



ГАЛУЗЕВІ БУДІВЕЛЬНІ НОРМИ УКРАЇНИ

МОСТИ ТА ТРУБИ
ГОФРОВАНІ КОНСТРУКЦІЇ НА АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРОГАХ
Проектування

ГБН В.2.3-37641918-560:201X

Київ
Міністерство інфраструктури України
201X

ПЕРЕДМОВА

- 1 РОЗРОБЛЕНО: Державне підприємство «Державний дорожній науково-дослідний інститут імені М.П.Шульгіна» (ДП «ДерждорНД»)
- РОЗРОБНИКИ: І. Бабяк, канд. техн. наук (керівник розробки);
П. Коваль, канд. техн. наук.
- 2 ВНЕСЕНО: Державне агентство автомобільних доріг України
- 3 ПОГОДЖЕНО: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, лист від « » 2018 №

Державне агентство автомобільних доріг України (Укравтодор), лист від « » 2018 №
- 4 ЗАТВЕРДЖЕНО: Наказ Міністерства інфраструктури України від « » 201 №
- НАБРАННЯ ЧИННОСТІ: з « » 201
- 5 НА ЗАМІНУ: ВБН В.2.3-218-198:2007 у частині проектування споруд із металевих гофрованих конструкцій на автомобільних дорогах загального користування; СОУ 45.2-00018112 - 045 :2010 у частині проектування споруд з пластикових труб на автомобільних дорогах загального користування

ЗМІСТ

| | С. |
|------|----|
| 1 | 1 |
| 2 | 1 |
| 3 | 4 |
| 3.1 | 4 |
| 3.2 | 5 |
| 4 | 7 |
| 5 | 10 |
| 6 | 13 |
| 6.1 | 13 |
| 6.2 | 17 |
| 7 | 18 |
| 7.1 | 18 |
| 7.2 | 20 |
| 7.3 | 21 |
| 7.4 | 22 |
| 7.5 | 23 |
| 7.6 | 24 |
| 8 | 25 |
| 8.1 | 25 |
| 8.2 | 33 |
| 8.3 | 34 |
| 9 | 37 |
| 10 | 38 |
| 10.1 | 38 |
| 10.2 | 41 |

| | | |
|------|--|----|
| 10.3 | Визначення пропускної здатності | 45 |
| 10.4 | Розрахунок нижнього б'єфу | 46 |
| 11 | Розрахунки за міцністю і стійкістю конструкції пластикової труби | 47 |
| 11.1 | Загальні положення розрахунку | 47 |
| 11.2 | Матеріали | 48 |
| 11.3 | Навантаження і впливи | 49 |
| 11.4 | Міцність пластикових дорожніх труб | 51 |
| 11.5 | Деформації пластикових дорожніх труб | 52 |
| 11.6 | Конструктивні вимоги | 54 |
| 12 | Вимоги до ґрунтів в зоні пластикової труби | 54 |
| | Додаток А (довідковий) Гідравлічні характеристики типових круглих пластикових труб | 55 |
| | Додаток Б (довідковий) Бібліографія | 57 |

ГАЛУЗЕВІ БУДІВЕЛЬНІ НОРМИ УКРАЇНИ

МОСТИ ТА ТРУБИ ГОФРОВАНІ КОНСТРУКЦІЇ НА АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРОГАХ ПРОЕКТУВАННЯ

**Мосты и трубы.
Гофрированные конструкции на автомобильных дорогах.
Проектирование**

**Bridges and pipes
Corrugated structures on automotive roads
Designing**

Чинні від 20XX

1 СФЕРА ЗАСТОСУВАННЯ

Ці норми поширюються на проектування споруд із металевих гофрованих елементів або металевих гофрованих конструкцій (далі МГК) з отвором до 25 м під насипом автомобільних доріг для перепуску водотоків, лавинозахисних галерей, автодорожніх та пішохідних тунелів, скотопрогонів, біопереходів на автомобільних дорогах та вулицях населення пунктів.

Ці норми поширюються на проектування труб з отвором від 0,5 м до 2,5 м і допоміжних водовідвідних споруд із синтетичних матеріалів під насипом автомобільних доріг для перепуску водотоків на автомобільних дорогах загального користування.

2 НОРМАТИВНІ ПОСИЛАННЯ

У цих нормах є посилання на такі документи:

ДБН В.1.2-15:2009 Мости та труби. Навантаження і впливи

ДБН В.2.1-10-2009 Основи та фундаменти. Основні положення проектування

ДБН В.2.3-4:2015 Автомобільні дороги. Частина І. Проектування. Частина ІІ. Будівництво

ДБН В.2.3-14-2006 Мости та труби. Правила проектування

ДБН В.2.3-22:2009 Мости та труби. Основні вимоги проектування

СНиП 2.03.11-85. Защита строительных конструкций от коррозии (Захист будівельних конструкцій від корозії)

ДСТУ 2093-92 Смоли епоксидно-діанові неотверджені. Технічні умови

ДСТУ 2651:2005 (ГОСТ 380-2005) Сталь вуглецева звичайної якості. Марки

ДСТУ 4148-2003 Бітуми нафтові будівельні. Технічні умови

ДСТУ 4484:2005/ГОСТ 535-2005 Прокат сортовий і фасонний із сталі вуглецевої звичайної якості. Загальні технічні умови

ДСТУ ISO 898-1:2015 (ISO 898-1:2013, IDT) Механічні властивості кріпильних виробів із вуглецевої сталі й легованої сталі. Частина 1. Болти, гвинти та шпильки. Механічні властивості та методи випробування

ДСТУ ISO 898-2:2015 (ISO 898-2:2012, IDT) Механічні властивості кріпильних виробів із вуглецевої сталі й легованої сталі. Частина 2. Гайки установленного класу міцності. Механічні властивості та методи випробування

ДСТУ-Н Б В.2.3-32:2016 Настанова з улаштування земляного полотна автомобільних доріг

ДСТУ Б А.2.4-4:2009 Система проектної документації для будівництва. Основні вимоги до проектної та робочої документації

ДСТУ Б В.2.1-2-96 (ГОСТ 25100-95) Основи та підвали будинків і споруд. Ґрунти. Класифікація

ДСТУ Б В.2.3-9-2003 Споруди транспорту. Пристрої дорожні напрямні. Загальні технічні умови

ДСТУ Б В.2.3-10-2003 Споруди транспорту. Огородження дорожнє парапетного типу. Загальні технічні умови

ДСТУ Б В.2.7-32-95 Будівельні матеріали. Пісок щільний природний для будівельних матеріалів, виробів, конструкцій і робіт Технічні умови

ДСТУ Б В.2 7-43-96 Будівельні матеріали. Бетони важкі. Технічні умови

ДСТУ Б В.2 7-47-96 (ГОСТ 10060.0-95) Будівельні матеріали. Бетони. Методи визначення морозостійкості. Загальні вимоги

ДСТУ Б В.2.7-71-98 (ГОСТ 8269.0-97) Будівельні матеріали. Щебінь і гравій із щільних гірських порід і відходів промислового виробництва для будівельних робіт. Методи фізико-механічних випробувань

ДСТУ Б В.2.7-75-98 Щебінь та гравій щільні природні для будівельних матеріалів, виробів, конструкцій і робіт. Технічні умови

ДСТУ Б В.2.7-119:2011 Суміші асфальтобетонні і асфальтобетон дорожній та аеродромний. Технічні умови

ДСТУ Б В.2.7-121:2014 Порошок мінеральний для асфальтобетонних сумішей. Технічні умови

ДСТУ Б ГОСТ 24451:2011 Тунелі автодорожні. Габарити наближення будівель і устаткування (ГОСТ 24451-80, IDT)

ДСТУ ГОСТ 5915:2008 Гайки шестигранные класса точности В. Конструкции и размеры

ДСТУ ГОСТ 7798:2008 Болты с шестигранной головкой класса точности В. Конструкции и размеры

ДСТУ ГОСТ 22353:2008 Болты высокопрочные класса точности В. Конструкция и размеры

ДСТУ ГОСТ 22354:2008 Гайки высокопрочные класса точности В. Конструкция и размеры

ДСТУ ГОСТ 22355:2008 Шайбы класса точности С к высокопрочным болтам. Конструкция и размеры

ДСТУ ГОСТ 22356-77 Болты и гайки высокопрочные и шайбы. Общие технические условия

3 ТЕРМІНИ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ПОНЯТЬ, ПОЗНАКИ ТА СКОРОЧЕННЯ

3.1 Терміни та визначення понять

У цих нормах використано терміни, установлені ДБН В.2.3-22: агресивне середовище, втомленість, габарит наближення конструкції, габарит проїзду, габарит транспорту, витривалість, граничні стани, довговічність, коефіцієнт динамічний, коефіцієнт надійності за навантаженням, корозіє стійкість, міст, морозостійкість, надійність, несна здатність, реконструкція, ремонт, труба, шляхопровід.

Нижче подано терміни, додатково використані у цих будівельних нормах, та визначення позначених ними понять:

3.1.1 водовідвідна дорожня труба

Споруда в насипу автомобільної дороги для перепуску поверхневих вод або інших тимчасових водотоків

3.1.2 електрохімічна корозія

Руйнування металу, яке відбувається внаслідок дії на метали електролітів (вода, кислота, кисень та тощо)

3.1.3 корозія металу

Самочинне руйнування матеріалів, яке відбувається під хімічним або електрохімічним впливом навколишнього середовища

3.1.4 отвір металеві гофрованої конструкції

Горизонтальний розмір в світлі між внутрішніми гранями конструкції (елементів конструкції), в межах якого можна зафіксувати максимальну ширину водного потоку (при застосуванні багатовічкової труби – сума горизонтальних розмірів окремих труб в складі багатовічкової труби)

3.1.5 паводок

Швидкий порівняно короткочасний підйом рівня води в якомусь фіксованому створі ріки, який завершується майже таким швидким спадом. Паводок, звичайно, виникає внаслідок дощів (злив) або інтенсивного короткочасного танення снігу. Паводок, на відміну від повені, явище нерегулярне

3.1.6 пластикова дорожня труба

Дорожня труба виконана із синтетичних матеріалів, кругла за перерізом, прямокутного поздовжнього перерізу або гофрована

3.1.7 рівень води

Висота поверхні води відносно деякої постійної площини порівняння

3.1.8 розмив

Взаємодія водяного потоку з руслом, наслідком якого є утворення ємностей на вході і виході з труби

3.1.9 труба водоперепускна

Споруда в тілі дорожнього насипу для перепуску водяного потоку. Форма поперечного перерізу може бути різною. За характером роботи перерізу розрізняють труби напірні, безнапірні, напівнапірні

3.1.10 ухил поздовжній труби

Ступінь відхилення проектної лінії лотка труби від горизонтальної лінії в поздовжньому напрямі, виражений у відсотках (%) або в проміле (‰)

3.1.11 хімічна корозія

Руйнування метану під дією газів та неелектролітів (бензин, масла).

3.2 Позначки та скорочення

A – площа перерізу одного гофра, см^2

C_v – коефіцієнт вертикального тиску, для пластикових труб допускається приймати $C_v = 1$.

D – зовнішній діаметр (ширина) труби, м;

E – модуль пружності матеріалу труби, МПа;

H – напір перед трубою, м;

N – зусилля стиску в стінці труби від розрахункового навантаження, що припадає на ділянку довжиною 1 в одну гофру;

Q – пропускна здатність, $\text{м}^3/\text{с}$;

Q_c – скидна витрата, $\text{м}^3/\text{с}$;

R – розрахунковий опір матеріалу труби (за сертифікатом виробника);

W – об'єм стоку, м³;

$W_{ак}$ – об'єм акумульованої води перед спорудою, м³;

$\zeta_{ВХ} = 0$, – $\zeta_{ВХ} = 0,33$; для розтрубних оголовків з конічною ланкою 2;

$\zeta_{ДОВЖ}$ – коефіцієнт гідравлічного опору по довжині;

d – діаметр труби, м;

i – похил труби;

g – прискорення вільного падіння, м/с²;

m – коефіцієнт умов роботи

$\varphi_б$ – коефіцієнт швидкості безнапірної труби;

φ_n – коефіцієнт швидкості пів-напірної труби;

φ_n – коефіцієнт швидкості напірної труби;

h_c – глибина в стиснутому перерізі, м;

ω_c – площа потоку в перерізі із стиснутою глибиною, м²;

$h_{вх}$ – висота отвору труби на вході, м;

h_m – висота отвору труби по всій довжині, крім вхідної ланки, м;

$h_{до}$ – висота дорожнього одягу, м;

h_p – різниця між висотою засипки і напором перед трубою, м;

i_w – похил тертя (гідравлічний похил);

$\Phi_{ак}$ – коефіцієнт акумуляції;

k_ϕ – коефіцієнт форми улоговини;

μ_n – коефіцієнт витрати напірних труб;

l_m – довжина труби, м;

n – коефіцієнт шорсткості;

$l_{кр}$ – довжина кріплення нижнього б'єфу, м;

$h_{роз}$ – глибина вирви розмиву, м;

h – висота засипки, вираховується від верху труби до верху дорожнього покриття при визначенні вертикального тиску, м;

h_x – висота засипки, вираховується від середини висоти труби до верху дорожнього покриття або до підшови рейки при визначенні горизонтального тиску, м;

γ_n – нормативна питома вага ґрунту засипки, кН/м³

τ_n – коефіцієнт нормативного горизонтального (бічного) тиску;

φ_n – нормативний кут внутрішнього тертя ґрунту засипка;

Ψ – лінійне навантаження, кН/м;

α_0 – довжина ділянки поширення навантаження, м;

l – довжина одного гофра, вимірювана вздовж осі труби, м;

φ – коефіцієнт внутрішнього тертя ґрунту засипу;

P_{v1} – вертикальний тиск ґрунту насипу, кПа;

P_{v2} – вертикальний тиск від рухомого складу, кПа;

4 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

4.1 Доцільність застосування споруд з металевих гофрованих елементів у конкретних умовах будівництва має підтверджуватися техніко-економічним обґрунтуванням.

4.2 Споруда працює тільки разом з навколишнім ґрунтом насипу (система «конструкція - ґрунт»). Це досягається влаштуванням спеціальної ґрунтової призми, яка відсипається з матеріалів згідно з 5.6, В,7 і ущільнюється до заданої щільності при дотриманні технології будівництва.

4.3 При проектуванні сполучення металевої гофрованої конструкції (МГК) з насипом, а також із частинами русла, які підводять і відводять воду, слід передбачати укріплення укосів насипу і русла. Допускається зменшувати довжину конструкції за рахунок збільшення крутизни укосів (майже до вертикальних) або влаштуванням підпірних стінок у насипу за умови перевірки розрахунком їх міцності та стійкості.

4.4 Основні розміри конструкцій мають призначатися з врахуванням уніфікації виробів (гофрованих елементів, секцій, кріплення). Отвори споруди для перепуску автомобільного транспорту слід проектувати з забезпеченням відповідних габаритів наближення конструкцій.

