**ФІЛІЯ «ЧОРНОМОРНДІПРОЄКТ»
ДЕРЖАВНОГО ПІДПРИЄМСТВА
«АДМІНІСТРАЦІЯ МОРСЬКИХ ПОРТІВ УКРАЇНИ»**

АМПУ

пр. Шевченка, 12, м. Одеса, Одеська обл. 65058, Україна, код ЄДРПОУ 45285397
тел: +38(048)233-60-09, info@uspa.gov.ua, www.uspa.gov.ua

Арх. №92981

**КОМПАНІЯ «STEELWALL ISH GmbH»**

# МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ЩОДО ПРОЕКТУВАННЯ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ЗАСТОСУВАННЯ ШПУНТІВ ТРУБЧАСТИХ ЗВАРНИХ (ШТЗ, MF-PIPE) ТА ШПУНТІВ БАЛОЧНИХ ЗВАРНИХ (ШБЗ), КОМБІНОВАНИХ ШПУНТОВИХ СТІНОК ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ШПУНТОВИХ ЗАМКІВ «STEELWALL» ДЛЯ РІЗНИХ ТИПІВ КОНСТРУКЦІЙ, ДЕ ПОТРІБНІ НАДЗВИЧАЙНО СТІЙКІ СТАЛЕВІ ОПОРИ ТА СТАЛЕВІ УТРИМУЮЧІ СТІНКИ В УКРАЇНІ

**Контракт 01/ukr/1023**

**Начальник філії** **Сергій НІКУЛІН**

**Головний інженер проекту** **Микола ТУРЖАНСЬКИЙ**

# ЗМІСТ

**1 Загальні положення ..... 4**

**2 Нормативні посилання..... 5**

**3 Основні типи конструктивних елементів що застосовуються ..... 9**

**4 Сфера застосування ..... 10**

**5 Матеріали що застосовуються..... 23**

**6 Розрахункові параметри для ШТЗ та ШБЗ ..... 32**

**7 Проектування конструкцій з застосуванням ШТЗ та ШБЗ..... 33**

Вибір конструкції споруди .....33

Загальні положення розрахунку споруд .....33

Додаткові вимоги з розрахунку гідротехнічних споруд .....34

Навантаження і впливи .....35

Визначення бічного тиску ґрунту .....40

Основні конструктивні вимоги при проектуванні споруд з використанням ШТЗ і ШБЗ.....48

Основні положення розрахунку при проектуванні споруд з використанням ШТЗ і ШБЗ.....51

Особливості розрахунку споруд на слабих ґрунтах .....62

Особливості обліку терміну служби споруд .....64

**8 Рекомендації по виготовленню та застосуванню шпунтів ШТЗ та ШБЗ. ..... 66**

Загальні рекомендації по виготовленню шпунтів ШТЗ та ШБЗ .....66

Загальні рекомендації по застосуванню шпунтів ШТЗ та ШБЗ.....66

Додаткові рекомендації по окремих сферах застосування. .....70

Житлове та цивільне будівництво.....70

Промислове будівництво .....72

Гідротехнічне будівництво .....72

Будівництво мостів .....73

Будівництво доріг, підпірних стінок , підземних споруд, у т.ч. підземних переходів ...74

**9 Додатки..... 77**

9.1 Додаток 1. Характеристики ШТЗ з використанням труб згідно ДСТУ 8943:2019 ...77

9.2 Додаток 2. Характеристики ШТЗ з використанням труб згідно ДСТУ EN 10219-2:2009.....91

9.3 Додаток 3. Характеристики ШТЗ з використанням труб згідно EN.....98

9.4 Додаток 4. Характеристики ШТЗ з використанням труб згідно EN для технології DTH .....105

9.5 Додаток 5. Характеристики ШБЗ з використанням двотаврового прокату таблиця.....107

9.6 Додаток 6. Характеристики ШБЗ з використанням листового прокату, які можуть виготовлятися в Україні .....122

9.7 Додаток 7. Приклад визначення класу перерізу за Єврокодом 3 (ДСТУ-Н.Б EN 1993-1-1).....130

9.8 Додаток 8. Послідовність проведення розрахунків елементів згідно ДСТУ НБ. EN 1993-1-1.....138

9.9 Додаток 9. Варіанти кріплення анкерів. .....144

# 1 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

1.1 «Методичні вказівки щодо проектування та рекомендації до застосування шпунтів трубчастих зварних (ШТЗ, MF-Pipe) та шпунтів балочних зварних (ШБЗ), комбінованих шпунтових стінок із застосуванням шпунтових замків «STEELWALL» (далі «Методичні вказівки…» розроблені філією «ЧОРНОМОРНДІПРОЄКТ» державного підприємства «Адміністрація морських портів України» згідно Програми що наведена в додатку к архівній брошурі.

1.2 Основа для розробки – Контракт №01/UKR/1023 від 25 жовтня 2023 р між Компанією STEELWALL ISH GmbH та філією «ЧОРНОМОРНДІПРОЄКТ» державного підприємства «Адміністрація морських портів України».

1.3 Дані «Методичні вказівки…» розроблені згідно з правилами, установленими в національній стандартизації України.

1.4 Дані «Методичні вказівки…» розроблені вперше та не вимагають відміни чи коригування будь-яких нормативних актів України що діють.

1.5 Дані «Методичні вказівки…» поширюються на проектування сталевих конструкцій будівель і споруд (далі – споруди) різного призначення, що працюють за температури навколишнього середовища не вище ніж 100°С.

1.6 При проектуванні сталевих конструкцій, що знаходяться в особливих умовах експлуатації необхідно дотримуватись додаткових вимог, які відображають особливості роботи цих конструкцій та передбачені відповідними будівельними нормами та нормативними документами.

1.7 Дані «Методичні вказівки…» не поширюються на вибір технічних рішень та роботи щодо спеціального захисту сталевих конструкцій (вогнезахист, вторинний протикорозійний захист, вибухозахищеність тощо).

## 2 НОРМАТИВНІ ПОСИЛАННЯ

При виконанні роботи використані українські стандарти та європейські нормативи, які діють в Україні.

1) ДБН В.2.4-3-2010. Гідротехнічні споруди. Основні положення.

2) ДБН В.1.2 2006. Навантаження і впливи.

3) ДБН В.2.6-198_2014 Сталеві конструкції. Норми проектування

4) ДБН-В.1.2-6-2021. Механічний опір та стійкість

5) ДБН В.1.2-14-2018. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель і споруд

6) ДСТУ-Н Б В.1.2-13:2008.(EN 1990:2002, IDN). Настанова. Основи проектування конструкцій

7) ДСТУ-Н Б EN 1991-1-2:2010.Єврокод 1: Дії на конструкції

8) ДСТУ-Н Б EN 1993-1-3:2012. Єврокод 3: Проектування сталевих конструкцій

9) ДСТУ-Н Б EN 1997-1:2010.Єврокод 7: Геотехнічне проектування

10) ДСТУ-Н Б EN 1998-1:2010.Єврокод 8: Проектування конструкцій при сейсмічному навантаженні

11) ДСТУ-Н Б EN 1993-1-6:2011. Єврокод 3:Проектування сталевих конструкцій. Міцність та стійкість оболонок.

12) ДСТУ-Н Б EN 1993-1-7:2012. Єврокод 3. Проектування сталевих конструкцій. Частина 1-7. Пластинчасті конструкції при навантаженні поза межами площини (EN 1993-1-7:2007, IDT)

13) ДСТУ-НБ EN 1993-1-8:2011.Єврокод 3:Проектування сталевих конструкцій. Проектування з'єднань.

14) ДСТУ-НБ EN 1993-1-9:2012. Єврокод 3:Проектування сталевих конструкцій. Втомна міцність сталевих конструкцій.

15) ДСТУ-НБ EN 1993-1-10:2012. Єврокод 3:Проектування сталевих конструкцій. Частина 1-10. Властивості тріщиностійкості і міцності матеріалу у напрямі товщини прокату

16) ДСТУ ISO 18275:2008.Покриті електроди для ручного дугового зварювання високоміцних сталей

17) ДСТУ EN ISO 9692-1 (ГОСТISO 9692-1-2016). Зварювання та споріднені процеси. Частина1.Типи підготовки з'єднань.

18) ДСТУ EN ISO 9692-2 (ГОСТ ISO 9692-2-2020). Зварювання та споріднені процеси. Типи підготовки з'єднань.. Частина 2. Зварювання дугове сталей під флюсом.

19) ДСТУ EN 10210-1:2009. Профілі порожнисті гарячого оброблення з нелегованих і дрібнозернистих сталей для конструкцій. Частина 1. Технічні умови постачання (EN 10210-1:2006, IDT)

20) ДСТУ EN 10219-1:2009. Профілі порожнисті зварні холодного формування з нелегованих і дрібнозернистих сталей для конструкцій. Частина 1. Технічні умови постачання (EN 10219-1:2006, IDT).

21) ДСТУ 8943:2019. Труби сталеві електрозварні. Технічні умови.

22) ДСТУ 7809:2015 (ГОСТ 1050-88). Прокат сортовий, калібрований зі спеціальним обробленням поверхні з вуглецевої якісної конструкційної сталі. Загальні технічні умови.

23) ДСТУ Н Б В.1.1-27:2010 Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівельна кліматологія

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

25) ГОСТ 28870-90. Сталь. Методи випробування на розтягування товстолистового прокату в напрямку товщини (довідково)

26) ДСТУ ISO 12944-4:2015. Фарби та лаки. Захист від корозії сталевих конструкцій захисними лакофарбовими системами. Частина 4. Типи поверхні та підготовка поверхні (ISO 12944-4:1998, IDT).

27) ДСТУ 8540:2015. Прокат листовий гарячекатаний. Сортамент.

28) ДСТУ 8803:2018. Прокат товстолистовий із вуглецевої сталі звичайної якості. Технічні умови

29) ДСТУ 8541:2015. Прокат сталевий підвищеної міцності. Технічні умови

30) ДСТУ 8539:2015. Прокат для будівельних сталевих конструкцій. Загальні технічні умови.

31) ДСТУ 9129:2021. Металопродукція. Правила приймання, маркування, пакування, транспортування та зберігання.

32) EN 12063:1999 . Execution of special geotechnical work

33) ДСТУ Б EN 1090-1:2014. Вимоги до оцінки відповідності компонентів конструкцій (EN1090-Виконання сталевих і алюмінієвих конструкцій. Частина 1.1:2009+A1:2011, IDT)

34) ДСТУ EN 1090-2:2019. Виконання сталевих та алюмінієвих конструкцій. Частина 2. Технічні вимоги до сталевих конструкцій (EN 1090-2:2018, IDT)

35) ДСТУ EN 1090-4:2019. Виконання сталевих та алюмінієвих конструкцій. Частина 4. Технічні вимоги до холодноформованих сталевих будівельних елементів та конструкцій для покрівель, стель, підлог і стін (EN 1090-4:2018, IDT)

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

37) ДСТУ 9219:2023. Труби сталеві зварні для магістральних газонафтопроводів. Технічні умови

38) ДСТУ 8818:2018. Прокат листовий. Методи ультразвукового контролю

39) ДСТУ 8938:2019. Труби сталеві безшовні гарячедеформовані. Технічні умови

40) ДСТУ 8855:2019. Визначення класу наслідків (відповідальності)

41) ДБН В.2.2-15:2019. Будинки і споруди житлові будинки. Основні положення.

42) ДБН В.2.1-10:2018. Основи і фундаменти будівель та споруд. Основні положення

43) ДБН В.2.2-41:2019. Висотні будівлі. Основні положення

44) ДБН В.1.2-12-2008. Будівництво в умовах ущільненої забудови. Вимоги безпеки

45) ДБН В.2.6-98:2009. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення

46) ДБН В.2.6-160-2010. Сталезалізобетонні конструкції. Основні положення

47) ДБН В.2.6-198:2014. Сталеві конструкції. Норми проектування

48) ДБН В.2.6-220:2017. Покриття будівель і споруд

49) ДСТУ Б В.2.6-193:2013. Захист металевих конструкцій від корозії. Вимоги до проектування

50) ДСТУ Б В.2.6-199:2014. Конструкції сталеві будівельні. Вимоги до виготовлення

51) ДСТУ Б В.2.6-200:2014. Конструкції металеві будівельні. Вимоги до монтажу

52) ДБН В.2.3-15:2007. Споруди транспорту автостоянки і гаражі для легкових автомобілів

53) ДБН В.2.2-13-2003.Спортивні та фізкультурно-оздоровчі споруди

54) ДБН В.2.2-10-2001.Заклади охорони здоров'я

55) ДБН В.2.2-16:2019. Культурно-видовищні та дозвіллєві заклади

56) ДБН В.2.2-25:2009. Підприємства харчування (заклади ресторанного господарства)

57) ДБН В.2.2-28:2010. Будинки адміністративного та побутового призначення

58) ДБН В.2.2-40:2018. Інклюзивність будівель і споруд. Основні положення

59) ДБН В.2.3-5:2018. Вулиці та дороги населених пунктів

60) ДБН В.2.5-74:2013. Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування

61) ДБН В.2.5-75:2013. Каналізація. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування

62) ДБН В.2.5-77:2014.Котельні

63) ДБН В.2.2-9:2018. Будинки і споруди. Громадські будинки і споруди

64) ДБН А.3.1-9:2015. Захисні споруди цивільної оборони та їх утримання.

65) ДСТУ Б В.2.6-10-96. Конструкції будинків і споруд. Конструкції сталеві будівельні.

66) ДБН В.2.4-3-2010. Гідротехнічні споруди. Основні положення.

67) СНіП 2.02.02-85. Основи гідротехнічних споруд.

68) СНіП 2.06.04-82* Навантаження і вплив на гідротехнічні споруди (хвильові, судові і від суден).

69) СНіП 2.06.07-87. Підпірні стіни, судноплавні шлюзи, рибопропускні та рибозахисні споруди

70) СНіП 2.06.09-84. Тунелі гідротехнічні

71) СНіП 3.07.01-85. Гідротехнічні споруди річкові

72) СНіП 3.07.02-87. Гідротехнічні морські та річкові транспортні споруди

73) ВСН 3-80. Інструкція по проектуванню морських причальних споруд

74) РД 31.31.37-78 Норми технологічного проектування морських портів

75) ВСН 3-80. Інструкція по проектуванню морських причальних споруд

76) РД 31.31.37-78 Норми технологічного проектування морських портів

# 3 ОСНОВНІ ТИПИ КОНСТРУКТИВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ЩО ЗАСТОСОВУЮТЬСЯ

3.1 Шпунти трубчасті зварні (ШТЗ, MF-Pipe)

3.2 Шпунти балочні зварні (ШБЗ)

3.3 Комбіновані шпунтові стінки із використанням шпунтових замків «STEELWALL»

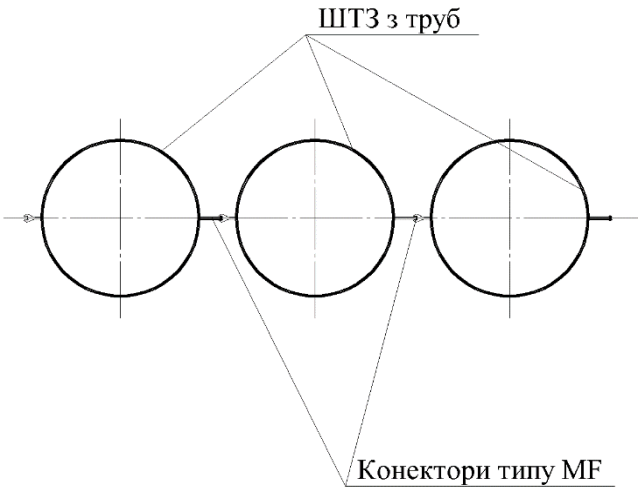



Рис.3.1 Приклад стінки з застосуванням шпунтів трубчатих зварних

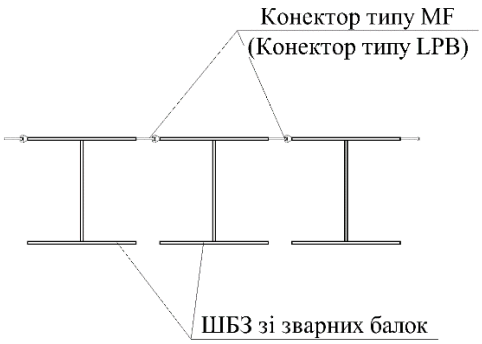



Рис.3.2 Приклад стінки з застосуванням шпунтів балочних зварних

# 4 СФЕРА ЗАСТОСУВАННЯ

4.1 Застосування названих в розділі 3 шпунтів розглядається по таких напрямках: за терміном служби; за призначенням; за галуззю застосування; за способом занурення.

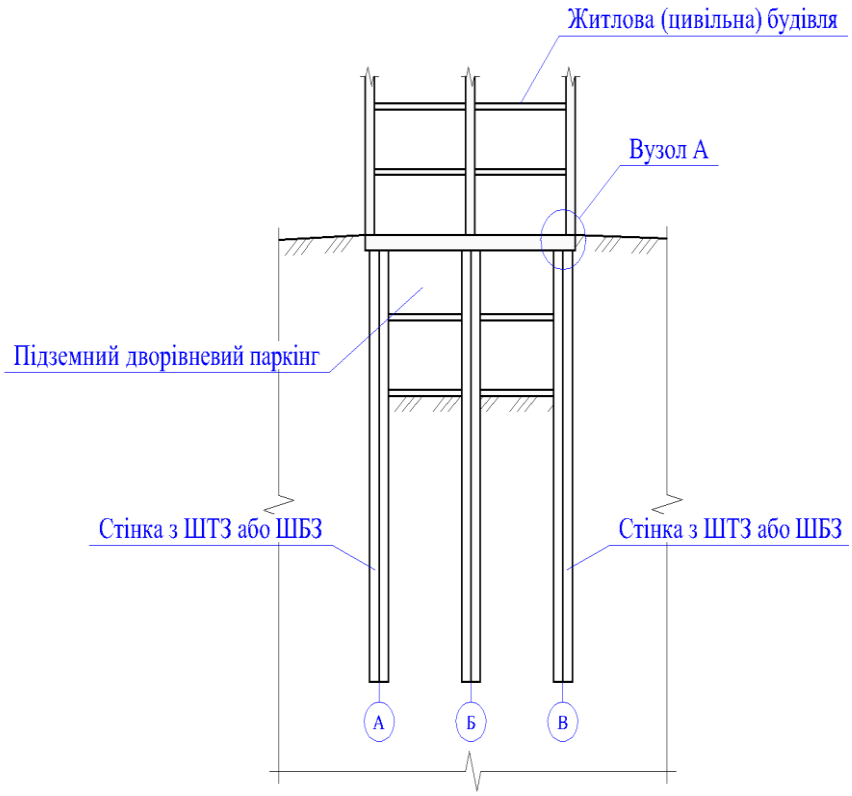
4.2 Конструкції по терміну служби розподіляються на постійні та тимчасові. Конструктивні елементи постійних споруд повинні забезпечити відповідну міцність та стійкість на весь термін експлуатації. Для споруд с терміном експлуатації 100 та більше років в проекті необхідно зазначати додаткові вимоги щодо забезпечення нормативного терміну експлуатації. При використанні в тимчасових спорудах можуть бути знижені чи відмінені вимоги щодо антикорозійного покриття та інші що впливають на довговічність конструкції. Для тимчасових споруд в проекті обов'язково вказується оборотність конкретних конструкцій.

4.3 Конструкції за призначенням розподіляються на основні та допоміжні. Цей розподіл впливає на використання допоміжних коефіцієнтів при розрахунку споруд.

4.4 Конструкції можуть бути використані у всіх галузях будівництва, зокрема: в житловому будівництві, у т.ч. для підземних паркінґів (рис.4.1); у цивільному будівництві (рис.4.2); у промисловому будівництві (рис.4.3); у гідротехнічному будівництві, в. ч. причальних споруд (рис.4.4 та 4.5), хвилеломів в гаванях (рис.4.6 та 4.7), берегоукріплень вздовж річок і каналів (рис.4.8), при захисті від повеней; при будівництві мостів (рис.4.9) та доріг (рис.4.10); при будівництві підпірних стінок (рис.4.11), підземних переходів (рис.4.12); при будівництві кофердамів на суші і воді; також в інших видах будівництва, у т.ч. підземних споруд, де при проектуванні буде виявлена доцільність використання даних конструкцій.

4.5 При виборі конструктивної схеми споруди слід враховувати засіб занурення: забивний чи вібраційний, або за допомогою технології DTH, що дозволяє виконання робіт в вертикальному або горизонтальному напрямках. Вибір засобу занурення, крім економічних чинників, залежить від ґрунтових умов, оснащеності підрядної організації, освоєності будівельної технології та інших факторів що впливають на вибір засобу занурення.

4.6 Для виготовлення ШТЗ та ШБЗ дозволяється залучати матеріали повторного використання. Для цього у відповідних розділах визначені умови та надані обмеження їх використання.




Вузол А

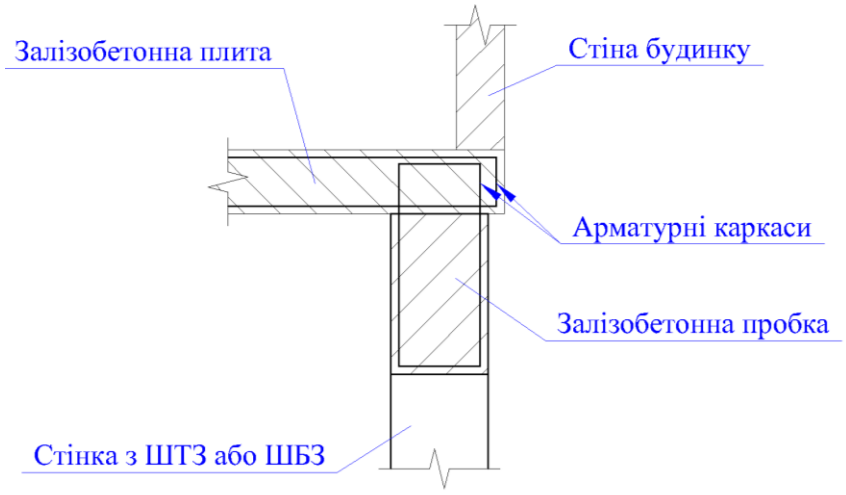



Рис. 4.1 Приклад використання ШТЗ або ШБЗ в житловому та цивільному будівництві. Підземний паркінг

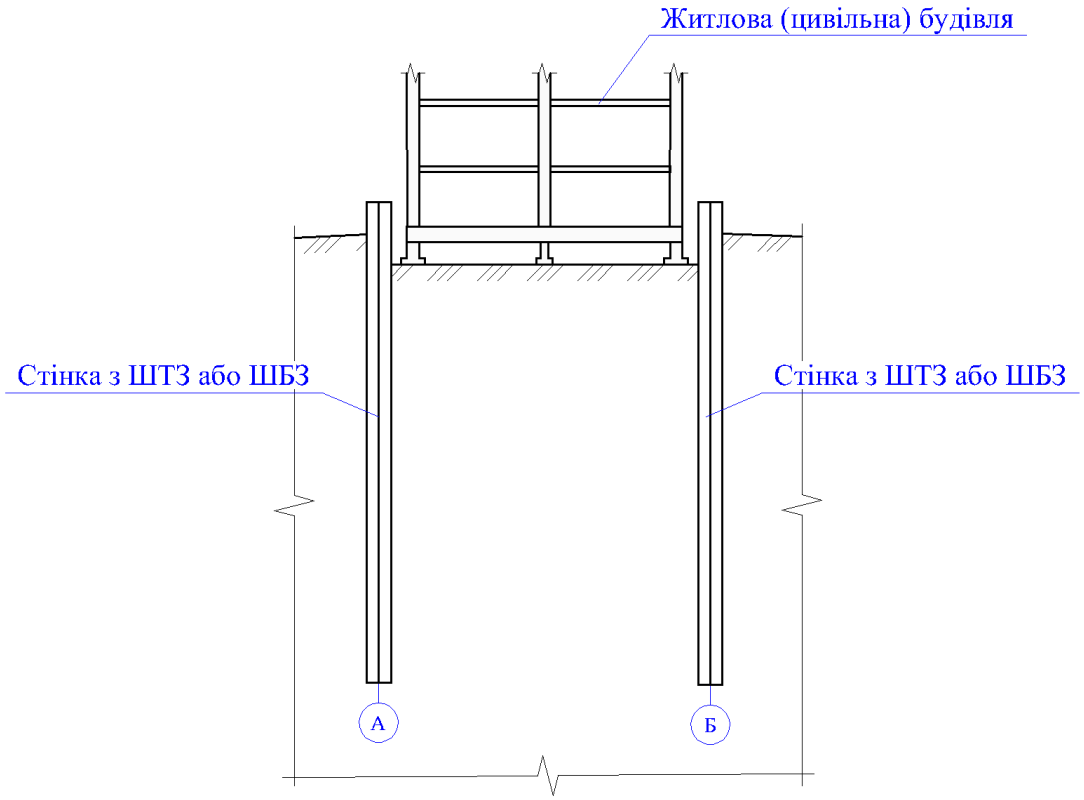
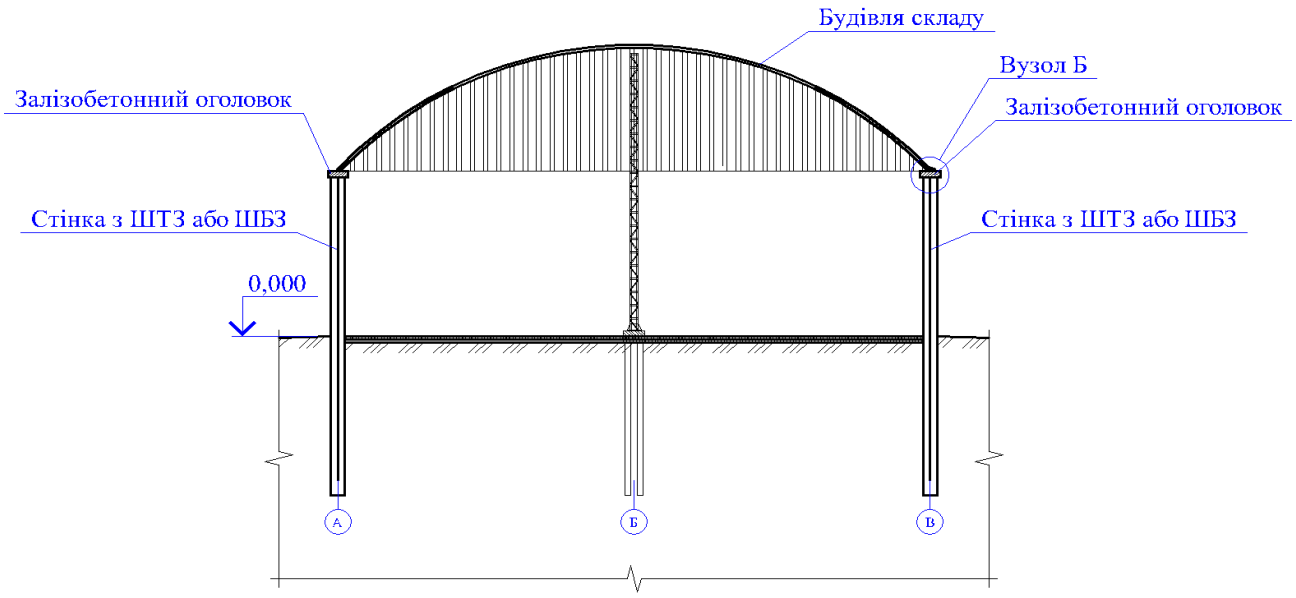



Рис.4.2 Приклад використання ШТЗ або ШБЗ в житловому та цивільному будівництві. Тимчасова огорожа котловану




Вузол Б

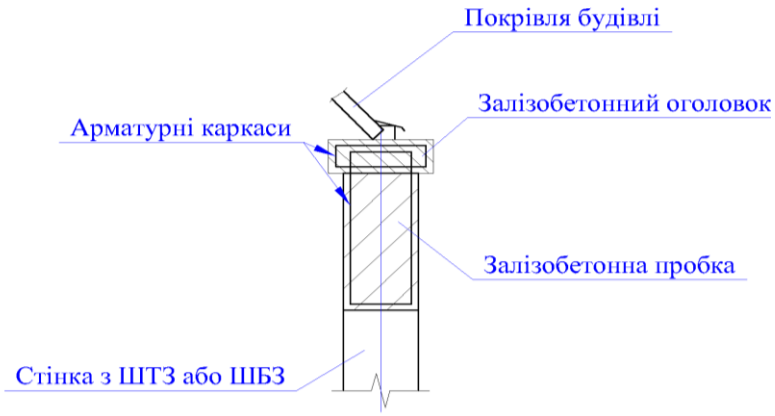
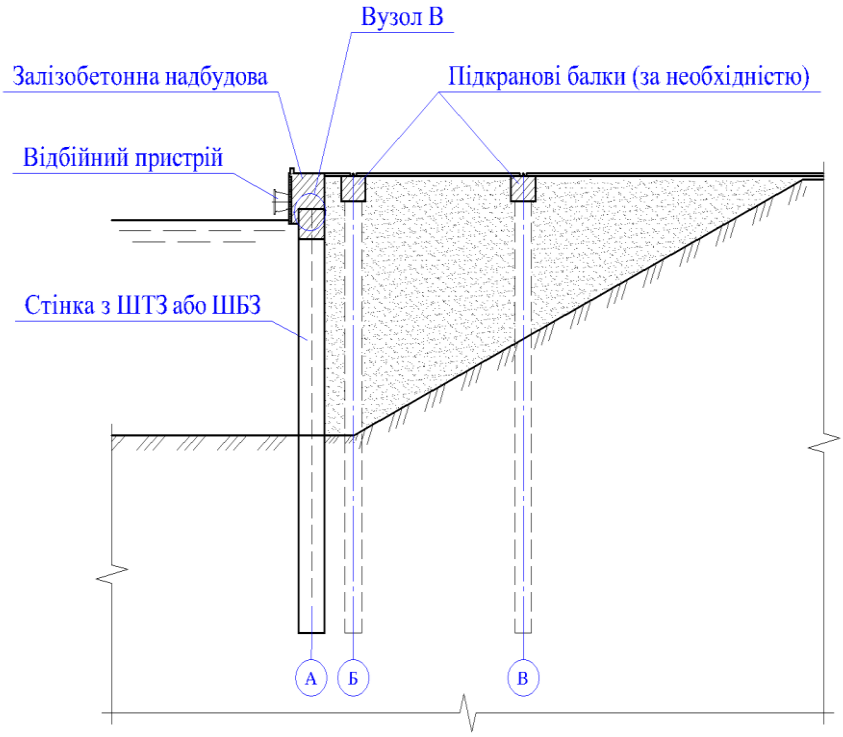



Рис.4.3 Приклад використання ШТЗ або ШБЗ в промисловому будівництві.

Будівля складу




Вузол В

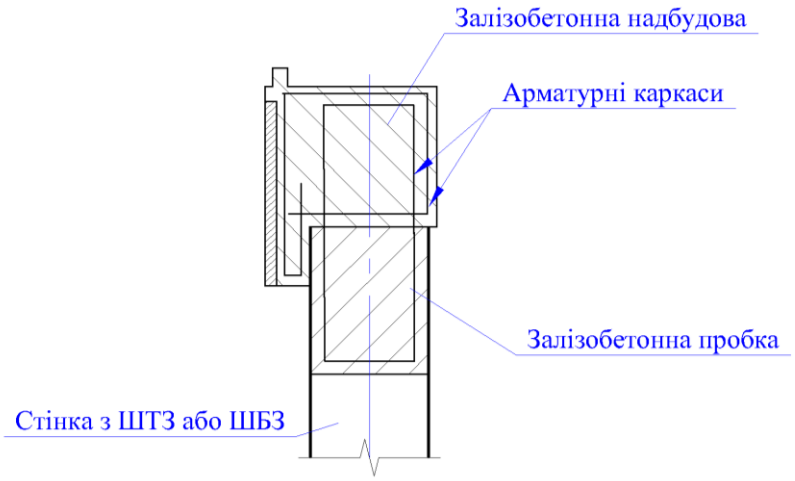
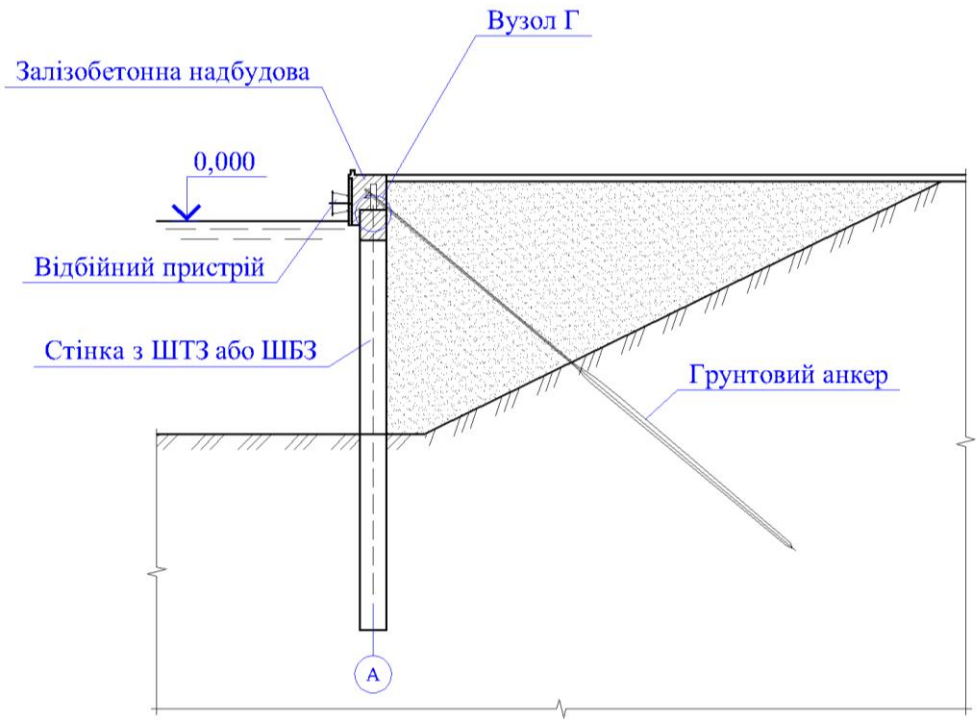
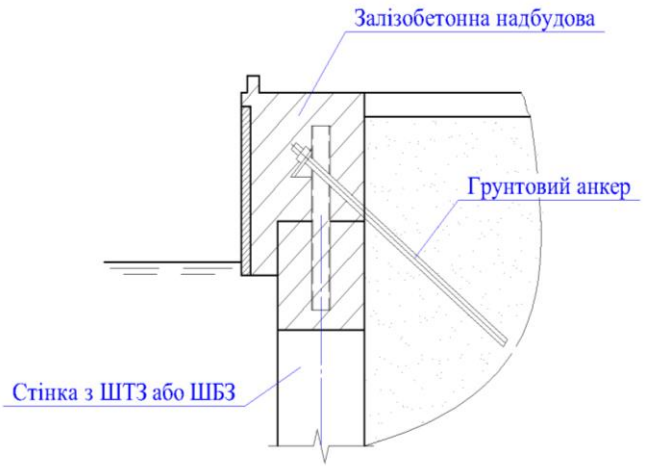



Рис.4.4 Приклад використання ШТЗ або ШБЗ в гідротехнічному будівництві. Причальна споруда – незаанкерований больверк.

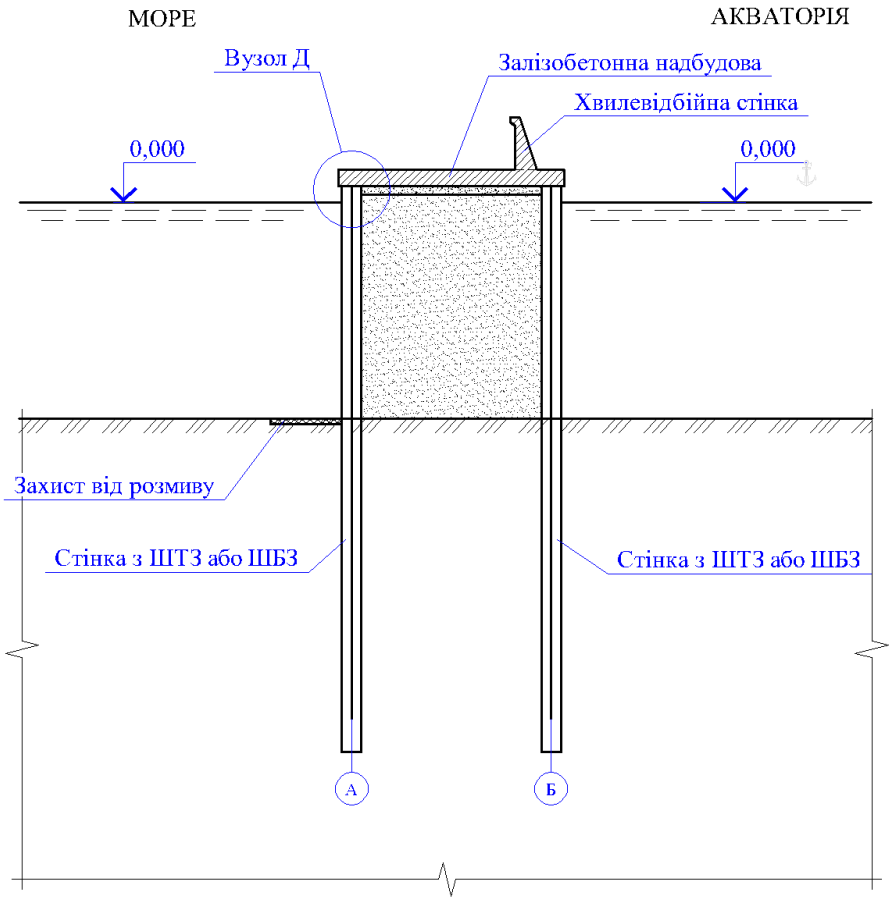



Вузол Г

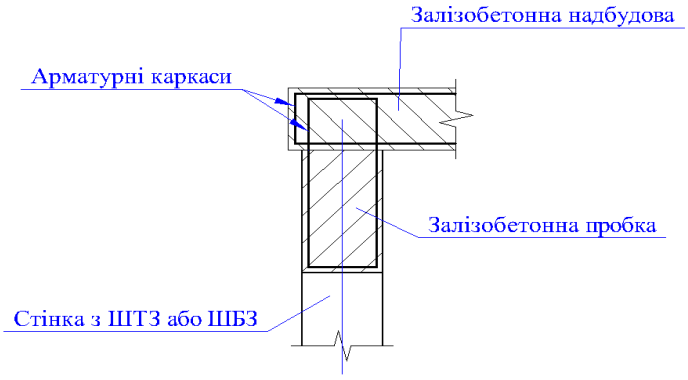



Примітка: Тип анкерування визначається при проектуванні.

Рис.4.5 Приклад використання ШТЗ або ШБЗ в гідротехнічному будівництві. Причальна споруда – заанкерований больверк.

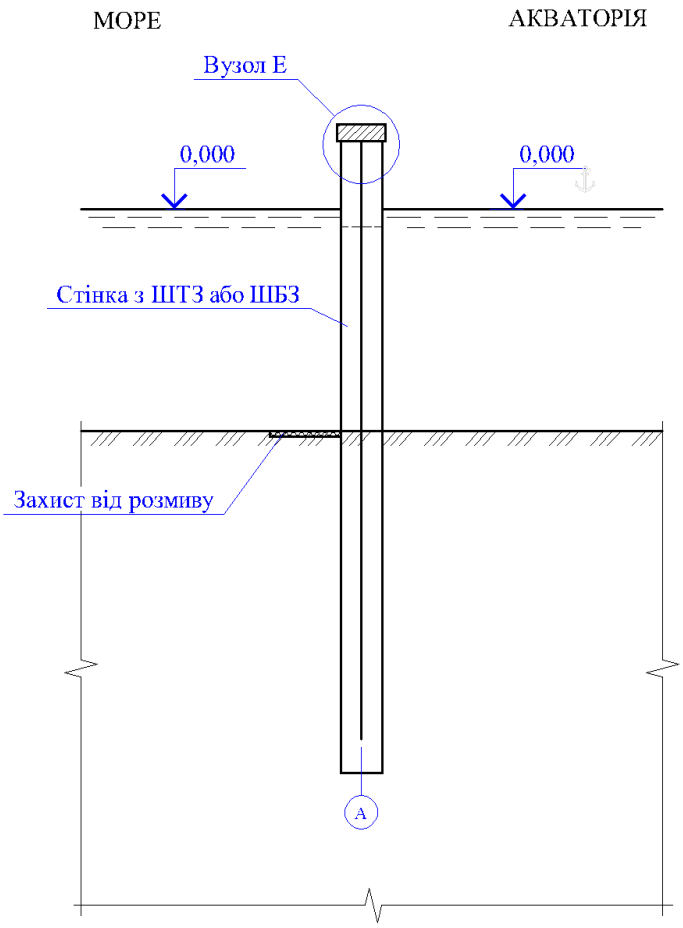



Вузол Д




Примітка: Положення хвиле відбійної стінки уточнюється в залежності від функціональних завдань споруди

Рис. 4.6 Приклад використання ШТЗ або ШБЗ в гідротехнічному будівництві. Хвилелом




Вузол Е

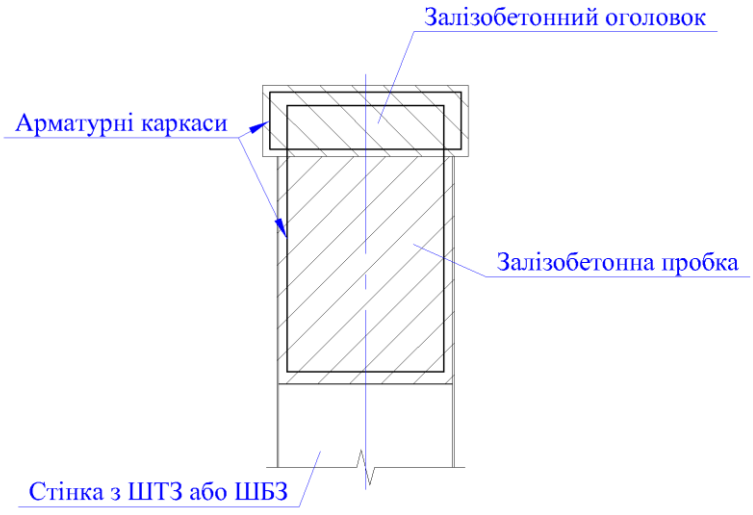
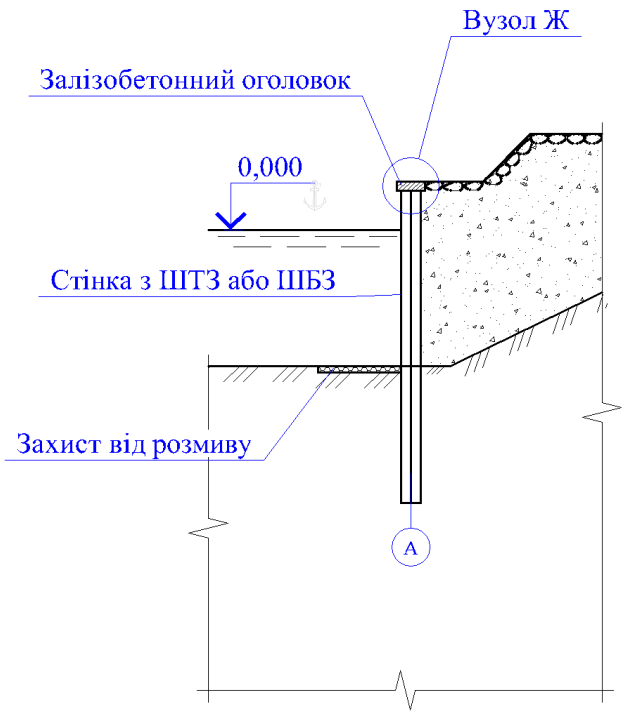



Рис.4.7 Приклад використання ШТЗ або ШБЗ в гідротехнічному будівництві. Хвилелом




Вузол Ж

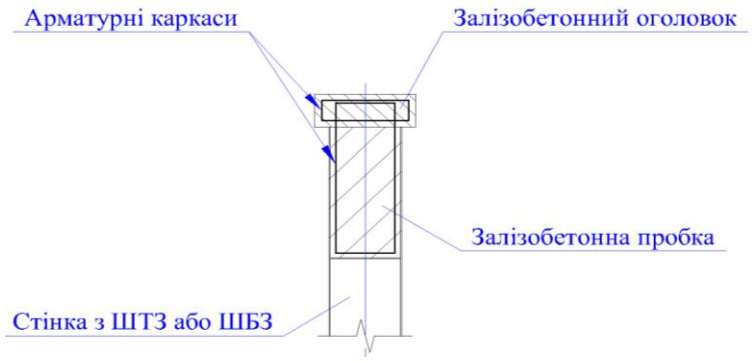



Рис. 4.8 Приклад використання ШТЗ або ШБЗ в гідротехнічному будівництві. Берегоукріплення вздовж річок та каналів

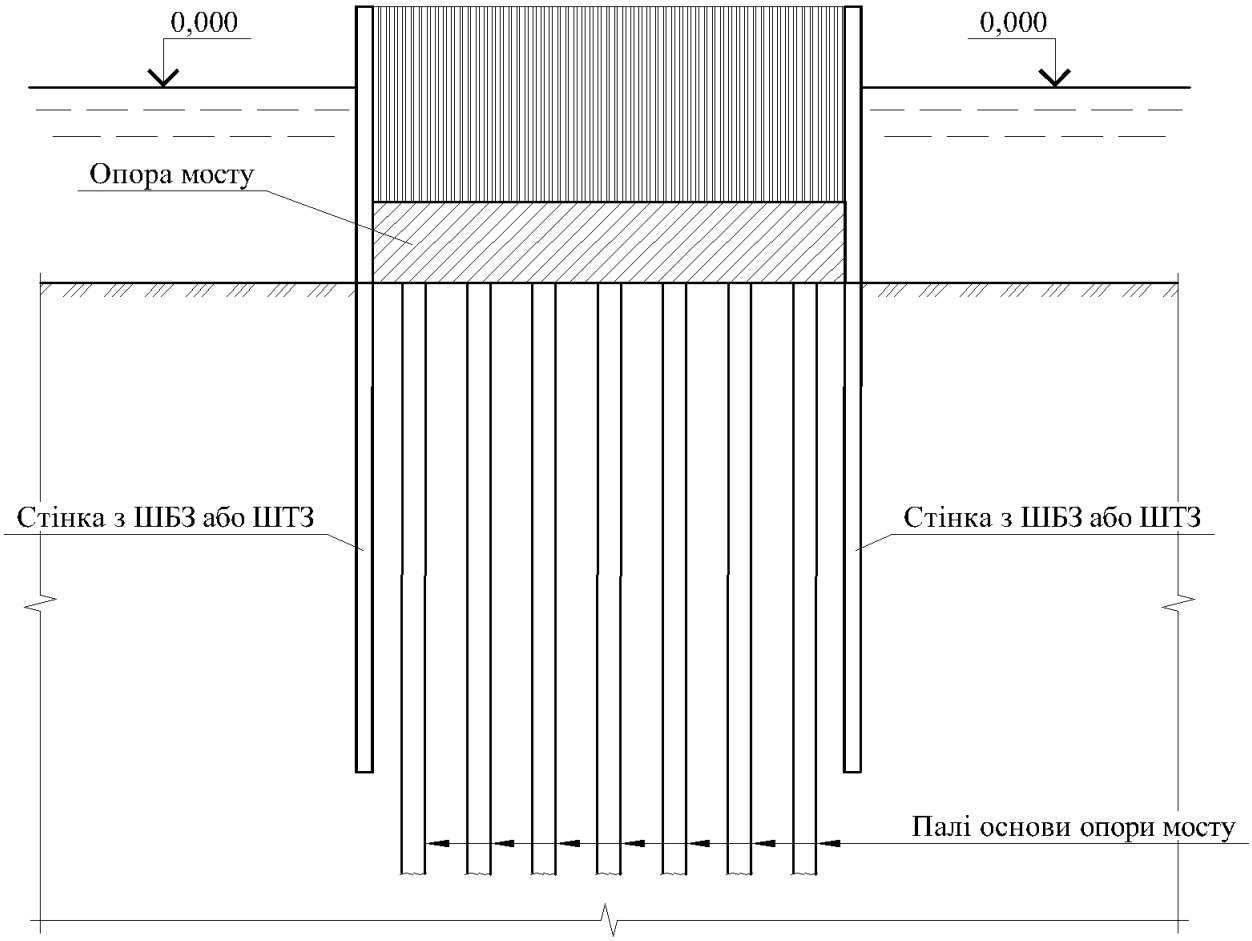
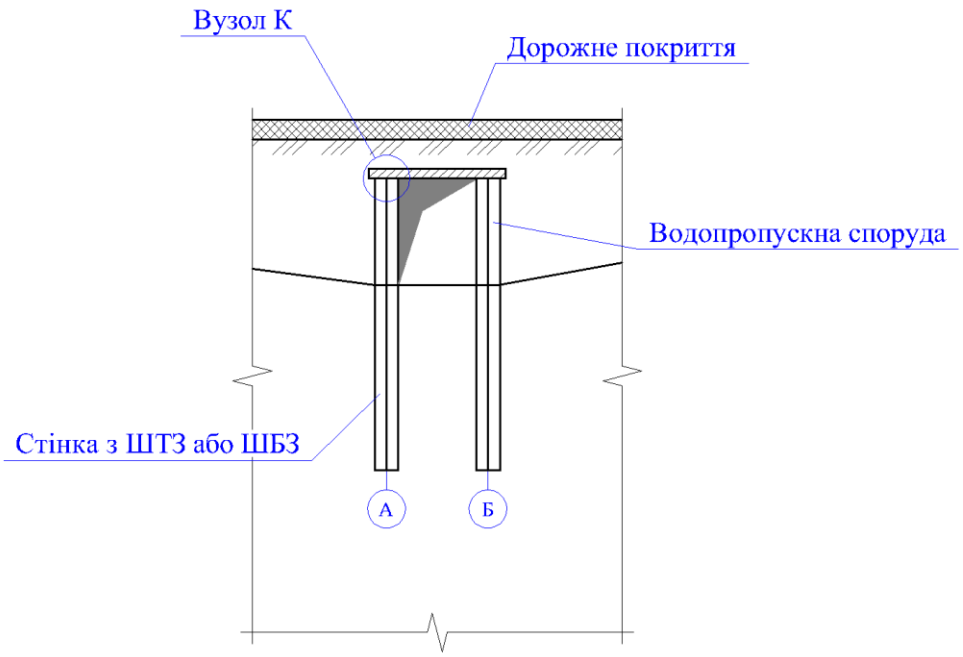



Рис. 4.9 Приклад використання ШТЗ або ШБЗ при будівництві мостів.

