднього проходу не менше ніж на 0,3 м. Перед ущільненням ґрунту (за необхідністю) виконується вирівнювання поверхневого шару, що підлягає ущільненню, одним чи двома проходами грейдера.

Ущільнення ґрунту при створенні якісного насипу дамби кулачковими або пневмоколісними котками (рис. 7.10) здійснюється поздовжніми проходами котка у напрямку від краю дамби до осі (рис. 7.11). При цьому каток повинен рухатися не ближче ніж на 0,5 м від краю дамби де залишається не ущільнений ґрунт – «бахрома».

Для повного ущільнення різного виду ґрунтів котками з пневматичними шинами потрібно виконати по одному сліду 3–4 проходи для піску, 4–6 проходів для супісків і 6–8 проходів для суглинків.

При ущільненні шарів ґрунту в насипу висотою 1,5 м і вище перший та другий проходи котка мають бути на відстані 2 м від брівки насипу. Наступний прохід зміщують на 1/3 ширина котка в бік брівки. Третім і четвертим проходами ущільнюють боки насипу. Після цього ущільнення насипу продовжують виконувати від краю насипу до середини.

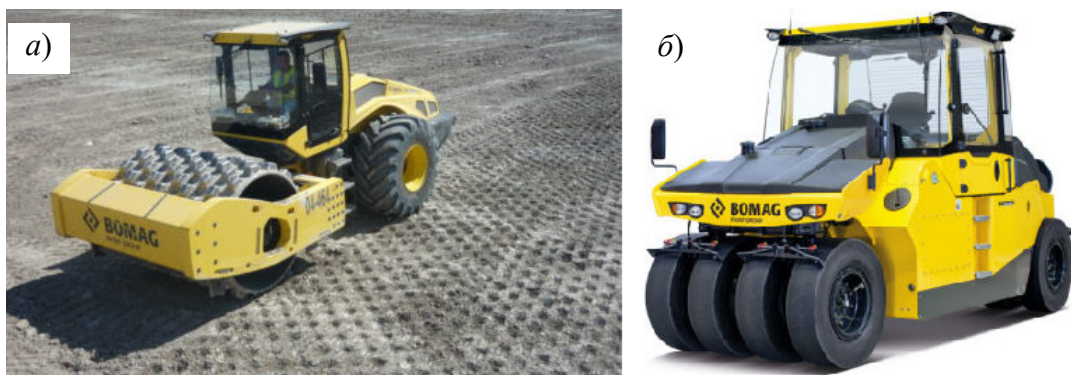


Рис. 7.10. Котки для ущільнення ґрунту: а – кулачковий; б – пневмоколісний (<http://asbud.com.ua/kotki-zemlyani-d-5-19-0-26-0t/>)

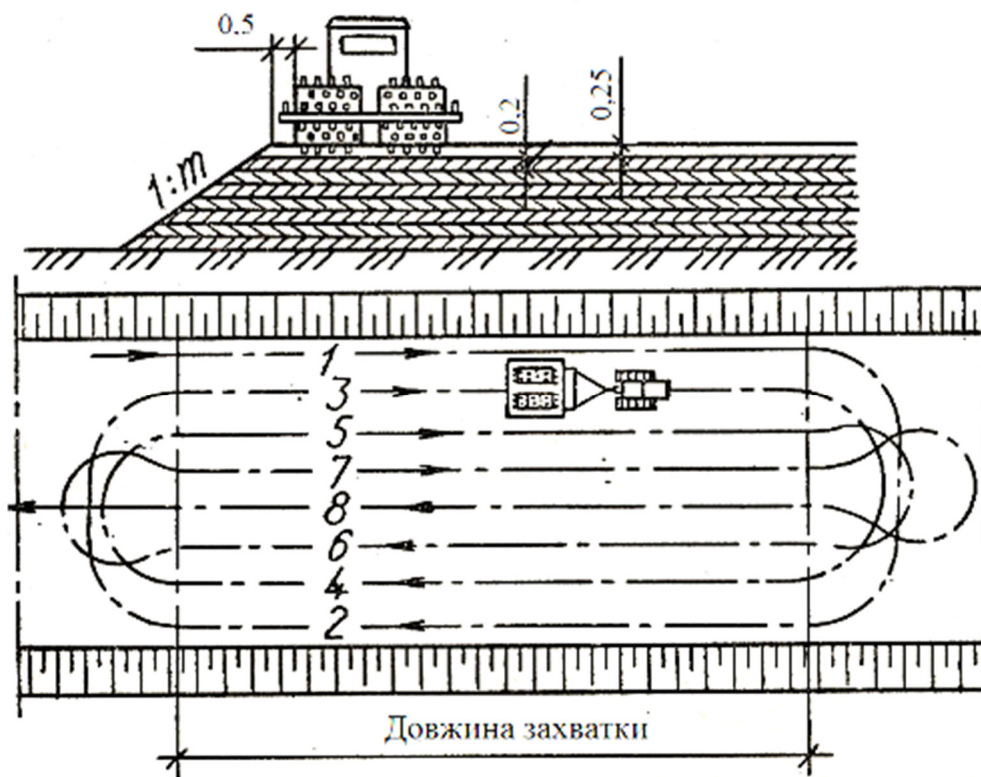


Рис. 7.11. Технологічна схема ущільнення ґрунту при будівництві дамби

Після завершення відсіпання тіла дамби проводиться планування укосів зі зрізанням «бахроми» товщиною 0,2–0,5 м.

З крутих укосів ($m \leq 2$) ґрунт зрізується періодично в міру зведення насипу висотою 1–1,5 м автогрейдерами, а висотою дамби до 3–5 м екскаваторами з ковшем-планувальником (рис. 7.12).

Планування укосів дамби залежно від їх довжини виконують за одним-двома проходами. Першим проходом планують верхню частину укосу. При

цьому автогрейдер рухається уздовж бровки насипу. Потім автогрейдер другим проходом в протилежному напрямку планує нижню частину укосу. Відстань між осями проходок вибирають із таким розрахунком, щоб наступна проходка перекривала попередню на 20–30 см.

Похилі укоси ($m \geq 2$) плануються бульдозерами з переміщенням ґрунту знизу нагору.

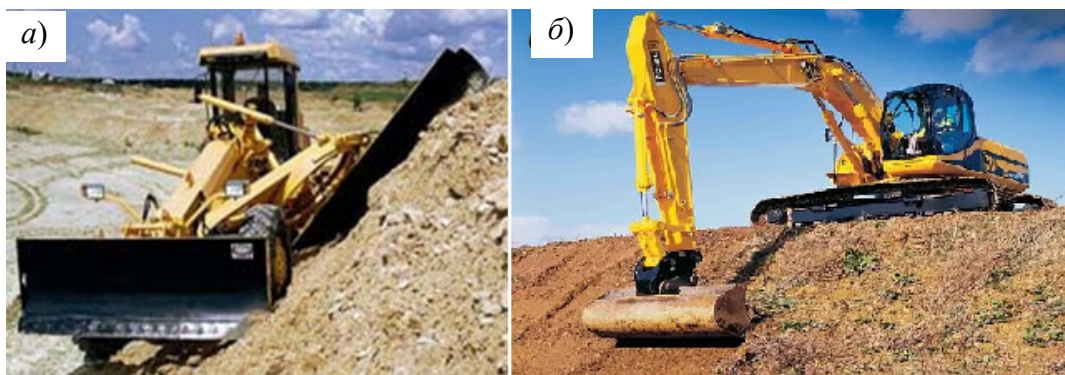


Рис. 7.12. Планування укосів дамби: а – автогрейдером (<https://equipmentindia.com/construction-machinery-news/top-equipment-news/>);

б – екскаватором (<https://hydromarket.com.ua/ua/a468286-kak-podobrat-gidravlicheskij.html>)

Побудовані дамби надійно захищають населені пункти від затоплення підчас проходження паводків і повеней (рис. 7.13).



Рис. 7.13. Паводок на р. Тиса в умовах реконструйованих дамб, [1]

Одним із способів зведення земляних дамб є налив із застосуванням методів гідромеханізації. Дамби, зведені таким способом, називають наливними. Для зведення таких споруд підходять супіски, піски і піщано-гравійні суміші з вмістом пилювато-глинистих часток до 15–20%. Розробка ґрунту, призначеного для укладання в тіло дамби, найчастіше здійснюється

земснарядами з підводних кар'єрів. Розроблений ґрунт у вигляді водоґрунтової суміші (пульпи), перекачується з місця розробки до місця укладання по пульпопроводу.

Механізм наміву полягає у відкладенні з пульпи в зоні, найближчій до випуску пульпопроводу, найбільш великих часток. У міру розтікання гідросуміші по поверхні намівання і зменшення швидкості відбувається випадання все менших частинок. Освітлена вода, що містить невелику кількість найбільш дрібних частинок, частково фільтрується через тіло намитой споруди, частково відводиться через скидні трубопроводи. Намівання ґрунту в тіло дамби зазвичай здійснюють безстакадним способом.

Залежно від розміщення напірних пульпопроводів (на одному або обох укосах намитної споруди) розрізняють односторонню і двосторонню схеми наміву.

Намивний спосіб дозволяє зводити дамби, що відповідають основним вимогам до якості укладання ґрунту. При будівництві дамб обжатого профілю гідромеханізованим способом найчастіше застосовують безстакадно-торцеву і зустрічно-торцеву схеми наміву (рис. 7.14)

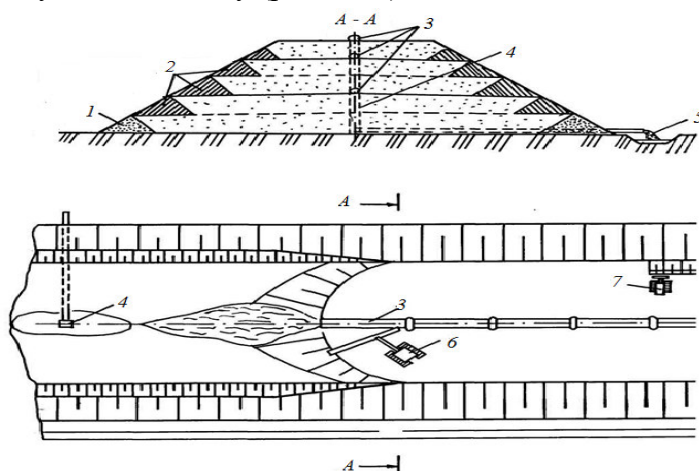


Рис. 7.14. Безстакадно-торцева схема наміву: 1 і 2 – первинне і поточне обвалування; 3 – положення намитного пульпопроводу; 4 – водоскидний колодязь; 5 – водоскидна траншея; 6 – кран-трубоукладач; 7 – бульдозер

Безстакадно-торцева схема наміву передбачає постійне просування фронту наміву при періодичному нарощуванні пульпопроводу. За цією схемою при човниковому переміщенні пульпопроводу максимальна товщина шару наміву складає 1,0–1,5 м при нарощуванні розподільчого пульпопроводу і 0,7–1,0 м при його укорочуванні. Первинне обвалування створюється із мінерального ґрунту основи дамби бульдозером, а поточне обвалування – із намитого ґрунту.

