



НАЦІОНАЛЬНИЙ СТАНДАРТ УКРАЇНИ

**ЄВРОКОД 3. ПРОЕКТУВАННЯ СТАЛЕВИХ
КОНСТРУКЦІЙ**

**Частина 4-2. Резервуари
(EN 1993-4-2:2007, IDT)**

ДСТУ–Н Б EN 1993-4-2:201...

Київ
**Міністерство регіонального розвитку,
будівництва та житлово-комунального
господарства України**

2012

пр. ДСТУ–Н Б EN 1993-4-2:20XX

ПЕРЕДМОВА

1 ВНЕСЕНО: Товариство з обмеженою відповідальністю «Український інститут сталевих конструкцій імені В.М. Шимановського» (ТОВ «Укрінсталькон ім. В.М.Шимановського»)
ПЕРЕКЛАД І НАУКОВО-ТЕХНІЧНЕ РЕДАГУВАННЯ: **В.Адріанов** (науковий керівник),
І.Волков, В.Гордєєв, д.т.н., А.Собко, О.Шимановський, д.т.н.

2 НАДАНО ЧИННОСТІ: наказ Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України від «___» _____ 20__ № ____

3 Національний стандарт відповідає EN 1993-4-2:2007, Eurocode 3 – Design of steel structures – Part 4-2:Tanks (Єврокод 3: Проектування сталевих конструкцій. Частина 4-2. Резервуари)
Ступінь відповідності – ідентичний (IDT)

Переклад з англійської (en)

Цей стандарт видано з дозволу CEN

4 УВЕДЕНО ВПЕРШЕ

**Право власності на цей документ належить державі.
Цей документ не може бути повністю чи частково відтворений, тиражований
і розповсюджений як офіційне видання без дозволу
Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України**

© Мінрегіон України, 201X р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ ВСТУП

Цей стандарт є тотожним перекладом EN 1993-4-2:2007 Eurocode 3 - Design of steel structures - Part 4-2: Tanks (Єврокод 3. Проектування сталевих конструкцій. Частина 4-2. Резервуари).

EN 1993-4-2:2007 підготовлено Технічним комітетом CEN/TC 250, секретаріат якого підтримується BSI.

До національного стандарту долучено англomовний текст.

На території України як національний стандарт діє ліва колонка тексту ДСТУ-Н Б EN 1993-4-2:2007 Eurocode 3: Design of steel structures – Part 4-2: Tanks (Єврокод 3. Проектування сталевих конструкцій. Частина 4-2. Резервуари), викладена українською мовою.

Відповідно до ДБН А.1.1-1-2009 «Система стандартизації та нормування в будівництві. Основні положення» цей стандарт відноситься до комплексу В.2.6 «Конструкції будинків і споруд».

Стандарт містить вимоги, які відповідають чинному законодавству.

Науково-технічна організація, відповідальна за цей стандарт, – Товариство з обмеженою відповідальністю «Український інститут сталевих конструкцій ім. В.М. Шимановського».

До стандарту внесено такі редакційні зміни:

- слова «цей європейський стандарт» замінено на «цей стандарт»;
- структурні елементи стандарту: «Титульний аркуш», «Передмова», «Національний вступ» оформлено згідно з вимогами національної стандартизації України;
- з «Передмови до EN 1993-4-2:2007» у цей «національний вступ» взяте те, що безпосередньо стосується цього стандарту;

Копії МС, що неприйнятні як національні стандарти, але на які є посилання в EN 1993-4-2:2007, можна отримати в Головному фонді нормативних документів ДП «УкрНДНЦ».

ЗМІСТ

CONTENTS

Вступ	Foreword	C
Передмова створення програми Єврокода	Background of the Eurocode programme	VI
Статус та сфера застосування Єврокодів	Status and field of application of eurocodes	1
Национальні стандарти, що впроваджують Єврокоди	National Standards implementing Eurocodes	3
Зв'язки між Єврокодами та гармонізованими технічними умовами (ENs та ETAs) на виробив	Links between Eurocodes and harmonised technical specifications (ENs and ETAs) for products	4
Додаткова інформація щодо EN 1993-4-2	Additional information specific for EN 1993-4-2	5
Национальний додаток до EN 1993-4-2	National annex for EN 1993-4-2	5
1 Загальні положення	1 General	7
1.1 Сфера застосування	1.1 Scope	7
1.2 Нормативні посилання	1.2 Normative references	8
1.3 Умови застосування	1.3 Assumptions	10
1.4 Відмінність між принципами і правилами застосування	1.4 Distinction between principles and application rules	10
1.5 Терміни та визначення	1.5 Terms and definitions	10
1.6 Символи, що використані в частині 4-2 Єврокода 3	1.6 Symbols used in Part 4-2 of Eurocode 3	13
1.7 Правила умовних позначень	1.7 Sign conventions	16
1.8 Одиниці	1.8 Units	22
2 Основи проектування	2 Basis of design	23
2.1 Вимоги	2.1 Requirements	23
2.2 Класифікація за надійністю	2.2 Reliability differentiation	23
2.3 Граничні стани	2.3 Limit states	24
2.4 Навантаження та впливи	2.4 Actions and environmental effects	24
2.5 Властивості матеріалу	2.5 Material properties	24
2.6 Геометричні дані	2.6 Geometrical data	24
2.7 Моделювання резервуара для визначення результатів впливів	2.7 Modelling of the tank for determining action effects	24
2.8 Проектування за результатами випробувань	2.8 Design assisted by testing	25
2.9 Перевірка граничних станів за результатами впливів	2.9 Action effects for limit state verifications	25
2.10 Комбінації впливів	2.10 Combinations of actions	28
2.11 Довговічність	2.11 Durability	28
3 Властивості матеріалів	3 Properties of materials	28
3.1 Загальні положення	3.1 General	28
3.2 Конструкційні сталі	3.2 Structural steels	29
3.3 Сталі для судів із внутрішнім тиском	3.3 Steels for pressure purposes	29
3.4 Нержавіючі сталі	3.4 Stainless steels	29
3.5 Вимоги щодо міцності	3.5 Toughness requirements	30
4 Основні правила структурного аналізу	4 Basis for structural analysis	31
4.1 Граничні стани за несучою здатністю	4.1 Ultimate limit states	31
4.2 Аналіз кільцевої оболонки конструкції резервуара	4.2 Analysis of the circular shell structure of a tank	32

4.3	Розрахунки конструкції короба прямокутного резервуара	4.3	Analysis of the box structure of a rectangular tank	35
4.4	Еквівалентні ортотропні властивості гофрованих листів	4.4	Equivalent orthotropic properties of corrugated sheeting	36
5	Проектування циліндричних стінок	5	Design of cylindrical walls	37
5.1	Основні правила	5.1	Basis	37
5.2	Класифікація циліндричних форм оболонок	5.2	Distinction of cylindrical shell forms	37
5.3	Несуча здатність корпусу резервуара	5.3	Resistance of the tank shell wall	38
5.4	Міркування щодо опор і отворів	5.4	Considerations for supports and openings	38
5.5	Граничні стани за придатністю до нормальної експлуатації	5.5	Serviceability limit states	43
6	Проектування конічних хопперів	6	Design of conical hoppers	43
7	Проектування конструкцій круглих покриттів	7	Design of circular roof structures	43
7.1	Основні правила	7.1	Basis	43
7.2	Класифікація конструктивних форм покриття	7.2	Distinction of roof structural forms	44
7.3	Несуча здатність круглих покриттів	7.3	Resistance of circular roofs	44
7.4	Міркування щодо індивідуальних конструктивних форм	7.4	Considerations for individual structural forms	45
7.5	Граничні стани за придатністю до нормальної експлуатації	7.5	Serviceability limit states	46
8	Проектування перехідних з'єднань днища з оболонкою і опорними кільцевими балками	8	Design of transition junctions at the bottom of the shell and supporting ring girders	46
9	Проектування прямокутних резервуарів із плоскими стінками	9	Design of rectangular and planar-sided tanks	47
9.1	Основні правила	9.1	Basis	47
9.2	Класифікація конструктивних форм	9.2	Distinction of structural forms	47
9.3	Несуча здатність вертикальних стінок	9.3	Resistance of vertical walls	47
9.4	Граничні стани за придатністю до нормальної експлуатації	9.4	Serviceability limit states	49
10	Вимоги до виготовлення і монтажу у відповідності з проектом	10	Requirements on fabrication, execution and erection with relation to design	49
11	Спрощений розрахунок	11	Simplified design	49
11.1	Загальні положення	11.1	General	49
11.2	Розрахунки стаціонарного покриття	11.2	Fixed roof design	51
11.3	Розрахунки оболонки	11.3	Shell design	59
11.4	Розрахунки днища резервуара	11.4	Bottom design	64
11.5	Розрахунки анкерного кріплення	11.5	Anchorage design	67
Додаток А (обов'язковий) Навантаження й впливи на резервуари		Annex A [normative] Actions on tanks		69
A.1	Загальні положення	A.1	General	69
A.2	Навантаження та впливи	A.2	Actions	69

Вступ

Цей Європейський стандарт EN 1993-4-2 «Єврокод 3. Проектування сталевих конструкцій» - Частина 4-2: «Резервуари», підготовлений Технічним Комітетом CEN/TC 250 «Будівельні Єврокоди», секретаріат якого підпорядкований BSI. CEN/TC 250 несе відповідальність за всі будівельні Єврокоди.

Цьому Європейському стандарту надається статус національного стандарту після опублікування ідентичного тексту, або на підставі підтвердження не пізніше серпня 2007 р. Всі суперечні національні стандарти повинні бути скасовані до березня 2010 р.

Цей документ розроблений на заміну ENV 1993-4-2:1999.

Згідно з регламентом CEN/CENELEC виконання Євростандарту повинні забезпечувати Національні органи із стандартизації наступних держав: Австрія, Бельгія, Болгарія, Кіпр, Чеська Республіка, Данія, Естонія, Фінляндія, Франція, Німеччина, Греція, Угорщина, Ісландія, Ірландія, Італія, Латвія, Литва, Люксембург, Мальта, Нідерланди, Норвегія, Польща, Португалія, Румунія, Словаччина, Словенія, Іспанія, Швеція, Швейцарія та Великобританія.

Foreword

This European Standard EN 1993-4-2, Eurocode 3: Design of steel structures: "Design of Steel Structures – Part 4-2: Tanks", has been prepared by Technical Committee CEN/TC250 « Structural Eurocodes », the Secretariat of which is held by BSI. CEN/TC250 is responsible for all Structural Eurocodes.

This European Standard shall be given the status of a National Standard, either by publication of an identical text or by endorsement, at the latest by August 2007, and conflicting National Standards shall be withdrawn at latest by March 2010.

This Eurocode supersedes ENV1993-4-2:1999.

According to the CEN-CENELEC Internal Regulations, the National Standard Organizations of the following countries are bound to implement this European Standard: Austria, Belgium, Bulgaria, Cyprus, Czech Republic, Denmark, Estonia, Finland, France, Germany, Greece, Hungary, Iceland, Ireland, Italy, Latvia, Lithuania, Luxembourg, Malta, Netherlands, Norway, Poland, Portugal, Romania, Slovakia, Slovenia, Spain, Sweden, Switzerland and United Kingdom.

НАЦІОНАЛЬНИЙ СТАНДАРТ УКРАЇНИ

ЄВРОКОД 3. ПРОЕКТУВАННЯ СТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ ЧАСТИНА 4-2. РЕЗЕРВУАРИ

ЕВРОКОД 3. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ЧАСТЬ 4-2. РЕЗЕРВУАРЫ

EUROCODE 3: DESIGN OF STEEL STRUCTURES PART 4-2: TANKS

Чинний від _____

Передмова для створення програми Єврокоду

У 1975 році Комісія Європейської Спільноти прийняла рішення щодо впровадження в області будівництва програми у відповідності до статті 95 Угоди. Метою прийнятої програми було усунення технічних перешкод для торгівлі і гармонізація технічних вимог.

В рамках цієї програми Комісія проявила ініціативу щодо встановлення при проектуванні будівельних конструкцій системи гармонізованих технічних правил, які на першому етапі склали би альтернативу національним правилам, а в подальшому замінила би їх.

Протягом п'ятнадцяти років Комісія, при підтримці Робочого Комітету представників держав-членів, керувала розробкою програми Єврокодів, що привело до появи у 1980-і роки перших Єврокодів.

У 1989 році Комісія та держави-члени ЕУ та ЕФТА на підставі угоди¹ між Комісією та СЕН вирішили передати СЕН підготовку і публікацію Єврокодів за допомогою серії мандатів з тим щоб у подальшому надати їм статус Європейського стандарту (EN). Це

Background of the Eurocode programme

In 1975, the Commission of the European Community decided on an action programme in the field of construction, based on article 95 of the Treaty. The objective of the programme was the elimination of technical obstacles to trade and the harmonisation of technical specifications.

Within this action programme, the Commission took the initiative to establish a set of harmonised technical rules for the design of construction works which, in a first stage, would serve as an alternative to the national rules in force in the Member States and, ultimately, would replace them.

For fifteen years, the Commission, with the help of a Steering Committee with Representatives of Member States, conducted the development of the Eurocodes programme, which led to the first generation of European codes in the 1980s.