Улаштування опор мосту




Вузол К

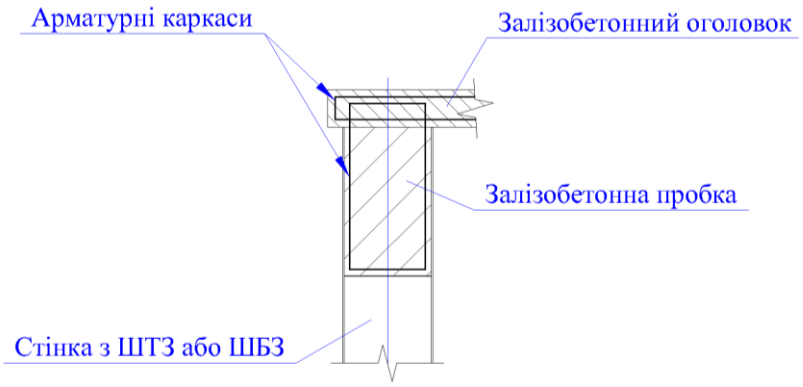
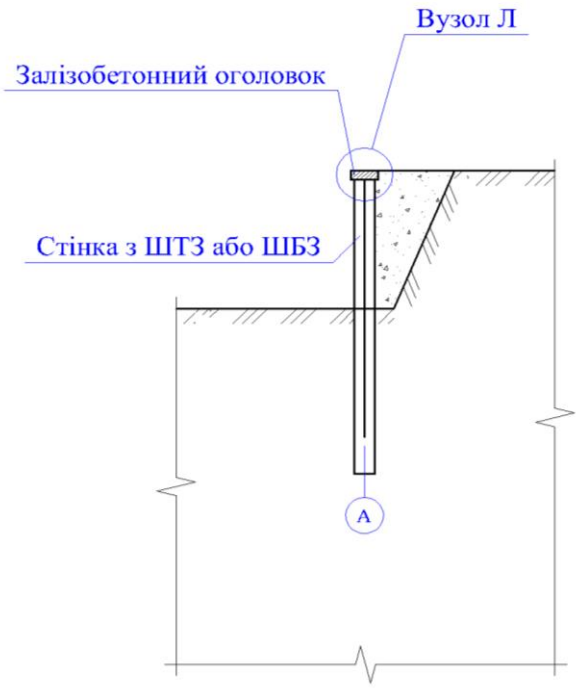



Рис. 4.10 Приклад використання ШТЗ або ШБЗ при будівництві доріг.

Водопропускна споруда




Вузол Л

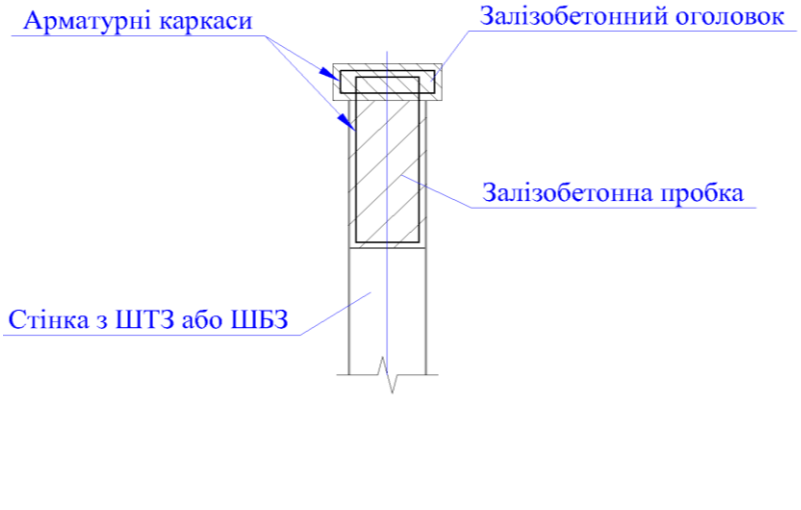
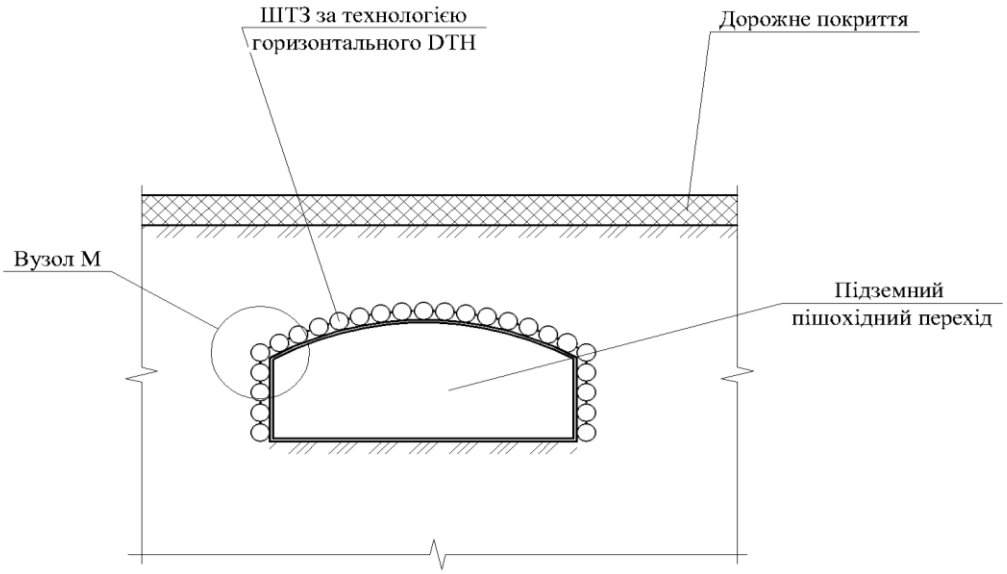



Рис. 4.11 Приклад використання ШТЗ або ШБЗ при будівництві підпірних стінок




Вузол М

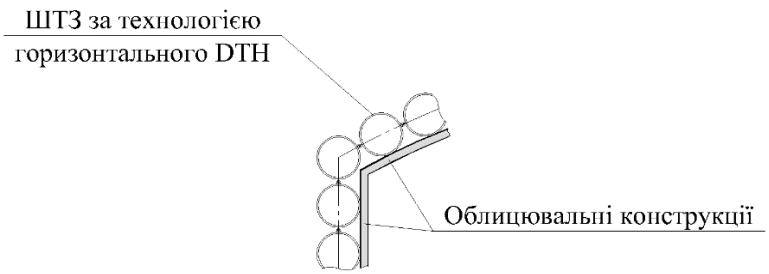



Рис. 4.12 Приклад використання ШТЗ при будівництві підземного пішохідного переходу методом горизонтального DTH

# 5 МАТЕРІАЛИ ЩО ЗАСТОСОВУЮТЬСЯ

5.1 Для труб та балок що використовуються для виготовлення ШТЗ та ШБЗ слід застосовувати сталевий прокат (листовий, фасонний, широкосмуговий універсальний, сортовий), труби з низьковуглецевої і низьколегованої сталі. Застосовується прокат загального призначення, прокат для зварних конструкцій та сталевий прокат, виготовлений за технологією гарячої прокатки.

5.2 За показниками корозійної стійкості сталі поділяються на три групи:

I група – сталі звичайної корозійної стійкості, а саме вуглецеві сталі згідно з ДСТУ 8539:2015 (клас С235 та інші), ДСТУ 4484/ГОСТ 535, ДСТУ 8803:2018 (сталь марки Ст3пс5 та інші), ДСТУ EN10025-2 (сталь марки S235JRта інші), а також низьколеговані сталі згідно з ДСТУ 8539:2015 (клас С345 та інші), ДСТУ 8541:2015 (сталь марки 09Г2С та інші), ДСТУ EN10025-3 (клас S355 та інші) та ДСТУ EN10025-4 (сталь марки S460M).

II група – сталі підвищеної корозійної стійкості згідно з ДСТУ 8541:2015 (сталь марки 09Г2Д та інші) з масовою часткою міді 0,15-0,30 %.

III група – з підвищеною стійкістю до атмосферної корозії сталі згідно з ДСТУ 8541:2015 (сталь марки 10ХНДП та інші).

5.3 Основні фізичні властивості матеріалів для конструкцій слід приймати згідно з додатком Б ДБН В.2.6-198:2014.

5.4 Прокат листовий, фасонний і широкосмуговий універсальний поділяється на:

– прокат звичайної міцності з вуглецевих сталей з характеристичним опором прокату сталі $R_{yn}$< 290 Н/мм$^2$, які розрізняються за ступенем розкислення на киплячі, напівспокійні та спокійні, а також без урахування граничних відхилень задовольняють такі вимоги (за масовою часткою елементів): вміст вуглецю не повинен перевищувати 0,22 %, вміст сірки – 0,05 % і вміст фосфору – 0,04 %; відносне видовження круглих зразків з робочою довжиною, що дорівнює п’яти діаметрам зразка, не повинне бути менше за 18 %;

– прокат підвищеної міцності, як правило, з низьколегованих сталей з характеристичним опором прокату сталі 290 Н/мм$^2$≤Ryn≤ 390 Н/мм$^2$ при товщині прокату до 50 мм, із відносним видовженням круглих зразків при їх робочій довжині, що дорівнює п’яти діаметрам зразка, не менше за 18 %;

– прокат високої міцності, як правило, зі сталей після термічної обробки або термомеханічної прокатки, з характеристичним опором прокату сталі 390 Н/мм$^2$ < $R_{yn}$ ≤ 590 Н/мм$^2$, із тимчасовим видовженням круглих зразків при їх робочій довжині, що дорівнює п’яти діаметрам зразка, не менше за 16 %;

– сталевий прокат повинен задовольняти вимоги щодо ударної в’язкості відповідно до додатка В ДБН В.2.6-198:2014.

– вимоги до застосування сталевого прокату наведені у додатку Г ДБН В.2.6-198:2014 (таблиця Г.1).

5.5 Вимоги щодо вмісту вуглецю, фосфору і сірки в сталях для будівельних конструкцій та рекомендації щодо показників вуглецевого еквівалента наведені у додатку В ДБН В.2.6-198:2014. При рівноцінних показниках механічних властивостей перевагу слід надавати використанню прокату для виготовлення зварних конструкцій з меншими значеннями вуглецевого еквівалента.

5.6 Листовий прокат завтовшки 25 мм і більше для елементів, що працюють у напрямку товщини прокату, а також прокат завтовшки 40 мм і більше у зварних з’єднаннях в залежності від групи конструкцій повинні відповідати наступним вимогам:

– для групи конструкцій 1 – мати клас суцільності 0 відповідно до ДСТУ 8818:2018 та групу якості не менше ніж Z35 стосовно до ГОСТ 28870;

– для групи конструкцій 2 – мати клас суцільності не більше ніж 1 відповідно до ДСТУ 8818:2018 та групу якості не менше ніж Z25 стосовно ГОСТ 28870;

– для груп конструкцій 3,4 – мати клас суцільності не більше ніж 2 відповідно до ДСТУ 8818:2018 та групу якості не менше ніж Z15 стосовно ГОСТ 28870.

5.7 При виборі сталі для конструкцій слід враховувати:

– клас відповідальності споруд згідно з ДБН В.1.2-14, ДСТУ 8855:2019;

– призначення конструкцій та елементів і категорію їх відповідальності згідно з ДБН В.1.2-14;

– можливі наслідки досягнення граничних станів;

– характер діючих напружень (статичне, динамічне) та їх рівень;

– вид напруженого стану (одноосьовий, плоский чи об’ємний, розтяг або стиск);

– наявність зварних з’єднань (рівень залишкових напружень, ступінь концентрації напружень, властивості сталі в зоні зварювання);

– ступінь агресивності впливів;

– товщину прокату;

– особливості конструктивної форми і технології виготовлення (концентратори напружень, гільйотинне різання, наклеп тощо).

5.8 Залежно від наведених в п.5.7 чинників та згідно з п.5.6 і з урахуванням категорій конструкцій згідно з п.5.3.5 ДБН В.2.6-198:2014 конструкції та елементи поділяються на чотири групи згідно з вказівками таблиці А.1 ДБН В.2.6-198:2014.

5.9 При виборі сталі архітектурно-будівельний кліматичний район будівництва і розрахункову температуру експлуатації слід приймати згідно з ДСТУ-Н Б В.1.1-27.

За розрахункову мінімальну температуру слід приймати температуру найхолоднішої п’ятиденки в районі будівництва згідно з ДСТУ-Н Б В.1.1-27 з забезпеченістю 0,98 – для конструкцій, що експлуатуються в неопалюваних приміщеннях і за температури зовнішнього повітря.

5.10 Вибір сталей для груп конструкцій слід виконувати згідно з додатком Г ДБН В.2.6-198:2014. Проектування конструкцій, за винятком використання високоміцних сталей, рекомендується виконувати зі сталі S355J2, котра при достатній міцності дуже проста при обробці та зварюванні.

5.11 Труби застосовуються за такими класифікаційними параметрами: по типам; по класам сталі згідно ДСТУ або EN; по діаметрам та товщині стінок труб; по іншим параметрам труб, що можуть бути залучені при проектуванні.

5.12 Використовуються такі типи труб: прямошовні електрозварні або суцільнотягнуті. Застосування інших типів труб може бути дозволено при відповідному техніко-економічному обґрунтуванні в залежності від ґрунтових умов, оснащеності підрядної організації, освоєності будівельної технології що пропонується та інших факторів що впливають. Використання труб можливо лише після виконання пробного занурення труб зі складанням відповідного акту. Пробне занурення здійснювати з використанням механізмів що передбачаються для виконання основних робіт.

5.13 Можливо використання труб що виготовлені зі сталі наступних класів.

5.14 Згідно ДСТУ

– клас К38 (межа плинності що приймається за стандартами на вироби $\sigma_т$ = 235 Н/мм$^2$ (24 кгс/мм2); тимчасовий опір розриванню що приймається за стандартами на вироби $\sigma_в$ = 372 Н/мм2 (38 кгс/мм$^2$); мінімальне відносне подовження δ5%= 20%);

– клас К50 (межа плинності що приймається за стандартами на вироби $\sigma_т$ = 343 Н/мм2 (35 кгс/мм$^2$); тимчасовий опір розриванню що приймається за стандартами на вироби $\sigma_в$ = 485 Н/мм2 (50 кгс/мм$^2$); мінімальне відносне подовження δ5%= 20%);

– клас К52 (межа плинності що приймається за стандартами на вироби $\sigma_т$ = 353 Н/мм2 (36 кгс/мм$^2$); тимчасовий опір розриванню що приймається за стандартами на вироби $\sigma_в$ = 510 Н/мм$^2$ (52 кгс/мм$^2$); мінімальне відносне подовження δ5%= 20%);.

5.15 Згідно EN

– S355J2 (межа плинності що приймається за стандартами на вироби $R_{eh}$ = 345 МПа; тимчасовий опір розриванню що приймається за стандартами на вироби $R_m$ = 470 МПа; мінімальне відносне подовження δ= 22%);

– S460MH (межа плинності що приймається за стандартами на вироби Reh = 440 МПа; тимчасовий опір розриванню що приймається за стандартами на вироби Rm = 530-720 МПа; мінімальне відносне подовження δ= 17%);

– X60 (межа плинності що приймається за стандартами на вироби $R_{eh}$ = 415 МПа; тимчасовий опір розриванню що приймається за стандартами на вироби $R_m$ = 520 МПа; мінімальне відносне подовження δ= 18%);

– X65 (межа плинності що приймається за стандартами на вироби $R_{eh}$ = 450 МПа; тимчасовий опір розриванню що приймається за стандартами на вироби $R_m$ = 535 МПа; мінімальне відносне подовження δ= 18%);

– X70 (межа плинності що приймається за стандартами на вироби $R_{eh}$ = 485 МПа; тимчасовий опір розриванню що приймається за стандартами на вироби $R_m$ = 570 МПа; мінімальне відносне подовження δ= 18%);

– X80 (межа плинності що приймається за стандартами на вироби $R_{eh}$ = 555 МПа; тимчасовий опір розриванню що приймається за стандартами на вироби $R_m$ = 625 МПа; мінімальне відносне подовження δ= 18%).

5.16 Використання труб інших класів сталі може бути здійснено після відповідного техніко-економічного обґрунтування з урахуванням типу труб, їх фізико-хімічних та механічних характеристик, умов роботи конструкції. При необхідності також треба виконувати пробне занурення паль.

5.17 Можливо використання згідно сортаменту труб діаметром від 800 мм до 2500 мм та товщиною стінок труб від 10 мм до 26 мм. При наявності відповідного обладнання для занурювання паль можливо використання труб діаметром більше 2500 мм та товщиною стінок більше 26 мм.

5.18 Для тимчасових споруд та допоміжних конструкцій дозволяється застосування труб з товщиною стінки менше 10 мм за умови забезпечення відповідної міцності та стійкості. Використання для постійних споруд та основних конструкцій труб з товщиною стінки менше 10 мм можливо за умови залучення додаткових заходів щодо забезпечення довговічності споруди та її міцності та стійкості.

5.19 Перелік параметрів що контролюється при виготовленні труб прийняти стосовно ДСТУ 8943:2019.

5.20 Додаткові вимоги к трубам для паль щодо окремих типів конструкцій прийняти по відповідним ДБН, ДСТУ та іншим нормативним документам що регламентують їх використання.

5.21 В залежності від особливостей конструкції при розробці проекту можливо висування додаткових вимог по іншим параметрам труб.

5.22 Кожна партія труб загальною масою до 100 т потрібна мати відповідний сертифікат, в якому повинні бути наведені результати фізико-хімічних та механічних іспитів, дата яких не перевищує 12 місяців від дня покупки труб.

5.23 Використовуються наступні системи шпунтових замків:

– MF 63 (довжина пари – 63 мм, маса 1 м пари – 15,46 кг/м, сталь S355J2, максимальна міцність на розрив 2552 кН/м);

– MF 75; (довжина пари – 75 мм, маса 1 м пари – 19,04 кг/м, сталь S355J2, максимальна міцність на розрив 3419 кН/м);

– MF 100; (довжина пари – 100 мм, маса 1 м пари – 21,18 кг/м, сталь S355J2, максимальна міцність на розрив 3419 кН/м);

– MF 130; (довжина пари – 130 мм, маса 1 м пари – 24,04 кг/м, сталь S355J2, максимальна міцність на розрив 3419 кН/м);

– MF 180 a; (довжина пари – 180 мм, маса 1 м пари – 29.05 кг/м, сталь S355J2, максимальна міцність на розрив 3419 кН/м);

– MF 180 b; (довжина пари – 180 мм, маса 1 м пари – 28.18 кг/м, сталь S355J2, максимальна міцність на розрив 2558 кН/м);

– MF 230; (довжина пари – 230 мм, маса 1 м пари – 33,19 кг/м, сталь S355J2, максимальна міцність на розрив 2558 кН/м);

– MF 64 (довжина пари – 64 мм, маса 1 м пари – 17,70 кг/м, сталь S355J2, максимальна міцність на розрив 3419 кН/м);

– MF 64-IC (довжина пари – 64 мм, маса 1 м пари – 16,97 кг/м, сталь S355J2, максимальна міцність на розрив 3164 кН/м);

– FD180 (довжина пари – 180 мм, маса 1 м – 34,84 кг/м, сталь S355J2, максимальна міцність на розрив 5843 кН/м);

– FD300 (довжина пари – 300 мм, маса 1 м– 42,8 кг/м, сталь S355J2, максимальна міцність на розрив 6312 кН/м);

– LPB100-10 (довжина пари – 100 мм, маса 1 м пари – 19,72 кг/м, сталь S355J2, максимальна міцність на розрив 980 кН/м);

– LPB180-10 (довжина пари – 180 мм, маса 1 м пари – 25,68 кг/м, сталь S355J2, максимальна міцність на розрив 1026 кН/м);

– LPB180-12 (довжина пари – 180 мм, маса 1 м пари – 29,0 кг/м, сталь S355J2, максимальна міцність на розрив 1502 кН/м);

– LPB180-16 (довжина пари – 180 мм, маса 1 м пари – 44,8 кг/м, сталь S355J2, максимальна міцність на розрив 1828 кН/м);

– LPB248-12 (довжина пари – 248 мм, маса 1 м пари – 36,52 кг/м, сталь S355J2, максимальна міцність на розрив 1500 кН/м);

– LPB300-16 (довжина пари – 300 мм, маса 1 м пари – 59,3 кг/м, сталь S355J2, максимальна міцність на розрив 1828 кН/м);

– при необхідності дозволяється використання інших типів шпунтових замків.

Загальний вигляд замків наведено на рис.5.1. та рис.5.2.

5.24 Для виготовлення ШБЗ застосовуються двотаврові балки прокатні або зварні. Сортаменти прокатних балок наведені в додатку 9.5. Сортаменти зварних балок наведені в додатку 9.6. Використання двотаврових балок згідно інших сортаментів дозволяється за умови відповідності вимогам, наведеним в даному документі.

5.25 Для конструкцій із фасонного, листового, широкосмугового універсального прокату згідно з ДСТУ 8539:2015, ДСТУ 8803:2018; ДСТУ 4484/ГОСТ535, ДСТУ EN10025-2, ДСТУ EN10025-3, ДСТУ EN10025-4, ДСТУ EN10025-6 та іншими чинними нормативними документами [1] – [6], наведеними в додатку Ш ДБН В.2.6-198:2014, сортового прокату згідно з ДСТУ 8541:2015, ДСТУ 4484/ГОСТ 535, електрозварних труб згідно з ДСТУ 8943:2019, гарячекатаних труб згідно з ДСТУ 8938:2019, як правило, слід приймати сталі відповідно до додатка Г ДБН В.2.6-198:2014.

5.26 Для зварних з’єднань елементів сталевих конструкцій слід застосовувати електроди для ручного дугового зварювання, зварювальний дріт, флюси, порошковий дріт, вуглекислий газ, аргон відповідно до додатку Д ДБН В.2.6-198:2014.

Прийняті до застосування зварювальні матеріали і технологія зварювання повинні забезпечувати значення тимчасового опору металу шва не нижче від характеристичного значення опору Run основного металу, ударну в’язкість і відносне видовження залежно від вимог, які висуваються до матеріалу конкретних конструкцій.

5.27 Додаткова гідроізоляція шпунтових замків виконується в разі необхідності або за вимогами проекту. Для гідроізоляції слід використовувати матеріал Стилант®, який слід наносити в гарячому вигляді на замки ШТЗ та ШБЗ згідно з інструкцією виробника.

5.28 Необхідність виконання антикорозійного захисту ШТЗ та ШБЗ та визначення зон захисту визначається проектом. Антикорозійний захист виконувати згідно вимогам EN

12944 в залежності від терміну служби покриття що передбачається та типів: конструкцій, підготовки поверхні, довкілля, захисної системи фарбування, роботи (нове чи повторне).

5.29 Може бути використаний також прокат та вироби, що випускаються за іншими нормативними документами, якщо їх властивості відповідають вимогам щодо ударної в’язкості і хімічного складу відповідно до додатка В ДБН В.2.6-198:2014, використання матеріалів для з’єднання сталевих конструкцій згідно з додатком Д ДБН В.2.6-198:2014.

5.30 Розрахункові характеристики матеріалів приймаються згідно розділу 7 ДБН В.2.6-198:2014.

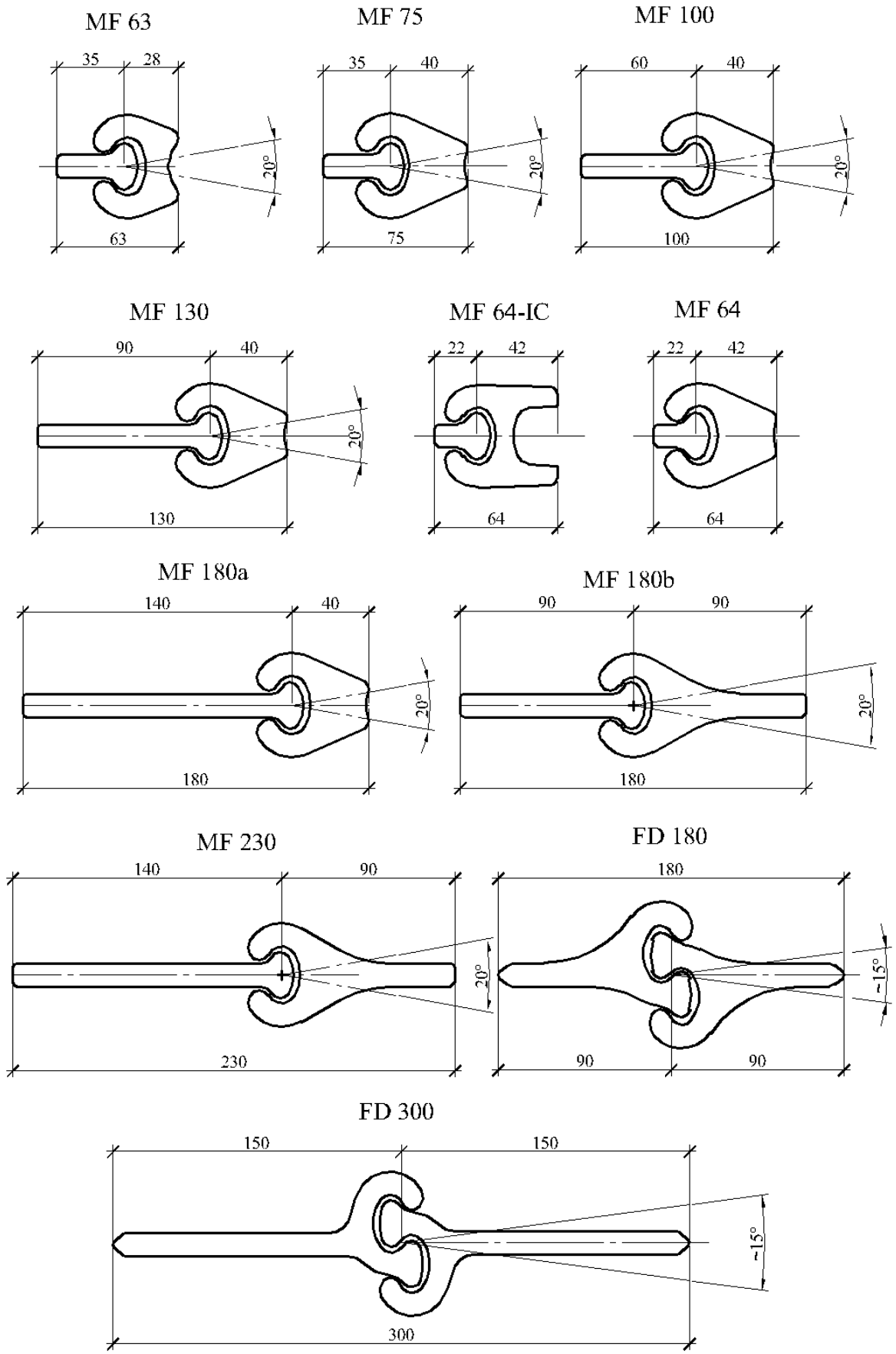



Рис. 5.1 Загальний вигляд замків типу MF, FD

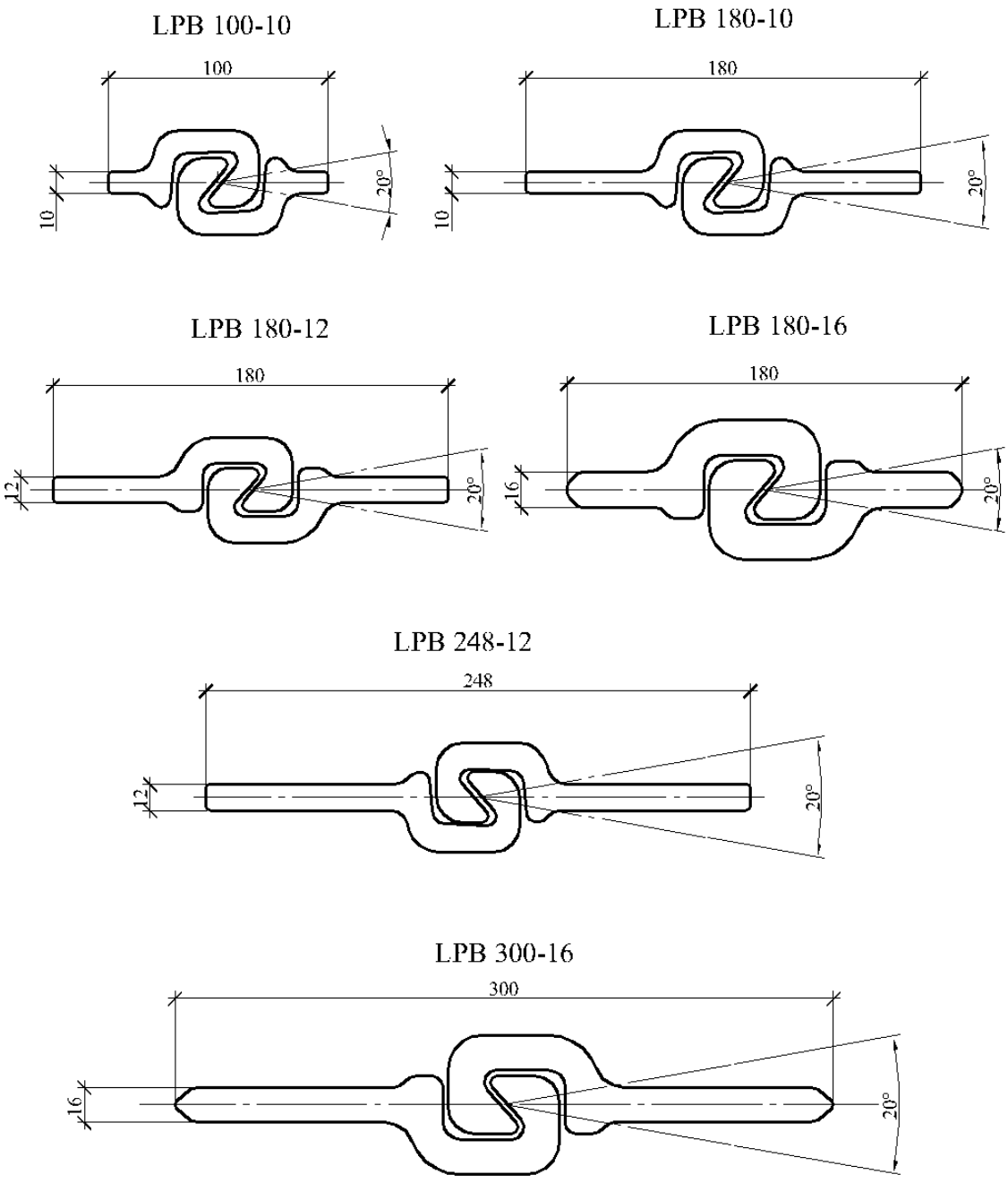



Рис. 5.2 Загальний вигляд замків типу LPB

# 6 РОЗРАХУНКОВІ ПАРАМЕТРИ ДЛЯ ШТЗ ТА ШБЗ

6.1 Визначення наступних розрахункових параметрів:

6.2 Маса 1 м$^2$ комбінації

6.3 Момент інерції

6.4 Момент опору

Крок основних несучих елементів

Моменти інерції та моменти опору в комбінаціях, що розраховані, наведені для одного погонного метру стінки.

Розрахункові параметри зведені в таблиці. наведені окремо згідно сортаментам труб (див. додатки 9.1-9.4).

По гарячекатаним прокатним та зварним двотавровим елементам – аналогічно (див. Додатки 9.5-9.6).

# 7 ПРОЕКТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЙ З ЗАСТОСУВАННЯМ ШТЗ ТА ШБЗ

## Вибір конструкції споруди

7.1 Вибір типу конструкції споруди слід проводити з урахуванням природних умов району будівництва, технологічних вимог, розмірів будівельного майданчика, можливих способів виконання робіт, геологічних умов, вимог щодо охорони навколишнього середовища та ін.

7.2 Конструкцію споруди слід вибирати, виходячи з техніко-економічної доцільності її застосування у конкретних умовах будівництва на основі зіставлення варіантів.

7.3 Економічну доцільність порівнюваних варіантів слід визначати на основі зіставлення вартості зведення споруди, а у випадках, коли терміни будівництва за варіантами різко різні, враховувати економічний ефект, що отримується в результаті більш раннього введення в експлуатацію об'єкта, що проектується.

7.4 При виборі варіанта конструкції слід враховувати:

– витрата основних будівельних матеріалів;

– наявність місцевих будівельних матеріалів;

– трудомісткість виконання робіт;

– ступінь складності будівництва;

– наявність обладнання та механізмів, необхідних для будівництва;

– наявність трудових ресурсів;

– вимоги до довговічності споруд;

– експлуатаційні показники.

7.5 При розробці варіантів перевагу слід надавати конструкціям:

а) з меншою кількістю пальових рядів за рахунок збільшення міцності та (або) жорсткості основного пальового ряду;

б) із найменшим обсягом підводно-технічних робіт.

7.6 При розробці нових конструкцій слід орієнтуватися на передові методи технології виробництва будівельних робіт.

## Загальні положення розрахунку споруд

7.7 Розрахунок споруд, а також їх конструктивних елементів та основ слід виконувати за методом граничних станів. Встановлено дві групи граничних станів. Перша група граничних станів (за втратою несучої здатності або повної непридатності до експлуатації конструкцій або основ) розрахунки міцності, стійкості та витривалості; друга група граничних, станів (що ускладнюють нормальну експлуатацію конструкцій чи основ)

розрахунки деформацій внаслідок осадів, прогинів, кренів, горизонтальних переміщень, розрахунки по утворенню чи розкриттю тріщин.

7.8 Розрахунок несучих конструкцій повинен проводитися на навантаження, що діють у період будівництва, експлуатації та ремонту споруд.

При розрахунках слід дотримуватися наступної умови, що забезпечує недопущення настання граничних станів:

$$\gamma_{lc} F \leq \frac{\gamma_c}{\gamma_{\text{п}}} R, \tag{7.1}$$

де $\gamma_{lc}$ коефіцієнт поєднань навантажень, що приймається відповідно до норм;

$F$ розрахункове значення узагальненого силового впливу (сила, момент, напруга), деформації чи іншого параметра, яким проводиться оцінка граничного стану;

$R$ розрахункове значення узагальненої несучої здатності, деформації чи іншого параметра, що встановлюється нормами проектування;

$\gamma_c$ – коефіцієнт умов роботи, що приймається відповідно до норм;

$\gamma_{\text{п}}$ – коефіцієнт надійності щодо відповідальності (призначення) споруди, що приймається відповідно до норм;

**7.9** При розрахунку споруд слід приймати розрахункові значення діючих експлуатаційних навантажень, які визначаються множенням характеристичного значення навантаження на відповідний коефіцієнт надійності по навантаженню $\gamma_f$.

## Додаткові вимоги з розрахунку гідротехнічних споруд

7.10 Розрахунки гідротехнічних споруд, їх конструкцій і основ по граничним станам другої групи слід проводити з коефіцієнтом надійності за навантаженням $\gamma_f$ , а також з коефіцієнтами надійності за матеріалами $\gamma_m$ і ґрунтами $\gamma_g$ , рівними 1,0, за винятком випадків, які встановлені в нормах на проектування окремих видів гідротехнічних споруд, їх конструкцій та основ.

7.11 При розрахунку морських причальних споруд слід набувати розрахункових значень характеристик ґрунтів $\varphi$ і C; по першій групі граничних станів $\varphi_I$ і $C_I$ по другій групі граничних станів $\varphi_{II}$ і $C_{II}$ ( $\varphi$ – кут внутрішнього тертя ґрунту; $C$ –зчеплення). Зазначені характеристики приймаються за даними інженерно-геологічних вишукувань та досліджень ґрунтів, виконаних відповідно до вимог норм на проектування гідротехнічних споруд.

7.12 При розрахунку інших споруд, до яких висуваються додаткові вимоги (мости, дороги, тощо), необхідно їх враховувати відповідно до відповідних нормативних документів.

7.13 При розрахунку відповідно до європейських норм компіляція з нормами України не допускається.

## Навантаження і впливи

7.14 Залежно від причин виникнення навантаження і впливи поділяються на основні та епізодичні. Залежно від змінюваності у часі впливи поділяються на постійні та змінні. Залежно від тривалості неперервної дії змінні навантаження і впливи поділяються на тривалі, короткочасні та епізодичні. Навантаження, що виникають при виготовленні, зберіганні та перевезенні конструкцій, а також при зведенні споруд, слід враховувати при розрахунках як короткочасні. Основою для призначення навантажень є їхні характеристичні значення.

Залежно від характеру навантажень та мети розрахунку використовуються чотири види розрахункових значень: граничне, експлуатаційне, циклічне, квазіпостійне. Дані види навантажень слід застосовувати у відповідності із табл. 4.1. ДБН В1.2:2006.

До постійних навантажень відносяться: вага елементів споруди; вага постійного технологічного обладнання, місце розташування якого на споруді не змінюється у процесі експлуатації; вага ґрунту; бічний тиск ґрунту з урахуванням постійних навантажень, розташованих на його поверхні; навантаження від попередньої напруги конструкції.

До змінних тривалих навантажень та впливів відносяться: навантаження від перевантажувальних та транспортних засобів та складованих вантажів, а також інші навантаження, пов'язані з експлуатацією споруди: бічний тиск ґрунту від тимчасових навантажень на території споруди; фільтраційний тиск води (у тому числі гідростатичний) при нормальній роботі дренажних пристроїв; впливу нерівномірних деформацій основи, що не супроводжуються зміною структури ґрунту; впливу усадки та повзучості матеріалів та ґрунтів основи.

До змінних короткочасних навантажень та впливів відносяться: навантаження, що діють у будівельний період; температурно-кліматичні дії; хвильові, льодові та навантаження від суден (для гідротехнічних споруд).

До епізодичних навантажень та впливів відносяться:

– додатковий фільтраційний тиск води при порушенні нормальної роботи протифільтраційних та дренажних пристроїв;

– сейсмічні навантаження;

– динамічні навантаження від вибухів;

– впливу нерівномірних деформацій основи, що супроводжуються зміною структури ґрунту;

– гідродинамічний та зважуючий вплив, зумовлений рідкісними гідрометеорологічними явищами.

7.15 Для розрахунку споруд слід застосовувати сполучення двох типів – основні та аварійні.

Для перевірки граничних станів першої групи використовують основні сполучення, які включають постійні навантаження з граничними розрахунковими значеннями, граничні розрахункові, циклічні або квазіпостійні значення змінних навантажень.

Для перевірки граничних станів другої групи використовують основні сполучення, які включають постійні навантаження з експлуатаційними розрахунковими значеннями, а також експлуатаційні розрахункові, циклічні або квазіпостійні значення змінних навантажень. До аварійного сполучення крім постійних і змінних навантажень може входити тільки один епізодичний вплив.

Сполучення навантажень формуються як набір їхніх розрахункових значень або відповідних їм зусиль і/або переміщень, що використовується для перевірки конструкції або основи у певному граничному стані і в певній розрахунковій ситуації. Припускається, що всі навантаження в обраному сполученні одночасно впливають на об'єкт розрахунку.

Навантаження і впливи повинні прийматися в найбільш несприятливих, але реальних для поєднань, що розглядається, окремо для будівельного та експлуатаційного періодів і розрахункового ремонтного випадку.

Сполучення навантажень у період будівництва та ремонту слід призначати з урахуванням прийнятого порядку виконання робіт.

При розрахунку епізодичних навантажень необхідно враховувати вимоги нормативних документів щодо сейсмостійкого будівництва.

Будь-яке тимчасове навантаження не вводиться в поєднання, якщо воно покращує граничний стан, що розглядається

7.16 Вага елементів споруди визначається їх геометричними розмірами та питомою вагою матеріалів з урахуванням вологості.

7.17 Вага ґрунту визначається товщиною шару та питомою вагою ґрунту з урахуванням вологості.

Питома вага ґрунту в залежності від зони його розташування та вологості визначається: вище за розрахунковий рівень води для стану природної вологості за даними інженерно-геологічних вишукувань; під водою з урахуванням повного зважування за формулою

$$\gamma_{\text{взв}} = \frac{\gamma_s - \gamma_w}{1 - e}, \tag{7.2}$$

де $\gamma_s$ – питома вага частинок ґрунту, кН/м $^3$;

$\gamma_w$ –питома вага води, кН/м $^3$;

$e$ – коефіцієнт пористості у природному стані.

За наявності обґрунтованих даних допускається вводити часткове зважування в зоні нижче рівня дна для глинистих ґрунтів обмеженої вологості за відсутності в них фільтруючих прошарків та лінз.

Вага ґрунту засипки пазух, кам'яного, щебеневого або гравійного ліжка визначається залежно від заданої щільності та вологості.

7.18 Тиск ґрунту приймається чинним на розрахункову площину.

Положення розрахункової площини залежить від кроку та габаритів пальових елементів.

7.19 Навантаження на території споруди, як правило, призначаються в завданні на проектування. За відсутності відповідних даних у завданні на проектування вони можуть бути визначені у процесі проектування з урахуванням вимог технологічних Норм для відповідних конструкцій.

Колісне навантаження (залізничне тощо) слід приймати рівномірно розподіленим у двох напрямках ( по довжині та ширині опірних елементів).

Для розпірних конструкцій зосереджене навантаження допускається замінювати на еквівалентне рівномірно розподілене навантаження $q_e$. Визначення $q_e$ здійснюється з урахуванням вимог Норм для відповідних споруд.

7.20 Епюра навантажень від фільтраційного тиску води визначається побудовою залежно від типу споруди (рис. 7.1 а, б).

Максимальна ордината р епюри навантажень визначається за формулою

$$p_ф = \gamma_w \Delta h, \qquad (7.3)$$

де $\gamma_w$ – питома вага води, кН/м$^3$ ;

$\Delta h$ – різницю рівнів за спорудою та перед спорудою, м.

Нульова ордината епюри навантажень приймається для шпунтових стінок на рівні підошви стінки.

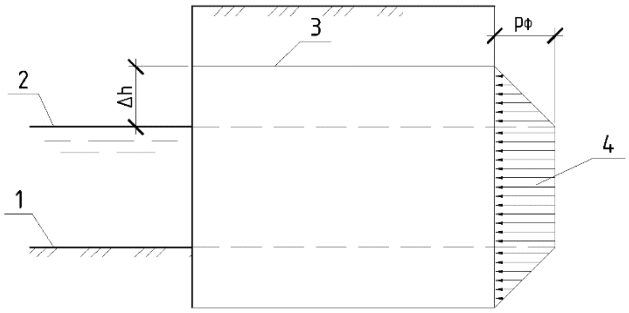



Рис. 7.1. Умовні позначення: 1 – проектне дно; 2 – мінімальний рівень води; 3 – рівень при підпорі води; 4 – епюра фільтраційного тиску води

Фільтраційний тиск води не враховується при влаштуванні дренажних пристроїв, що виключають утворення підпору, або в спорудах, що мають в основі кам'яну або щебеневу постіль.

При значному та інтенсивному зниженні рівня води в акваторії та малій проникності основи, при визначенні ваги ґрунту в зоні зниження слід приймати питому вагу ґрунту, як для ґрунту з урахуванням заповнення пір водою.

7.21 Вплив від нерівномірних деформацій слід враховувати під час вибору розрахункової схеми відповідно до вказівок по проектуванню окремих видів споруд.

7.22 Усадку та повзучість бетону слід враховувати відповідно до вимог СНіП 2.06.08-87.

7.23 Хвильові навантаження слід визначати відповідно до вимог СНіП 2.06.04-82*.

Навантаження від хвильової дії слід враховувати при висоті вихідної хвилі біля споруди понад 1м.

При цьому інтенсивність хвильового тиску (інтерферованої, ковзної, що косо підходить хвилі) при підході улоговини хвилі до стінки, враховуючи швидкість коливання рівня за спорудою, допускається визначати з коефіцієнтом зменшення 0,5.

7.24 При розрахунку споруд з льодовими навантаженнями необхідно враховувати такі розрахункові випадки:

– від крижаних полів;

– від суцільного крижаного покриву за його температурному розширенні;

– від примерзлого до споруди крижаного покриву за зміни рівня води.

Льодові навантаження слід визначати з урахуванням вимог СНіП 2.06.04-82*.

Навантаження від примерзлого до споруди льодового покриву при зміні рівня води допускається враховувати при розрахунку споруд із суцільною лицьовою поверхнею лише в особливо суворих кліматичних умовах при спеціальному обґрунтуванні.

7.25 Навантаження від суден слід визначати відповідно до вимог СНіП 2.06.04-82*.

При цьому слід враховувати:

– навантаження від навалу судна при підході до споруди;

– навантаження від навалу пришвартованого судна;

– навантаження від натягу швартовних кінців.

7.26 Навантаження, що діють у будівельний період, визначаються у кожному конкретному випадку окремо залежно від методів та послідовності виконання робіт, типів задіяних машин та механізмів тощо.

7.27 Навантаження, спричинені зміною температури, враховуються при розрахунку елементів конструкцій споруд, що зводяться в особливо суворих кліматичних умовах.

Зміна середніх температур та перепади у теплу та холодну пору року для елементів конструкцій повинні визначатися на основі теплотехнічних розрахунків за відповідними нормативними документами.

7.28 Сейсмічні навантаження слід визначати відповідно до вимог ДБН В.1.1.12:2014.

7.29 Розрахункове значення навантаження визначається множенням характеристичного значення навантаження на відповідний коефіцієнт надійності навантаження $\gamma_f$.

При розрахунках за першою групою граничних станів значення коефіцієнтів надійності за навантаженням $\gamma_f$ приймати за додатком І до ДБН В.2.4-3:2010 (для гідротехнічних споруд) та відповідними пунктами Норм що регламентують процес проектування інших споруд.

При розрахунках у другій групі граничних станів значення коефіцієнтів надійності навантаження $\gamma_f$ приймаються рівними одиниці.

Коефіцієнти надійності по навантаженню $\gamma_f$ слід приймати однаковими як для діючого навантаження, так і для її проекцій (складових), незалежно від того, що одна з проекцій входить до узагальнена силова дія, а інша в граничну силу опору.

При розрахунку загальної стійкості за глибинним зсувом і припущенням круглоциліндричних і плоских (ламаних) поверхонь ковзання коефіцієнти надійності навантаження допускається приймати рівними 1,0.

7.30 Власну вагу елементів бетонних та залізобетонних конструкцій при визначенні зусиль, що виникають при їх підйомі, транспортуванні та монтажі, слід множити на коефіцієнт динамічності, що визначається за ДБН В.2.6-98:2009, ДБН В.2.1-10:2009 та ДСТУ Б.В. 2.1-27:2010, приймаючи при цьому коефіцієнт надійності навантаження рівним 1,0.

7.31 Розрахунок перерізів сталевих елементів конструкцій слід виконувати відповідно до вимог ДБН В.2.6-198:2014.

7.32 Бетонні та залізобетонні конструкції та елементи слід розраховувати відповідно до СНіП 2.06.08-87 та ДБН В.2.6-98:2009 .

## Визначення бічного тиску ґрунту

7.33 Інтенсивність горизонтальної складової активного тиску ґрунту при плоскій поверхні ґрунту визначається за формулою

$$p_a = p_{a,\text{гр}} + p_{a.q,}, \tag{7.4}$$

де $p_{a,\text{гр}}$ інтенсивність горизонтальної складової активного тиску від ваги ґрунту, кПа, що визначається за п. 7.34;

$p_{a,q}$ інтенсивність горизонтальної складової активного тиску від рівномірно розподілених навантажень, розташованих на території, кПа, що визначається за п. 7.37;

7.34 Інтенсивність горизонтальної складової активного тиску $p_{a,\text{гр}}$ від ваги ґрунту визначається за формулою

$$p_{a,\text{гр}} = q_z\lambda - c\lambda_{\text{ас}}, \tag{7.5}$$

де $q_z$ – інтенсивність вертикального тиску ґрунту, кПа, що визначається за п. 7.35;

$\lambda_a$ - коефіцієнт горизонтальної складової активного тиску ґрунту, який визначається за п. 7.36;

$c$ – питоме зчеплення ґрунту, кПа;

$\lambda_{ac}$ – коефіцієнт горизонтальної складової активного тиску ґрунту від сил зчеплення, що визначається за п. 7.36.

***Примітка. У випадках, коли $c\lambda_{ac}$ більше $q_z\lambda_a$, величина $p_{a,гр}$ на даній ділянці приймається рівною нулю.***

7.35 Інтенсивність вертикального тиску ґрунту $q_z$ визначається за формулою

$$q_z = \gamma_i\left(z - \sum_{1}^{i-1} h\right) + q_{zi-1)}, \tag{7.6}$$

де $i$ – порядковий номер шару ґрунту з однаковими фізико-механічними характеристиками в межах висоти стінки;

$\gamma_i$ – питома вага і -го шару ґрунту, кН/м$^3$;

$z$ – поточна координата по висоті стінки, м;

$h_i$ – висота і -го шару, м;

$q_{zi}$ – інтенсивність вертикального тиску ґрунту вище лежачих шарів, кПа.

7.36 Коефіцієнти горизонтальної складової активного тиску ґрунту $\lambda_a$ та $\lambda_{ac}$ рекомендується визначати відповідно до вимог СНіП 2.06.07-87.

де $\varphi$ – кут внутрішнього тертя ґрунту, град;

$\alpha$ – кут нахилу розрахункової площини стінки до вертикалі, град., що приймається зі знаком мінус при нахилі стінки на ґрунт;

$\rho$ – кут нахилу поверхні ґрунту до горизонталі, град., що приймається зі знаком плюс при підвищенні позначки території;

$\delta$ – кут тертя ґрунту по розрахунковій площині, град., що приймається не більше 0,667φ для розрахункової площини, що проходить на контакті ґрунту із спорудою, або

$\delta = \varphi$ при площині, що проходить у ґрунті, але не більше 30°.