Гофровані конструкції біопереходів доцільно проектувати у вигляді півкруглої арки з радіусом не менше ніж 3 м, яка опирається на стрічковий фундамент.

4.5 Допускається виконувати ремонт існуючих залізобетонних споруд за допомогою металевих гофрованих споруд методом «гілізування». За таким методом ремонту допускається встановлення металевої гофрованої конструкції всередину залізобетонної споруди з подальшим омонолічуванням зазорів.

4.6 Допускається застосування металевих гофрованих конструкцій для подовження існуючих споруд при реконструкції доріг. З'єднання проектної металевої гофрованої споруди з спорудою, яка експлуатується, здійснюється відповідно до проекту.

4.7 Отвори водоперепускних МГК належить проектувати, виходячи з безнапірного режиму роботи споруди. Перевищення вищої точки внутрішньої поверхні конструкції над горизонтом води в будь-якому перерізі конструкції при розрахунковій витраті і безнапірному режимі має бути не менше ніж 1/4 висоти споруди у просвіт, а заповнення вхідного перерізу споруди - не більше ніж 0,9 від її висоти.

Водоперепускні споруди з металевих гофрованих елементів з отвором більше ніж 3 м мають розраховуватись на перепуск водного потоку тільки в безнапірному режимі і проектуватися за нормами проектування мостів.

4.8 Водоперепускні МГК не допускається застосовувати на річках з корчеходом і льодоходом, а також у місцях можливого утворення нашарувань льоду і виникнення селей на постійно діючих водотоках.

4.9 Найменшу товщину засипки над ланками споруди діаметром до 3 м на автомобільних дорогах, на дорогах і вулицях міст і сіл необхідно приймати 0,5 м до низу дорожнього одягу, але не менше ніж 0,8 м до верху дорожнього покриття.

Мінімальна товщина засипки над склепінням МГК з отвором від 3 до 25 м повинна перевірятися розрахунком.

4.10 Внутрішня і зовнішня поверхні водоперепускних труб і споруд з МГК повинні мати захисне антикорозійне покриття, а у необхідних випадках і додаткове захисне антикорозійне покриття. Для захисту від механічних пошкоджень антикорозійного покриття при засипанні ґрунтом необхідно передбачати обгортання труби геотекстилем.

4.11 Розрахунок МГК на вплив водного потоку виконується за гідрографами розрахункового паводку. Розрахункові імовірності перевищення витрат на піку паводків і відповідних до них рівнів води при проектуванні слід приймати: для автомобільних доріг I і II категорій - 1 %; для автомобільних доріг III, IV і V категорій та міських вулиць - 2 %.

4.12 Несні конструкції і основи споруд необхідно розраховувати на дію постійних і тимчасових навантажень, Розрахунки слід виконувати за граничними станами відповідно до вимог 4.1.4 ДБН В.2.3-22. Нормативне навантаження від власної ваги слід визначати за проектними об'ємами елементів і частин конструкцій.

Тимчасові навантаження від транспортних засобів слід вводити до розрахунку з відповідними динамічними коефіцієнтами.

Величини навантажень і впливів для розрахунку конструкцій за двома групами граничних станів належить приймати відповідно до таблиці 5.3 ДБН В.1.2-15.

Коефіцієнти надійності за навантаженням до тимчасових навантажень і впливів для ланок труб слід приймати за розділом 16 ДБН В.1.2-15.

Вибір розрахункових схем, а також методів розрахунку конструкцій труб необхідно робити з урахуванням ефективного використання сучасного програмного забезпечення.

4.13 Проектний термін служби МГК встановлюється строком на 80 років.

4.14 Проектний термін служби водовідвідних дорожніх труб із синтетичних матеріалів встановлюється строком на 50 років.

4.14 Розташування пластикової труби в плані має відповідати вимогам ДБН В.2.3-4.

4.15 Загальні вимоги до довговічності труб МГК повинні відповідати вимогам ДБН В.2.3-22.

4.16 Антикоровійні системи МГК в місці контакту металевих елементів МГК із ґрунтом засипки слід проектувати виходячи із передумов безремонтної експлуатації таких антикоровійних систем протягом проектного строку служби труб МГК.

5 МАТЕРІАЛИ ДЛЯ МЕТАЛЕВИХ ГОФРОВАНИХ КОНСТРУКЦІЙ

5.1 Конструкції із металевих гофрованих елементів повинні відповідати вимогам чинного нормативного документу і комплекту проектної документації на виготовлення, комплекту робочих креслень марки КМД згідно з ДСТУ Б А.2.4-4 та технологічному регламенту заводу-виготовлювача на об'єкт, де вони використовуються.

Для елементів МГК слід застосовувати листові хвилясті профілі з якісної конструкційної сталі. Основним елементом конструкції є оцинкований гофрований лист з гофром синусоїдальної форми зі сталей марки ВстЗсп5 згідно з ДСТУ 2651, С345 і С345Д згідно з ГОСТ 27772 [9]. Для металевих гофрованих конструкцій рекомендується використовувати вуглецеву сталь марки СтЗсп5 згідно з ДСТУ 4484, ГОСТ 14637 [7], ГОСТ 17066 та вуглецеву якісну конструкційну мідисту сталь марки 15сп згідно з ГОСТ 1050 [4].

5.2 Для з'єднання елементів гофрованих конструкцій використовують звичайні сталеві болти нормальної точності згідно з ДСТУ ГОСТ 7798 класу міцності 8.8 згідно з ДСТУ ISO 898-1 та гайки нормальної точності згідно з ДСТУ ГОСТ 5915 класу міцності 8 згідно з ДСТУ ISO 898-2, а також болти та гайки із сталі 35, 45 згідно з ДСТУ 4484 зі спеціальними технічними умовами. Марки сталей та розрахункові характеристики болтів на зріз та на розтяг в залежності від класу міцності наведено в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 - Марки сталей та розрахункові характеристики болтів на зріз та на розтяг в залежності від класу міцності

| Вид виробу | Клас міцності | Марка сталі | Розрахунковий опір болта, МПа (кг/см ²) | |
|------------|---------------|--------------------------------------|---|-----------------|
| | | | зріз R_{bs} | розтяг R_{bt} |
| Болт | 4.6 | 20 | 150(1500) | 170(1700) |
| | 4.8 | 10, 10кп | 160(1600) | 160(1600) |
| | 5.6 | 30, 35 | 190(1900) | 210(2100) |
| | 5.8 | 10*, 10кп*, 20, 20кп, СтЗспЗ, СтЗкпЗ | 200 (2000) | 200 (2000) |
| | 6.6 | 35, 40, 40Г | 230 (2300) | 250(2500) |
| | 8.8 | 35Х, 38ХА, 35**, 45Г | 320 (3200) | 400 (4000) |
| | 10,9 | | 400 (4000) | 500 (5000) |
| Гайка | 4 | СтЗспЗ, СтЗкпЗ | | |
| | 5 | 10, 10кп, 20 | | |
| | 8 | 20, 20кп, 35, 45 | | |
| | 10 | 35Х, 38ХА | | |

5.3 Для з'єднання елементів гофрованих конструкцій, також, використовують високоміцні сталені болти, які відрізняються від звичайних збільшеними розмірами головок болтів, гайок та шайб. Геометричні параметри та механічні характеристики нормуються згідно з ГОСТ 22353, ГОСТ 22354, ГОСТ 22355, ГОСТ 22356.

5.4 Для металевих гофрованих конструкцій імпортової поставки болти і гайки повинні постачатися комплектно та бути сертифіковані. Застосування вітчизняних кріпильних елементів ідентичного діаметру в цьому випадку допускається за умови їхньої відповідності до вимог 5.2 і 5.3 і при погодженні із замовником.

5.5 Основний розрахунковий опір сталі різних марок при дії осьових сил слід приймати відповідно до таблиці 5.1. Розрахунковий опір для болтових з'єднань слід приймати: на змінання краю стикових з'єднань для сталі 35Х, 38ХА-320 МПа, на зріз болта нормальної точності класу 8.8 - 320 МПа.

5.6 Для влаштування подушки під конструкцію слід застосовувати піски середньої крупності, гравелісті згідно з ДСТУ Б В. 2.7-32, та щебенево-галькові і дресвяно - гравійні ґрунти, що не містять уламків розміром більше 50 мм. Наведені ґрунти не повинні містити більше 10 % часток розміром менше 0,1 мм, у

тому числі більше 2 % глинистих часток розміром менше 0,005 мм згідно з ДСТУ Б В.2.7-32.

5.7 Для влаштування ґрунтової обойми навколо конструкції крім ґрунтів, наведених у 5.6, допускається застосовувати піски дрібні, які вміщують не більше ніж 10 % часток розміром менше 0,1 мм, у тому числі не більше ніж 2 % глинистих часток розміром менше 0,005 мм згідно з ДСТУБ В.2.7-32.

5.8 Компресійний модуль деформації ґрунту повинен становити не менше ніж 300 МПа. Допускається використання ґрунтів з меншим значенням модуля деформації при відповідному техніко-економічному обґрунтуванні і перевірці розрахунком на спільну роботу з металевою гофрованою конструкцією.

5.9 Для основного антикорозійного покриття металевих гофрованих конструкцій слід застосовувати цинк марки ЦЗ згідно з ГОСТ 9.306 [1], ГОСТ 3640 [5]. Цинкове покриття елементів конструкцій вітчизняної та імпортової поставки повинне відповідати вимогам ГОСТ 9.307 [2]. Для додаткового антикорозійного захисного покриття конструкцій та їх елементів слід застосовувати:

– матеріали на основі епоксидних смол (наприклад, епоксидно-каучукова фарба, епоксидно-поліамідна емаль, епоксидна - кам'яновугільна емаль товщиною шару від 90 до 400 мкм), термін служби комбінованого покриття «цинк + епоксидне покриття» у півтора рази більший ніж сума термінів служби двох даних шарів згідно з ДСТУ 2093;

– матеріали на основі поліуретанових смол, а також мастик: бітумо-гумової або бітумо-мінеральної (бітуміноль) марок Н-1 або Н-2, які складаються з бітуму, наповнювача та пластифікатору згідно з ДСТУ Б В.2.7-236

Кожний шар бітумного покриття наноситься товщиною від 0,7 до 0,8 мм, що становить 1 кг на 1 м² корисної площі (з врахуванням гофрів).

5.10 Для бетонних і залізобетонних оголовків металевих гофрованих конструкцій, для фундаментів аркових конструкцій і бетону лотка слід застосовувати бетон та арматуру, які відповідають вимогам ДБН В.2.3-14.

Бетон лотка в МГК, який пропускає агресивні води або води з абразивними частками, повинен відповідати вимогам СНиП 2.03.11, а також повинен бути класу міцності (на стиск) не нижче ніж В25 згідно з ДСТУ Б В.2.7-43. Марка бетону лотка за морозостійкістю згідно з ДСТУ Б В. 2.7-47 має бути не нижче F200 (як для бетону дорожніх конструкцій) для МГК, розташованих у районах із середньомісячною температурою повітря найбільш холодного місяця вище мінус 10 °С, і не нижче F300 в інших районах. Марки бетону лотка за водонепроникністю має бути не нижче W6 згідно з ДСТУ Б В.2.7-43.

5.11 Для влаштування лотка в МГК слід застосовувати щільні асфальтобетонні суміші ДСТУ Б В. 2.7-119 і литі асфальтобетонні суміші згідно з СОУ 42.1-37641918-119 [10].

5.12 Для влаштування лотка в МГК слід застосовувати полімер бетони, наприклад, зі сполучних марок 1010 - 1510 і полімер-розчини марок 1510 - 2015 із в'язучим на основі епоксидних смол ЭД-20 згідно з ДСТУ 2093, до складу яких, як пластифікатор, вводиться рідкий тіокол НВБ-2 згідно з ГОСТ 12812 [6].

6 КЛАСИФІКАЦІЯ МЕТАЛЕВИХ ГОФРОВАНИХ КОНСТРУКЦІЙ

6.1 Класифікація

6.1.1 Металеві гофровані конструкції що постачаються вітчизняними і закордонними фірмами, за формою поділяють на:

- круглі та близькі до круглих (еліптичність 5 %);
- горизонтальний еліпс;
- зниженої висоти;
- з плоского основою;
- арки;
- арки коробового перерізу.

6.1.2 Кругла, близька до круглої (еліптичність 5 %) Металеві гофровані конструкції цього типу використовують як водоперепускні, як пішохідні переходи, для прогону великої рогатої худоби.

6.1.3 Споруди зниженої висоти представлено конструкціями різних типів, у яких варіюються радіуси заокруглень. Споруди зниженої висоти можуть використовуватися як водоперепускні споруди і тунелі. Такі конструкції мають більшу пропускну здатність (до 50 %). ніж круглі споруди такої ж висоти за тих самих умов роботи. Споруду зниженої висоти можна замінити, наприклад, круглою двовічковою або багатовічковою спорудою.

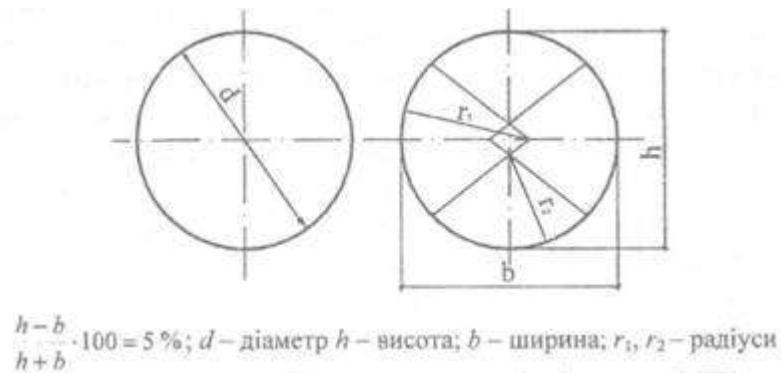
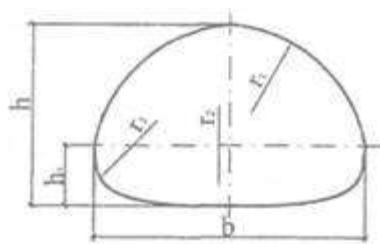


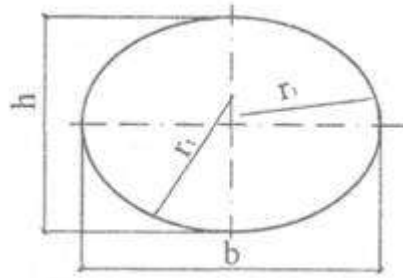
Рисунок 6.1 - Параметри круглих і еліптичних МГК

6.1.4 Горизонтальний еліпс (еліптичність у горизонтальному напрямку 15 %) часто використовують замість МГК зниженої висоти.



b - ширина; h - висота; r_1, r_2, r_3 - радіуси

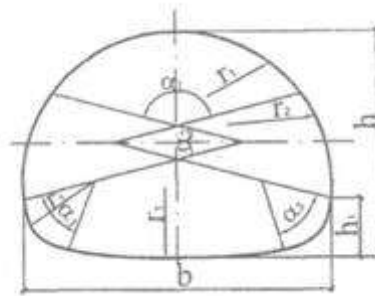
Рисунок 6.2 - Параметри МГК зниженої висоти



b - ширина; h - висота; r_1, r_2 - радіуси

Рисунок 6.3 - Параметри горизонтального еліпса

6.1.5 Конструкції з плоскою основою використовують в основному як підземні пішохідні переходи, тунелі, галереї і переходи під автодорожніми і залізничними насипами. За необхідності спорудження тунелю великої висоти можна приймати конструкції у вигляді вертикального еліпса.