In 1989, the Commission and the Member States of the EU and EFTA decided, on the basis of an agreement¹ between the Commission and CEN, to transfer the preparation and the publication of the Eurocodes to the CEN through a series of

пр. ДСТУ–Н Б EN 1993-4-2:20XX

фактично ув'язує Єврокоди з положеннями Директив Ради і/або Рішеннями Комісії, які стосуються Європейських стандартів (наприклад, Директива Ради 89/106/ЕЕС стосовно будівельних виробів – (CPD), Директиви Ради 93/37/ЕЕС, 92/50/ЕЕС та 89/440/ЕЕС щодо суспільних робіт та послуг і аналогічних директив ЕФТА, мета яких спроба встановлення та регулювання внутрішнього ринку)

Програма будівельних Єврокодів включає наступні стандарти, кожний з яких, як правило, складаються з декількох частин:

EN 1990 Єврокод: Основні правила проектування конструкцій

EN 1991 Єврокод 1: Навантаження на конструкції

EN 1992 Єврокод 2: Проектування бетонних конструкцій

EN 1993 Єврокод 3: Проектування сталевих конструкцій

EN 1994 Єврокод 4: Проектування залізобетонних конструкцій

EN 1995 Єврокод 5: Проектування дерев'яних конструкцій

EN 1996 Єврокод 6: Проектування кам'яних конструкцій

EN 1997 Єврокод 7: Геотехнічне проектування

EN 1998 Єврокод 8: Проектування сейсмостійких конструкцій

EN 1999 Єврокод 9: Проектування алюмінієвих конструкцій.

Стандарти Єврокодів встановлюють відповідальність повноважних органів кожної з держав-членів і гарантують їм право визначати критерії, що відносяться до питань регулювання безпеки на національному рівні, якщо їх значення відрізняються у тій або в іншій державі.

Mandates, in order to provide them with a future status of European Standard (EN). This links de facto the Eurocodes with the provisions of all the Council's Directives and/or Commission's Decisions dealing with European standards (e.g. the Council Directive 89/106/EEC on construction products - CPD - and Council Directives 93/37/EEC, 92/50/EEC and 89/440/EEC on public works and services and equivalent EFTA Directives initiated in pursuit of setting up the internal market).

The Structural Eurocode programme comprises the following standards generally consisting of a number of Parts:

EN 1990 Eurocode: Basis of Structural Design

EN 1991 Eurocode 1: Actions on structures

EN 1992 Eurocode 2: Design of concrete structures

EN 1993 Eurocode 3: Design of steel structures

EN 1994 Eurocode 4: Design of composite steel and concrete structures

EN 1995 Eurocode 5: Design of timber structures

EN 1996 Eurocode 6: Design of masonry structures

EN 1997 Eurocode 7: Geotechnical design

EN 1998 Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance

EN 1999 Eurocode 9: Design of aluminium structures.

Eurocode standards recognise the responsibility of regulatory authorities in each Member State and have safeguarded their right to determine values related to regulatory safety matters at national level where these continue to vary from State to State.

¹Угода між Комісією Європейської Спільноти та Європейським Комітетом зі стандартизації (CEN) стосовно розробки Єврокодів на проектування будівель і споруд (BC/CEN/03/89).

¹Agreement between the Commission of the European Communities and the European Committee for Standardisation (CEN) concerning the work on EUROCODES for the design of building and civil engineering works (BC/CEN/03/89).

Статус та сфера застосування Єврокодів

Держави-члени EU та EFTA визнають Єврокоди в якості документів, на які посилаються з метою:

– підтвердження відповідності конструкцій будівель і споруд основним вимогам Директиви Ради 89/106/ЕЕС – зокрема вимозі №1 «Механічна міцність і стійкість» та вимозі №2 «Пожежна безпека»;

– використання їх як основи при укладанні контрактів на виконання будівельних робіт і надання відповідних інженерних послуг;

– використання їх як рамочних умов при розробці гармонізованих технічних умов на будівельні вироби (ENs та ETAs).

Оскільки Єврокоди безпосередньо стосуються будівельних конструкцій, вони мають пряме відношення до пояснювальних документів², що наведені в статті 12 CPD, незважаючи на їх відмінність від гармонізованих стандартів на вироби³. Виходячи із цього, відповідним Технічним Комітетам CEN і/або робочим групам EOTA, що розробляють стандарти на будівельні вироби, необхідно розглядати Технічні аспекти Єврокодів з метою досягнення повної сумісності таких технічних умов з Єврокодами.

²Згідно зі статтею 3.3 CPD тлумачні документи повинні конкретизувати основні вимоги (ERs) для встановлення необхідного зв'язку між основними вимогами і мандатами для гармонізованих ENs та ETAGs/ETAs.

³Згідно зі статтею 12 CPD тлумачні документи призначені для:

- конкретизації основних вимог шляхом узгодження термінології і технічної бази, а у разі необхідності, шляхом зазначення класів або рівнів кожної вимоги;
- встановлення методів співвідношення зазначених класів або рівнів з технічними вимогами, наприклад, щодо методів розрахунків, випробувань та правил проектування, тощо;
- посилання на них при розробленні гармонізованих стандартів для затвердження Європейським технічним комітетом.

Фактично Єврокоди відіграють подібну роль в сфері дії головної вимоги № 1 (ER 1) і частини вимоги №2 (ER 2)

пр. ДСТУ–Н Б EN 1993-4-2:20XX

Status and field of application of Eurocodes

The Member States of the EU and EFTA recognise that Eurocodes serve as reference documents for the following purposes:

– as a means to prove compliance of building and civil engineering works with the essential requirements of Council Directive 89/106/ EEC, particularly Essential Requirement №1 – Mechanical resistance and stability – and Essential Requirement №2 – Safety in case of fire;

– as a basis for specifying contracts for construction works and related engineering services;

– as a framework for drawing up harmonised technical specifications for construction products (ENs and ETAs)

The Eurocodes, as far as they concern the construction works themselves, have a direct relationship with the Interpretative Documents² referred to in Article 12 of the CPD, although they are of a different nature from harmonised product standards³. Therefore, technical aspects arising from the Eurocodes work need to be adequately considered by CEN Technical Committees and/or EOTA Working Groups working on product standards with a view to achieving a full compatibility of these technical specifications with the Eurocodes.

²According to Art. 3.3 of the CPD, the essential requirements (ERs) shall be given concrete form in interpretative documents for the creation of the necessary links between the essential requirements and the mandates for harmonised ENs and ETAGs/ETAs.

³According to Art. 12 of the CPD the interpretative documents shall :

- give concrete form to the essential requirements by harmonising the terminology and the technical bases and indicating classes or levels for each requirement where necessary;
- indicate methods of correlating these classes or levels of requirement with the technical specifications, e.g. methods of calculation and of proof, technical rules for project design, etc.;
- serve as a reference for the establishment of harmonised standards and guidelines for European technical approvals.

The Eurocodes, de facto, play a similar role in the field of the ER 1 and a part of ER 2.

пр. ДСТУ–Н Б EN 1993-4-2:20XX

Єврокоди регламентують загальні правила будівельного проектування, що постійно застосовуються при проектуванні конструкцій в цілому та їх окремих елементів як традиційного, так і інноваційного характеру. Для нетрадиційних форм конструкцій або проектних рішень, які окремо не розглянуті, проектувальником повинно бути проведено експертне оцінювання.

Національні стандарти, що впроваджують Єврокоди

Національні стандарти, які впроваджують Єврокоди, повинні містити повний текст Єврокода (з додатками), опублікований CEN з можливим доданням титульного листа, передмови та додатка з довідковим статусом, що оформлюються згідно з вимогами Національної стандартизації.

Національний додаток може включати інформацію тільки відносно тих параметрів, що залишені в Єврокодах відкритими для національного вибору, відомих як Національно визначені параметри, які використовуються в певній державі при проектуванні будівель та інженерних споруд різного призначення, а саме:

- величини і/або класи, якщо в Єврокодi наводяться альтернативні варіанти;
- величини, які необхідно використати - вувати якщо в Єврокодi наведений тільки символ;
- специфічні територіальні відомості (географічні, кліматичні дані, тощо), наприклад, карта снігового покриву;
- визначення конкретної методики у разі наведення в Єврокодi альтернативних варіантів. Національний додаток може містити також:
- рекомендації щодо застосування додатків довідкового статусу ;
- посилання на не суперечну додаткову інформацію, що допомагає користувачу при застосуванні Єврокоду.

The Eurocode standards provide common structural design rules for everyday use for the design of whole structures and component products of both a traditional and an innovative nature. Unusual forms of construction or design conditions are not specifically covered and additional expert consideration will be required by the designer in such cases.

National Standards implementing Eurocodes

The National Standards implementing Eurocodes will comprise the full text of the Eurocode (including any annexes), as published by CEN, which may be preceded by a National title page and National foreword, and may be followed by a National Annex.

The National Annex may only contain information on those parameters which are left open in the Eurocode for national choice, known as Nationally Determined Parameters, to be used for the design of buildings and civil engineering works to be constructed in the country concerned, i.e. :

- values and/or classes where alternatives are given in the Eurocode,
- values to be used where a symbol only is given in the Eurocode,
- country specific data (geographical, climatic, etc), e.g. snow map,
- the procedure to be used where alternative procedures are given in the Eurocode. It may also contain:
- decisions on the application of informative annexes,
- references to non-contradictory complementary information to assist the user to apply the Eurocode.

Зв'язки між Єврокодами та гармонізованими технічними умовами (ENs та ETAs) на виробі

Необхідно забезпечити узгодженість гармонізованих технічних умов на будівельні вироби з технічними вимогами до будівельних конструкцій⁴. Крім цього, уся інформація, що супроводжує CE - маркування будівельних виробів, на які є посилання в Єврокодах, повинна чітко вказувати які національно визначені параметри враховані.

⁴ Див. статті 3.3 та 12 CPD, а також 4.2; 4.3.1; 4.3.2; і 5.2 ID 1.

Додаткова специфічна інформація щодо EN 1993-4-2

В EN 1993-4-2 наведені рекомендації щодо проектування резервуарів.

В EN 1993-4-2 наведені правила проектування, які доповнюють загальні правила в частинах EN 1993-1.

EN 1993-4-2 призначений для замовників, проєктувальників, підрядників і відповідних органів влади.

EN 1993-4-2 призначений для використання в поєднанні з EN 1990, EN 1991-4 і іншими частинами EN 1991, EN 1993-1-6, EN 1993-4-1 і іншими частинами EN 1993, з EN 1992 та іншими частинами EN 1994÷ EN 1999, що мають відношення до проектування резервуарів. Питання, які вже висвітлені в цих документах, у даному Єврокоді не повторюються.

Числові значення коефіцієнтів безпеки та інших параметрів надійності рекомендуються у якості базових, що забезпечують необхідний рівень надійності. Значення ці були встановлені за умови забезпечення відповідного рівня якості в процесі виготовлення конструкцій та виконання будівельно-монтажних робіт.

Для резервуарів, як виробу (заводського виробництва) коефіцієнти безпеки можуть визначатися відповідними органами. При маркуванні резервуарів, як виробу, коефіцієнти згідно з 2.9 мають

Links between Eurocodes and harmonised technical specifications (ENs and ETAs) for products

There is a need for consistency between the harmonised technical specifications for construction products and the technical rules for works⁴. Furthermore, all the information accompanying the CE Marking of the construction products which refer to Eurocodes shall clearly mention which Nationally Determined Parameters have been taken into account.

⁴ see Art.3.3 and Art.12 of the CPD, as well as clauses 4.2, 4.3.1, 4.3.2 and 5.2 of ID 1.

Additional information specific for EN 1993-4-2

EN 1993-4-2 gives design guidance for the structural design of tanks.

EN 1993-4-2 gives design rules that supplement the generic rules in the many parts of EN 1993-1.

EN 1993-4-2 is intended for clients, designers, contractors and relevant authorities.

EN 1993-4-2 is intended to be used in conjunction with EN 1990, with EN 1991-4, with the other Parts of EN 1991, with EN 1993-1-6 and EN 1993-4-1, with the other Parts of EN 1993, with EN 1992 and with the other Parts of EN 1994 to EN 1999 relevant to the design of tanks. Matters that are already covered in those documents are not repeated.

Numerical values for partial factors and other reliability parameters are recommended as basic values that provide an acceptable level of reliability. They have been selected assuming that an appropriate level of workmanship and quality management applies.

Safety factors for 'product type' tanks (factory production) can be specified by the appropriate authorities. When applied to 'product type' tanks, the factors in 2.9 are for guidance purposes only.

пр. ДСТУ–Н Б EN 1993-4-2:20XX

статус рекомендаційних. Їх призначення підкреслити необхідні рівні безпеки для забезпечення надійності конструкції.

Національний додаток до EN 1993-4-2

Цей стандарт містить вказівки, де може бути зроблений національний вибір, тому національний стандарт EN 1993-4-2 повинен мати Національний додаток, в якому наводяться усі національно визначені параметри, які будуть використовуватися при проектування будівель і споруд, що будуть будуватися у відповідній країні.

Національний вибір в EN 1993-4-2 допускається в наступних пунктах:

- 2.2(1)
- 2.2 (3)
- 2.9.2.1 (1)P
- 2.9.2.1 (2)P
- 2.9.2.1 (3)P
- 2.9.2.2 (3) P
- 2.9.3 (2)
- 3.3 (3)
- 4.1.4 (3)
- 4.3.1 (6)
- 4.3.1 (8)

They are provided to show the likely levels needed to achieve consistent reliability with other designs.

National annex for EN 1993-4-2

This standard gives alternative procedures, values and recommendations for classes with notes indicating where national choices may have to be made. Therefore the National Standard implementing EN 1993-4-2 should have a National Annex containing all Nationally Determined Parameters to be used for the design of buildings and civil engineering works to be constructed in the relevant country.