При зустрічно-торцевій схемі намів кожного наступного шару ведуть у напрямку протилежному наміву попереднього шару при роботі одного із двох по чергово працюючих водоскидних колодязів, що дозволяє зосередити

відкладання мілких фракцій ґрунту навколо водоскидних колодязів і значно полегшити влаштування обвалування.

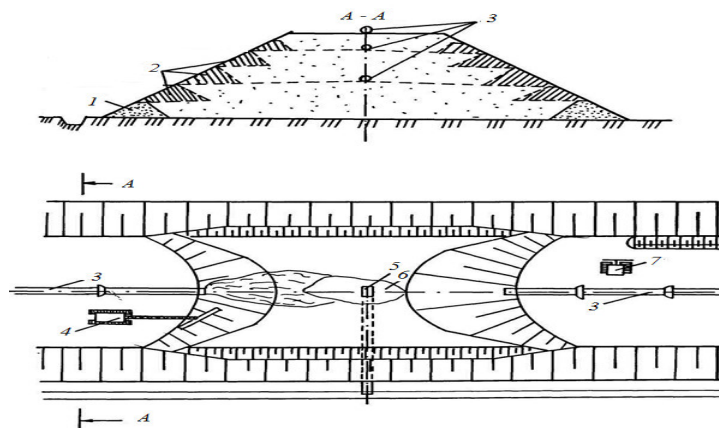


Рис. 7.15. Зустрічно-торцева схема наміву: 1 і 2 – первинне і поточне обвалування; 3 – положення намівного пульпопроводу; 4 – кран-трубоукладач; 5 – водоскидний колодязь; 6 – відстійник; 7 – бульдозер

Контроль якості будівництва захисних ґрунтових дамб регламентуються допустимими величинами відхилень параметрів дамб від проектних:

Найменування показника	Допустима величина відхилень
Відмітка гребеня по осі бровки	± 5 см
Ширина по гребеню	$\pm 5\%$
Крутість укосів	$\pm 15\%$
Рівність поверхні укосу	± 10 см

Останнім часом в гідротехнічному будівництві для захисту населених пунктів від затоплення при проходженні паводків і повеней широко впроваджуються гнучкі конструкції з геотекстильних і композитних матеріалів тощо.

Тимчасові або постійні захисні дамби створюються з водоналивних рукавів, геотуб, які являють собою текстильний контейнер циліндричної форми з протиерозійним екраном в основі, зшитий із синтетичної тканини високої міцності. Основна функція геотуби у гідротехнічних конструкціях – еластична опалубка високої міцності, що швидко заповнюється тим чи іншим природним заповнювачем. Заповнюються геотуби, як правило, піщаною пульпою.

Геотуби можуть застосовуватися як самостійна як самостійна гідротехнічна споруда (рис. 7.16), або складовою частиною греблі чи захисної дамби (рис. 7.17).



Рис. 7.16. Застосування геотуб в гідротехнічному будівництві:
а – гребля (<https://erosionpollution.com/filtration/dewatering/>); б – захисна протипаводкова дамба (<http://www.tongbaixijin.com/city/suzhou>)

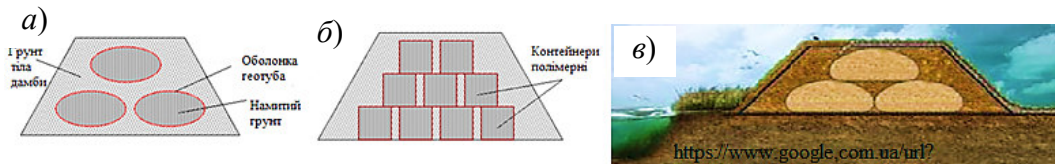


Рис. 7.17. Конструкції дамб обтиснутого профілю із застосуванням геотуб: а – циліндричної системи; б – контейнерної системи з високоміцного геотекстилю “Pulsatex”; в – геотуби в тілі дамби

Заповнення об'єму конструкції проводиться місцевим піщаним ґрунтом шляхом гідравлічного нагнітання насосами через впускні рукави, розташовані на певній відстані один від одного по всій довжині (рис. 7.18, 7.19).



Рис. 7.18. Пульповий насос: а – загальний вигляд (<https://www.goglasia.com/search?q=+potapajuca+pumpa..&start=175>); б – пульповий насос, підвішений до стріли екскаватора; в – наповнення геотуба пульпою (<https://tecamyser.com/en/applications/dredging-and-drainage/>)



Рис. 7.20. Заповнення геотуба піщаним ґрунтом (<https://geosvit.com.ua/gidrotehniczne-budivnytvo/zastosuvannya-geotub-geosvit-tube-u-gidrotehnicnomu-budivnytvi/>)

Геотуб безперешкодно відводить воду, залишаючи усередині себе пісок і тверді фракції, які ущільнюються і швидко висихають.

Геотуби виготовляються на замовлення необхідного розміру (табл. 7.1).

Таблиця 7.1

Геометричні параметри за типовими розмірами геотуб

Параметр	Одиниця виміру	Значення параметра							
Довжина обводу	м	4,3	8,6	12,9	17,2	21,6	25,9	30,2	34,5
Висота	м	1,2	1,9	2,3	3,0	3,2	3,4	3,5	3,9
Ширина	м	1,5	3,3	5,5	7,1	9,3	11,2	13,4	15,4
Місткість	м ³ /м	1,5	5,3	10,2	18,0	25,2	33,5	41,1	45,7
Довжина	м	5–100							

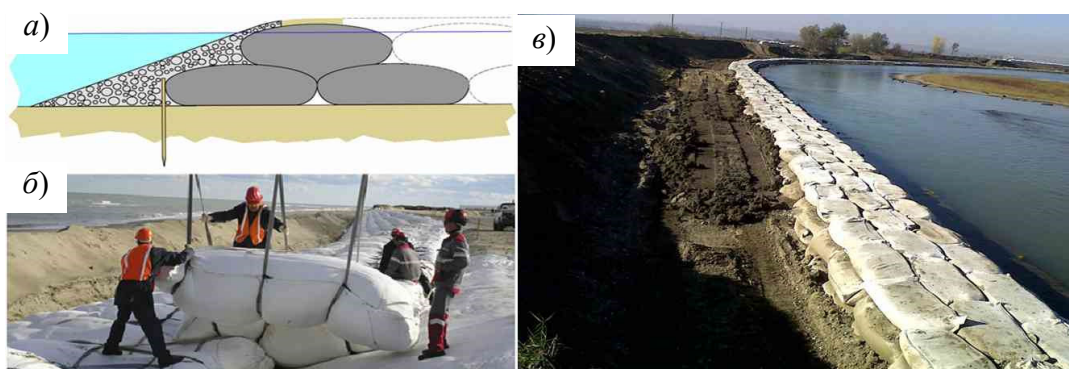


Рис. 7.21. Будівництво берегозахисної дамби з використанням геотубів: а – схема розміщення геотубів (<https://promeco.nl/de/schlammmentsorgung/>); б – укладання геотубів у тіло дамби; в – берегозахисна дамба із геотубів

7.1.2. Регулювання русел річок

Для захисту територій і населених пунктів від паводків влаштування берегозахисної дамби може виявитися недоцільним. У деяких випадках регулювання русла річки шляхом його випрямлення, поглиблення, збільшення похилу дна буде вирішальним для зниження рівня води та прискорення проходження паводка.

Під дією потоку води відбувається ерозія русла річки в результаті русло деформується, змінюється його планове положення з утворенням звивин, внаслідок збільшується довжина річки та зменшується похил дна. Таке русло не може пропустити паводкові витрати і річка виходить з берегів. Тому для зменшення шкідливої дії паводка на навколишнє середовище здійснюють випрямлення русла річки шляхом влаштування прокопів і створення нового русла (рис. 7.22).

При влаштуванні прокопів або створенні нового русла розробка ґрунту здійснюється екскаватором з робочим обладнанням драглайн за схемами аналогічними при будівництві осушувальних каналів.



Рис. 7.22. Випрямлення русла річки: *а* – схема випрямлення; *б, в* – русло річки до і після випрямлення (<https://elink.io/p/907478e>)

Також важливим інженерним заходом зменшення руйнацій та збільшення пропускної здатності річки при проходженні паводка є розширення та поглиблення її русла. Широке русло з малими глибинами тільки поглиблюють, не займаючи берегів, а вузькі ділянки русла підлягають розширенню (рис. 7.23).



Рис. 7.23. Розширення русла річки однокішневим екскаватором з робочим обладнанням: *а* – зворотна лопата (<https://pmk77.com/ru/uslugy/gydrosooruzhenyya-beregoukreplenye/>); *б* – драглайн (<https://rovrkhm.gov.ua/>)

Робота екскаватора уздовж берегів виконується за поперечною схемою розробки з укладанням ґрунту в тимчасові відвали, які розрівнюються бульдозером в заплаві річки.

7.1.3. Регулювання стоку річок

Серед протипаводкових заходів також важливим є регулювання річкового стоку, що передбачає перерозподіл у часі обсягів річкового стоку шляхом влаштування водосховищ, протипаводкових ємностей та польдерів.

Влаштування водосховища є єдиним радикальним способом протипаводкового захисту, що дозволяє частково або повністю зняти небезпеку затоплення території. Для досягнення найбільшого ефекту при регулюванні стоку при проходженні паводка водосховище влаштовується у верхів'ї річки, або перед зоною затоплення території, на якій розташовано населений пункт, або промислові будівлі і споруди.

Для регулювання витрат води при проходженні паводка влаштовують протипаводкові ємності, котрі акумулюють паводковий стік при постійно працюючому глибинному водоскиді. Такі ємності влаштовують у верхів'ях

гірських річок, які в нормальних умовах порожні і працюють тільки підчас проходження паводка. Різниця між витратами річкового стоку і скидом води через водозлив акумулюється в чаші ємності. Після проходження піку паводка і повного наповнення ємності відбувається її спорожнення шляхом скиду води через водозлив.

Противопаводковий польдер – це огорожена дамбами частина заплави, що заповнюється водою для зменшення максимальних витрат в річці, що супроводжується зниженням рівнів підчас паводка. В пік паводка вода поступає в польдер і утримується в ньому до завершення паводка. Таким чином ліквідується загроза затоплення населених пунктів і територій що знаходяться нижче польдера по течії річки. Після проходження паводка польдер спорожнюють. Противопаводкові польдери влаштовуються в середній або нижній частині річки на рівнинних ділянках річкової долини, що не використовуються у сільськогосподарському виробництві та відсутні на ній будівлі й об'єкти інфраструктури.

На відміну від затоплення, де шкідлива дія води спостерігається на поверхні місцевості, а під землею вона проявляється у вигляді підтоплення.

7.2. Інженерний захист територій та споруд від підтоплення

7.2.1. Будівництво споруд регулювання підземного стоку

При інженерному захисті територій та споруд від підтоплення використовуються запобіжні заходи та захисні споруди. Запобіжні заходи спрямовані на усунення причин підтоплення. До них відносяться:

- штучне підвищення планувальних відміток територій;
- ущільнення ґрунту до нормативної щільності при засипанні котлованів та траншей;
- регулювання поверхового стоку;
- регулювання підземного стоку (дренажі, протифільтраційні завіси та екрани);
- гідроізоляція підземних частин споруд, комунікацій.