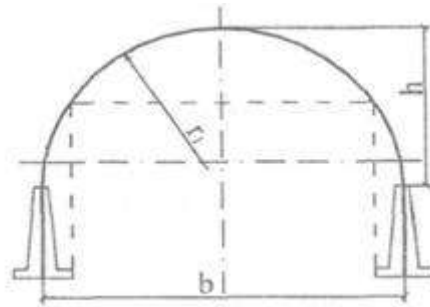


b - ширина; h – висота; r_1, r_2, r_3 радіуси; $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ - кути заокруглень

Рисунок 6.4 - Параметри МГК з плоскою основою

6.1.6 Арку встановлюють на основу, яку найчастіше виконують із залізобетону. Використовують арки в основному як шляхопроводи, тунелі чи водоперепускні споруди замість малих і середніх мостів.

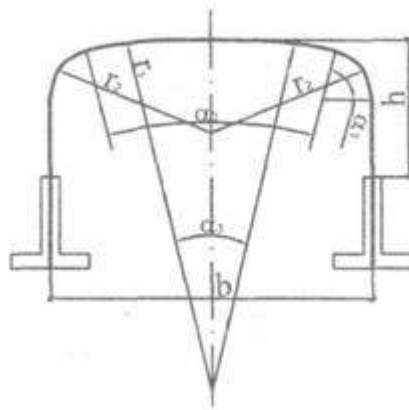
Застосування конструкцій даного типу дозволяє зберігати русло водотоку в природному стані. У залежності від ґрунтових умов основа залізобетонних стінок може бути природною або палевою.



b - прогін; h - висота; r - радіус

Рисунок 6.5 - Параметри арки

6.1.7 Арку коробового перерізу використовують як тунель або водопропускну споруду у випадку обмеження висоти насипу.



b - прогін; h - висота; r_1, r_2 - радіуси; $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ - кути заокруглень

Рисунок 6.6 - Параметри арки коробового перерізу

6.2 Характеристики гофрованих листів

Таблиця 6.2.1 - Характеристики для гофрів розміром 164 × 57 мм

| Товщина листа, см | Кут видимості кругової частини, град | Довжина прямої вставки, см | Площа хвилі гофра, см ² /см | Момент інерції хвилі гофра, см ⁴ /см | Момент опору, см ³ /см | Радіус інерції, см |
|-------------------|--------------------------------------|----------------------------|--|---|-----------------------------------|--------------------|
| δ | α | B | A | I | W | i |
| 0,3 | 53,50 | 3,109 | 0,384 | 1,554 | 0,54 | 2,013 |
| 0,4 | 54,28 | 2,920 | 0,531 | 2,075 | 0,72 | 1,978 |
| 0,5 | 55,14 | 2,718 | 0,625 | 2,601 | 0,91 | 2,040 |
| 0,6 | 56,09 | 2,500 | 0,758 | 3,153 | 1,10 | 2,040 |
| 0,7 | 57,18 | 2,260 | 0,893 | 3,716 | 1,30 | 2,041 |
| 0,8 | 58,43 | 1,992 | 1,030 | 4,293 | 1,50 | 2,042 |

Таблиця 6.2.2 - Характеристики для гофрів розміром 150 × 50 мм

| Товщина листа, см | Кут видимості кругової частини, град | Довжина прямої вставки, см | Площа хвилі гофра, см ² /см | Момент інерції хвилі гофра, см ⁴ /см | Момент опору, см ³ /см | Радіус інерції, см |
|-------------------|--------------------------------------|----------------------------|--|---|-----------------------------------|--------------------|
| δ | α | B | A | I | W | i |
| 0,3 | 51,47 | 2,873 | 0,377 | 1,177 | 0,444 | 1,77 |
| 0,4 | 52,26 | 2,693 | 0,504 | 1,582 | 0,586 | 1,77 |
| 0,5 | 53,13 | 2,500 | 0,630 | 1,995 | 0,726 | 1,78 |
| 0,6 | 54,10 | 2,292 | 0,757 | 2,417 | 0,863 | 1,79 |
| 0,7 | 55,20 | 2,060 | 0,885 | 2,850 | 1,000 | 1,79 |

Таблиця Д.2.3 - Характеристики для гофрів розміром 152,4 × 50,8 мм

| Товщина листа, см | Кут видимості кругової частини, град | Довжина прямої вставки, см | Площа хвилі гофра, см ² /см | Момент інерції хвилі гофра, см ⁴ /см | Момент опору, см ³ /см | Радіус інерції, см |
|-------------------|--------------------------------------|----------------------------|--|---|-----------------------------------|--------------------|
| δ | α | B | A | I | W | i |
| 0,3 | 44,58 | 4,778 | 0,372 | 1,120 | 0,441 | 2,013 |
| 0,4 | 44,94 | 4,664 | 0,497 | 1,507 | 0,543 | 1,978 |
| 0,5 | 45,30 | 4,554 | 0,621 | 1,900 | 0,748 | 2,040 |
| 0,6 | 45,68 | 4,441 | 0,746 | 2,443 | 0,962 | 2,040 |
| 0,7 | 46,08 | 4,325 | 0,871 | 2,715 | 1,069 | 2,041 |

Таблиця 6.2.4– Характеристики для гофрів розміром 200 мм × 55 мм

| Товщина листа, см | Площа хвилі гофра, см ² /см | Момент інерції хвилі гофра, см ⁴ /см | Момент опору, см ³ /см |
|-------------------|--|---|-----------------------------------|
| δ | A | I | W |
| 0,325 | 0,384 | 1,471 | 0,50 |
| 0,400 | 0,473 | 1,819 | 0,62 |
| 0,475 | 0,562 | 2,171 | 0,73 |
| 0,550 | 0,651 | 2,526 | 0,84 |
| 0,625 | 0,774 | 2,886 | 0,94 |
| 0,700 | 0,829 | 3,251 | 1,05 |

Таблиця 6.2.5– Характеристики для гофрів розміром 380 мм × 140 мм”

| Товщина листа, см | Площа хвилі гофра, см ² /см | Момент інерції хвилі гофра, см ⁴ /см | Момент опору, см ³ /см | Радіус інерції, см |
|-------------------|--|---|-----------------------------------|--------------------|
| δ | A | I | W | i |
| 0,4 | 0,559 | 13,739 | 1,835 | 4,96 |
| 0,5 | 0,698 | 17,203 | 2,296 | 4,96 |
| 0,6 | 0,838 | 20,674 | 2,758 | 4,97 |
| 0,7 | 0,977 | 24,159 | 3,222 | 4,97 |

7 РОЗРАХУНКИ МЕТАЛЕВИХ ГОФРОВАНИХ КОНСТРУКЦІЙ

7.1 Загальні положення

7.1.1 При проектуванні МГК необхідно виконувати чотири групи розрахунків:

- розрахунки конструкцій за першого і другою групою граничних станів;
- технологічні розрахунки;
- гідравлічні розрахунки;
- економічні розрахунки.

7.1.2 При розрахунках за першою групою граничних станів оцінюють міцність і стійкість МГК, а також їх функціональну придатність як в процесі експлуатації, так і в період будівництва. При цьому, виконують наступну групу розрахунків:

- розрахунок конструкції за першим граничним станом на експлуатаційні і будівельні навантаження. При розрахунку на будівельні навантаження необхідно враховувати неоднаковий вертикальний і бічний тиск ґрунту по контуру споруди при зведенні насипу і ступеню ущільнення ґрунту в ґрунтовій обіймі;

- перевірку загальної стійкості форми поперечного перерізу споруди;
- розрахунок стикових з'єднань;
- розрахунок конструкції за другим граничним станом (обмеження граничних деформацій поперечного перерізу) на експлуатаційні навантаження;
- обмеження гнучкості МГК з врахуванням вимог транспортування і монтажу конструкції.

7.1.3 Розрахунок міцності і стійкості МГК виконується на дію постійного, тимчасового, температурного навантаження у відповідності з ДБН В.2.3-14, в сейсмічно небезпечних районах необхідно розраховувати гофровані конструкції за міцністю на дію сейсмічного інерційного навантаження.

7.1.4 Розрахунок міцності і стійкості МГК діаметром менше 6 м, а також круглих і напівкруглих гофрованих конструкцій допускається виконувати за формулами розділу 7.2. Розрахунок міцності і стійкості МГК діаметром більше 6 м рекомендується виконувати з використанням методу скінчених елементів.

7.1.5 Технологічні розрахунки проводяться для призначення будівельного підйому і прийняття рішення щодо конструкції основи і включають оцінку осідання МГК з обіймою під насипом в процесі будівництва і при подальшій експлуатації,

7.1.6 При прив'язці проектів МГК до конкретних умов будівництва виконують:

- гідравлічні розрахунки;
- розрахунок осідання МГК і будівельного підйому лотка труби;
- конструювання і розрахунок ґрунтової обійми і пристосувань, які забезпечують обмеження поперечних деформацій труби на стадії формування ґрунтової обійми, засипки і ущільнення бокових призм ґрунту і зведення насипу до проектних позначок.

7.1.7 Техніко-економічні розрахунки виконуються для обґрунтування індивідуальних проектних рішень з урахуванням:

- збільшення водоперепускної здатності споруди за рахунок застосування оголовків;

- збільшення ухилу споруди понад 0,03;
- вибору схем влаштування МГК на косогорах;
- порівняння заміни ґрунту основи штучною основою;
- потоку води, який тече в споруду (зменшення ймовірності розмиву укосів в насипу на вході);
- сполучення споруди з насипом.

Методика техніко-економічних розрахунків вибирається при проектуванні.

7.2 Розрахунок металевих гофрованих конструкцій за міцністю і стійкістю на експлуатаційні навантаження з використанням спрощених формул

7.2.1 Розрахунок МГК за міцністю виконується відповідно до 4.23 ДБН В.2.3-14 за формулою (1):

$$\frac{N}{A} \leq R_y m, \quad (1)$$

де N - нормальне (тангенціальне) зусилля в гофрованій конструкції від розрахункових навантажень, які припадають на довжину λ одного гофра, Н;

A - площа перерізу однієї хвилі гофра, см²;

R_y - розрахунковий опір сталі за границею текучості, прийнятий відповідно до таблиці 4.4 ДБН В.2.3-14, Па;

$m = 0,9$ - коефіцієнт умов роботи.

7.2.2 Нормальне (тангенціальне) зусилля N , (Н), у споруді від розрахункових навантажень, які припадають на довжину λ одного гофра визначається за формулою (2):

$$N = \frac{\gamma n D \cdot \left(h_{eq} + h + \frac{D}{2} \right) \cdot \lambda}{2 + \frac{E_0}{E} \cdot \frac{D}{\delta} \cdot (1 - \nu^2)} + \frac{\gamma_m n_i \delta \frac{D}{2} \lambda}{1 + \frac{\delta^2}{3D^2}}, \quad (2)$$

де γ - питома вага ґрунту засипки, Н/м³;

$n = 1,3$ і $n_i = 1,1$ - коефіцієнти перевантаження згідно з ДБН В.2.3-14;

$\nu = 0,25$ - коефіцієнт Пуассона матеріалу споруди;

h_{eq} - умовна висота насипу, еквівалентна дії тимчасового автомобільного навантаження, м;

$$h_{eq} = \frac{v}{\gamma \cdot (a_0 + h)}, \quad (3)$$

$a_0 = 3,00$ м - ширина смуги руху для навантаження НК-100, НК-80 згідно з ДБН В.1.2-15;

h - відстань від верху дорожнього одягу до верху конструкції, м;

v - еквівалентне навантаження, відповідно до додатку Н ДБН В.2.3-14 залежно від довжини і форми лінії впливу, кН/м;

D - діаметр гофрованої конструкції (діаметр конструкції приймаємо по осі гофрованого листа), м;

E_0 - модуль деформації ґрунту засипки, Па;

E - модуль пружності сталі, Па;

δ - умовна товщина, мм, листа круглої гофрованої конструкції, яка має таку ж погонну згинальну жорсткість, як і гофрована, наприклад, для гофрів з $\lambda = 0,164$ м (16,4 см), значення δ приведено в таблицях додатку А;

γ_{sh} - питома вага матеріалу МГК, Н/м³.

7.3 Розрахунок стикових з'єднань

7.3.1 Розрахунок поздовжніх стиків внапуск із з'єднаннями на звичайних (не високоміцних) болтах нормальної точності базується на припущенні, що всі зсувні зусилля у стикі сприймаються болтами. Тертя вздовж контактних поверхонь з'єднаних елементів не враховується.

7.3.2 Розрахунок болтових з'єднань поздовжніх стиків виконується на сумарні зсувні зусилля від дії осьової стискальної сили і згинального моменту, що відповідає утворенню пластичного шарніра в стінці споруди.

Розрахунок ведеться в припущенні, що зусилля між всіма болтами з'єднання розподіляються рівномірно.

Розрахункове зсувне зусилля на один болт S , (Н), визначається за формулою (5):

$$S = a \frac{N}{\lambda n}, \quad (5)$$

де n - число болтів у з'єднанні на одиницю довжини споруди;

N - розрахункове осьове зусилля, Н, на стиск на одну хвилю гофра довжиною λ , прийняте за формулою (2);

$a = 1,2$ - коефіцієнт, який враховує збільшення зсувного зусилля у з'єднанні від дії згинального моменту.

Міцність болтового з'єднання перевіряється за формулою (6):

при розрахунку на зминання країв отворів у з'єднаних елементах:

$$\frac{S}{\delta d} \leq m R_{bp}, \quad (6)$$

при розрахунку болтів на зріз:

$$\frac{4S}{\pi d^2} \leq m R_{bs}, \quad (7)$$

де δ — товщина листа елементів, які стикаються, мм;

d — номінальний діаметр болта, мм;

m - коефіцієнт умов роботи з'єднання, приймається рівним 0,9;

R_{bs} , R_{bp} - розрахунковий опір болтового з'єднання на зминання при роботі країв елементів, які стикаються, та болта на зріз, Па.

7.4 Розрахунок металевих гофрованих конструкцій на обмеження граничних деформацій поперечного перерізу

7.4.1 Граничні відносні зміни горизонтального або вертикального розмірів споруди не повинні перевищувати 5 % для отвору споруди до 8 м. При отворі споруди від 8 м до 25 м граничні відносні зміни горизонтального або вертикального розмірів споруди встановлюються спеціальним розрахунком.