7.37 Інтенсивність горизонтальної складової активного тиску $p_{aq}$ від рівномірно розподілених навантажень інтенсивністю $q_j$ , розташованих на території, визначаються:

при нескінченному по ширині смузі ($b_q = \infty$) навантаженні, що розміщується безпосередньо за розрахунковою площиною,

$$p_{a.q} = mq\lambda_a, \tag{7.7}$$

де

$$m = \frac{1}{1 + \tan\alpha \tan\rho}, \tag{7.8}$$

при нескінченній по ширині смузі ($b_q = \infty$) навантаження, що розміщується на відстані $a_q$ від розрахункової площини,

$$p_{a.q} = mq\lambda_a(1 - k_{q.1}), \tag{7.9}$$

де

$$k_{q.1} = \frac{2}{\pi}\left(\beta_1 - \frac{\sin 4\beta_1}{4}\right), \tag{7.10}$$

$$\beta_1 = \tan^{-1}\frac{z}{a_q}, \text{рад}, \tag{7.11}$$

z – поточна координата по висоті стінки, м;

при смузі навантаження шириною $b_q$ , що розміщується безпосередньо за розрахунковою площиною,

$$p_{a.q} = mq\lambda_{ak}q_2, \tag{7.12}$$

де

$$k_{q.2} = \frac{2}{\pi}\left(\beta_2 - \frac{\sin 4\beta_2}{4}\right), \tag{7.13}$$

$$\beta_2 = \tan^{-1}\frac{z}{a_q}, \text{рад}, \tag{7.14}$$

при смузі навантаження шириною $b_q$ , що розміщується на відстані $a_q$ від розрахункової площини,

$$p_{a,q} = mq\lambda_a\left(k_{q2} - k_{q1}\right), \tag{7.15}$$

де $k_{q,2}$, $k_{q,1}$ визначені вище.

Значення $k_{q,i}$ приймаються залежно від величини $cot\ \beta_i$

$$\cot\beta_1 = \frac{z}{a_q}, \tag{7.16}$$

$$\cot\beta_2 = \frac{z}{a_q + b_q}, \tag{7.17}$$

7.38 За наявності розвантажувальної кам'яної призми активний тиск ґрунту, що визначається у припущенні нескінченного простягання шарів ґрунту, у тому числі й каменю (див. п.7.33), доповнюється тиском від привантаження ґрунту, розташованого в призмі обвалення на укосі кам'яної призми (рис. 7.2).

Інтенсивність горизонтальної складової додаткового тиску Δ від привантаження ґрунту слід визначати за формулами:

у межах кам'яної призми на висоті $\Delta h$ до

$$\Delta p_a = \frac{q_p(\lambda_a - \lambda_{a.k})a_{h.1}}{\Delta h_k}, \tag{7.18}$$

нижче кам'яної призми на глибині $\Delta d$,

$$\Delta p_a = \frac{q_p(\lambda_a - \lambda_{a.k})a_h}{\Delta d}, \tag{7.19}$$

де $q_p$ інтенсивність вертикального тиску ґрунту (з урахуванням рівномірно розподілених навантажень по території) на рівні перетину укосу кам'яної призми площиною обвалення, проведеної з точки на розрахунковій площині, в якій визначається тиск ґрунту $\Delta p_a$ , кПа (п. 7.35);

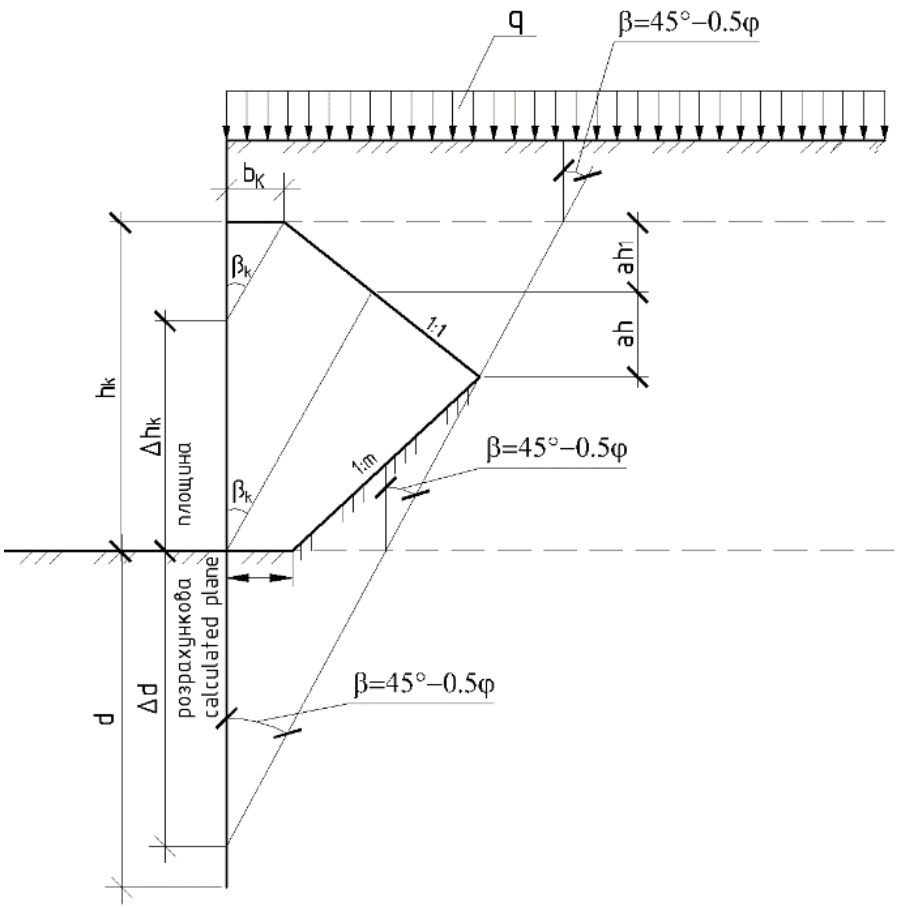



Рис. 7.2

7.39 Інтенсивність вертикальної складової активного тиску ґрунту $p_{av}$ визначається за формулою

$$p_{a.v} = p_a \tan(\alpha + \delta), \tag{7.20}$$

де $p_a$ – інтенсивність горизонтальної складової активного тиску ґрунту, кПа.

7.40 Горизонтальна $E_a$ і вертикальна $E_{av}$ складові активного тиску ґрунту визначаються площею епюр інтенсивності тиску ґрунту.

7.41 Інтенсивність горизонтальної складової силосного тиску ґрунту між стінками визначається за формулою

$$p_{a.сил} = q_{z,сил}\lambda_a - \frac{c}{\tan\varphi}[1 - \lambda_a(1 - m_{сил})], \tag{7.21}$$

де $q_{z.сил}$ – інтенсивність вертикального тиску ґрунту між стінками, кПа, що визначається за п. 7.42;

$\lambda_a$ – коефіцієнт горизонтальної складової активного тиску ґрунту, що приймається за п . 7.36;

$$m_{сил} = 1 - e^{\frac{z - \sum_1^{i-1} h_i}{h_0}}, \tag{7.22}$$

де $z$ – поточна координата по висоті стінки, м;

$h_i$ – висота і -го шару ґрунту, м;

$h_0$ – величина, м, що визначається для кожного і го шару ґрунту за формулою (7.23 або 7.24).

Для плоскої задачі

$$h_0 = \frac{a}{2\lambda_a \tan\delta} \ , \tag{7.23}$$

де а – відстань між розрахунковими площинами стінок, м;

$\delta$ – кут тертя ґрунту об стінку, град (див. п. 7.36);

для комірчастих конструкцій (оболонок)

$$h_0 = \frac{A}{u\lambda_a \tan\delta} \ , \tag{7.24}$$

де $A$ – площа комірки, м$^2$;

$u$ – периметр комірки, м.

***Примітка. У випадках, коли*** $\frac{c}{tan\varphi}[1-\lambda_a(1-m_{c\text{сил}})]$ ***більше*** $q_{zi\text{-}1\ сил}$ ***величина*** $p_{a,c\text{сил}}$ ***на даній ділянці приймається рівною нулю.***

7.42 Інтенсивність вертикального тиску ґрунту між стінками визначається за формулою

$$q_{z.\text{сил}} = \gamma_i m_{\text{сил}} h_0 = q_{zi-1,\text{сил}}(1 - m_{\text{сил}}), \tag{7.25}$$

де $q_{zi-1,\text{сил}}$ – інтенсивність вертикального тиску ґрунту між стінками на поверхні і -го шару з урахуванням рівномірно розподіленого навантаження на поверхні ґрунту між стінками інтенсивністю $q_0$, кПа,

$$q_0 = \frac{\sum(q_j b_j + F_j)}{a}, \tag{7.26}$$

де $q_j$ – інтенсивність рівномірно розподіленого навантаження, розташованого в межах а, кПа;

$b_j$ – смуга навантаження інтенсивністю $q_j$, м;

$F_{j-}$ зосереджені навантаження, розташовані в межах $a$, кН/м.

7.43 Інтенсивність вертикальної складової силосного тиску ґрунту між стінками визначається за формулою

$$p_{a.v,\text{сил}} = p_{a.\text{сил}} \tan\delta \, , \tag{7.27}$$

де $p_{\text{а,сил}}$ інтенсивність горизонтальної складової силосного тиску ґрунту між стінками, кПа.

7.44 Інтенсивність горизонтальної складової пасивного тиску ґрунту $p_p$ при плоскій поверхні ґрунту визначається за формулою

$$p_p = p_{\text{р,гр}} + p_{\text{рн}}\,, \tag{7.28}$$

де $p_{p,\text{гр}}$ – інтенсивність горизонтальної складової пасивного тиску від ваги ґрунту, кПа, що визначається за п. 7.45;

$p_{p\text{н}}$ – інтенсивність горизонтальної складової пасивного тиску ґрунту від навантаження на призмі випору, кПа, що визначається за п.7.47.

7.45 Інтенсивність горизонтальної складової пасивного тиску від ваги ґрунту $p_{\text{р.гр}}$ визначається за формулою

$$p_{p,\text{гр}} = q_z\lambda_p + c\lambda_{pc}, \tag{7.29}$$

де $q_z$ – інтенсивність вертикального тиску ґрунту, кПа, (п. 7.35);

$\lambda_p$ – коефіцієнт горизонтальної складової пасивного тиску ґрунту, що визначається за п.7.46;

$c$ – питоме зчеплення ґрунту, кПа;

$\lambda_{pc}$ – коефіцієнт горизонтальної складової пасивного тиску ґрунту від сил зчеплення, що визначається за п.7.46.

Для поверхневого шару, де можливе порушення структури ґрунту, питоме зчеплення ґрунту $c = 0$, повна величина зчеплення приймається на глибині 1,0 м. Зміна питомого зчеплення до його повної величини приймається лінійним.

7.46 Коефіцієнт горизонтальної складової пасивного тиску ґрунту $\lambda_p$ визначається відповідно до вимог СНіП 2.06.07-87 за формулами:

при $\rho = 0$

$$\lambda_p = \frac{\cos\delta + \sqrt{\sin^2\varphi + \sin^2\delta}}{\cos^2\alpha\,(1-\sin\varphi)} \times exp\left[\left(\delta + \arcsin\frac{\sin\delta}{\sin c\varphi} + 2\alpha\right)\tan\varphi\right], \tag{7.30}$$

де $\rho$ – кут нахилу поверхні ґрунту до горизонталі, град, який приймається зі знаком плюс при підвищенні позначки території;

$\delta$ – кут тертя ґрунту по розрахунковій площині, град, що приймається від 0 до $\varphi$, але не більше 30°;

$\alpha$ – кут нахилу розрахункової площини до вертикалі, град, що приймається зі знаком мінус при нахилі від ґрунту;

при $\rho \leq$ ц $\;i\;\; \alpha \leq 7$

$$\lambda_p = \left[\frac{\cos(\varphi-\alpha)}{\cos\left(1-\sqrt{k_4}\right)}\right]^2, \tag{7.31}$$

де

$$k_4 = \frac{\sin(\varphi+\beta)\sin(\varphi+\rho)}{\cos(\alpha+\beta)\cos(\alpha-\rho)}, \tag{7.32}$$

де $\beta$ – кут, град, що приймається при $\delta \leq 0{,}33\varphi$ рівним $\delta$, при $\delta > 0{,}33\varphi$ рівним $0{,}677\varphi$.

Коефіцієнт горизонтальної складової пасивного тиску ґрунту від сил зчеплення $л_{pc}$ визначається за формулою

$$\lambda_{pc} = \frac{0.9\lambda_p - 1 + \tan\alpha \tan\delta}{\tan\varphi}, \tag{7.33}$$

7.47 Інтенсивність горизонтальної складової пасивного тиску ґрунту $p_{p,qn}$ від навантаження на призмі випору

$$p_{p,q\text{п}} = 0.9 q_{\text{п}} \lambda_p, \tag{7.34}$$

де $q_{\text{п}}$ – інтенсивність навантаження на призмі випору, кПа, що приймається нескінченною по ширині споруди.

7.48 За наявності укосу на поверхні ґрунту перед спорудою (рис.7.3 а,б) епюра інтенсивності горизонтальної складової пасивного тиску ґрунту визначається за двома епюрами:

а) по епюрі 1, побудованої від точки перетину лінії, що є продовженням укосу, з розрахунковою площиною як для необмеженого укосу;

б) по епюрі 2, побудованої від точки перетину лінії, що є продовженням горизонтальної поверхні півукосу або берми, з розрахунковою площиною як для горизонтальної поверхні ґрунту; при цьому для схеми на рис. 7.3а епюра 2 будується від точки 0, інтенсивність пасивного тиску ґрунту в якій визначається як для необмеженого укосу.

Епюра 3 приймається залежно від схеми контуру поверхні ґрунту перед спорудою:

– для схеми на рис. 7.3а від верху розрахункової площини до точки 0, розташованої на глибині $\Delta d$ по епюрі 1, нижче по епюрі 2;

– для схеми на рис. 7.3б від верху розрахункової площини до точки 0 (точка перетину епюр 1 та 2) по епюрі 2; нижче за епюрі 1.

7.49 Інтенсивність вертикальної складової пасивного тиску ґрунту $p_{p,v}$ визначається за формулою

$$p_{p,v} = p_p \tan(\alpha + \delta), \tag{7.35}$$

де $p_p$ – інтенсивність горизонтальної складової пасивного тиску ґрунту, кПа.

7.50 Горизонтальна $E_p$ і вертикальна $E_{p,v}$ складові рівнодіючої пасивного тиску ґрунту визначаються площею епюр інтенсивності тиску ґрунту.

а) б)

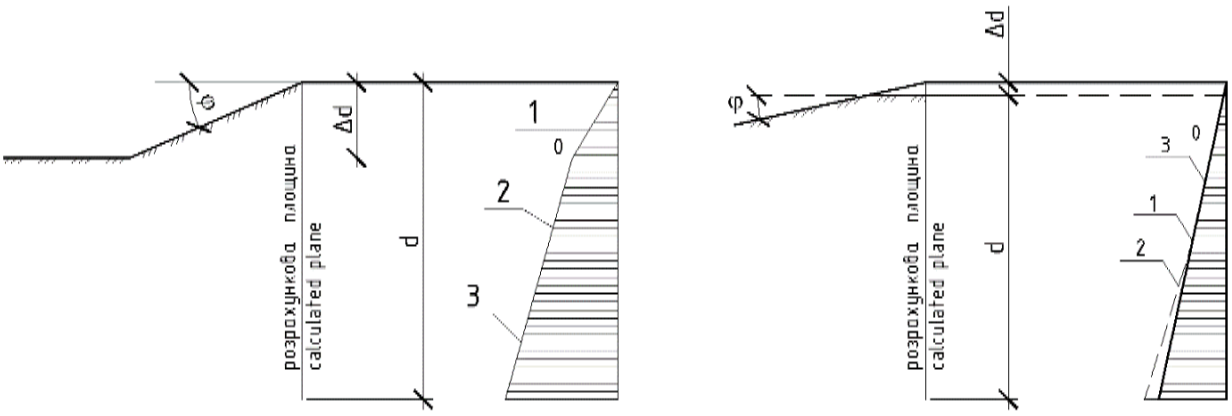



Рис. 7.3

7.51 Інтенсивність тиску ґрунту в стані спокою при горизонтальній поверхні ґрунту на вертикальну розрахункову площину визначається як активний тиск відповідно до вказівок п.п.7.33, 7.39 при коефіцієнті горизонтальної складової активного тиску ґрунту що дорівнює коефіцієнту $\lambda_0$.

7.52 Коефіцієнт бічного тиску ґрунту в стані спокою $\lambda_0$ визначається за формулою

$$\lambda_0 = \frac{\upsilon}{1-\upsilon}, \tag{7.36}$$

де $\nu$ – коефіцієнт поперечної деформації ґрунту, що приймається за відсутності досвідчених даних по СНіП 2.02.02-85.

7.53 При визначенні реактивного тиску ґрунту, викликаного зміщенням споруди, ґрунт розглядається як лінійно деформована основа, що характеризується модулем деформації $E_{\text{п}}$ та коефіцієнтом поперечної деформації ґрунту $\nu$ або коефіцієнтом ліжка $c_z$.

7.54 Модуль деформації ґрунту $E_{\text{п}}$ слід приймати на підставі даних лабораторних або польових досліджень відповідно до вимог СНіП 2.02.02-85.

Коефіцієнт ліжка $c_z$ приймається лінійно зростаючим із глибиною

$$c_z = kz, \tag{7.37}$$

де $k$ – коефіцієнт пропорційності пружних властивостей ґрунту, кН/м$^4$ прийнятий за табл.7.1.

$z$ – поточна координат по висоті стінки, м.

Таблиця 7.1 Коефіцієнти пропорційності пружних властивостей ґрунту

| **Найменування, вид ґрунту та його характеристика** | **K , кН/м$^4$** |
|---|---|
| Текучопластичні глини та суглинки (0,75< $I_L$ ≤1,00) | 500-2000 |
| М'якопластичні глини та суглинки (0,50< $I_L$ ≤0,75), пластичні супіски (0< $I_L$ ≤1,00), пилуваті піски (0,60<e<0,80) | 2000-4000 |
| Тугопластичні та напівтверді глини та суглинки (0< $I_L$ ≤0,50), тверді супіски ( $I_L$ < 0) та піски дрібні (0,60<e≤0,75) та середньої крупності (0,55<e≤0,70) | 4000-6000 |
| Тверді глини та суглинки ($I_L$ <0), піски великі (0,55<e ≤0,70) | 6000-10000 |
| Піски гравілисті (0,55<e ≤0,70), гравій та галька з піщаним заповненням | 10000-20000 |

***Примітки:***

1. ***Найменші значення коефіцієнта K відповідають вищим значенням показника плинності $I_L$ глинистих і коефіцієнтів пористості піщаних ґрунтів, зазначених у дужках, а більші значення коефіцієнта k відповідно нижчим значенням $I_L$ і e. Для ґрунту з проміжними значеннями характеристик $I_L$ і e значення коефіцієнта k визначаються інтерполяцією.***
2. ***Коефіцієнти k для щільних пісків (e ≤ 0,55) приймаються на 30% вище, ніж найбільші значення, зазначені для даного виду ґрунту.***
3. ***Коефіцієнти k для насипних ґрунтів приймаються на 30% нижче, ніж зазначені в таблиці значення даного виду грунту.***

7.55 При розрахунках міцності, стійкості, деформації інтенсивність реактивного тиску ґрунту не повинна перевищувати інтенсивності пасивного тиску ґрунту, що визначається за п.7.44.

## Основні конструктивні вимоги при проектуванні споруд з використанням ШТЗ і ШБЗ

7.56 Ці вказівки поширюються на проектування споруд з використанням ШТЗ та ШБЗ, в тому числі безанкерних та заанкерених стінок з анкеруванням в одному рівні.

7.57 Конструкція та компонування елементів споруди повинні забезпечувати найбільш повне використання їхньої несучої здатності та найбільш сприятливий розподіл зусиль та деформацій між елементами.

7.58 Як основні елементи споруди застосовуються системи ШТЗ та ШБЗ. Допускається використання будь-яких профілів, що відповідають вимогам довговічності та надійності для умов роботи споруди, що розглядаються.

7.59 При проектуванні лицьових стінок особливу увагу слід звертати на забезпечення ґрунтонепроникності по всій висоті стінки та на 1,5 м нижче за відмітку проектного дна.

7.60 Для зняття гідростатичного тиску за стінкою повинні бути передбачені дренажні випуски, розташовані нижче за розрахунковий рівень води біля споруди.

7.61 При необхідності елементи лицьової стінки повинні бути пов'язані поверху надбудовою зі збірно-монолітного або монолітного залізобетону. Габарити оголовка залежать від низки факторів (захист від корозії, техніка безпеки, а для причальних та огороджувальних споруд також необхідність влаштування швартовних та відбійних пристроїв, тощо).

7.62 Відмітку низу залізобетонних надбудов слід призначати, виходячи з необхідності захисту ШТЗ та ШБЗ від агресивного впливу в зоні змінного рівня води.

Для гідротехнічних споруд у районах з підвищеною агресивністю води або можливих значних льодових навантажень, позначка низу надбудови повинна бути не менше ніж на 0,2 м нижче за розрахунковий рівень.

При будівництві споруд у районі знижених агресивних впливів, де забезпечується тривала безпека ШТЗ та ШБЗ, відмітку низу надбудови слід приймати з умови створення опорної площини для відбійних пристроїв та можливості виконання робіт зі зведення надбудови насухо.

7.63 Температурно-деформаційні шви в залізобетонній надбудові та оголовках лицьової стінки слід розташовувати з кроком не більше 50-55 м, а також у місцях різкої зміни ґрунтових умов, які можуть спричинити різницю у величинах зсувів окремих частин споруди.

Температурно-деформаційні шви у залізобетонній надбудові необхідно виконувати у місцях замкових з'єднань, де можуть бути реалізовані горизонтальні та вертикальні деформації.

7.64 Для анкерних опор слід використовувати залізобетонні плити, палі, шпунти, палі-оболонки, сталеві труби та інші прокатні профілі, а також зварні та складові об'ємні конструкції.

7.65 Споруди з багаторядним екрануванням (кількість рядів екрануючих елементів більше двох) доцільно застосовувати тільки у випадках, коли необхідно забезпечити загальну стійкість споруди або коли екрануючі елементи використовуються як опори технологічного обладнання, у т.ч. кранових колій.

7.66 При компонуванні споруд слід враховувати, що ефект екранування збільшується зі збільшенням в системі частки жорсткості стінок, що екранують.

Найбільша ефективність реалізується при защемленні лицьових і екрануючих стінок, що забезпечується оптимальним співвідношенням глибини занурення, відстані між стінками та податливості анкерування, що досягається при розгляді та розрахунку кількох варіантів компонування.

7.67 Відстань між лицьовою і екрануючої стінками споруди, а також між стінками, що екранують, слід приймати виходячи з несучої здатності елементів стінок і оптимального напруженого стану всієї системи і, по можливості, рівними. Рекомендується встановлювати їх у межах 0,15-0,30 $h$ ( $h$ – висота стінки).

7.68 Екрануючі стінки повинні виконуватися у вигляді суцільного ряду або з елементів, занурених у розрядку. Відстань між елементами стінки у просвіті не повинна перевищувати відстані до стінки, що стоїть попереду.

7.69 Розвантажувальна платформа повинна перекривати простір між лицьовою стінкою і екрануючими стінками і вільно упиратися в лицьову стінку споруди.

Різниця позначок низу розвантажувальної платформи та осі анкерних тяг має бути мінімальною, що не перевищує 0,5 м.

Залізобетонна платформа може виконуватися збірною або монолітною і розміщуватися симетрично щодо осей екрануючих стінок споруди.

При багаторядному екрануванні допускається монолітна платформа по всьому поперечному перерізу, так і з осадовим швом в середині прольоту між стінками.

7.70 Анкерування слід здійснювати з використанням розподільного пояса лицьової стінки, а у разі застосування великорозмірних елементів підвищеної жорсткості за кожен елемент.

При конструюванні вузла кріплення анкерної тяги рекомендується передбачати можливість вільного повороту анкерної тяги на 5-10° від нормалі до стінки, що анексується.

Для зменшення нерівномірності завантаження анкерних тяг, а також доведення їх деформацій до величини, що забезпечує нормальний режим роботи стінок, рекомендується включати до тяги спеціальні муфти та пристрої.

7.71 Сталеві анкерні тяги повинні мати антикорозійний захист. Як захист можуть бути застосовані бітумні, епоксидні та епоксидно-кам'яновугільні емалі, герметики та стрічкові матеріали.

Вузли кріплення та з'єднання анкерних тяг рекомендується заливати бітумно-гумовою емаллю.

7.72 Для монтажу анкерних тяг рекомендується передбачати улаштування тимчасових конструкцій, що підтримують, на період виконання робіт, що видаляються після обтяжки анкерів.

7.73 Анкерування споруд за наявності екрануючих стінок може виконуватися за двома схемами:

– за лицьову стінку з упором екрануючих стінок в лицьову через розвантажувальну платформу;

– за екрануючу стінку з додатковим анкеруванням лицьової стінки за екрануючу.

Другу схему рекомендується застосовувати при екрануючих стінках великої жорсткості.

При анкеруванні за першою схемою для забезпечення спільної роботи стінок у процесі засипки слід встановлювати між стінками спеціальні розпірки.

Принципові схеми кріплення анкерних тяг наведені в додатку 9.9. Дозволяються інші схеми кріплення анкерних тяг.

Розрізку розподільного пояса слід приймати відповідно до розрізання надбудов, але не більше ніж через 40м.

У межах секції балки необхідно з'єднувати зварними рівноміцними швами або зварюванням із накладками.

Допускається встановлювати балки розподільного пояса з відкритими стиковими швами, приймаючи розрахункові схеми балки відповідно до їх конкретної розрізки.

7.74 При розробці технології будівництва слід порядок виконання операцій пов'язувати з можливістю створення в елементах конструкції найбільш сприятливого напруженого стану за рахунок штучного регулювання зсуву анкерного вузла.

7.75 Інші основні конструктивні вимоги щодо використання ШТЗ та ШБЗ в різних сферах застосування наведені в розділі 8.

## Основні положення розрахунку при проектуванні споруд з використанням ШТЗ і ШБЗ

7.76 Розрахунок слід виконувати за граничними станами. Навантаження та їх поєднання слід приймати відповідно до вимог нормативних документів, у т.ч. для споруд, до яких пред'являються додаткові вимоги.

7.77 При визначенні навантажень та їх поєднань необхідно враховувати такі положення:

– навантаження від фільтраційного тиску води (для всіх типів конструкцій) та хвильового тиску води (для гідротехнічних споруд) підсумовуються з навантаженнями, впливами на лицьову стінку;

– навантаження від суден з боку акваторії (для гідротехнічних споруд), а також льодові навантаження враховуються в розрахунок міцності стінок, надбудови, її зв'язку із елементами стінки, відбійних пристроїв та їх кріплень.

7.78 Розрахунок слід виконувати з урахуванням переміщень та деформацій елементів. Розрахунок включає завдання вихідних геометричних, жорсткосних та силових

параметрів, визначення глибини занурення елементів стінок, статичний розрахунок лицьової та екрануючих (при наявності) стінок, анкерних пристроїв, розрахунок конструктивних елементів.

7.79 Розрахунок лицьових та анкерних стінок та плит слід виконувати з урахуванням тертя ґрунту об стінку.

Кут тертя матеріалу засипки і ґрунту основи по розрахунковій площині стінки в призмі розпору приймається рівним $0{,}667\varphi$, але не більше 30°.

Кут тертя ґрунту по розрахунковій площині в призмі випору приймається для лицьової та екрануючої стінок, а також анкерних стінок та плит рівним φ, але не більше 30°.

При заміні ґрунту в основі лицьової стінки кут тертя матеріалу засипки по розрахунковій площині в призмі випору слід приймати рівним $0{,}33\ \varphi$.

7.80 За розрахункову площину лицьової стінки слід приймати:

– для стінок із ШБЗ площину, що проходить по тиловій полиці або грані;

– для стінок ШТЗ площину, що проходить на відстані 0,25 діаметра від осі стінки у бік засипки.

7.81 За розрахункову площину екрануючої стінки з елементів, розташованих урозрядку, за наявності однієї екрануючої стінки слід приймати площину, розташовану на відстані Δ від її передньої грані.

Для елементів круглого перерізу величина $\Delta a$ визначається за формулою

$$\Delta a = \frac{[a_э - d_э \tan(45 - 0{,}5\varphi_{red})]^2}{4a_э \tan\varphi_{red}}, \qquad (7.37)$$

де $a_э$ – відстань між елементами екрануючої стінки в осях, м;

$d_э$ – діаметр елемента стінки, що екранує, м;

$\varphi_{red}$ – середньозважене значення кута внутрішнього тертя в межах висоти стінки, що екранує, град.

Для квадратних та прямокутних елементів величина $\Delta_a$ визначається за формулою

$$\Delta a = \frac{(a_э - b_э)^2}{4a_э \tan\varphi_{red}}, \qquad (7.38)$$

де $b_э$ – ширина елемента стінки, що екранує, по довжині споруди, м.

При одній екрануючій стінці, зануреній суцільним рядом, розрахункова площина визначається аналогічно лицьовій стінці (п.7.80) залежно від сторони, щодо якої розглядається бічний тиск грунту.

За наявності двох і більше екрануючих стінок їх розрахункові площини приймаються по нейтральній осі перерізу елементів.

7.82 За наявності в основі слабких глинистих ґрунтів та мулів необхідно враховувати стан, в якому вони знаходяться на момент завантаження споруди (нестабілізована, частково консолідована, стабілізована).

При цьому слід розглядати умови залягання зазначених ґрунтів, методи виконання робіт та темпи зведення, період часу від засипання пазухи до початку експлуатації та завантаження споруди. Слід враховувати, що прискорені темпи засипки і завантаження можуть викликати в ґрунті, що розглядається, прояв повного порового тиску.

Враховуючи досвід проектування та будівництва, допускається при визначенні бічного тиску ґрунту на стінки приймати зсувні показники $\varphi$ та с інженерно-геологічних звітів для нестабілізованого стану ґрунту.

При частковій заміні в основі споруди слабких глинистих ґрунтів та мулів та при відсипанні по їх поверхні фільтруючого шару ґрунту, а також у разі природного залягання слабкого глинистого ґрунту у примиканні до фільтруючого шару необхідно проводити розрахунок у часі під навантаженням часткової консолідації ґрунту до моменту початку експлуатації.

7.83 Мінімально допустиму глибину занурення елементів стінок слід визначати розрахунком стійкості по глибинному зсуву у припущенні круглоциліндричних або плоских (ламаних) поверхонь ковзання.

7.84 Лицьову безанкерну стінку слід розраховувати як консольну балку на дію активного тиску від ваги ґрунту та експлуатаційних навантажень на території.

За розрахункову схему приймається балка шириною 1 м по фронту споруди жорсткістю $B_л$, що знаходиться нижче рівня дна в пружній основі, що характеризується коефіцієнтом ліжка, що лінійно зростає з глибиною.

Коефіцієнт ліжка визначається за п. 7.54.

***Примітка. У випадках, коли у верхньому шарі нижче рівня дна залягають слабкі мулисті ґрунти потужністю понад 0,3 глибини занурення елементів стінки, коефіцієнт пропорційності для визначення коефіцієнта ліжка слід приймати по верхньому шару.***

7.85 Розрахункова глибина занурення лицьової безанкерної стінки приймається не меншою за найбільшу з отриманих розрахунком рівняння рівноваги моментів сил від активного та пасивного тиску ґрунту щодо низу стінки та розрахунком стійкості (п.7.83).

7.86 Лицьову стінку заанкерованої споруди слід розраховувати як статично невизначену балку на дію активного тиску від ваги ґрунту та експлуатаційних навантажень на території.

За розрахункову схему приймається балка шириною 1 м по фронту споруди жорсткістю $B_д$, оперта в точці кріплення анкера на пружно-податливу опору і розміщена нижче рівня дна в пружній основі, що характеризується коефіцієнтом ліжка (п.7.84).

7.87 При визначенні активного тиску ґрунту на лицьову стінку екранованої споруди необхідно визначати її на наданкерну та прогонову частини окремо.

На наданкерну частину впливає тиск від ваги ґрунту засипки, розташованого над розвантажувальною платформою, та експлуатаційних навантажень на території.

На прогонову частину впливає силосний тиск ґрунту між стінками та додатковий тиск, що визначається з урахуванням коефіцієнта розподілу тиску ґрунту в системі, що враховує жорсткі характеристики стінок споруди.

Додатковий тиск ґрунту визначається підсумовуванням тиску від ваги ґрунту за екрануючими стінками, що передається на лицьову стінку за законами розподілу напруг у лінійно деформованому середовищі, та експлуатаційних навантажень на території, розташованих за розвантажувальною платформою (включаючи вагу ґрунту наданкерної частини).

7.88 Лицьову стінку екранованої споруди слід розраховувати аналогічно лицьовій стінці заанкерованої споруди (п.7.86).

7.89 Глибину занурення елементів лицьової стінки, отриману розрахунком стійкості (п.7.83), необхідно уточнити з умови стійкості поворот навколо точки кріплення анкера при дії активного і пасивного тиску ґрунту.

Розрахункова глибина занурення елементів лицьової стінки споруди приймається не меншою за найбільшу з отриманих розрахунком.

7.90 Екрануючі стінки споруди слід розраховувати на дію активного тиску від ваги ґрунту (п.п.7.91, 7.92) та експлуатаційних навантажень на території, розташованих за розвантажувальною платформою (включаючи вагу ґрунту наданкерної частини), з урахуванням коефіцієнтів розподілу тиску ґрунту в системі.

7.91 Активний тиск від ваги ґрунту для споруди з однією екрануючою стінкою визначається різницею тиску від ваги ґрунту, розташованого нижче відмітки рівня анкерів, та силосного тиску ґрунту між стінками.

7.92 Активний тиск від ваги ґрунту для споруди з двома екрануючими стінками визначається:

– для першої екрануючої стінки різницею тисків між стінками з урахуванням додаткового тиску від ваги грунту за другою стінкою, що передається на екрануючу стінку за законами розподілу напруг в лінійно деформується середовищі;

– для другої екрануючої стінки аналогічно активному тиску, що визначається за п.7.91.

7.93 Екрануючу стінку споруди слід розраховувати як статично невизначену балку. За розрахункову схему екрануючої стінки приймається балка шириною 1 м по фронту споруди жорсткістю $B_{e,i}$ оперта в точці кріплення анкера на пружно-податливу опору і розміщена нижче за рівень умовної вільної поверхні (рівень УВП) в пружній основі, що характеризується коефіцієнтом ліжка.

Положення рівня УВП визначається від точки кріплення анкера величиною $h_{e,i}$ (рис.7.4), що розраховується за формулою

$$h_{e,i} = 1.5(l_л - a_i \tan \varphi_i) - 0.5(h_л + d_{min}), \quad (7.39)$$

де $l_л$ – умовний проліт лицьової стінки споруди, м, який визначається за формулою (7.40);

$a_i$ – відстань від розрахункової площини лицьової стінки до розрахункової площини відповідної стінки, що екранує, м;

$\varphi_i$ – кут внутрішнього тертя ґрунту в шарі, розташованому на відстані $l_л$ від рівня кріплення анкера, град;

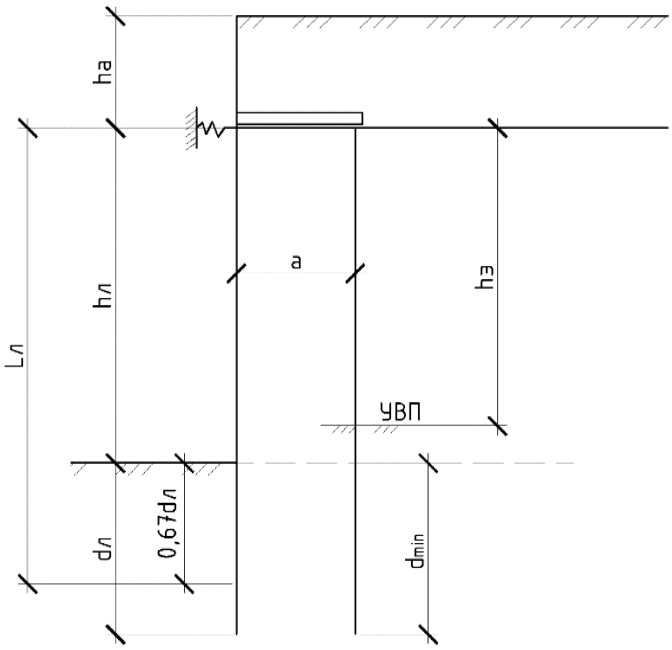
$h_л$ – висота від рівня кріплення анкера до дна, м;

$d_{min}$ – мінімально допустима глибина занурення елементів екрануючої стінки, м. (див. п.7.83).

Умовний проліт лицьової стінки споруди рекомендується визначати за формулою

$$l_л = h_л + 0.67 d_л, \quad (7.40)$$

де $d_л$ – глибина занурення лицьової стінки, м.




Чорт. 7.4. Схема до визначення становища рівня УВП.

7.94 Переміщення лицьової стінки на рівні кріплення анкера слід визначати за формулою

$$U_a = \frac{0.75 l_a R_y}{E_a} + U, \tag{7.41}$$

де $l_a$ – довжина анкера (відстань від розрахункової площини лицьової стінки споруди до анкерної опори), м, що визначається за п.7.106;

$R_y$ – розрахунковий опір матеріалу анкера, кПа, що приймається за ДБН В.2.6-198:2014 ;

$E_a$ – модуль пружності матеріалу анкера, кПа;

$U$ – переміщення анкерної опори, м, що визначається розрахунком.

У випадках, коли лицьова стінка анкерується за екрануючу, а екрануюча за анкерну опору, при визначенні переміщення стінки, що екранує, довжина анкера $l_a$ приймається рівною відстані від розрахункової площини екрануючої стінки до анкерної опори.

***Примітки:***
***Для оптимального розподілу зусиль в елементах споруди рекомендується варіювати величиною переміщення стінок на рівні кріплення анкера, яка забезпечується або технологією будівництва, або конструктивними пристроями***
***Горизонтальне переміщення козлової опори лише на рівні кріплення анкера приймається рівним нулю.***

7.95 Статичний розрахунок лицьової та екрануючої стінок споруди рекомендується виконувати за програмою PLAXIS, MIDAS GTS NX або аналогічним програмним забезпеченням, що дозволяє виконувати: лінійні та нелінійні статичні розрахунки споруд за

теоріями пружності, пластичності; розрахунки консолідації ґрунтів основи; розрахунки напруг, переміщень у ґрунтах з урахуванням їх фільтрації (стосовно основ будівель та споруд); динамічні розрахунки основ та фундаментів, споруд з використанням залежностей теорії лінійно-деформованого та нелінійно-деформованого середовища та інші.

***Примітка. Допускається для наближених розрахунків стінок використовувати метод Блюма-Ломейєра або Якобі.***

7.96 Статичний розрахунок лицьової стінки заанкерованої споруди (у т.ч. екранованої) при урахуванні навантажень від фільтраційного (для всіх типів споруд) та хвильового тиску (для гідротехнічних споруд) води слід проводити у два етапи:

– на першому етапі розрахунок проводиться на дію активного тиску від ваги ґрунту та експлуатаційних навантажень на території;

– на другому з додатковим навантаженням від фільтраційного та хвильового тиску води.

Розрахунковий максимальний згинальний момент $М_л$ в елементі лицьової стінки визначається за формулою

$$M_л = M_{max} + (M_2 - M_1)(b_л + a_л), \qquad (7.42)$$

де $M_{max}$ – максимальний згинальний момент елементі лицьової стінки, кНм, отриманий на першому етапі розрахунку;

$M_2$, $M_1$ – максимальний згинальний момент (на 1 м стінки по довжині споруди), кН ·м/м, отриманий відповідно від фільтраційного та хвильового тиску;

$b_л$ – ширина елемента по довжині споруди, м;

$a_л$ – відстань (проектний зазор) між елементами, м.

Розрахункова анкерна реакція на 1 м стінки за довжиною споруди визначається статичним розрахунком на другому етапі.

***Примітка. Для металевого шпунта розрахунок максимального згинального моменту ведеться на 1 м по довжині стінки***

7.97 Зусилля (згинальні моменти) в елементах стінок від навалу судна та льодових навантажень підсумовуються з зусиллями, отриманими статичним розрахунком за п.7.95.

7.98 Анкерні стінки та плити слід розраховувати:

– при визначенні стійкості (висоти) на сумарне навантаження від активного та пасивного тиску ґрунту з урахуванням експлуатаційних навантажень на території за анкерною опорою та анкерного зусилля $R_a$;

– щодо міцності на реактивний тиск ґрунту перед опорою, викликане дією анкерного зусилля $R_g$;

– на зусилля від швартовних впливів, що визначаються за п.7.99 (тільки для гідротехнічних споруд).

Величина анкерного зусилля $R_g$ на 1 м стінки по довжині споруди дорівнює розрахунковій анкерній реакції, отриманої статичним розрахунком за п.7.95 з урахуванням коефіцієнта $K_a$ що враховує перерозподіл епюри активного тиску ґрунту, нерівномірність натягу анкерів, зависання ґрунту на анкерах.

Коефіцієнт $K_a$ приймається рівним 1,5.

***Примітки:***

1. ***У першому наближенні величина анкерного зусилля $R_a$ приймається за аналогами***
2. ***Зусилля від швартовних впливів для гідротехнічних споруд враховуються лише при розрахунках тумбових масивів***

7.99 Зусилля від розрахункового швартовного навантаження для гідротехнічних споруд з урахуванням висоти його застосування стосовно рівня кріплення анкера визначається за формулою

$$S_{\text{ш}} = \frac{S_g}{l_T}\left(1 + \frac{h_{\text{з}}}{l_{\text{л}}}\right), \qquad (7.43)$$

де $S_g$ – поперечна проекція розрахункового швартовного навантаження, кН, що визначається відповідно до вимог СНіП 2.06.04-82*;

$l_{\text{Т}}$ – довжина тумбового масиву, м;

$h_s$ – висота від рівня кріплення анкера по лінії дії навантаження $S_g$ , м;

$l_{\text{л}}$ – умовний проліт лицьової стінки, м’який визначається її статичним розрахунком.

Зусилля від навантаження швартування підсумовується з анкерним зусиллям $R_a$.

7.100 Анкерну стінку слід розраховувати звичайними методами будівельної механіки за програмами, вимоги до яких наведені у п.7.95.

7.101 Анкерну плиту слід розраховувати як двоконсольну балку з опорою на місці кріплення анкера.

Зусилля, що діють у елементах залізобетонних анкерних плит таврового або ребристого перерізів, у поперечному напрямку визначаються:

– у плиті між ребрами – як у балці на двох опорах з консолями;

– у полиці як у консольній балці, защемлені у місці примикання полиці до ребра.

Розрахунок анкерної плити слід виконувати за програмами, вимоги до яких наведені у п.7.95.

7.102 Анкерні козлові опори слід розраховувати: на вертикальне навантаження від ваги шапкової балки, ваги ґрунту над нею, а для стиснутої палі додатково від

експлуатаційних навантажень на території; на горизонтальне навантаження, що дорівнює анкерному зусиллю (п.7.98).

Вертикальні навантаження приймаються по довжині, що дорівнює кроку пальових козлових опор.

7.103 Поздовжні стискаючі зусилля $N_c$ і розтягуючі $N_p$ у палях козлових опор визначаються графічно (рис.7.5) або за формулами:

$$N_c = F\frac{\sin\alpha_p}{\sin(\alpha_c+\alpha_p)} + R_a S_k \frac{\cos\alpha_p}{\cos(\alpha_c+\alpha_p)} + G_c, \qquad (7.44)$$

$$N_p = F\frac{\sin\alpha_c}{\sin(\alpha_c+\alpha_p)} + R_a S_k \frac{\cos\alpha_c}{\cos(\alpha_c+\alpha_p)} + G_c, \qquad (7.45)$$

де $F$ – розрахункове вертикальне навантаження, кН;

$\alpha_p$ , $\alpha_c$ – кути нахилу до вертикалі відповідно розтягнутої та стисненої паль козлових опор, град;

$R_a$ – анкерне зусилля, кН/м (див. п.7.98);

$S_k$ –крок пальових козлових опор, м;

$G_c$ – вага палі в конструкції, кН, що визначається при коефіцієнті надійності за навантаженням $\gamma_f$ = 1,05 для стиснутої палі і $\gamma_f$ = 0,95 для розтягнутої палі козлових опор.

7.104 Розрахунок несучої здатності та глибини занурення паль козлових опор слід проводити відповідно до вимог ДБН В.2.1-10:2009 та ДСТУ Б.В.2.1-27:2010.

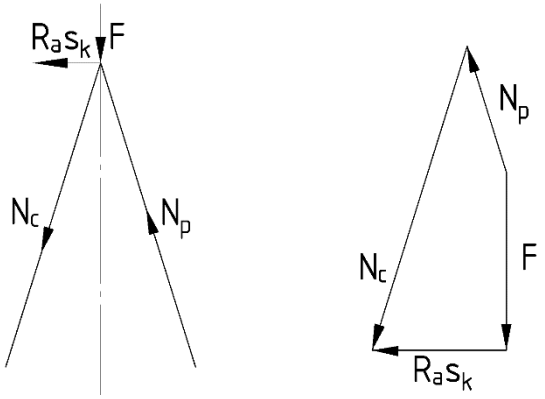



Рис. 7.5. Схема до визначення зусиль у палях козлових опор

7.105 Відстань від розрахункової площини лицьової (екануючої) стінки споруди до анкерної опори (довжину анкера $l_a$) слід приймати з умови перетину на поверхні території площини обрушення, проведеної від розрахункової площини з точки на рівні умовного прольоту стінки, з площиною випору, проведеної від підошви анкерної плити, а для анкерної стінки з точки, що віддаляється вгору від підошви на відстані $2\Delta d$ (Δd – додаткова глибина защемлення).

7.106 Якщо за компонувальними вимогами (через стисліcть території тощо) або за техніко-економічними міркуваннями можливо або доцільно наблизити анкерну стінку або плиту до лицьової (екрануючої) стінки або якщо в поверхневих шарах основи між лицьовою (екрануючою) стінкою та анкерними пристроями залягають ґрунти значно міцні, ніж ґрунти засипки, слід перевірити стійкість масиву ґрунту, що забезпечує анкерне кріплення споруди.

7.107 Козлові анкерні опори рекомендується розташовувати безпосередньо за лінією природного укосу.

У випадках наближення опор до лицьової (екрануючої) стінки, несучу здатність ділянок паль, розташованих вище природного укосу, слід приймати не більше 50% від визначеного для того ж ґрунту в умовах природного залягання.

7.108 Анкерні тяги розраховуються на розтяг з умови міцності.

$$\gamma_{lc}\frac{R_{\text{ат}}}{A_n} \le \frac{\gamma_c}{\gamma_{\text{п}}}R_y, \tag{7.46}$$

де $\gamma_{lc}$ – коефіцієнт поєднання навантажень;

$\gamma_{\text{п}}$ – коефіцієнт надійності споруди;

$R_{\text{ат}}$ – зусилля, що розтягує, в анкерній тязі, кН, що визначається за п.7.109;

$A_n$ – площа перерізу тяги нетто, м$^2$;

$\gamma_{\text{с}}$ – коефіцієнт умов роботи, що приймається рівним одиниці;

$R_y$ – розрахунковий опір матеріалу анкерної тяги розтягуванню, кПа;

У місцях різьбових з'єднань розрахунковий поперечний переріз тяги приймається за внутрішнім діаметром різьби.

7.109 Зусилля, що розтягує, в анкерній тязі визначається за формулою

$$R_{\text{ат}} = \frac{R_a S_a}{\cos\alpha}, \tag{7.47}$$

де $R_a$ – анкерне зусилля, кН/м (див.п.7.98);

$S_a$ – крок анкерів, м;

$\alpha$– кут нахилу анкерної тяги до горизонталі, град.

У випадках, коли в екранованій споруді лицьова стінка анкерується за екрануючу, а екрануючу за анкерну опору зусилля в передньому анкері визначається за формулою

$$R_{\text{ат}} = \frac{K_a R_{\text{л}} S_{\text{п}}}{\cos\alpha_{\text{п}}}, \tag{7.48}$$

де $K_a$ – коефіцієнт, що приймається за п. 7.98;

$R_л$ – зусилля в передньому анкері на 1 м стінки по довжині споруди, кН/м, рівне розрахункової анкерної реакції лицьової стінки, отриманої статичним розрахунком за п. 7.95;

$S_п$ – крок передніх анкерів, м;

$\alpha_п$ – кут нахилу передньої анкерної тяги до горизонталі, град.

При розрахунку анкерних тяг тумбових масивів гідротехнічних споруд необхідно враховувати зусилля від швартовних впливів за п. 7.99.

7.110 Розподільний пояс слід розраховувати за схемами багатопрогонових нерозрізних балок з урахуванням пластичних деформацій матеріалу.

Рекомендується зусилля для підбору перерізу розподільчого пояса визначати за формулами:

$$M = \pm 0.085 R_a l^2, \tag{7.49}$$

$$Q = 0.5 R_a l, \tag{7.50}$$

де $R_a$ – анкерне зусилля, кН/м (див. п.7.98);

$l$ – розрахунковий проліт багатопрогонової балки, м, рівний кроку анкерів.

Перетин розподільчого поясу слід визначати розрахунком на міцність при згинанні згідно з вимогами ДБН В.2.6-198:2014.

7.111 Болти кріплення розподільчого поясу та підкладки під гайки розраховуються на зусилля, що визначаються у припущенні рівномірного розподілу навантаження, що дорівнює $R_{al}$ між болтами.

7.112 Розрахунок конструктивних елементів споруди за міцністю слід виконувати за формулою (7.1) з коефіцієнтом умов роботи $\gamma_c$ =1,15, крім розрахунку міцності анкерних тяг.

Розрахунок міцності анкерних тяг слід виконувати за п.7.108.

7.113 Розрахунок лицьової безанкерної стінки за деформаціями слід проводити за програмами, вимоги до яких наведені у п.7.95.

Переміщення стінки необхідно визначати при розрахункових характеристиках ґрунтів та навантаженнях, що застосовуються у розрахунках по другій групі граничних станів.