National choice is allowed in EN 1993-4-2 through:

- 2.2 (1)
- 2.2 (3)
- 2.9.2.1 (1)P
- 2.9.2.1 (2)P
- 2.9.2.1 (3)P
- 2.9.2.2 (3) P
- 2.9.3 (2)
- 3.3 (3)
- 4.1.4 (3)
- 4.3.1 (6)
- 4.3.1 (8)

1 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

1.1 Сфера застосування

(1) Частина 4.2 Єврокода 3 встановлює основні принципи та правила проектування вертикальних циліндричних наземних сталевих резервуарів для зберігання рідких продуктів з такими характеристиками:

а) внутрішній надлишковий тиск у резервуарі - не менш 100 мбар і не більш 500 мбар⁵;

б) розрахункова температура метала корпусу резервуара в діапазоні від -50 °C до +300 °C. Для резервуарів виготовлених із нержавіючої сталі розрахункова температура корпусу може бути в діапазоні від -165 °C до +300 °C. Для циклічно-навантажених резервуарів температура корпусу повинна бути в діапазоні - $T < 150$ °C;

в) максимальний проектний рівень наповнення резервуара не повинен перевищувати верхню відмітку циліндричної оболонки.

(2) Частина 4.2 враховує вимоги щодо міцності та стійкості сталевих резервуарів. Інші конструкційні вимоги для всіх резервуарів, що експлуатуються при температурі навколишнього середовища, наводяться в EN 14015, а при низьких температурах – в EN 14620, вимоги щодо виготовлення та монтажу – в EN 1090.

Всі ці додаткові вимоги стосуються підготовки основи і влаштування фундаменту, виготовлення, спорудження й випробування, експлуатаційної надійності таких елементів як люки, фланці, пристрої для підводу і зливу продукту.

(3) Спеціальні вимоги в проектуванні сейсмостійких конструкцій, що доповнюють вимоги Єврокода 3, викладені в EN 1998-4 (Єврокод 8 частина 4 «Проектування сейсмостійких конструкцій: Силоси, резервуари та трубопроводи»).

⁵ При відсутності інших позначень тиск завжди вказується в мбар.

(4) Проектування несучих конструкцій резервуарів розглянуто в EN 1993-1-1.

(5) Проектування алюмінієвих конструкцій покриття сталевих резервуарів розглянуто в EN 1999-1-5.

1 GENERAL

1.1 Scope

(1) Part 4.2 of Eurocode 3 provides principles and application rules for the structural design of vertical cylindrical above ground steel tanks for the storage of liquid products with the following characteristics:

a) characteristic internal pressures above the liquid level not less than -100mbar and not more than 500mbar⁵;

b) design metal temperature in the range of -50°C to +300°C. For tanks constructed using austenitic stainless steels, the design metal temperature may be in the range of -165°C to +300°C. For fatigue loaded tanks, the temperature should be limited to $T < 150$ °C;

c) maximum design liquid level not higher than the top of the cylindrical shell.

(2) This Part 4.2 is concerned only with the requirements for resistance and stability of steel tanks. Other design requirements are covered by EN 14015 for ambient temperature tanks and by EN 14620 for cryogenic tanks, and by EN 1090 for fabrication and erection considerations.

These other requirements include foundations and settlement, fabrication, erection and testing, functional performance, and details like man-holes, flanges, and filling devices.

(3) Provisions concerning the special requirements of seismic design are provided in EN 1998-4 (Eurocode 8 Part 4 “Design of structures for earthquake resistance: Silos, tanks and pipelines”), which complements the provisions of Eurocode 3 specifically for this purpose.

⁵ All pressures are in mbar gauge unless otherwise specified

(4) The design of a supporting structure for a tank is dealt with in EN 1993-1-1.

(5) The design of an aluminium roof structure on a steel tank is dealt with in EN 1999-1-5.

(6) Проектування залізобетонних фундаментів для сталевих резервуарів розглянуто в EN 1992 і EN 1997.

(7) Числові значення особливих впливів на сталеві резервуари, які необхідно враховувати при проектуванні, наведено в EN 1991-4 «Впливи на силоси і резервуари». Додаткові умови щодо впливів на резервуари наведено в додатку А до частини 4.2 Єврокода 3.

(8) Частина 4.2 не включає:

- плаваючі покриття і понтони;
- вогнестійкість забезпечення (викладене в EN 1993-1-2).

(9) Циліндричні резервуари, що розглянуті в цьому стандарті, мають вісесиметричну форму в плані, але можуть піддаватися несиметричному впливу і можуть мати несиметричну форму несучої конструкції.

1.2 Нормативні посилання

Цей Європейський стандарт містить положення інших публікацій у вигляді датованих або недатованих посилань. Ці нормативні посилання знаходяться у відповідних місцях тексту, а перелік публікацій наводиться нижче. Для датованих посилань подальші поправки або редакції будь-яких таких публікацій застосовуються до цього Європейського стандарту лише за умови, що вони включені до нього поправкою або редакцією. Для недатованих посилань застосовується останнє видання публікації, на яку дається посилання.

EN 1090-2 Виробництво сталевих і алюмінієвих конструкцій. Частина 2: Технічні вимоги до сталевих конструкцій;

EN 1990 Основи проектування конструкцій;

EN 1991 Єврокод 1: Впливи на конструкції;

Частина 1.1: Питома вага, власна вага, корисні навантаження в наземному будівництві;

Частина 1.2: Впливи пожежі на несучі конструкції;

Частина 1.3: Снігове навантаження;

Частина 1.4: Вітрове навантаження;

Частина 4: Впливи на силоси і резервуари;

EN 1992 Єврокод 2: Проектування бетонних конструкцій;

EN 1993 Єврокод 3: Проектування сталевих конструкцій;

(6) Foundations in reinforced concrete for steel tanks are dealt with in EN 1992 and EN 1997.

(7) Numerical values of the specific actions on steel tanks to be taken into account in the design are given in EN 1991-4 "Actions on Silos and Tanks". Additional provisions for tank actions are given in annex A to this Part 4.2 of Eurocode 3.

(8) This Part 4.2 does not cover:

- floating roofs and floating covers;
- resistance to fire (refer to EN 1993-1-2).

(9) The circular plan form tanks covered by this standard are restricted to axisymmetric structures, though they can be subject to unsymmetrical actions, and can be unsymmetrically supported.

1.2 Normative references

This European Standard incorporates, by dated or undated reference, provisions from other publications. These normative references are cited at the appropriate places in the text and the publications are listed hereafter. For dated references, subsequent amendments to or revisions of any of these publications apply to this European Standard only when incorporated in it by amendment or revision. For undated references the latest edition of the publication referred to applies.

EN 1090-2 Execution of steel structures and aluminum structures – Part 2: Technical requirements for steel structures;

EN 1990 Basis of structural design;

EN 1991 Eurocode 1: Actions on structures ;

Part 1.1: Actions on Structures - Densities, self weight and imposed loads for buildings;

Part 1.2: Actions on structures - Actions on structures exposed to fire;

Part 1.3: Actions on structures - Snow loads;

Part 1.4: Actions on structures - Wind loads;

Part 4: Actions on silos and tanks;

EN 1992 Eurocode 2: Design of concrete structures ;

EN 1993 Eurocode 3: Design of steel structures;

Частина 1.1: Загальні правила і правила для будівель;
Частина 1.3: Холодноформовані тонкі елементи і листи;
Частина 1.4: Нержавіючі сталі;
Частина 1.6: Загальні правила - додаткові правила щодо міцності та стійкості листових конструкцій;
Частина 1.7: Загальні правила - додаткові правила. Пластинчаті конструкції при навантаженні поза межами площини;
Частина 1.10: Характеристики матеріалу за міцністю і ударною в'язкістю;
Частина 4.1: Силоси;
EN 1997 Єврокод 7: Геотехнічне проектування;
EN 1998 Єврокод 8: Проектування сейсмо – стійких конструкцій;
Частина 4: Силоси, резервуари, трубопро – води;
EN 1999 Єврокод 9: Проектування алюмінієвих конструкцій.
Частина 1.5: Конструкції оболонок;
EN 10025 Вироби гарячекатані з конструкційної нелегованої сталі – технічні умови постачання;
EN 10028 Вироби плоскі сталеві для використання під тиском;
EN 10088 Сталь нержавіюча;
EN 10149 Вироби із сталі з високою границею текучості плоскі гарячекатані для холодного формування;
Частина 1: Загальні умови постачання
Частина 2: Умови постачання термозміц - неної прокатної сталі
Частина 3: Умови постачання нормалізованої або нормалізованої прокатної сталі
EN 13084 Труби димові промислові окремо стоячі
Частина 7: Технічні умови на циліндричні сталеві вироби для димових і обсадних труб.
EN 14015 Технічні умови на проектування і будівництво наземних вертикальних, зварних, сталевих, циліндричних резервуарів з плоским днищем, для зберігання рідини, які монтуються на будівельних майданчиках в температурних умовах не нижче навколишнього середовища;
EN 14620 Проектування і виробництво на місці вертикальних циліндричних, із плоским днищем, сталевих резервуарів для зберігання охолоджених зріджених газів з робочою температурою -5°C і -165°C ;

пр. ДСТУ–Н Б EN 1993-4-2:20XX

Part 1.1: General rules and rules for buildings;
Part 1.3: Cold formed thin members and sheeting;
Part 1.4: Stainless steels;
Part 1.6: General rules - Supplementary rules for the strength and stability of shell structures;
Part 1.7: General rules - Supplementary rules for planar plated structures loaded transversely;
Part 1.10: Material toughness and through thickness properties;
Part 4.1: Silos;
EN 1997 Eurocode 7: Geotechnical design;
EN 1998 Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance;
Part 4: Silos, tanks and pipelines;
EN 1999 Eurocode 9; Design of aluminium structures;
Part 1.5: Shell structures;
EN 10025 Hot rolled products of non-alloy structural steels - technical delivery conditions;
EN 10028 Flat products made of steel for pressure purposes;
EN 10088 Stainless steels
EN 10149 Specification for hot-rolled flat products made of high yield strength steels for cold forming.
Part 1: General delivery conditions
Part 2: Delivery conditions for thermo mechanically rolled steels
Part 3: Delivery conditions for normalized or normalized rolled steels
EN 13084 Freestanding industrial chimneys
Part 7: Product specification of cylindrical steel fabrications for use in single wall steel chimneys and steel liners
EN 14015 Specification for the design and manufacture of site built, vertical, cylindrical, flat bottomed, above ground, welded, metallic tanks for the storage of liquids at ambient temperatures
EN 14620 Design and manufacture of site built, vertical, cylindrical, flat-bottomed steel tanks for the storage of refrigerated, liquefied gases with operating temperatures between -5°C and -165°C ;

пр. ДСТУ–Н Б EN 1993-4-2:20XX

ISO 1000 Система одиниць - СІ

ISO 3898 Основи проектування будівельних конструкцій. Умовні позначення. Загальні символи;

ISO 8930 Загальні принципи надійності будівельних конструкцій. Перелік еквівалентних термінів

1.3 Умови застосування

(1) Додатково до загальних вихідних положень EN 1990, враховується наступне:

- виготовлення та монтаж повинні відповідати вимогам EN 1090, EN 14015 і EN 14620 відповідно.

1.4 Відмінність між принципами і правилами застосування

(1) Дивись 1.4 в EN 1990.

1.5 Терміни та визначення

(1) Терміни, які наведено в 1.5 EN 1990 для загального використання в структурі Єврокодів, та визначення наведені в ISO 8930, застосовуються в Частині 4.2 EN 1993, якщо не вказано інше, але в Частині 4.2 наведені такі додаткові визначення:

1.5.1 оболонка.

Конструкція, виконана із викривленого тонкого листа. Для резервуара цей термін має особливе значення, див. 1.7.2.

1.5.2 вісесиметрична оболонка.

Конструкція стінки, геометрія якої визначається обертанням меридіональної лінії навколо центральної осі.

1.5.3 короб.

Тривимірна конструкція, яка виконана зі збірних плоских листів, що складаються в закриту об'ємну форму. Для цілей цього стандарту короб має розміри, які в цілому зіставні в усіх напрямках.

1.5.4 меридіональний напрям.

Дотична лінія до корпусу резервуара в будь-якій точці вертикального перерізу, що проходить через вісь резервуара. Вона змінюється в залежності від елемента конструкції, що розглядається.

1.5.5 кільцевий напрям.

Горизонтальна дотична лінія до корпусу резервуара в будь-якій точці. Вона змінюється відносно корпусу резервуара, лежить у горизонтальній площині й

ISO 1000 SI Units;

ISO 3898 Bases for design of structures - Notation - General symbols;

ISO 8930 General principles on reliability for structures - List of equivalent terms.

1.3 Assumptions

(1) In addition to the general assumptions of EN 1990 the following assumption applies:

- fabrication and erection complies with EN 1090, EN 14015 and 14620 as appropriate

1.4 Distinction between principles and application rules

(1) See 1.4 in EN 1990.

1.5 Terms and definitions

(1) The terms that are defined in 1.5 in EN 1990 for common use in the Structural Eurocodes and the definitions given in ISO 8930 apply to this Part 4.2 of EN 1993, unless otherwise stated, but for the purposes of this Part 4.2 the following supplementary definitions are given:

1.5.1 shell. A structure formed from a curved thin plate. This term also has a special meaning for tanks: see 1.7.2.

1.5.2 axisymmetric shell. A shell structure whose geometry is defined by rotation of a meridional line about a central axis.

1.5.3 box. A structure formed from an assembly of flat plates into a three-dimensional enclosed form. For the purposes of this standard, the box has dimensions that are generally comparable in all directions.