Процес підтоплення залежно від його розвитку по території може мати об'єктний (локальний) характер (окремі будівлі, споруди і ділянки) і територіальний, що може розповсюджуватися на квартали і райони, охоплювати великі території (регіони).

Інженерний захист від підтоплення регламентується Державним стандартом України ДСТУ-Н Б В.1.1-38:2016 «Настанова щодо інженерного захисту територій, будівель і споруд від підтоплення та затоплення».

Залежно від джерел надходження підземних вод виділяють природне підтоплення (болота, заплави річок тощо) та три основних типи антропогенного підтоплення: містобудівний, гідротехнічний та іригаційний.

Містобудівний тип слід визначати за прогнозом на основі врахування дії внутрішніх міських джерел підтоплення.

Гідротехнічний тип слід визначати за прогнозом розповсюдження підпору підземних вод на основі гідродинамічних розрахунків при розрахунковому рівні води у водному об'єкті (річка, водосховище).

Іригаційний тип слід визначати прогнозом розповсюдження куполу підпору підземних вод на основі гідродинамічних і водно-балансових розрахунків з урахуванням режиму зрошування.

Захист від підтоплення повинен включати:

- локальний захист будинків, споруд, ґрунтів основ і захист забудованої території в цілому;
- водовідведення поверхневого стоку;
- очищення (за необхідності) вод, що скидаються (дренажні, поверхневі, стічні).

Локальна система інженерного захисту спрямовується на захист окремих будівель і споруд. Вона включає дренажі (кільцевий, променевий, пристінний, пластовий, систематичний, вентиляційний, супутній тощо), відведення поверхневого стоку, протифільтраційні завіси та екрани.

Територіальна система забезпечує загальний захист забудованої території (ділянки). Вона включає перехоплюючі дренажі (головний, береговий, відсічний, систематичний і супутній), протифільтраційні завіси, вертикальне планування території з організацією поверхневого стоку, проčiщення відкритих водотоків, дощову каналізацію і регулювання режиму рівнів водних об'єктів.

У локальній системі інженерного захисту від підтоплення залежно від гідрогеологічних, інженерно-геологічних умов і типу забудови застосовуються дренажі:

- кільцевий (контурний) – для перехоплення підземних вод при змішаному їх живленні, а також для захисту окремих об'єктів або ділянок території; їх розташовують за зовнішнім контуром майданчиків, будівель і споруд (рис. 7.24). Кільцевий дренаж влаштовується по контуру будівлі на відстані 3–5 м від зовнішньої сторони фундаменту.

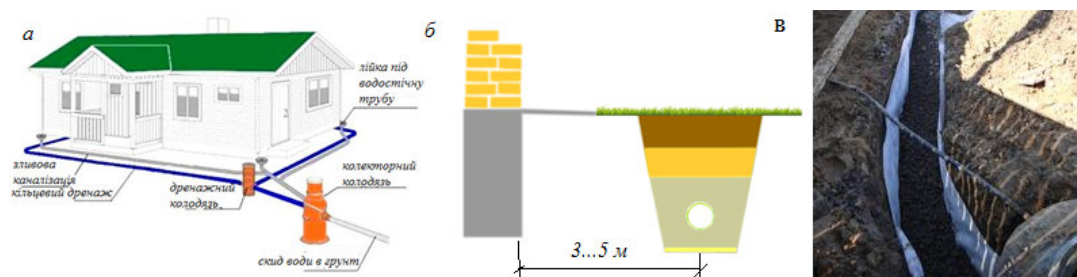


Рис. 7.24. Кільцевий дренаж по контуру будівлі: а – компонування кільцевого дренажу (<https://pp-budpostach.com.ua/ua/a116701-drenazh-kotettzhej-domov.html>); б – відстань влаштування; в – приклад влаштування кільцевого дренажу

- пристінний – при влаштуванні безпосередньо із зовнішнього боку будівлі чи споруди, що захищається; вони можуть розглядатися як елемент огорожувальних конструкцій (рис. 7.25);

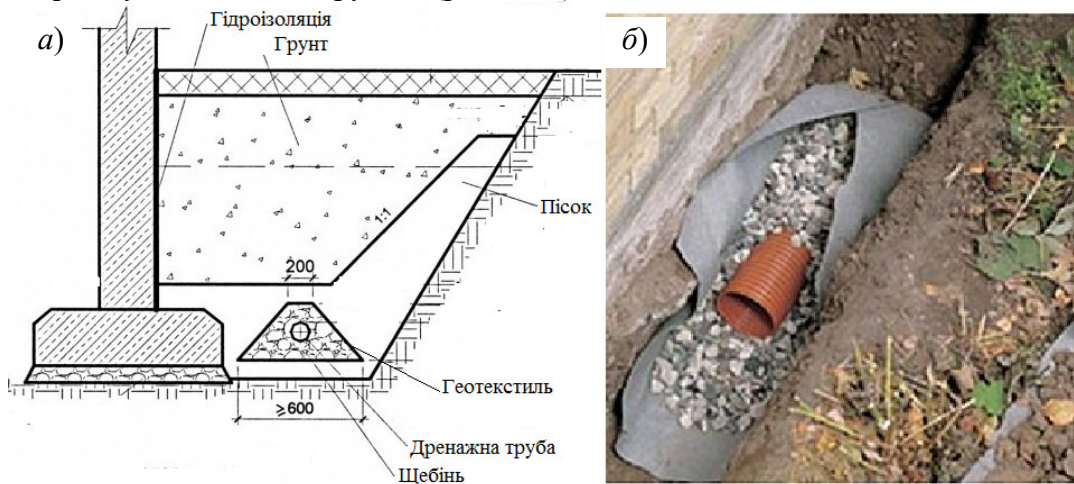


Рис. 7.25. Пристінний дренаж: а – схема дренажу; б – приклад влаштування дренажу (<https://z500.com.ua/ua/drenazh.html>)

Технологія влаштування пристінного дренажу полягає в наступному: спочатку виконують розмітку, а потім викопують траншеї для дренажу, глибина яких коригується залежно від властивостей і характеристик ґрунту. Форма поперечного перетину траншеї регламентується будівельними нормами залежно від глибини та виду ґрунту і може бути прямокутною або у вигляді трапеції. Траншею необхідно викопувати з урахуванням ухилу дна.

Влаштування пристінного дренажу передбачає необхідність вибору труб. Матеріал повинен бути обраний з урахуванням глибини монтажу та агресивності підземних вод. Найбільшою популярністю користуються пластмасові труби з:

- полівінілхлориду;
- поліетилену високої щільності;
- поліетилену низького тиску;
- поліпропілену.

Наступним етапом технології влаштування пристінного дренажу є прокладка труб і засипка їх фракцією щебеню. На дно канави настилають геотекстиль, який захищає пристінний дренаж від замулювання та прокладають трубу. Труба добре фіксується за допомогою щебеню, а зверху насипають шар піску та ґрунту. Вода добре вбирається дренами, і під ухилом самотпливом відводиться в місце скидання. Зазвичай вона потрапляє в дренажний колодязь або центральну каналізацію.

- пластовий дренаж (фільтруючі постелі) – для захисту заглиблених конструкцій і приміщень за наявності в їх основі достатнього за потужністю пласта маловодопроникних ґрунтів, а також для перехоплення і відведення

витоків вод із споруд з «мокрим» технологічним процесом; їх розташовують безпосередньо під будинками і спорудами (цей дренаж слід обов'язково застосовувати незалежно від глибини його закладання; він повинен поєднуватися із пристінним дренажем) (рис. 7.26);

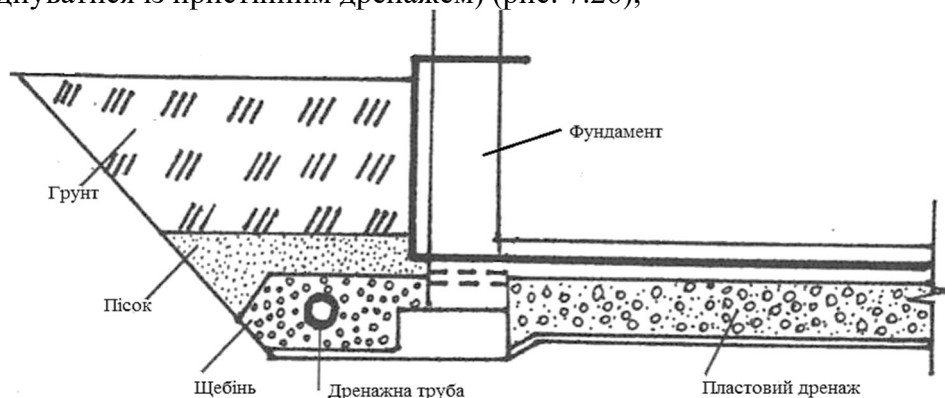


Рис. 7.26. Схема пластового дренажу
(https://studme.org/356254/stroitelstvo/trubchatyy_drenazh)

Пластовий дренаж, також як пристінний або кільцевої, належить до місцевих систем, які допомагають знизити високий горизонт ґрунтових вод і забезпечують захист окремих об'єктів від підтоплень (рис. 7.27).



Рис. 7.27. Влаштування пластового дренажу
(<https://z500.com.ua/ua/drenazh.html>)

Існує два види пластових дренажів:

- майданний – розташовується під фундаментною плитою суцільним шаром;
- лінійний – має призматичну форму.

Виходячи з обсягу надходження ґрунтових вод, розмірів об'єкта, що захищається і геологічних особливостей ділянки, пластовий дренаж виконується:

- одношаровим – тільки з щебеню, що має фракцію 3–20мм і показник коефіцієнта неоднорідності, що не перевищує 5;

- двошаровим – з середньозернистого піщаного ґрунту, або геотекстильної мембрани, а також щебеню.

При великому притоку ґрунтової води двошаровий пластовий дренаж влаштовується із двох шарів: нижнього – піщаного і верхнього – із щебеню чи гравію.

Ефективність пластового дренажу, що влаштовується під фундаментною плитою, забезпечує його поєднання з іншими системами – кільцевими або пристінними. Їх поєднання влаштовують за допомогою трубчастих дренажів, що укладаються з нахилом в сторону водовідведення.

Трубчастий дренаж влаштовується із застосуванням дренажних труб, виготовлених із прогресивних полімерних матеріалів: поліетилену і полівінілхлориду (рис. 7.28).



Рис. 7.28. Труби для дренажних систем

Випускаються дренажні труби діаметром 63, 110, 160 і 200 мм в бухтах по 50 м. Вибір діаметра залежить від: типу ґрунту, його насичення водою, коефіцієнта фільтрації, об'єму притоку, рівня ґрунтових вод тощо. Самим поширеним діаметром є 110 мм.

Труби із полімерів не тільки легкі – так бухта довжиною 50 метрів діаметром труб 110 мм важить всього 25 кг, але й довговічні.

Загальний вид дренажу із полімерних труб з гравійним фільтром наведено на рис. 7.29.

При проектуванні дренажної системи враховуються багато факторів: рельєф місцевості; тип ґрунту; кількість атмосферних опадів; наявність поблизу природних водоприймачів; рівень ґрунтових вод тощо.