Переміщення від експлуатаційних навантажень не може перевищувати, якщо немає спеціальних вимог проекту, допустимих переміщень, регламентованих галузевими нормативними документами. Для портових споруд – "Правилами технічної експлуатації портових споруд та акваторій".

7.114 Розрахунок за деформаціями анкерних опор слід виконувати при розрахункових характеристиках ґрунтів та навантаженнях, що застосовуються у розрахунках за першою групою граничних станів.

7.115 Розрахунок за деформаціями анкерних тяг та розподільчих поясів допускається не проводити.

7.116 При розрахунку лицьової стінки заанкереної споруди і екрануючих стінок екранованої споруди рекомендується збільшити глибину їх занурення проти мінімально допустимої умови стійкості (п.7.83) у випадках, якщо це доцільно для вирівнювання згинальних моментів у прольоті і защемленні або потрібно для підвищення несучої здатності стінки що екранує на вертикальні навантаження.

7.117 При розрахунку лицьової стінки екранованої споруди рекомендується зменшувати глибину її занурення проти мінімально допустимої за умовами стійкості у випадках, якщо при її розрахунку за п. 7.95 отримана епюра згинальних моментів два або більше рази змінює знак нижче рівня верху епюри пасивного тиску, до величини, що визначається рівнем другого перетину епюри згинальних моментів осі ординат.

При цьому глибина занурення елементів лицьової стінки повинна бути не меншою, ніж отримана з умови стійкості на поворот навколо точки кріплення анкеру ( п.7.89).

7.118 При розрахунку споруди з двома екрануючими стінками рекомендується зменшувати глибину занурення елементів другої стінки, що екранує, проти мінімально допустимої з умови стійкості у випадках, якщо при розрахунку за п. 7.95 отримана епюра згинальних моментів два або більше разів змінює знак нижче рівня УВП, до величини, що визначається рівнем другого перетину епюри згинальних моментів осі ординат.

При цьому повинна бути забезпечена стійкість і міцність першої стінки, що екранує.

## Особливості розрахунку споруд на слабких ґрунтах

7.119 До слабких ґрунтів відповідно до ДБН А.2.1-1:2008 відносять водонасичені глинисті та мулисті ґрунти, що характеризуються наявністю хоча б однієї з наведених нижче ознак:

– ступінь вологості $S_r \geq 0{,}8$ та модуль загальної деформації $E \leq 5000$ кПа;

– показник плинності $I_L \geq 0{,}75$; коефіцієнт динамічної в'язкості $\eta$ менше $10^5$ кПа ·на добу, при нормальній напрузі $\sigma \geq 100$ кПа.

7.120 Особливості розрахунку споруд на слабких ґрунтах полягають в оцінці допустимих деформацій, викликаних в'язкою повзучістю слабких ґрунтів.

7.121 Величина загальних тривалих деформацій повинна визначатися тільки в тих випадках, коли забезпечення умов загальної стійкості споруди призводить до необхідності значних змін у конструкції споруди, що проектується, неприйнятних з технічних або економічних міркувань.

7.122 Величину загальних тривалих деформацій споруди рекомендується визначати за процедурою розрахунку загальних тривалих деформацій за програмами, вимоги до яких наведені у п.7.95.

7.123 Розрахункова величина загальних тривалих деформацій визначається як глибинний зсув масиву ґрунту за розрахунковий термін служби споруди за формулою

$$u_j = \frac{\upsilon t r_j}{r}, \tag{7.51}$$

де $j$ – індекс точки на лицьовій стінці, на якій визначається деформація;

$\upsilon$ – лінійна швидкість деформації, м/добу, по дотичній до дуги поверхні ковзання масиву, що зсувається;

$t$ – період часу на добу, що відповідає розрахунковому терміну служби споруди;

$r_j$ – величина радіусу, м, до j -тої точки, в якій визначається деформація;

$r$ – радіус масиву, що зсувається, м.

7.124 Коефіцієнти в'язкості шарів слабкого ґрунту $\eta$, кПа·доба і коефіцієнти, що характеризують зміну в'язкості з глибиною $\zeta$, кПа·доба/м, необхідні для визначення лінійної швидкості деформації, допускається визначати:

– коефіцієнт в'язкості $\eta$– за графіками на рис.7.6;

– коефіцієнти, що характеризують зміну в'язкості з глибиною ж, за формулою

$$\zeta = \gamma_{red} \tan\psi, \tag{7.52}$$

де $\gamma_{fred}$– середньозважене значення питомої ваги вище лежачих шарів ґрунту, кН/м$^3$;

$\psi$ – кути нахилу дотичних у точках графіків (див. рис.7.6), що відповідають значенням в'язкості ґрунтів по лінії поверхні глибинного зсуву з урахуванням порового тиску та навантаження.

В особливо відповідальних випадках коефіцієнти $\eta$ і $\zeta$ рекомендується визначати дослідним шляхом за результатами випробування зразків ґрунту непорушеної структури за консолідовано-дренованою схемою при нормальних напругах, що відповідають вазі шарів ґрунту, що лежать вище, з урахуванням експлуатаційного навантаження.

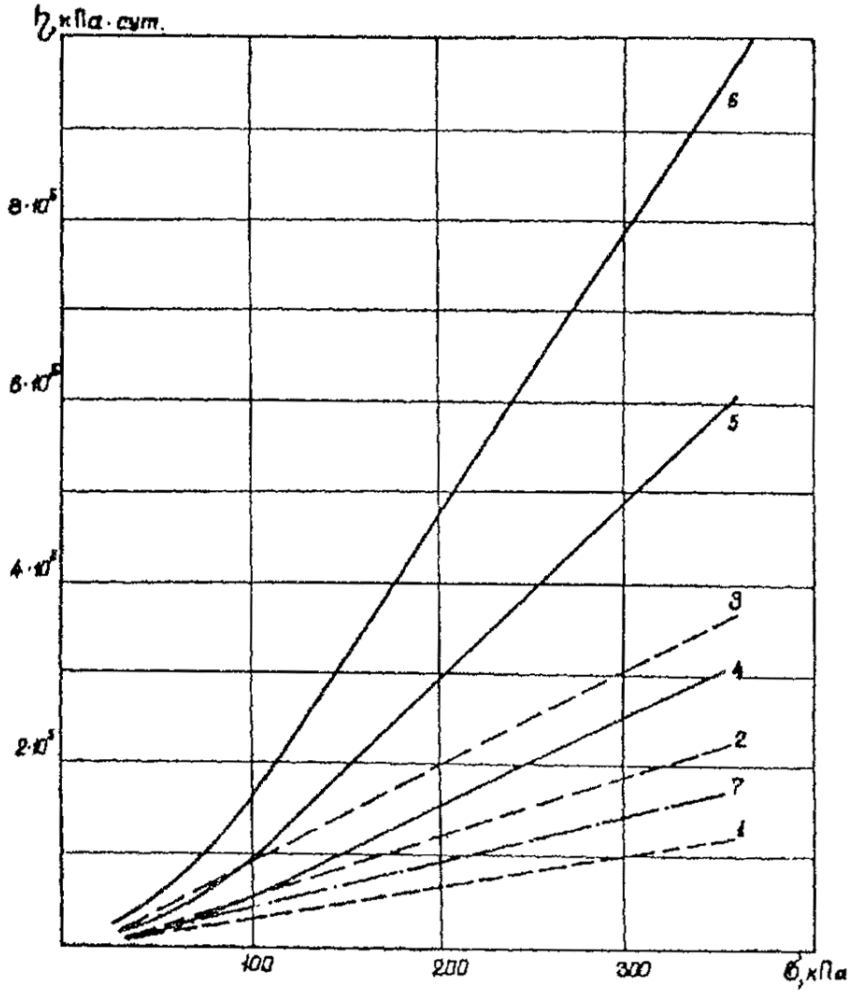



Рис. 7.6

7.125 При проектуванні споруд на слабких ґрунтах рекомендується, як правило, передбачати передпобудовну технічну меліорацію слабких ґрунтів основи (статичне або динамічне ущільнення, дренування, закріплення і тощо).

7.126 У випадках, коли покрівля слабких ґрунтів розташована вище за відмітку глибини промерзання, а пучення може спричинити руйнування або значні деформації конструкцій споруди, слабкі ґрунти у зазначеній зоні слід видалити, при необхідності – замінити непучинистими ґрунтами.

У всіх інших випадках заміна слабких ґрунтів має бути обґрунтована техніко-економічними розрахунками.

## Особливості обліку терміну служби споруд

7.127 Термін служби споруди призначається у завданні на проектування.

7.128 За відсутності у завданні на проектування вказівок щодо необхідного терміну служби споруди він визначається з урахуванням вимог ДСТУ 8855:2019 та ДБН В.1.2-14:2018.

7.129 Для споруд із використанням ШТЗ та ШБЗ необхідно у проекті передбачати заходи щодо забезпечення призначеного терміну служби споруди.

7.130 Залежно від призначеного терміну служби споруди заходи мають бути диференційовані.

7.131 Заходи щодо забезпечення терміну служби споруди поділяються на організаційні та технічні.

7.132 До організаційних заходів на етапі проектування відносяться: застосування розрахунково-конструктивних схем, що виключають утворення концентраторів напруг в окремих елементах, виконання розрахунків на втому металу та ін.

7.133 До організаційних заходів на етапі експлуатації належать: організація регулярного технічного нагляду за експлуатацією споруд, дотримання термінів контрольно-інспекторських обстежень, своєчасне виконання поточного та капітального ремонту.

7.134 Періодичність виконання зазначених у п.7.133 заходів регламентується галузевими нормативами.

7.135 До технічних заходів належать: нанесення захисних лакофарбових матеріалів, виконання електрохімічного захисту металевих елементів, влаштування захисних бетонних (залізобетонних) кожухів, пробок у місцях максимальної корозійної небезпеки та ін.

7.136 Тип покриття захисними лакофарбовими матеріалами та зона їх нанесення залежать від зони розташування конструкцій. Рекомендується використовувати покриття з максимальним терміном служби.

7.137 Для тимчасових споруд допускається мінімізація чи відмова від виконання захисних заходів. Підставою для цього має бути запис у завданні на проектування.

7.138 Застосування ШТЗ та ШБЗ для споруд із терміном служби від 50 до 100 років має бути додатково обґрунтовано розрахунками, у т.ч. на втому та дію знакозмінних навантажень. Товщина елементів, що застосовуються, повинна забезпечити корозійну стійкість на весь період експлуатації.

# 8 РЕКОМЕНДАЦІЇ ПО ВИГОТОВЛЕННЮ ТА ЗАСТОСУВАННЮ ШПУНТІВ ШТЗ ТА ШБЗ.

## Загальні рекомендації по виготовленню шпунтів ШТЗ та ШБЗ

8.1 Виготовлення ШТЗ та ШБЗ здійснюється згідно Технічних умов.

8.2 В технічних умовах, крім інших показників, що впливають на процес виготовлення, транспортування та зберігання виробів, вказуються:

– максимальні та мінімальні довжини елементів;

– фізико-хімічні показники сталей;

– допустимі відхилення від геометричних розмірів;

– норми складування по висоті;

– умови прийомки;

– правила транспортування та зберігання;

– впливи на навколишнє середовище.

## Загальні рекомендації по застосуванню шпунтів ШТЗ та ШБЗ

8.3 Сфера застосування ШТЗ та ШБЗ наведена в п.4.4 даних методичних вказівок. Типові приклади використання ШТЗ та ШБЗ наведені на рис.4.1…4.12.

8.4 Вибір застосування ШТЗ або ШБЗ здійснюється за результатами порівняння різноманітних чинників: економічних, технічних, технологічних, ергономічних, архітектурних тощо.

8.5 При відсутності ергономічних, архітектурних або інших спеціальних вимог перевагу слід віддавати економічним чинникам.

8.6 Технічні та технологічні чинники можуть враховуватись в окремих випадках при попередньому виборі підрядної організації.

8.7 Ефективні комбіновані шпунтові стінки із використанням шпунтових замків «STEELWALL» можуть бути застосовані при розширенні номенклатури шпунтових замків що виробляються. Вимоги щодо проектування комбінованих шпунтових стінок аналогічні вимогам при проектуванні з використанням ШТЗ та ШБЗ та наведені в розділі 7.

8.8 При застосуванні ШТЗ та ШБЗ необхідно визначити клас перерізу.

8.9 В залежності від класу перерізу визначається допустиме навантаження на ШТЗ та ШБЗ.

8.10 При проектуванні ШТЗ та ШБЗ потрібно досягти не менш ніж другого класу перерізу згідно Єврокодів ДСТУ-Н Б EN 1993-1-1.

8.11 Необхідний клас перерізу досягається оптимізацією товщин елементів та габаритних розмірів балок.

8.12 Доцільно вводити обмеженням ступенів свободи балок – використання балок з наявністю замків в двох поясах балок – верхньому та нижньому.

8.13 Приклад визначення класу перерізу наведено в додатку 9.7.

8.14 Після визначення класу перерізу ШТЗ та ШБЗ необхідно виконати розрахункі згідно зусиль що визначені за рекомендаціями розділу 7.

8.15 Алгоритм розрахунків згідно єврокодів на основні розрахункові випадки наведено в додатку 9.8.

8.16 При конструюванні ШТЗ з’єднувальні замки необхідно розміщувати в нейтральній зоні по вісі труб. В місцях зміни напрямків стінки замки розташовуються під кутом зміни напрямку стінки згідно з осями споруди що проектується.

8.17 За умови можливості дозволяється обмеження довжини замків в ґрунті згідно результатам статичного розрахунку споруди.

8.18 При конструюванні ШБЗ доцільно використання балок з наявністю замків в двох поясах балок. При цьому значно спрощується конструкція допоміжних приладів для забезпечення занурення паль.

8.19 При конструюванні ШБЗ необхідно прагнути до збільшення ярусів зберігання та зменшення площ на складських майданчиках.

8.20 Після транспортування слід ретельно перевірити стан та якість замків. Необхідно виконати контрольне протягування замкового елемента довжиною не менш ніж 2 м скрізь замок палі.

8.21 При виявленні перешкод або деформованих ділянок палі вибраковуються з подальшою ліквідацією недоліків та повторною контрольною перевіркою.

8.22 Необхідність антикорозійного захисту паль зазначається в проекті. Антикорозійний захист паль виконується, як правило, в заводських мовах.

8.23 Дозволяється виконання антикорозійного захисту паль безпосередньо на будівельному майданчику за умови наявності відповідного обладнання та спеціального приміщення, контролю температури та вологості в приміщенні та інших факторів що впливають на якість робіт.

8.24 Підготовку поверхні паль для антикорозійного захисту виконують згідно відповідного регламенту механізованим чи ручним інструментом.

8.25 Перевагу слід віддавати застосуванню механізованого інструмента.

8.26 Тип підготовки поверхні приймається в залежності від типу лакофарбового покриття що прийнято в проекті.

8.27 Особливу увагу слід приділяти обробці місць зварних швів, де доцільно нанесення додаткових полосових шарів, та інтервалів перекриття при застосуванні багатошарового покриття.

8.28 Встановлення паль в проектне положення виконувати при обов'язковому захисті ділянок ШТЗ та ШБЗ в місцях розташування стропів.

8.29 Тип захисту (набір дерев'яних рейок, гумові листи або інше) застосовується за місцем.

8.30 При виборі механізмів для занурення паль, крім безпосередніх параметрів що впливають на процес занурення, необхідно враховувати вплив на споруди що існують рядом та мінімізувати його.

8.31 Занурення паль рекомендується виконувати за допомогою інвентарних пристроїв (кондукторів). При зануренні палі необхідно направляти в одному чи кількох рівнях по висоті.

8.32 Конструкція інвентарного пристрою для занурення паль розробляється в складі ПВР з урахуванням відхилень що допускаються.

8.33 Розміри допустимих відхилень наводяться в проекті. При відсутності в проекті вимог щодо допустимих відхилень вони приймаються згідно нормативної документації.

8.34 В процесі будівництва слід виконувати розкріплення паль ШТЗ та ШБЗ в місцях впливів (наприклад льодових, хвильових, можливих зсувів ґрунту тощо), що можуть призвести до втрати форми або руйнації стінки в будівельний період.

8.35 Доцільно виконувати маркування кожної окремої шпунтової палі.

8.36 Транспортування та зберігання шпунтових паль на ділянці забудови необхідно провадити засобом, що виключає значні порушення прямолінійності, а також пошкодження замків та захисного покриття поверхні.

8.37 Палі слід зберігати таким чином, щоб можна використовувати їх згідно черговості, передбаченої для використання.

8.38 Палі різноманітних профілів та класів сталі повинні складуватись окремо та бути відповідним чином марковані.

8.39 У випадку зберігання паль з нанесеним захисним покриттям між окремими палями в штабелі повинні бути передбачені прокладки у вигляді дерев'яних балок або аналогічних м'яких матеріалів щоб уникнути деформацій профілей.

8.40 Для виключення пошкоджень паль слід використати неметалеві ремені та петлі.

8.41 При підйомі та позиціонуванні паль слід використати спеціальні пристрої, наприклад вантажні скоби, крючкові упори тощо.

8.42 У випадку використання для підйому паль вантажних скоб що дистанційно керуються перед застосуванням повинна бути перевірена їх справність.

8.43 Обробку кромок та нарізку сталевих елементів виконувати таким чином, щоб збільшення крихкості сталі, що викликано електродуговою нарізкою, не мало значного впливу на якість сполучення.

8.44 Для облегшення занурення паль можуть використатися підмив, улаштування лідерних свердловин, виконання вибухових робіт тощо.

8.45 Для встановлення паль необхідно здійснити вибір методу, що забезпечує вимоги проекту щодо відхилень стінки після її установки.

8.46 При замкнутих конструкціях шпунтових стін їх закриття потрібно проводити вельми ретельно у відношенні вертикального та площинного вирівнювання положення шпунтових паль.

8.47 Для запобігання перекосу не рекомендується виконувати скошування або частковий надріз підошви палі, оскільки внаслідок цього виникає небезпека розриву замків.

8.48 У випадку, якщо під час занурення паль виникає поперечний ухил або закручування палі, така паля повинна бути витягнута, за винятком випадків, коли здійснення інших заходів може бути достатнім.

8.49 Якщо під час встановлення паля має тенденцію к скошуванню, необхідно негайно прийняти мери для протидії даному явищу.

8.50 У випадку вилучення паль необхідно звертати увагу на наступні чинники:

– вертикальні та горизонтальні деформації в прилеглому ґрунтовому масиві;
– можливість з'єднання різних водоносних горизонтів.

8.51 У випадку якщо палі знаходяться поблизу чутливих к нерівномірним осіданням будівельних конструкцій, хімічних об'єктів, трубопроводів, залізничних колій тощо, роботи по вилученню паль проводити з особливою ретельністю. Зв'язні ґрунти можуть налипати на стінки паль и залишати, таким чином, при вилученні порожнини в ґрунті. В пухких шарах піску та пилуватого ґрунту коливання та порожнини можуть привезти к

зміщенню ґрунту, котрі, в свою чергу можуть призвести к пошкодженню прилеглих будівельних конструкцій та обладнання. Подібних зміщень ґрунту и можливих з’єднань між водоносними ярусами можна уникнути, використовуючи одночасно з вилученням паль заповнення порожнин, наприклад, цементними суспензіями.

8.52 У випадку коли згідно проекту шпунтові палі повинні сприймати вертикальні навантаження, слід документувати дані щодо занурення останніх 3-х метрів шпунтової огорожі, виключаючи випадок розташування паль в скельній породі.

8.53 Якщо рівні ґрунтових вод згідно проекту являють собою критичні параметри, їх потрібно контролювати через проміжки часу, достатні для отримання надійної інформації щодо зміни рівнів ґрунтових вод.

8.54 Рекомендується після закінчення робіт подовжити контроль рівня ґрунтових вод або контроль порових напруг в ґрунтовому масиві, доки не буде підтверджена відсутність виникнення негативних наслідків.

## Додаткові рекомендації по окремих сферах застосування.

## Житлове та цивільне будівництво

8.55 В житловому та цивільному будівництві ШТЗ та ШБЗ застосовуються, як правило, в наступних випадках:

– для огорожі котлованів з наступним вилученням;

– для влаштування підземних паркінгів;

– для використання в якості аналогів стрічкових фундаментів;

– для створення колодязів інженерних мереж;

– в інших випадках, враховуючи комбінацію чинників що наведені вище.

8.56 При проектуванні огорожі котлованів висота ШТЗ та ШБЗ потрібна враховувати висоту підземної частини, наявність водоносних шарів, навантаження на прилеглу територію та інші чинники.

8.57 Кількість ярусів підземних паркінгів повинна бути максимально можливою по ґрунтових умовах та параметрах ШТЗ і ШБЗ.

8.58 При влаштуванні підземних паркінгів особливу увагу слід приділити забезпеченню ґрунтоізоляції стінок та днища споруди, антикорозійному захисту елементів.

8.59 Для зменшення перерізів ШТЗ та ШБЗ можливо застосування анкерування стінки. При цьому перевагу, особливо для тимчасових споруд (огорожі котлованів тощо), слід віддавати використанню ґрунтових анкерів, які, при необхідності, влаштовуються в кілька ярусів.

8.60 Застосування ШТЗ та ШБЗ в житловому та цивільному будівництві виконувати з урахуванням вимог, що наведені в:

– ДБН В.2.2-15:2019. Будинки і споруди житлові будинки. Основні положення.

– ДБН В.2.1-10:2018. Основи і фундаменти будівель та споруд. Основні положення

– ДБН В.2.2-41:2019. Висотні будівлі. Основні положення

– ДБН В.1.2-12-2008. Будівництво в умовах ущільненої забудови. Вимоги безпеки

– ДБН В.2.6-98:2009. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення

– ДБН В.2.6-160-2010. Сталезалізобетонні конструкції. Основні положення

– ДБН В.2.6-198:2014. Сталеві конструкції. Норми проектування

– ДБН В.2.6-220:2017. Покриття будівель і споруд

– ДСТУ Б В.2.6-193:2013. Захист металевих конструкцій від корозії. Вимоги до проектування

– ДСТУ Б В.2.6-199:2014. Конструкції сталеві будівельні. Вимоги до виготовлення

– ДСТУ Б В.2.6-200:2014. Конструкції металеві будівельні. Вимоги до монтажу

– ДБН В.2.3-15:2007. Споруди транспорту автостоянки і гаражі для легкових автомобілів

– ДБН В.2.2-13-2003.Спортивні та фізкультурно-оздоровчі споруди

– ДБН В.2.2-10-2001.Заклади охорони здоров'я

– ДБН В.2.2-16:2019. Культурно-видовищні та дозвіллєві заклади

– ДБН В.2.2-25:2009. Підприємства харчування (заклади ресторанного господарства)

– ДБН В.2.2-28:2010. Будинки адміністративного та побутового призначення

– ДБН В.2.2-40:2018. Інклюзивність будівель і споруд. Основні положення

– ДБН В.2.3-5:2018. Вулиці та дороги населених пунктів

– ДБН В.2.5-74:2013. Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування

– ДБН В.2.5-75:2013. Каналізація. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування

– ДБН В.2.5-77:2014.Котельні

– ДБН В.2.2-9:2018. Будинки і споруди. Громадські будинки і споруди

– ДБН А.3.1-9:2015. Захисні споруди цивільної оборони та їх утримання.

– ДСТУ Б В.2.6-10-96. Конструкції будинків і споруд. Конструкції сталеві будівельні.

Методи випробування навантаженням та інших нормативних документів що регулюють процес проектування та будівництва в даній сфері.

## Промислове будівництво

8.61 В промисловому будівництві ШТЗ та ШБЗ застосовуються, як правило, в аналогічних випадках, що наведені в п.8.55, а також для створення суміщених конструкцій фундаментів та стін складів або інших споруд.

8.62 При проектуванні складів та інших споруд, до яких висуваються додаткові вимоги щодо температури та вологості в приміщеннях, особливу увагу слід приділити захисту стін від дії несприятливих гідрометеорологічних чинників.

8.63 При проектуванні суміщених конструкцій фундаментів та стін споруд тип ШТЗ та ШБЗ що буде прийнятий потрібен забезпечити розрахункове коливання верху елементу з урахуванням динамічних характеристик покрівлі. Остаточно тип ШТЗ та ШБЗ приймається за сумою витрат на огороджуючи конструкції та елементи покрівлі.

8.64 Застосування ШТЗ та ШБЗ в промисловому будівництві виконувати з урахуванням вимог СНіП 2.09.03-85 Споруди промислових підприємств, а також вимог нормативних документів, перелік котрих наведено в.8.60.

## Гідротехнічне будівництво

8.65 В гідротехнічному будівництві ШТЗ та ШБЗ застосовуються, як правило, в наступних випадках:

– для улаштування огороджувальних споруд;

– для будівництва причальних споруд;

– для улаштування берегоукріплень;

– для улаштування захисних споруд маяків та інших навігаційних знаків;

– для створення штучних островів;

– для улаштування кофердамів;

– для будівництва інших гідротехнічних споруд.

8.66 Застосування ШТЗ та ШБЗ в гідротехнічному будівництві виконувати з урахуванням вимог наступних нормативних документів:

– ДБН В.2.4-3-2010. Гідротехнічні споруди. Основні положення.

– СНіП 2.02.02-85. Основи гідротехнічних споруд.

– СНіП 2.06.04-82* Навантаження і вплив на гідротехнічні споруди (хвильові, льодові і від суден).

– СНіП 2.06.07-87. Підпірні стіни, судноплавні шлюзи, рибопропускні та рибозахисні споруди

– СНіП 2.06.09-84. Тунелі гідротехнічні

– СНіП 3.07.01-85. Гідротехнічні споруди річкові

– СНіП 3.07.02-87. Гідротехнічні морські та річкові транспортні споруди

– ВСН 3-80. Інструкція по проектуванню морських причальних споруд

– РД 31.31.37-78 Норми технологічного проектування морських портів

– інших нормативних документів що регламентують проектування та зведення гідротехнічних споруд та вимог що наведені в розділі 7.

8.67 Урахування ефекту екранування для причальних та інших, при необхідності, споруд виконувати згідно рекомендацій що наведені в розділі 7.

8.68 При застосуванні ШТЗ та ШБЗ в причальних спорудах необхідно враховувати можливість крену розрахункового судна в бік стінки до 3°. Мінімальний зазор між стінкою та бортом судна слід назначати також з урахуванням дії розрахункового хвилювання. Величина мінімального зазору між стінкою та бортом судна назначається в проекті, але не може бути менш ніж 10 см.

8.69 Для огороджувальних споруд необхідно розглянути доцільність суміщення їх функцій та можливості розвитку портових територій з внутрішньої сторони огороджувальної споруди. При цьому особливу увагу слід приділити забезпеченню розрахункового терміну служби споруди.

8.70 Берегоукріплення з застосуванням ШТЗ та ШБЗ виконують напівукісні та вертикального типу. Конкретний тип берегоукріплення визначається в залежності від технологічних вимог, особливостей вертикального планування майданчику та інших чинників, що впливають на вибір типу споруди.

8.71 При виборі типу берегоукріплення перевагу слід віддавати напівукісним спорудам, конструкції котрих найменш чутливі к діям гідрологічних впливів.

8.72 Необхідність швартування к берегоукріпленням повинна зазначатись в завданні на проектування.

8.73 При необхідності швартування к берегоукріпленням та встановлення швартовних та/або відбійних пристроїв в різних рівнях з урахуванням коливання фактичного рівня води дозволяється їх кріплення безпосередньо к елементам ШТЗ та ШБЗ, уникаючи при цьому зварювання в районі замків.

## Будівництво мостів

8.74 При будівництві мостів ШТЗ та ШБЗ застосовуються, як правило, в наступних випадках:

– для будівництва опор мостів;

– для улаштування захисних споруд опор мостів;

– для улаштування спряжень та берегоукріплень;

– для улаштування тимчасових допоміжних споруд мостів.

8.75 Застосування ШТЗ та ШБЗ при будівництві мостів виконувати з урахуванням вимог наступних нормативних документів:

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

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

– ДБН В.2.3-26:2010. Споруди транспорту. Мости і труби. Сталеві конструкції. Правила проектування

– та інших нормативних документів що регулюють процес проектування та будівництва мостів.

8.76 При застосуванні ШТЗ та ШБЗ особливу увагу звернути на можливість сприйняття зусиль та переміщень від перепаду температур.

8.77 При проектуванні захисних споруд опор мостів необхідно враховувати габарити наявних та перспективних плавзасобів та суден, які проходитимуть в суднохідному прольоті мосту.

8.78 Захисні споруди опор мостів на річках з лісосплавом повинні бути розташовані таким чином щоб мінімізувати можливий затор при проходженні плотів в районі мосту.

8.79 Захисні споруди опор мостів повинні бути розташовані таким чином щоб виключити концентрування льодових впливів.

8.80 При проектуванні конструкцій спряжень мостів особливу увагу приділити визначенню їх типів з урахуванням мінімізації навантажень, збереження гідрологічного режиму в районі споруди та інших чинників, що впливають.

8.81 При влаштуванні тимчасових допоміжних споруд мостів використання ШТЗ та ШБЗ передбачати з обов’язковим наступним вилученням даних елементів та відновленням профілю дна для збереження вихідного гідрологічного режиму.

8.82 На похилих ділянках віадуків величину габаритів назначати з урахуванням довжини максимального розрахункового автомобіля (автопоїзда).

## Будівництво доріг, підпірних стінок , підземних споруд, у т.ч. підземних переходів

8.83 При будівництві доріг, підпірних стінок , підземних споруд, у т.ч. підземних переходів ШТЗ та ШБЗ застосовуються, як правило, в наступних випадках:

– для улаштування підпірних або інших стінок що суттєво скорочують обсяги земляних робіт;

– для будівництва автомобільних розв’язок в двох або більше рівнях;

– для улаштування елементів регулювання гідрологічного або іншого режиму – водотоки, проходи для тварин тощо;

– для улаштування підземних переходів;

– для будівництва інших споруд в даній сфері.

8.84 Застосування ШТЗ та ШБЗ при будівництві доріг, підпірних стінок , підземних споруд, у т.ч. підземних переходів виконувати з урахуванням вимог наступних нормативних документів:

– ДБН В.2.3-4-2015 Автомобільні дороги. Частина 1. Проектування. Частина ІІ. Будівництво

– ВСН 167-70. Технічні вказівки щодо проєктування підпірних стін для транспортного будівництва

– ВСН 51-88. Інструкція з розширення автодорожніх мостів і шляхопроводів

– ГБН В.2.3-218-548:2010. Споруди транспорту. Армоґрунтові підпірні стінки для автомобільних доріг. Проектування та будівництво

– СНіП ІІ-44-78. Тунелі залізничні та автодорожні

– ДБН А.3.1-9:2015. Захисні споруди цивільної оборони.

– ДБН В.2.2-5:2023. Захисні споруди цивільного захисту

– ДБН В.2.2-5:2023. Зміна №1. Захисні споруди цивільного захисту

– ДБН В.2.3-7:2018. Метрополітени

– та інших нормативних документів що регулюють процес проектування та будівництва доріг, підпірних стінок , підземних споруд, у т.ч. підземних переходів

8.85 Вибір типу споруди здійснюється з урахуванням особливостей ділянки або майданчика будівництва. Якщо при новому будівництві перевагу слід віддавати традиційним методам вертикального занурювання паль, то при роботах на спорудах що існують доцільно використання технології DTH з горизонтальним способом проходки та створення підземних споруд, у т.ч. підземних переходів арочного типу.

8.86 Для підземних споруд, у т.ч. підземних переходів арочного типу необхідно спочатку виконати розрахунок арочної системи з визначенням габаритів майбутньої споруди та наступним розрахунком системи за класичними методиками.

8.87 При проектуванні та будівництві доріг та підпірних стінок особливу увагу приділити збереженню гідрологічного режиму району розташування споруд.

8.88 Для доріг та підпірних стінок доцільно виконання одній чи багатоярусних пристінкових дренажів. Виходи дренажів через елементи ШТЗ та ШБЗ здійснювати оминаючи замкові елементи.

# 9 ДОДАТКИ

## 9.1 Додаток 1. Характеристики ШТЗ з використанням труб згідно ДСТУ 8943:2019

В даному додатку наведені таблиці 9.1.1…9.1.7 характеристик ШТЗ з даними для використання конекторів MF63, MF75, MF100, MF130, MF180a, MF180 b, MF 230

Таблиця 9.1.1 Характеристики ШТЗ з використанням труб згідно ДСТУ 8943:2019 та конекторів MF63

| **Характеристики труб** | | | | | **Комбінація з конектором MF63** | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Труба** | **Площа перерізу** | **Маса 1м, кг** | **Момент інерції** | **Момент опору** | **Ширина комбінації** | **Маса 1м2, кг** | **Момент інерції** | **Момент опору** |
| **D × t** | **A,$cm^2$** | **G** | **I, $cm^4$** | **W, $cm^3$** | **$b_{sys}$, m** | **G97%** | **$I_{sys}$,$cm^4$** | **$W_{sys}$,$cm^3$** |
| 820x10 | 254,47 | 199,76 | 208728 | 5091 | 0,88 | 243,21 | 236385 | 5766 |
| 820x12 | 304,61 | 239,12 | 248640 | 6064 | 0,88 | 287,79 | 281586 | 6867 |
| 820x14 | 354,50 | 278,28 | 287955 | 7023 | 0,88 | 332,14 | 326110 | 7954 |
| 820x16 | 404,13 | 317,25 | 326678 | 7968 | 0,88 | 376,27 | 369964 | 9024 |
| 820x18 | 453,52 | 356,01 | 364816 | 8898 | 0,88 | 420,17 | 413155 | 10077 |
| 820x20 | 502,65 | 394,58 | 402375 | 9814 | 0,88 | 463,85 | 455691 | 11114 |
| 820x22 | 551,54 | 432,96 | 439361 | 10716 | 0,88 | 507,31 | 497578 | 12136 |
| 820x24 | 600,17 | 471,13 | 475779 | 11604 | 0,88 | 550,54 | 538821 | 13142 |
| 820x26 | 648,55 | 509,11 | 511635 | 12479 | 0,88 | 593,55 | 579428 | 14133 |
| 820x28 | 696,68 | 546,89 | 546935 | 13340 | 0,88 | 636,34 | 619405 | 15108 |
| 820x30 | 744,56 | 584,48 | 581686 | 14187 | 0,88 | 678,91 | 658761 | 16067 |
| 920x10 | 285,88 | 224,42 | 295962 | 6434 | 0,98 | 243,56 | 301080 | 6545 |
| 920x12 | 342,31 | 268,71 | 352837 | 7670 | 0,98 | 288,61 | 358939 | 7803 |
| 920x14 | 398,48 | 312,81 | 408956 | 8890 | 0,98 | 333,48 | 416028 | 9044 |
| 920x16 | 454,40 | 356,7 | 464324 | 10094 | 0,98 | 378,12 | 472354 | 10269 |
| 920x18 | 510,07 | 400,4 | 518949 | 11282 | 0,98 | 422,58 | 527924 | 11477 |
| 920x20 | 565,49 | 443,91 | 572838 | 12453 | 0,98 | 466,84 | 582745 | 12668 |
| 1020x10 | 317,30 | 249,08 | 404638 | 7934 | 1,08 | 243,84 | 373627 | 7326 |
| 1020x12 | 380,01 | 298,31 | 482708 | 9465 | 1,08 | 289,29 | 445714 | 8740 |
| 1020x14 | 442,46 | 347,33 | 559843 | 10977 | 1,08 | 334,56 | 516937 | 10136 |
| 1020x16 | 504,67 | 396,16 | 636050 | 12472 | 1,08 | 379,65 | 587304 | 11516 |
| 1020x18 | 566,62 | 444,79 | 711337 | 13948 | 1,08 | 424,55 | 656821 | 12879 |
| 1020x20 | 628,32 | 493,23 | 785712 | 15406 | 1,08 | 469,28 | 725496 | 14225 |
| 1020x22 | 689,77 | 541,47 | 859182 | 16847 | 1,08 | 513,82 | 793335 | 15556 |
| 1020x24 | 750,97 | 589,51 | 931754 | 18270 | 1,08 | 558,18 | 860345 | 16870 |
| 1020x26 | 811,91 | 637,35 | 1003435 | 19675 | 1,08 | 602,35 | 926533 | 18167 |
| 1020x28 | 872,61 | 685 | 1074234 | 21063 | 1,08 | 646,35 | 991906 | 19449 |
| 1020x30 | 933,05 | 732,45 | 1144156 | 22434 | 1,08 | 690,16 | 1056469 | 20715 |
| 1020x32 | 993,25 | 779,7 | 1213210 | 23788 | 1,08 | 733,79 | 1120231 | 21965 |
| 1120x12 | 417,71 | 327,9 | 641079 | 11448 | 1,18 | 289,85 | 541910 | 9677 |

| Характеристики труб | | | | | Комбінація з конектором MF63 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Труба** | **Площа перерізу** | **Маса 1м, кг** | **Момент інерції** | **Момент опору** | **Ширина комбінації** | **Маса 1м2, кг** | **Момент інерції** | **Момент опору** |
| **D × t** | **A,cm²** | **G** | **I, cm⁴** | **W, cm³** | **$b_{sys}$, m** | **G97%** | **$I_{sys}$,cm⁴** | **$W_{sys}$,cm³** |
| 1120x14 | 486,44 | 381,86 | 743914 | 13284 | 1,18 | 335,47 | 628837 | 11229 |
| 1120x16 | 554,93 | 435,62 | 845626 | 15100 | 1,18 | 380,91 | 714815 | 12764 |
| 1120x18 | 623,17 | 489,19 | 946222 | 16897 | 1,18 | 426,19 | 799850 | 14283 |
| 1120x20 | 691,15 | 542,55 | 1045711 | 18673 | 1,18 | 471,30 | 883948 | 15784 |
| 1220x12 | 455,41 | 357,49 | 830778 | 13619 | 1,28 | 290,32 | 647528 | 10615 |
| 1220x14 | 530,43 | 416,38 | 964469 | 15811 | 1,28 | 336,22 | 751730 | 12323 |
| 1220x16 | 605,20 | 475,08 | 1096822 | 17981 | 1,28 | 381,98 | 854889 | 14015 |
| 1220x18 | 679,71 | 533,58 | 1227844 | 20129 | 1,28 | 427,57 | 957010 | 15689 |
| 1220x20 | 753,98 | 591,88 | 1357545 | 22255 | 1,28 | 473,01 | 1058102 | 17346 |
| 1420x12 | 530,80 | 416,68 | 1315469 | 18528 | 1,48 | 291,08 | 887032 | 12494 |
| 1420x14 | 618,39 | 485,44 | 1528224 | 21524 | 1,48 | 337,45 | 1030495 | 14514 |
| 1420x16 | 705,73 | 554 | 1739152 | 24495 | 1,48 | 383,68 | 1172726 | 16517 |
| 1420x18 | 792,81 | 622,36 | 1948265 | 27440 | 1,48 | 429,77 | 1313732 | 18503 |
| 1420x20 | 879,65 | 690,52 | 2155572 | 30360 | 1,48 | 475,74 | 1453521 | 20472 |
| 1620x12 | 606,20 | 475,87 | 1959402 | 24190 | 1,68 | 291,66 | 1164232 | 14373 |
| 1620x14 | 706,36 | 554,49 | 2277496 | 28117 | 1,68 | 338,38 | 1353236 | 16706 |
| 1620x16 | 806,26 | 632,91 | 2593201 | 32015 | 1,68 | 384,97 | 1540821 | 19023 |
| 1620x18 | 905,91 | 711,14 | 2906530 | 35883 | 1,68 | 431,45 | 1726993 | 21321 |
| 1620x20 | 1005,31 | 789,17 | 3217494 | 39722 | 1,68 | 477,82 | 1911761 | 23602 |
| 1820x12 | 681,60 | 535,06 | 2785195 | 30607 | 1,88 | 292,12 | 1479126 | 16254 |
| 1820x14 | 794,32 | 623,54 | 3238674 | 35590 | 1,88 | 339,11 | 1719954 | 18901 |
| 1820x16 | 906,79 | 711,83 | 3689127 | 40540 | 1,88 | 385,99 | 1959175 | 21529 |
| 1820x18 | 1019,01 | 799,92 | 4136567 | 45457 | 1,88 | 432,78 | 2196796 | 24141 |
| 1820x20 | 1130,97 | 887,81 | 4581008 | 50341 | 1,88 | 479,45 | 2432824 | 26734 |
| 2020x12 | 757,00 | 594,24 | 3815468 | 37777 | 2,08 | 292,48 | 1831718 | 18136 |
| 2020x14 | 882,28 | 692,59 | 4438149 | 43942 | 2,08 | 339,70 | 2130652 | 21096 |
| 2020x16 | 1007,32 | 790,75 | 5057090 | 50070 | 2,08 | 386,82 | 2427792 | 24037 |
| 2020x18 | 1132,10 | 888,7 | 5672307 | 56161 | 2,08 | 433,84 | 2723143 | 26962 |
| 2020x20 | 1256,64 | 986,46 | 6283814 | 62216 | 2,08 | 480,78 | 3016713 | 29868 |

Таблиця 9.1.2 Характеристики ШТЗ з використанням труб згідно ДСТУ 8943:2019 та конекторів MF75

| Характеристики труб | | | | | Комбінація з конектором MF75 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Труба** | **Площа перерізу** | **Маса 1м, кг** | **Момент інерції** | **Момент опору** | **Ширина комбінації** | **Маса 1м2, кг** | **Момент інерції** | **Момент опору** |
| **D × t** | **A,$cm^2$** | **G** | **I, $cm^4$** | **W, $cm^3$** | **$b_{sys}$, m** | **G97%** | **$I_{sys}$,$cm^4$** | **$W_{sys}$,$cm^3$** |
| 820x10 | 254,47 | 199,76 | 208728 | 5091 | 0,90 | 243,83 | 233216 | 5688 |
| 820x12 | 304,61 | 239,12 | 248640 | 6064 | 0,90 | 287,81 | 277810 | 6775 |
| 820x14 | 354,50 | 278,28 | 287955 | 7023 | 0,90 | 331,56 | 321737 | 7847 |
| 820x16 | 404,13 | 317,25 | 326678 | 7968 | 0,90 | 375,10 | 365003 | 8903 |
| 820x18 | 453,52 | 356,01 | 364816 | 8898 | 0,90 | 418,41 | 407616 | 9942 |
| 820x20 | 502,65 | 394,58 | 402375 | 9814 | 0,90 | 461,51 | 449581 | 10965 |
| 820x22 | 551,54 | 432,96 | 439361 | 10716 | 0,90 | 504,39 | 490906 | 11973 |
| 820x24 | 600,17 | 471,13 | 475779 | 11604 | 0,90 | 547,04 | 531597 | 12965 |
| 820x26 | 648,55 | 509,11 | 511635 | 12479 | 0,90 | 589,47 | 571659 | 13943 |
| 820x28 | 696,68 | 546,89 | 546935 | 13340 | 0,90 | 631,69 | 611101 | 14905 |
| 820x30 | 744,56 | 584,48 | 581686 | 14187 | 0,90 | 673,69 | 649928 | 15851 |
| 920x10 | 285,88 | 224,42 | 295962 | 6434 | 1,00 | 244,11 | 297449 | 6466 |
| 920x12 | 342,31 | 268,71 | 352837 | 7670 | 1,00 | 288,62 | 354610 | 7709 |
| 920x14 | 398,48 | 312,81 | 408956 | 8890 | 1,00 | 332,94 | 411011 | 8935 |
| 920x16 | 454,40 | 356,7 | 464324 | 10094 | 1,00 | 377,05 | 466657 | 10145 |
| 920x18 | 510,07 | 400,4 | 518949 | 11282 | 1,00 | 420,97 | 521557 | 11339 |
| 920x20 | 565,49 | 443,91 | 572838 | 12453 | 1,00 | 464,70 | 575717 | 12516 |
| 1020x10 | 317,30 | 249,08 | 404638 | 7934 | 1,10 | 244,34 | 369532 | 7246 |
| 1020x12 | 380,01 | 298,31 | 482708 | 9465 | 1,10 | 289,30 | 440829 | 8644 |
| 1020x14 | 442,46 | 347,33 | 559843 | 10977 | 1,10 | 334,06 | 511272 | 10025 |
| 1020x16 | 504,67 | 396,16 | 636050 | 12472 | 1,10 | 378,66 | 580868 | 11390 |
| 1020x18 | 566,62 | 444,79 | 711337 | 13948 | 1,10 | 423,07 | 649623 | 12738 |
| 1020x20 | 628,32 | 493,23 | 785712 | 15406 | 1,10 | 467,30 | 717545 | 14069 |
| 1020x22 | 689,77 | 541,47 | 859182 | 16847 | 1,10 | 511,36 | 784641 | 15385 |
| 1020x24 | 750,97 | 589,51 | 931754 | 18270 | 1,10 | 555,23 | 850917 | 16685 |
| 1020x26 | 811,91 | 637,35 | 1003435 | 19675 | 1,10 | 598,92 | 916379 | 17968 |
| 1020x28 | 872,61 | 685 | 1074234 | 21063 | 1,10 | 642,44 | 981036 | 19236 |
| 1020x30 | 933,05 | 732,45 | 1144156 | 22434 | 1,10 | 685,77 | 1044891 | 20488 |
| 1020x32 | 993,25 | 779,7 | 1213210 | 23788 | 1,10 | 728,92 | 1107954 | 21724 |
| 1120x12 | 417,71 | 327,9 | 641079 | 11448 | 1,20 | 289,85 | 536468 | 9580 |
| 1120x14 | 486,44 | 381,86 | 743914 | 13284 | 1,20 | 335,00 | 622522 | 11116 |
| 1120x16 | 554,93 | 435,62 | 845626 | 15100 | 1,20 | 379,99 | 707637 | 12636 |
| 1120x18 | 623,17 | 489,19 | 946222 | 16897 | 1,20 | 424,82 | 791818 | 14140 |
| 1120x20 | 691,15 | 542,55 | 1045711 | 18673 | 1,20 | 469,47 | 875072 | 15626 |
| 1220x12 | 455,41 | 357,49 | 830778 | 13619 | 1,30 | 290,32 | 641527 | 10517 |
| 1220x14 | 530,43 | 416,38 | 964469 | 15811 | 1,30 | 335,79 | 744764 | 12209 |
| 1220x16 | 605,20 | 475,08 | 1096822 | 17981 | 1,30 | 381,12 | 846967 | 13885 |

| Характеристики труб | | | | | Комбінація з конектором MF75 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Труба** | **Площа перерізу** | **Маса 1м, кг** | **Момент інерції** | **Момент опору** | **Ширина комбінації** | **Маса 1м2, кг** | **Момент інерції** | **Момент опору** |
| **D × t** | **A,cm$^2$** | **G** | **I, cm$^4$** | **W, cm$^3$** | **$b_{sys}$, m** | **G97%** | **$I_{sys}$,cm$^4$** | **$W_{sys}$,cm$^3$** |
| 1220x18 | 679,71 | 533,58 | 1227844 | 20129 | 1,30 | 426,29 | 948142 | 15544 |
| 1220x20 | 753,98 | 591,88 | 1357545 | 22255 | 1,30 | 471,31 | 1048297 | 17185 |
| 1420x12 | 530,80 | 416,68 | 1315469 | 18528 | 1,50 | 291,07 | 879912 | 12393 |
| 1420x14 | 618,39 | 485,44 | 1528224 | 21524 | 1,50 | 337,06 | 1022223 | 14397 |
| 1420x16 | 705,73 | 554 | 1739152 | 24495 | 1,50 | 382,92 | 1163312 | 16385 |
| 1420x18 | 792,81 | 622,36 | 1948265 | 27440 | 1,50 | 428,65 | 1303187 | 18355 |
| 1420x20 | 879,65 | 690,52 | 2155572 | 30360 | 1,50 | 474,24 | 1441854 | 20308 |
| 1620x12 | 606,20 | 475,87 | 1959402 | 24190 | 1,70 | 291,65 | 1155989 | 14271 |
| 1620x14 | 706,36 | 554,49 | 2277496 | 28117 | 1,70 | 338,03 | 1343655 | 16588 |
| 1620x16 | 806,26 | 632,91 | 2593201 | 32015 | 1,70 | 384,29 | 1529912 | 18888 |
| 1620x18 | 905,91 | 711,14 | 2906530 | 35883 | 1,70 | 430,45 | 1714767 | 21170 |
| 1620x20 | 1005,31 | 789,17 | 3217494 | 39722 | 1,70 | 476,48 | 1898227 | 23435 |
| 1820x12 | 681,60 | 535,06 | 2785195 | 30607 | 1,90 | 292,10 | 1469760 | 16151 |
| 1820x14 | 794,32 | 623,54 | 3238674 | 35590 | 1,90 | 338,79 | 1709063 | 18781 |
| 1820x16 | 906,79 | 711,83 | 3689127 | 40540 | 1,90 | 385,38 | 1946769 | 21393 |
| 1820x18 | 1019,01 | 799,92 | 4136567 | 45457 | 1,90 | 431,87 | 2182885 | 23988 |
| 1820x20 | 1130,97 | 887,81 | 4581008 | 50341 | 1,90 | 478,25 | 2417418 | 26565 |
| 2020x12 | 757,00 | 594,24 | 3815468 | 37777 | 2,10 | 292,46 | 1821226 | 18032 |
| 2020x14 | 882,28 | 692,59 | 4438149 | 43942 | 2,10 | 339,41 | 2118448 | 20975 |
| 2020x16 | 1007,32 | 790,75 | 5057090 | 50070 | 2,10 | 386,26 | 2413885 | 23900 |
| 2020x18 | 1132,10 | 888,7 | 5672307 | 56161 | 2,10 | 433,02 | 2707545 | 26807 |
| 2020x20 | 1256,64 | 986,46 | 6283814 | 62216 | 2,10 | 479,68 | 2999434 | 29697 |