1.5.4 meridional direction. The tangent to the tank wall at any point in a plane that passes through the axis of the tank. It varies according to the structural element being considered.

1.5.5 circumferential direction. The horizontal tangent to the tank wall at any point. It varies around the tank, lies in the horizontal plane and is tangential to the tank wall irrespective of whether the tank is circular or rectangular in plan.

зберігається незалежно від того якої форми резервуар - циліндричної чи квадратної.

1.5.6 серединна поверхня.

Цей термін використовується для позначення як вільної від напруження середньої зони перерізу під час формування оболонки простим згином, так і середньої зони перерізу плоского листа, що є складовою частиною короба.

1.5.7 інтервал між ребрами жорсткості.

Відстань між поздовжніми осями двох сусідніх паралельних ребер жорсткості. Додатково до Частини 1 EN 1993 (і Частини 4 EN 1991), у Частині 4.2 застосовується наступна термінологія:

1.5.8 резервуар.

Смність для зберігання рідких продуктів. У цьому стандарті передбачається, що він призматичний з вертикальною віссю (за винятком нижньої частини резервуара та частин покриття).

1.5.9 оболонка.

Оболонка – це циліндрична стінка резервуара кругла в плані. Таке визначення дещо не кореспондується з визначенням в 1.4.1, але досить часто так використовується. Для уникнення непорозумінь можливе альтернативне визначення «циліндрична стінка».

1.5.10 корпус резервуара.

Металеві листові елементи, з яких формують вертикальні стінки, покриття і днища, тобто корпус резервуара. Виключно до вертикальних стінок цей термін не використовується.

1.5.11 пояс.

Циліндрична стінка резервуара формується з коротких циліндричних секцій з вертикальними з'єднаннями між окремими вальцьованими листами. Пояс не має горизонтальних з'єднань.

1.5.12 хоппер.

Збіжна до низу частина резервуара. Він використовується для направлення рідин до отвору для їхнього видалення під дією сили тяжіння. Зазвичай влаштовують при вмісті завислих твердих часток.

1.5.13 з'єднання.

Вузел, у якому з'єднуються два або більше елементів корпусу або плоских листів. Він може включати або не включати ребро

1.5.6 middle surface. This term is used to refer to both the stress-free middle surface when a shell is in pure bending and the middle plane of a flat plate that forms part of a box.

1.5.7 separation of stiffeners. The centre to centre distance between the longitudinal axes of two adjacent parallel stiffeners. Supplementary to Part 1 of EN 1993 (and Part 4 of EN 1991), for the purposes of this Part 4.2, the following terminology applies:

1.5.8 tank. A tank is a vessel for storing liquid products. In this standard it is assumed to be prismatic with a vertical axis (with the exception of the tank bottom and roof parts).

1.5.9 shell. The shell is the cylindrical wall of the tank of circular planform. Although this usage is slightly confusing when it is compared to the definition given **in 1.4.1**, it is so widely used with the two meanings that both have been retained here. Where any confusion can arise, the alternative term “cylindrical wall” is used.

1.5.10 tank wall. The metal plate elements forming the vertical walls, roof or a hopper bottom are referred to as the tank wall. This term is not restricted to the vertical walls.

1.5.11 course. The cylindrical wall of the tank is formed making horizontal joints between a series of short cylindrical sections, each of which is formed by making vertical joints between individual curved plates. A short cylinder without horizontal joints is termed a course.

1.5.12 hopper. A hopper is a converging section towards the bottom of a tank. It is used to channel fluids towards a gravity discharge outlet (usually when they contain suspended solids).

1.5.13 junction. A junction is the point at which any two or more shell segments or flat plate elements meet. It can include a stiffener or not: the point of attachment of a ring

пр. ДСТУ–Н Б EN 1993-4-2:20XX

жорсткості. Місце присіднання кільцевого ребра жорсткості до корпусу або короба може розглядатися як з'єднання.

1.5.14 перехідне з'єднання (уторний стик).

З'єднання вертикальної стінки з днищем або хоппером. З'єднання може бути у нижньої кромки вертикальної стінки або поруч із нею.

1.5.15 з'єднання корпус - покриття.

З'єднання корпус-покриття – це з'єднання між вертикальною стінкою і покриттям

Термін, що іноді вказується як верхнє уторне з'єднання.

1.5.16 поздовжнє ребро жорсткості.

Локальний елемент зміцнення конструкції, розташований уздовж меридіонального напрямку оболонки. Встановлюється для забезпечення стійкості або використовується для передачі на корпус локальних навантажень, або для сприйняття осьових навантажень. Для сприйняття згину від дії поперечних навантажень не призначається.

1.5.17 ребро.

Локальний елемент, який забезпечує передачу навантажень, що викликають згин стінки або її листів, використовується для розподілу на конструкцію поперечних навантажень, що виникають під впливом згину.

1.5.18 кільцеве ребро жорсткості.

Елемент жорсткості, що проходить по периметру стінки на певній висоті. Припускається, що жорсткості у меридіональному напрямку в елементі не має. Використовується ребро для підвищення стійкості або сприйняття локальних навантажень, але не є основним несучим елементом. У циліндричних стінках воно має форму кільця, а в прямокутних таку ж форму в плані, як і конструкція.

1.5.19 опорне кільце.

Елемент, що проходить по периметру нижньої кромки стінки в зоні днища резервуара й призначається для забезпечення проектного положення стінки.

1.5.20 кільцева балка.

Кругове ребро жорсткості, що забезпечує згинальну жорсткість та міцність циліндричної стінки або використовується в прямокутному коробі при зміні в плані відповідної форми. Кільцева балка розташовується по нормалі до площини конструкції, і є основним елементом для

stiffener to the shell or box may be treated as a junction.

1.5.14 transition junction. The transition junction is the junction between the vertical wall and a hopper. The junction can be at the base of the vertical wall or part way down it.

1.5.15 shell-roof junction. The shell-roof junction is the junction between the vertical wall and the roof. It is sometimes referred to as the eaves junction, though this usage is more common for solids storages.

1.5.16 stringer stiffener. A stringer stiffener is a local stiffening member that follows the meridian of a shell, representing a generator of the shell of revolution. It is provided to increase the stability, or to assist with the introduction of local loads or to carry axial loads. It is not intended to provide a primary load carrying capacity for bending due to transverse loads.

1.5.17 rib. A rib is a local member that provides a primary load carrying path for loads causing bending down the meridian of a shell or flat plate, representing a generator of the shell of revolution or a vertical stiffener on a box. It is used to distribute transverse loads on the structure by bending action.

1.5.18 ring stiffener. A ring stiffener is a local stiffening member that passes around the circumference of the structure at a given point on the meridian. It is assumed to have no stiffness in the meridional plane of the structure. It is provided to increase the stability or to introduce local loads, not as a primary load-carrying element. In a shell of revolution it is circular, but in rectangular structures it takes the rectangular form of the plan section.

1.5.19 base ring. A base ring is a structural member that passes around the circumference of the structure at the base and is required to ensure that the assumed boundary conditions are achieved in practice.

1.5.20 ring girder or ring beam. A ring girder or ring beam is a circumferential stiffener which has bending stiffness and strength both in the plane of the circular section of a shell or the plan section of a rectangular structure and also normal to that plane. It is a primary load-carrying element, used to distribute local loads into the shell or

сприйняття навантаження та розподілу локальних навантажень на конструкції стінки або короба.

1.5.21 резервуар на постійній основі.

Резервуар, що розташований на постійній однорідній основі по всій площині спираючої. Незначні відхилення від однорідності основи (наприклад, невеликий отвір) не повинні впливати на застосування цього визначення.

1.5.22 дискретне опираючі.

Технічне рішення, згідно з яким резервуар опирається на обмежену кількість локальних стояків і кронштейнів.

1.5.23 уловлювальний резервуар.

Зовнішній резервуар для утримання рідини, яка може вилитись в результаті протікання або через аварію в основному резервуарі. Цей тип конструкції застосовується там, де в основному резервуарі утримуються токсичні або небезпечні рідини.

1.6 Символи, що використані в частині 4-2 Єврокода 3

Символи застосовуються згідно з ISO 3898:1987.

1.6.1 Латинські великі букви

<i>A</i>	— площа поперечного перерізу;
<i>A1, A2</i>	— площа верхнього та нижнього фланців центрального кільця покриття;
<i>D</i>	— діаметр резервуара;
<i>E</i>	— модуль Юнга;
<i>H</i>	— висота частини стінки до вершу рідини; максимальна проектна висота наливу рідини;
<i>H₀</i>	— висота стінки резервуара;
<i>I</i>	— момент інерції поперечного перерізу;
<i>K</i>	— коефіцієнт, що використовується при розрахунках на стійкість;
<i>L</i>	— висота ділянки оболонки або відстань між ребрами жорсткості;
<i>M</i>	— згинальний момент в конструктивному елементі;
<i>N</i>	— осьова сила в конструктивному елементі;
<i>N_f</i>	— мінімальне число циклів навантаження при розрахунку втоми;
<i>P</i>	— вертикальне навантаження на крокву покриття;

box structure.

1.5.21 continuously supported. A continuously supported tank is one in which all positions around the circumference are supported in an identical manner. Minor departures from this condition (e.g. a small opening) need not affect the applicability of the definition.

1.5.22 discrete support. A discrete support is a position in which a tank is supported using a local bracket or column, giving a limited number of narrow supports around the tank circumference.

1.5.23 catch basin. An external tank structure to contain fluid that may escape by leakage or accident from the primary tank. This type of structure is used where the primary tank contains toxic or dangerous fluids.

1.6 Symbols used in Part 4.2 of Eurocode 3

The symbols used are based on ISO 3898:1987.

1.6.1 Roman upper case letters

<i>A</i>	— area of cross-section;
<i>A1, A2</i>	— area of top, bottom flange of roof centre ring ;
<i>D</i>	— diameter of tank;
<i>E</i>	— Young's modulus;
<i>H</i>	— height of part of shell wall to liquid surface; maximum design liquid height;
<i>H₀</i>	— height of the tank shell;
<i>I</i>	— second moment of area of cross-section;
<i>K</i>	— coefficient for buckling design;
<i>L</i>	— height of shell segment or stiffener shear length;
<i>M</i>	— bending moment in structural member;
<i>N</i>	— axial force in structural member;
<i>N_f</i>	— minimum number of load cycles relevant for fatigue;
<i>P</i>	— vertical load on roof rafter;

пр. ДСТУ–Н Б EN 1993-4-2:20XX

R — радіус кривизни ділянки стінки з відхиленням від циліндричності;
 T — температура;
 W — пружний момент опору перерізу; вага.

1.6.2 Малі латинські букви

a — довжина прямокутного отвору в оболонці;
 b — ширина прямокутного отвору в оболонці; ширина листа в поперечному перерізі;
 c_p — аеродинамічний коефіцієнт;
 d — діаметр люка або патрубку;
 e — відстань від зовнішнього волокна балки до осі балки;
 f_y — розрахункова границя текучості сталі;
 f_u — границя міцності сталі;
 h — підйом покриття (висота вершини купола покриття над площиною її приєднання до корпусу резервуара); висота кожного пояса стінки резервуара;
 j — коефіцієнт міцності з'єднання; коефіцієнт концентрації напруження; кількість поясів стінки;
 l — висота корпусу, над яким може утворитися вигин;
 m — згинальний момент на одиницю довжини;
 n — головне мембранне зусилля; кількість кроків у круглому покритті резервуара;
 p — розподілене навантаження (не обов'язково під прямим кутом до стінки);
 p_n — нормальний тиск на корпус резервуара (зовні);
 r — радіус серединної поверхні циліндричної стінки резервуара;
 t — товщина стінки;
 w — мінімальна ширина опорного кільця;
 x — радіальна координата для покриття резервуара;
 y — місцева вертикальна координата для покриття резервуара; коефіцієнт компенсації в конструкції підсилення отворів;

R — radius of curvature of shell which is not cylindrical;
 T — temperature;
 W — elastic section modulus; weight.

1.6.2 Roman lower case letters

a — side length of a rectangular opening in the shell;
 b — side length of a rectangular opening in the shell; width of a plate element in a cross-section;
 c_p — coefficient for wind pressure loading;
 d — diameter of manhole or nozzle;
 e — distance of outer fibre of beam to beam axis;
 f_y — design yield strength of steel;
 f_u — ultimate strength of steel;
 h — rise of roof (height of apex of a dome roof above the plane of its junction to the tank shell) height of each course in tank shell;
 j — joint efficiency factor; stress concentration factor; count of shell wall courses;
 l — height of shell over which a buckle may form;
 m — bending moment per unit width;
 n — membrane stress resultant number of rafters in circular tank roof;
 p — distributed loading (not necessarily normal to wall);
 p_n — pressure normal to tank wall (outward);
 r — radius of middle surface of cylindrical wall of tank;
 t — wall thickness;
 w — minimum width of base ring annular plate;
 x — radial coordinate for a tank roof;
 y — local vertical coordinate for a tank roof; replacement factor used in design of reinforced openings;

z — головна осьова координата уздовж вертикальної осі резервуара (оболонка обертання).

1.6.3 Грецькі букви

α — нахил покриття;
 β — відхилення днища резервуара від вертикалі; $\beta = \pi/n$, де n — це кількість крокв;
 γ_F — коефіцієнт надійності за навантаженням;
 γ_M — коефіцієнт надійності за матеріалом;
 δ — прогин;
 Δ — зміна змінної;
 ν — коефіцієнт Пуассона;
 θ — кругова координата по колу стінки;
 σ — нормальне напруження;
 τ — дотичне напруження.