Рис. 7.29. Загальний вид дренажу із полімерних труб з гравійним фільтром

Залежно від виду ґрунту застосовують різні комбінації влаштування дренажу використовуючи дренажні труби, фільтруючий матеріал і геотканину (рис. 7.30, 7.31).



Гравійний ґрунт: використовується дренажна труба з перфорацією без фільтруючого матеріалу



Піщаний ґрунт: використовується перфорована дренажна труба з фільтром нетканого полотна – геотекстилю, а також щебневий фільтр навколо труби



Глинистий ґрунт: використовується перфорована дренажна труба з щебневим фільтром навколо труби не менше 20 см і геотекстилю



Суглинистий ґрунт: використовується перфорована дренажна труба з фільтром нетканого полотна – геотекстилю

Рис. 7.30. Рекомендації захисту полімерних дренажних труб від замулювання залежно від типу ґрунту

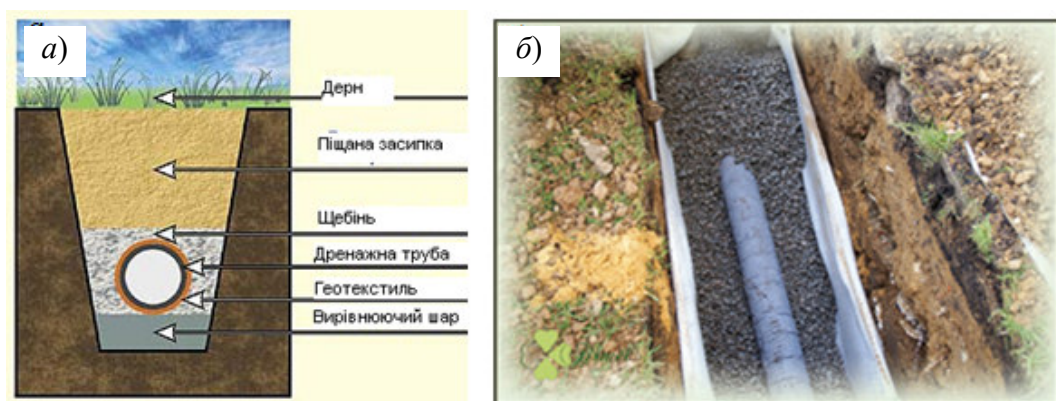


Рис. 7.31. Будівництво дренажу: а – схема дренажу; б – укладання дренажних труб і фільтра (<https://remontu.com.ua/pristrij-drenazhu-navkolo-budinku>)

Процес будівництва трубчастого дренажу складається з трьох циклів.

Підготовчий цикл включає допоміжні операції із підготовки трас: зрізання рослинності, корчування пнів, збирання пнів і каменів, засипання ям, трасування дренажних ліній (винесення проекту в натуру), планування трас дрен, доставку, розвезення і розкладання дренажних матеріалів.

Основний цикл складається з операції розробки траншеї з дотриманням проектної глибини й ухилу, укладання дренажних труб із захистом їх від замулення, влаштування фільтруючої обсыпки.

Розробка траншеї здійснюється однокішшевим екскаватором з робочим обладнанням зворотна лопата за осьовою схемою проходки та вкладанням мінерального ґрунту в тимчасовий відвал (рис. 7.32).



Рис. 7.32. Розробка траншеї однокішшевим екскаватором (<https://flagma.ua/products/zemlyanye-raboty/kirovograd/>)

Ширина траншеї на дні повинна дорівнювати зовнішньому діаметру труби плюс запас 20 см з обох боків.

Монтаж дренажного трубопроводу проводиться на дні траншеї, де труби з'єднуються за допомогою двохрозтубної муфти із зубоподібними

ущільнювачами. Після закінчення монтажних робіт дренажний трубопровід засипається дренажною обсыпкою, яка може бути одношаровою і багатошаровою.

Заключний цикл, як і підготовчий, складається з допоміжних операцій із влаштування споруд на дренажній мережі, контролю якості дренажних ліній і остаточного засипання траншеї.

Для огляду та чищення дренажних трубопроводів на них встановлюються оглядові та робочі колодязі (рис. 7.33).



Рис. 7.33. Колодязі на дренажній мережі (https://remontu.com.ua/drenazhnij-kolodyaz-svo-mi-rukami#google_vignette)

Траншея у місці встановлення дренажного колодязя повинна бути ширшою за його зовнішній діаметр на 0,3 м для оглядового колодязя і на 0,5 м – для робочого.

Дно траншеї під колодязем вирівнюється, очищається від каміння та сміття, після чого влаштовується підсыпка піском на товщину 0,2–0,3 м.

Засыпку пластикових колодязів зі структурованою стінкою виконують акуратно, так, щоб простір між гофрамі був заповнений однорідним ґрунтовим матеріалом без будь яких включень. Ущільнення засипки слід виконувати вручну шарами до 5 см або ж із використанням легкої техніки шарами до 30 см.

Після завершення влаштування обсыпки і споруд на дренажній мережі траншею засипають мінеральним ґрунтом, застосовуючи екскаватор або бульдозер.

7.2.2. Влаштування гідроізоляції підземних частин споруд, комунікацій

Для ефективного захисту конструкцій від дії ґрунтових вод, крім влаштування дренажної системи, потрібно виконувати надійну гідроізоляцію підземних конструкцій (рис. 7.34).

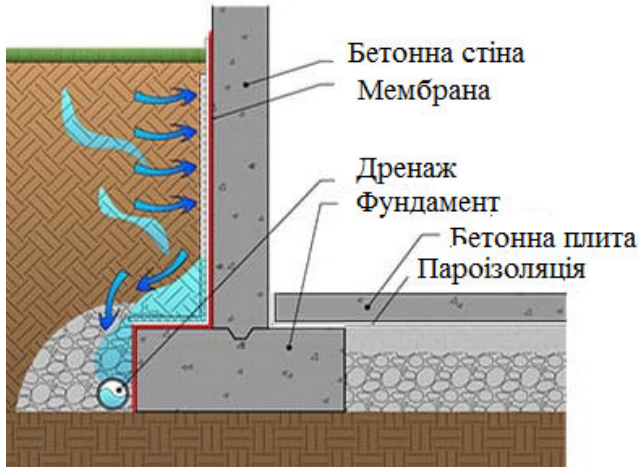


Рис. 7.34. Приклад гідроізоляції підземних конструкцій (<https://remont-nedorogo.com.ua/stati/37-gidroizolyatsionnye-raboty-s-fundamentom>)

При виконанні гідроізоляційних робіт використовують бітумні матеріали та гідроізоляційні мембрани.

При використанні бітумних матеріалів застосовують фарбувальну гідроізоляцію, яка являє собою водонепроникне покриття, створене способом послідовного нанесення на ізольовану поверхню декількох шарів матеріалу. Основними видами фарбувальної гідроізоляції є бітумна, бітумно-полімерна, полімерна та полімерцементною.

Фарбувальну бітумну гідроізоляцію створюють способом нанесення двох – чотирьох шарів бітумних мастик, бітумних емульсій і бітумних паст. Товщина покриття 2–6 мм.

Міцність зчеплення бітумної гідроізоляції забезпечується тільки за умови, якщо вона досить глибоко проникла в пористу основу. Для запобігання оповзанню на вертикальних і близьких до них поверхнях потрібно армування між шарами ізоляції на кутах і гранях сіткою або тканиною.

Фарбувальна гідроізоляція фундаменту може виконуватися нанесенням гідроізоляційного матеріалу пензлем або напилюванням (рис. 7.35).

Рулонна гідроізоляція передбачає застосування гладкої або текстурованої геомембрани (рис. 7.36).

При влаштуванні рулонної гідроізоляції рулонні і плівкові матеріали (гідростеклоізол, гладкі геомембрани тощо) наклеюють на зовнішні поверхні фундаментів за допомогою спеціальної водостійкою мастики. Обклеєна гідроізоляція відрізняється хорошими показниками з водонепроникності, довговічності і стійкості до різних впливів.

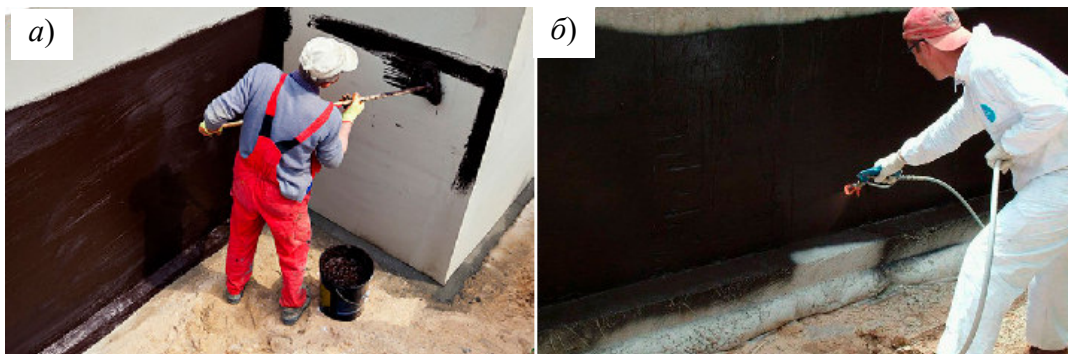


Рис. 7.35. Фарбувальна гідроізоляція фундаменту: а – пензлем; б – напилуванням (<https://cgip.com.ua/hidroizoliatsiia-fundamenta/>)

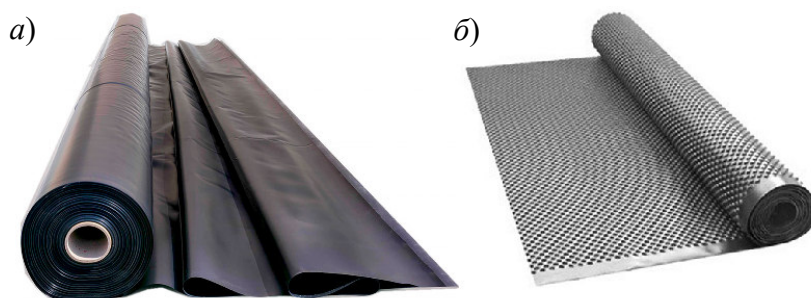


Рис. 7.36. Рулони гладкої (<https://agrotex.info/obladnannya/zberigannya-gnoyu/geomembrana-hdpe.html>) та текстурованої геомембрани (<https://www.maximuscentr.com.ua/product/heomembrana-shypopodibna-izoflex-1m>)

Найбільш часто для вертикальної рулонної гідроізоляції фундаментів застосовують текстуровані геомембрани. Текстуровані геомембрани виготовляють із поліетилену високої щільності і являють собою полотна товщиною 0,5–2,5 мм з округлими в перетині шипами висотою до 8–12 мм. Полотно геомембрани іноді армують шаром скловолокна, поліпропілену, поліестеру або геотекстилю.



До стін фундаменту геомембрани кріплять опуклим боком шипів з горизонтальними та вертикальними перекриттям полотен 20 см і фіксують за допомогою дюбелів зі спеціальною шайбою, що забезпечує герметичність гідроізоляції (рис. 7.37, 7.38, 7.39).