Таблиця 9.1.3 Характеристики ШТЗ з використанням труб згідно ДСТУ 8943:2019 та конекторів MF100

| **Характеристики труб** | | | | | **Комбінація з конектором MF100** | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Труба** | **Площа перерізу** | **Маса 1м, кг** | **Момент інерції** | **Момент опору** | **Ширина комбінації** | **Маса 1м2, кг** | **Момент інерції** | **Момент опору** |
| **D × t** | **A,$cm^2$** | **G** | **I, $cm^4$** | **W, $cm^3$** | **$b_{sys}$, m** | **G97%** | **$I_{sys}$,$cm^4$** | **$W_{sys}$,$cm^3$** |
| 820x10 | 254,47 | 199,76 | 208728 | 5091 | 0,92 | 239,46 | 226878 | 5534 |
| 820x12 | 304,61 | 239,12 | 248640 | 6064 | 0,92 | 282,24 | 270261 | 6591 |
| 820x14 | 354,50 | 278,28 | 287955 | 7023 | 0,92 | 324,81 | 312995 | 7634 |
| 820x16 | 404,13 | 317,25 | 326678 | 7968 | 0,92 | 367,17 | 355085 | 8661 |
| 820x18 | 453,52 | 356,01 | 364816 | 8898 | 0,92 | 409,30 | 396539 | 9672 |
| 820x20 | 502,65 | 394,58 | 402375 | 9814 | 0,92 | 451,22 | 437364 | 10667 |
| 820x22 | 551,54 | 432,96 | 439361 | 10716 | 0,92 | 492,94 | 477566 | 11648 |
| 820x24 | 600,17 | 471,13 | 475779 | 11604 | 0,92 | 534,43 | 517151 | 12613 |
| 820x26 | 648,55 | 509,11 | 511635 | 12479 | 0,92 | 575,71 | 556125 | 13564 |
| 820x28 | 696,68 | 546,89 | 546935 | 13340 | 0,92 | 616,78 | 594495 | 14500 |
| 820x30 | 744,56 | 584,48 | 581686 | 14187 | 0,92 | 657,64 | 632267 | 15421 |
| 920x10 | 285,88 | 224,42 | 295962 | 6434 | 1,02 | 240,16 | 290159 | 6308 |
| 920x12 | 342,31 | 268,71 | 352837 | 7670 | 1,02 | 283,58 | 345919 | 7520 |
| 920x14 | 398,48 | 312,81 | 408956 | 8890 | 1,02 | 326,82 | 400937 | 8716 |
| 920x16 | 454,40 | 356,7 | 464324 | 10094 | 1,02 | 369,85 | 455220 | 9896 |
| 920x18 | 510,07 | 400,4 | 518949 | 11282 | 1,02 | 412,69 | 508774 | 11061 |
| 920x20 | 565,49 | 443,91 | 572838 | 12453 | 1,02 | 455,35 | 561606 | 12209 |
| 1020x10 | 317,30 | 249,08 | 404638 | 7934 | 1,12 | 240,74 | 361284 | 7084 |
| 1020x12 | 380,01 | 298,31 | 482708 | 9465 | 1,12 | 284,69 | 430989 | 8451 |
| 1020x14 | 442,46 | 347,33 | 559843 | 10977 | 1,12 | 328,46 | 499860 | 9801 |
| 1020x16 | 504,67 | 396,16 | 636050 | 12472 | 1,12 | 372,06 | 567902 | 11136 |
| 1020x18 | 566,62 | 444,79 | 711337 | 13948 | 1,12 | 415,48 | 635122 | 12454 |
| 1020x20 | 628,32 | 493,23 | 785712 | 15406 | 1,12 | 458,73 | 701529 | 13755 |
| 1020x22 | 689,77 | 541,47 | 859182 | 16847 | 1,12 | 501,80 | 767127 | 15042 |
| 1020x24 | 750,97 | 589,51 | 931754 | 18270 | 1,12 | 544,69 | 831923 | 16313 |
| 1020x26 | 811,91 | 637,35 | 1003435 | 19675 | 1,12 | 587,41 | 895924 | 17567 |
| 1020x28 | 872,61 | 685 | 1074234 | 21063 | 1,12 | 629,95 | 959138 | 18806 |
| 1020x30 | 933,05 | 732,45 | 1144156 | 22434 | 1,12 | 672,32 | 1021568 | 20030 |
| 1020x32 | 993,25 | 779,7 | 1213210 | 23788 | 1,12 | 714,50 | 1083223 | 21239 |
| 1120x12 | 417,71 | 327,9 | 641079 | 11448 | 1,22 | 285,61 | 525475 | 9384 |
| 1120x14 | 486,44 | 381,86 | 743914 | 13284 | 1,22 | 329,84 | 609766 | 10889 |
| 1120x16 | 554,93 | 435,62 | 845626 | 15100 | 1,22 | 373,91 | 693136 | 12377 |
| 1120x18 | 623,17 | 489,19 | 946222 | 16897 | 1,22 | 417,82 | 775592 | 13850 |
| 1120x20 | 691,15 | 542,55 | 1045711 | 18673 | 1,22 | 461,55 | 857140 | 15306 |
| 1220x12 | 455,41 | 357,49 | 830778 | 13619 | 1,32 | 286,39 | 629377 | 10317 |
| 1220x14 | 530,43 | 416,38 | 964469 | 15811 | 1,32 | 331,00 | 730658 | 11978 |
| 1220x16 | 605,20 | 475,08 | 1096822 | 17981 | 1,32 | 375,47 | 830926 | 13622 |

| Характеристики труб | | | | | Комбінація з конектором MF100 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Труба** | **Площа перерізу** | **Маса 1м, кг** | **Момент інерції** | **Момент опору** | **Ширина комбінації** | **Маса 1м2, кг** | **Момент інерції** | **Момент опору** |
| **D × t** | **A,cm$^2$** | **G** | **I, cm$^4$** | **W, cm$^3$** | **$b_{sys}$, m** | **G97%** | **$I_{sys}$,cm$^4$** | **$W_{sys}$,cm$^3$** |
| 1220x18 | 679,71 | 533,58 | 1227844 | 20129 | 1,32 | 419,79 | 930185 | 15249 |
| 1220x20 | 753,98 | 591,88 | 1357545 | 22255 | 1,32 | 463,96 | 1028443 | 16860 |
| 1420x12 | 530,80 | 416,68 | 1315469 | 18528 | 1,52 | 287,65 | 865440 | 12189 |
| 1420x14 | 618,39 | 485,44 | 1528224 | 21524 | 1,52 | 332,88 | 1005411 | 14161 |
| 1420x16 | 705,73 | 554 | 1739152 | 24495 | 1,52 | 377,99 | 1144179 | 16115 |
| 1420x18 | 792,81 | 622,36 | 1948265 | 27440 | 1,52 | 422,96 | 1281753 | 18053 |
| 1420x20 | 879,65 | 690,52 | 2155572 | 30360 | 1,52 | 467,81 | 1418139 | 19974 |
| 1620x12 | 606,20 | 475,87 | 1959402 | 24190 | 1,72 | 288,61 | 1139187 | 14064 |
| 1620x14 | 706,36 | 554,49 | 2277496 | 28117 | 1,72 | 334,32 | 1324126 | 16347 |
| 1620x16 | 806,26 | 632,91 | 2593201 | 32015 | 1,72 | 379,92 | 1507675 | 18613 |
| 1620x18 | 905,91 | 711,14 | 2906530 | 35883 | 1,72 | 425,40 | 1689843 | 20862 |
| 1620x20 | 1005,31 | 789,17 | 3217494 | 39722 | 1,72 | 470,76 | 1870636 | 23094 |
| 1820x12 | 681,60 | 535,06 | 2785195 | 30607 | 1,92 | 289,38 | 1450622 | 15941 |
| 1820x14 | 794,32 | 623,54 | 3238674 | 35590 | 1,92 | 335,46 | 1686809 | 18536 |
| 1820x16 | 906,79 | 711,83 | 3689127 | 40540 | 1,92 | 381,45 | 1921420 | 21115 |
| 1820x18 | 1019,01 | 799,92 | 4136567 | 45457 | 1,92 | 427,33 | 2154462 | 23676 |
| 1820x20 | 1130,97 | 887,81 | 4581008 | 50341 | 1,92 | 473,10 | 2385942 | 26219 |
| 2020x12 | 757,00 | 594,24 | 3815468 | 37777 | 2,12 | 289,99 | 1799749 | 17819 |
| 2020x14 | 882,28 | 692,59 | 4438149 | 43942 | 2,12 | 336,38 | 2093467 | 20727 |
| 2020x16 | 1007,32 | 790,75 | 5057090 | 50070 | 2,12 | 382,69 | 2385420 | 23618 |
| 2020x18 | 1132,10 | 888,7 | 5672307 | 56161 | 2,12 | 428,89 | 2675617 | 26491 |
| 2020x20 | 1256,64 | 986,46 | 6283814 | 62216 | 2,12 | 475,00 | 2964063 | 29347 |

Таблиця 9.1.4 Характеристики ШТЗ з використанням труб згідно ДСТУ 8943:2019 та конекторів MF130

| **Характеристики труб** | | | | | **Комбінація з конектором MF130** | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Труба** | **Площа перерізу** | **Маса 1м, кг** | **Момент інерції** | **Момент опору** | **Ширина комбінації** | **Маса 1м2, кг** | **Момент інерції** | **Момент опору** |
| **D × t** | **A,$cm^2$** | **G** | **I, $cm^4$** | **W, $cm^3$** | **$b_{sys}$, m** | **G97%** | **$I_{sys}$,$cm^4$** | **$W_{sys}$,$cm^3$** |
| 820x10 | 254,47 | 199,76 | 208728 | 5091 | 0,95 | 234,82 | 219714 | 5359 |
| 820x12 | 304,61 | 239,12 | 248640 | 6064 | 0,95 | 276,25 | 261726 | 6383 |
| 820x14 | 354,50 | 278,28 | 287955 | 7023 | 0,95 | 317,47 | 303111 | 7393 |
| 820x16 | 404,13 | 317,25 | 326678 | 7968 | 0,95 | 358,49 | 343872 | 8387 |
| 820x18 | 453,52 | 356,01 | 364816 | 8898 | 0,95 | 399,29 | 384017 | 9366 |
| 820x20 | 502,65 | 394,58 | 402375 | 9814 | 0,95 | 439,89 | 423553 | 10331 |
| 820x22 | 551,54 | 432,96 | 439361 | 10716 | 0,95 | 480,29 | 462485 | 11280 |
| 820x24 | 600,17 | 471,13 | 475779 | 11604 | 0,95 | 520,47 | 500820 | 12215 |
| 820x26 | 648,55 | 509,11 | 511635 | 12479 | 0,95 | 560,45 | 538563 | 13136 |
| 820x28 | 696,68 | 546,89 | 546935 | 13340 | 0,95 | 600,22 | 575721 | 14042 |
| 820x30 | 744,56 | 584,48 | 581686 | 14187 | 0,95 | 639,79 | 612301 | 14934 |
| 920x10 | 285,88 | 224,42 | 295962 | 6434 | 1,05 | 235,94 | 281869 | 6128 |
| 920x12 | 342,31 | 268,71 | 352837 | 7670 | 1,05 | 278,12 | 336035 | 7305 |
| 920x14 | 398,48 | 312,81 | 408956 | 8890 | 1,05 | 320,12 | 389482 | 8467 |
| 920x16 | 454,40 | 356,7 | 464324 | 10094 | 1,05 | 361,92 | 442213 | 9613 |
| 920x18 | 510,07 | 400,4 | 518949 | 11282 | 1,05 | 403,54 | 494237 | 10745 |
| 920x20 | 565,49 | 443,91 | 572838 | 12453 | 1,05 | 444,98 | 545560 | 11860 |
| 1020x10 | 317,30 | 249,08 | 404638 | 7934 | 1,15 | 236,87 | 351859 | 6899 |
| 1020x12 | 380,01 | 298,31 | 482708 | 9465 | 1,15 | 279,68 | 419746 | 8230 |
| 1020x14 | 442,46 | 347,33 | 559843 | 10977 | 1,15 | 322,30 | 486820 | 9545 |
| 1020x16 | 504,67 | 396,16 | 636050 | 12472 | 1,15 | 364,76 | 553087 | 10845 |
| 1020x18 | 566,62 | 444,79 | 711337 | 13948 | 1,15 | 407,05 | 618554 | 12129 |
| 1020x20 | 628,32 | 493,23 | 785712 | 15406 | 1,15 | 449,17 | 683228 | 13397 |
| 1020x22 | 689,77 | 541,47 | 859182 | 16847 | 1,15 | 491,12 | 747115 | 14650 |
| 1020x24 | 750,97 | 589,51 | 931754 | 18270 | 1,15 | 532,89 | 810221 | 15887 |
| 1020x26 | 811,91 | 637,35 | 1003435 | 19675 | 1,15 | 574,49 | 872552 | 17109 |
| 1020x28 | 872,61 | 685 | 1074234 | 21063 | 1,15 | 615,93 | 934117 | 18316 |
| 1020x30 | 933,05 | 732,45 | 1144156 | 22434 | 1,15 | 657,19 | 994918 | 19508 |
| 1020x32 | 993,25 | 779,7 | 1213210 | 23788 | 1,15 | 698,28 | 1054965 | 20685 |
| 1120x12 | 417,71 | 327,9 | 641079 | 11448 | 1,25 | 280,98 | 512863 | 9158 |
| 1120x14 | 486,44 | 381,86 | 743914 | 13284 | 1,25 | 324,14 | 595131 | 10627 |
| 1120x16 | 554,93 | 435,62 | 845626 | 15100 | 1,25 | 367,15 | 676501 | 12080 |
| 1120x18 | 623,17 | 489,19 | 946222 | 16897 | 1,25 | 410,01 | 756978 | 13518 |
| 1120x20 | 691,15 | 542,55 | 1045711 | 18673 | 1,25 | 452,70 | 836569 | 14938 |
| 1220x12 | 455,41 | 357,49 | 830778 | 13619 | 1,35 | 282,08 | 615391 | 10088 |
| 1220x14 | 530,43 | 416,38 | 964469 | 15811 | 1,35 | 325,70 | 714421 | 11712 |
| 1220x16 | 605,20 | 475,08 | 1096822 | 17981 | 1,35 | 369,18 | 812461 | 13319 |

| Характеристики труб | | | | | Комбінація з конектором MF130 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Труба** | **Площа перерізу** | **Маса 1м, кг** | **Момент інерції** | **Момент опору** | **Ширина комбінації** | **Маса 1м2, кг** | **Момент інерції** | **Момент опору** |
| **D × t** | **A,cm$^2$** | **G** | **I, cm$^4$** | **W, cm$^3$** | **$b_{sys}$, m** | **G97%** | **$I_{sys}$,cm$^4$** | **$W_{sys}$,cm$^3$** |
| 1220x18 | 679,71 | 533,58 | 1227844 | 20129 | 1,35 | 412,52 | 909514 | 14910 |
| 1220x20 | 753,98 | 591,88 | 1357545 | 22255 | 1,35 | 455,70 | 1005589 | 16485 |
| 1420x12 | 530,80 | 416,68 | 1315469 | 18528 | 1,55 | 283,87 | 848690 | 11954 |
| 1420x14 | 618,39 | 485,44 | 1528224 | 21524 | 1,55 | 328,23 | 985951 | 13886 |
| 1420x16 | 705,73 | 554 | 1739152 | 24495 | 1,55 | 372,46 | 1122034 | 15803 |
| 1420x18 | 792,81 | 622,36 | 1948265 | 27440 | 1,55 | 416,57 | 1256945 | 17703 |
| 1420x20 | 879,65 | 690,52 | 2155572 | 30360 | 1,55 | 460,54 | 1390692 | 19587 |
| 1620x12 | 606,20 | 475,87 | 1959402 | 24190 | 1,75 | 285,25 | 1119658 | 13823 |
| 1620x14 | 706,36 | 554,49 | 2277496 | 28117 | 1,75 | 330,18 | 1301426 | 16067 |
| 1620x16 | 806,26 | 632,91 | 2593201 | 32015 | 1,75 | 374,99 | 1481829 | 18294 |
| 1620x18 | 905,91 | 711,14 | 2906530 | 35883 | 1,75 | 419,69 | 1660874 | 20505 |
| 1620x20 | 1005,31 | 789,17 | 3217494 | 39722 | 1,75 | 464,28 | 1838568 | 22698 |
| 1820x12 | 681,60 | 535,06 | 2785195 | 30607 | 1,95 | 286,35 | 1428305 | 15696 |
| 1820x14 | 794,32 | 623,54 | 3238674 | 35590 | 1,95 | 331,72 | 1660858 | 18251 |
| 1820x16 | 906,79 | 711,83 | 3689127 | 40540 | 1,95 | 377,00 | 1891860 | 20790 |
| 1820x18 | 1019,01 | 799,92 | 4136567 | 45457 | 1,95 | 422,17 | 2121316 | 23311 |
| 1820x20 | 1130,97 | 887,81 | 4581008 | 50341 | 1,95 | 467,25 | 2349235 | 25816 |
| 2020x12 | 757,00 | 594,24 | 3815468 | 37777 | 2,15 | 287,24 | 1774636 | 17571 |
| 2020x14 | 882,28 | 692,59 | 4438149 | 43942 | 2,15 | 332,98 | 2064255 | 20438 |
| 2020x16 | 1007,32 | 790,75 | 5057090 | 50070 | 2,15 | 378,64 | 2352135 | 23288 |
| 2020x18 | 1132,10 | 888,7 | 5672307 | 56161 | 2,15 | 424,19 | 2638282 | 26121 |
| 2020x20 | 1256,64 | 986,46 | 6283814 | 62216 | 2,15 | 469,66 | 2922704 | 28938 |

Таблиця 9.1.5 Характеристики ШТЗ з використанням труб згідно ДСТУ 8943:2019 та конекторів MF180a

| Характеристики труб | | | | | Комбінація з конектором MF180a | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Труба** | **Площа перерізу** | **Маса 1м, кг** | **Момент інерції** | **Момент опору** | **Ширина комбінації** | **Маса 1м2, кг** | **Момент інерції** | **Момент опору** |
| **D × t** | **A,$cm^2$** | **G** | **I, $cm^4$** | **W, $cm^3$** | **$b_{sys}$, m** | **G97%** | **$I_{sys}$,$cm^4$** | **$W_{sys}$,$cm^3$** |
| 820x10 | 254,47 | 199,76 | 208728 | 5091 | 1,00 | 227,94 | 208728 | 5091 |
| 820x12 | 304,61 | 239,12 | 248640 | 6064 | 1,00 | 267,30 | 248640 | 6064 |
| 820x14 | 354,50 | 278,28 | 287955 | 7023 | 1,00 | 306,46 | 287955 | 7023 |
| 820x16 | 404,13 | 317,25 | 326678 | 7968 | 1,00 | 345,43 | 326678 | 7968 |
| 820x18 | 453,52 | 356,01 | 364816 | 8898 | 1,00 | 384,19 | 364816 | 8898 |
| 820x20 | 502,65 | 394,58 | 402375 | 9814 | 1,00 | 422,76 | 402375 | 9814 |
| 820x22 | 551,54 | 432,96 | 439361 | 10716 | 1,00 | 461,14 | 439361 | 10716 |
| 820x24 | 600,17 | 471,13 | 475779 | 11604 | 1,00 | 499,31 | 475779 | 11604 |
| 820x26 | 648,55 | 509,11 | 511635 | 12479 | 1,00 | 537,29 | 511635 | 12479 |
| 820x28 | 696,68 | 546,89 | 546935 | 13340 | 1,00 | 575,07 | 546935 | 13340 |
| 820x30 | 744,56 | 584,48 | 581686 | 14187 | 1,00 | 612,66 | 581686 | 14187 |
| 920x10 | 285,88 | 224,42 | 295962 | 6434 | 1,10 | 229,64 | 269056 | 5849 |
| 920x12 | 342,31 | 268,71 | 352837 | 7670 | 1,10 | 269,90 | 320761 | 6973 |
| 920x14 | 398,48 | 312,81 | 408956 | 8890 | 1,10 | 309,99 | 371778 | 8082 |
| 920x16 | 454,40 | 356,7 | 464324 | 10094 | 1,10 | 349,89 | 422113 | 9176 |
| 920x18 | 510,07 | 400,4 | 518949 | 11282 | 1,10 | 389,62 | 471772 | 10256 |
| 920x20 | 565,49 | 443,91 | 572838 | 12453 | 1,10 | 429,17 | 520762 | 11321 |
| 1020x10 | 317,30 | 249,08 | 404638 | 7934 | 1,20 | 231,05 | 337198 | 6612 |
| 1020x12 | 380,01 | 298,31 | 482708 | 9465 | 1,20 | 272,07 | 402257 | 7888 |
| 1020x14 | 442,46 | 347,33 | 559843 | 10977 | 1,20 | 312,92 | 466536 | 9148 |
| 1020x16 | 504,67 | 396,16 | 636050 | 12472 | 1,20 | 353,62 | 530042 | 10393 |
| 1020x18 | 566,62 | 444,79 | 711337 | 13948 | 1,20 | 394,14 | 592781 | 11623 |
| 1020x20 | 628,32 | 493,23 | 785712 | 15406 | 1,20 | 434,51 | 654760 | 12838 |
| 1020x22 | 689,77 | 541,47 | 859182 | 16847 | 1,20 | 474,71 | 715985 | 14039 |
| 1020x24 | 750,97 | 589,51 | 931754 | 18270 | 1,20 | 514,74 | 776462 | 15225 |
| 1020x26 | 811,91 | 637,35 | 1003435 | 19675 | 1,20 | 554,61 | 836196 | 16396 |
| 1020x28 | 872,61 | 685 | 1074234 | 21063 | 1,20 | 594,32 | 895195 | 17553 |
| 1020x30 | 933,05 | 732,45 | 1144156 | 22434 | 1,20 | 633,86 | 953463 | 18695 |
| 1020x32 | 993,25 | 779,7 | 1213210 | 23788 | 1,20 | 673,23 | 1011008 | 19823 |
| 1120x12 | 417,71 | 327,9 | 641079 | 11448 | 1,30 | 273,91 | 493138 | 8806 |
| 1120x14 | 486,44 | 381,86 | 743914 | 13284 | 1,30 | 315,41 | 572242 | 10218 |
| 1120x16 | 554,93 | 435,62 | 845626 | 15100 | 1,30 | 356,77 | 650482 | 11615 |
| 1120x18 | 623,17 | 489,19 | 946222 | 16897 | 1,30 | 397,98 | 727863 | 12998 |
| 1120x20 | 691,15 | 542,55 | 1045711 | 18673 | 1,30 | 439,02 | 804393 | 14364 |
| 1220x12 | 455,41 | 357,49 | 830778 | 13619 | 1,40 | 275,48 | 593413 | 9728 |
| 1220x14 | 530,43 | 416,38 | 964469 | 15811 | 1,40 | 317,54 | 688906 | 11294 |
| 1220x16 | 605,20 | 475,08 | 1096822 | 17981 | 1,40 | 359,47 | 783444 | 12844 |

| Характеристики труб | | | | | Комбінація з конектором MF180a | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Труба** | **Площа перерізу** | **Маса 1м, кг** | **Момент інерції** | **Момент опору** | **Ширина комбінації** | **Маса 1м2, кг** | **Момент інерції** | **Момент опору** |
| **D × t** | **A,cm$^2$** | **G** | **I, cm$^4$** | **W, cm$^3$** | **$b_{sys}$, m** | **G97%** | **$I_{sys}$,cm$^4$** | **$W_{sys}$,cm$^3$** |
| 1220x18 | 679,71 | 533,58 | 1227844 | 20129 | 1,40 | 401,26 | 877031 | 14378 |
| 1220x20 | 753,98 | 591,88 | 1357545 | 22255 | 1,40 | 442,90 | 969675 | 15896 |
| 1420x12 | 530,80 | 416,68 | 1315469 | 18528 | 1,60 | 278,04 | 822168 | 11580 |
| 1420x14 | 618,39 | 485,44 | 1528224 | 21524 | 1,60 | 321,01 | 955140 | 13453 |
| 1420x16 | 705,73 | 554 | 1739152 | 24495 | 1,60 | 363,86 | 1086970 | 15309 |
| 1420x18 | 792,81 | 622,36 | 1948265 | 27440 | 1,60 | 406,59 | 1217666 | 17150 |
| 1420x20 | 879,65 | 690,52 | 2155572 | 30360 | 1,60 | 449,19 | 1347233 | 18975 |
| 1620x12 | 606,20 | 475,87 | 1959402 | 24190 | 1,80 | 280,03 | 1088557 | 13439 |
| 1620x14 | 706,36 | 554,49 | 2277496 | 28117 | 1,80 | 323,70 | 1265276 | 15621 |
| 1620x16 | 806,26 | 632,91 | 2593201 | 32015 | 1,80 | 367,27 | 1440667 | 17786 |
| 1620x18 | 905,91 | 711,14 | 2906530 | 35883 | 1,80 | 410,73 | 1614739 | 19935 |
| 1620x20 | 1005,31 | 789,17 | 3217494 | 39722 | 1,80 | 454,08 | 1787497 | 22068 |
| 1820x12 | 681,60 | 535,06 | 2785195 | 30607 | 2,00 | 281,62 | 1392598 | 15304 |
| 1820x14 | 794,32 | 623,54 | 3238674 | 35590 | 2,00 | 325,86 | 1619337 | 17795 |
| 1820x16 | 906,79 | 711,83 | 3689127 | 40540 | 2,00 | 370,00 | 1844564 | 20270 |
| 1820x18 | 1019,01 | 799,92 | 4136567 | 45457 | 2,00 | 414,05 | 2068284 | 22729 |
| 1820x20 | 1130,97 | 887,81 | 4581008 | 50341 | 2,00 | 457,99 | 2290504 | 25171 |
| 2020x12 | 757,00 | 594,24 | 3815468 | 37777 | 2,20 | 282,92 | 1734304 | 17171 |
| 2020x14 | 882,28 | 692,59 | 4438149 | 43942 | 2,20 | 327,62 | 2017340 | 19974 |
| 2020x16 | 1007,32 | 790,75 | 5057090 | 50070 | 2,20 | 372,24 | 2298677 | 22759 |
| 2020x18 | 1132,10 | 888,7 | 5672307 | 56161 | 2,20 | 416,76 | 2578321 | 25528 |
| 2020x20 | 1256,64 | 986,46 | 6283814 | 62216 | 2,20 | 461,20 | 2856279 | 28280 |

Таблиця 9.1.6 Характеристики ШТЗ з використанням труб згідно ДСТУ 8943:2019 та конекторів MF180b

| **Характеристики труб** | | | | | **Комбінація з конектором MF180b** | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Труба** | **Площа перерізу** | **Маса 1м, кг** | **Момент інерції** | **Момент опору** | **Ширина комбінації** | **Маса 1м2, кг** | **Момент інерції** | **Момент опору** |
| **D × t** | **A,$cm^2$** | **G** | **I, $cm^4$** | **W, $cm^3$** | **$b_{sys}$, m** | **G97%** | **$I_{sys}$,$cm^4$** | **$W_{sys}$,$cm^3$** |
| 820x10 | 254,47 | 199,76 | 208728 | 5091 | 1,00 | 227,09 | 208728 | 5091 |
| 820x12 | 304,61 | 239,12 | 248640 | 6064 | 1,00 | 266,45 | 248640 | 6064 |
| 820x14 | 354,50 | 278,28 | 287955 | 7023 | 1,00 | 305,61 | 287955 | 7023 |
| 820x16 | 404,13 | 317,25 | 326678 | 7968 | 1,00 | 344,58 | 326678 | 7968 |
| 820x18 | 453,52 | 356,01 | 364816 | 8898 | 1,00 | 383,34 | 364816 | 8898 |
| 820x20 | 502,65 | 394,58 | 402375 | 9814 | 1,00 | 421,91 | 402375 | 9814 |
| 820x22 | 551,54 | 432,96 | 439361 | 10716 | 1,00 | 460,29 | 439361 | 10716 |
| 820x24 | 600,17 | 471,13 | 475779 | 11604 | 1,00 | 498,46 | 475779 | 11604 |
| 820x26 | 648,55 | 509,11 | 511635 | 12479 | 1,00 | 536,44 | 511635 | 12479 |
| 820x28 | 696,68 | 546,89 | 546935 | 13340 | 1,00 | 574,22 | 546935 | 13340 |
| 820x30 | 744,56 | 584,48 | 581686 | 14187 | 1,00 | 611,81 | 581686 | 14187 |
| 920x10 | 285,88 | 224,42 | 295962 | 6434 | 1,10 | 228,87 | 269056 | 5849 |
| 920x12 | 342,31 | 268,71 | 352837 | 7670 | 1,10 | 269,13 | 320761 | 6973 |
| 920x14 | 398,48 | 312,81 | 408956 | 8890 | 1,10 | 309,22 | 371778 | 8082 |
| 920x16 | 454,40 | 356,7 | 464324 | 10094 | 1,10 | 349,12 | 422113 | 9176 |
| 920x18 | 510,07 | 400,4 | 518949 | 11282 | 1,10 | 388,85 | 471772 | 10256 |
| 920x20 | 565,49 | 443,91 | 572838 | 12453 | 1,10 | 428,40 | 520762 | 11321 |
| 1020x10 | 317,30 | 249,08 | 404638 | 7934 | 1,20 | 230,35 | 337198 | 6612 |
| 1020x12 | 380,01 | 298,31 | 482708 | 9465 | 1,20 | 271,37 | 402257 | 7888 |
| 1020x14 | 442,46 | 347,33 | 559843 | 10977 | 1,20 | 312,22 | 466536 | 9148 |
| 1020x16 | 504,67 | 396,16 | 636050 | 12472 | 1,20 | 352,91 | 530042 | 10393 |
| 1020x18 | 566,62 | 444,79 | 711337 | 13948 | 1,20 | 393,44 | 592781 | 11623 |
| 1020x20 | 628,32 | 493,23 | 785712 | 15406 | 1,20 | 433,80 | 654760 | 12838 |
| 1020x22 | 689,77 | 541,47 | 859182 | 16847 | 1,20 | 474,00 | 715985 | 14039 |
| 1020x24 | 750,97 | 589,51 | 931754 | 18270 | 1,20 | 514,04 | 776462 | 15225 |
| 1020x26 | 811,91 | 637,35 | 1003435 | 19675 | 1,20 | 553,90 | 836196 | 16396 |
| 1020x28 | 872,61 | 685 | 1074234 | 21063 | 1,20 | 593,61 | 895195 | 17553 |
| 1020x30 | 933,05 | 732,45 | 1144156 | 22434 | 1,20 | 633,15 | 953463 | 18695 |
| 1020x32 | 993,25 | 779,7 | 1213210 | 23788 | 1,20 | 672,53 | 1011008 | 19823 |
| 1120x12 | 417,71 | 327,9 | 641079 | 11448 | 1,30 | 273,26 | 493138 | 8806 |
| 1120x14 | 486,44 | 381,86 | 743914 | 13284 | 1,30 | 314,77 | 572242 | 10218 |
| 1120x16 | 554,93 | 435,62 | 845626 | 15100 | 1,30 | 356,12 | 650482 | 11615 |
| 1120x18 | 623,17 | 489,19 | 946222 | 16897 | 1,30 | 397,33 | 727863 | 12998 |
| 1120x20 | 691,15 | 542,55 | 1045711 | 18673 | 1,30 | 438,37 | 804393 | 14364 |
| 1220x12 | 455,41 | 357,49 | 830778 | 13619 | 1,40 | 274,87 | 593413 | 9728 |
| 1220x14 | 530,43 | 416,38 | 964469 | 15811 | 1,40 | 316,94 | 688906 | 11294 |
| 1220x16 | 605,20 | 475,08 | 1096822 | 17981 | 1,40 | 358,87 | 783444 | 12844 |

| Характеристики труб | | | | | Комбінація з конектором MF180b | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Труба** | **Площа перерізу** | **Маса 1м, кг** | **Момент інерції** | **Момент опору** | **Ширина комбінації** | **Маса 1м2, кг** | **Момент інерції** | **Момент опору** |
| **D × t** | **A,$cm^2$** | **G** | **I, $cm^4$** | **W, $cm^3$** | **$b_{sys}$, m** | **G97%** | **$I_{sys}$,$cm^4$** | **$W_{sys}$,$cm^3$** |
| 1220x18 | 679,71 | 533,58 | 1227844 | 20129 | 1,40 | 400,65 | 877031 | 14378 |
| 1220x20 | 753,98 | 591,88 | 1357545 | 22255 | 1,40 | 442,30 | 969675 | 15896 |
| 1420x12 | 530,80 | 416,68 | 1315469 | 18528 | 1,60 | 277,51 | 822168 | 11580 |
| 1420x14 | 618,39 | 485,44 | 1528224 | 21524 | 1,60 | 320,48 | 955140 | 13453 |
| 1420x16 | 705,73 | 554 | 1739152 | 24495 | 1,60 | 363,33 | 1086970 | 15309 |
| 1420x18 | 792,81 | 622,36 | 1948265 | 27440 | 1,60 | 406,06 | 1217666 | 17150 |
| 1420x20 | 879,65 | 690,52 | 2155572 | 30360 | 1,60 | 448,66 | 1347233 | 18975 |
| 1620x12 | 606,20 | 475,87 | 1959402 | 24190 | 1,80 | 279,56 | 1088557 | 13439 |
| 1620x14 | 706,36 | 554,49 | 2277496 | 28117 | 1,80 | 323,24 | 1265276 | 15621 |
| 1620x16 | 806,26 | 632,91 | 2593201 | 32015 | 1,80 | 366,80 | 1440667 | 17786 |
| 1620x18 | 905,91 | 711,14 | 2906530 | 35883 | 1,80 | 410,26 | 1614739 | 19935 |
| 1620x20 | 1005,31 | 789,17 | 3217494 | 39722 | 1,80 | 453,61 | 1787497 | 22068 |
| 1820x12 | 681,60 | 535,06 | 2785195 | 30607 | 2,00 | 281,20 | 1392598 | 15304 |
| 1820x14 | 794,32 | 623,54 | 3238674 | 35590 | 2,00 | 325,44 | 1619337 | 17795 |
| 1820x16 | 906,79 | 711,83 | 3689127 | 40540 | 2,00 | 369,58 | 1844564 | 20270 |
| 1820x18 | 1019,01 | 799,92 | 4136567 | 45457 | 2,00 | 413,63 | 2068284 | 22729 |
| 1820x20 | 1130,97 | 887,81 | 4581008 | 50341 | 2,00 | 457,57 | 2290504 | 25171 |
| 2020x12 | 757,00 | 594,24 | 3815468 | 37777 | 2,20 | 282,53 | 1734304 | 17171 |
| 2020x14 | 882,28 | 692,59 | 4438149 | 43942 | 2,20 | 327,24 | 2017340 | 19974 |
| 2020x16 | 1007,32 | 790,75 | 5057090 | 50070 | 2,20 | 371,86 | 2298677 | 22759 |
| 2020x18 | 1132,10 | 888,7 | 5672307 | 56161 | 2,20 | 416,38 | 2578321 | 25528 |
| 2020x20 | 1256,64 | 986,46 | 6283814 | 62216 | 2,20 | 460,82 | 2856279 | 28280 |

Таблиця 9.1.7 Характеристики ШТЗ з використанням труб згідно ДСТУ 8943:2019 та конекторів MF230

| Характеристики труб | | | | | Комбінація з конектором MF230 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Труба** | **Площа перерізу** | **Маса 1м, кг** | **Момент інерції** | **Момент опору** | **Ширина комбінації** | **Маса 1м2, кг** | **Момент інерції** | **Момент опору** |
| **D × t** | **A,$cm^2$** | **G** | **I, $cm^4$** | **W, $cm^3$** | **$b_{sys}$, m** | **G97%** | **$I_{sys}$,$cm^4$** | **$W_{sys}$,$cm^3$** |
| 820x10 | 254,47 | 199,76 | 208728 | 5091 | 1,05 | 220,91 | 198789 | 4849 |
| 820x12 | 304,61 | 239,12 | 248640 | 6064 | 1,05 | 258,39 | 236800 | 5775 |
| 820x14 | 354,50 | 278,28 | 287955 | 7023 | 1,05 | 295,69 | 274243 | 6689 |
| 820x16 | 404,13 | 317,25 | 326678 | 7968 | 1,05 | 332,80 | 311122 | 7589 |
| 820x18 | 453,52 | 356,01 | 364816 | 8898 | 1,05 | 369,72 | 347444 | 8474 |
| 820x20 | 502,65 | 394,58 | 402375 | 9814 | 1,05 | 406,45 | 383214 | 9347 |
| 820x22 | 551,54 | 432,96 | 439361 | 10716 | 1,05 | 443,00 | 418439 | 10206 |
| 820x24 | 600,17 | 471,13 | 475779 | 11604 | 1,05 | 479,36 | 453123 | 11051 |
| 820x26 | 648,55 | 509,11 | 511635 | 12479 | 1,05 | 515,53 | 487271 | 11885 |
| 820x28 | 696,68 | 546,89 | 546935 | 13340 | 1,05 | 551,51 | 520890 | 12705 |
| 820x30 | 744,56 | 584,48 | 581686 | 14187 | 1,05 | 587,31 | 553987 | 13511 |
| 920x10 | 285,88 | 224,42 | 295962 | 6434 | 1,15 | 223,14 | 257358 | 5595 |
| 920x12 | 342,31 | 268,71 | 352837 | 7670 | 1,15 | 261,66 | 306815 | 6670 |
| 920x14 | 398,48 | 312,81 | 408956 | 8890 | 1,15 | 300,00 | 355614 | 7730 |
| 920x16 | 454,40 | 356,7 | 464324 | 10094 | 1,15 | 338,17 | 403760 | 8777 |
| 920x18 | 510,07 | 400,4 | 518949 | 11282 | 1,15 | 376,17 | 451260 | 9810 |
| 920x20 | 565,49 | 443,91 | 572838 | 12453 | 1,15 | 414,00 | 498120 | 10829 |
| 1020x10 | 317,30 | 249,08 | 404638 | 7934 | 1,25 | 225,02 | 323710 | 6347 |
| 1020x12 | 380,01 | 298,31 | 482708 | 9465 | 1,25 | 264,40 | 386166 | 7572 |
| 1020x14 | 442,46 | 347,33 | 559843 | 10977 | 1,25 | 303,62 | 447874 | 8782 |
| 1020x16 | 504,67 | 396,16 | 636050 | 12472 | 1,25 | 342,68 | 508840 | 9978 |
| 1020x18 | 566,62 | 444,79 | 711337 | 13948 | 1,25 | 381,59 | 569070 | 11158 |
| 1020x20 | 628,32 | 493,23 | 785712 | 15406 | 1,25 | 420,34 | 628570 | 12325 |
| 1020x22 | 689,77 | 541,47 | 859182 | 16847 | 1,25 | 458,93 | 687346 | 13478 |
| 1020x24 | 750,97 | 589,51 | 931754 | 18270 | 1,25 | 497,36 | 745403 | 14616 |
| 1020x26 | 811,91 | 637,35 | 1003435 | 19675 | 1,25 | 535,64 | 802748 | 15740 |
| 1020x28 | 872,61 | 685 | 1074234 | 21063 | 1,25 | 573,76 | 859387 | 16850 |
| 1020x30 | 933,05 | 732,45 | 1144156 | 22434 | 1,25 | 611,72 | 915325 | 17947 |
| 1020x32 | 993,25 | 779,7 | 1213210 | 23788 | 1,25 | 649,52 | 970568 | 19030 |
| 1120x12 | 417,71 | 327,9 | 641079 | 11448 | 1,35 | 266,74 | 474873 | 8480 |
| 1120x14 | 486,44 | 381,86 | 743914 | 13284 | 1,35 | 306,71 | 551047 | 9840 |
| 1120x16 | 554,93 | 435,62 | 845626 | 15100 | 1,35 | 346,53 | 626390 | 11185 |
| 1120x18 | 623,17 | 489,19 | 946222 | 16897 | 1,35 | 386,21 | 700905 | 12516 |
| 1120x20 | 691,15 | 542,55 | 1045711 | 18673 | 1,35 | 425,74 | 774601 | 13832 |
| 1220x12 | 455,41 | 357,49 | 830778 | 13619 | 1,45 | 268,75 | 572950 | 9392 |
| 1220x14 | 530,43 | 416,38 | 964469 | 15811 | 1,45 | 309,36 | 665151 | 10904 |
| 1220x16 | 605,20 | 475,08 | 1096822 | 17981 | 1,45 | 349,84 | 756429 | 12401 |

| Характеристики труб | | | | | Комбінація з конектором MF230 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Труба** | **Площа перерізу** | **Маса 1м, кг** | **Момент інерції** | **Момент опору** | **Ширина комбінації** | **Маса 1м2, кг** | **Момент інерції** | **Момент опору** |
| **D × t** | **A,cm$^2$** | **G** | **I, cm$^4$** | **W, cm$^3$** | **$b_{sys}$, m** | **G97%** | **$I_{sys}$,cm$^4$** | **$W_{sys}$,cm$^3$** |
| 1220x18 | 679,71 | 533,58 | 1227844 | 20129 | 1,45 | 390,19 | 846789 | 13882 |
| 1220x20 | 753,98 | 591,88 | 1357545 | 22255 | 1,45 | 430,40 | 936238 | 15348 |
| 1420x12 | 530,80 | 416,68 | 1315469 | 18528 | 1,65 | 272,05 | 797254 | 11229 |
| 1420x14 | 618,39 | 485,44 | 1528224 | 21524 | 1,65 | 313,72 | 926196 | 13045 |
| 1420x16 | 705,73 | 554 | 1739152 | 24495 | 1,65 | 355,27 | 1054032 | 14845 |
| 1420x18 | 792,81 | 622,36 | 1948265 | 27440 | 1,65 | 396,70 | 1180767 | 16630 |
| 1420x20 | 879,65 | 690,52 | 2155572 | 30360 | 1,65 | 438,01 | 1306407 | 18400 |
| 1620x12 | 606,20 | 475,87 | 1959402 | 24190 | 1,85 | 274,63 | 1059136 | 13076 |
| 1620x14 | 706,36 | 554,49 | 2277496 | 28117 | 1,85 | 317,13 | 1231079 | 15198 |
| 1620x16 | 806,26 | 632,91 | 2593201 | 32015 | 1,85 | 359,52 | 1401730 | 17305 |
| 1620x18 | 905,91 | 711,14 | 2906530 | 35883 | 1,85 | 401,80 | 1571097 | 19396 |
| 1620x20 | 1005,31 | 789,17 | 3217494 | 39722 | 1,85 | 443,98 | 1739186 | 21471 |
| 1820x12 | 681,60 | 535,06 | 2785195 | 30607 | 2,05 | 276,71 | 1358632 | 14930 |
| 1820x14 | 794,32 | 623,54 | 3238674 | 35590 | 2,05 | 319,87 | 1579841 | 17361 |
| 1820x16 | 906,79 | 711,83 | 3689127 | 40540 | 2,05 | 362,94 | 1799574 | 19776 |
| 1820x18 | 1019,01 | 799,92 | 4136567 | 45457 | 2,05 | 405,91 | 2017838 | 22174 |
| 1820x20 | 1130,97 | 887,81 | 4581008 | 50341 | 2,05 | 448,78 | 2234638 | 24557 |
| 2020x12 | 757,00 | 594,24 | 3815468 | 37777 | 2,25 | 278,42 | 1695764 | 16790 |
| 2020x14 | 882,28 | 692,59 | 4438149 | 43942 | 2,25 | 322,13 | 1972511 | 19530 |
| 2020x16 | 1007,32 | 790,75 | 5057090 | 50070 | 2,25 | 365,75 | 2247596 | 22253 |
| 2020x18 | 1132,10 | 888,7 | 5672307 | 56161 | 2,25 | 409,29 | 2521025 | 24960 |
| 2020x20 | 1256,64 | 986,46 | 6283814 | 62216 | 2,25 | 452,74 | 2792806 | 27652 |

## 9.2 Додаток 2. Характеристики ШТЗ з використанням труб згідно ДСТУ EN 10219-2:2009

В даному додатку наведені таблиці 9.2.1…9.2.7 характеристик ШТЗ з даними для використання конекторів MF63, MF75, MF100, MF130, MF180a, MF180 b, MF 230

Таблиця 9.2.1 Характеристики ШТЗ з використанням труб згідно ДСТУ EN 10219-2:2009 та конекторів MF63

| **Характеристики труб** | | | | | **Комбінація з конектором MF63** | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Труба** | **Площа перерізу** | **Маса 1м, кг** | **Момент інерції** | **Момент опору** | **Ширина комбінації** | **Маса 1м2, кг** | **Момент інерції** | **Момент опору** |
| **D × t** | **A,cm$^2$** | **G** | **I, cm$^4$** | **W, cm$^3$** | **$b_{sys}$, m** | **G97%** | **$I_{sys}$,cm$^4$** | **$W_{sys}$,cm$^3$** |
| 800x10 | 248,19 | 194,83 | 193647 | 4841 | 0,86 | 243,84 | 224388 | 5610 |
| 900x10 | 279,60 | 219,49 | 276876 | 6153 | 0,96 | 289,29 | 287514 | 6389 |
| 1000x10 | 311,02 | 244,15 | 381074 | 7621 | 1,06 | 334,56 | 358489 | 7169 |
| 813×10 | 252,27 | 198,03 | 203364 | 5003 | 0,88 | 243,18 | 232151 | 5711 |
| 813×12 | 301,97 | 237,05 | 242235 | 5959 | 0,88 | 287,72 | 276524 | 6803 |
| 813×12,2 | 314,36 | 246,77 | 251860 | 6196 | 0,88 | 298,82 | 287511 | 7073 |
| 914×10 | 284,00 | 222,94 | 290147 | 6349 | 0,98 | 243,54 | 296977 | 6498 |
| 914×12 | 340,05 | 266,94 | 345890 | 7569 | 0,98 | 288,57 | 354033 | 7747 |
| 914×12,2 | 354,02 | 277,90 | 359708 | 7871 | 0,98 | 299,79 | 368176 | 8056 |
| 1016×10 | 316,04 | 248,09 | 399850 | 7871 | 1,08 | 243,82 | 370575 | 7295 |
| 1016×12 | 378,50 | 297,12 | 476985 | 9389 | 1,08 | 289,26 | 442062 | 8702 |
| 1016×12,5 | 394,07 | 309,35 | 496123 | 9766 | 1,08 | 300,60 | 459799 | 9051 |
| 1016×16 | 502,65 | 394,58 | 628479 | 12372 | 1,08 | 379,59 | 582464 | 11466 |
| 1016×20 | 625,81 | 491,26 | 776324 | 15282 | 1,08 | 469,19 | 719485 | 14163 |
| 1067×12 | 397,73 | 312,21 | 553420 | 10373 | 1,13 | 289,56 | 489752 | 9180 |
| 1067×12,5 | 414,10 | 325,07 | 575666 | 10790 | 1,13 | 300,94 | 509439 | 9549 |
| 1067×16 | 528,29 | 414,71 | 729606 | 13676 | 1,13 | 380,27 | 645669 | 12103 |
| 1067×20 | 657,85 | 516,41 | 901755 | 16903 | 1,13 | 470,27 | 798013 | 14958 |
| 1068×12 | 398,10 | 312,51 | 554995 | 10393 | 1,13 | 289,57 | 490712 | 9189 |
| 1068×12,5 | 414,49 | 325,38 | 577305 | 10811 | 1,13 | 300,95 | 510438 | 9559 |
| 1068×16 | 528,79 | 415,10 | 731691 | 13702 | 1,13 | 380,28 | 646942 | 12115 |
| 1068×20 | 658,48 | 516,91 | 904340 | 16935 | 1,13 | 470,30 | 799593 | 14973 |
| 1219×12 | 455,03 | 357,20 | 828716 | 13597 | 1,28 | 290,32 | 646424 | 10606 |
| 1219×12,5 | 473,79 | 371,93 | 862181 | 14146 | 1,28 | 301,81 | 672528 | 11034 |
| 1219×16 | 604,69 | 474,68 | 1094091 | 17951 | 1,28 | 381,96 | 853425 | 14002 |
| 1219×20 | 753,35 | 591,38 | 1354155 | 22217 | 1,28 | 472,99 | 1056283 | 17330 |

Таблиця 9.2.2 Характеристики ШТЗ з використанням труб згідно ДСТУ EN 10219-2:2009 та конекторів MF75

| **Характеристики труб** | | | | | **Комбінація з конектором MF75** | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Труба** | **Площа перерізу** | **Маса 1м, кг** | **Момент інерції** | **Момент опору** | **Ширина комбінації** | **Маса 1м2, кг** | **Момент інерції** | **Момент опору** |
| **D × t** | **A,$cm^2$** | **G** | **I, $cm^4$** | **W, $cm^3$** | **$b_{sys}$, m** | **G97%** | **$I_{sys}$,$cm^4$** | **$W_{sys}$,$cm^3$** |
| 800×10 | 248,19 | 194,83 | 193647 | 4841 | 0,88 | 243,77 | 221311 | 5533 |
| 900×10 | 279,60 | 219,49 | 276876 | 6153 | 0,98 | 244,1 | 283975 | 6311 |
| 1000×10 | 311,02 | 244,15 | 381074 | 7621 | 1,08 | 244,3 | 354487 | 7089 |
| 813×10 | 252,27 | 198,03 | 203364 | 5003 | 0,89 | 243,8 | 229014 | 5634 |
| 813×12 | 301,97 | 237,05 | 242235 | 5959 | 0,89 | 287,7 | 272787 | 6711 |
| 813×12,2 | 314,36 | 246,77 | 251860 | 6196 | 0,89 | 298,7 | 283626 | 6977 |
| 914×10 | 284,00 | 222,94 | 290147 | 6349 | 0,99 | 244,1 | 293374 | 6420 |
| 914×12 | 340,05 | 266,94 | 345890 | 7569 | 0,99 | 288,6 | 349737 | 7653 |
| 914×12,2 | 354,02 | 277,90 | 359708 | 7871 | 0,99 | 299,7 | 363709 | 7959 |
| 1016×10 | 316,04 | 248,09 | 399850 | 7871 | 1,09 | 244,3 | 366499 | 7214 |
| 1016×12 | 378,50 | 297,12 | 476985 | 9389 | 1,09 | 289,3 | 437200 | 8606 |
| 1016×12,5 | 394,07 | 309,35 | 496123 | 9766 | 1,09 | 300,5 | 454742 | 8951 |
| 1016×16 | 502,65 | 394,58 | 628479 | 12372 | 1,09 | 378,6 | 576058 | 11340 |
| 1016×20 | 625,81 | 491,26 | 776324 | 15282 | 1,09 | 467,2 | 711571 | 14007 |
| 1067×12 | 397,73 | 312,21 | 553420 | 10373 | 1,14 | 289,6 | 484606 | 9083 |
| 1067×12,5 | 414,10 | 325,07 | 575666 | 10790 | 1,14 | 300,8 | 504086 | 9448 |
| 1067×16 | 528,29 | 414,71 | 729606 | 13676 | 1,14 | 379,3 | 638884 | 11975 |
| 1067×20 | 657,85 | 516,41 | 901755 | 16903 | 1,14 | 468,4 | 789628 | 14801 |
| 1068×12 | 398,10 | 312,51 | 554995 | 10393 | 1,14 | 289,6 | 485560 | 9093 |
| 1068×12,5 | 414,49 | 325,38 | 577305 | 10811 | 1,14 | 300,8 | 505079 | 9458 |
| 1068×16 | 528,79 | 415,10 | 731691 | 13702 | 1,14 | 379,3 | 640150 | 11988 |
| 1068×20 | 658,48 | 516,91 | 904340 | 16935 | 1,14 | 468,4 | 791199 | 14816 |
| 1219×12 | 455,03 | 357,20 | 828716 | 13597 | 1,29 | 290,3 | 640430 | 10508 |
| 1219×12,5 | 473,79 | 371,93 | 862181 | 14146 | 1,29 | 301,7 | 666291 | 10932 |
| 1219×16 | 604,69 | 474,68 | 1094091 | 17951 | 1,29 | 381,1 | 845511 | 13872 |
| 1219×20 | 753,35 | 591,38 | 1354155 | 22217 | 1,29 | 471,3 | 1046488 | 17169 |