7.4.2 Відносні зміни розмірів споруди ζ , визначають за формулою (8):

$$\zeta = \frac{\gamma \cdot (h + R)}{\delta + \frac{E_0}{E} (1 - \nu^2)}, \quad (8)$$

де R - радіус споруди, м;

E_0 - модуль деформації ґрунту засипки, Па;

E - модуль пружності сталі, Па;

δ - товщина листа гофрованої конструкції мм;

ν - 0,25 - коефіцієнт Пуассона матеріалу споруди;

h - відстань від верху дорожнього одягу до верху конструкції, м;

γ - питома вага матеріалу споруди. Н/м³

7.5 Технологічні розрахунки

7.5.1 Величину будівельного підйому визначають розрахунком, виходячи з розрахункового осідання під віссю насипу, з врахуванням ухилу і довжини споруди. Найменше значення будівельного підйому повинне бути не менше ніж 1/80 висоти насипу (далі - H) при піщаних, галькових і гравелистих ґрунтах основи, 1/50 H при глинистих, суглинистих і супіщаних ґрунтах основи і 1/40 H при ґрунтових подушках з піщано - гравелистої або піщано-щебенистої сумішей. При отворі споруди більше ніж 8 м найменше значення будівельного підйому встановлюється розрахунком в робочих кресленнях. При розрахунку будівельного підйому враховують обмеження:

- щоб уникнути застою води, позначка вхідного оголовка в початковий період експлуатації та після стабілізації осідання основи має бути вище позначки лотка середньої ланки споруди згідно з 8.3.2 цих норм;

- будівельний підйом не розраховують для МГК, які влаштовують на скельних та інших ґрунтах, які не стискаються. Розрахунок осідання МГК під насипом слід виконувати з використанням вихідних параметрів: модуля деформації і об'ємної ваги ґрунту, міцності геологічних шарів в основі, висоти насипу.

7.5.2 В процесі відсипання і ущільнення ґрунтової обойми без армування з боків конструкції відносно зменшення найбільшого горизонтального розміру не повинно перевищувати 3 % від його номінального розміру. При цьому, слід виконувати перевірку необхідності влаштування тимчасових кріплень на стадії відсипання і ущільнення бічних призм ґрунту.

Проектувати кріплення необхідно так, щоб воно включалося в роботу тільки після тривідсоткового зменшення горизонтального діаметра споруди.

7.5.3 Розрахунок осідання МГК, в основі яких лежать ґрунти, які стискаються і підстилаються ґрунтами, які не стискаються (наприклад, скельні), слід виконувати в залежності від висоти насипу і глибини залягання ґрунтів, які не стискаються. При проектуванні МГК мають враховуватися результати перевірки забезпечення стабільності насипу, які виконуються при проектуванні земляного полотна.

7.5.4 Розрахунок осідання належить виконувати відповідно до [11] і ДБН В.2.1-10.

7.6 Гідравлічні розрахунки водоперепускних металевих гофрованих споруд

7.6.1 Гідравлічні розрахунки для круглих металевих гофрованих споруд слід виконувати за методикою (формулами і табличними значеннями параметрів), яка викладена у [11, 12], приймаючи найбільший діаметр за розрахунковий, де передбачається виконання гідравлічних розрахунків у двох варіантах: при наявності не шорсткого лотка і при його відсутності.

7.6.2 У кожному окремому випадку попередньо встановлюється мінімальний ухил споруди. Враховуючи мінімальний ухил споруди і ухил місцевості, призначають i_c з дотриманням умови: $i_c > i_m$,

де i_m - мінімальний ухил, величина якого при безнапірному режимі становить 0,01; i_c - ухил споруди.

7.6.3 Для забезпечення максимальної водоперепускної здатності ухил гофрованої споруди повинен бути не менше ніж $i_m = 0,01$. При недотриманні умови перепускна здатність споруди знижується, якщо $i_c > i_m$, перепускна здатність споруди має встановлюватися відповідно до вимог [11, 12].

7.6.4 Перепускна здатність металевих гофрованих споруд визначається з умов входу рівнинного типу, при якому перед спорудою утворюється ємність, яка характеризується підпертою глибиною. При цьому, потік надходить у споруду в спокійному стані. Для споруд, які мають на вході швидкотоки, перевіряють можливість входу потоку в споруду в бурхливому стані. Порядок розрахунку приводиться у [11, 12]. Якщо в результаті розрахунку виявиться, що має місце

вхід рівнинного типу, то гідравлічні розрахунки проводять, як для рівнинних споруд згідно з [11, 12].

7.6.5 Гідравлічні розрахунки для МГК зі зниженим поперечним перерізом (перерізи МГК наведено у додатку А на рисунках А 2, А 3, А 4), слід виконувати за наступною методикою: вихідними даними для цього є розрахункова витрата води та її рівень в споруді вздовж осі, яка перетинає потік. Основним в розрахунку споруди є визначення допустимого підпору води у вхідному оголовку з врахуванням розміру дзеркала води на вході.

Підпір води у вхідному оголовку для МГК з пониженою висотою визначається за формулою (9):

$$D = C \cdot Q^2 \cdot \left(\frac{1}{A_1^2} - \frac{1}{A_v^2} \right), \quad (9)$$

де D - величина підпору {різниця рівня води при наявності споруди або без неї, м;

C - коефіцієнт втрати, складає $1/y = 0,1$;

Q - розрахункова витрата води, м³/с;

A_1 , - площа поперечного перерізу споруди, м²;

A_v - площа поперечного перерізу водного потоку в споруді, м².

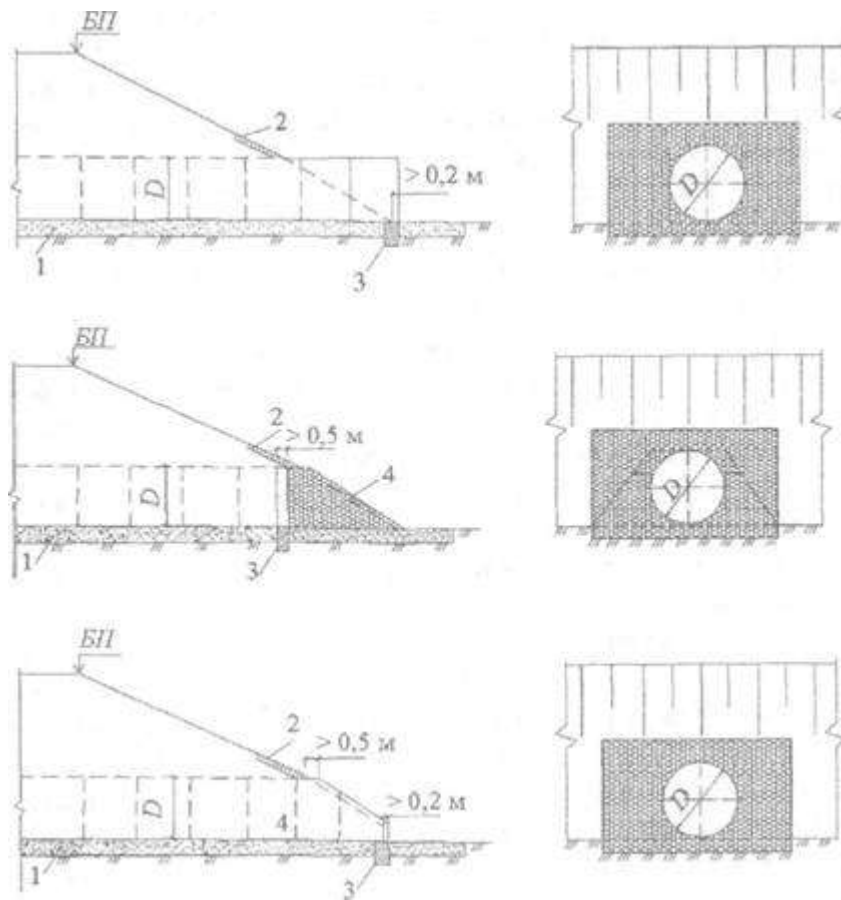
7.6.6 Розрахунки проводяться для гофрованих труб: без оголовків із зрізом перпендикулярно осі споруди; з оголовком, зрізаним паралельно відкоосу; з оголовком типів «капюшон»; з раструбним оголовком з кутом раструбності $Q = 20^\circ$.

8 ПРОЕКТУВАННЯ МЕТАЛЕВИХ ГОФРОВАНИХ КОНСТРУКЦІЙ ІЗ МЕТАЛЕВИХ ГОФРОВАНИХ ЕЛЕМЕНТІВ

8.1 Загальні положення

8.1.1 Як основний тип МГК слід застосовувати конструкції з вертикальним або скошеним паралельно укосу насипу торцем кінцевої ланки з влаштуванням оголовків (рисунок 8.1) або без них. У випадку влаштування гофрованої конструкції без оголовку нижня частина конструкції, яка не зрізується, має

виступати з насипу на рівні її підшови не менше ніж на 0,2 м, а переріз МГК зі зрізаним кінцем повинен виступати з тіла насипу не менше ніж на 0,5 м (на рівні склепіння), у гірських тунелях і галереях -- на 2,0 м з влаштуванням парапету.



1 - подушка основи; 2 - зміцнення укусу; 3 - протифільтраційний екран;
4 — відкрilки

Рисунок 8.1 - Схема верхової сторони насипу

8.1.2 З метою економії металу оголовки замкнених конструкцій діаметром більше ніж 4 м або аркових рекомендується влаштовувати порталного типу з габіонних або залізобетонних конструкцій. В окремих випадках при відповідному техніко-економічному обґрунтуванні для збільшення водоперепускної здатності МГК допускається застосування оголовок замість збільшення діаметра МГК. Конструкція оголовок має забезпечувати надійне з'єднання їх з металевою частиною споруди, що виключає можливість нерівномірної усадки і поздовжніх зсувів один відносно одного.

8.1.3 Конструкції з металевих гофрованих елементів слід влаштовувати на міцних і стійких основах. При наявності здимальних ґрунтів під оголовками слід виконати заміну ґрунтів, які здимаються на глибину промерзання плюс 20 см піщано – щебенево-гравійними ґрунтами. У випадку неможливості цього, фундаменти оголовків і порталів на здимальних ґрунтах слід розраховувати з врахуванням впливу дотичних сил морозного здимання ґрунту згідно з ДБН В.2.1-10 та, за необхідності, виконати заходи із посилення ґрунтів. Фундаменти оголовків і порталів на здимальних ґрунтах слід розраховувати з врахуванням впливу дотичних сил морозного здимання ґрунту згідно з ДБН В.2.1-10.

8.1.4 Водоперепускні конструкції на косогорах слід влаштовувати на відсипаному земляному полотні із скельного ґрунту згідно з ДСТУ Б В.2.1-2, стійкого до вивітрювання, з розташуванням виходу з МГК вище дна лога, з влаштуванням берм, або на природній основі з ухилом, близьким до ухилу лога.

8.1.5 Ухил лотка водопропускної МГК повинен бути більшим від мінімального згідно з 7.6.2, але не перевищувати ухил, більший ніж 0,03. Застосування більш крутих ухилів приймається на підставі техніко-економічних розрахунків при індивідуальному проектуванні зі спеціальними заходами для гасіння швидкості потоку води на вході у конструкцію, у середині конструкції і на виході з конструкції (лотки підвищеної шорсткості, водобійні колодязі, пороги, швидкотоки, скельні відсипання).

8.1.6 При ухилах, більших 0,03, перевіряють міцність гофрованої конструкції і кріплення її елементів в оголовках між собою і на вплив поздовжніх сил, які виникають від вертикального навантаження.

Під вихідною частиною МГК слід влаштовувати дренавальну відсипку або влаштовувати геотекстиль (зворотний фільтр), що перешкоджатиме вимиванню (виносу) часток ґрунту вздовж підшови насипу та замуленню гасителів енергії.

8.1.7 Водоперепускні МГК аркового типу проектують без обмеження ухилу вздовж русла.

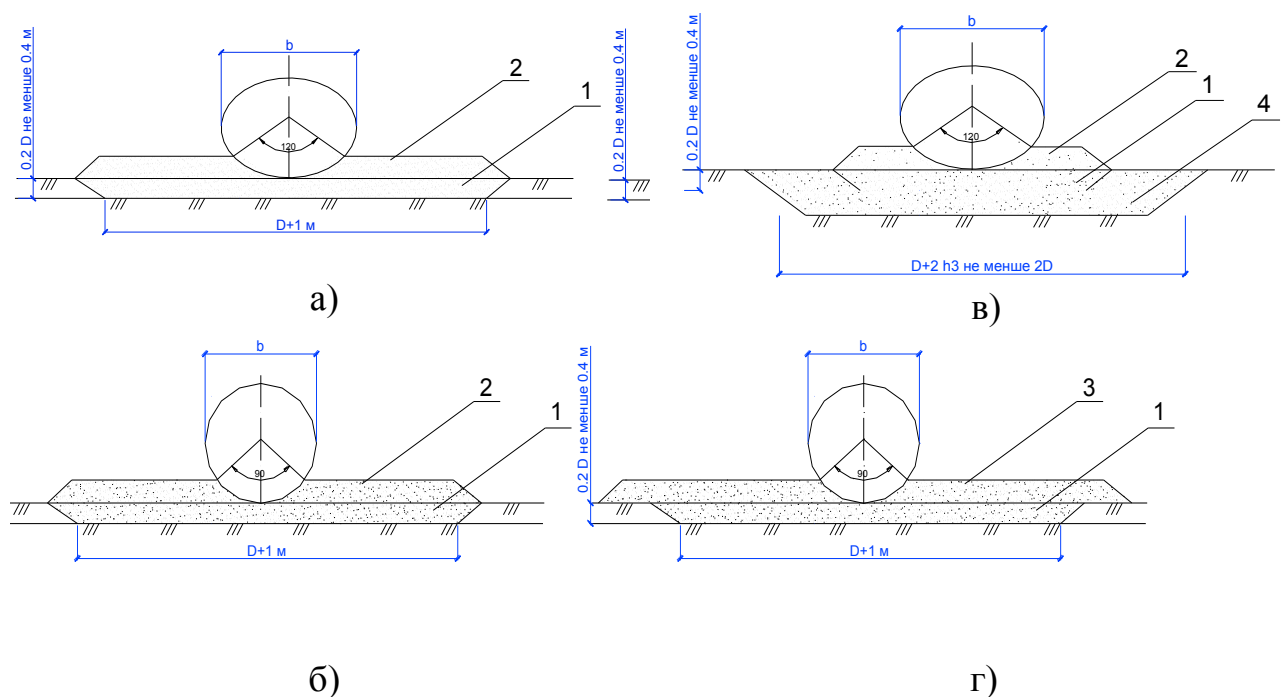
8.1.8 Тип і розміри укріплення укосів насипу і русла водоперепускних МГК визначають на підставі гідравлічних розрахунків.

8.1.9 Конструкція основи споруди з металевих гофрованих елементів замкнутого обрису має відповідати схемам, наведеним на рисунку 8.2.

Подушку для МГК замкнутого контуру необхідно влаштовувати у всіх випадках, коли основа складається з ґрунтів, які не передбачено в 5.6.