Рис. 7.37. Укладання геомембрани з перекриттям полотен (<https://stroydar.com.ua/ua/a166652-instruktsiya-montazhu-izolit.html>)



Рис. 7.38. Приклад кріплення текстурованої геомембрани до стіни фундаменту (<https://stroydar.com.ua/ua/a166652-instruktsiya-montazhu-izolit.html>)

Для з'єднання листів використовують клейові смуги або інші герметичні рішення.



Рис. 7.38. Виконання гідроізоляції фундаменту (<https://dspace.znu.edu.ua/jspui/bitstream/12345/3643/1/>)

7.3. Будівництво природоохоронних споруд захисту підземних і поверхневих вод від забруднення

Одним із важливих напрямків природоохоронного будівництва є реалізація заходів із захисту підземних і поверхневих вод від забруднення.

Основними джерелами, що спричиняють забруднення підземних і поверхневих вод є:

- потрапляння у відкриті водойми разом з поверхневими водами у вигляді завислих і розчинених речовин продуктів ерозії ґрунтів, добрив, залишків пестицидів та інших хімікатів;
- потрапляння у підземні води на зрошуваних землях разом з дренажними водами розчинених речовин;
- потрапляння у підземні води завислих та розчинених речовин із відстійників та каналізації;
- потрапляння у підземні води та відкриті водойми розчинених речовин із звалищ, сміттєзбірників і промислових об'єктів.

Інженерно-конструктивні рішення гідротехнічних споруд визначаються, як правило, місцевими умовами. Тому вибір типу гідротехнічної споруди залежить від її призначення, рельєфу місцевості, площі водозбору, виду ґрунтів та інших факторів.

Для захисту підземних і поверхневих вод від потрапляння води завислих та розчинених речовин із відстійників та каналізації, звалищ, сміттєзбірників і промислових об'єктів передбачаються наступні захисні заходи:

- розвиток безвідходних і безводних технологій;
- впровадження систем оборотного водопостачання;
- очищення стічних вод (промислових, комунально-побутових та ін.);
- закачування стічних вод у глибокі водоносні горизонти;
- очищення та знезараження поверхневих вод, що використовуються для водопостачання та інших цілей.

Велике значення в охороні підземних і поверхневих вод від забруднення набувають гідротехнічні заходи. Для захисту підземних вод від забруднення застосовують протифільтраційні пристрої. Протифільтраційні пристрої – це різного роду перешкоди на шляху руху фільтраційного потоку, виконані з матеріалів з незначним коефіцієнтом фільтрації і розташовані вертикально, похило або горизонтально. Протифільтраційні пристрої виконують з пластичних і жорстких матеріалів. В якості пластичних матеріалів застосовують глину, важкі суглинки, глинобетон, а жорсткими матеріалами можуть бути бетон, залізобетон, дерево, метал. Іноді пластичні і жорсткі матеріали поєднуються.

Основними протифільтраційними пристроями є завіси і екрани.

У вітчизняній практиці одним із поширених способів будівництва заглиблених споруд є влаштування протифільтраційних завіс методом «стіна в ґрунті». Протифільтраційні завіси, зведені способом «стіна в ґрунті», використовуються як бар'єр на шляху забруднених інфільтраційних вод (наприклад, з відстійників), а також для захисту територій і споруд від підтоплення. Влаштування завіси способом «стіна в ґрунті» може бути здійснено в усіх ґрунтах, в яких глинистий розчин забезпечує зберігання вертикальних стінок траншей.

Залежно від властивостей ґрунту і його вологості застосовують два види зведення стін – сухий і мокрий. Сухий спосіб, при якому не потрібен глинистий розчин, застосовується при зведенні стін у маловологісних стійких ґрунтах.

Пальові стіни можуть зводитися як сухим, так і мокрим способом, при цьому послідовно бурять й бетонують кожную палю.

Мокрим способом зводять стіни підземних споруд у водонасичених нестійких ґрунтах, які звичайно потребують закріплення стінок траншей від обвалення ґрунту в процесі його розробки й при укладанні бетонної суміші. При цьому способі стійкість стінок виїмок і траншей досягають заповненням їх глинистими суспензіями з тиксотропними властивостями. Тиксотропність – здатність розчину згущуватися у стані спокою й стримувати стінки траншей від обвалення, розріджуватися від коливальних впливів. Найкращими

тиксотропними властивостями володіють бентонітові глини, які на стінках траншеї утворюють практично водонепроникна плівку з глини товщиною 2–5 мм.

Роботи з влаштування траншей, як і виконання наступних робіт виконують послідовно за захватками. У разі близького розташування фундаментів існуючих споруд виконують окремими захватками, звичайно через одну, тобто перша, третя, друга, п'ята, четверта й т.д.

Довжину захватки бетонування призначають від 3 до 6 м, а іноді й більше, і встановлюють за наступними критеріями: умовами забезпечення стійкості траншеї; прийнятої інтенсивності бетонування; типу машин, якими розробляють траншею; конструкцією і призначенням «стіни в ґрунті».

Технологічний процес зведення споруджень способом «стіна в ґрунті» є комплексним процесом, що складається з ряду простих процесів: підготовка будівельного майданчика; влаштування форшахти по осі стіни; розробка траншеї під шаром глинистого розчину; установка в траншею арматурного каркасу й обмежувачів; укладання в траншею бетонної суміші (рис. 7.39).

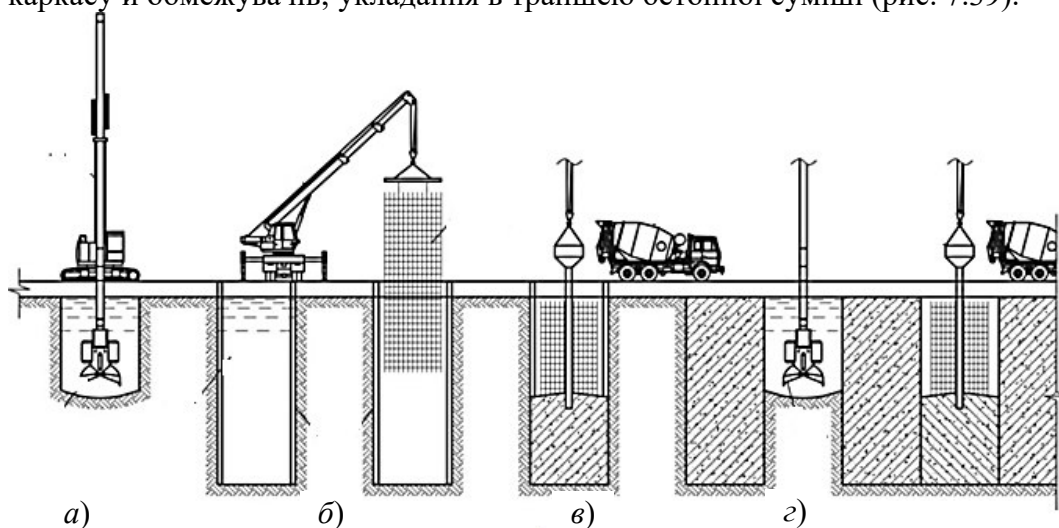


Рис. 7.39. Технологічна схема влаштування протифільтраційної завіси методом «стіна в ґрунті»: а – розробка траншеї; б – монтаж арматури; в – бетонування секції; г – розробка проміжної захватки траншеї (https://studref.com/390802/stroitelstvo/tehnologiya_stena_grunte)

Зведення протифільтраційної завіси способом «стіна в ґрунті» починається із влаштування по осі однокішневим екскаватором форшахти – траншеї шириною 0,3–1,0 м і глибиною 0,5 м, яка заповнюється тяжким глиняним розчином (рис. 7.40, 7.41).

Розробка ґрунту в траншеї здійснюється гідрогрейфером на телескопічній штанзі (рис. 7.41).

Арматурні каркаси повинні мати довжину, рівну глибині траншеї. Для забезпечення необхідного захисного шару слід ширину арматурних каркасів

приймати на 150–250 мм менше ширини траншеї. Арматурні каркаси подаються в траншею краном.

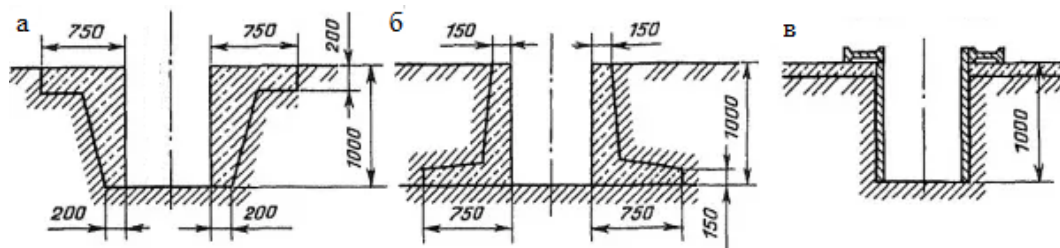


Рис. 7.40. Конструкції форшахти: *а, б* – із залізобетону; *в* – металевої (<https://yak.koshachek.com/articles/konstrukcii-forshahti.html>)



Рис. 7.41. Розробка ґрунту в траншеї гідроґрейфером: *а* – екскаватор-гідроґрейфер (<https://osnova-group.com.ua/uk/rishennya/tehnologii/stina-u-gru-nti>); *б* – розробка траншеї (<https://poradu.pp.ua/dim/45625-tehnologiya-virobnictva-robt-metodom-stna-v-grunt.html>)

Бетонування стін виконується методом вертикально переміщуваних труб при подачі литої бетонної суміші або напівжорсткої суміші з її одночасним ущільненням вібраторами, розташованими на нижньому кінці труби.

Перед бетонуванням дно траншеї на захватці очищують від шламу, а забруднений глиняний розчин змінюють свіжим. Після цього в траншею занурюють арматурні каркаси і діафрагми зі сталевих листів завтовшки 3 мм. Арматурні каркаси вивішуються на стінки форшахти за допомогою поперечних балок. Крізь отвір діафрагм пропускають кінці горизонтальних арматурних каркасів, що зварюють із випусками арматури сусідньої захватки. Потім у траншею опускають вертикально переміщувану трубу і бетонують стіну. Відповідно до рівня бетонування трубу піднімають краном і вкорочують

посекційно з тим, щоб нижній її кінець був заглиблений у раніше вкладену бетонну суміш не менше ніж на 1–2 м. Перерви в бетонуванні допускаються не більше ніж на 1,1–1,5 год. Витіснений з траншеї розчин у процесі бетонування відводиться по лотку в розроблювану захватку або запасну ємкість. Вкладання бетонної суміші слід припиняти після появи на рівні устя траншеї чистої бетонної суміші.

Важливим показником роботи зрошувальної системи є втрати води. Як правило найбільші втрати відбуваються в результаті фільтрації.

Для зменшення фільтраційних втрат води із каналів застосовують протифільтраційні екрани з геомембрани (поліетилен високої щільності) (рис. 7.42, а) або бентонітові мати Bentomat (рис. 7.42, б).