1.6.4 Підрядкові індекси

E — значення напруження або переміщення (за результатами розрахунків);
 F — на половині прольоту; вплив;
 a — кільцевий;
 d — розрахункове значення;
 f — втома;
 i — в середині; спрямований усередину; розрахункова змінна;
 k — центральне кільце покриття;
 k — нормативне значення;
 m — середнє значення;
 min — мінімальна допустима величина;
 n — номінальний; під прямим кутом до стіни;
 o — ззовні; спрямований назовні;
 p — тиск;
 r — радіальний; кільцевий;
 R — несуча здатність;
 s — на опорі;
 s — стінка оболонка;
 x — меридіональний; радіальний; осьовий;
 y — кільцевої; перпендикулярний; пластична деформація;
 0 — еталонне значення;
 1 — верхній;
 2 — нижній;
 θ — кільцевий (в оболонках обертання).

пр. ДСТУ–Н Б EN 1993-4-2:20XX

z — global axial coordinate coordinate along the vertical axis of an axisymmetric tank (shell of revolution)

1.6.3 Greek letters

α — slope of roof;
 β — inclination of tank bottom to vertical; $\beta = \pi/n$, where n is the number of rafters;
 γ_F — partial factor for actions;
 γ_M — partial factor for resistance;
 δ — deflection;
 Δ — change in a variable;
 ν — Poisson's ratio;
 θ — circumferential coordinate around shell;
 σ — direct stress
 τ — shear stress

1.6.4 Subscripts

E — value of stress or displacement (arising from design actions);
 F — at half span; action;
 a — annular;
 d — design value;
 f — fatigue;
 i — inside; inward directed; counting variable;
 k — roof centre ring;
 k — characteristic value;
 m — mean value;
 min — minimum allowed value;
 n — nominal; normal to the wall;
 o — outside; outward directed;
 p — pressure;
 r — radial; ring;
 R — resistance;
 s — at support;
 s — shell wall;
 x — meridional; radial; axial;
 y — circumferential; transverse; yield;
 0 — reference value
 1 — upper
 2 — lower
 θ — circumferential (shells of revolution)

1.7 Правила умовних позначень

1.7.1 Умовні позначення в загальній системі координат для конструкції циліндричних резервуарів

(1) Умовні позначення наведені тут для всієї конструкції резервуара і підкреслюють, що сам резервуар не є конструктивним елементом. Необхідно уважно користуватись системою координат, щоб не плутати місцеві координати, що пов'язані з примикаючими до стінки каркасу елементами, і навантаження, які наводяться в місцевих координатах, але визначаються в загальних.

(2) В цілому умовні позначення для загальної осевої системи координат конструкції резервуара - такі циліндричні координати (див. рис. 1.1):

Координатна система

Координата вздовж центральної осі	
обертання оболонки	z
Радіальна координата	r
Колова координата	θ

(3) Умовне позначення для позитивного напрямку:

Напрямок назовні (внутрішній тиск, зміщення назовні – позитивний).

Розтягнення позитивне (за винятком рівнянь згину, де позитивним є стиснення).

(4) Умовні позначення для розподілених впливів на поверхню корпусу резервуара такі:

Тиск перпендикулярний	каркасу
(зовнішній тиск)	$- P_n$

1.7 Sign conventions

1.7.1 Conventions for global tank structure axis system for circular tanks

(1) The sign convention given here is for the complete tank structure, and recognises that the tank is not a structural member. Care with coordinate systems is required to ensure that local coordinates associated with members attached to the shell wall and loadings given in local coordinate directions but defined by a global coordinate are not confused.

(2) In general, the convention for the global tank structure axis system is in cylindrical coordinates (see figure 1.1) as follows:

Coordinate system

Coordinate along the central axis of a shell of revolution	z
Radial coordinate	r
Circumferential coordinate	θ

(3) The convention for positive directions is:

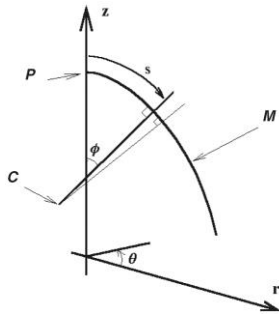
Outward direction positive (internal pressure positive, outward displacements positive).

Tensile stresses positive (except in buckling equations where compression is positive).

(4) The convention for distributed actions on the tank wall surface is:

Pressure normal to shell (outward pressure)	$- P_n$
---	---------

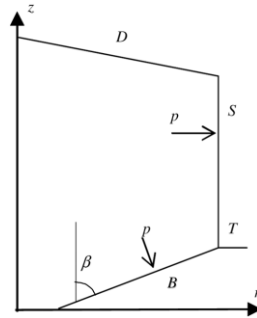
a)



P — вісь резервуара;
M — меридіан оболонки корпусу;
C — тимчасовий центр меридіональної кривизни

D — покриття;
S — стінка;
B — днище;
T — з'єднання

b)



P — pole;
M — shell meridian;
C — instantaneous centre of meridional curvature

D — roof;
S — shell;
B — bottom;
T — transition

a) тривимірна схема із загальною вісесиметричною системою координат стінки

a) 3D sketch with general axisymmetric shell coordinate system

b) координати і навантаження: вертикальний розріз

b) coordinates and loading: vertical section

Рисунок 1.1 – Координатна система для циліндричного резервуара

Figure 1.1: Coordinate systems for a circular tank

1.7.2 Умовні позначення в загальній системі координат для прямокутних резервуарів

(1) Умовні позначення, наведені тут для всієї конструкції резервуара та підкреслюють, що сам резервуар не є елементом більш загальної будівельної конструкції. Необхідно уважно користуватись системою координат, щоб не плутати місцеві координати, пов'язані з примикаючими до стінки каркаса елементами, і навантаження, які наводяться в місцевих координатах, але визначаються в загальних.

(2) У цілому, умовні позначення, що використовуються в загальній системі координат для резервуарів – це декартові координати *x*, *y*, *z*, де за вертикальну вісь прийнята вісь *z* (див. рис. 1.2).

(3) Умовні позначення для позитивних напрямків:

Напрямок назовні (внутрішній тиск, зміщення

1.7.2 Conventions for global tank structure axis system for rectangular tanks

(1) The sign convention given here is for the complete tank structure, and recognises that the tank is not a structural member. Care with coordinate systems is required to ensure that local coordinates associated with members attached to the box wall and loadings given in local coordinate directions but defined by a global coordinate are not confused.

(2) In general, the convention for the global tank structure axis system is in Cartesian coordinates *x*, *y*, *z*, where the vertical direction is taken as *z* (see figure 1.2).

(3) The convention for positive directions is:

Outward direction positive (internal pressure

пр. ДСТУ–Н Б EN 1993-4-2:20XX

назовні) - позитивний.

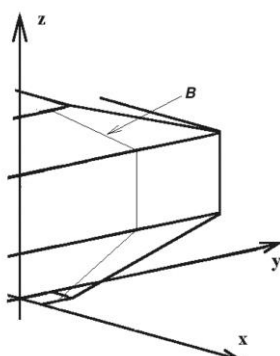
Розтягнення позитивне (за винятком рівнянь згину, де позитивним є стиснення).

Дотичне напруження: див. 1.8.4

(4) Умовне позначення для розподілених впливів на поверхню корпусу резервуара таке:

Тиск перпендикулярний коробу (зовнішній тиск позитивний) p

a)



B — меридіан короба
B — box meridian

a) тривимірна схема із загальною системою координат
a) 3D sketch with general coordinate system

positive, outward displacements positive)

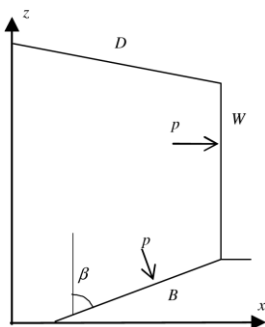
Tensile stresses positive (except in buckling equations where compression is positive)

Shear stresses: see 1.8.4

(4) The convention for distributed actions on the tank wall surface is:

Pressure normal to box (outward positive) p

b)



D — покриття; W — стінка; B — днище
D — roof; W — wall; B — bottom

b) координати і навантаження: вертикальний розріз
b) coordinates and loading: vertical section

Рисунок 1.2 – Координатна система для прямокутного резервуара

Figure 1.2: Coordinate systems for a rectangular tank:

1.7.3 Умовні позначення для осей конструктивних елементів в циліндричних і прямокутних резервуарах

(1) Умовні позначення для конструктивних елементів, що примикають до корпусу резервуара (див. рис. 1.3 і 1.4) різняться для меридіональних і кільцевих елементів.

(2) Умовні позначення для прямих меридіональних конструктивних елементів (див. рис 1.3а), що примикають до стінки резервуара (як до оболонки, так і до короба) такі:

– меридіональна координата для прикріплення резервуару, хоппера і покриття x

1.7.3 Conventions for structural element axes in both circular and rectangular tanks

(1) The convention for structural elements attached to the tank wall (see figures 1.3 and 1.4) is different for meridional and circumferential members.

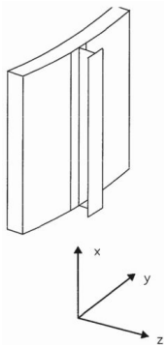
(2) The convention for meridional straight structural elements (see figure 1.3a) attached to the tank wall (for both a shell and a box) is:

– meridional coordinate for cylinder, hopper and roof attachment x

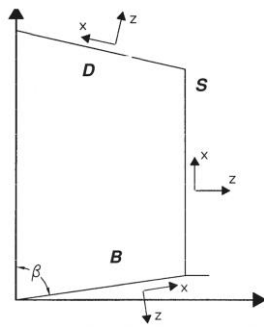
– значно скривлена вісь (паралельно фланцям) y
 – дещо скривлена вісь (перпендикулярна фланцям) z

– strong bending axis (parallel to flanges) y
 – weak bending axis (perpendicular to flanges) z

a)



b)



D — покриття; S — стінка (оболонка); B — днище
 D — roof; S — shell; B — bottom

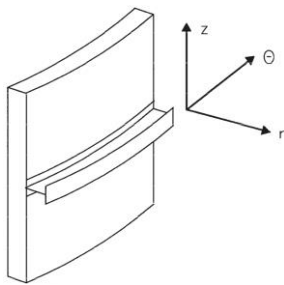
a) ребро жорсткості і осі згину
 a) stiffener and axes of bending

b) місцеві осі в різних елементах
 b) local axes in different segments

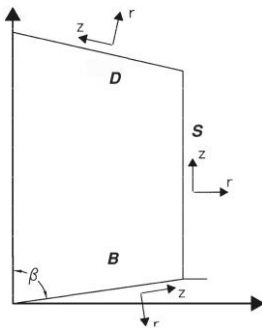
Рисунок 1.3 – Місцева система координат для меридіональних ребер жорсткості на оболонці або коробі

Figure 1.3: Local coordinate systems for meridional stiffeners on a shell or box:

a)



b)



D — дах; S — стінка(оболонка); B — днище
 D — roof; S — shell; B — bottom

a) ребро жорсткості й осі згину;
 a) stiffener and axes of bending

b) місцеві осі в різних елементах
 b) local axes in different segments

Рисунок 1.4 – Місцева система координат для кільцевих ребер жорсткості: на оболонці або коробі

Figure 1.4: Local coordinate systems for circumferential stiffeners on a shell or box

(3) Умовні позначення для кільцевих конструктивних елементів (див. рис. 1.4а), що примикають до корпусу, наступні:

— кільцева координатна вісь (крива) θ
 — радіальна вісь r
 — вертикальна вісь z

(4) Умовні позначення для прямих конструктивних елементів, що кріпляться до короба по периметру, наступні:

— вісь по периметру x
 — горизонтальна вісь y
 — вертикальна вісь z

1.7.4 Умовні позначення зусиль для циліндричних і прямокутних резервуарів

(1) Умовні позначення з використанням підрядкових індексів, що вказують на мембранні сили, наступні:

Підрядковий індекс визначає напрямок, у якому виникає нормальне напруження, викликане дією цієї сили. Для мембранних деформацій зсуву і для крутильних моментів умовні позначення наведені на рис. 1.5.

Мембранні зусилля, див. рис. 1.5:

n_x — меридіональне мембранне зусилля;

n_θ — кільцеве мембранне зусилля в оболонці;

n_y — мембранні зусилля по периметру в прямокутних коробах;

n_{xy} або $n_{x\theta}$ — мембранні зусилля деформацій зсуву.

Мембранні напруження:

σ_{mx} — меридіональне мембранне напруження;

$\sigma_{m\theta}$ — кільцеве мембранне напруження в оболонці;

σ_{my} — мембранне напруження по периметру прямокутних коробів;

τ_{mxy} або $\tau_{mx\theta}$ — мембранне напруження деформації зсуву.

(2) Умовні позначення підрядкових індексів, що вказують на моменти:

Підрядковий індекс визначає напрямок, у якому виникає нормальне напруження, що викликане цим моментом. Для крутильних моментів умовні позначення показані на рис. 1.5.

(3) The convention for circumferential curved structural elements (see figure 1.4a) attached to a shell wall is:

— circumferential coordinate axis (curved) θ
 — radial axis r
 — vertical axis z

(4) The convention for circumferential straight structural elements attached to a box is:

— circumferential axis x
 — horizontal axis y
 — vertical axis z

1.7.4 Conventions for stress resultants for circular tanks and rectangular tanks

(1) The convention used for subscripts indicating membrane forces is:

“The subscript derives from the direction in which direct stress is induced by the force” for direct stress resultants. For membrane shears and twisting moments, the sign convention is shown in figure 1.5.