При слабких основах необхідно проводити заміну ґрунту або влаштовувати штучну основу. Матеріал основи повинен відповідати вимогам 5.6.

Товщина подушки має бути не менше ніж $0,2 D$, ширина $D+1$ м, де D - горизонтальний діаметр (прогін) конструкції, м.



а) - із влаштуванням верхньої частини подушки після встановлення споруди;

б) - з попереднім влаштуванням ложа;

в) - з відсипкою нульового шару і влаштуванням ложа;

г) - з заміною ґрунту;

1 - перший етап відсипання подушки;

2 - другий етап відсипання подушки;

3 - нульовий шар;

4 - заміна ґрунту основи скельним щебенем або відсипанням

Рисунок 8.2 - Конструкція основи

8.1.10 При необхідності заміни слабкого ґрунту основи, глибину ґрунту, який замінюється (h_3), слід визначати розрахунком, виходячи з умови забезпечення несної здатності нижче розташованого ґрунту або з розрахунку осідання.

Влаштування МГК із заміною ґрунту основи на глибину більше ніж 2 м потрібно обґрунтовувати техніко-економічними розрахунками.

8.1.11 Між ґрунтом природної основи і подушкою необхідно передбачати розділювальний шар з геосинтетичних матеріалів.

8.1.12 Гофровані елементи споруди слід вкладати в ложе такого ж контуру, як і її низ, вирізане або витрамбуване в нульовому шарі ґрунту товщиною, яка забезпечує центральний кут обпирання конструкції не менше ніж 90° для круглого, і 120° для овального отвору споруди. Нульовий шар ґрунту повинен бути відсипаний з того ж ґрунту, яким засипається МГК або відсипається подушка, і ущільнений від 0,98 до 0,95 максимальної стандартної щільності.

8.1.13 Нульовий шар ґрунту, в якому влаштовується ложе, можна відсипати безпосередньо на природну основу (видаляючи тільки рослинний шар), якщо він складається з піщаних (крім пилуватих) або великоуламкових ґрунтів. У цьому випадку, природна основа під спорудою має бути ущільнена вздовж всієї довжини конструкції і шириною не менше ніж 4 м у кожен бік від краю споруди.

8.1.14 Для запобігання розмиву основи водоперепускної споруди (при наявності подушки або без неї) слід передбачати з обох кінців споруди протифільтраційні екрани з залізобетону, бетону, ґрунтоцементної, глинощебеневої суміші або з гофрованого металу. При цьому, має бути попереджено можливість накопичення води в подушці. Допускається застосування комбінованих екранів з габіонних конструкцій з гідроізоляційним матеріалом (геомембрани) із передбаченням заходів щодо запобігання пошкодження гідроізоляції.

8.1.15 Залізобетонні і бетонні екрани слід застосовувати для МГК, які влаштовуються на дрібнопіщаних основах. Глибина закладання залізобетонних і

бетонних екранів має бути не менше ніж на 0,25 м нижче розрахункової глибини сезонного промерзання з урахуванням місцевих умов.

8.1.16 Протифільтраційні екрани з ґрунтоцементної або глинощобеневої суміші застосовують для МГК, які влаштовують на глинистих ґрунтах. При влаштуванні споруд на основі з крупнопіщаних, скельних і великоуламкових ґрунтів застосовують ґрунтоцементні, глинощобеневі, бетонні та комбіновані габіонні екрани. Розміри і глибина розташування протифільтраційних екранів повинні визначатися розрахунком. Глибина закладання має дорівнювати товщині подушки; для глинистих ґрунтів - не менше глибини сезонного промерзання.

8.1.17 Аркова конструкція має монтуватися на залізобетонному фундаменті. Тип і конструкція фундаменту визначається з урахуванням розпору. Арка має бути встановлена і забетонована в опорних швелерах, які закладаються у фундаменті.

Розташування опорного швелера визначають в залежності від внутрішнього кута арки так, щоб гофровані листи нижнього ряду були перпендикулярні швелеру.

Конструкція вузла об'єднання металоконструкції і фундаменту приймається в залежності від прогону арки, як зазначено (рисунок 8.3). Параметри металевої п'яти повинні відповідати вимогам 5.1, та 8.2.1 і 8.2.8 цих норм. У випадку, коли отвір споруди перевищує 8 м параметри металевої п'яти вузла з'єднання металоконструкції і фундаменту встановлюються розрахунком відповідно до 8.2.8.

8.1.18 Ґрунтова призма навколо металевих гофрованих конструкцій на ширині не менше ніж 4 м з кожної сторони і висотою не менше ніж 0,5 м над верхом конструкції має бути відсипана з ґрунту відповідно до вимог 5.7. Укоси призми повинні мати ухил відкосів не більше 1:1. Ґрунт засипання слід відсипати та ретельно ущільнювати (коефіцієнт ущільнення повинен бути не нижче ніж 0,95). Для перепуску важких будівельних машин товщину засипання над верхом конструкції необхідно призначати за розрахунком згідно з [11].

Допускається застосовувати армування ґрунтової обойми навколо конструкції геосинтетичними матеріалами (геотекстилем, георешітками, геосітками) для зниження величини горизонтального тиску. Геометричні розміри армованої ґрунтової обойми рекомендується призначати розрахунком, при цьому ширина по верху обойми призначається не більше $2D$, а в рівні горизонтального діаметру - $(1,0 - 1,5) D$ у кожному напрямку.

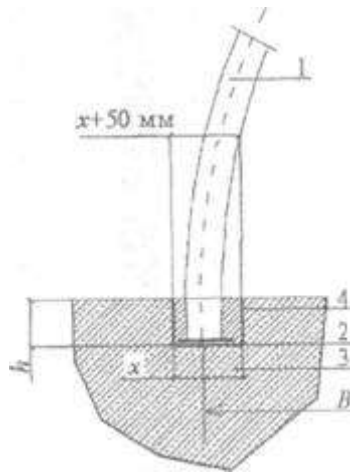
Матеріал засипання споруди призначають в залежності від прийнятого типу матеріалу армування. У випадку застосування щебневих ґрунтів необхідно забезпечити захист цинкового покриття від механічних ушкоджень (при засипці фракційними матеріалами).

Нижче рівня горизонтального діаметра МГК армування ґрунту призначається конструктивно в залежності від розмірів споруди із метою обов'язкового пошарового відсипання. Необхідність армування основи призначається розрахунком в залежності від інженерно-геологічних умов.

8.1.19 Поздовжній профіль металеві гофрованої конструкції слід влаштовувати з будівельним підйомом.

8.1.20 У багатовічкових спорудах відстань у проясненні між суміжними конструкціями призначають з умови забезпечення можливості роботи людей із ґрунтоущільнювальними механізмами, але не менше ніж 1,2 м.

8.1.21 При ремонті залізобетонних споруд методом гільзування контур та розмір поперечного перерізу металеві конструкції підбирають з максимальним наближенням до існуючого розміру. При цьому, діаметр МГК по зовнішній грані хвилі гофра повинен бути не менше ніж на 15 см менший найменшого внутрішнього діаметру залізобетонної труби, яка ремонтується, з урахуванням просідання. При цьому, необхідно проводити гідравлічний розрахунок з врахуванням зміни поперечного перерізу.



1 - металевий гофрований лист нижнього ряду; 2 - металева п'ята; 3 - залізобетонний фундамент; 4 - опорний швелер; B - прогін арки

При $B < 5$ м $h = 150$ мм, при $5 > 5$ м $h = 250$ мм

Рисунок 8.3 - Конструкція вузла об'єднання металеві арки і залізобетонного фундаменту

8.1.22 Для забезпечення безпеки пішоходів та захисту МГК від пошкодження транспортними засобами в автодорожніх тунелях необхідно витримувати габарити наближення транспортних засобів до будівель та обладнання автодорожніх тунелів згідно з ДСТУ ГОСТ 24451. Також, в автодорожніх тунелях та пішохідних переходах доцільне влаштування обробки країв МГК та встановлення парпетних огорожень згідно з ДСТУ Б В.2.3-10.

8.1.23 Для захисту людей від падіння у місцях влаштування МГК слід встановлювати перильне огороження згідно з ДСТУ Б В.2.3-11 або дорожнє металеве огороження бар'єрного типу згідно з ДСТУБ В.2.3-12.

Також, доцільне облаштування експлуатаційними пристроями для огляду (сходи).

8.1.24 Для попередження та уникнення наїзду автотранспорту слід передбачати перед і за спорудою влаштування напрямних пристроїв згідно з ДСТУБ В.2.3-9.

8.1.25 Для захисту МГК від електрокорозії всі конструкції повинні бути заземлені.

8.2 Елементи металевої гофрованої конструкції

8.2.1 Споруда має складатися з окремих елементів – гофрованих листів, вигнутих по заданому радіусу і об'єднаних між собою в поздовжньому (вздовж осі конструкції) і поперечному (кільцевому) напрямках.

8.2.2 Геометричні параметри гофрованих листів вибираються з умови забезпечення міцності, стійкості, довговічності споруди в запроєктованому насипу.

8.2.3 Для конструкцій з отвором до 8 м допускається застосовувати хвилясті листи товщиною від 3,0 до 8,00 мм із гофром 150×50 мм, 152,4×50,8 мм, 164×57 мм. Але при менших діаметрах до 3 м можна застосовувати хвилясті листи товщиною 2,75 мм. При техніко-економічному обґрунтуванні для споруд з отвором від 8 м до 25 м при погодженні з замовником допускається застосування гофрованих листів інших профілів і товщини, наприклад, листів із гофром 200×55 мм, якщо вони забезпечують щільне з'єднання листів внапуск і достатню жорсткість, що гарантує необхідну міцність і стійкість гнучкої конструкції в запроєктованому насипу.

8.2.4 Основним типом з'єднання стандартних металевих гофрованих елементів між собою є стик внапуск на болтах, а також фланцеві стики на болтах.

8.2.5 Металеві гофровані елементи повинні забезпечувати можливість їх укрупненого складання, транспортування і наступного об'єднання окремих блоків і секцій на будівельному майданчику або на підготовленій основі.

8.2.6 При індивідуальному проектуванні корисна довжина (відстань між центрами крайніх отворів поперечного стику) елементів МГК має забезпечувати надійний збіг отворів у поперечному стику елементів при максимально можливому розмірі елемента. Отвори під болти поперечних стиків повинні бути овальної форми, витягнутої вздовж найдовшого краю листа. Поперечні стики слід призначати конструктивно з однорядним розташуванням болтів і постійною відстанню (кроком) між отворами під болти.

8.2.7 Отвори під болти поздовжніх стиків мають розташовуватися за однією з наступних схем:

- в шаховому порядку: у кожному ряді один отвір на всіх гребнях і всіх западинах хвилі;
- в кожному ряді два отвори на кожному гребені і у кожній западині;
- в два ряди з одним отвором в кожному гребені зовні хвилі і з двома отворами в кожному ряді у западинах.

Схема розташування отворів під болти має бути відображена в супровідних документах на вироби (в паспорті, сертифікаті відповідності), які видаються в установленому порядку.

Поздовжні стики суміжних ланок слід розташовувати із взаємним зміщенням на один-чотири кроки прийнятих для болтів поперечних стиків і постійним для кожної окремої конструкції. Кріпильні елементи металевих гофрованих конструкцій постачають у комплекті.

8.2.8 Аркові конструкції повинні постачатися з привареною металевою пластиною (п'ятою) перпендикулярно до кожного гофрованого листа нижнього ряду. Товщина металевої п'яти має бути не менше ніж 7 мм; ширина приймається вдвічі більше висоти хвилі. Елементи п'яти приварюють до оцинкованого листа таким чином, щоб при об'єднанні гофрованих листів нижнього ряду відстань між краями сусідніх пластин дорівнювала би довжині хвилі.

8.3 Захисні покриття і лотки

8.3.1 Основним заходом для захисту металевих гофрованих листів, болтів і гайок від корозії є цинкове покриття з товщиною шару не менше ніж 80 мкм, яке наноситься на внутрішню і зовнішню поверхню при виготовленні елементів згідно ГОСТ 9.307 [2], ГОСТ 3640 [5].

8.3.2 Додатковий захист металевих листів від корозії потрібно призначати на основі даних про корозійну активність (агресивність) ґрунтів основи, насипу та води, що протікає через споруду.

Агресивність ґрунту по відношенню до МГК можливо оцінити за величиною питомого опору ґрунту (таблиця 8.1):

Таблиця 8.1 - Агресивність ґрунту по відношенню до МГК

| | | | |
|-------------------------------|-----------------|--------------------|------------------|
| Питомий опір ґрунту, Ом *М | 100 | 100-10 | 10 |
| Ступінь корозійної активності | слабо-агресивна | середньо-агресивна | сильно-агресивна |

Агресивність води, яка тече крізь МГК, можливо оцінити за величиною pH відповідно до таблиці 8.2:

Призначати вид і товщину додаткового покриття потрібно виходячи із швидкості кородування матеріалу покриття в різних агресивних середовищах. Тип додаткового покриття МГК потрібно призначати з врахуванням загального показника агресивності ґрунту та води (таблиця 8.3).

Таблиця 8.2 - Агресивність води, яка тече крізь МГК

| Показник pH | 8,1- 11,0 | | 8,0 - 6,0 11,1-12,5 | | менше ніж 6,0 більше ніж 12,5 | |
|--|-----------------|--------------------|------------------------|--------------------|----------------------------------|------------------|
| Сумарна концентрація сульфатів і хлоридів, г/л | менше ніж 0,5 | 0,5 - 5,0 | більше ніж 5,0 | менше ніж 0,5 | 0,5 і більше | будь-яка |
| Ступінь корозійної активності | слабо-агресивна | середньо-агресивна | сильно-агресивна | середньо-агресивна | сильно-агресивна | сильно-агресивна |

Таблиця 8.3 - Тип додаткового антикорозійного покриття МГК

| Загальний показник ступеню агресивності ґрунту та води | Тип додаткового антикорозійного покриття поверхні | |
|--|--|--|
| | внутрішній | зовнішній |
| Слабо-агресивна | Бетонний лоток | Ґрунтовка, мастика бітумно-гумова |
| Середньо-агресивна | Ґрунтовка, мастика бітумно-гумова: асфальтобетонний лоток | Ґрунтовка, мастика бітумно-гумова, бітумно-мінеральна (бітуміноль) |

Примітка 1. За загальний показник ступеню агресивності рекомендовано приймати більшу величину з показників ступеню агресивності ґрунту та води.

Примітка 2. Ґрунтовку та мастику можна не застосовувати при слабо-агресивній корозійній активності, якщо МГК засипають дренавальними ґрунтами.

Примітка 3. Товщину шару, їх кількість, тип, марку лотків та мастик застосовують згідно з розділом 5.

8.3.3 Застосування МГК у сильноагресивних середовищах допускається тільки з додатковим захисним покриттям за спеціальним проектом, який погоджується із замовником.