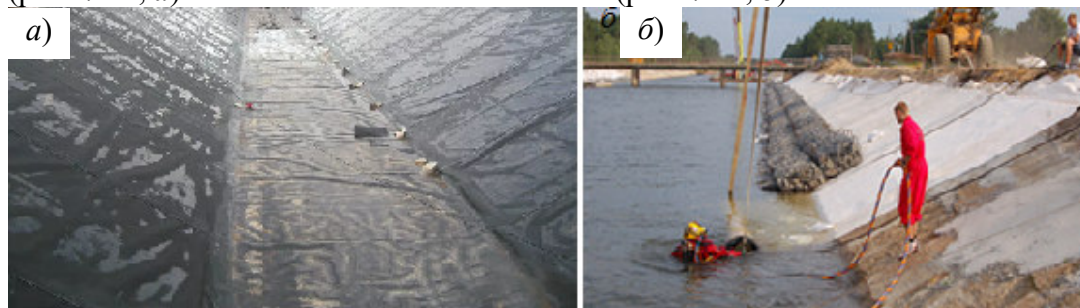


Рис. 7.42. Влаштування протифільтраційного екрана на каналі із використанням: а – геомембрани (<https://agrotel.eu/en/produkt/slurry-lagoon/>); б – бентонітового мата (<https://psm.co.ua/produkcija/bentonitovi-mati-bentomat-actimat-resistex/>)

Геомембрана виготовляється із поліетилену високої щільності за екструзивною технологією. Поверхня геомембрани може бути гладкою або текстурованою. Матеріал стійкий до дії хімічних речовин, кислот і солей, має високу міцність і довготривалу експлуатацію.

Стандартні параметри полотен геомембрани наведено в таблиці 7.2.

Таблиця 7.2

Стандартні параметри полотен геомембрани

Товщина геомембрани	мм	0,6	0,75	1,0	1,5	2,0	2,5
Ширина рулону	м	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0
Довжина рулону	м	100	100	100	100	100	100
Площа рулону	м ²	800	800	800	800	800	800
Маса рулону (брутто)	кг	455	570	755	1132	1510	1885

Перевагою використання широких полотен є менша кількість зварних швів, які являються найбільш чутливим місцем всього покриття.

Перевезення матеріалу здійснюється автомобільним транспортом, вантаження необхідно виконувати вантажопідйомним краном або автонавантажувачем.

Для укладання геомембрани необхідно підготувати поверхню ложа

каналу, вона має бути рівною, гладкою, очищеною від рослинності, каміння і сміття. Вздовж брівки укосів викопується анкерна траншея (50х50 см) для подальшої фіксації в ній випусків геомембрани за допомогою засипки (рис. 7.43).



Рис. 7.43. Анкерна траншея для закріплення геомембрани (<https://hydrozahist.com.ua/ru/uslugi/montazh-geomembran/>; <https://excavator.org.ua/ua/gidrotehniche-raboty/stroitelstvo-lagun.html>)

Розробка траншеї глибиною 0,5–0,8 м і шириною 0,5–0,8 м залежно від висоти укосу здійснюється одноковшевим екскаватором з вкладанням ґрунту в тимчасовий відвал з подальшим використанням його для засипання траншеї.

Полотна геомембрани укладаються з напуском 15 см, а випуски геомембрани закріплюються в пазах анкерної траншеї за допомогою ґрунтово-піщаної засипки. Геомембрану у місцях напусків полотен скріплюють шляхом формування зварних швів, використовуючи технології термічного зварювання (рис. 7.44).

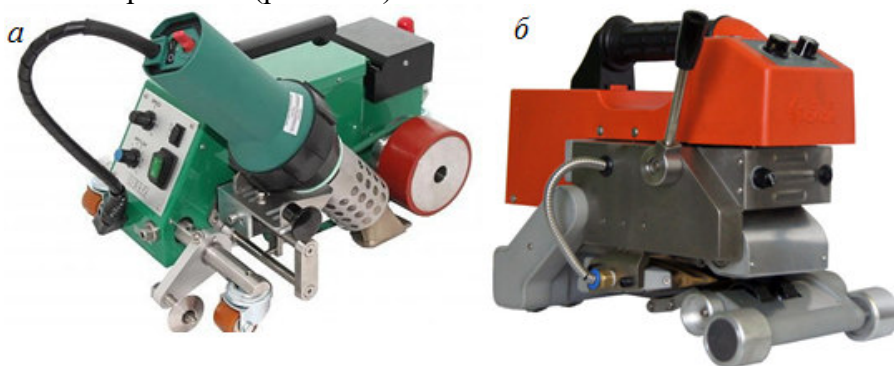


Рис. 7.44. Апарати для зварювання геомембрани: а – гарячим повітрям; б – клином (<https://svartech.com.ua/ua/p1231888015-avtomaticheskij-svarochnyj-avtomat.html>)

Скріплення полотен геомембрани здійснюється методом зварювання поліетилену двох видів: контактним плавленням і екструзивним зварюванням. Контактне зварювання плавленням здійснюється шляхом розміщення полотен з напуском, їх фіксації за допомогою роликів і нагрівання до температури

плавлення, що забезпечує надійне скріплення полотен геомембрани. При екструзивному способі до місця зварювання апаратом подається під тиском розплавлений полімерний дріт, який нагріває поверхню геомембрани і надійно скріплює полотна. Геомембрану також можна склеїти двосторонніми клеючими бутиловими або бутилкаучуковими стрічками.

Укладена геомембрана повинна бути захищена від пошкодження захисним шаром, товщина якого має складати 0,10–0,80 м залежно від призначення об'єкта будівництва і його подальшої експлуатації. Захисним шаром може бути дрібнозернистий ґрунт без кам'яних включень або бетонна стяжка.

Захисний шар із дрібнозернистого ґрунту може вкладатися бульдозером за човниковою схемою з переміщенням ґрунту при робочому ході бульдозера. Рух машин і транспортних засобів безпосередньо по поверхні геомембрани не допускається.

При вкладанні геомембрани в анкерну траншею її краї мають закрити все дно виїмки.

Засипання траншеї здійснюється екскаватором шарами, товщина яких залежить від ущільнюючої спроможності ущільнюючого засобу. Ущільнення ґрунту в анкерній траншеї здійснюється ручними майданчиковими вібраторами.

Також вискоєфективним і надійним гідроізоляційним матеріалом є бентонітовий килим, який складається з трьох компонентів: ткане полотно, шар бентонітового грануляту і поліпропіленовий нетканий матеріал (рис. 7.45).

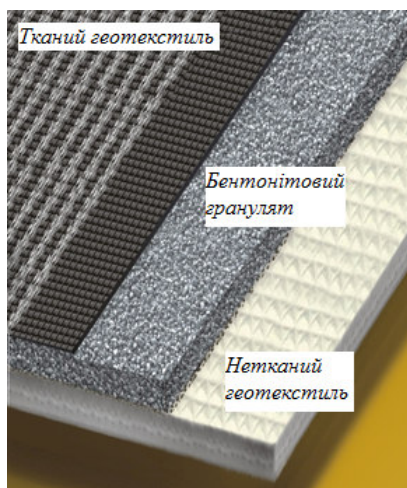
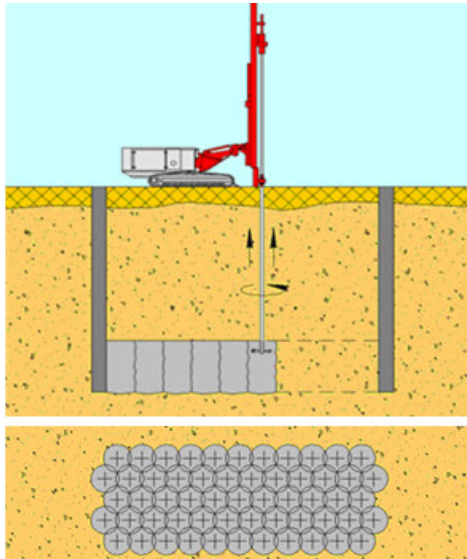


Рис. 7.45. Структура бентонітового килиму (<http://hydrolock.kz/produksya>)

Основним діючим компонентом бентонітових матів є натрієвий бентоніт. Саме на властивостях натрієвого бентоніту і заснований принцип дії бентонітових матів. При контакті з водою натрієвий бентоніт моментально гідратується. При цьому вода проникає в міжшаровий простір, викликаючи істотне набухання матеріалу. Найбільш якісні різновиди натрієвого бентоніту здатні збільшуватися в розмірах до 20–25 разів. При цьому він перетворюється у відмінний гідроізоляційний матеріал, що володіє практично повною водонепроникністю.

Екран із гідроізоляційного бентонітового килиму еквівалентний шару глини товщиною 1 м. Крім того, на відміну від глини або інших застосовуваних матеріалів бентонітовий килим може укладатися в будь-яку пору року і практично в будь-яких погодних умовах.

Для влаштування протифільтраційних екранів може успішно застосовуватися спосіб цементації ґрунтів. Цементация полягає в нагнітанні в свердловини цементного або цементно-глиняного розчину різної консистенції



залежно від розмірів тріщин в скельних породах або шпарин в пухких ґрунтах, швидкості фільтраційного потоку та хімічного складу ґрунтової води.

Одним із сучасних способів влаштування протифільтраційного екрана є струминна цементация ґрунтів. Спосіб струминної цементации полягає у використанні високої кінетичної енергії струменя цементного розчину (тиск > 400 атм.), направленої на розпушування та перемішування ґрунту в масиві і таким чином отримання ґрунтобетону (рис. 7.46).

Рис. 7.46. Влаштування протифільтраційного екрана струминною цементацией ґрунтів (https://www.facebook.com/kuryapark/?locale=it_IT)

За кількістю складових струминна цементация може бути одно-, двох- і трьохкомпонентною (рис. 7.47).

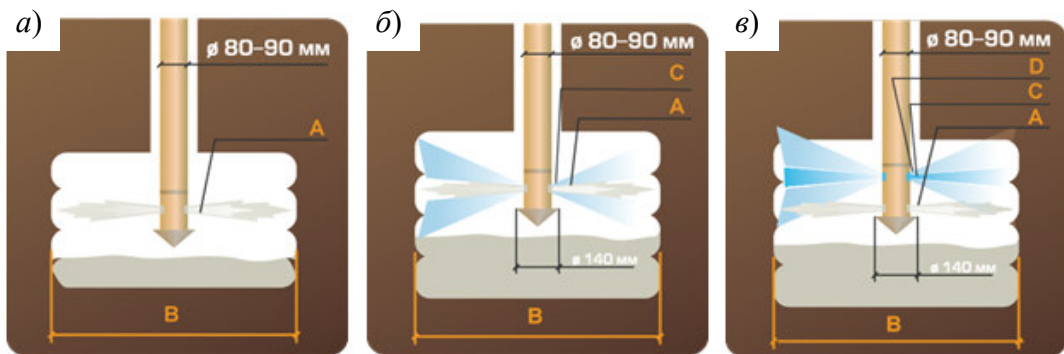


Рис. 7.47. Схема струминної цементации: *а* – однокомпонентна; *б* – двохкомпонентна; *в* – трьохкомпонентна; А – цементний розчин; В – ширина смуги ґрунтобетону; С – струмінь повітря; D – струмінь води

При однокомпонентній струминній цементации для розпушування ґрунту і змішування його з цементним розчином застосовується один струмінь під тиском 450–500 атм. Ширина смуги ґрунтобетону складає 0,6–0,8 м (рис. 7.47, *а*).

При двокомпонентній струминній цементації для розпушування ґрунту і змішування його з цементним розчином застосовується два струмені: струмінь повітря під тиском 7–12 атм і струмінь цементного розчину під тиском 450–500 атм. Ширина смуги ґрунтобетону складає 0,8–1,8 м (рис. 7.47, б).