Membrane stress resultants, see figure 1.5:

n_x — meridional membrane stress resultant;

n_θ — circumferential membrane stress resultant in shells;

n_y — circumferential membrane stress resultant in rectangular boxes;

n_{xy} or $n_{x\theta}$ — membrane shear stress resultant.

Membrane stresses:

σ_{mx} — meridional membrane stress;

$\sigma_{m\theta}$ — circumferential membrane stress in shells;

σ_{my} — circumferential membrane stress in rectangular boxes;

τ_{mxy} or $\tau_{mx\theta}$ — membrane shear stress.

(2) The convention used for subscripts indicating moments is:

“The subscript derives from the direction in which direct stress is induced by the moment”. For twisting moments, the sign convention is shown in Figure 1.5.

Примітка: Ці умовні позначення для оболонок і листів не відповідають позначенням для балок і колон, що використовуються в частинах 1.1 і 1.3 Єврокода 3. Виходячи з цього їх необхідно використовувати з особливою обережністю.

Зусилля згину, див. рис. 1.5:

m_x – меридіональний згинальний момент на одиницю ширини
 m_θ – кільцевий згинальний момент на одиницю ширини в стінках
 m_y – згинальний момент по периметру в прямокутних коробах
 m_{xy} або $m_{x\theta}$ – крутильний момент деформації зсуву на одиницю ширини

Напруження згину:

σ_{bx} – меридіональне згинальне напруження
 $\sigma_{b\theta}$ – кільцеве згинальне напруження в стінках
 σ_{by} – згинальне напруження по периметру прямокутних коробів
 τ_{bxy} або $\tau_{bx\theta}$ – крутильне напруження деформації зсуву

Напруження внутрішніх і зовнішніх поверхонь:

σ_{six} , σ_{sox} – меридіональне напруження внутрішньої та зовнішньої поверхонь

$\sigma_{si\theta}$, $\sigma_{so\theta}$ – кільцеві напруження внутрішньої і зовнішньої поверхонь оболонок

σ_{siy} , σ_{soy} – напруження внутрішньої та зовнішньої поверхонь по периметру в прямокутних коробах

τ_{sixy} , τ_{soxy} – напруження деформації зсуву внутрішньої і зовнішньої поверхонь в прямокутних коробах

пр. ДСТУ–Н Б EN 1993-4-2:20XX

NOTE: This plate and shell convention is at variance with beam and column conventions used in Eurocode 3: Parts 1.1 and 1.3. Care needs to be exercised when using them in conjunction with these provisions..

Bending stress resultants, see figure 1.5:

m_x – meridional bending moment per unit width
 m_θ – circumferential bending moment per unit width in shells
 m_y – circumferential bending stress resultant in rectangular boxes
 m_{xy} or $m_{x\theta}$ – twisting shear moment per unit width

Bending stresses:

σ_{bx} – meridional bending stress
 $\sigma_{b\theta}$ – circumferential bending stress in shells
 σ_{by} – circumferential bending stress in rectangular boxes
 τ_{bxy} or $\tau_{bx\theta}$ – twisting shear stress

Inner and outer surface stresses:

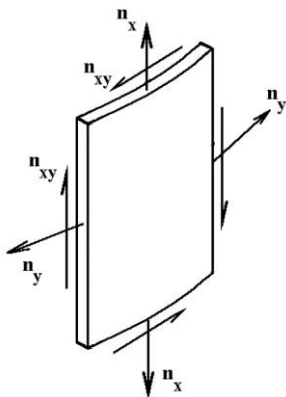
σ_{six} , σ_{sox} – meridional inner, outer surface stress

$\sigma_{si\theta}$, $\sigma_{so\theta}$ – circumferential inner, outer surface stress in shells

σ_{siy} , σ_{soy} – circumferential inner, outer surface stress in rectangular boxes

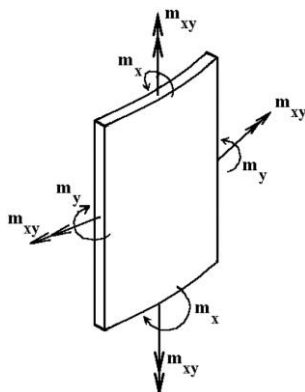
τ_{sixy} , τ_{soxy} – inner, outer surface shear stress in rectangular boxes

a)



a) мембранні зусилля
a) membrane stress resultants

b)



b) згинальні моменти
b) bending stress resultants

Рисунок 1.5 – Зусилля в стінці резервуара (оболонки і короби)

Figure 1.5: Stress resultants in the tank wall (shells and boxes)

1.8 Одиниці СІ

(1) Р Одиниці СІ повинні застосовуватись згідно з ISO 1000.

(2) Для розрахунків рекомендовані такі уніфіковані одиниці:

– розміри	:	м	мм
– dimensions	:	m	mm
– питома вага	:	кН/м ³	Н/мм ³
– unit weight	:	кН/м ³	Н/мм ³
– сили та навантаження	:	кН	Н
– forces and loads	:	кН	Н
– погонні зусилля та навантаження	:	кН/м	Н/мм
– line forces and line loads	:	кН/м	Н/мм
– тиск та впливи, розподілені по площині	:	кПа	МПа
– pressures and area distributed actions	:	кПа	МПа
– щільність	:	кг/м ³	кг/мм ³
– unit mass	:	кг/м ³	кг/мм ³
– прискорення	:	км/сек ²	м/сек ²
– acceleration	:	км/с ²	м/с ²
– мембранні погонні зусилля	:	кН/м	Н/мм
– membrane stress resultants	:	кН/м	Н/мм
– погонні зусилля згину	:	кНм/м	Нмм/мм
– bending stress resultants	:	кНм/м	Нмм/мм
– напруження і модулі пружності	:	кПа	МПа (=Н/мм ²)
– stresses and elastic modules	:	кПа	МПа (=Н/мм ²)

1.8 Units

(1) P S.I. units shall be used in accordance with ISO 1000.

(2) For calculations, the following consistent units are recommended:

	:	m	mm
	:	m	mm
	:	kN/m ³	N/mm ³
	:	kN/m ³	N/mm ³
	:	kN	N
	:	kN	N
	:	kN/m	N/mm
	:	kN/m	N/mm
	:	kPa	MPa
	:	kPa	MPa
	:	kg/m ³	kg/mm ³
	:	kg/m ³	kg/mm ³
	:	km/sec ²	m/sec ²
	:	km/s ²	m/s ²
	:	kN/m	N/mm
	:	kN/m	N/mm
	:	kNm/m	Nmm/mm
	:	kNm/m	Nmm/mm
	:	kPa	MPa (=N/mm ²)
	:	kPa	MPa (=N/mm ²)

2 ОСНОВИ ПРОЕКТУВАННЯ

2.1 Вимоги

(1)Р Резервуар повинен бути спроектований, споруджений і обслуговуватися так, щоб відповідати вимогам розділу 2 EN 1990 з наступними доповненнями, наведеними нижче.

(2) Особлива увага повинна приділятися умовам під час будівництва.

2.2 Класифікація за надійністю

(1) Щодо класифікації за надійністю див. EN 1990.

Примітка: Національний додаток може надавати визначення класів відповідальності в залежності від місця розташування, способу заповнення та навантаження, типу конструкції, її розміру та особливостей експлуатації.

(2)Р При проектуванні резервуарів повинні використовуватися різні рівні підходу в залежності від визначеного класу відповідальності, включаючи конструктивні рішення і схильність до різних видів руйнування.

(3) У цій частині використано три класи відповідальності з певними вимогами до об'єкту проектування, за якими встановлюється фактично однаковий підхід в оцінці витрат і необхідних заходів щодо зниження ризику руйнування різних конструкцій: класи відповідальності 1, 2 і 3.

Примітка: Інформація щодо класів відповідальності може бути надана в Національному додатку. Рекомендується така класифікація.

— **Клас відповідальності 3:** Резервуари для зберігання рідини або скраплених газів з токсичним або вибухонебезпечним потенціалом і резервуари великого розміру із займистими рідинами або забруднюючими воду на міських територіях. Там, де це необхідно для цих конструкцій повинні також враховуватись аварійні навантаження, див. додаток A.2.14.

— **Клас відповідальності 2:** Резервуари середнього розміру із займистими рідинами або забруднюючими воду на міських територіях.

2 BASIS OF DESIGN

2.1 Requirements

(1)P A tank shall be designed, constructed and maintained to meet the requirements of section 2 of EN 1990 as supplemented by the following.

(2) Special consideration should be given to situations during erection

2.2 Reliability differentiation

(1) For reliability differentiation see EN 1990.

NOTE: The National Annex may define consequence classes for tanks as a function of the location, type of infill and loading, the structural type, size and type of operation.

(2)P Different levels of rigour shall be used in the design of tanks, depending on the consequence class chosen, that also includes the structural arrangement and the susceptibility to different failure modes.

(3) In this Part, three consequence classes are used with requirements which produce designs with essentially equal risk in the design assessment and considering the expense and procedures necessary to reduce the risk of failure for different structures: consequence classes 1, 2 and 3.

NOTE: The National Annex may provide information on the consequence classes. The following classification is recommended

— **Consequence Class 3:** Tanks storing liquids or liquefied gases with toxic or explosive potential and large size tanks with flammable or water-polluting liquids in urban areas. Emergency loadings should be taken into account for these structures where necessary, see annex A.2.14.

— **Consequence Class 2:** Medium size tanks with flammable or water-polluting liquids in urban areas.

пр. ДСТУ–Н Б EN 1993-4-2:20XX

— **Клас відповідальності 1:** Резервуари в сільському господарстві або резервуари, в яких утримують воду.

(4)P Визначення відповідного Класу відповіді - дальності узгоджується між проекту - вальником, замовником і відповідним контролюючим органом.

2.3 Граничні стани

(1) У цій частині повинні прийматись граничні стани, що визначені в EN 1993-1-6.

2.4 Навантаження та впливи

(1)P Необхідно дотримуватися загальних правил, викладених в розділі 4 EN 1990.

(2) Оскільки в EN 1991 наведена неповна інформація стосовно вітрових навантажень, що доповнюють навантаження викликані тиском рідини, внутрішнім тиском, навантаження від температурних впливів, від клапанів, труб і інших елементів, з'єднаних з резервуаром, від нерівномірного осідання, і аварійні навантаження, приводиться спеціальна додаткова інформація у додатку А.

2.5 Властивості матеріалу

(1) Необхідно дотримуватися загальних вимог, наведених в EN 1993-1-1.

(2) Для резервуарів повинні застосовуватись матеріали із специфічними властивостями згідно з розділом 3.

2.6 Геометричні дані

(1) Стосовно геометричних даних може бути використана загальна інформація, наведена в EN 1990.

(2) Стосовно конструкцій оболонок може використовуватись додаткова специфічна інформація, яка наведена в EN 1993-1-6.

(3) Товщина листів при розрахунках повинна визначатися, згідно з 4.1.2.

2.7 Моделювання резервуара для визначення результатів впливів

(1)P Необхідно дотримуватися загальних правил, які наведені в EN 1990.

— **Consequence Class 1:** Agricultural tanks or tanks containing water.

(4)P The choice of the relevant Consequence Class shall be agreed between the designer, the client and the relevant authority.

2.3 Limit states

(1) The limit states defined in EN 1993-1-6 should be adopted for this Part.

2.4 Actions and environmental effects

(1)P The general requirements set out in section 4 of EN 1990 shall be satisfied.

(2) Because the information wind loads on liquid induced loads, internal pressure loads, thermally induced loads, loads resulting from pipes valves and other items connected to the tank, loads resulting from uneven settlement and emergency loadings set down in EN1991 is not complete special information is given in annex A.

2.5 Material properties

(1) The general requirements for material properties given in EN 1993-1-1 should be followed.

(2) The specific properties of materials for tanks given in section 3 of this Part should be used.

2.6 Geometrical data

(1) The general information on geometrical data provided in EN 1990 may be used.

(2) The additional information specific to shell structures provided in EN 1993-1-6 may be used.

(3) The plate thicknesses given in 4.1.2 should be used in calculations.

2.7 Modelling of the tank for determining action effects

(1)P The general requirements of EN 1990 shall be followed.

(2) Для забезпечення експлуатаційної надійності при розрахунках кожного конструктивного елемента повинні враховуватися специфічні вимоги згідно з 5.5, 7.5 і 9.4.

(3) Для конструктивного аналізу відносно граничного стану за несучою здатністю повинні застосовуватися специфічні вимоги, зазначені в 5.3, 7.3 і 9.3 (і більш докладно в EN 1993-1-6).

2.8 Проектування за результатами випробувань

(1) Необхідно дотримуватись загальних правил, викладених у Додатку Д EN 1990.

2.9 Перевірка граничних станів за результатами впливів

2.9.1 Загальні положення

(1) Необхідно дотримуватись загальних правил згідно з EN 1990.

2.9.2 Коефіцієнти для граничних станів за несучою здатністю

2.9.2.1 Коефіцієнти надійності за навантаженням резервуара

(1)P Для постійних і короткочасних розрахункових ситуацій повинні враховуватись коефіцієнти γ_F .

Примітка: У Національному додатку можуть бути представлені значення для коефіцієнтів надійності за навантаженням γ_F . Таблиця 2.1 надає рекомендовані значення для γ_F .

(2)P Для особливих розрахункових ситуацій при змінних впливах використовуються також коефіцієнти γ_F . Це може також застосовуватись при навантаженні рідиною уловлюючих резервуарів.

Примітка: У Національному додатку можуть бути представлені значення для коефіцієнтів надійності за навантаженням γ_F . Таблиця 2.1 надає рекомендовані значення для γ_F .