Таблиця 9.2.3 Характеристики ШТЗ з використанням труб згідно ДСТУ EN 10219-2:2009 та конекторів MF100

| **Характеристики труб** | | | | | **Комбінація з конектором MF100** | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Труба** | **Площа перерізу** | **Маса 1м, кг** | **Момент інерції** | **Момент опору** | **Ширина комбінації** | **Маса 1м2, кг** | **Момент інерції** | **Момент опору** |
| **D × t** | **A,$cm^2$** | **G** | **I, $cm^4$** | **W, $cm^3$** | **$b_{sys}$, m** | **G97%** | **$I_{sys}$,$cm^4$** | **$W_{sys}$,$cm^3$** |
| 800×10 | 248,19 | 194,83 | 193647 | 4841 | 0,90 | 239,31 | 215163 | 5379 |
| 900×10 | 279,60 | 219,49 | 276876 | 6153 | 1,00 | 240,03 | 276876 | 6153 |
| 1000×10 | 311,02 | 244,15 | 381074 | 7621 | 1,10 | 240,63 | 346431 | 6928 |
| 813×10 | 252,27 | 198,03 | 203364 | 5003 | 0,91 | 239,40 | 222743 | 5480 |
| 813×12 | 301,97 | 237,05 | 242235 | 5959 | 0,91 | 282,14 | 265318 | 6527 |
| 813×12,2 | 314,36 | 246,77 | 251860 | 6196 | 0,91 | 292,79 | 275860 | 6786 |
| 914×10 | 284,00 | 222,94 | 290147 | 6349 | 1,01 | 240,12 | 286141 | 6261 |
| 914×12 | 340,05 | 266,94 | 345890 | 7569 | 1,01 | 283,52 | 341114 | 7464 |
| 914×12,2 | 354,02 | 277,90 | 359708 | 7871 | 1,01 | 294,32 | 354742 | 7762 |
| 1016×10 | 316,04 | 248,09 | 399850 | 7871 | 1,12 | 240,71 | 358289 | 7053 |
| 1016×12 | 378,50 | 297,12 | 476985 | 9389 | 1,12 | 284,65 | 427406 | 8413 |
| 1016×12,5 | 394,07 | 309,35 | 496123 | 9766 | 1,12 | 295,60 | 444555 | 8751 |
| 1016×16 | 502,65 | 394,58 | 628479 | 12372 | 1,12 | 371,98 | 563153 | 11086 |
| 1016×20 | 625,81 | 491,26 | 776324 | 15282 | 1,12 | 458,61 | 695631 | 13694 |
| 1067×12 | 397,73 | 312,21 | 553420 | 10373 | 1,17 | 285,14 | 474225 | 8889 |
| 1067×12,5 | 414,10 | 325,07 | 575666 | 10790 | 1,17 | 296,16 | 493287 | 9246 |
| 1067×16 | 528,29 | 414,71 | 729606 | 13676 | 1,17 | 372,97 | 625198 | 11719 |
| 1067×20 | 657,85 | 516,41 | 901755 | 16903 | 1,17 | 460,12 | 772712 | 14484 |
| 1068×12 | 398,10 | 312,51 | 554995 | 10393 | 1,17 | 285,15 | 475167 | 8898 |
| 1068×12,5 | 414,49 | 325,38 | 577305 | 10811 | 1,17 | 296,17 | 494268 | 9256 |
| 1068×16 | 528,79 | 415,10 | 731691 | 13702 | 1,17 | 372,98 | 626448 | 11731 |
| 1068×20 | 658,48 | 516,91 | 904340 | 16935 | 1,17 | 460,15 | 774264 | 14499 |
| 1219×12 | 455,03 | 357,20 | 828716 | 13597 | 1,32 | 286,39 | 628291 | 10309 |
| 1219×12,5 | 473,79 | 371,93 | 862181 | 14146 | 1,32 | 297,55 | 653663 | 10725 |
| 1219×16 | 604,69 | 474,68 | 1094091 | 17951 | 1,32 | 375,45 | 829485 | 13610 |
| 1219×20 | 753,35 | 591,38 | 1354155 | 22217 | 1,32 | 463,93 | 1026653 | 16844 |

Таблиця 9.2.4 Характеристики ШТЗ з використанням труб згідно ДСТУ EN 10219-2:2009 та конекторів MF130

| **Характеристики труб** | | | | | **Комбінація з конектором MF130** | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Труба** | **Площа перерізу** | **Маса 1м, кг** | **Момент інерції** | **Момент опору** | **Ширина комбінації** | **Маса 1м2, кг** | **Момент інерції** | **Момент опору** |
| **D × t** | **A,$cm^2$** | **G** | **I, $cm^4$** | **W, $cm^3$** | **$b_{sys}$, m** | **G97%** | **$I_{sys}$,$cm^4$** | **$W_{sys}$,$cm^3$** |
| 800×10 | 248,19 | 194,83 | 193647 | 4841 | 0,93 | 234,57 | 208223 | 5205 |
| 900×10 | 279,60 | 219,49 | 276876 | 6153 | 1,03 | 235,74 | 268812 | 5974 |
| 1000×10 | 311,02 | 244,15 | 381074 | 7621 | 1,13 | 236,70 | 337234 | 6744 |
| 813×10 | 252,27 | 198,03 | 203364 | 5003 | 0,94 | 234,73 | 215656 | 5305 |
| 813×12 | 301,97 | 237,05 | 242235 | 5959 | 0,94 | 276,11 | 256877 | 6319 |
| 813×12,2 | 314,36 | 246,77 | 251860 | 6196 | 0,94 | 286,41 | 267084 | 6571 |
| 914×10 | 284,00 | 222,94 | 290147 | 6349 | 1,04 | 235,88 | 277919 | 6081 |
| 914×12 | 340,05 | 266,94 | 345890 | 7569 | 1,04 | 278,03 | 331312 | 7250 |
| 914×12,2 | 354,02 | 277,90 | 359708 | 7871 | 1,04 | 288,52 | 344548 | 7539 |
| 1016×10 | 316,04 | 248,09 | 399850 | 7871 | 1,15 | 236,83 | 348909 | 6868 |
| 1016×12 | 378,50 | 297,12 | 476985 | 9389 | 1,15 | 279,62 | 416217 | 8193 |
| 1016×12,5 | 394,07 | 309,35 | 496123 | 9766 | 1,15 | 290,29 | 432917 | 8522 |
| 1016×16 | 502,65 | 394,58 | 628479 | 12372 | 1,15 | 364,66 | 548411 | 10796 |
| 1016×20 | 625,81 | 491,26 | 776324 | 15282 | 1,15 | 449,02 | 677421 | 13335 |
| 1067×12 | 397,73 | 312,21 | 553420 | 10373 | 1,20 | 280,31 | 462339 | 8666 |
| 1067×12,5 | 414,10 | 325,07 | 575666 | 10790 | 1,20 | 291,05 | 480924 | 9014 |
| 1067×16 | 528,29 | 414,71 | 729606 | 13676 | 1,20 | 365,94 | 609529 | 11425 |
| 1067×20 | 657,85 | 516,41 | 901755 | 16903 | 1,20 | 450,90 | 753346 | 14121 |
| 1068×12 | 398,10 | 312,51 | 554995 | 10393 | 1,20 | 280,32 | 463268 | 8675 |
| 1068×12,5 | 414,49 | 325,38 | 577305 | 10811 | 1,20 | 291,07 | 481891 | 9024 |
| 1068×16 | 528,79 | 415,10 | 731691 | 13702 | 1,20 | 365,96 | 610760 | 11437 |
| 1068×20 | 658,48 | 516,91 | 904340 | 16935 | 1,20 | 450,94 | 754875 | 14136 |
| 1219×12 | 455,03 | 357,20 | 828716 | 13597 | 1,35 | 282,07 | 614319 | 10079 |
| 1219×12,5 | 473,79 | 371,93 | 862181 | 14146 | 1,35 | 292,99 | 639126 | 10486 |
| 1219×16 | 604,69 | 474,68 | 1094091 | 17951 | 1,35 | 369,16 | 811039 | 13307 |
| 1219×20 | 753,35 | 591,38 | 1354155 | 22217 | 1,35 | 455,67 | 1003821 | 16469 |

Таблиця 9.2.5 Характеристики ШТЗ з використанням труб згідно ДСТУ EN 10219-2:2009 та конекторів MF180a

| **Характеристики труб** | | | | | **Комбінація з конектором MF180a** | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Труба** | **Площа перерізу** | **Маса 1м, кг** | **Момент інерції** | **Момент опору** | **Ширина комбінації** | **Маса 1м2, кг** | **Момент інерції** | **Момент опору** |
| **D × t** | **A,$cm^2$** | **G** | **I, $cm^4$** | **W, $cm^3$** | **$b_{sys}$, m** | **G97%** | **$I_{sys}$,$cm^4$** | **$W_{sys}$,$cm^3$** |
| 800×10 | 248,19 | 194,83 | 193647 | 4841 | 0,98 | 227,56 | 197599 | 4940 |
| 900×10 | 279,60 | 219,49 | 276876 | 6153 | 1,08 | 229,32 | 256367 | 5697 |
| 1000×10 | 311,02 | 244,15 | 381074 | 7621 | 1,18 | 230,79 | 322944 | 6458 |
| 813×10 | 252,27 | 198,03 | 203364 | 5003 | 0,99 | 227,80 | 204798 | 5038 |
| 813×12 | 301,97 | 237,05 | 242235 | 5959 | 0,99 | 267,10 | 243943 | 6001 |
| 813×12,2 | 314,36 | 246,77 | 251860 | 6196 | 0,99 | 276,89 | 253635 | 6240 |
| 914×10 | 284,00 | 222,94 | 290147 | 6349 | 1,09 | 229,54 | 265217 | 5803 |
| 914×12 | 340,05 | 266,94 | 345890 | 7569 | 1,09 | 269,76 | 316170 | 6919 |
| 914×12,2 | 354,02 | 277,90 | 359708 | 7871 | 1,09 | 279,78 | 328801 | 7195 |
| 1016×10 | 316,04 | 248,09 | 399850 | 7871 | 1,20 | 230,99 | 334323 | 6581 |
| 1016×12 | 378,50 | 297,12 | 476985 | 9389 | 1,20 | 271,99 | 398817 | 7850 |
| 1016×12,5 | 394,07 | 309,35 | 496123 | 9766 | 1,20 | 282,21 | 414819 | 8166 |
| 1016×16 | 502,65 | 394,58 | 628479 | 12372 | 1,20 | 353,48 | 525484 | 10344 |
| 1016×20 | 625,81 | 491,26 | 776324 | 15282 | 1,20 | 434,31 | 649100 | 12778 |
| 1067×12 | 397,73 | 312,21 | 553420 | 10373 | 1,25 | 272,97 | 443801 | 8318 |
| 1067×12,5 | 414,10 | 325,07 | 575666 | 10790 | 1,25 | 283,28 | 461641 | 8653 |
| 1067×16 | 528,29 | 414,71 | 729606 | 13676 | 1,25 | 355,16 | 585089 | 10967 |
| 1067×20 | 657,85 | 516,41 | 901755 | 16903 | 1,25 | 436,72 | 723140 | 13555 |
| 1068×12 | 398,10 | 312,51 | 554995 | 10393 | 1,25 | 272,99 | 444708 | 8328 |
| 1068×12,5 | 414,49 | 325,38 | 577305 | 10811 | 1,25 | 283,30 | 462584 | 8663 |
| 1068×16 | 528,79 | 415,10 | 731691 | 13702 | 1,25 | 355,19 | 586291 | 10979 |
| 1068×20 | 658,48 | 516,91 | 904340 | 16935 | 1,25 | 436,77 | 724631 | 13570 |
| 1219×12 | 455,03 | 357,20 | 828716 | 13597 | 1,40 | 275,47 | 592363 | 9719 |
| 1219×12,5 | 473,79 | 371,93 | 862181 | 14146 | 1,40 | 286,00 | 616284 | 10112 |
| 1219×16 | 604,69 | 474,68 | 1094091 | 17951 | 1,40 | 359,44 | 782052 | 12831 |
| 1219×20 | 753,35 | 591,38 | 1354155 | 22217 | 1,40 | 442,86 | 967945 | 15881 |

Таблиця 9.2.6 Характеристики ШТЗ з використанням труб згідно ДСТУ EN 10219-2:2009 та конекторів MF180 b

| **Характеристики труб** | | | | | **Комбінація з конектором MF180 b** | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Труба** | **Площа перерізу** | **Маса 1м, кг** | **Момент інерції** | **Момент опору** | **Ширина комбінації** | **Маса 1м2, кг** | **Момент інерції** | **Момент опору** |
| **D × t** | **A,$cm^2$** | **G** | **I, $cm^4$** | **W, $cm^3$** | **$b_{sys}$, m** | **G97%** | **$I_{sys}$,$cm^4$** | **$W_{sys}$,$cm^3$** |
| 800x10 | 248,19 | 194,83 | 193647 | 4841 | 0,98 | 226,70 | 197599 | 4940 |
| 900x10 | 279,60 | 219,49 | 276876 | 6153 | 1,08 | 228,54 | 256367 | 5697 |
| 1000x10 | 311,02 | 244,15 | 381074 | 7621 | 1,18 | 230,07 | 322944 | 6458 |
| 813×10 | 252,27 | 198,03 | 203364 | 5003 | 0,99 | 226,95 | 204798 | 5038 |
| 813×12 | 301,97 | 237,05 | 242235 | 5959 | 0,99 | 266,25 | 243943 | 6001 |
| 813×12,2 | 314,36 | 246,77 | 251860 | 6196 | 0,99 | 276,04 | 253635 | 6240 |
| 914×10 | 284,00 | 222,94 | 290147 | 6349 | 1,09 | 228,77 | 265217 | 5803 |
| 914×12 | 340,05 | 266,94 | 345890 | 7569 | 1,09 | 268,99 | 316170 | 6919 |
| 914×12,2 | 354,02 | 277,90 | 359708 | 7871 | 1,09 | 279,01 | 328801 | 7195 |
| 1016×10 | 316,04 | 248,09 | 399850 | 7871 | 1,20 | 230,29 | 334323 | 6581 |
| 1016×12 | 378,50 | 297,12 | 476985 | 9389 | 1,20 | 271,28 | 398817 | 7850 |
| 1016×12,5 | 394,07 | 309,35 | 496123 | 9766 | 1,20 | 281,51 | 414819 | 8166 |
| 1016×16 | 502,65 | 394,58 | 628479 | 12372 | 1,20 | 352,77 | 525484 | 10344 |
| 1016×20 | 625,81 | 491,26 | 776324 | 15282 | 1,20 | 433,61 | 649100 | 12778 |
| 1067×12 | 397,73 | 312,21 | 553420 | 10373 | 1,25 | 272,29 | 443801 | 8318 |
| 1067×12,5 | 414,10 | 325,07 | 575666 | 10790 | 1,25 | 282,60 | 461641 | 8653 |
| 1067×16 | 528,29 | 414,71 | 729606 | 13676 | 1,25 | 354,49 | 585089 | 10967 |
| 1067×20 | 657,85 | 516,41 | 901755 | 16903 | 1,25 | 436,04 | 723140 | 13555 |
| 1068×12 | 398,10 | 312,51 | 554995 | 10393 | 1,25 | 272,31 | 444708 | 8328 |
| 1068×12,5 | 414,49 | 325,38 | 577305 | 10811 | 1,25 | 282,62 | 462584 | 8663 |
| 1068×16 | 528,79 | 415,10 | 731691 | 13702 | 1,25 | 354,51 | 586291 | 10979 |
| 1068×20 | 658,48 | 516,91 | 904340 | 16935 | 1,25 | 436,09 | 724631 | 13570 |
| 1219×12 | 455,03 | 357,20 | 828716 | 13597 | 1,40 | 274,86 | 592363 | 9719 |
| 1219×12,5 | 473,79 | 371,93 | 862181 | 14146 | 1,40 | 285,39 | 616284 | 10112 |
| 1219×16 | 604,69 | 474,68 | 1094091 | 17951 | 1,40 | 358,84 | 782052 | 12831 |
| 1219×20 | 753,35 | 591,38 | 1354155 | 22217 | 1,40 | 442,25 | 967945 | 15881 |

Таблиця 9.2.7 Характеристики ШТЗ з використанням труб згідно ДСТУ EN 10219-2:2009 та конекторів MF230

| **Характеристики труб** | | | | | **Комбінація з конектором MF230** | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Труба** | **Площа перерізу** | **Маса 1м, кг** | **Момент інерції** | **Момент опору** | **Ширина комбінації** | **Маса 1м2, кг** | **Момент інерції** | **Момент опору** |
| **D × t** | **A,$cm^2$** | **G** | **I, $cm^4$** | **W, $cm^3$** | **$b_{sys}$, m** | **G97%** | **$I_{sys}$,$cm^4$** | **$W_{sys}$,$cm^3$** |
| 800x10 | 248,19 | 194,83 | 193647 | 4841 | 1,03 | 220,41 | 188007 | 4700 |
| 900x10 | 279,60 | 219,49 | 276876 | 6153 | 1,13 | 222,73 | 245023 | 5445 |
| 1000x10 | 311,02 | 244,15 | 381074 | 7621 | 1,23 | 224,67 | 309816 | 6196 |
| 813×10 | 252,27 | 198,03 | 203364 | 5003 | 1,04 | 220,73 | 194980 | 4797 |
| 813×12 | 301,97 | 237,05 | 242235 | 5959 | 1,04 | 258,14 | 232248 | 5713 |
| 813×12,2 | 314,36 | 246,77 | 251860 | 6196 | 1,04 | 267,46 | 241477 | 5941 |
| 914×10 | 284,00 | 222,94 | 290147 | 6349 | 1,14 | 223,02 | 253625 | 5550 |
| 914×12 | 340,05 | 266,94 | 345890 | 7569 | 1,14 | 261,48 | 302351 | 6616 |
| 914×12,2 | 354,02 | 277,90 | 359708 | 7871 | 1,14 | 271,06 | 314430 | 6880 |
| 1016×10 | 316,04 | 248,09 | 399850 | 7871 | 1,25 | 224,95 | 320907 | 6317 |
| 1016×12 | 378,50 | 297,12 | 476985 | 9389 | 1,25 | 264,30 | 382813 | 7535 |
| 1016×12,5 | 394,07 | 309,35 | 496123 | 9766 | 1,25 | 274,11 | 398173 | 7838 |
| 1016×16 | 502,65 | 394,58 | 628479 | 12372 | 1,25 | 342,52 | 504397 | 9929 |
| 1016×20 | 625,81 | 491,26 | 776324 | 15282 | 1,25 | 420,11 | 623053 | 12265 |
| 1067×12 | 397,73 | 312,21 | 553420 | 10373 | 1,30 | 265,54 | 426692 | 7998 |
| 1067×12,5 | 414,10 | 325,07 | 575666 | 10790 | 1,30 | 275,45 | 443844 | 8319 |
| 1067×16 | 528,29 | 414,71 | 729606 | 13676 | 1,30 | 344,57 | 562534 | 10544 |
| 1067×20 | 657,85 | 516,41 | 901755 | 16903 | 1,30 | 422,98 | 695262 | 13032 |
| 1068×12 | 398,10 | 312,51 | 554995 | 10393 | 1,30 | 265,57 | 427577 | 8007 |
| 1068×12,5 | 414,49 | 325,38 | 577305 | 10811 | 1,30 | 275,48 | 444765 | 8329 |
| 1068×16 | 528,79 | 415,10 | 731691 | 13702 | 1,30 | 344,60 | 563706 | 10556 |
| 1068×20 | 658,48 | 516,91 | 904340 | 16935 | 1,30 | 423,04 | 696718 | 13047 |
| 1219×12 | 455,03 | 357,20 | 828716 | 13597 | 1,45 | 268,73 | 571923 | 9384 |
| 1219×12,5 | 473,79 | 371,93 | 862181 | 14146 | 1,45 | 278,90 | 595018 | 9763 |
| 1219×16 | 604,69 | 474,68 | 1094091 | 17951 | 1,45 | 349,81 | 755066 | 12389 |
| 1219×20 | 753,35 | 591,38 | 1354155 | 22217 | 1,45 | 430,35 | 934545 | 15333 |

## 9.3 Додаток 3. Характеристики ШТЗ з використанням труб згідно EN

В даному додатку наведені таблиці 9.3.1…9.3.7 характеристик ШТЗ з даними для використання конекторів MF63, MF75, MF100, MF130, MF180a, MF180 b, MF 230

Таблиця 9.3.1 Характеристики ШТЗ з використанням труб згідно EN та конекторів MF63

| **Характеристики труб** | | | | | **Комбінація з конектором MF63** | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Труба** | **Площа перерізу** | **Маса 1м, кг** | **Момент інерції** | **Момент опору** | **Ширина комбінації** | **Маса 1м2, кг** | **Момент інерції** | **Момент опору** |
| **D × t** | **A,$cm^2$** | **G** | **I, $cm^4$** | **W, $cm^3$** | **$b_{sys}$, m** | **G97%** | **$I_{sys}$,$cm^4$** | **$W_{sys}$,$cm^3$** |
| 800×10 | 248,19 | 194,8 | 193647 | 4841 | 0,86 | 243,14 | 224388 | 5610 |
| 800×12 | 297,07 | 233,2 | 230632 | 5766 | 0,86 | 287,60 | 267244 | 6681 |
| 900×10 | 279,60 | 219,5 | 276876 | 6153 | 0,96 | 243,50 | 287514 | 6389 |
| 900×12 | 334,77 | 262,8 | 330034 | 7334 | 0,96 | 288,46 | 342714 | 7616 |
| 1000×10 | 311,02 | 244,2 | 381074 | 7621 | 1,06 | 243,79 | 358489 | 7169 |
| 1000×12 | 372,47 | 292,4 | 454544 | 9091 | 1,06 | 289,17 | 427605 | 8552 |
| 1100×13 | 443,94 | 348,5 | 655774 | 11923 | 1,16 | 312,54 | 563864 | 10252 |
| 1200×13 | 484,78 | 380,6 | 853901 | 14232 | 1,26 | 313,18 | 676089 | 11268 |
| 1200×14 | 521,63 | 409,5 | 917281 | 15288 | 1,26 | 336,09 | 726272 | 12105 |
| 1300×15 | 605,54 | 475,4 | 1250028 | 19231 | 1,36 | 359,76 | 917115 | 14109 |
| 1400×16 | 695,67 | 546,1 | 1665889 | 23798 | 1,46 | 383,52 | 1138680 | 16267 |
| 1500×17 | 792,03 | 621,7 | 2177656 | 29035 | 1,56 | 407,38 | 1393254 | 18576 |
| 1600×18 | 894,60 | 702,3 | 2799033 | 34988 | 1,66 | 431,30 | 1683123 | 21039 |
| 1700×19 | 1003,39 | 787,7 | 3544640 | 41702 | 1,76 | 455,28 | 2010573 | 23654 |
| 1800×20 | 1118,41 | 878,0 | 4430010 | 49222 | 1,86 | 479,31 | 2377890 | 26421 |
| 1900×21 | 1239,64 | 973,1 | 5471593 | 57596 | 1,96 | 503,37 | 2787363 | 29341 |
| 2000×22 | 1367,10 | 1073,2 | 6686751 | 66868 | 2,06 | 527,47 | 3241275 | 32413 |
| 2100×23 | 1500,77 | 1178,1 | 8093763 | 77083 | 2,16 | 551,59 | 3741915 | 35637 |
| 2200×24 | 1640,67 | 1287,9 | 9711820 | 88289 | 2,26 | 575,75 | 4291569 | 39014 |
| 2300×25 | 1786,78 | 1402,6 | 11561030 | 100531 | 2,36 | 599,92 | 4892522 | 42544 |
| 2400×25 | 1865,32 | 1464,3 | 13153425 | 109612 | 2,46 | 600,60 | 5340408 | 44503 |
| 2500×25 | 1943,86 | 1525,9 | 14885719 | 119086 | 2,56 | 601,22 | 5807928 | 46464 |
| 2500×26 | 2020,80 | 1586,3 | 15462520 | 123700 | 2,56 | 624,79 | 6032977 | 48264 |

Таблиця 9.3.2 Характеристики ШТЗ з використанням труб згідно EN та конекторів MF75

| **Характеристики труб** | | | | | **Комбінація з конектором MF75** | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Труба** | **Площа перерізу** | **Маса 1м, кг** | **Момент інерції** | **Момент опору** | **Ширина комбінації** | **Маса 1м2, кг** | **Момент інерції** | **Момент опору** |
| **D × t** | **A,cm2** | **G** | **I, cm4** | **W, cm3** | **$b_{sys}$, m** | **G97%** | **$I_{sys}$,cm$^4$** | **$W_{sys}$,cm$^3$** |
| 800×10 | 248,19 | 194,8 | 193647 | 4841 | 0,88 | 243,77 | 221311 | 5533 |
| 800×12 | 297,07 | 233,2 | 230632 | 5766 | 0,88 | 287,62 | 263579 | 6590 |
| 900×10 | 279,60 | 219,5 | 276876 | 6153 | 0,98 | 244,06 | 283975 | 6311 |
| 900×12 | 334,77 | 262,8 | 330034 | 7334 | 0,98 | 288,47 | 338496 | 7522 |
| 1000×10 | 311,02 | 244,2 | 381074 | 7621 | 1,08 | 244,30 | 354487 | 7089 |
| 1000×12 | 372,47 | 292,4 | 454544 | 9091 | 1,08 | 289,17 | 422832 | 8457 |
| 1100×13 | 443,94 | 348,5 | 655774 | 11923 | 1,18 | 312,31 | 558106 | 10147 |
| 1200×13 | 484,78 | 380,6 | 853901 | 14232 | 1,28 | 312,96 | 669726 | 11162 |
| 1200×14 | 521,63 | 409,5 | 917281 | 15288 | 1,28 | 335,65 | 719436 | 11991 |
| 1300×15 | 605,54 | 475,4 | 1250028 | 19231 | 1,38 | 359,14 | 909111 | 13986 |
| 1400×16 | 695,67 | 546,1 | 1665889 | 23798 | 1,48 | 382,76 | 1129416 | 16134 |
| 1500×17 | 792,03 | 621,7 | 2177656 | 29035 | 1,58 | 406,48 | 1382639 | 18435 |
| 1600×18 | 894,60 | 702,3 | 2799033 | 34988 | 1,68 | 430,29 | 1671064 | 20888 |
| 1700×19 | 1003,39 | 787,7 | 3544640 | 41702 | 1,78 | 454,16 | 1996980 | 23494 |
| 1800×20 | 1118,41 | 878,0 | 4430010 | 49222 | 1,88 | 478,09 | 2362672 | 26252 |
| 1900×21 | 1239,64 | 973,1 | 5471593 | 57596 | 1,98 | 502,07 | 2770427 | 29163 |
| 2000×22 | 1367,10 | 1073,2 | 6686751 | 66868 | 2,08 | 526,09 | 3222531 | 32226 |
| 2100×23 | 1500,77 | 1178,1 | 8093763 | 77083 | 2,18 | 550,15 | 3721270 | 35440 |
| 2200×24 | 1640,67 | 1287,9 | 9711820 | 88289 | 2,28 | 574,24 | 4268932 | 38808 |
| 2300×25 | 1786,78 | 1402,6 | 11561030 | 100531 | 2,38 | 598,35 | 4867802 | 42329 |
| 2400×25 | 1865,32 | 1464,3 | 13153425 | 109612 | 2,48 | 599,09 | 5314515 | 44288 |
| 2500×25 | 1943,86 | 1525,9 | 14885719 | 119086 | 2,58 | 599,77 | 5780862 | 46247 |
| 2500×26 | 2020,80 | 1586,3 | 15462520 | 123700 | 2,58 | 623,22 | 6004862 | 48039 |

Таблиця 9.3.3 Характеристики ШТЗ з використанням труб згідно EN та конекторів MF100

| **Характеристики труб** | | | | | **Комбінація з конектором MF100** | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Труба** | **Площа перерізу** | **Маса 1м, кг** | **Момент інерції** | **Момент опору** | **Ширина комбінації** | **Маса 1м2, кг** | **Момент інерції** | **Момент опору** |
| **D × t** | **A,$cm^2$** | **G** | **I, $cm^4$** | **W, $cm^3$** | **$b_{sys}$, m** | **G97%** | **$I_{sys}$,$cm^4$** | **$W_{sys}$,$cm^3$** |
| 800×10 | 248,19 | 194,8 | 193647 | 4841 | 0,90 | 239,31 | 215163 | 5379 |
| 800×12 | 297,07 | 233,2 | 230632 | 5766 | 0,90 | 281,94 | 256258 | 6407 |
| 900×10 | 279,60 | 219,5 | 276876 | 6153 | 1,00 | 240,03 | 276876 | 6153 |
| 900×12 | 334,77 | 262,8 | 330034 | 7334 | 1,00 | 283,33 | 330034 | 7334 |
| 1000×10 | 311,02 | 244,2 | 381074 | 7621 | 1,10 | 240,63 | 346431 | 6928 |
| 1000×12 | 372,47 | 292,4 | 454544 | 9091 | 1,10 | 284,49 | 413222 | 8265 |
| 1100×13 | 443,94 | 348,5 | 655774 | 11923 | 1,20 | 307,53 | 546478 | 9936 |
| 1200×13 | 484,78 | 380,6 | 853901 | 14232 | 1,30 | 308,53 | 656847 | 10948 |
| 1200×14 | 521,63 | 409,5 | 917281 | 15288 | 1,30 | 330,79 | 705601 | 11760 |
| 1300×15 | 605,54 | 475,4 | 1250028 | 19231 | 1,40 | 354,21 | 892877 | 13736 |
| 1400×16 | 695,67 | 546,1 | 1665889 | 23798 | 1,50 | 377,76 | 1110593 | 15865 |
| 1500×17 | 792,03 | 621,7 | 2177656 | 29035 | 1,60 | 401,43 | 1361035 | 18147 |
| 1600×18 | 894,60 | 702,3 | 2799033 | 34988 | 1,70 | 425,18 | 1646490 | 20581 |
| 1700×19 | 1003,39 | 787,7 | 3544640 | 41702 | 1,80 | 449,00 | 1969244 | 23168 |
| 1800×20 | 1118,41 | 878,0 | 4430010 | 49222 | 1,90 | 472,89 | 2331584 | 25906 |
| 1900×21 | 1239,64 | 973,1 | 5471593 | 57596 | 2,00 | 496,83 | 2735797 | 28798 |
| 2000×22 | 1367,10 | 1073,2 | 6686751 | 66868 | 2,10 | 520,82 | 3184167 | 31842 |
| 2100×23 | 1500,77 | 1178,1 | 8093763 | 77083 | 2,20 | 544,84 | 3678983 | 35038 |
| 2200×24 | 1640,67 | 1287,9 | 9711820 | 88289 | 2,30 | 568,90 | 4222530 | 38387 |
| 2300×25 | 1786,78 | 1402,6 | 11561030 | 100531 | 2,40 | 592,99 | 4817096 | 41888 |
| 2400×25 | 1865,32 | 1464,3 | 13153425 | 109612 | 2,50 | 593,93 | 5261370 | 43845 |
| 2500×25 | 1943,86 | 1525,9 | 14885719 | 119086 | 2,60 | 594,80 | 5725277 | 45802 |
| 2500×26 | 2020,80 | 1586,3 | 15462520 | 123700 | 2,60 | 618,03 | 5947123 | 47577 |

Таблиця 9.3.4 аракеристики ШТЗ з використанням труб згідно EN та конекторів MF130

| **Характеристики труб** | | | | | **Комбінація з конектором MF130** | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Труба** | **Площа перерізу** | **Маса 1м, кг** | **Момент інерції** | **Момент опору** | **Ширина комбінації** | **Маса 1м2, кг** | **Момент інерції** | **Момент опору** |
| **D × t** | **A,cm$^2$** | **G** | **I, cm$^4$** | **W, cm$^3$** | **$b_{sys}$, m** | **G97%** | **$I_{sys}$,cm$^4$** | **$W_{sys}$,cm$^3$** |
| 800×10 | 248,19 | 194,8 | 193647 | 4841 | 0,93 | 234,57 | 208223 | 5205 |
| 800×12 | 297,07 | 233,2 | 230632 | 5766 | 0,93 | 275,83 | 247991 | 6200 |
| 900×10 | 279,60 | 219,5 | 276876 | 6153 | 1,03 | 235,74 | 268812 | 5974 |
| 900×12 | 334,77 | 262,8 | 330034 | 7334 | 1,03 | 277,78 | 320421 | 7120 |
| 1000×10 | 311,02 | 244,2 | 381074 | 7621 | 1,13 | 236,70 | 337234 | 6744 |
| 1000×12 | 372,47 | 292,4 | 454544 | 9091 | 1,13 | 279,39 | 402251 | 8045 |
| 1100×13 | 443,94 | 348,5 | 655774 | 11923 | 1,23 | 302,28 | 533150 | 9693 |
| 1200×13 | 484,78 | 380,6 | 853901 | 14232 | 1,33 | 303,66 | 642031 | 10701 |
| 1200×14 | 521,63 | 409,5 | 917281 | 15288 | 1,33 | 325,41 | 689685 | 11495 |
| 1300×15 | 605,54 | 475,4 | 1250028 | 19231 | 1,43 | 348,72 | 874145 | 13448 |
| 1400×16 | 695,67 | 546,1 | 1665889 | 23798 | 1,53 | 372,17 | 1088816 | 15554 |
| 1500×17 | 792,03 | 621,7 | 2177656 | 29035 | 1,63 | 395,74 | 1335985 | 17813 |
| 1600×18 | 894,60 | 702,3 | 2799033 | 34988 | 1,73 | 419,41 | 1617938 | 20224 |
| 1700×19 | 1003,39 | 787,7 | 3544640 | 41702 | 1,83 | 443,16 | 1936962 | 22788 |
| 1800×20 | 1118,41 | 878,0 | 4430010 | 49222 | 1,93 | 466,98 | 2295342 | 25504 |
| 1900×21 | 1239,64 | 973,1 | 5471593 | 57596 | 2,03 | 490,86 | 2695366 | 28372 |
| 2000×22 | 1367,10 | 1073,2 | 6686751 | 66868 | 2,13 | 514,78 | 3139320 | 31393 |
| 2100×23 | 1500,77 | 1178,1 | 8093763 | 77083 | 2,23 | 538,75 | 3629490 | 34566 |
| 2200×24 | 1640,67 | 1287,9 | 9711820 | 88289 | 2,33 | 562,76 | 4168163 | 37892 |
| 2300×25 | 1786,78 | 1402,6 | 11561030 | 100531 | 2,43 | 586,81 | 4757626 | 41371 |
| 2400×25 | 1865,32 | 1464,3 | 13153425 | 109612 | 2,53 | 587,98 | 5198982 | 43325 |
| 2500×25 | 1943,86 | 1525,9 | 14885719 | 119086 | 2,63 | 589,07 | 5659969 | 45280 |
| 2500×26 | 2020,80 | 1586,3 | 15462520 | 123700 | 2,63 | 612,03 | 5879285 | 47034 |

Таблиця 9.3.5 Характеристики ШТЗ з використанням труб згідно EN та конекторів MF180a

| **Характеристики труб** | | | | | **Комбінація з конектором MF180a** | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Труба** | **Площа перерізу** | **Маса 1м, кг** | **Момент інерції** | **Момент опору** | **Ширина комбінації** | **Маса 1м2, кг** | **Момент інерції** | **Момент опору** |
| **D × t** | **A,$cm^2$** | **G** | **I, $cm^4$** | **W, $cm^3$** | **$b_{sys}$,m** | **G97%** | **$I_{sys}$,$cm^4$** | **$W_{sys}$,$cm^3$** |
| 800×10 | 248,19 | 194,8 | 193647 | 4841 | 0,98 | 227,56 | 197599 | 4940 |
| 800×12 | 297,07 | 233,2 | 230632 | 5766 | 0,98 | 266,71 | 235339 | 5884 |
| 900×10 | 279,60 | 219,5 | 276876 | 6153 | 1,08 | 229,32 | 256367 | 5697 |
| 900×12 | 334,77 | 262,8 | 330034 | 7334 | 1,08 | 269,42 | 305587 | 6791 |
| 1000×10 | 311,02 | 244,2 | 381074 | 7621 | 1,18 | 230,79 | 322944 | 6458 |
| 1000×12 | 372,47 | 292,4 | 454544 | 9091 | 1,18 | 271,67 | 385207 | 7704 |
| 1100×13 | 443,94 | 348,5 | 655774 | 11923 | 1,28 | 294,27 | 512323 | 9315 |
| 1200×13 | 484,78 | 380,6 | 853901 | 14232 | 1,38 | 296,18 | 618769 | 10313 |
| 1200×14 | 521,63 | 409,5 | 917281 | 15288 | 1,38 | 317,14 | 664696 | 11078 |
| 1300×15 | 605,54 | 475,4 | 1250028 | 19231 | 1,48 | 340,22 | 844614 | 12994 |
| 1400×16 | 695,67 | 546,1 | 1665889 | 23798 | 1,58 | 363,47 | 1054360 | 15062 |
| 1500×17 | 792,03 | 621,7 | 2177656 | 29035 | 1,68 | 386,86 | 1296224 | 17283 |
| 1600×18 | 894,60 | 702,3 | 2799033 | 34988 | 1,78 | 410,36 | 1572490 | 19656 |
| 1700×19 | 1003,39 | 787,7 | 3544640 | 41702 | 1,88 | 433,96 | 1885447 | 22182 |
| 1800×20 | 1118,41 | 878,0 | 4430010 | 49222 | 1,98 | 457,64 | 2237379 | 24860 |
| 1900×21 | 1239,64 | 973,1 | 5471593 | 57596 | 2,08 | 481,39 | 2630574 | 27690 |
| 2000×22 | 1367,10 | 1073,2 | 6686751 | 66868 | 2,18 | 505,21 | 3067317 | 30673 |
| 2100×23 | 1500,77 | 1178,1 | 8093763 | 77083 | 2,28 | 529,07 | 3549896 | 33808 |
| 2200×24 | 1640,67 | 1287,9 | 9711820 | 88289 | 2,38 | 552,98 | 4080597 | 37096 |
| 2300×25 | 1786,78 | 1402,6 | 11561030 | 100531 | 2,48 | 576,93 | 4661706 | 40537 |
| 2400×25 | 1865,32 | 1464,3 | 13153425 | 109612 | 2,58 | 578,47 | 5098227 | 42485 |
| 2500×25 | 1943,86 | 1525,9 | 14885719 | 119086 | 2,68 | 579,89 | 5554373 | 44435 |
| 2500×26 | 2020,80 | 1586,3 | 15462520 | 123700 | 2,68 | 602,43 | 5769597 | 46157 |

Таблиця 9.3.6 Характеристики ШТЗ з використанням труб згідно EN та конекторів MF180b

| **Характеристики труб** | | | | | **Комбінація з конектором MF180 b** | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Труба** | **Площа перерізу** | **Маса 1м, кг** | **Момент інерції** | **Момент опору** | **Ширина комбінації** | **Маса 1м2, кг** | **Момент інерції** | **Момент опору** |
| **D × t** | **A,$cm^2$** | **G** | **I, $cm^4$** | **W, $cm^3$** | **$b_{sys}$,m** | **G97%** | **$I_{sys}$,$cm^4$** | **$W_{sys}$,$cm^3$** |
| 800×10 | 248,19 | 194,8 | 193647 | 4841 | 0,98 | 226,70 | 197599 | 4940 |
| 800×12 | 297,07 | 233,2 | 230632 | 5766 | 0,98 | 265,85 | 235339 | 5884 |
| 900×10 | 279,60 | 219,5 | 276876 | 6153 | 1,08 | 228,54 | 256367 | 5697 |
| 900×12 | 334,77 | 262,8 | 330034 | 7334 | 1,08 | 268,63 | 305587 | 6791 |
| 1000×10 | 311,02 | 244,2 | 381074 | 7621 | 1,18 | 230,07 | 322944 | 6458 |
| 1000×12 | 372,47 | 292,4 | 454544 | 9091 | 1,18 | 270,95 | 385207 | 7704 |
| 1100×13 | 443,94 | 348,5 | 655774 | 11923 | 1,28 | 293,61 | 512323 | 9315 |
| 1200×13 | 484,78 | 380,6 | 853901 | 14232 | 1,38 | 295,57 | 618769 | 10313 |
| 1200×14 | 521,63 | 409,5 | 917281 | 15288 | 1,38 | 316,53 | 664696 | 11078 |
| 1300×15 | 605,54 | 475,4 | 1250028 | 19231 | 1,48 | 339,65 | 844614 | 12994 |
| 1400×16 | 695,67 | 546,1 | 1665889 | 23798 | 1,58 | 362,93 | 1054360 | 15062 |
| 1500×17 | 792,03 | 621,7 | 2177656 | 29035 | 1,68 | 386,35 | 1296224 | 17283 |
| 1600×18 | 894,60 | 702,3 | 2799033 | 34988 | 1,78 | 409,88 | 1572490 | 19656 |
| 1700×19 | 1003,39 | 787,7 | 3544640 | 41702 | 1,88 | 433,51 | 1885447 | 22182 |
| 1800×20 | 1118,41 | 878,0 | 4430010 | 49222 | 1,98 | 457,21 | 2237379 | 24860 |
| 1900×21 | 1239,64 | 973,1 | 5471593 | 57596 | 2,08 | 480,99 | 2630574 | 27690 |
| 2000×22 | 1367,10 | 1073,2 | 6686751 | 66868 | 2,18 | 504,82 | 3067317 | 30673 |
| 2100×23 | 1500,77 | 1178,1 | 8093763 | 77083 | 2,28 | 528,70 | 3549896 | 33808 |
| 2200×24 | 1640,67 | 1287,9 | 9711820 | 88289 | 2,38 | 552,63 | 4080597 | 37096 |
| 2300×25 | 1786,78 | 1402,6 | 11561030 | 100531 | 2,48 | 576,59 | 4661706 | 40537 |
| 2400×25 | 1865,32 | 1464,3 | 13153425 | 109612 | 2,58 | 578,15 | 5098227 | 42485 |
| 2500×25 | 1943,86 | 1525,9 | 14885719 | 119086 | 2,68 | 579,58 | 5554373 | 44435 |
| 2500×26 | 2020,80 | 1586,3 | 15462520 | 123700 | 2,68 | 602,11 | 5769597 | 46157 |

Таблиця 9.3.7 Характеристики ШТЗ з використанням труб згідно EN та конекторів MF230

| **Характеристики труб** | | | | | **Комбінація з конектором MF230** | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Труба** | **Площа перерізу** | **Маса 1м, кг** | **Момент інерції** | **Момент опору** | **Ширина комбінації** | **Маса 1м2, кг** | **Момент інерції** | **Момент опору** |
| **D × t** | **A,cm$^2$** | **G** | **I, cm$^4$** | **W, cm$^3$** | **b $_{sys}$, m** | **G97%** | **I$_{sys}$,cm$^4$** | **W$_{sys}$,cm$^3$** |
| 800×10 | 248,19 | 194,8 | 193647 | 4841 | 1,03 | 220,41 | 188007 | 4700 |
| 800×12 | 297,07 | 233,2 | 230632 | 5766 | 1,03 | 257,66 | 223915 | 5598 |
| 900×10 | 279,60 | 219,5 | 276876 | 6153 | 1,13 | 222,73 | 245023 | 5445 |
| 900×12 | 334,77 | 262,8 | 330034 | 7334 | 1,13 | 261,05 | 292065 | 6490 |
| 1000×10 | 311,02 | 244,2 | 381074 | 7621 | 1,23 | 224,67 | 309816 | 6196 |
| 1000×12 | 372,47 | 292,4 | 454544 | 9091 | 1,23 | 263,89 | 369548 | 7391 |
| 1100×13 | 443,94 | 348,5 | 655774 | 11923 | 1,33 | 286,23 | 493063 | 8965 |
| 1200×13 | 484,78 | 380,6 | 853901 | 14232 | 1,43 | 288,63 | 597134 | 9952 |
| 1200×14 | 521,63 | 409,5 | 917281 | 15288 | 1,43 | 308,86 | 641455 | 10691 |
| 1300×15 | 605,54 | 475,4 | 1250028 | 19231 | 1,53 | 331,73 | 817012 | 12569 |
| 1400×16 | 695,67 | 546,1 | 1665889 | 23798 | 1,63 | 354,78 | 1022018 | 14600 |
| 1500×17 | 792,03 | 621,7 | 2177656 | 29035 | 1,73 | 378,00 | 1258761 | 16783 |
| 1600×18 | 894,60 | 702,3 | 2799033 | 34988 | 1,83 | 401,34 | 1529526 | 19119 |
| 1700×19 | 1003,39 | 787,7 | 3544640 | 41702 | 1,93 | 424,79 | 1836601 | 21607 |
| 1800×20 | 1118,41 | 878,0 | 4430010 | 49222 | 2,03 | 448,35 | 2182271 | 24247 |
| 1900×21 | 1239,64 | 973,1 | 5471593 | 57596 | 2,13 | 471,98 | 2568823 | 27040 |
| 2000×22 | 1367,10 | 1073,2 | 6686751 | 66868 | 2,23 | 495,68 | 2998543 | 29986 |
| 2100×23 | 1500,77 | 1178,1 | 8093763 | 77083 | 2,33 | 519,44 | 3473718 | 33083 |
| 2200×24 | 1640,67 | 1287,9 | 9711820 | 88289 | 2,43 | 543,26 | 3996634 | 36333 |
| 2300×25 | 1786,78 | 1402,6 | 11561030 | 100531 | 2,53 | 567,12 | 4569577 | 39736 |
| 2400×25 | 1865,32 | 1464,3 | 13153425 | 109612 | 2,63 | 569,00 | 5001302 | 41678 |
| 2500×25 | 1943,86 | 1525,9 | 14885719 | 119086 | 2,73 | 570,74 | 5452644 | 43621 |
| 2500×26 | 2020,80 | 1586,3 | 15462520 | 123700 | 2,73 | 592,87 | 5663927 | 45311 |

## 9.4 Додаток 4. Характеристики ШТЗ з використанням труб згідно EN для технології DTH

Таблиця 9.4.1 Дані з використанням конектора MF64

| Характеристики труб | | | | | Комбінація з конектором MF64 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Труба** | **Площа перерізу** | **Маса 1м, кг** | **Момент інерції** | **Момент опору** | **Ширина комбінації** | **Маса 1м2, кг** | **Момент інерції** | **Момент опору** |
| **D × t** | **A,$cm^2$** | **G** | **I, $cm^4$** | **W, $cm^3$** | **bsys,m** | **G97%** | **$I_{sys}$,$cm^4$** | **$W_{sys}$,$cm^3$** |
| 400×12 | 146,27 | 114,82 | 27552 | 1378 | 0,46 | 284,46 | 59379 | 2969 |
| 400×13 | 158,05 | 124,07 | 29623 | 1481 | 0,46 | 304,39 | 63843 | 3191 |
| 400×14 | 169,77 | 133,27 | 31661 | 1583 | 0,46 | 324,22 | 68235 | 3411 |
| 500×14 | 213,75 | 167,80 | 63162 | 2526 | 0,56 | 327,96 | 111989 | 4478 |
| 600×14 | 257,74 | 202,32 | 110695 | 3690 | 0,66 | 330,56 | 166709 | 5557 |
| 700×14 | 301,72 | 236,85 | 177558 | 5073 | 0,76 | 332,49 | 232406 | 6640 |
| 700×15 | 322,80 | 253,40 | 189422 | 5412 | 0,76 | 354,15 | 247935 | 7083 |
| 700×16 | 343,82 | 269,90 | 201180 | 5748 | 0,76 | 375,74 | 263325 | 7523 |
| 700×17 | 364,77 | 286,34 | 212833 | 6081 | 0,76 | 397,26 | 278577 | 7959 |
| 700×18 | 385,66 | 302,74 | 224382 | 6411 | 0,76 | 418,73 | 293694 | 8391 |
| 800×17 | 418,18 | 328,27 | 320626 | 8016 | 0,86 | 399,81 | 371095 | 9277 |
| 800×19 | 466,18 | 365,95 | 355651 | 8891 | 0,86 | 443,42 | 411633 | 10290 |
| 900×16 | 444,35 | 348,81 | 434189 | 9649 | 0,96 | 379,65 | 450404 | 10009 |
| 900×17 | 471,58 | 370,19 | 459782 | 10217 | 0,96 | 401,82 | 476952 | 10598 |
| 900×18 | 498,76 | 391,53 | 485198 | 10782 | 0,96 | 423,96 | 503317 | 11184 |
| 1000×18 | 555,31 | 435,92 | 669596 | 13392 | 1,06 | 425,84 | 629320 | 12586 |
| 1100×18 | 611,86 | 480,31 | 895642 | 16284 | 1,16 | 427,39 | 769452 | 13989 |
| 1100×19 | 645,25 | 506,52 | 942811 | 17142 | 1,16 | 449,90 | 809975 | 14726 |
| 1100×20 | 678,58 | 532,69 | 989715 | 17995 | 1,16 | 472,39 | 850271 | 15459 |
| 1200×18 | 668,41 | 524,70 | 1167577 | 19460 | 1,26 | 428,69 | 923716 | 15395 |
| 1200×19 | 704,94 | 553,38 | 1229350 | 20489 | 1,26 | 451,38 | 972587 | 16209 |
| 1200×20 | 741,42 | 582,01 | 1290805 | 21513 | 1,26 | 474,03 | 1021206 | 17019 |
| 1300×18 | 724,95 | 569,09 | 1489643 | 22918 | 1,36 | 429,81 | 1092114 | 16802 |
| 1300×19 | 764,63 | 600,24 | 1568760 | 24135 | 1,36 | 452,65 | 1150117 | 17694 |
| 1300×21 | 843,80 | 662,38 | 1725869 | 26552 | 1,36 | 498,20 | 1265300 | 19466 |
| 1300×22 | 883,29 | 693,38 | 1803864 | 27752 | 1,36 | 520,93 | 1322481 | 20346 |
| 1400×18 | 781,50 | 613,48 | 1866080 | 26658 | 1,46 | 430,77 | 1274645 | 18209 |
| 1400×19 | 824,32 | 647,09 | 1965517 | 28079 | 1,46 | 453,73 | 1342566 | 19179 |
| 1400×20 | 867,08 | 680,66 | 2064516 | 29493 | 1,46 | 476,66 | 1410189 | 20145 |
| 1400×21 | 909,77 | 714,17 | 2163081 | 30901 | 1,46 | 499,55 | 1477514 | 21107 |
| 1400×22 | 952,41 | 747,64 | 2261210 | 32303 | 1,46 | 522,41 | 1544542 | 22064 |
| 1500×20 | 929,91 | 729,98 | 2546562 | 33954 | 1,56 | 477,72 | 1628237 | 21709 |
| 1500×21 | 975,75 | 765,96 | 2668525 | 35580 | 1,56 | 500,72 | 1706218 | 22749 |
| 1500×22 | 1021,52 | 801,89 | 2789986 | 37200 | 1,56 | 523,70 | 1783879 | 23785 |

Таблиця 9.4.2 Дані з використанням конектора MF64-IC

| **Характеристики труб** | | | | | **Комбінація з конектором MF64-IC** | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Труба** | **Площа перерізу** | **Маса 1м, кг** | **Момент інерції** | **Момент опору** | **Ширина комбінації** | **Маса 1м2, кг** | **Момент інерції** | **Момент опору** |
| **D × t** | **A,cm$^2$** | **G** | **I, cm$^4$** | **W, cm$^3$** | **bsys,m** | **G97%** | **$I_{sys}$,cm$^4$** | **$W_{sys}$,cm$^3$** |
| 400×12 | 146,27 | 114,82 | 27552 | 1378 | 0,46 | 282,93 | 59379 | 2969 |
| 400×13 | 158,05 | 124,07 | 29623 | 1481 | 0,46 | 302,87 | 63843 | 3191 |
| 400×14 | 169,77 | 133,27 | 31661 | 1583 | 0,46 | 322,70 | 68235 | 3411 |
| 500×14 | 213,75 | 167,80 | 63162 | 2526 | 0,56 | 326,70 | 111989 | 4478 |
| 600×14 | 257,74 | 202,32 | 110695 | 3690 | 0,66 | 329,49 | 166709 | 5557 |
| 700×14 | 301,72 | 236,85 | 177558 | 5073 | 0,76 | 331,56 | 232406 | 6640 |
| 700×15 | 322,80 | 253,40 | 189422 | 5412 | 0,76 | 353,22 | 247935 | 7083 |
| 700×16 | 343,82 | 269,90 | 201180 | 5748 | 0,76 | 374,82 | 263325 | 7523 |
| 700×17 | 364,77 | 286,34 | 212833 | 6081 | 0,76 | 396,34 | 278577 | 7959 |
| 700×18 | 385,66 | 302,74 | 224382 | 6411 | 0,76 | 417,80 | 293694 | 8391 |
| 800×17 | 418,18 | 328,27 | 320626 | 8016 | 0,86 | 398,99 | 371095 | 9277 |
| 800×19 | 466,18 | 365,95 | 355651 | 8891 | 0,86 | 442,61 | 411633 | 10290 |
| 900×16 | 444,35 | 348,81 | 434189 | 9649 | 0,96 | 378,91 | 450404 | 10009 |
| 900×17 | 471,58 | 370,19 | 459782 | 10217 | 0,96 | 401,09 | 476952 | 10598 |
| 900×18 | 498,76 | 391,53 | 485198 | 10782 | 0,96 | 423,23 | 503317 | 11184 |
| 1000×18 | 555,31 | 435,92 | 669596 | 13392 | 1,06 | 425,17 | 629320 | 12586 |
| 1100×18 | 611,86 | 480,31 | 895642 | 16284 | 1,16 | 426,78 | 769452 | 13989 |
| 1100×19 | 645,25 | 506,52 | 942811 | 17142 | 1,16 | 449,30 | 809975 | 14726 |
| 1100×20 | 678,58 | 532,69 | 989715 | 17995 | 1,16 | 471,78 | 850271 | 15459 |
| 1200×18 | 668,41 | 524,70 | 1167577 | 19460 | 1,26 | 428,13 | 923716 | 15395 |
| 1200×19 | 704,94 | 553,38 | 1229350 | 20489 | 1,26 | 450,82 | 972587 | 16209 |
| 1200×20 | 741,42 | 582,01 | 1290805 | 21513 | 1,26 | 473,47 | 1021206 | 17019 |
| 1300×18 | 724,95 | 569,09 | 1489643 | 22918 | 1,36 | 429,29 | 1092114 | 16802 |
| 1300×19 | 764,63 | 600,24 | 1568760 | 24135 | 1,36 | 452,13 | 1150117 | 17694 |
| 1300×21 | 843,80 | 662,38 | 1725869 | 26552 | 1,36 | 497,68 | 1265300 | 19466 |
| 1300×22 | 883,29 | 693,38 | 1803864 | 27752 | 1,36 | 520,41 | 1322481 | 20346 |
| 1400×18 | 781,50 | 613,48 | 1866080 | 26658 | 1,46 | 430,29 | 1274645 | 18209 |
| 1400×19 | 824,32 | 647,09 | 1965517 | 28079 | 1,46 | 453,25 | 1342566 | 19179 |
| 1400×20 | 867,08 | 680,66 | 2064516 | 29493 | 1,46 | 476,18 | 1410189 | 20145 |
| 1400×21 | 909,77 | 714,17 | 2163081 | 30901 | 1,46 | 499,06 | 1477514 | 21107 |
| 1400×22 | 952,41 | 747,64 | 2261210 | 32303 | 1,46 | 521,93 | 1544542 | 22064 |
| 1500×20 | 929,91 | 729,98 | 2546562 | 33954 | 1,56 | 477,26 | 1628237 | 21709 |
| 1500×21 | 975,75 | 765,96 | 2668525 | 35580 | 1,56 | 500,27 | 1706218 | 22749 |
| 1500×22 | 1021,52 | 801,89 | 2789986 | 37200 | 1,56 | 523,24 | 1783879 | 23785 |

Умовне позначення балок в таблиці 9.5.1

БДП-UB 610 × 305 × 179-2LPB180-12c, де: БДП – тип балки – балка двотаврова гарячекатана прокатна; UB 610 × 305 × 179 марка балки згідно нормативного документа. 610 – висота балки в мм; 305 ширина балки в мм; 179 – маса погонного метру в кг.