Трьохкомпонентна струминна цементация для розпушування ґрунту і змішування його з цементним розчином передбачає застосування трьох струменів: розпушення ґрунту здійснюється водяним струменем під тиском 200 атм і струменем повітря під тиском 7–12 атм, а змішування ґрунту з цементним розчином здійснюється окремим струменем розчину під тиском 80–90 атм із того ж монітора. Ширина смуги ґрунтобетону складає 1,8–2,5 м (рис. 7.47, в).

Комплект технологічного обладнання, необхідний для виконання струминної цементації при застосування однокомпонентного методу, включає: бурову установку, розчинну помпу високого тиску, міксерну станцію, силос для зберігання цементу. Для застосування двохкомпонентного методу додатково необхідно компресор, а для трьохкомпонентного методу – компресор і другу помпу для нагнітання цементу під тиском до 50–60 атм.

Противільтраційна завіса – вертикальна або похила водонепроникна чи мало проникна для фільтраційного потоку води перепона, що влаштовується в ґрунті основи підпірної гідротехнічної споруди фізико-хімічними або спеціальними будівельними способами.

Фізико-хімічні способи влаштування противільтраційної завіси полягають в нагнітанні в ґрунт через пробурені свердловини різних заповнювачів. В пухких, незв'язних ґрунтах для влаштування противільтраційної завіси застосовують цементацію, глинизацію, силікатизацію і бітумізацію. Глибина свердловин визначається глибиною залягання водотривкого шару і зазвичай становить від 10 до 50 м, а в окремих випадках досягає 100 і більше метрів.

Цементний розчин нагнітається під тиском спочатку декількох атмосфер із зростанням його до 100 атмосфер. Відстань між свердловинами противільтраційної завіси встановлюється на основі дослідних робіт і зазвичай коливається в межах від 0,4 м до 5,0 м.

Для влаштування противільтраційних завіс можна успішно застосувати струминну цементацію. Технологія влаштування противільтраційної завіси струминною цементацією ґрунтів аналогічна технології влаштування противільтраційного екрану. При влаштуванні противільтраційного екрану формується підземний горизонтальний ґрунтобетонний майданчик, а при влаштуванні противільтраційної завіси створюється ґрунтобетонна стінка (рис. 7.48).

Для влаштування противільтраційних завіс метод силікатизації застосовується в піщаних ґрунтах з коефіцієнтом фільтрації від 2 до 80 м за добу. В свердловини нагнітають по чергові розчини рідкого скла і хлористого кальцію. Відстань між свердловинами приймається від 0,5 до 1,8 м.

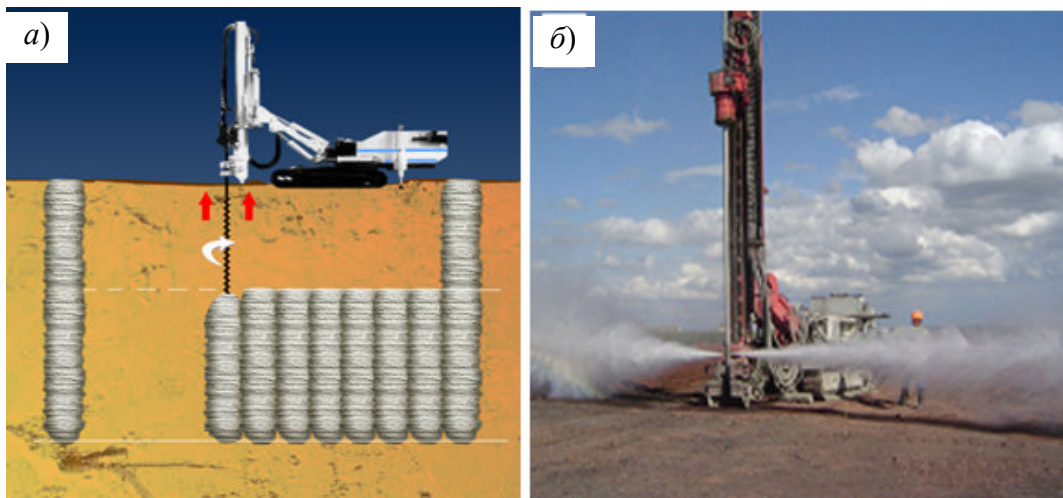


Рис. 7.48. Влаштування протифільтраційної завіси струминною цементацією ґрунтів: *а* – схема влаштування завіси (https://www.facebook.com/kuryapark/?locale=it_IT); *б* – установка для струминної цементації ґрунтів (<http://www.ndpi.kiev.ua/pages/1993>)

При гарячій бітумізації у свердловини нагнітають нагрітий до 150°C бітум або розплавлений асфальт. Цей спосіб застосовується при влаштуванні протифільтраційної завіси в тріщинуватих скельних породах, значних швидкостях і агресивності ґрунтових вод. Відстань між свердловинами приймається від 0,8 м до 4,0 м залежно від розмірів тріщини. Холодна бітумізація, що застосовується для влаштування протифільтраційної завіси в пухких ґрунтах, полягає в нагнітанні в свердловину бітумної емульсії вигляді замулених у воді частинок бітуму.

Глинизація найбільш ефективна при агресивності фільтраційного потоку і значній тріщинуватості скельних порід, переважно в піщаниках і вапняках, а також алювіальних ґрунтах. Заповнювачем служить розчин із тонкодисперсних глин або суміші глини з цементом (склад в % за об'ємом: цемент 4–8, глина 20–18, вода 76–74). Свердловини розміщуються в 2–3 ряди (часом до 10 і більше) на відстані 4–5 м. Розчин нагнітається під тиском до 50–70 атм. Для покращання ін'єкційних властивостей розчинів і збільшення далькості проникнення в ґрунт до цементно-глинистих сумішей додають хімічні реагенти або обробляють розчини механічним диспергуванням в швидкісних розчино змішувачах.

Глинизація має велику перевагу перед іншими способами влаштування протифільтраційної завіси внаслідок незначної витрати цементу, простоти виконання і відносно низької вартості робіт.

Питання для самоконтролю

1. Які інженерні заходи застосовують для захисту території від затоплення?
2. Які види ґрунтових дамб застосовують при обвалуванні затоплюваних територій?
3. Які технологічні процеси виконуються при влаштуванні якісного насипу дамби?
4. За якими схемами здійснюється намів ґрунту в тіло дамби?
5. Що представляє собою захисна дамба із геотубів?
6. Яким інженерним заходом збільшується пропускна спроможність річки для безпечного пропуску паводка?
7. Які запобіжні заходи і споруди застосовуються для захисту від підтоплення?
8. Як класифікуються типи антропогенного підтоплення?
9. Які виділяють системи інженерного захисту від підтоплення?
10. Які види дренажів застосовують в локальній системі захисту від підтоплення?
11. Які технологічні процеси виконуються при будівництві трубчатого дренажу?
12. Які види гідроізоляцій застосовуються для захисту фундаментів споруд?
13. Які матеріали використовуються при гідроізоляції фундаментів?
14. Які основні джерела забруднення підземних вод?
15. Які протифільтраційні заходи використовують для захисту підземних вод від забруднення?
16. В чому полягає спосіб «стіна в ґрунті» при влаштуванні протифільтраційних завіс?
17. Якими способами влаштовуються протифільтраційні екрани і завіси?

Використані джерела

1. Ольховик О. І., Білецький А. А. Технологія будівництва гідротехнічних, водогосподарських та природоохоронних споруд : навч. посіб. Рівне : НУВГП, 2019. URL: <https://ep3.nuwm.edu.ua/15100/> (дата звернення: 08.10.2024).
2. Ткачук М. М., Білецький А. А., Ткачук Р. М. Організація і технологія гідротехнічного будівництва. Практикум : навч. посіб. Рівне : НУВГП, 2022. URL: <https://ep3.nuwm.edu.ua/22848/> (дата звернення: 09.10.2024).
3. Ольховик О. І., Ольховик Є. О. Організація і технологія водогосподарського будівництва : навч. посіб. Рівне : НУВГП, 2012. URL: <https://ep3.nuwm.edu.ua/1812/> (дата звернення: 02.10.2024).
4. Будз О. П. Гідрологія : навч. посіб. Рівне : НУВГП, 2008. URL: <https://ep3.nuwm.edu.ua/1842/> (дата звернення: 08.10.2024).
5. Клименко В. Г. Загальна гідрологія : навч. посіб. Харків : ХНУ ім. В. Н. Каразіна, 2008. URL: <https://ekhnuir.karazin.ua/server/api/core/bitstreams/a70e9d34-92b1-4f1f-a0bc-ce2f84fe217b/content> (дата звернення: 08.10.2024).
6. Повернення до життя: навіщо відновлювати річки і чи це взагалі можливо? URL: <https://wwf.ua/?13482391/Returning-to-life-why-restore-rivers-and-is-it-even-possible> (дата звернення: 08.10.2024).
7. Relong Technology. URL: <https://www.amphibianexcavator.com/products> (дата звернення: 09.10.2024).
8. Amphibious Equipment at Wilson Marsh Equipment. Wilson Marsh Equipment. URL: <https://www.wilsonmarshequipment.com/> (дата звернення: 10.10.2024).
9. Land & Water Plant Hire. Land and Water. URL: <https://www.land-water.co.uk/plant-hire/> (дата звернення: 10.10.2024).
10. Course: Geography SSE, Topic: UNIT 8: GLOBAL DRAINAGE SYSTEMS. URL: <https://elearning.reb.rw/course/view.php?id=1078§ion=8> (дата звернення: 10.10.2024).
11. Meander cutoff. Wikipedia. 23 червня 2024. URL: https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Meander_cutoff&oldid=1230543630 (дата звернення: 10.10.2024).
12. ДБН А.2.2-1:2021. Склад і зміст матеріалів оцінки впливів на навколишнє середовище (ОВНС). URL: https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3074091730048386648 (дата звернення: 10.10.2024).
13. Про оцінку впливу на довкілля. Офіційний вебпортал парламенту України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/2059-19> (дата звернення: 10.10.2024).
14. Dakota Matting – Matting & Ground Protection Solutions. URL: <https://dakotamats.com/> (дата звернення: 11.10.2024).
15. Anthony Composites – The Manufacturer of Emtex Mats. URL: <https://www.anthonycposites.com/> (дата звернення: 12.10.2024).