(3)P Коефіцієнти для «типових резервуарів» (заводського виготовлення) призначаються окремо.

Примітка: У Національному додатку можуть бути представлені значення для коефіцієнтів надійності за навантаженням γ_F . Таблиця 2.1 надає рекомендовані значення для γ_F .

пр. ДСТУ–Н Б EN 1993-4-2:20XX

(2) The specific requirements for structural analysis in relation to serviceability set out in 5.5, 7.5 and 9.4 should be used for the relevant structural segments.

(3) The specific requirements for structural analysis in relation to ultimate limit states set out in 5.3, 7.3 and 9.3 (and in more detail in EN 1993-1-6) should be applied.

2.8 Design assisted by testing

(1) The general requirements set out in Annex D of EN 1990 should be followed.

2.9 Action effects for limit state verifications

2.9.1 General

(1) The general requirements of EN 1990 should be satisfied.

2.9.2 Partial factors for ultimate limit states

2.9.2.1 Partial factors for actions on tanks

(1)P For persistent and transient design situations, the partial factors γ_F shall be used.

NOTE: The National Annex may provide values for the partial safety factors γ_F . Table 2.1 gives the recommended values for γ_F .

(2)P For accidental design situations, the partial factors γ_F for the variable actions shall be used. This also applies to the liquid loading of catch basins.

NOTE: The National Annex may provide values for the partial safety factors γ_F . Table 2.1 gives the recommended values for γ_F .

(3)P Partial factors for ‘product type’ tanks (factory production) shall be specified.

NOTE: The National Annex may provide values for the partial factors γ_F . Table 2.1 gives the recommended values for γ_F .

Таблиця 2.1 – Рекомендовані значення для коефіцієнтів надійності за навантаженням на резервуари для постійних і тимчасових розрахункових ситуацій, а також для особливих розрахункових ситуацій

Table 2.1 – Recommended values for the partial factors for actions on tanks for persistent and transient design situations and for accidental design situation

Розрахункова ситуація design situation	Тип рідини liquid type	Рекомендовані значення для γ_F Recommended values for	
		при змінних впливах рідини in case of variable actions from liquids	при постійних впливах in case of permanent actions
експлуатаційні навантаження від рідини liquid induced loads during operation	токсичні, вибухонебезпечні або небезпечні рідини toxic, explosive or dangerous liquids	1,40	1,35
	займисті рідини flammable liquids	1,30	1,35
	інші рідини other liquids	1,20	1,35
випробувальні навантаження від рідини liquid induced loads during test	будь-які рідини all liquids	1,00	1,35
особливі впливи accidental actions	будь-які рідини all liquids	1,00	

2.9.2.2 Коефіцієнти надійності

(1) При визначенні конструктивних характеристик шляхом випробувань, повинні застосовуватись вимоги і методики, що передбачені в EN 1990.

(2) Перевірка на утому повинна проводитись відповідно до розділу 9 EN 1993-1-6.

(3)Р Коефіцієнти γ_{Mi} для різних граничних станів наведені в Таблиці 2.2.

2.9.2.2 Partial factors for resistances

(1) Where structural properties are determined by testing, the requirements and procedures of EN 1990 should be adopted.

(2) Fatigue verifications should satisfy section 9 of EN 1993-1-6.

(3)P The partial factors γ_{Mi} shall be specified according to Table 2.2.

Таблиця 2.2 – Коефіцієнти надійності
Table 2.2 – Partial factors for resistance

Опір виду руйнування Resistance to failure mode	γ Відповідно Relevant γ
границя пластичності стінки оболонки зі зварними або болтовими з'єднаннями welded or bolted shell wall to plastic limit state, cross-sectional resistance	γ_{M0}
несуча здатність стінки оболонки за стійкістю shell wall to stability	γ_{M1}
міцність стінки оболонки зі зварними або болтовими з'єднаннями welded or bolted shell wall to rupture	γ_{M2}
малоциклічна міцність стінки оболонки shell wall to cyclic plasticity	γ_{M4}
несуча здатність зварних або болтових з'єднань welded or bolted connections or joints	γ_{M5}
утома стінки оболонки shell wall to fatigue	γ_{M6}

Примітка: Коефіцієнти γ_{Mi} для резервуарів можуть бути визначені в Національному додатку. Додаткову інформацію для значень γ_{M5} можна знайти в EN 1993-1-8. Додаткову інформацію для значень γ_{M6} можна знайти в в EN 1993-1-9. Для резервуарів рекомендовані такі цифрові значення:

NOTE: Partial factors γ_{Mi} for tanks may be defined in the National Annex. For values of γ_{M5} , further information may be found in EN 1993-1-8. For values of γ_{M6} , further information may be found in EN 1993-1-9. The following numerical values are recommended for tanks:

$\gamma_{M0} = 1,00$	$\gamma_{M1} = 1,10$	$\gamma_{M2} = 1,25$
$\gamma_{M4} = 1,00$	$\gamma_{M5} = 1,25$	$\gamma_{M6} = 1,10$

2.9.3 Граничні стани за придатністю до експлуатації

(1) Якщо відповідні правила щодо граничного стану за придатністю до нормальної експлуатації містять спрощені правила, то немає необхідності виконувати детальні розрахунки з використанням комбінацій впливів.

(2) Для всіх граничних станів за придатності до нормальної експлуатації повинно бути вказано відповідне значення γ_{Mser} .

2.9.3 Serviceability limit states

(1) Where simplified compliance rules are given in the relevant provisions dealing with serviceability limit states, detailed calculations using combinations of actions need not be carried out.

(2) For all serviceability limit states the values of γ_{Mser} should be specified.

пр. ДСТУ–Н Б EN 1993-4-2:20XX

Примітка: У Національному додатку може бути надана інформація щодо значення коефіцієнта придатності до нормальної експлуатації γ_{Mser} . Рекомендується $\gamma_{Mser} = 1$.

2.10 Комбінації впливів

(1) Р Необхідно дотримуватись загальних вимог EN 1990.

(2) Одночасно враховувати вплив експлуатаційних і снігових навантажень немає необхідності.

(3) Значення короткочасного вітрового навантаження в комбінації з впливами при гідростатичному випробуванні може бути зменшено.

(4) Під час випробування можна не враховувати сейсмічні впливи.

(5) Під час випробування можна не враховувати аварійні впливи. Комбінаційні правила для особливих впливів, що вказані в EN 1990, повинні застосовуватися при аварійних ситуаціях.

2.11 Довговічність

(1) Необхідно дотримуватись загальних вимог, наведених в EN 1990.

3 ХАРАКТЕРИСТИКИ МАТЕРІАЛІВ

3.1 Загальні положення

(1) Всі марки сталі, які використовуються для резервуарів, повинні бути придатними для зварювання, враховуючи можливі, за необхідності, наступні модифікації.

(2) Всі марки сталі, що використовуються для резервуарів циліндричної форми, повинні бути придатні для холодного формування листів або елементів криволінійної форми.

(3) Властивості і характеристики матеріалів, вказані в цьому розділі, повинні розглядатись як номінальні значення, але в проектних розрахунках приймаються як нормативні.

(4) Інші характеристики матеріалів наведені у відповідних стандартах, позначених в EN 1993-1-1.

(5) Якщо резервуар може наповнюватися продуктами з підвищеною температурою, величини характеристик матеріалів для такого резервуара повинні бути знижені до максимально допустимих.

NOTE: The National Annex may provide information on the value for the partial factor for serviceability γ_{Mser} . $\gamma_{Mser} = 1$ is recommended.

2.10 Combinations of actions

(1) P The general requirements of EN 1990 shall be followed.

(2) Imposed loads and snow loads need not be considered to act simultaneously.

(3) Reduced wind actions, based on a short exposure period, may be used when wind is in combination with the actions of the hydrostatic test.

(4) Seismic actions need not be considered to act during test conditions.

(5) Emergency actions need not be considered to act during test conditions. The combination rules for accidental actions given in EN 1990 should be applied to emergency situations.

2.11 Durability

(1) The general requirements set out in EN 1990 should be followed

3 PROPERTIES OF MATERIALS

3.1 General

(1) All steels used for tanks should be suitable for welding to permit later modifications when necessary.

(2) All steels used for tanks of circular planform should be suitable for cold forming into curved sheets or curved members.

(3) The material properties given in this section should be treated as nominal values to be adopted as characteristic values in design calculations.

(4) Other material properties are given in the relevant Reference Standards defined in EN 1993-1-1.

(5) Where the tank may be filled with hot liquids, the values of the material properties should be appropriately reduced to values corresponding to the maximum temperatures to be encountered.

(6) При підвищеній температурі (для конструкційних сталей $T > 100\text{ °C}$, а для нержавіючих сталей $T > 50\text{ °C}$) характеристики матеріалів повинні прийматись згідно з EN 13084-7.

3.2 Конструкційні сталі

(1) Методи розрахунків, наведені в частині 4.2 EN 1993, можуть застосовуватися для конструкційних сталей, як визначено в EN 1993-1-1, які відповідають частинам 2-6 EN 10025. Методи можуть також використовуватися для сталей, включених в EN 1993-1-3.

(2) Механічні властивості конструкційних сталей відповідно до EN 10025 або EN 10049 повинні бути взяті із EN 1993-1-1 або EN 1993-1-3.

3.3 Сталі для судів із внутрішнім тиском

(1) Методи розрахунків, наведені в частині 4.2 EN 1993, можуть використовуватися для сталей, які відповідають EN 10028 і застосовуватись для судів з тиском за умови якщо:

— границя текучості знаходиться в діапазоні, визначеному EN 1993-1-1;

— границя міцності не менше мінімального значення для сталей згідно з EN 1993-1-1, які мають саме таку ж границю текучості;

— співвідношення f_u/f_y не менше 1,10.

(2) Механічні властивості сталей, які застосовуються для посудин з тиском, повинні відповідати EN 10028.

(3) Там, де при проектуванні потрібні розрахунки на стійкість, повинні використовуватися відповідні приведені характеристики, див. EN 1993-1-6 розділ 3.1.

Примітка: Додаткова інформація може бути наведена в Національному додатку

3.4 Нержавіючі сталі

(1) Механічні властивості нержавіючих сталей згідно із EN 10088 повинні відповідати EN 1993-1-4.

(2) Рекомендації щодо вибору нержавіючих сталей з урахуванням ступеню корозійного впливу можуть бути отримані з відповідних джерел.

(6) The material characteristics at elevated temperature ($T > 100\text{ °C}$ for structural steels and $T > 50\text{ °C}$ for stainless steels) should be obtained from EN 13084-7.

3.2 Structural steels

(1) The methods for design by calculation given in this Part 4.2 of EN 1993 may be used for structural steels as defined in EN 1993-1-1, which conform with parts 2 to 6 of EN 10025. The methods may also be used for steels included in EN 1993-1-3.

(2) The mechanical properties of structural steels according to EN 10025 or EN 10049 should be taken from EN 1993-1-1 or EN 1993-1-3.

3.3 Steels for pressure purposes

(1) The methods for design by calculation given in this Part 4.2 of EN 1993 may be used for steels for pressure purposes conforming with EN 10028 provided that:

— the yield strength is in the range covered by EN 1993-1-1;

— the ultimate strain is not less than the minimum value for steels according to EN 1993-1-1 which have the same specified yield strength;

— the ratio f_u/f_y is not less than 1,10.

(2) The mechanical properties of steels for pressure purposes should be taken according to EN 10028.

(3) Where the design involves a stability calculation, appropriate reduced properties should be used, see EN 1993-1-6 section 3.1.

NOTE: Further information may be given in the National Annex.

3.4 Stainless steels

(1) The mechanical properties of stainless steels according to EN 10088 should be obtained from EN 1993-1-4.

(2) Guidance for the selection of stainless steels in view of corrosion actions may be obtained from appropriate sources.

пр. ДСТУ–Н Б EN 1993-4-2:20XX

(3) Там, де при проектуванні необхідні розрахунки на стійкість, повинні бути застосовані відповідні приведені характеристики, див. EN 1993-1-6.

3.5 Вимоги щодо міцності

3.5.1 Загальні положення

(1) Вимоги щодо міцності сталі повинні визначатись для мінімальної розрахункової температури згідно з EN 1993-1-10.

(2) Мінімальна розрахункова температура металу (MPTM) повинна визначатись згідно з 3.5.2. MPTM може використовуватись замість T_{ed} в EN 1993-1-10.

3.5.2 Мінімальна розрахункова температура металу

(1) MPTM повинна бути самою низькою з можливих мінімальних температур продукту або з наведених в таблиці 3.1.

(2) Як мінімальна середньодобова температура повітря (МСДТП) приймається найнижча середня температура зареєстрована за будь-який добовий період протягом 24 годин. За відсутності достатньо повних вимірів МСДТП може бути взята як середня від максимальної та мінімальної температур або еквівалентне значення.

Таблиця 3.1 – Мінімальна розрахункова температура металу MPTM на базі МСДТП

Table 3.1 – Minimum design metal temperature MDMT based on LODMAT

Мінімальна середньодобова температура повітря (МСДТП) Lowest one day mean ambient temperature (LODMAT)	Мінімальна розрахункова температура металу (MPTM) Minimum design metal temperature MDMT	
	дані за 10 років 10 years data	дані за 30 років 30 years data
$-10\text{ °C} \leq \text{МСДТП}$ $-10\text{ °C} \leq \text{LODMAT}$	МСДТП +5 °C LODMAT +5 °C	МСДТП +10 °C LODMAT +10 °C
$-25\text{ °C} \leq \text{МСДТП} \leq -10\text{ °C}$ $-25\text{ °C} \leq \text{LODMAT} \leq -10\text{ °C}$	МСДТП LODMAT	МСДТП +5 °C LODMAT +5 °C
$\text{МСДТП} \leq -25\text{ °C}$ $\text{LODMAT} \leq -25\text{ °C}$	МСДТП –5 °C LODMAT –5 °C	МСДТП LODMAT

(3) Where the design involves a buckling calculation, appropriate reduced properties should be used, see EN 1993-1-6.