Застосування металевих гофрованих конструкцій на автомобільних дорогах І категорії в сильноагресивних середовищах не дозволяється, а в середовищах середньоагресивних допускається тільки з додатковим захисним покриттям за спеціальним проектом, який погоджений з замовником.

8.3.4 Ступінь корозійної активності недренувальних ґрунтів основи і насипу стосовно металоконструкцій необхідно враховувати при виборі типу додаткового захисту за даними лабораторного аналізу і визначати за величиною питомого електричного опору ґрунту. Питомий електричний опір ґрунтів визначають за методикою згідно з ГОСТ 9.602 [3].

8.3.5 Додаткові захисні покриття конструкцій слід наносити на ділянки, які зазнають впливу агресивних середовищ. У середині водоперепускних МГК допускається влаштовувати бетонний або асфальтобетонний лоток.

8.3.6 Додаткові захисні покриття можуть наноситися, як у заводських умовах, так і на будівельному майданчику.

8.3.7 При використанні ґрунту засипання з розміром часток більше ніж 30 мм необхідно передбачати додатковий захист від механічних ушкоджень антикорозійного цинкового покриття. Як додатковий захист використовуються геосинтетичні матеріали.

8.3.8 Як додатковий антикорозійний захист у водоперепускних МГК влаштовуються монолітні або збірні лотки з бетону, полімербетону, або полімеррозчинів згідно з 5.9, 5.14. Варіанти монолітних і збірних лотків необхідно вибирати з умов техніко-економічної доцільності їхнього застосування в конкретних умовах будівництва.

8.3.9 Конструкція лотків має відповідати наступним вимогам: товщина лотка над гребенем гофра має бути не менше ніж 2 см, кут охоплення внутрішньої поверхні конструкції лотком повинен становити від 90° до 120°.

8.3.10 Лотки з монолітного бетону слід армувати металеву сіткою, яку відгинають на торцях конструкції і прикріплюють двома чи трьома болтами через кожні 2 м довжини споруди.

8.3.11 Споруди МГК необхідно проектувати з виконанням науково-технічного супроводу організаціями відповідно до ДБН В.1.2-5.

9. ЗАГАЛЬНІ ВИМОГИ ПРОЕКТУВАННЯ ПЛАСТИКОВИХ ТРУБ

9.1 Проект дорожньої труби має бути розроблено так, щоб мінімізувати можливість її руйнування у результаті аварій транспорту та людських помилок при експлуатаційному догляді.

9.2 Проектні рішення повинні забезпечувати відсутність потенційних ушкоджень або обмежувати їх вплив на споруду шляхом вибору раціональних конструктивних форм. Зменшення і контроль ризику досягаються застосуванням таких принципів:

- застосовувати конструктивні схеми та конструкції оголовків і відмостки, які дали б змогу усунути або зменшити потенційний ризик пошкодження чи руйнування насипу, а відтак і тіла самої труби;

- статичну схему споруди належить вибирати такою, щоб вона була мінімально чутливою до непередбачених змін у впливах і навантаженнях (наприклад, осідання ґрунту, проїзд наднормативних навантажень тощо);

- споруда має бути життєздатною: конструкція і конструктивна схема мають бути такими, щоб при ушкодженні одного із елементів споруди (наприклад, просідання фундаменту) вона могла ще деякий час, визначений періодом обстеження, виконувати свої функції і не була раптово зруйнованою.

9.3 Вимоги надійності і довговічності будуть задовольнятися, якщо проект буде виконано згідно з цим стандартом, який встановлює такі вимоги до процесу проектування дорожніх труб із синтетичних матеріалів:

- належний вибір матеріалів та їх коефіцієнтів надійності;
- достовірність фізико-механічних властивостей ґрунту основи;
- оцінка гідрологічних впливів із заданою забезпеченістю;

- належне визначення розрахункових комбінацій навантажень та відповідних коефіцієнтів надійності;
- перевірка елементів за граничними станами I та II груп;
- належне конструювання елементів дорожньої труби.

9.4 Дорожні труби розраховують на пропуск водяного потоку та міцність і стійкість конструкції труби. Розрахунки на міцність і стійкість виконуються за методом граничних станів. Розглядаються дві групи граничних станів, за межами яких споруда або її елемент не задовольняє вимогам експлуатації:

I група – за повною неможливістю експлуатації конструкцій, основ або втратою несної здатності дорожньої труби в цілому;

II група – за перешкодами до нормальної експлуатації, зменшенню проектної довговічності дорожньої труби.

10 ГІДРАВЛІЧНІ РОЗРАХУНКИ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ ПЛАСТИКОВИХ ТРУБ

10.1 Пропускна здатність

10.1.1 При відомих розмірах отвору труби її пропускна здатність залежить від глибини води перед спорудою. Визначення пропускної здатності труби може здійснюватись за аналітичними залежностями, які наведені нижче або за допомогою таблиць додатку А. При цьому необхідно враховувати режим протікання води в трубі: безнапірний, півнапірний чи напірний. Затоплена схема протікання води для дорожніх труб не характерна і тому не розглядається.

10.1.2 Пропускна здатність багато-очкових труб приймається кратною пропускній здатності однієї труби в споруді при тому самому напорі.

10.1.3 Гідравлічним аналогом безнапірного режиму є незатоплений водозлив з широким порогом. Умовою існування безнапірного режиму є граничне перевищення підпору перед трубою над висотою отвору не більше ніж 20 %, що забезпечує наявність по всій довжині труби вільної поверхні потоку (рисунок 10.1,а).

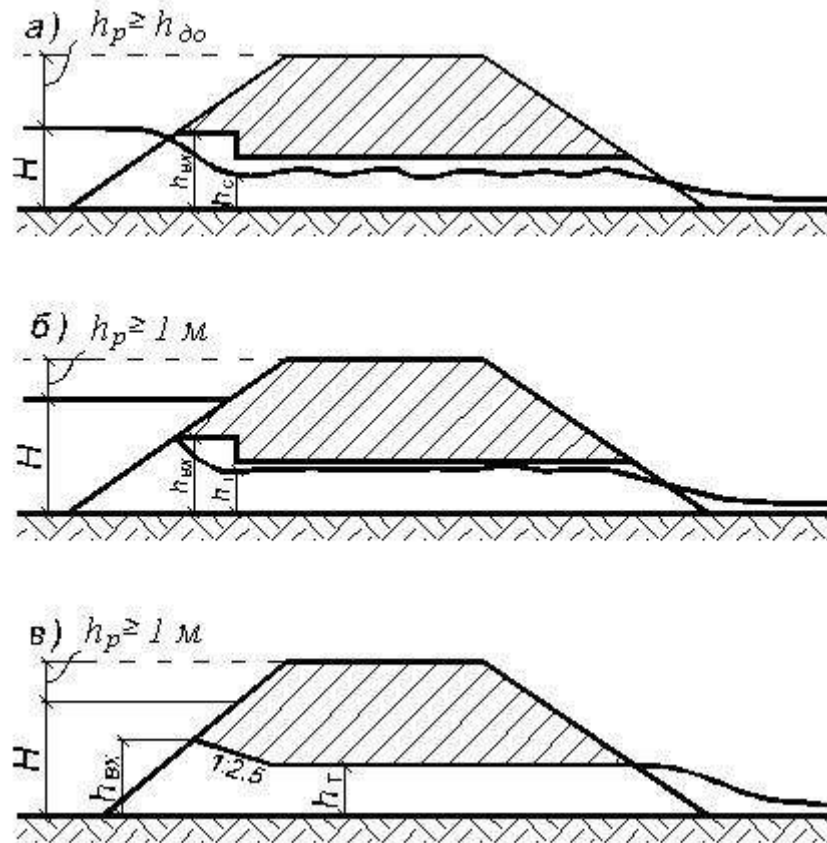


Рисунок 10.1 – Гідравлічна схема витікання в залежності від висоти рівня води на вході в трубу
Пропускну здатність Q , м³/с, розраховують за формулою:

$$Q = \varphi_6 \omega_c \sqrt{2g(H - h_c)} \quad (10.1)$$

де φ_6 – коефіцієнт швидкості безнапірної труби;

ω_c – площа потоку в перерізі із стиснутою глибиною, м²;

g – прискорення вільного падіння, м/с²;

H – напір перед трубою, м;

$h_c = 0,9h_c$ або $h_c = 0,5H$.

Враховуючи, що коефіцієнт швидкості для всіх оголовків крім обтічного

$\varphi_6 = 0,85$, матимемо для безнапірного режиму:

$$Q = 0,85 \omega_c \sqrt{gH} \quad (10.2)$$

де ω_c – площа потоку в перерізі із стиснутою глибиною, м²;

g – прискорення вільного падіння, м/с²;

H – напір перед трубою, м;

Площу потоку в стиснутому перерізі ω_c для круглих труб розраховують за допомогою таблиці додатку А.

10.1.4 Напівнапірний режим в трубі встановлюється за умови, що $H > 1,2h_m$, і розраховують за гідравлічною схемою витікання з-під щита згідно (рисунок 10.1,б). Таким чином, ознаки напівнапірного режиму становлять затоплений вхід в трубу і вільна поверхня потоку всередині по всій її довжині.

Пропускню здатність круглої труби, що працює в напівнапірному режимі розраховують за формулою:

$$Q = \varphi_n \omega_c \sqrt{2g(H - h_c)}, \quad (10.3)$$

де φ_n – коефіцієнт швидкості півнапірної труби;

ω_c – площа потоку в перерізі із стиснутою глибиною, м²;

g – прискорення вільного падіння, м/с²;

H – напір перед трубою, м;

$h_c = 0,6 h_{ex}$ (h_{ex} – висота отвору труби на вході).

При значеннях $\varphi_{II} = 0,85$ та $\omega_c = 0,6 \omega_{bx}$

$$Q = 0,51 \omega_c \sqrt{2g(H - 0,6h_c)} \quad (10.4)$$

де ω_c – площа потоку в перерізі із стиснутою глибиною, м²;

g – прискорення вільного падіння, м/с²;

H – напір перед трубою, м;

h_{ex} – висота отвору труби на вході, м;

10.1.5 При напірному режимі дорожня труба працює повним перерізом, за винятком незначної ділянки на виході згідно (рисунок 10.1,в). Для утримання в трубі стійкого напірного режиму протікання необхідне одночасне виконання трьох умов:

– висота $H > 1,4 h_m$;

– на вході в трубу передбачається спеціальний обтічний оголовок;

– поздовжній похил труби повинен бути меншим за похил тертя, $i < i_w$.

Похил тертя для повністю заповненої круглої труби становить:

$$i_w = \frac{Q^2}{576d^{5,3333}} \quad (10.5)$$

де Q – пропускна здатність, м³/с;

d – діаметр труби, м;

За цих умов пропускну здатність напірної труби визначають як для короткого трубопроводу:

$$Q = \varphi_m \omega_m \sqrt{2g(H - h_m)}, \quad (10.6)$$

де Q – пропускна здатність, м³/с;

ω_m і h_m – площа перерізу і висота основної ділянки труби, працюючої повним перерізом; для обтічного оголовка коефіцієнт швидкості $\varphi_m = 0,95$.

g – прискорення вільного падіння, м/с²;

H – напір перед трубою, м;

10.2 Визначення отворів дорожніх труб з врахуванням акумуляції

10.2.1 Отвори дорожніх труб завжди менші за ширину потоку зливових вод на підході до споруди. Через це частина води з водозбірного басейну затримується перед входом до труби, заповнюючи у верхньому б'єфі тимчасовий ставок з об'ємом акумульованої води $W_{ак}$, який іноді може досягати значної частини загального об'єму стоку W .

10.2.2 Акумуляція води перед спорудою дозволяє пропустити той самий об'єм стоку за триваліший час. В зв'язку з цим розрахункова витрата зменшується і можна прийняти менший отвір (при тому ж напорі H) або менший напір H (при тому ж отворі). Найбільший ефект від акумуляції досягається для дорожніх труб в рівнинній місцевості.

10.2.3 Об'єм акумульованої води обчислюється як об'єм піраміди (рисунок 10.2) за формулою:

$$W_{ac} = \frac{1}{3} k_{\phi} H^3 \quad (10.7)$$

де H – напір перед трубою, м;

k_{ϕ} – коефіцієнт форми улоговини, який визначається за виразом:

$$k_{\phi} = \frac{m_1 + m_2}{2i_y} \quad (10.8)$$

де: m_1 та m_2 – коефіцієнти закладання схилів басейну;

i_y – поздовжній похил дна улоговини.

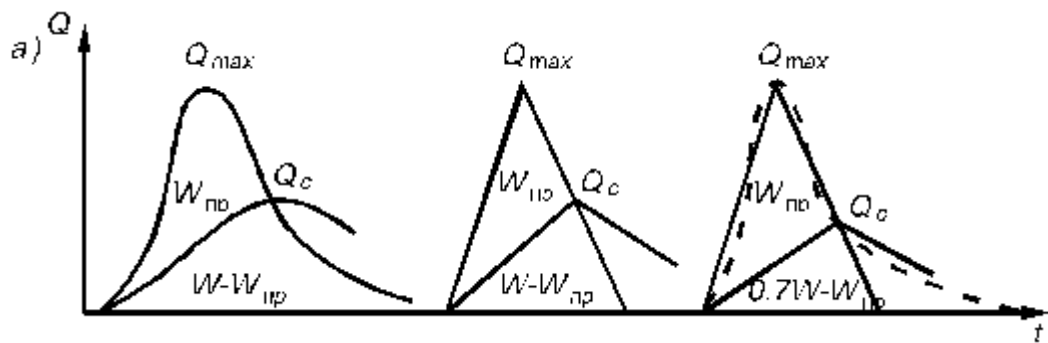


Рисунок 10.2 – Залежність пропускної здатності труби від об'єму акумульованої води

10.2.4 Акумуляцію доцільно враховувати, якщо коефіцієнт форми улоговини задовольняє нерівності:

$$k_{\phi} \geq \frac{W}{2H^3}, \quad (10.9)$$

де W – загальний об'єм стоку з водозбірного басейну;

H – напір перед трубою, м;

10.2.5 Скидна витрата $Q_{ск}$, на яку розраховується отвір труби, в загальному випадку визначається залежністю:

$$Q_{ск} = \varphi_{ак} Q_{max}, \quad (10.10)$$

де: $\varphi_{ак}$ – коефіцієнт акумуляції, який за нормативними вимогами не можна приймати менше ніж 0,33;

Q_{max} – максимальна розрахункова витрата, що визначається гідрологічним розрахунком.

10.2.6 Розрахунки пропускної здатності дорожніх труб при всіх режимах роботи належить здійснювати графо-аналітичним методом, який полягає в побудові графіків пропускної здатності типових (або індивідуально запроектованих) труб в системі координат H^3 і Q_c , (рисунок 10.3).