16. North American Matting Association. URL: <https://nama-assoc.org/> (дата звернення: 12.10.2024).
17. MeriPeat. URL: <https://www.meripeat.com/en/products/bog-clearing> (дата звернення: 14.10.2024).
18. Fissore – Macchine agricole e da neve a Cavallermaggiore. MvItalia. URL: <https://www.fissore.it/index.aspx> (дата звернення: 17.11.2024).
19. Клімов С. В., Klimov S. Застосування дренажних плугів для будівництва дренажу на осушуваних землях. *Гідротехніка. Hydraul. Eng.* 2014. Вип. 1. С. 126–132.
20. ArmAll GeoCell в Україні – Mizol. URL: <https://mizol.ua/ua/armall-geocell> (дата звернення: 17.11.2024).
21. Основи гідромеліорацій : навч. посіб. / за ред. проф. А. М. Рокочинського. Рівне : НУВГП, 2012. 264 с.
22. Колодязі каналізаційні ‘PIPELIFE’ – BALTIKA PLUS. URL: <https://pn20.com.ua/ua/products/kolodtsy-kanalizatsionnye-i-drenazhnye/> (дата звернення: 27.11.2024).
23. Клімов С. В. Сучасні технології будівництва горизонтального трубчастого дренажу вузькотраншейним способом. *Вісник Національного ун-ту водного господарства та природокористування. Технічні науки*. Рівне, 2010. Вип. 3(51). С. 35–42. URL: http://www.nbuu.gov.ua/old_jrn/Chem_Biol/Vnuvvp/tekhn/2010_3/vt51_5.pdf (дата звернення: 03.10.2024).
24. Mastenbroek Limited. URL: <https://www.mastenbroek.com/> (дата звернення: 02.10.2024).
25. Home | Mastenbroek Limited. URL: <http://www.mastenbroek.com/> (дата звернення: 11.01.2017).
26. Клімов С. В., Бугайчук А. П. Використання сучасних засобів позиціонування фірми Trimble на основі технології GPS при будівництві горизонтального трубчастого дренажу. *Вісник Національного ун-ту водного господарства та природокористування. Технічні науки*. Рівне, 2014. Вип. 4(68). С. 43–48.
27. Клімов С. В. Сучасні технології будівництва горизонтального трубчастого дренажу безтраншейним способом. *Вісник Національного ун-ту водного господарства та природокористування. Технічні науки*. Рівне, 2011. Вип. 2(54). С. 56–64.
28. BRON. Products. THE POWER TO PERFORM. URL: http://www.bronrwf.com/en/products_b?p=1 (дата звернення: 11.01.2017).
29. Inter-Drain. Land Drainage Plows. URL: <http://www.interdrain.com/index.php/products/ploughs> (дата звернення: 05.02.2018).
30. US EPA. Agriculture. URL: <https://www.epa.gov/agriculture> (дата звернення: 11.01.2017).
31. Gold Digger | Install Drainage Tile – Agricultural Drainage Plows | Soil-Max. URL: <http://soilmax.com/products/gold-digger/> (дата звернення: 11.01.2017).

32. Liebrecht. Tile Plow. Liebrecht Manufacturing. URL: <http://farmdrainage.com/tile-plow/> (дата звернення: 11.01.2017).
33. Crary Tile Pro – Crary Tile Pro – Tile Plows. URL: <http://crarytilepro.com/> (дата звернення: 11.01.2017).
34. Paul's Machine & Tool, Inc. Seasonal Cranberry Equipment. URL: <http://www.cranberrymachinery.com/seasonal.html> (дата звернення: 11.01.2017).
35. Intellislope – Ag Leader. URL: <https://www.agleader.com/intellislope/> (дата звернення: 30.12.2024).
36. Звіт на тему №54-8 «Удосконалення шнекороторного екскаватора ЕТР-206». Рівне : УІІБГ, 1981.
37. IEC 60825-1:2007. Safety of laser products - Part 1: Equipment classification, requirements and user's guide. URL: <https://webstore.iec.ch/publication/17996> (дата звернення: 11.01.2017).
38. ГОСТ Р МЭК 60825-1-2009. Безопасность лазерной аппаратуры. Ч. 1. Классификация оборудования, требования и руководство для потребителей. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200079993> (дата звернення: 11.01.2017).
39. GPS Grade Control Products - Richland Micro Drainage. URL: <https://www.richlandmicrodrainage.com/grade-control-products> (дата звернення: 30.12.2024).
40. Wang H., Liu C., Zhang L. Water-saving agriculture in China: An overview. *Advances in Agronomy*. 2002. Vol. 75. P. 135–171. DOI: 10.1016/S0065-2113(02)75004-9.
41. Upadhyaya A., Chauhan H. S. Water table fluctuations due to canal seepage and time varying recharge. *Journal of Hydrology*. 2001. Vol. 244, No. 1. P. 1–8. DOI: 10.1016/S0022-1694(00)00328-0.
42. Meijer K., Boelee E., Augustijn D., van der Molen I. Impacts of concrete lining of irrigation canals on availability of water for domestic use in southern Sri Lanka. *Agricultural Water Management*. 2006. Vol. 83, No. 3. P. 243–251. DOI: 10.1016/j.agwat.2005.12.007.
43. Singh A. Waterlogging and Salinity Management for Sustainable Irrigated Agriculture. II: Engineering Measures and Biodrainage. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*. 2017. Vol. 143, No. 9. Article 04017036. DOI: 10.1061/(ASCE)IR.1943-4774.0001227.
44. Han X., et al. An Experimental Study on Concrete and Geomembrane Lining Effects on Canal Seepage in Arid Agricultural Areas. *Water*. 2020. Vol. 12, No. 9. Article 9343. DOI: 10.3390/w12092343.
45. Клімов С. В. Локалізація впливу осушувальних систем застосуванням дренажно-сканних модулів. URL: <http://ep3.nuwm.edu.ua/9218/> (дата звернення: 03.02.2019).
46. Moghazi H. E. M., Ismail E.-S. A study of losses from field channels under arid region conditions. *Irrigation Science*. 1997. Vol. 17, No. 3. P. 105–110. DOI: 10.1007/s002710050028.

47. Soomro A., Qureshi A. L., Memon N. A., Abro Z. U. Efficacy of Watercourse Lining in Sindh — A Review Study in Relation with Kohistan Region. *Agricultural Sciences*. 2018. Vol. 9, No. 9. Article 85. DOI: 10.4236/as.2018.99085.
48. Snell M. Lining old irrigation canals: thoughts and trials. *Irrigation and Drainage*. 2001. Vol. 50, No. 2. P. 139–157. DOI: 10.1002/ird.13.
49. Zhang Q., Chai J., Xu Z., Qin Y. Investigation of Irrigation Canal Seepage Losses through Use of Four Different Methods in Hetao Irrigation District, China. *Journal of Hydrologic Engineering*. 2017. Vol. 22, No. 3. Article 05016035. DOI: 10.1061/(ASCE)HE.1943-5584.0001470.
50. Degife E., Alamirew T. Estimation of Seepage Loss in Irrigation Canals of Tendaho Sugar Estate, Ethiopia. *Irrigation & Drainage Systems Engineering*. 2018. Vol. 7. DOI: 10.4172/2168-9768.1000220.
51. Akkuzu E., Ünal H., Karataş B. Determination of Water Conveyance Loss in the Menemen Open Canal Irrigation Network. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*. 2007. Vol. 31, No. 1. P. 11–22.
52. ELKON | MOBILE MASTER-60 Mobile Concrete Batching Plant. URL: <https://www.elkon.net/products/concrete-batching-plants/mobile-concrete-batching-plants/mobile-master-60/> (дата звернення: 05.01.2025).
53. Ready Mix Concrete Batching Plants – МЕКА. URL: <https://www.mekaglobal.com/en/products/concrete-plants> (дата звернення: 05.01.2025).
54. ДБН В.2.4-1-99. Меліоративні системи та споруди. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/klassifikator-minregionstroya/v_tekhnichnii_nor_224/v_2.ob%E2%80%99yekty_budiiv_225/v_2.4.hiidrotekhnii_233/V.2.4-1-99+4714-detail.html (дата звернення: 08.01.2018).
55. Ткачук М. М., Клімов С. В., Klimov S., Біндюк М. І. Технологія будівництва екранно-дренажних модулів. *Вісник РДТУ : зб. наук. пр. Рівне*, 2000. Вип. 2(4). С. 76–81.
56. БН А.3.1-2.4-01-99. Управління науково-технічного прогресу. Напірні трубопроводи зрошувальних систем і систем водопостачання. Організація і технологія будівництва. URL: <https://ep3.nuwm.edu.ua/2618/> (дата звернення: 07.01.2025).
57. Connors M. A Crash Course on Pipeline Support in Rocky Trenches. PipeSak Incorporated. URL: <https://www.linkedin.com/pulse/crash-course-pipeline-support-rocky-trenches-meghan-connors/> (дата звернення: 09.01.2025).
58. Read J. The Advantage of Foam Trench Breakers to Propel Your Pipeline Sustainability. URL: <https://fsi.co/foam-trench-breakers-sustainable-pipeline-installations/> (дата звернення: 09.01.2025).
59. Азбестоцементні труби безнапірні, Київбуд. URL: <https://kievstroy.org.ua/trubi-azbestotsementni/trubu-asbestotsementni-beznapirni/> (дата звернення: 18.09.2024).
60. Муфти п/е Імпекс-Груп. URL: <https://331.com.ua/ua/truby/mufta-p-e-d-100> (дата звернення: 18.09.2024).

61. Гофрована дренажна труба PipeLife SN8 Ø110. Flagma.ua. URL: <https://flagma.ua/uk/hofrovana-drenazhna-truba-pipelife-sn8-110-6m-360hr-o15234708.html> (дата звернення: 30.09.2024).
62. Двошарові гофровані труби. Трубна компанія «Фаворит». URL: <https://trubu.com.ua/ua/dvuhslojnie-gofrirovannie-trubi> (дата звернення: 30.09.2024).
63. Труби E2-D – гофровані труби для дренажу. Ельпласт. URL: <https://elplast.com.ua/virobnitstvo/dvosharovi-gofrovani-trubi-e2/truby-e2-d-gofrovani-truby-dlya-system-drenazhu/> (дата звернення: 01.10.2024).
64. ДСТУ Б В.2.5-32:2007. Інженерне обладнання будинків і споруд. Зовнішні мережі та споруди. Технічні умови. Київ, 2008. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=40207 (дата звернення: 01.10.2024).
65. КОРСИС ПЛЮС – труба для безнапірної і зливової каналізації великого діаметру. ТД Євротрубпласт. URL: <https://etp.com.ua/ua/non-low-pressure-pipes-1200-4000> (дата звернення: 02.10.2024).
66. Inter-Drain 3035T Trenching Machine / India. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=rAex8e2PKFk> (дата звернення: 02.10.2024).
67. RWFBron. Official YouTube channel. URL: <https://www.youtube.com/@RWFBron> (дата звернення: 07.10.2024).
68. Bron-RWF. Official site. URL: <https://www.bronrwf.com/> (дата звернення: 07.10.2024).
69. Мовчан С. І., Мовчан С. И., Movchan S., Болтянська Н. І., Болтянская Н. И., Boltianska N. Вода і водні ресурси в технологічних процесах підприємств АПК : навч. посіб. Люкс, 2019. URL: <http://elar.tsatu.edu.ua/handle/123456789/6126> (дата звернення: 30.03.2025).

Навчальне видання

*Білецький Анатолій Альфонсович
Клімов Сергій Васильович*

ОРГАНІЗАЦІЯ І ТЕХНОЛОГІЯ ГІДРОТЕХНІЧНОГО БУДІВНИЦТВА

Навчальний посібник

Технічний редактор Галина Сімчук

*Видавець і виготовлювач
Національний університет
водного господарства та природокористування
вул. Соборна, 11, м. Рівне, 33028.*

*Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до
державного реєстру видавців, виготівників і розповсюджувачів
видавничої продукції РВ № 31 від 26.04.2005 р.*