2 або 4 кількість комплектів конекторів для однієї балки, відповідно встановлених в одному або двох її ярусах. LPB180-12– тип конектору, що використано.

При цьому 180 – відстань між суміжними балками, с тип зварювання балки та конектора (встик).

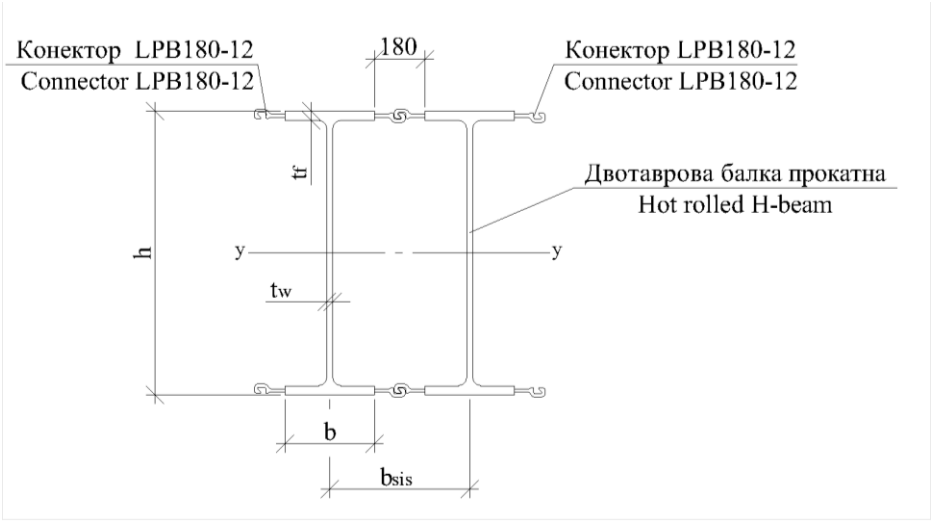



Рис. 9.5.1.1. Поперечний розріз балки БДП з використанням горячекатаного прокату за EN10034 та 4х конекторів LPB180-12

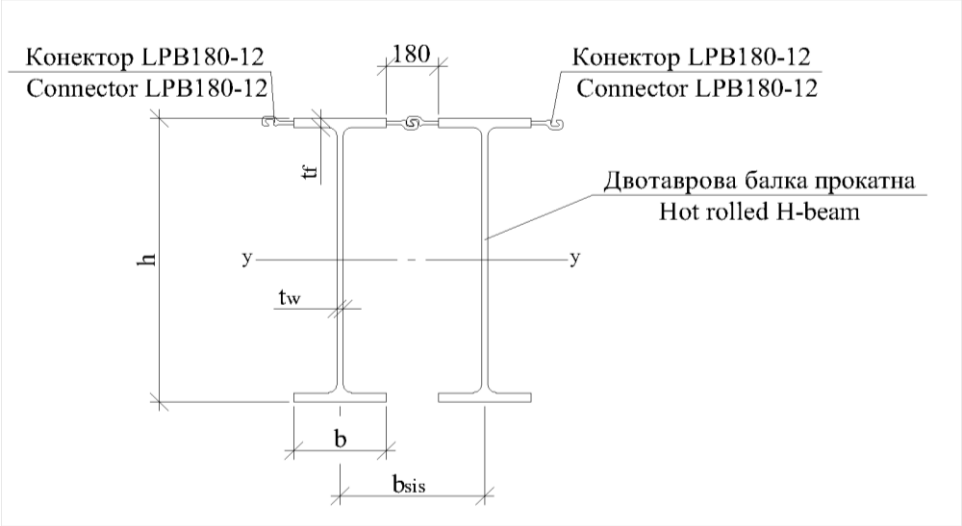



Рис. 9.5.1.2. Поперечний розріз балки БДП з використанням горячекатаного прокату за EN10034 та 2х конекторів LPB180-12

Умовне позначення балок в таблиці 9.5.2

БДП-UB 610 × 305 × 238-2LPB100-10c, де: БДП – тип балки – балка двотаврова гарячекатана прокатна; UB 610 × 305 × 238марка балки згідно нормативного документа. 610 висота балки в мм; 305 ширина балки в мм; 238 маса погонного метру в кг.

2 або 4 кількість комплектів конекторів для однієї балки, відповідно встановлених в одному або двох її ярусах. LPB100-10 тип конектору, що використано.

При цьому 100 – відстань між суміжними балками, с тип зварювання балки та конектора (встик).

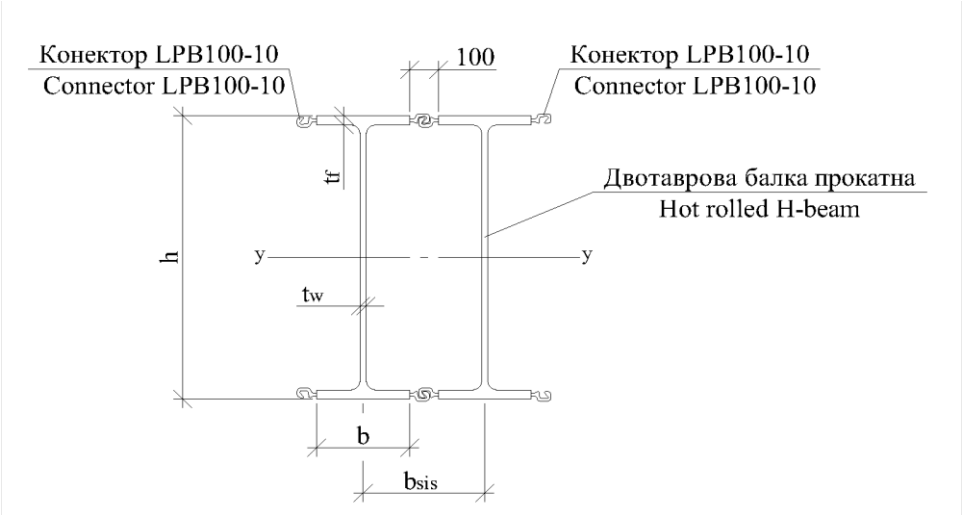



Рис. 9.5.2.1. Поперечний розріз балки БДП з використанням горячекатаного прокату за EN10034 та 4х конекторів LPB100-10

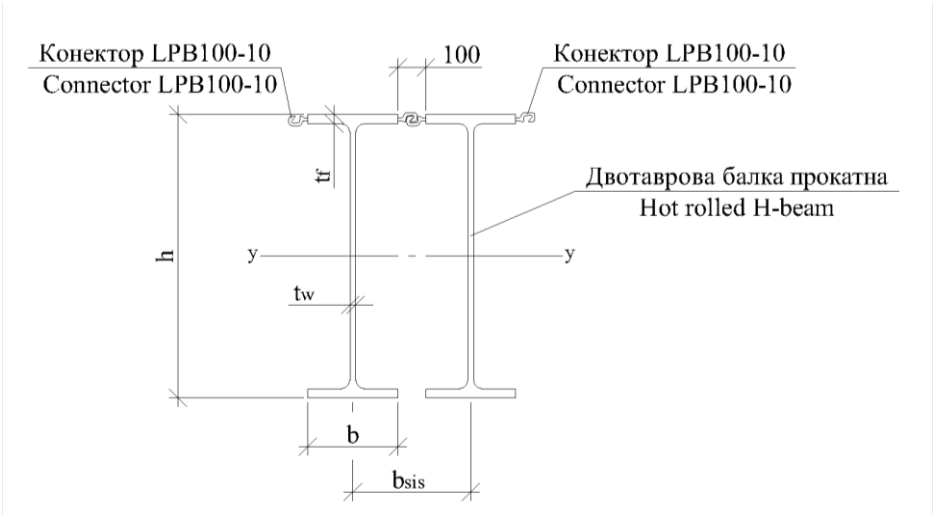



Рис. 9.5.2.2. Поперечний розріз балки БДП з використанням горячекатаного прокату за EN10034 та 2х конекторів LPB100-10

Умовне позначення балок в таблиці 9.5.3

БДП-UB 610 × 305 × 179-MF-F40/M140-180c, де: БДП – тип балки – балка двотаврова гарячекатана прокатна; UB 610 × 305 × 179марка балки згідно нормативного документа. 610 висота балки в мм; 305 ширина балки в мм; 179 маса погонного метру в кг.

1 або 2 кількість комплектів конекторів MF для однієї балки, відповідно встановлених в одному або двох її ярусах. F40/M140типи конекторів, що використано.

При цьому 180 відстань між суміжними балками, с тип зварювання балки та конектора (встик).

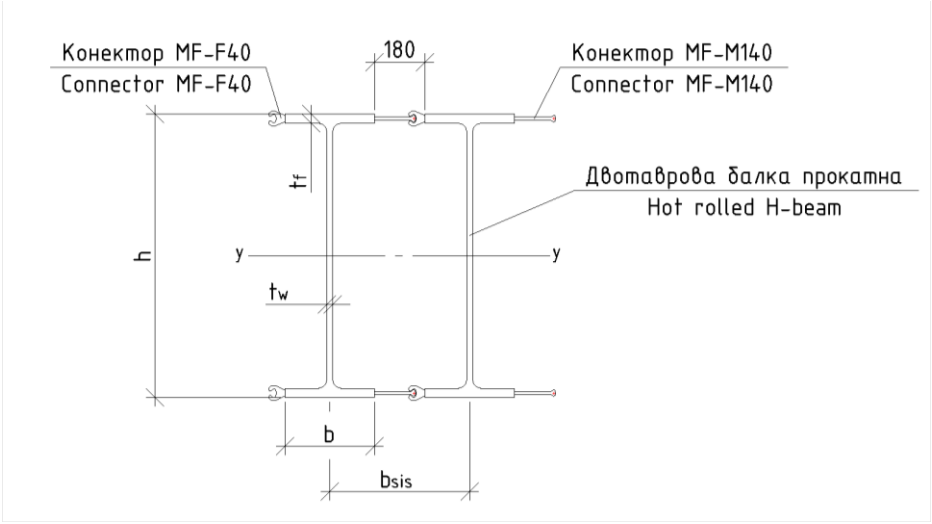



Рис. 9.5.3.1. Поперечний розріз балки БДП з використанням горячекатаного прокату за EN10034 та 2х комплектів конекторів MF-F40/M140

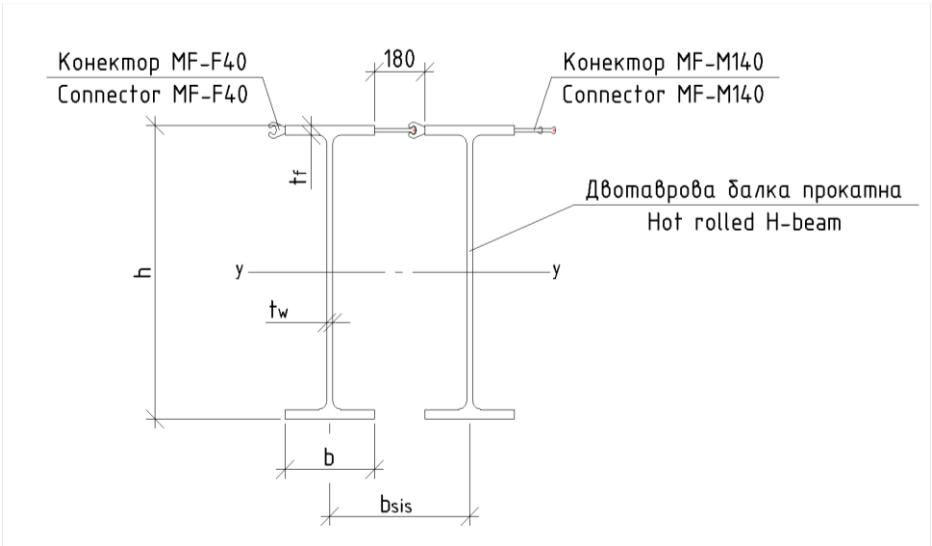



Рис. 9.5.3.2. Поперечний розріз балки БДП з використанням горячекатаного прокату за EN10034 та одного комплекту конекторів MF-F40/M140

Умовне позначення балок в таблиці 9.5.4

БДП-UB 914 × 305 × 253-MF-F90/M90-100н, де: БДП тип балки балка двотаврова гарячекатана прокатна; UB 610 × 305 × 253марка балки згідно нормативного документа. 610 висота балки в мм; 305 ширина балки в мм; 253маса погонного метру в кг.

1 або 2 кількість комплектів конекторів MF для однієї балки, відповідно встановлених в одному або двох її ярусах. F90/M90типи конекторів, що використано.

При цьому 100 відстань між суміжними балками, н тип зварювання балки та конектора (нахльост).

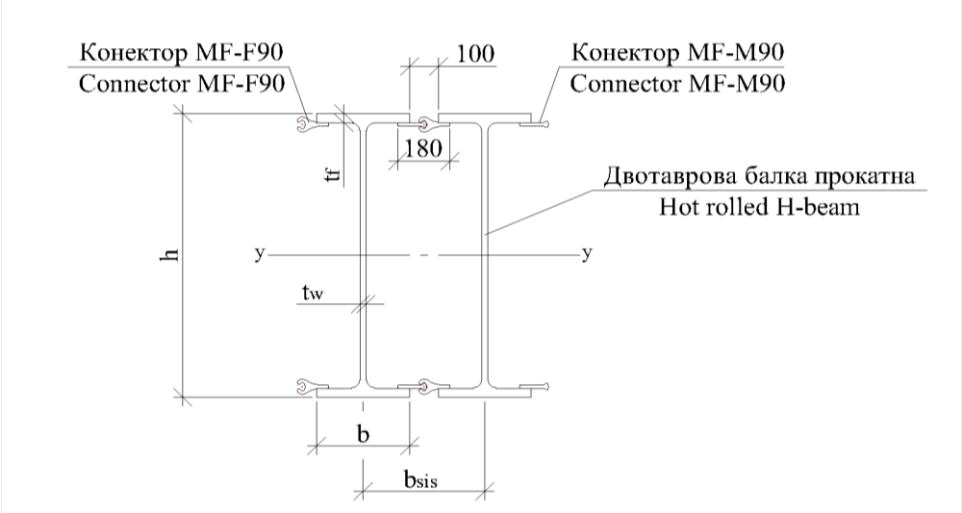



Рис. 9.5.4.1. Поперечний розріз балки БДП з використанням горячекатаного прокату за EN10034 та 2х комплектів конекторів MF-F90/M90

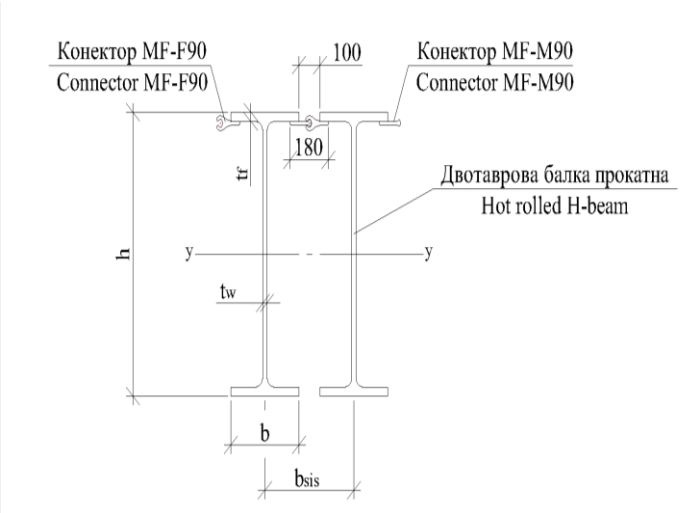



Рис. 9.5.4.2. Поперечний розріз балки БДП з використанням горячекатаного прокату за EN10034 та одного комплекту конекторів MF-F90/M90

***Примітка До початку проектування необхідно з'ясувати можливість метзаводів України щодо виготовлення конкретних профілів.***

Умовне позначення балок в таблиці 9.5.5

БДП-70Ш1-2 (або 4) LPB180-12, де: БДП тип балки балка двотаврова гарячекатана прокатна;

70Ш1 марка балки згідно нормативного документа. 70 висота балки в см;

2 або 4 кількість комплектів конекторів для однієї балки, відповідно встановлених в одному або двох її ярусах. LPB180-12тип конектору, що використано.

При цьому 180 відстань між суміжними балками, с тип зварювання балки та конектора (встик).

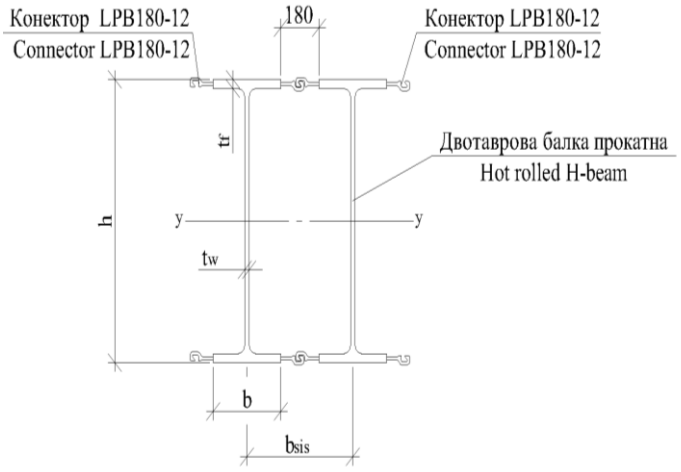



Рис. 9.5.5.1. Поперечний розріз балки БДП з використанням горячекатаного прокату за ТУ У 01412851.001-95 та 4х конекторів LPB180-12

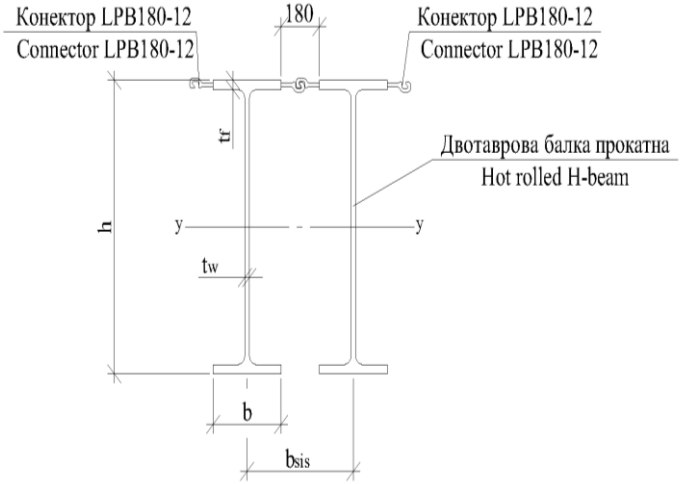



Рис. 9.5.5.2. Поперечний розріз балки БДП з використанням горячекатаного прокату за ТУ У 01412851.001-95 та 2х конекторів LPB180-12

***Примітка До початку проектування необхідно з'ясувати можливість метзаводів України щодо виготовлення конкретних профілів.***

Умовне позначення балок в таблиці 9.5.6

БДП-70Ш1-MF (або 2MF)MF-F40/M140, де: БДП тип балки балка двотаврова гарячекатана прокатна; 70Ш1 марка балки згідно нормативного документа. 70 висота балки в см;

1 або 2 кількість комплектів конекторів для однієї балки, відповідно встановлених в одному або двох її ярусах. MF-F40/M140 тип конектору, що використано.

При цьому 180 відстань між суміжними балками, с тип зварювання балки та конектора (встик).

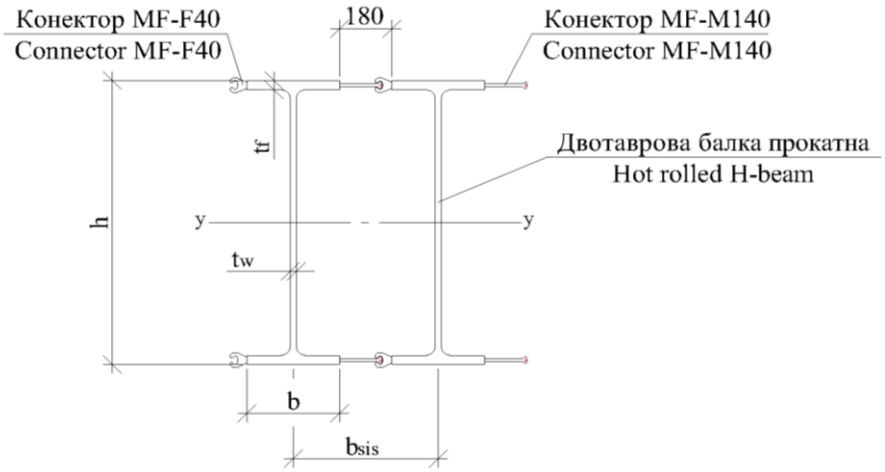



Рис. 9.5.6.1. Поперечний розріз балки БДП з використанням горячекатаного прокату за ТУ У 01412851.001-95 та 2х комплектів конекторів MF-F40/M140

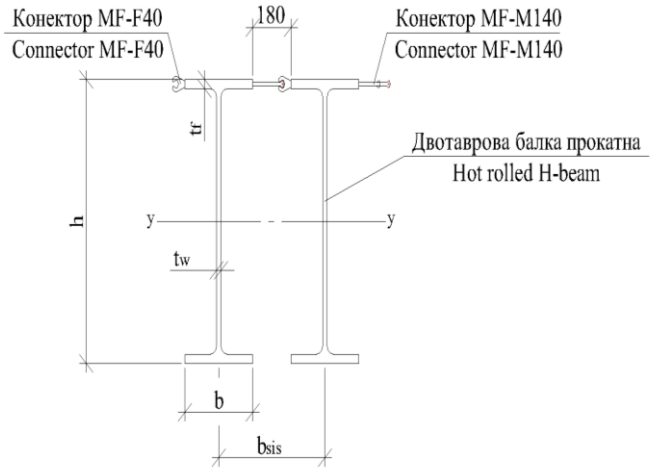



Рис. 9.5.6.2. Поперечний розріз балки БДП з використанням горячекатаного прокату за ТУ У 01412851.001-95 та одного комплекта конекторів MF-F40/M140

Умовне позначення балок БДЗ-778×367×20/18-2(або 4)LPB180-12, де БДЗ тип балки балка двотаврова зварна, 778 висота балки, 367 ширина балки, 20/18 товщина полки та стінки балки, 2 або 4 кількість комплектів конекторів для однієї балки, відповідно встановлених в одному або двох її ярусах; LPB180-12тип конектору, що використано. При цьому відстань між суміжними двотавровими балками 100 мм, н  тип зварювання балки та конектора (внахльост).

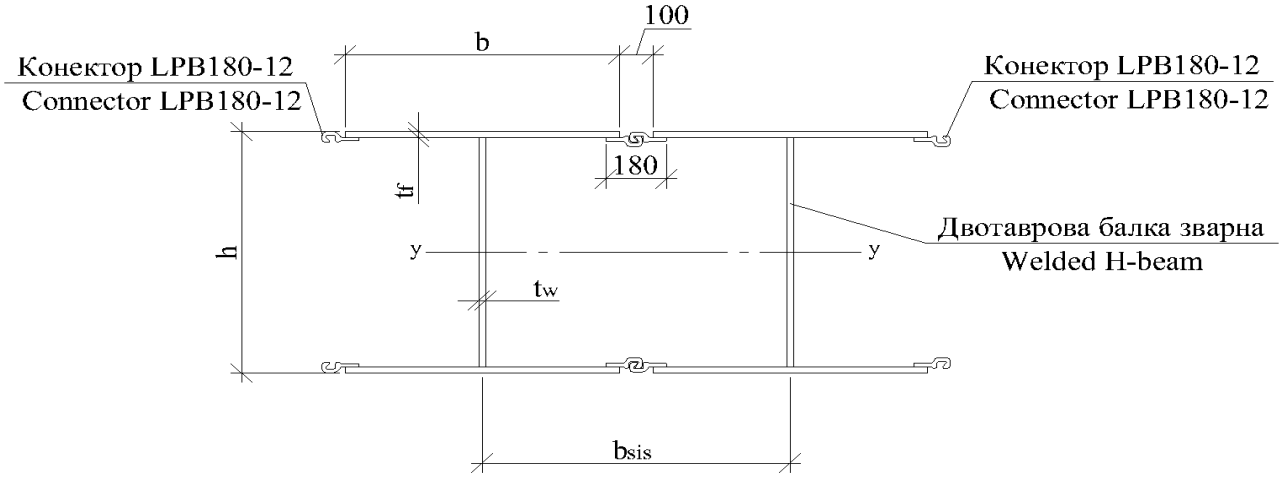



Рис. 9.6.1.1. Поперечний розріз балки БДЗ  з використанням листового прокату та 4х конекторів LPB180-12

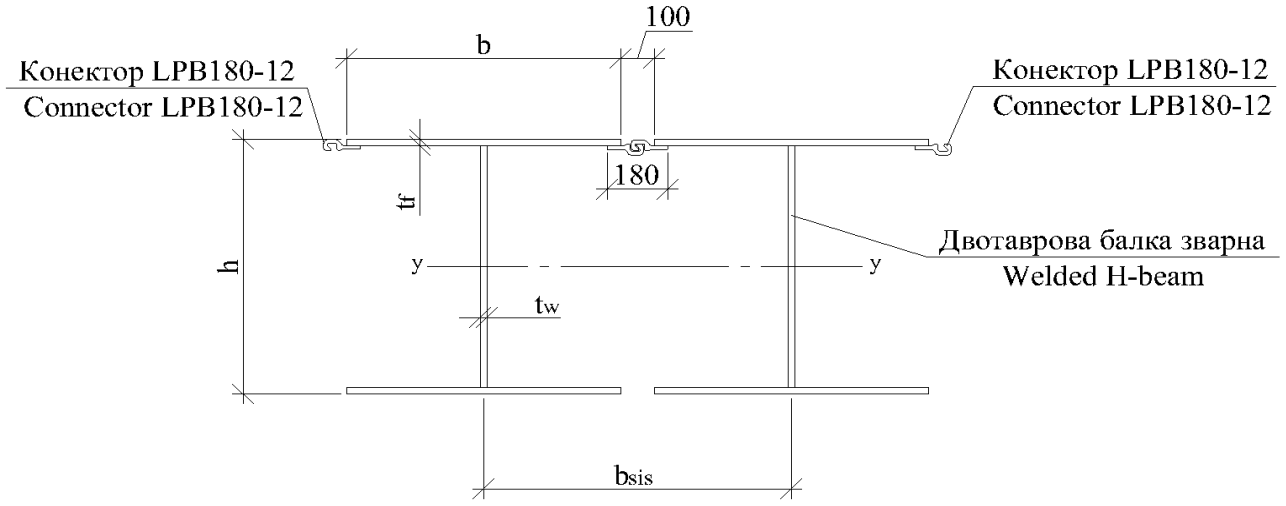



Рис. 9.6.1.2. Поперечний розріз балки БДЗ  з використанням  листового прокату та 2х конекторів LPB180-12

Умовне позначення балок БДЗ-778×367×20/18-2(або 4)LPB100-10, де БДЗ тип балки балка двотаврова зварна, 778 висота балки, 367 ширина балки, 20/18 товщина полки та стінки балки, 2 або 4 кількість комплектів конекторів для однієї балки, відповідно встановлених в одному або двох її ярусах; LPB100-10тип конектору, що використано. При цьому відстань між суміжними двотавровими балками 100 мм, с тип зварювання балки та конектора (встик).

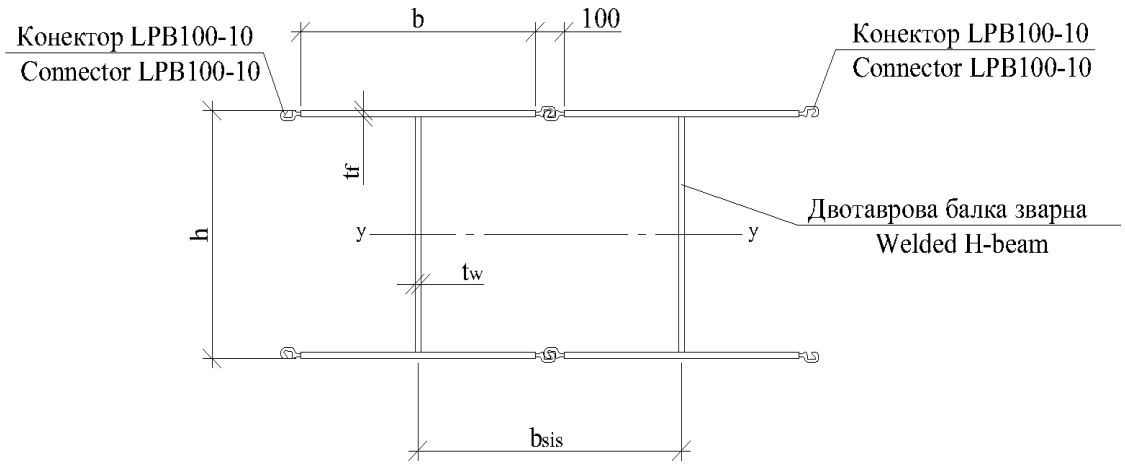



Рис. 9.6.2.1. Поперечний розріз балки БДЗ з використанням листового прокату та 4х конекторів LPB100-10

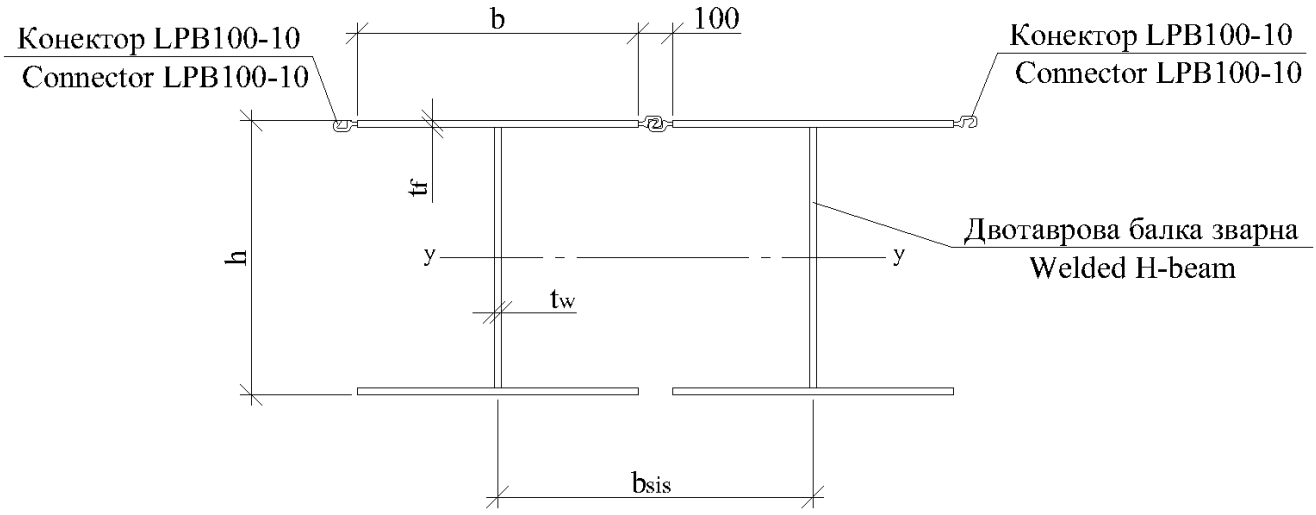



Рис. 9.6.2.2. Поперечний розріз балки БДЗ з використанням листового прокату та 2х конекторів LPB100-10

Умовне позначення балок БДЗ-778×367×20/18-MF(або 2 MF)-F40/M140-180с, де БДЗ тип балки балка двотаврова зварна, 778 висота балки, 367 ширина балки, 20/18 товщина полки та стінки балки, MF або 2 MF кількість комплектів конекторів для однієї балки, відповідно встановлених в одному або двох її ярусах; F90/M90 типи конекторів, що використані, 180 відстань між суміжними балками, с тип зварювання балки та конектора (встик).

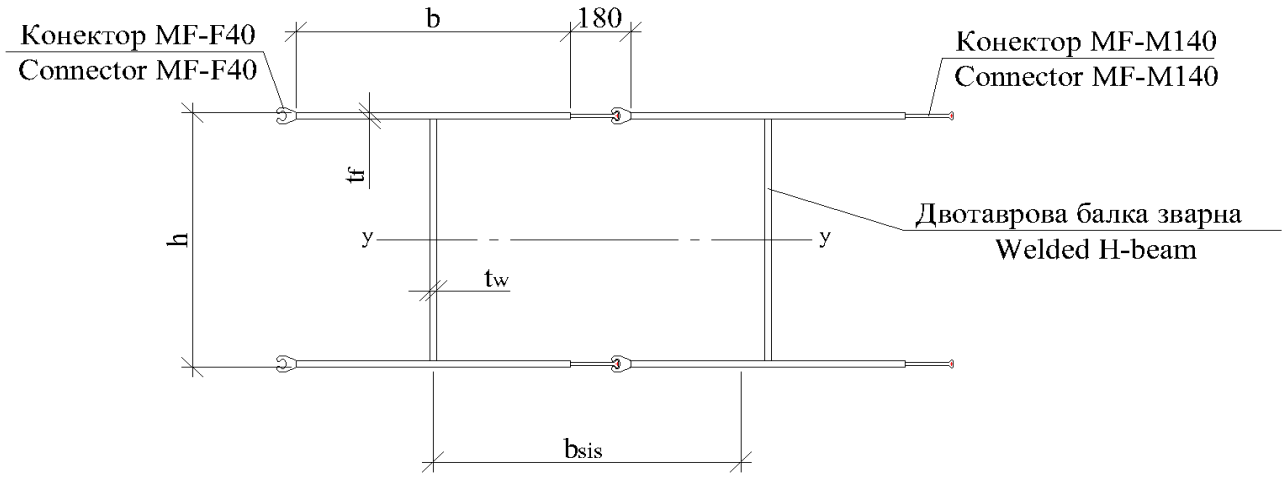



Рис. 9.6.3.1. Поперечний розріз балки БДЗ з використанням листового прокату та 2х комплектів конекторів MF M140/F40

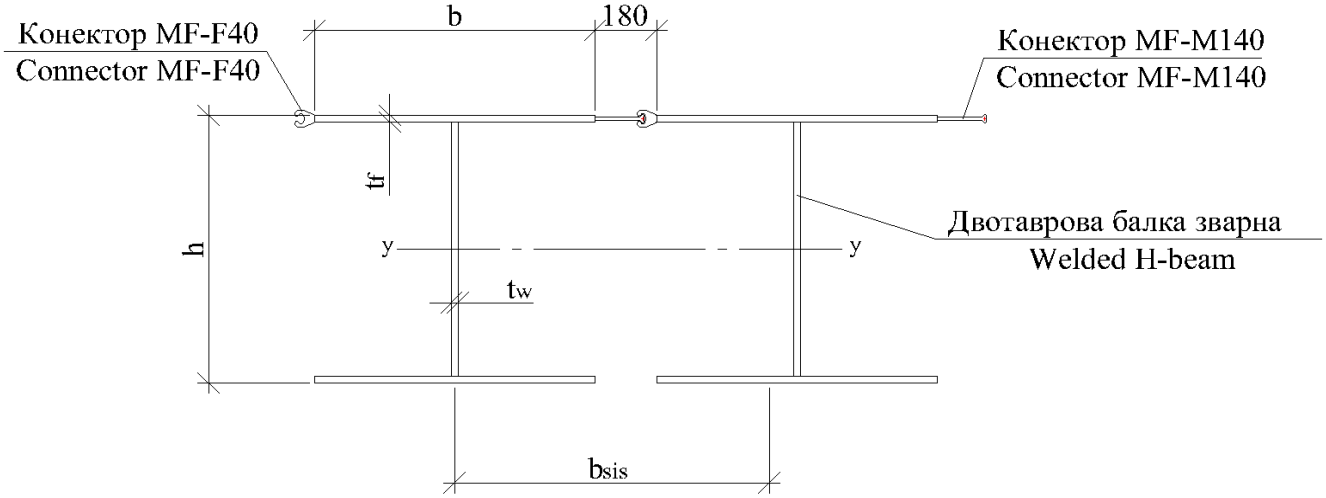



Рис. 9.6.3.2. Поперечний розріз балки БДЗ з використанням листового прокату та одного комплекту конекторів MF M140/F40

Умовне позначення балок БДЗ-778×367×20/18-MF(або 2 MF)-F90/M90-100н, де БДЗ тип балки балка двотаврова зварна, 778 висота балки, 367 ширина балки, 20/18 товщина полки та стінки балки, MF або 2 MF кількість комплектів конекторів для однієї балки, відповідно встановлених в одному або двох її ярусах; F90/M90 типи конекторів, що використані, 100 відстань між суміжними балками, н тип зварювання балки та конектора (внахльост).

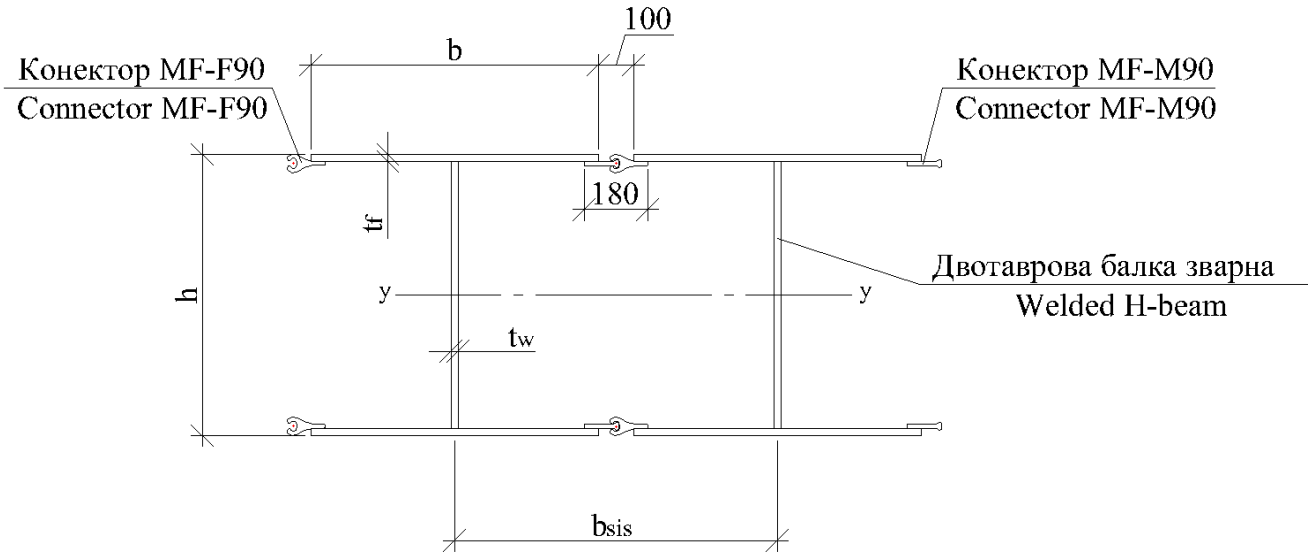



Рис. 9.6.4.1. Поперечний розріз балки БДЗ з використанням листового прокату та 2х комплектів конекторів MF M90/F90

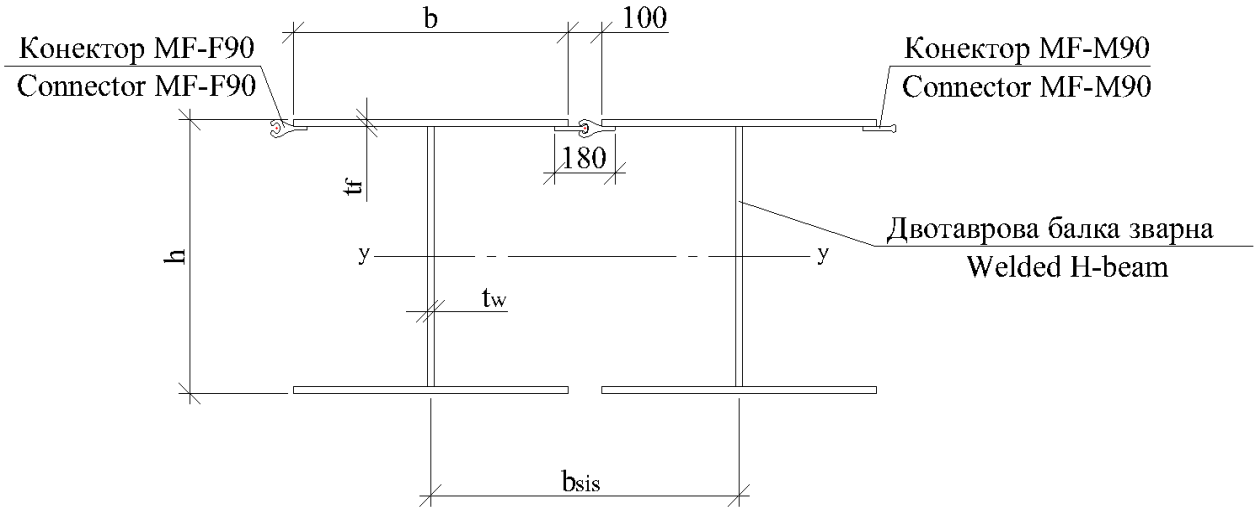



Рис. 9.6.4.2. Поперечний розріз балки БДЗ з використанням листового прокату та одного комплекту конекторів MF M90/F90

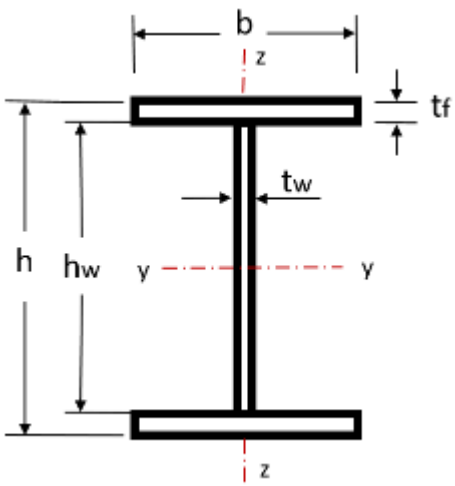
## 9.7 Додаток 7. Приклад визначення класу перерізу за Єврокодом 3 (ДСТУ-Н.Б EN 1993-1-1).

При перевірочному розрахунку поперечного перерізу кожного несучого елементу каркаса має бути класифіковано в залежності від рівня нормальних напружень, геометричних розмірів перерізу та фізико-механічних характеристик матеріалів. Ціль класифікації складається у визначенні границі, при досягненні якої, несуча здатність поперечного перерізу розраховується з урахуванням втрати місцевої стійкості.

Класифікація поперечних перерізів залежить від співвідношення ширини до товщини ділянок перерізу, що розташовується у його стислій зоні. Різні стислі ділянки поперечного перерізу, наприклад, стінка або полиця, можуть відноситися до різних класів. Поперечний переріз класифікується за найвищим (найменш сприятливим) класом його стислих частин. Граничні співвідношення ширини до товщини стиснених ділянок перерізу для класів 1,2 та 3 наведені в Таблиці 5.2 ДСТУ-Н.Б EN 1993-1-1 Ділянки перерізу, які не відповідають класу 3, відносяться до класу 4

**Перевірка перерізу балки від згину.**

Необхідно обчислити опір згинаючому моменту з урахуванням повного бічного розкріплення. Характеристики перерізу наведені нижче.