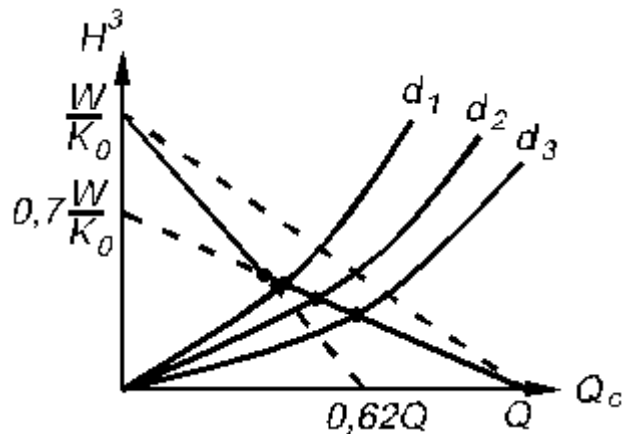


Рисунок 3 - Графік пропускної здатності водного потоку типових труб

Для визначення діаметрів дорожніх труб на цей графік наносяться два відрізки прямих акумуляції (рисунок 10.4) за формулою, отриманою на підставі уточнених характеристик гідрографів притоку води до споруди:

$$Q_c = Q_{max} \left(1 - \frac{W_{ак}}{0,7W} \right), \quad (10.11)$$

де $W_{ак}$ – об'єм акумульованої води перед спорудою, m^3 ;

дійсною в межах зменшення розрахункової витрати до трьох разів (в порівнянні з максимальною Q_{max}).

W – об'єм стоку, m^3 ;

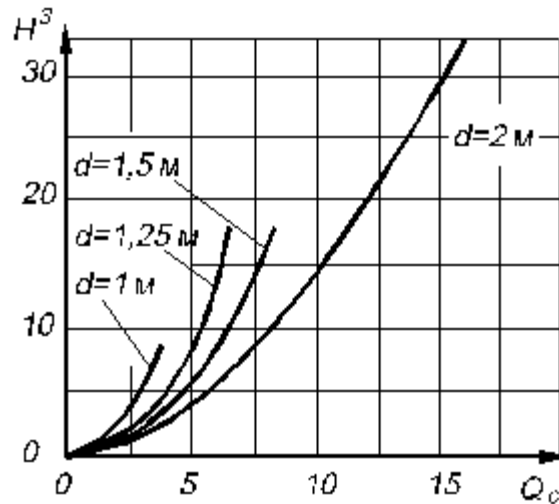


Рисунок 4 – Залежність скидної витрати води від напору перед трубою

При перевищенні нормативної величини зменшення витрати (більше трьох) розрахунок виконують за формулою:

$$Q_c = 0,62 Q_{max} \left(1 - \frac{W_{ак}}{W} \right) \quad (10.12)$$

де у формулах (11) та (12) $W_{ак} = k_0 H^3$ де $k_0 = k_\phi / 3$.

k_ϕ – коефіцієнт форми улоговини;

H – напір перед трубою, м;

10.2.7 Верхній відрізок прямої акумуляції на рисунку 10.4 відповідає не дозволеним, надто великим мірам акумуляції. Точки перетину нижнього відрізка з кривими пропускної здатності труб відповідають величинам H^3 та Q_c для різних їх отворів.

10.2.8 Багатоочкові труби з врахуванням акумуляції розраховуються в такий самий спосіб. Для двоочкових труб точками нижніх кінців прямих акумуляції на осі абсцис повинні бути $Q/2$ та $0,31Q$; для триочкових – $Q/3$ та $0,2Q$. Початкові точки прямих акумуляції на осі ординат залишаються тими же – $0,7W/k_0$ та W/k_0 .

10.2.9 Графо-аналітичний метод дає декілька рішень відповідно кількості точок перетину прямої акумуляції з кривими пропускної здатності труб та кількості очок. Вибір одного проектного рішення належить робити з огляду на висоту насипу, бажаному режиму протікання води, допустимої глибини і площі

дзеркала ставка перед спорудою (при небезпеці затоплення цінних земель чи будівель) та за економічними показниками.

10.3 Визначення пропускної здатності

10.3.1 Умови протікання потоку в гофрованих трубах відрізняються від умов протікання в звичайних гладких трубах лише підвищеною шорсткістю поверхні труби. Враховуючи, що при незатопленому стиснутому перерізі шорсткість практично не впливає на пропускну здатність труб, то її можна визначати: для безнапірних труб згідно з формулою (10.2); для напірних – згідно з формулою (10.3).

10.3.2 Для напірних круглих гофрованих труб пропускну здатність визначають за формулою:

$$Q = 3,48 \mu_n d^2 \sqrt{H + i l_n - 0,85d}, \quad (10.13)$$

де H – напір перед трубою, м;

μ_n – коефіцієнт витрати, який визначається за формулою:

$$\mu_n = \sqrt{\frac{l}{l + \zeta_{вх} + \zeta_{довж}}}, \quad (10.14)$$

де $\zeta_{вх}$ – коефіцієнт опору на вході, що становить:

– для труб без оголовка $\zeta_{вх} = 0,55$;

– для розтрубних оголовків з кутом розтрубу $\alpha_p = 10^\circ - 20^\circ$,

$\zeta_{вх} = 0$, – $\zeta_{вх} = 0,33$; для розтрубних оголовків з конічною ланкою 2;

$\zeta_{довж}$ – коефіцієнт гідравлічного опору по довжині, що обчислюється за формулою:

$$\zeta_{довж} = \frac{2gn^2(l_r - 3,6h_r)}{0,157d^{4/3}}, \quad (10.15)$$

де g – прискорення вільного падіння, м/с²;

n – коефіцієнт шорсткості, значення якого в залежності від розмірів гофра наведені в табл. 10.1

l_T – довжина труби;

d – діаметр труби, м;

Таблиця 10.1 – Шорсткість гофрованих труб в залежності від покриття

| Розмір гофри, мм | Коефіцієнти шорсткості n для гофрованих труб | | |
|------------------|--|-------------------------------|---------------------------------|
| | Без покриття | З покриттям на 0,25 периметру | З покриттям по всьому периметру |
| 62,7 × 12,7 | 0,024 | 0,021 | 0,012 |
| 76,2 × 25,4 | 0,027 | 0,023 | 0,012 |
| 130,0 × 32,5 | 0,028 | 0,024 | 0,012 |
| 150,0 × 50,0 | 0,031 | 0,026 | 0,012 |

10.3.3 Для гофрованих труб облаштування оголовка з метою збільшення пропускної здатності зазвичай виявляється дорожчим ніж збільшення отвору труби. Тому дозволяється застосовувати гофровані труби без оголовоків, дотримуючись таких вимог: нижня частина незрізної труби повинна виступати з насипу на рівні його підшови не менше ніж 0,2 м, а переріз труби зі зрізаним кінцем має виступати з тіла насипу не менше ніж 0,5 м.

10.4 Розрахунок нижнього б'єфу

10.4.1 Швидкість потоку на виході з труби значно перевищує нерозмивні швидкості для ґрунтів улоговини в нижньому б'єфі. При розтіканні швидкість потоку збільшується ще приблизно у 1,5 рази. Тому, щоб запобігти загрозливим для споруди розмивам, необхідно передбачити конструкцію кріплення нижнього б'єфу труби. Така конструкція віддаляє вирву місцевого розмиву від споруди, а спосіб розрахунку її глибини дозволяє вибрати оптимальне співвідношення між довжиною кріплення $l_{кр}$ та глибиною запобіжного укусу з коефіцієнтом закладання 1:1, яка дорівнює глибині розмиву плюс запас 0,5 м.

Для зменшення інтенсивності розмиву в кінці кріплення рекомендується влаштовувати рисберму заповнену крупногабаритним камінням.

10.4.2 Довжину кріплення за дорожніми трубами рекомендується приймати рівною трьом отворам, тому що на підставі експериментальних досліджень подальше збільшення довжини кріплення не призводить до суттєвого зменшення глибини вирви розмиву відповідно до табл. 10.2,

Таблиця 10.2 – Залежність зменшення глибини вирви розмиву від довжини кріплення за трубою

| A | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| $h_{\text{роз}}/H$ | 1,55 | 1,00 | 0,80 | 0,65 | 0,60 | 0,55 | 0,50 | 0,50 | 0,45 | 0,40 | 0,40 |
| <p>Примітка. $A = l_{\text{кр}}/b \cdot \text{tg}\alpha$; де: $l_{\text{кр}}$ – довжина кріплення нижнього б'єфу, м; b – ширина отвору; α – кут відхилення відкріпків оголовка від поздовжньої осі потоку (не більше ніж 45°); $h_{\text{роз}}$ – глибина вирви розмиву, м; H – напір перед трубою, м.</p> | | | | | | | | | | | |

11 РОЗРАХУНКИ ЗА МІЦНІСТЮ І СТІЙКІСТЮ КОНСТРУКЦІЇ ПЛАСТИКОВОЇ ТРУБИ

11.1 Загальні положення розрахунку

11.1.1 Діаметр труби, довжина, товщина стінки, окреслення і розміри гофра вибираються з наявного сортаменту пластикових труб виробника, тому мета розрахунків полягає в перевірці міцності та деформівності труби з вже призначеними розмірами.

11.1.2 Розрахункова схема споруди є моделлю системи «конструкція - ґрунт». За цією моделлю конструкція труби працює разом з навколишнім ґрунтом насипу, що досягається влаштуванням спеціальної ґрунтової призми, яка відсипається згідно з розділом 8.

11.1.3 Несні конструкції та основу труби розраховують на дію постійних і тимчасових рухомих навантажень. Розрахунки виконують за граничними станами відповідно до вимог 4.1.4 ДБН В.2.3-22.

11.1.4 Результатом міцнісного розрахунку є величина σ найбільшого стискального напруження в стінці труби, яке порівнюється з розрахунковим опором R матеріалу труби, тобто має виконуватися умова:

$$\sigma \leq mR, \quad (11.1)$$

де m - коефіцієнт умов роботи;

R - розрахунковий опір матеріалу труби.

11.1.5 Результатом розрахунку деформацій є визначення зменшення розміру перерізу труби вертикального d_1 і (або) збільшення горизонтального d_2 . Вони порівнюються з допустимими зменшеннями (збільшеннями), які залежать від

розмірів перерізу, розташування труби в насипу, властивостей ґрунту. Має виконуватися нерівність:

$$\delta \leq [\delta], \quad (11.2)$$

де $[\delta]$ - величина допустимого зменшення (збільшення) визначається за табл. 11.3.

11.1.6 Напруження σ знаходять від дії розрахункового тиску ґрунту насипу та від дії тимчасового навантаження. Переміщення визначають за нормативними навантаженнями.

11.2 Матеріали

11.2.1 Для водовідвідних дорожніх труб використовують синтетичні матеріали: поліетилен (ПЕ), полівінілхлорид (ПВХ) та інші матеріали, які задовольняють вимоги чинних нормативних документів та сертифікатів відповідності. Механічні характеристики залежать від матеріалу і типу труби.

Застосовуються такі типи труб: гладкі, гладкі з середини і з ребрами ззовні та гофровані. Механічні характеристики приймаються за сертифікатами виробника.

Значення механічних характеристик прийняті для розрахунків за першою і другою групами граничних станів мають бути не менше, ніж вказано в табл. 11.1

Таблиця 11.1 – Граничні значення механічних характеристик труб

| Матеріал | Тип труби | До початку експлуатації | | Термін служби 50 років | |
|----------|------------|--|--------------------------|--|--|
| | | Розрахунковий опір на розтяг-стиск, R, МПа | Модуль пружності, E, МПа | Розрахунковий опір на розтяг, R _t , МПа | Модуль пружності, E _t , МПа |
| ПЕ | гладка | 20,7 | 759 | 9,9 | 152 |
| | гофрована | 20,7 | 759 | 6,2 | 152 |
| | ребриста | 20,7 | 552 | 7,8 | 138 |
| ПХВ | всіх типів | 41,4 | 2760 | 17,9 | 1093 |

Для інших типів матеріалів механічні характеристики регламентуються у встановленому порядку.

11.2.2 Ґрунти для засипки труби та влаштування подушки під конструкцію

за своїми фізико-механічними характеристиками повинні відповідати вимогам ДСТУ-Н Б В.2.3-32, ДСТУ Б В.2.7-32.

11.2.3 Бетон і арматура оголовків і лотків пластикових труб повинні відповідати вимогам ДБН В.2.3-14.

11.3 Навантаження і впливи

11.3.1 Напруження і деформації розраховуються від тиску насипу і від впливу транспорту. Допускається нехтувати власну вагу труби в порівнянні з вагою ґрунту і з дією рухомого складу.

11.3.2 Нормативний тиск на трубу від ваги ґрунту насипу визначається:

– вертикальний тиск, рівномірно розподілений по ширині труби

$$p_{v1} = C_v \gamma_n h, \quad (11.3)$$

де C_v - коефіцієнт вертикального тиску, для пластикових труб допускається приймати $C_v = 1$;

– горизонтальний (бічний) тиск, рівномірно розподілений по висоті труби

$$p_{h1} = \gamma_n h_x \tau_n, \quad (11.4)$$

де γ_n – нормативна питома вага ґрунту засипки;

h – висота засипки, вираховується від верху труби до верху дорожнього покриття при визначенні вертикального тиску;

h_x - висота засипки, вираховується від середини висоти труби до верху дорожнього покриття або до підшви рейки при визначенні горизонтального тиску;

τ_n – коефіцієнт нормативного горизонтального (бічного) тиску, визначають за формулою

$$\tau_n = tg^2(45^\circ - 0,5\varphi_n), \quad (11.5)$$

де φ_n – нормативний кут внутрішнього тертя ґрунту засипка;

При типовому проектуванні допускається приймати нормативну питому вагу ґрунту засипки $\gamma_n = 18 \text{ кН/м}^3$ ($1,8 \text{ т/м}^3$), нормативний кут внутрішнього тертя ґрунту для труб в насипу $\varphi_n = 30^\circ$, для оголовків труб – 25° .

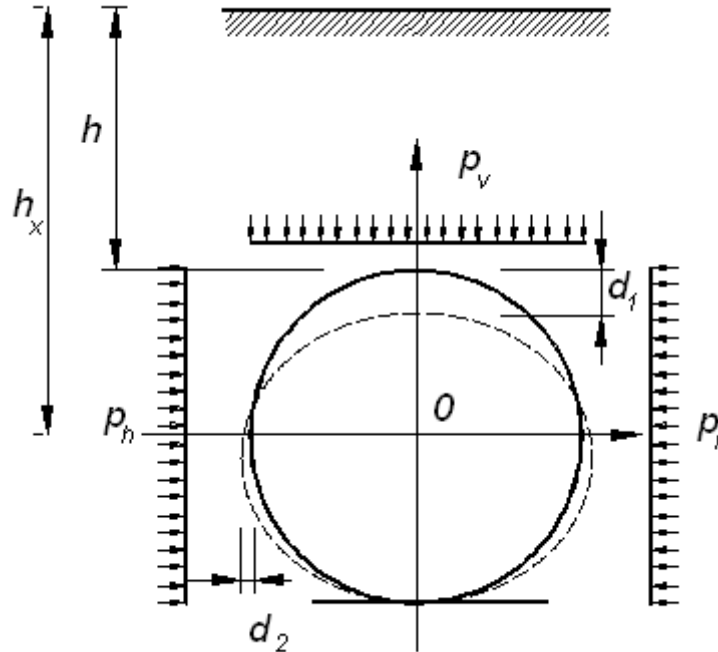


Рисунок 11.5 - Принципова схема навантажень, які діють на трубу

11.3.3 Нормативний тиск ґрунту від рухомого складу на дорожню трубу визначають за формулою:

а) вертикальний тиск

від тандема АК (відповідно до ДБН В.1.2-15) на автомобільних, міських дорогах, на дорогах промислових підприємств, де в обігу є автомобілі АК

$$p_{v2} = \Psi / (\alpha_0 + h) \quad (11.6)$$

б) горизонтальний тиск

$$p_{h2} = p_{v2} \tau_n, \quad (11.7)$$

де d - зовнішній діаметр (ширина) труби, м;

h - відстань від підшви рейки або верху дорожнього одягу до верху труби, м;

τ_n - коефіцієнт, визначають згідно з формулою (11.5);

Ψ – лінійне навантаження, визначають згідно з табл. 11.2;

α_0 - довжину ділянки поширення, визначають згідно з табл. 11.2

Таблиця 11.2 – Величина лінійного навантаження та довжина ділянки його поширення в залежності від типу рухомого навантаження

| Параметр | Для навантажень | | | | | | |
|--------------------|--------------------------|--------------|---------------|---------------|---------------|-------------|-------------|
| | НК | АБ-51 | | АБ-74 | | АБ-151 | |
| | В разі висоти засипу*, м | | | | | | |
| | 1, не менше | 1,3 не менше | менше ніж 1,3 | 1,9; не менше | менше ніж 1,9 | 3, не менше | менше від 3 |
| Ψ , кН/м(т/м) | 186(19) | 186(19) | 42(4,3) | 186(19) | 66(6,7) | 186(19) | 93(9,5) |
| α_0 , м | 3 | 3 | -0,3 | 3 | -0,15 | 3 | 0 |

*- якщо висота засипу h менша від 1 м на навантаження **НК** розмір тиску на ту частину труби, що розраховується визначають згідно з урахуванням поширення тиску в ґрунті під кутом до вертикалі $\arctg 0,5$

Висоту прикладання навантаження v_k та F_k (від верху дорожнього покриття) слід приймати:
 1,5 – для транспортних засобів навантаження АК;
 2,2, 2,5 та 3,1 – для навантажень відповідно АБ-51, АБ-74 та АБ-151

11.4 Міцність пластикових дорожніх труб

11.4.1 Міцність пластикових труб визначають за формулою:

$$N/A \leq mR, \quad (11.8)$$

де N – зусилля стиску в стінці труби від розрахункового навантаження, що припадає на ділянку довжиною l в один гофр;

A - площа перерізу одного гофра;

R - розрахунковий опір матеріалу пластикової труби;

$m = 0,9$ – коефіцієнт умов роботи.

11.4.2 Величина N зусилля стиску в стінці труби, що припадає на ділянку довжиною l в один гофр, визначають за формулою:

$$N = l(0,5p_{\text{ж}}D + Th), \quad (11.9)$$

$$T = f(1,3p_{v1} + 1,2p_{v2}) \quad (11.10)$$

де тиск p для автодорожніх труб, дорівнює

$$p_v = 1,3p_{v1} + 1,2p_{v2} \quad (11.11)$$

де p_{v1} – нормативний вертикальний тиск від ваги ґрунту насипу відповідно до (11.3);

p_{v2} - нормативний вертикальний тиск від тимчасового навантаження згідно з формулою (11.6);

D – зовнішній діаметр (ширина) труби, м;

l – довжина одного гофра, вимірювана вздовж осі труби, м;

h – відстань від верху дорожнього одягу до верху труби, м;

φ – коефіцієнт внутрішнього тертя ґрунту засипу.

11.5 Деформації пластикових дорожніх труб

11.5.1 Для дорожніх труб належить розраховувати змінювання вертикального і (або) горизонтального розмірів перерізу (вертикального і горизонтального діаметрів). Належність труби до гнучких визначається числовим значенням показника n , який вираховується за формулою

$$n = EI / (E_g r^3 l), \quad (11.12)$$

де E – модуль пружності матеріалу труби;

I – момент інерції ділянки труби довжиною в один гофр відносно осі, яка паралельна до поздовжньої осі труби і проходить через центр тяжіння гофра;

E_g – модуль пружності ґрунту засипки при стисканні;

r – радіус середньої поверхні труби;

l – довжина гофра.

До гнучких належать труби з показником гнучкості $n \leq 0,2$.

11.5.2 Відносний вертикальний прогин гнучкої пластикової труби – скорочення вертикального розміру (діаметра) визначають за формулою:

$$\delta_1 = 0,23 p_v r^3 / (EI + 0,061 E_g r^3), \quad (11.13)$$

де $p_v = p_{v1} + p_{v2}$ – нормативний вертикальний тиск на трубу від спільної дії ваги ґрунту насипу і рухомого складу;

p_{v1} – вертикальний тиск ґрунту насипу визначають за формулою (11.3);

p_{v2} – вертикальний тиск від рухомого складу визначають за формулою (11.6);

r – радіус середньої поверхні труби, м;

E – модуль пружності матеріалу труби;

I – погонний (що припадає на одиницю довжини труби) момент інерції перерізу труби відносно осі, яка паралельна до поздовжньої осі труби і проходить через центр тяжіння гофру;

E_g – стискальний модуль пружності ґрунту засипки, залежить від ступеня ущільнення при укладанні і визначається, як правило, за результатами компресійних випробувань зразків лабораторії;

Визначений за формулою (11.13) вертикальний прогин порівнюється з його допустимою величиною (табл. 11.3)

Таблиця 11.3 – Відносна величина допустимого прогину в залежності від зовнішнього діаметру труби

| Зовнішній діаметр труби, не більше; мм | Відносна величина допустимого прогину, не більше; % |
|---|--|
| 300 | 3,75 |
| 750 | 3,00 |
| 1500 | 2,25 |
| 2500 | 1,90 |

Відносний горизонтальний прогин δ_2 – змінювання найбільшого горизонтального розміру перерізу (горизонтального діаметра) визначають за формулою:

$$\delta_2 = 0,1r^3 p_v (1 - k) / (EI), \quad (11.14)$$

де r - радіус середньої поверхні труби;

$p_v = p_{v1} + p_{v2}$ – нормативний вертикальний тиск на трубу від спільної дії ваги ґрунту насипу і рухомого складу;

$k = p_v / p_k$ – коефіцієнт, що враховує співвідношення між вертикальним і горизонтальним тиском;

$p_k = p_{k1} + p_{k2}$ - нормативний горизонтальний тиск на трубу від спільної дії ваги ґрунту насипу і рухомого складу;

I – погонний (що припадає на одиницю довжини труби) момент інерції перерізу труби відносно осі, яка паралельна до поздовжньої осі труби і проходить через центр тяжіння гофра.

Величину δ_2 слід порівнювати з допустимою величиною прогину відповідно до таблиці 11.3.

11.6 Конструктивні вимоги

11.6.1 Мінімальна товщина ґрунтового засипу над трубою h за умови дотримання вимог таблиці 11.2 приймає значення $h \geq 0,5$ м.

11.6.2 При необхідності проектування кількох пластикових труб підряд (труба з двох чи більше вічок) відстань між трубами в провіт має бути не менше ніж половина діаметру труби.

12 ВИМОГИ ДО ҐРУНТІВ В ЗОНІ ПЛАСТИКОВОЇ ТРУБИ

12.1 Для влаштування подушки під конструкцію слід застосовувати піски середньої крупності, гравелісті, згідно з ДСТУ Б В. 2.7-32, та щебенево-галькові і гравійні ґрунти, що не містять уламків розміром більше ніж 50 мм. Ґрунти не повинні містити більше ніж 10 % часток розміром менше ніж 0,1 мм, у тому числі більше 2 % глинистих часток розміром менше ніж 0,005 мм згідно з ДСТУ Б В.2.7-32.

12.2 Для влаштування ґрунтової обійми навколо конструкції допускається застосовувати піски дрібні, які вміщують не більше 10 % часток розміром менше 0,1 мм, у тому числі не більше ніж 2 % глинистих часток розміром менше ніж 0,005 мм згідно з ДСТУ Б В.2.7-32.

12.3 Компресійний модуль деформації ґрунту повинен становити не менше ніж 300 МПа. Допускається використання ґрунтів з меншим значенням модуля деформації при відповідному техніко-економічному обґрунтуванні і перевірці розрахунком на спільну роботу з пластиковою трубою.

ДОДАТОК А

(довідковий)

ГІДРАВЛІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТИПОВИХ КРУГЛИХ
ПЛАСТИКОВИХ ТРУБ

Таблиця А.1

| Діаметр отвору, м | Витрата, м ³ /с | Глибина води перед трубою, м | Швидкість на виході з труби, м/сек | Діаметр отвору, м | Витрата, м ³ /с | Глибина води перед трубою, м | Швидкість на виході з труби, м/сек |
|---|----------------------------|------------------------------|------------------------------------|-------------------|----------------------------|------------------------------|------------------------------------|
| Безнапірний режим | | | | | | | |
| Портальний оголовок | | | | 1,50 | 2,00 | 1,13 | 2,70 |
| | | | | | 2,50 | 1,29 | 3,00 |
| | | | | | 2,70 | 1,37 | 3,20 |
| | | | | | 3,00 | 1,46 | 3,30 |
| 0,75 | 0,20 | 0,41 | 0,40 | | 3,50 | 1,61 | 3,50 |
| | 0,40 | 0,62 | 0,70 | | 3,90 | 1,74 | 3,80 |
| | 0,60 | 0,79 | 2,00 | | 2,50 | 1,19 | 2,90 |
| | 0,74 | 0,90 | 2,20 | | 2,80 | 1,27 | 3,00 |
| Раструбний оголовок з нормальною вхідною ланкою | | | | | 3,00 | 1,32 | 3,00 |
| | | | | | 3,50 | 1,45 | 3,20 |
| | | | | | 3,90 | 1,54 | 3,30 |
| | | | | | 4,25 | 1,63 | 3,50 |
| 1,00 | 0,60 | 0,68 | 2,10 | 4,70 | 1,75 | 3,70 | |
| | 0,80 | 0,81 | 2,30 | 5,00 | 1,81 | 3,70 | |
| | 1,00 | 0,93 | 2,40 | 6,00 | 2,08 | 4,10 | |
| | 1,20 | 1,05 | 2,60 | 4,50 | 1,47 | 3,20 | |
| Раструбний оголовок з конічною вхідною ланкою | 1,00 | 1,40 | 2,80 | 5,00 | 1,55 | 3,30 | |
| | | | | 5,50 | 1,65 | 3,47 | |
| | | | | 6,00 | 1,73 | 3,50 | |
| | | | | 6,50 | 1,81 | 3,60 | |
| | | | | 7,00 | 1,90 | 3,70 | |
| | | | | 7,50 | 1,98 | 3,80 | |
| 1,00 | 0,80 | 0,57 | 1,40 | 8,00 | 2,06 | 3,90 | |
| | 1,00 | 0,84 | 2,40 | 8,50 | 2,14 | 4,00 | |
| | 1,40 | 1,03 | 2,70 | 9,00 | 2,22 | 4,10 | |

| | | | | | | | |
|---|------|------|------|---|-------|------|------|
| | 1,65 | 1,14 | 2,90 | | 9,50 | 2,31 | 4,20 |
| | 2,00 | 1,31 | 3,30 | | 10,00 | 2,38 | 4,30 |
| | 2,20 | 1,39 | 3,40 | | 10,50 | 2,46 | 4,30 |
| 1,25 | 1,00 | 0,77 | 2,20 | | 11,00 | 2,54 | 4,50 |
| | 1,50 | 0,95 | 2,50 | | 12,50 | 2,78 | 4,80 |
| Напівнапірний режим | | | | | | | |
| 1,00 | 1,60 | 1,30 | 3,30 | | 2,80 | 2,95 | 5,70 |
| | 2,00 | 1,80 | 4,10 | | 3,00 | 3,16 | 6,00 |
| | 2,40 | 2,34 | 4,90 | | | | |
| Напірний режим | | | | | | | |
| Раструбний оголовок з нормальною вхідною ланкою | | | | Раструбний оголовок з конічною вхідною ланкою | | | |
| | | | | 1,50 | 7,00 | 2,24 | 4,40 |
| 1,00 | 3,00 | 1,66 | 4,20 | | 8,00 | 2,40 | 5,00 |
| | 3,50 | 2,02 | 5,00 | | 8,50 | 2,58 | 5,30 |
| | | | | 2,00 | 13,50 | 2,86 | 4,90 |
| 1,25 | 5,00 | 1,96 | 4,50 | | 14,50 | 3,01 | 5,10 |
| | 6,00 | 2,45 | 5,40 | | 16,00 | 3,11 | 5,70 |
| | | | | | 16,50 | 3,22 | 6,10 |

ДОДАТОК Б

(довідковий)

БІБЛІОГРАФІЯ

1. ГОСТ 9.306-85 ЕСЗКС. Покрyтия металлические и неметаллические неорганические. Обозначения
2. ГОСТ 9.307-85 ЕСЗКС. Покрyтия металлические и неметаллические неорганические. Обозначения (Покрyття металеві та неметалеві неорганічні. Позначення)
3. ГОСТ 9.602-89 ЕСЗКС. Сооружения подземные. Общие требования к защите от коррозии (Споруди підземні, Загальні вимог до захисту від корозії)
4. ГОСТ 1050-88 ЕСЗКС. Покрyтия цинковые горячие. Общие требования и методы контроля
5. ГОСТ 3640-94 Цинк. Технические условия
6. ГОСТ 12812-80 Тиоколы жидкие. Технические условия
7. ГОСТ 14637-89 (ИСО 4995-78) Прокат толстолистовой из углеродистой стали обыкновенного качества. Технические условия
8. ГОСТ 17066-80 Прокат тонколистовой из конструкционной низколегированной стали. Технические условия
9. ГОСТ 27772-88 Прокат для строительных стальных конструкций. Общие технические условия
10. СОУ 42.1-37641918-119:2014 Суміші литі емульсійно-мінеральні
11. Инструкция по проектированию и постройке металлических гофрированных водопропускных труб. ВСН 176-78, Минтрансстрой СССР. МПС СССР. Москва 1979.-130 с.
12. Пособие по гидравлическим расчетам малых искусственных сооружений. М., Транспорт. 1992.

ГБН В.2.3-376-41918-560:201Х

Код УКНД 93.040

Ключові слова: металева гофрована конструкція, насип, пластикова труба, проектування, споруда

В.о. директора ДП «ДерждорНДІ»

А.О. Безуглий

Науковий керівник, завідувач відділу
транспортних споруд та
цементобетонних конструкцій
ДП «ДерждорНДІ»

І.П. Бабяк