Вихідні дані:

Висота перерізу $h := 800\ mm$

Ширина перерізу $b := 500\ mm$

Товщина полки $t_f := 34\ mm$

Товщина стінки $t_w := 22\ mm$

Висота стінки $h_w := h - 2 \cdot t_f = 732\ mm$

В якості конструкційного матеріалу балки приймаємо сталь S355. При номінальній товщині металу 16мм < t <40мм номінальна межа текучості для обраної сталі дорівнює за ДСТУ EN 10025-2, $f_y = 345 \frac{N}{mm^2}$, а $E = 210000 \frac{N}{mm^2}$ модуль пружності

Площа перерізу балки:

$$A := h_w \cdot t_w + 2 \cdot b \cdot t_f = 501\ cm^2$$

Момент інерції перерізу відносно вісі y-y:

$$I_y := \frac{t_w \cdot h_w^{\,3}}{12} + \frac{b \cdot t_f^{\,3}}{12} + 2\ t_f \cdot b \cdot \left(\frac{h_w}{2} + \frac{t_f}{2}\right)^2 = 570814\ cm^4$$

Момент інерції перерізу відносно вісі z-z:

$$I_z := \frac{h_w \cdot t_w^{\,3}}{12} + \frac{2 \cdot t_f \cdot b^3}{12} = 70898\ cm^4$$

Момент опору перерізу балки відносно вісі y-y:

$$W_{el.y} := I_y \cdot \frac{2}{h} = 14270\ cm^3$$

Момент опору перерізу балки відносно вісі z-z:

$$W_{el.z} := I_z \cdot \frac{2}{b} = 2836\ cm^3$$

Для стальних двотаврових профілів моменти опору перерізу з урахуванням коефіцієнту розвитку обмежених пластичних деформацій

$$W_{pl.y} := b \cdot t_f \cdot (h - t_f) + 0.25\ t_w \cdot (h - 2 \cdot t_f)^2 = 15969\ cm^3$$

$$W_{pl.z} := 2 \cdot \left(t_f \cdot \left(\frac{b}{2}\right)^2 + (h - 2 \cdot t_f) \cdot \left(\frac{t_w}{2}\right)^2\right) = 4427\ cm^3$$

Радіус інерції відносно відповідної вісі

$$i_y := \sqrt{\frac{I_y}{A}} = 34\ cm \qquad i_z := \sqrt{\frac{I_z}{A}} = 12\ cm$$

**Класифікація перерізу (ДСТУ-Н.Б EN 1993-1-1 п.5.5.2)**

Для визначення класу перерізу знаходим коефіцієнт

$$\varepsilon := \sqrt{\frac{235\ MPa}{f_y}} = 0.825$$

**Для стінки (табл. 5.2, арк. 1)**

Максимальне відношення ширини та товщини стінки для 1-го класу перерізу:

мінімальний катет поясного зварного шва

$$k_f := 16\ mm$$

$$c_w := h_w - 2 \cdot k_f = 700\ mm$$

$$\frac{c_w}{t_w} \le 72 \cdot \varepsilon$$

$$\frac{c_w}{t_w} = 32 \qquad 72 \cdot \varepsilon = 59$$

$$32 < 59$$

умова виконується

Отже, при дії згину стінка відноситься до 1-го класу

**Для полиці (табл. 5.2, арк. 2)**

Максимальне відношення ширини та товщини полиці для 1-го класу перерізу:

$$c_f := \frac{\left(b - t_w - 2\ k_f\right)}{2} = 223\ mm$$

$$\frac{c_f}{t_f} \le 9 \cdot \varepsilon$$

$$\frac{c_f}{t_f} = 6.56 \qquad 9 \cdot \varepsilon = 7.43$$

$$6.56 < 7.43$$

умова виконується

В поперечному перерізі балки полиця відноситься до 1-го класу.

Таким чином переріз балки при дії згину відноситься до 1-го класу перерізу

Розрахунковий опір згину відносно вісі y-y поперечного перерізу

$M_{c_Rd} = \frac{f_y \cdot W_{pl.y}}{\gamma_{M0}} = 5509kNm$ $M_{c_Rd} = \frac{f_y \cdot W_{el.y}}{\gamma_{M0}} = 4923kNm$

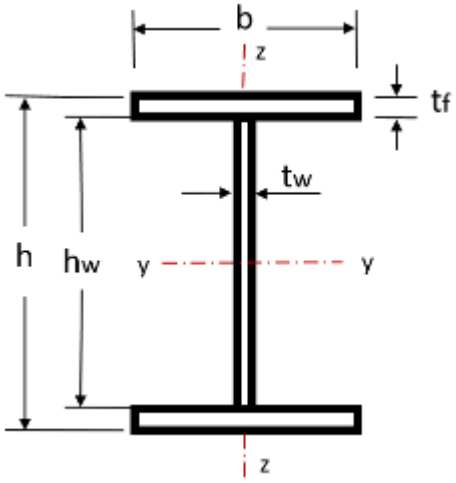
$\gamma_{M0=1}$ частковий коефіцієнт опору поперечних перерізів незалежно від класу

Розрахунковий опір згину відносно вісі z-z поперечного перерізу

$M_{c_Rd} = \frac{f_y \cdot W_{pl.z}}{\gamma_{M0}} = 1527kN \cdot m$ $M_{c_Rd} = \frac{f_y \cdot W_{el.z}}{\gamma_{M0}} = 978kN \cdot m$

**Перевірка перерізу балки від стиску**

Необхідно обчислити опір стиску.




Вихідні дані:

Висота перерізу $h := 800\ mm$

Ширина перерізу $b := 500\ mm$

Товщина полки $t_f := 34\ mm$

Товщина стінки $t_w := 22\ mm$

Висота стінки $h_w := h - 2 \cdot t_f = 732\ mm$

В якості конструкційного матеріалу балки приймаємо сталь S355. При номінальній товщині металу $16мм < t < 40мм$ номінальна межа текучості для обраної сталі дорівнює за ДСТУ EN 10025 $f_y = 345 \frac{N}{mm^2}$, а $E = 210000 \frac{N}{mm^2}$ модуль пружності

Площа перерізу балки:

$$A := h_w \cdot t_w + 2 \cdot b \cdot t_f = 501\ cm^2$$

Момент інерції перерізу відносно вісі y-y:

$$I_y := \frac{t_w \cdot h_w^3}{12} + \frac{b \cdot t_f^3}{12} + 2\ t_f \cdot b \cdot \left(\frac{h_w}{2} + \frac{t_f}{2}\right)^2 = 570814\ cm^4$$

Момент інерції перерізу відносно вісі z-z:

$$I_z := \frac{h_w \cdot t_w^3}{12} + \frac{2 \cdot t_f \cdot b^3}{12} = 70898\ cm^4$$

Момент опору перерізу балки відносно вісі y-y:

$$W_{el.y} := I_y \cdot \frac{2}{h} = 14270\ cm^3$$

Момент опору перерізу балки відносно вісі z-z:

$$W_{el.z} := I_z \cdot \frac{2}{b} = 2836\ cm^3$$

Для стальних двотаврових профілів моменти опору перерізу з урахуванням коефіцієнту розвитку обмежених пластичних деформацій

$$W_{pl.y} := b \cdot t_f \cdot (h - t_f) + 0.25\ t_w \cdot (h - 2 \cdot t_f)^2 = 15969\ cm^3$$

$$W_{pl.z} := 2 \cdot \left(t_f \cdot \left(\frac{b}{2}\right)^2 + (h - 2 \cdot t_f) \cdot \left(\frac{t_w}{2}\right)^2\right) = 4427\ cm^3$$

Радіус інерції відносно відповідної вісі

$$i_y := \sqrt{\frac{I_y}{A}} = 34\ cm \qquad i_z := \sqrt{\frac{I_z}{A}} = 12\ cm$$

**Класифі`кація перерізу (ДСТУ-Н.Б EN 1993-1-1 п.5.5.2)**

Для визначення класу перерізу знаходим коефіцієнт

$$\varepsilon := \sqrt{\frac{235\ MPa}{f_y}} = 0.825$$

**Для стінки**

Максимальне відношення ширини та товщини стінки для 1-го класу перерізу:

мінімальний катет поясного зварного шва $k_f := 16\ mm$

$$c_w := h_w - 2 \cdot k_f = 700\ mm$$

$$\frac{c_w}{t_w} \le 33 \cdot \varepsilon$$

$$\frac{c_w}{t_w} = 31.8 \qquad 33 \cdot \varepsilon = 27$$

$$31.8 > 27$$

умова не виконується

Максимальне відношення ширини та товщини стінки 2-го класу перерізу:

$$\frac{c_w}{t_w} \le 38 \cdot \varepsilon$$

$$\frac{c_w}{t_w} = 32 \qquad 38 \cdot \varepsilon = 31$$

$$32 > 31$$

умова не виконується

Максимальне відношення ширини та товщини стінки 3-го класу перерізу:

$$\frac{c_w}{t_w} \le 42 \cdot \varepsilon$$

$$\frac{c_w}{t_w} = 31.82 \qquad 42 \cdot \varepsilon = 35$$

$$31.82 < 35$$

умова виконується

При дії стиску стінка відноситься до 3-го класу

**Для полиці**

$$c_f := \frac{(b - t_w - 2\ k_f)}{2} = 223\ mm$$

Максимальне відношення ширини та товщини полки для 1-го класу перерізу

$$\frac{c}{t_f} \le 9 \cdot \varepsilon$$

$$\frac{c_f}{t_f} = 6.559 \qquad 9 \cdot \varepsilon = 7.428$$

$$6.559 < 7.428$$

умова виконується

В поперечному перерізі балки полиця відноситься до 1-го класу.

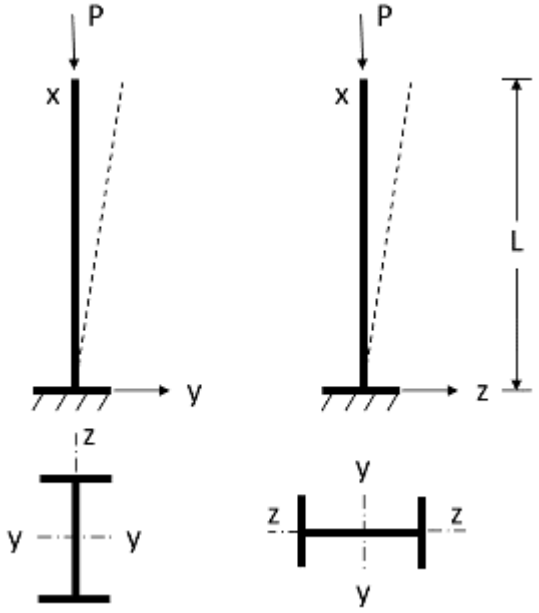
Таким чином переріз балки при дії стиску відноситься до 3-го класу перерізу.

Для перерізів класів 1,2 та 3 розрахунковий опір стиску згідно п.6.2.4 ДСТУ-Н.Б EN 1993-1-1 визначається як:

$$N_{c_Rd} := \frac{f_y \cdot A}{\gamma_{M0}}$$

$$N_{c_{Rd}} = 172689kN$$

**Перевірка опору на втрату стійкості елементів перерізу за згинальною формою (ДСТУ-Н.Б EN 1993-1-1)**




$N_{ed} := 5000\ kN$ розрахунковий стиск

$L := 7.50\ m$

$L_{cr} := 2 \cdot L = 15\ m$ приведена довжина у площині згину, що розглядається

Радіус інерції відносно відповідної осі

$$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = 34cm$$

$$i_y = \sqrt{\frac{I_z}{A}} = 12cm$$

умовна гнучкість у площині XOY

$$\bar{\lambda}_y := \frac{L_{cr}}{i_z} \cdot \frac{1}{93.9 \cdot \varepsilon} = 1.63$$

умовна гнучкість у площині XOZ

$$\bar{\lambda}_z := \frac{L_{cr}}{i_y} \cdot \frac{1}{93.9 \cdot \varepsilon} = 0.573$$

$\alpha$ -коефіцієнт недосконалості для кривих втрати стійкості (ДСТУ-Н.Б EN 1993-1-1 табл. 6.1, 6.2)

$$\alpha_y := 0.34$$

$$\alpha_z := 0.49$$

$$\Phi_y := 0.5 \cdot \left(1 + \alpha_y \cdot \left(\bar{\lambda}_y - 0.2\right) + \bar{\lambda}_y^{\,2}\right) = 2.07$$

$$\Phi_z := 0.5 \cdot \left(1 + \alpha_z \cdot \left(\bar{\lambda}_z - 0.2\right) + \bar{\lambda}_z^{\,2}\right) = 0.76$$

Знижувальний коефіцієнт для відповідної форми втрати стійкості

$$\chi_y := \frac{1}{\Phi_y + \sqrt{\Phi_y^{\,2} - \bar{\lambda}_y^{\,2}}} = 0.3 \qquad \chi_z := \frac{1}{\Phi_z + \sqrt{\Phi_z^{\,2} - \bar{\lambda}_z^{\,2}}} = 0.8$$

приймаємо

$$\chi_{min} := 0.3$$

Розрахунковий опір на втрату стійкості елемента, що стискається, приймається

$$N_{b_Rdy} := \frac{\chi_{min} \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = 5186\ kN \qquad N_{b_Rdz} := \frac{\chi_z \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = 13846\ kN$$

$$\gamma_{M1} \equiv 1$$

$$\frac{N_{ed}}{N_{b_Rdz}} = 0.36$$

$$\frac{N_{ed}}{N_{b_RDy}} = 096 < 1$$

мова виконується

## 9.8 Додаток 8. Послідовність проведення розрахунків елементів згідно ДСТУ НБ. EN 1993-1-1

**Таблиця 9.8.1 Стиснено-згинальні та позацентрово стислі елементи**

| п/п | Крок | Посилання на ДСТУ НБ. EN 1993-1-1 |
|---|---|---|
| 1 | Визначити $N_{b,y,Rd}$ і $N\ b_{,z,Rd}$ (див. 2) | 6.3.1.1(3) |
| 2 | Визначити $M_{b,Rd}$ (див. 4) | 6.3.2 |
| 3 | Визначити $M_{cb,z\ ,Rd}$ ( див . примітку ) | 6.2.5 |
| 4 | Визначити $C_{my}$ , $C_{mz}$ та $C_{mLT}$ залежно від форми епюри згинальних моментів | Таблиця B.3 |
| 5 | Грунтуючись на типі та класі перерізу, вибрати відповідні криві для визначення коефіцієнтів взаємодій $k$ | |
| 6 | Визначити коефіцієнти $k$ для $\bar{\lambda}$ та $N_{Ed}\ /\ N_{b,Rd}$ за відповідними кривими | Таблиця B.1 або Таблиця B.2 |
| 7 | Виконати перевірку на спільну дію вигину щодо двох осей та втрату стійкості у формі поздовжнього вигину у площині за формулою: $\frac{N_{Ed}}{N_{b,y,Rd}} + k_{yy}\frac{M_{y,Ed}}{M_{b,Rd}} + k_{yz}\frac{M_{z,Ed}}{M_{c,b,zRd}} \leq 1$ Якщо умова не виконується, вибрати потужніший переріз, або зменшити розрахункову довжину конструктивними заходами | 6.3.3(4) |
| 8 | Перевірити на спільну дію вигину щодо двох осей та втрату стійкості у формі поздовжнього вигину з площини за формулою: $\frac{N_{Ed}}{N_{b,z,Ed}} + k_{zy}\frac{M_{y,Ed}}{M_{b,Rd}} + k_{zz}\frac{M_{z,Ed}}{M_{c,b,z,Rd}} \leq 1$ Якщо умова не виконується, вибрати потужніший переріз, або зменшити розрахункову довжину конструктивними заходами | 6.3.3(4) |

***Примітка :***

***$M_{cb,z,Rd}$ розраховується за формулою $M_{cb,z,Rd} = \frac{f_y W_z}{\gamma_{M1}}$, яка рівноцінна виразу для несучої здатності на вигин із площини згідно з 6.2.5 у разі, коли $\gamma_{M1} = \gamma_{M0}$***

**Таблиця 9.8.2 Центральностисні елементи**

| п/п | Крок | Посилання на ДСТУ НБ. EN 1993-1-1 |
|---|---|---|
| 1 | Для граничного стану несучої здатності визначити розрахункове зусилля $N_{Ed}$з урахуванням відповідних навантажень та приватних коефіцієнтів | 6.4.3 ДСТУ-НБ EN 1990 та Розділ 5 ДСТУ-НБ EN 1993-1-1 |
| 2 | Прийняти клас сталі | |
| 3 | Прийняти попередні розміри перерізу та перевірити вимоги до товщин для вибраного матеріалу.<br>У першому наближенні може прийматися площа поперечного перерізу, що задовольняє вимогу $N_{Ed}/A < f_y$ | |
| 4 | Визначити клас перерізу. Для випадку перерізів Класу 4 слід діяти згідно з ДСТУ-Н Б EN 1993-1-5 або збільшити товщину частин перерізу, або змінити умови їх підкріплення | Таблиця 5.2 |
| 5 | Визначити розрахункову довжину $L_{cr}$ щодо кожної з осей | |
| 6 | Визначити умовну гнучкість $\bar{л}$ відносно кожної з осей | 6.3.1.3(1) |
| 7 | Визначити відповідну криву втрати стійкості для кожної осі залежно від типу перерізу та товщин сталі | Таблиця 6.2 |
| 8 | Для кожної осі визначити понижувальний коефіцієнт при поздовжньому вигині ч і прийняти менший з них | 6.3.1.2. Рисунок 4.4 |
| 9 | Розрахувати несучу здатність за стійкістю $N_{b,Nb,R_d}$.<br>Якщо $N_{b,Rd} > N_{Ed}$, перетин відповідає вимогам. Якщо умова не виконується, слід вибрати потужніший переріз або зменшити розрахункову довжину конструктивними заходами. | 6.3.1.1(3) |
| 10 | Визначити необхідний підклас сталі | 2.3 ДСТУ-НБ EN 1993-1-10 |

**Таблиця 9.8.3 Розтягнуті елементи**

| п/п | Крок | Посилання на ДСТУ НБ. EN 1993-1-1 |
|---|---|---|
| 1 | Для граничного стану за несучою здатністю визначити розрахункові зусилля, що розтягують $N_{Ed}$ з урахуванням відповідних навантажень і приватних коефіцієнтів $\gamma_F$ | 6.4.3 ДСТУ-НБ EN 1990 та Розділ 5 ДСТУ-НБ EN 1993-1-1 |
| 2 | Прийняти клас сталі | |
| 3 | Прийняти попередні розміри перерізу та перевірити вимоги до товщин для вибраного матеріалу. У першому наближенні приймається площа поперечного перерізу, що задовольняє вимозі: $N_{Ed}/A < f_y$ | |
| 4 | Визначити несучу здатність на розтяг $N_{t\ Nt,Rd}$ .<br>Для перерізів з отворами $N_{t,Rd}$ має знижуватися, приймаючись меншим із значень $N_{plR_d}$, та $N_{u\ Rd}$ .<br>Для перерізів без отворів $N_{t,Rd}$ = $N_{pl,Rd}$ | 6.2.3 |
| 5 | Якщо $N_{Ed}/N_{t,Rd} \leq 1.0$, перетин задовольняє вимогам | 6.2.3(1) |
| 6 | Визначити необхідний підклас стали | 2.3 ДСТУ-НБ EN 1993-1-10 |

**Таблиця 9.8.4 Шарнірно оперті гарячокатані балки двотаврового перерізу.**

| п/п | Крок | Посилання на ДСТУ НБ. EN 1993-1-1 |
|---|---|---|
| 1 | Визначити умови спирання та місця розкріплення стисненого пояса з площини вигину | |
| 2 | Для граничного стану за несучою здатністю визначити максимальну розрахункову силу, що перерізує $V_{Ed}$ та момент $M_{Ed}$ з урахуванням відповідних навантажень та приватних коефіцієнтів $\gamma_F$ | 6.4.3 ДСТУ-Н Б EN 1990 та Розділ 5 ДСТУ-Н Б EN 1993-1-1 |
| 3 | Прийняти попередні розміри перерізи та клас сталі | |
| 4 | Визначити клас перерізи при згинанні | Таблиця 5.2 |
| 5 | Визначити несучу здатність перерізу на вигин і перевірити дотримання нерівності $M_{Ed} \leq M_{c,Rd}$ | 6.2.5 |
| 6 | Визначити несучу здатність перерізи на зріз $V_{pl,Rd}$ | 6.2.6 |
| 7 | Якщо $V_{Ed} > V_{pl,Rd}$ тоді підібрати більше потужний перетин (з більш товстою стінкою ) | |
| 8 | Якщо $V_{Ed} > 0.5Vp_{l,Rd}$ визначити зменшену несучу здатність перерізу на вигин $M_{v,y,Rd}$ з урахуванням зрізу та перевірити виконання умови $M_{ed} \leq M_{v,y,Rd}$ | 6.2.8 |
| 9 | Перевірити , чи виключається втрата місцевий стійкості від зрізу | 6.2.6(6) |
| 10 | Якщо місцева втрата стійкості при зрізі не виключається , необхідно передбачити поперечні ребра жорсткості та перевірити стійкість стінки відсіку | Розділ 5 ДСТУ-Н Б EN 1993-1-5 |
| 11 | Якщо $M_{Ed} > M_{f,Rd}$ і $V_{Ed}/V_{bw,Rd}$ >0.5 необхідно виконати перевірку на втрату місцевий стійкості від спільної дії моменту та перерізуючого зусилля | Розділ 7 ДСТУ-Н Б EN 1993-1-5 |
| 12 | Визначити необхідність перевірки стійкості плоскої форми вигину . Якщо перевірка не потрібна ( наприклад , коли стиснутий пояс повністю розкріплений ), переходити до Пункту (17) | 6.3.2.1(2) |
| 13 | Розрахунок умовної гнучкості $\bar{\lambda}_{LT}$ | 6.3.2.2 |
| 14 | Якщо $\bar{\lambda}_{LT} \leq 0.4$, переходити до Пункту (17) | 6.3.2.2(4) |
| 15 | Розрахувати ставлення $h/b$ і визначити ч$_{LT}$, ґрунтуючись на$\bar{\lambda}_{LT}$ | 6.3.2.2, Малюнок 6.4 |
| 16 | Визначити несучу здатність стійкості $M_{b,Rd}$ ділянки елемента між розкріпленнями з площини вигину. Якщо виконується умова $M_{b,Rd} > M_{Ed}$ , то переріз відповідає вимогам. Якщо умова не виконується, слід підібрати потужніший переріз або збільшити кількість розкріплень з площині . | 6.3.2.1 |
| | Повторити розрахунок за Пунктами з 9 по 16 для інших ділянок між розкріпленнями | |
| 17 | Використовуючи характеристичні комбінації навантажень , визначити максимальні вертикальні переміщення | 6.5.3 ДСТУ-Н Б EN 1990 |
| 18 | Перевірити, чи задовольняють вертикальні переміщення вимогам | Додаток А1 та НБ.2.10. ДСТУ-Н Б EN 1990 |
| 19 | За потреби слід провести динамічний розрахунок | |
| 20 | Визначити необхідний підклас сталі | 2.3 ДСТУ-Н Б EN 1993-1-10 |
| | Якщо $V_{Ed} > 0.5Vp_{l,Rd}$ визначити зменшену несучу здатність перерізу на вигин $M_{v,y,Rd}$ з урахуванням зрізу та перевірити виконання умови $M_{ed} \leq M_{v,y,Rd}$ | |

# Використані позначення.

**Розміри**

| | |
|---|---|
| b | ширина поперечного перерізу |
| h | висота поперечного перерізу |
| d | товщина плоского ділянки стінки |
| t w | товщина стінки |
| t f | товщина поясу |

**Властивості матеріалів**

| | |
|---|---|
| $f_y$ | межа плинності |
| $f_u$ | межа міцності |
| E | модуль пружності |
| G | модуль зсуву |
| ν | коефіцієнт Пуассона в пружній стадії |
| ε | коефіцієнт, що залежить від $f_y$ |

**Геометричні Характеристики перерізів**

| | |
|---|---|
| Aeff | площа ефективного поперечного перерізу |
| $A_w$ | площа перерізу стінки |
| $A_f$ | площа перерізу одного поясу |
| I | момент інерції |
| $W_{pl}$ | момент опору в пластичної стадії |
| $W_{el,min}$ | мінімальний момент опору в пружній стадії |
| $W_{eff,min}$ | мінімальний момент опору ефективного перерізу |
| i | радіус інерції відносно відповідної осі, визначений для перерізу брутто |

**Характеристики елементів**

| | |
|---|---|
| $\bar{\lambda}$ | умовна гнучкість |
| $\bar{\lambda}_{LT}$ | умовна гнучкість при втраті стійкості плоскої форми вигину |
| $\chi$ | знижуючий коефіцієнт для відповідної кривої втрати стійкості |
| $\chi_{LT}$ | знижуючий коефіцієнт для втрати стійкості плоскої форми вигину |
| $N_{cr}$ | критичне осьове зусилля в пружній стадії по відповідної формі втрати стійкості для перерізу брутто |
| $M_{cr}$ | критичний згинальний момент в пружною стадії для втрати стійкості плоскої форми вигину |

**Навантаження і впливи**

| | |
|---|---|
| $N_{Ed}$ | розрахункове осьове зусилля |
| $M_{Ed}$ | розрахунковий згинальний момент |

$M_{y, Ed}$ розрахунковий згинальний момент щодо осі yy

$M_{z,Ed}$ розрахунковий згинальний момент щодо осі zz

$V_{Ed}$ розрахункове перерізуюче зусилля

$L_c$ відстань між розкріпленнями з площині

## Несуча здатність перерізів, елементів і з'єднань

### Позначення для спільного випадку несучої здатності поперечних перерізів

$N_{t,Rd}$ розрахункова несуча здатність на розтягування

$N_{pl, Rd}$ розрахункова несуча здатність на осьове зусилля перерізу брутто

$N_{u,Rd}$ розрахункова несуча здатність на осьове зусилля перерізу нетто в перерізах з отворами

$N_{c,Rd}$ розрахункова несуча здатність при осьовому стисканні

$M_{c,Rd}$ розрахункова несуча здатність на вигин щодо однієї головною осі перерізу (відповідний але $M_{c, y,Rd}$ ; $M_{c,z,Rd}$ )

$V_{c,Rd}$ розрахункова несуча здатність на зріз

$V_{pl, Rd}$ розрахункова несуча здатність на зріз в пластичній стадії

Позначення для несучої здатності елементів

$M_{b,Rd}$ розрахункова несуча здатність на стійкість при згині

### Коефіцієнти використання

$A_{cr}$ коефіцієнт запасу по стійкості, рівний числу, на яке необхідно помножити прикладені розрахункові навантаження, щоб досягти загальної втрати стійкості

### Часткові коефіцієнти надійності для несучої здатності

$\gamma_{M0}$ частковий коефіцієнт для визначення несучої здатності по міцності поза залежності від Класу перерізу

$\gamma_{M1}$ частковий коефіцієнт для визначення несучої здатності по стійкості

$\gamma_{M2}$ частковий коефіцієнт для визначення несучої здатності по межі міцності

## 9.9 Додаток 9. Варіанти кріплення анкерів.

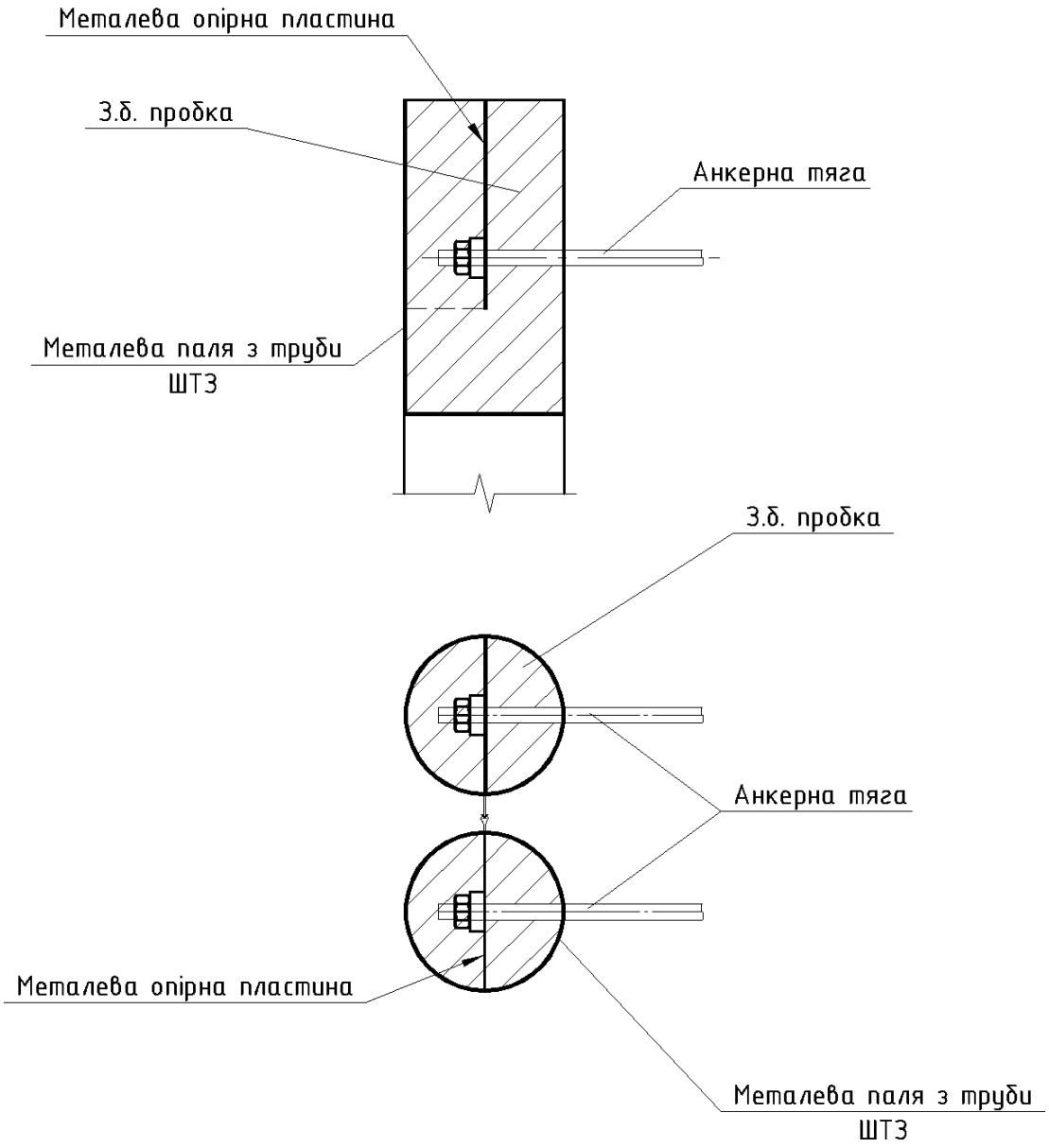



Рис.9.9.1 Схема кріплення анкерних тяг з використанням опірних пластин.

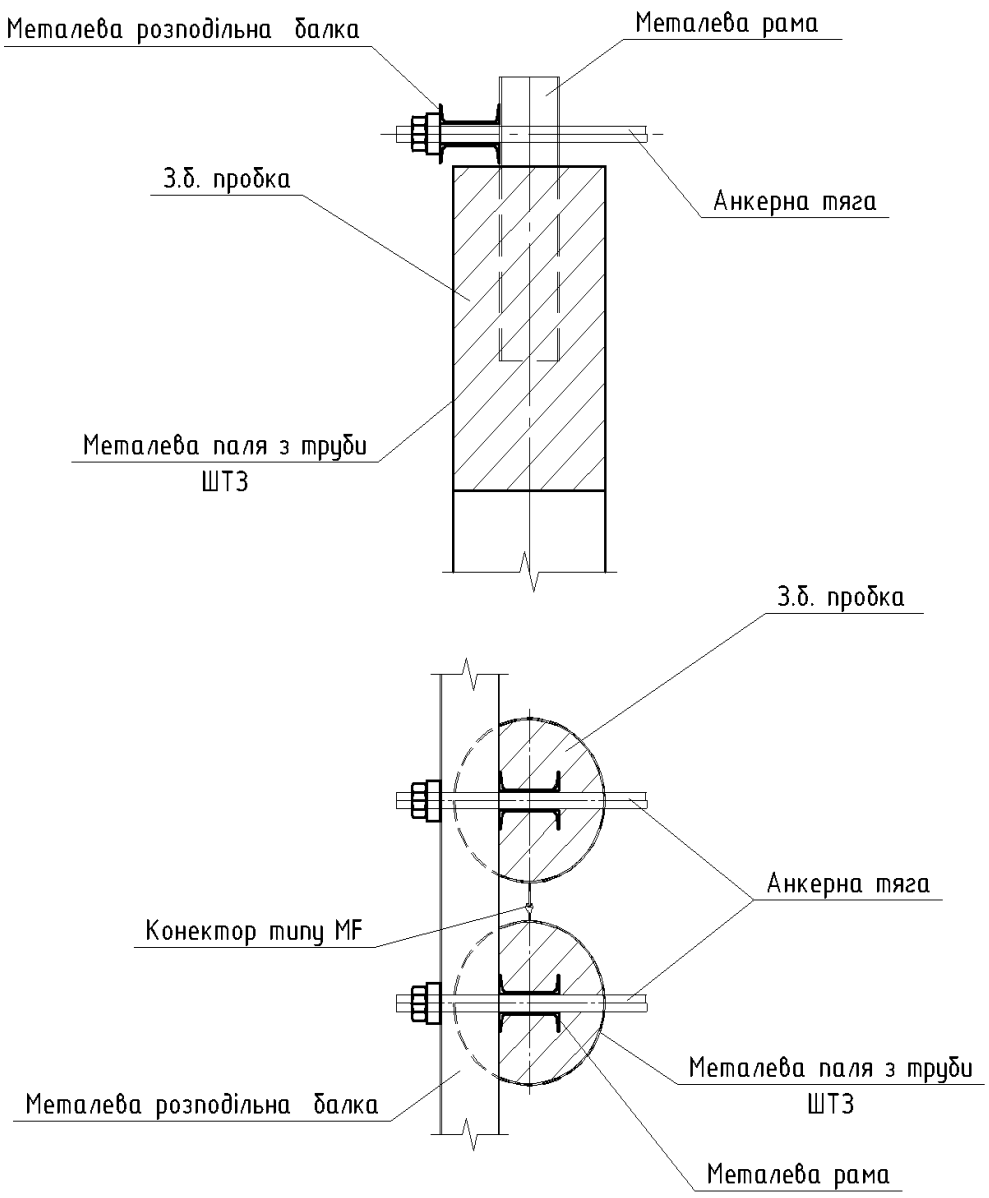



Рис.9.9.2 Схема кріплення анкерних тяг з використанням розподільчих балок та металевих рам

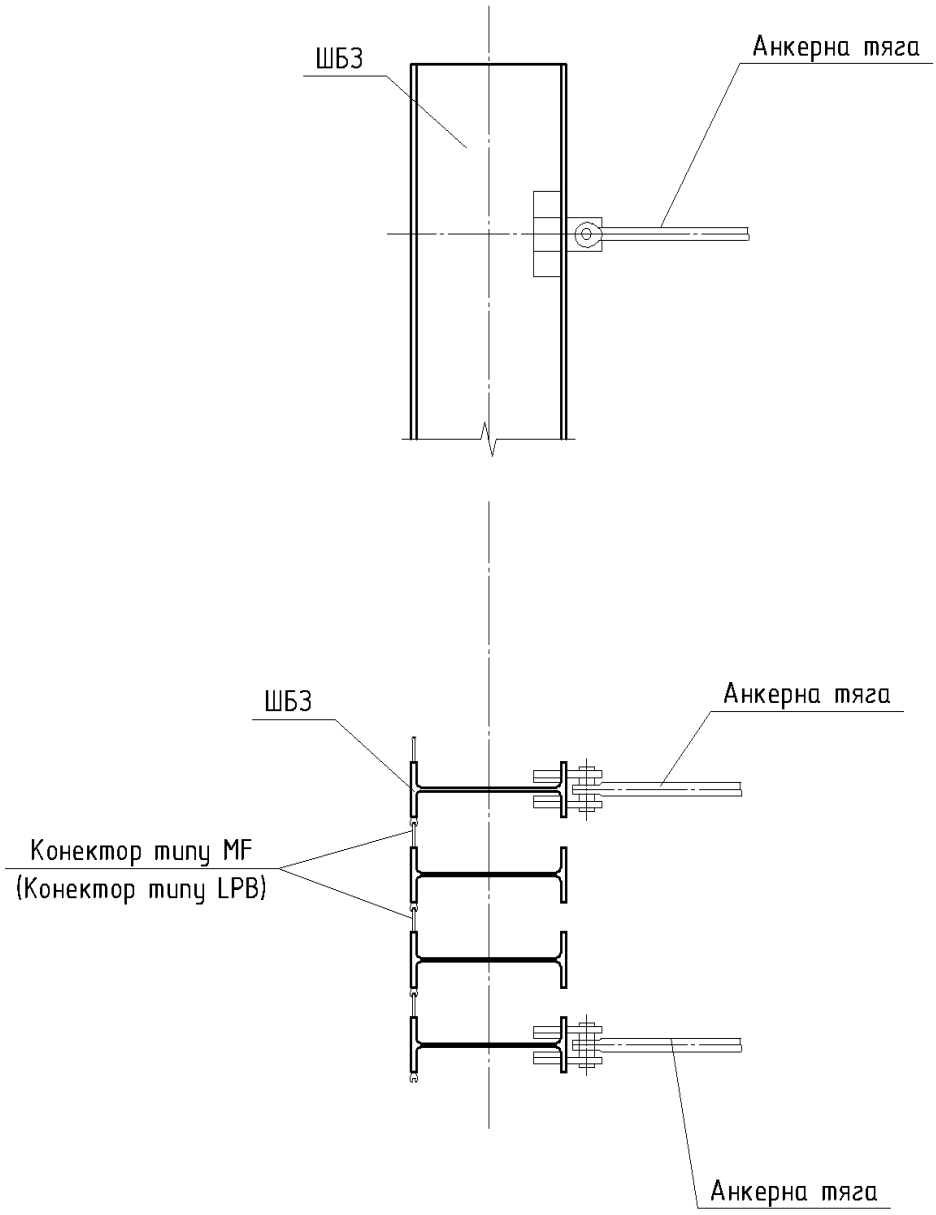



Рис. 9.9.3 Схема кріплення анкерних тяг за балки ШБЗ

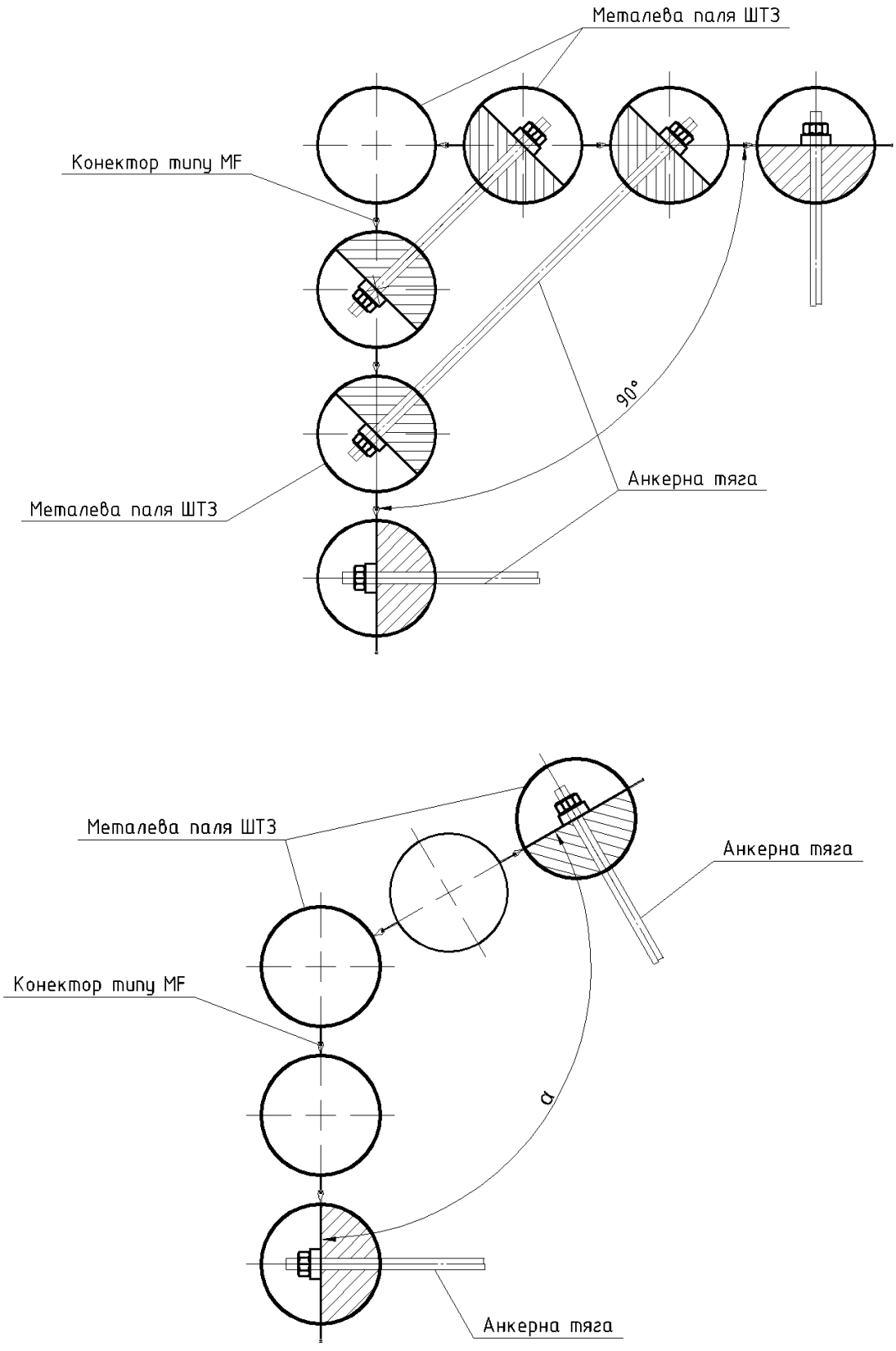



Рис. 9.9.4 Приклади анкерування ШТЗ при різних кутах повороту стінки

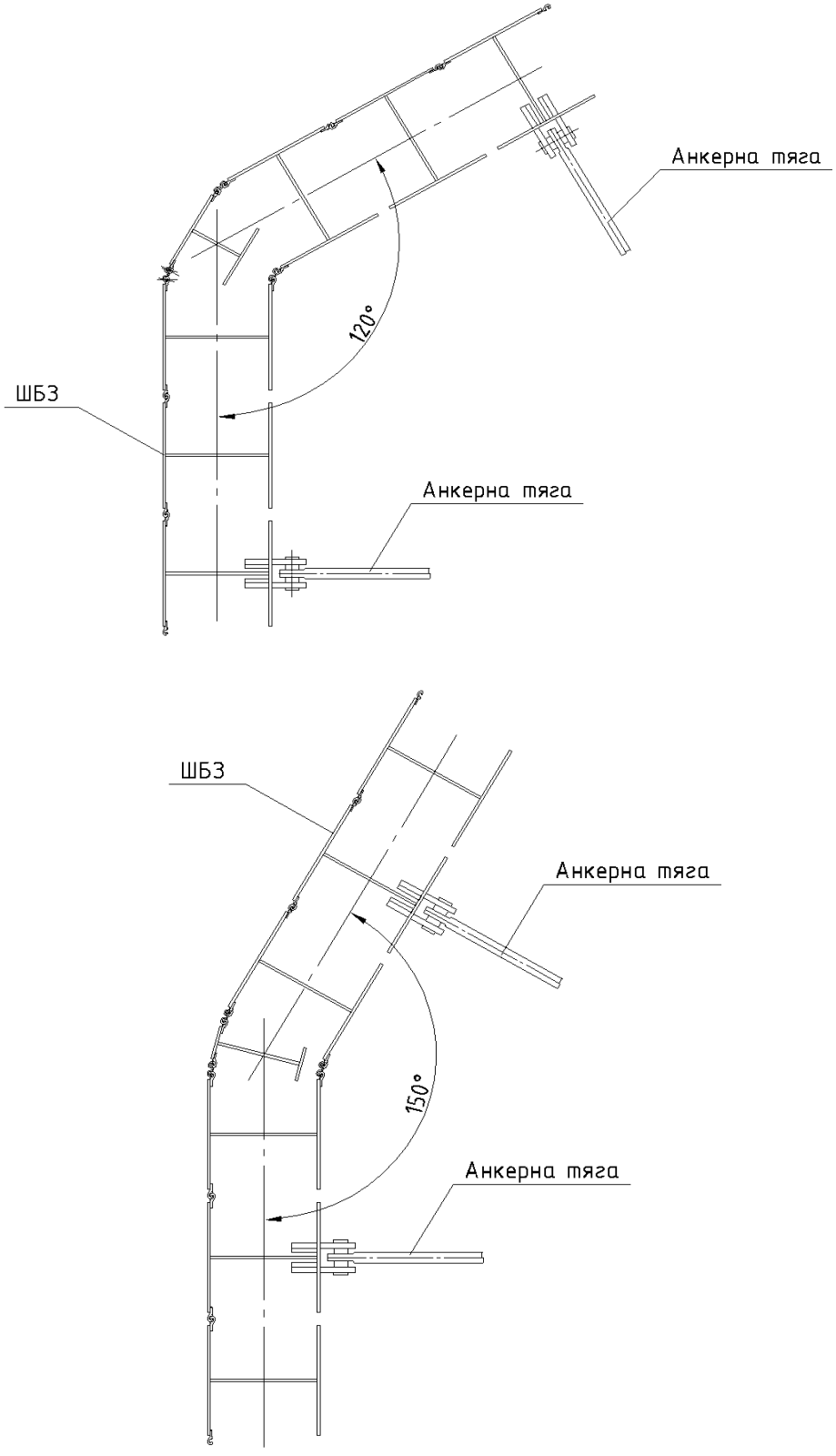



Рис. 9.9.5 Приклади анкерування ШБЗ при різних кутах повороту стінки

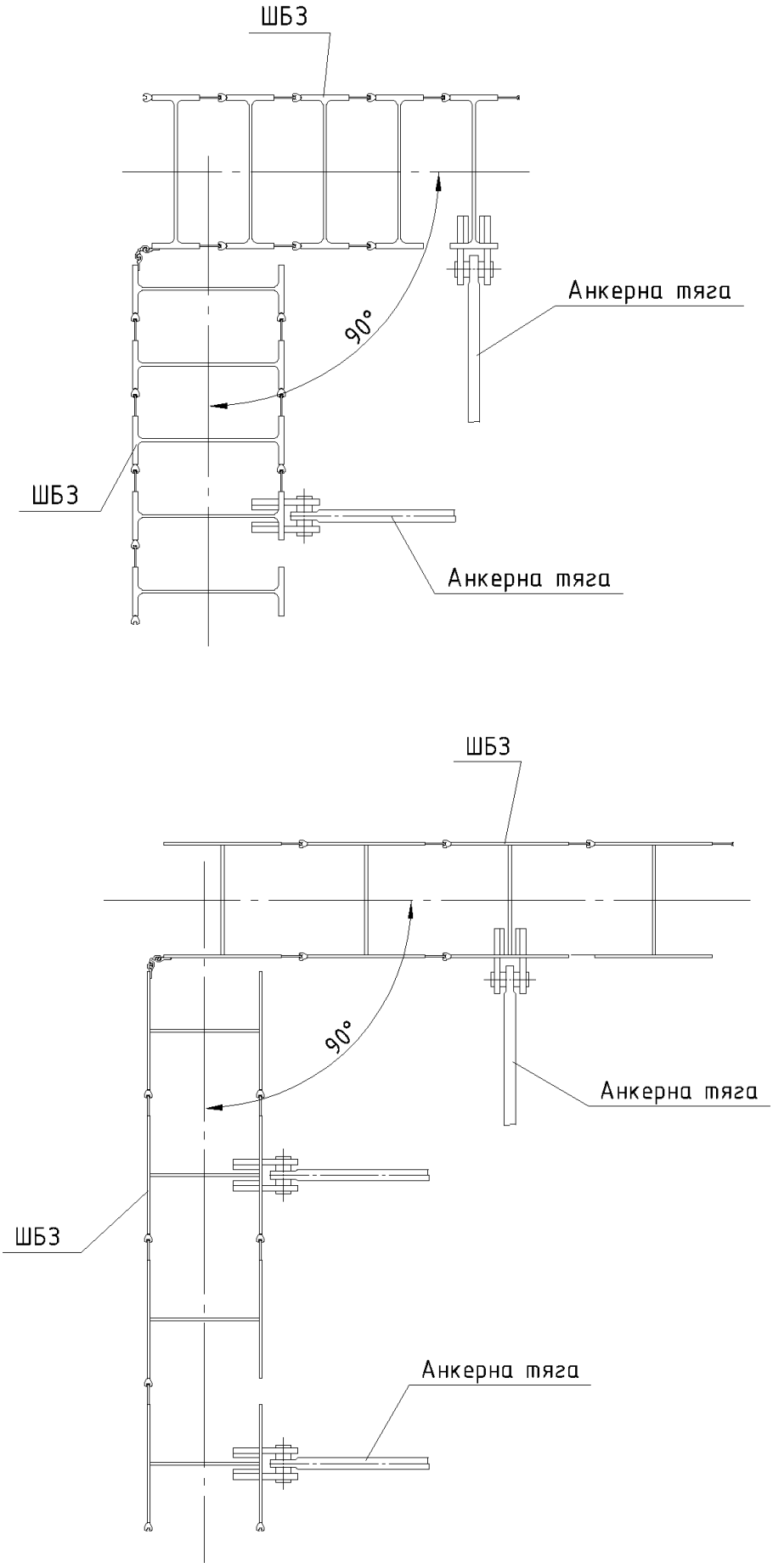



Рис. 9.9.6 Приклади анкерування ШБЗ при куті повороту стінки 90°