3.5 Toughness requirements

3.5.1 General

(1) The toughness requirements should be determined for the minimum design metal temperature according to EN 1993-1-10.

(2) The minimum design metal temperature MDMT should be determined according to 3.5.2. MDMT may be used in place of T_{ed} in EN 1993-1-10.

3.5.2 Minimum design metal temperature

(1) The minimum design metal temperature MDMT should be the lowest of the minimum temperature of the contents or those classified in table 3.1.

(2) The lowest one day mean ambient temperature LODMAT should be taken as the lowest recorded temperature averaged over any 24 hour period. Where insufficiently complete records are available, this average temperature may be taken as the mean of the maximum and minimum temperatures or an equivalent value.

4 ОСНОВНІ ПРАВИЛА КОНСТРУКТИВНОГО АНАЛІЗУ

4 BASIS FOR STRUCTURAL ANALYSIS

4.1 Граничні стани за несучою здатністю

4.1 Ultimate limit states

4.1.1 Основні положення

(1) Розміри сталевих конструкцій та їх елементів повинні відповідати основним проектним вимогам, викладеним в розділі 2.

4.1.1 Basis

(1) Steel structures and components should be so proportioned that the basic design requirements given in section 2 are satisfied.

4.1.2 Розрахункове значення товщини листа

(1) У розрахунках для визначення несучої здатності, розрахункове значення товщини листа — це номінальна товщина, згідно з EN 10025, EN 10028, EN 10049 або EN 10088, зменшена на максимальне значення мінусового допуску і значення корозійного припуску, вказане в 4.1.3.

4.1.2 Plate thickness to be used in resistance calculations

(1) In calculations to determine the resistance, the design value of thickness for a plate is the nominal thickness specified in EN 10025, EN 10028 EN 10049 or EN 10088 reduced by the maximum value of minus tolerance and a value of corrosion allowance specified in 4.1.3.

4.1.3 Вплив корозії

(1) Вплив корозії необхідно брати до уваги.

4.1.3 Effects of corrosion

(1) The effects of corrosion should be taken into account.

(2) Корозія залежить від рідини, що зберігається, типу сталі, термічної обробки та заходів, прийнятих для захисту споруди від корозії.

(2) The corrosion depends upon the stored liquid, the type of steel, the heat treatment and the measures taken to protect the construction against corrosion.

(3) За необхідності повинна вказуватися величина припуску.

(3) The value of an allowance should be specified if necessary.

4.1.4 Утома

(1) При підвищеній циклічності навантаження конструкцію необхідно перевіряти за граничним станом від утоми.

4.1.4 Fatigue

(1) With frequent load cycles the structure shall be checked against the fatigue limit state.

(2) Проектування при малоцикловому навантаженні може виконуватися згідно з EN 1993-1-6.

(2) The design against low cycle fatigue may be carried out according to EN 1993-1-6.

(3) Якщо за розрахунковим строком експлуатації будуть застосовуватися змінні впливи з більш ніж N_f циклами, то конструкцію необхідно перевіряти на утому (LS4) згідно з розділом 9 EN 1993-1-6.

(3) If variable actions will be applied with more than N_f cycles during the design life of the structure the design should be checked against fatigue (LS4) according to section 9 of EN 1993-1-6.

Примітка: У Національному додатку може бути наведене число циклів N_f . Рекомендоване значення $N_f=10000$.

NOTE: The National Annex may provide the value for the number N_f of cycles. The value $N_f = 10000$ is recommended

пр. ДСТУ–Н Б EN 1993-4-2:20XX

4.1.5 Допуск за температурними впливами

(1) Вплив різниці температур між частинами конструкції повинен бути врахований при розрахунку розподілення напруження в залежності від прийнятого граничного стану за несучою здатністю.

4.2 Аналіз кільцевої оболонки конструкції резервуара

4.2.1 Моделювання конструкції оболонки

(1) Моделювання конструкції оболонки повинне відповідати вимогам EN 1993-1-6, але ці вимоги можуть вважатись виконаними тільки за умов, наведених нижче.

(2) При моделюванні конструкцій оболонки необхідно враховувати всі ребра жорсткості, отвори та деталі кріплення.

(3) При проектуванні необхідно забезпечити відповідність заданим граничним умовам.

4.2.2 Методи аналізу

4.2.2.1 Загальні положення

(1) Аналіз оболонки резервуара повинен проводитися відповідно до вимог EN 1993-1-6.

(2) Завжди може бути застосований більш точний метод аналізу ніж той, що встановлений для обраного класу відповідальності.

(3) Незалежно від прийнятого класу відповідальності може бути використано спрощений розрахунок, що описаний в розділі 11, з дотриманням наведених у ньому умов.

4.2.2.2 Клас відповідальності 1

(1) Для резервуарів класу відповідальності 1, може бути використана мембранна теорія для визначення головних напружень з коефіцієнтами і спрощеннями щодо врахування місцевих згинальних зусиль та несиметричних навантажень

4.2.2.3 Клас відповідальності 2

1) Для резервуарів класу відповідальності 2 при вісесиметричному впливі і вісеси – метричній опорі повинен бути використаний один із двох альтернативних методів аналізу:

4.1.5 Allowance for temperature effects

(1) The effects of differential temperature between parts of the structure should be included in determining the stress distribution depending upon the ultimate limit state considered.

4.2 Analysis of the circular shell structure of a tank

4.2.1 Modelling of the structural shell

(1) The modelling of the structural shell should follow the requirements of EN 1993-1-6, but these may be deemed to be satisfied by the following provisions.

(2) The modelling of the structural shell should include all stiffeners, openings and attachments.

(3) The design should ensure that the assumed boundary conditions are satisfied.

4.2.2 Methods of analysis

4.2.2.1 General

(1) The analysis of the tank shell should be carried out according to the requirements of EN 1993-1-6.

(2) A higher class of analysis may always be used than that defined for the selected Consequence Class.

(3) Irrespective of the Consequence Class chosen, the simplified design described in Section 11 may be used if the conditions listed there are met.

4.2.2.2 Consequence Class 1

(1) For tanks in Consequence Class 1, membrane theory may be used to determine the primary stresses, with factors and simplified expressions to describe local bending effects and unsymmetrical actions.

4.2.2.3 Consequence Class 2

1) For tanks in Consequence Class 2 under axisymmetric actions and support, one of two alternative analyses should be used:

a) Для визначення головних напружень з використанням теорії згину в пружній стадії і опису всіх місцевих ефектів може використовуватися мембранна теорія.

b) Можна використовувати відповідний чисельний аналіз (наприклад, аналіз оболонки методом скінченних елементів), наведений в EN 1993-1-6.

(2) За умови не вісесиметричних навантажень, необхідно використовувати відповідний чисельний аналіз, за винятком умов, викладених в (3) і (4).

(3) Незважаючи на (2), коли навколо оболонки навантаження змінюється плавно, викликаючи лише загальний згин (тобто форма гармонійна 1), для визначення головних напружень може бути використана мембранна теорія.

(4) При аналізі впливів від дії вітрового навантаження та/або від осідання фундаменту, можна скористатися напівмембранною або мембранною теорією.

Примітка: Інформацію щодо мембранної теорії, див. EN 1993-1-6. Напівмембранна теорія описує поведінку у взаємодії з кільцевою жорсткістю при згині.

(5) Якщо, при аналізі оболонки використовується мембранна теорія, то окремі кільця, що приєднані до ізотропної циліндричної оболонки резервуара, яка перебуває під внутрішнім тиском, можуть мати ефективну площу, з включенням частини довжини стінки вище та нижче кільця $0,78\sqrt{rt}$, у разі, якщо кільце не знаходиться на стику.

(6) Якщо оболонка окремо підсилена вертикальними ребрами жорсткості, напруження в ребрах і оболонці можуть бути визначені з урахуванням розподілення ребер жорсткості по стінці, за умови, що відстань між ребрами жорсткості не більш ніж $5\sqrt{rt}$.

(7) Якщо вертикальні ребра жорсткості розподілені по стінці, напруження в ребрі жорсткості повинно визначатися з урахуванням відповідного допуску щодо сумісності між ребром жорсткості та стінкою, а напруження стінки в ортогональному напрямку згідно з 4.4.

a) Membrane theory may be used to determine the primary stresses, with bending theory elastic expressions to describe all local effects.

b) A validated numerical analysis may be used (for instance, finite element shell analysis) as defined in EN 1993-1-6.

(2) Where the loading condition is not axisymmetric, a validated numerical analysis should be used, except under the conditions set out in (3) and (4) below.

(3) Notwithstanding (2), where the loading varies smoothly around the shell causing global bending only (i.e. in the form of harmonic 1), membrane theory may be used to determine the primary stresses.

(4) For analyses of actions due to wind loading and/or foundation settlement, semi-membrane theory or membrane theory may be used.

NOTE: For information concerning membrane theory, see EN 1993-1-6. The semi-membrane theory describes the membrane behaviour in interaction with the circumferential bending stiffness.

(5) Where membrane theory is used to analyse the shell, discrete rings attached to an isotropic cylindrical tank shell under internal pressure may be deemed to have an effective area which includes a length of shell above and below the ring of $0,78\sqrt{rt}$, except where the ring is at a junction.

(6) Where the shell is discretely stiffened by vertical stiffeners, the stresses in the stiffeners and the shell wall may be calculated by treating the stiffeners as smeared on the shell wall, provided the spacing of the stiffeners is no wider than $5\sqrt{rt}$.

(7) Where vertical stiffeners are smeared, the stress in the stiffener should be determined making proper allowance for compatibility between the stiffener and the wall and the wall stress in the orthogonal direction, according to 4.4.

8) При встановленні кільцевої балки вище окремих опор, необхідно враховувати взаємозв'язок осьової деформації кільця і прилеглих ділянок оболонки. Якщо використовується така кільцева балка, необхідно враховувати ексцентричність розташування центра ваги і центра жорсткості балки відносно стінки оболонки та центральної лінії опор.

(9) Якщо кільцева балка розглядається як призматична секція (вільна від деформування), ділянка примикання до стінки повинна мати гнучкість листа не більш $b/t = 20$.

(10) Там, де кільцева балка використовується для перерозподілу зусиль на окремі опори й болти або окремі з'єднувальні деталі, що використані для з'єднання конструктивних елементів, повинні бути визначені показники щодо передачі зусиль зсуву між частинами кільця внаслідок згину стінки та кільцевої балки.

4.2.2.4 Клас відповідальності 3

(1) Для резервуарів класу відповідальності 3 внутрішні сили та моменти повинні визначатись і підтверджуватись відповідним аналізом (наприклад, аналіз оболонки методом скінченних елементів) як наведено в EN 1993-1-6. Граничний стан за пластичністю (LS1) може бути визначений з використанням пластичного опору руйнуванню при головному напруженні, як визначено в EN 1993-1-6.

4.2.3 Геометричні відхилення

(1) Геометричні відхилення в оболонці повинні відповідати обмеженням, що визначені в EN 1993-1-6.

(2) Для резервуарів класу відповідальності 2 і 3 в процесі будівництва геометричні відхилення вимірюватись для забезпечення встановлених обмежень за допусками.

(3) Геометричні відхилення в оболонці не повинні безпосередньо враховуватись при визначенні внутрішніх сил і моментів, за винятком, коли застосовується аналіз GNIA або GMNIA, згідно з EN 1993-1-6.

(8) If a ring girder is used above discrete supports, compatibility of the axial deformation between the ring and adjacent shell segments should be considered. Where such a ring girder is used, the eccentricity of the ring girder centroid and shear centre relative to the shell wall and the support centreline should be included.

(9) Where a ring girder is treated as a prismatic section (free of distortion), the vertical web segment should have a plate slenderness not greater than $b/t = 20$.

(10) Where a ring girder is used to redistribute forces into discrete supports and bolts or discrete connectors are used to join the structural elements, the shear transmission between the ring parts due to shell and ring girder bending phenomena should be determined.

4.2.2.4 Consequence Class 3

(1) For tanks in Consequence Class 3, the internal forces and moments should be determined using a validated analysis (for instance, finite element shell analysis) as defined in EN 1993-1-6. The plastic limit state (LS1) may be assessed using plastic collapse strengths under primary stress states as defined in EN 1993-1-6.

4.2.3 Geometric imperfections

(1) Geometric imperfections in the shell should satisfy the limitations defined in EN 1993-1-6.

(2) For tanks in Consequence Classes 2 and 3, the geometric imperfections should be measured following construction to ensure that the assumed fabrication tolerance has been achieved.

(3) Geometric imperfections in the shell need not be explicitly included in determining the internal forces and moments, except where a GNIA or GMNIA analysis is used, as defined in EN 1993-1-6.

4.3 Аналіз конструкції короба прямокутного резервуара

4.3.1 Моделювання конструкції короба

(1) Моделювання конструкції короба повинне виконуватися з урахуванням вимог EN 1993-1-7, а також відповідати наступним положенням.

(2) Моделювання короба повинне включати всі ребра жорсткості, отвори і з'єднання.

(3) В проєкті повинно бути гарантовано дотримання прийнятих граничних умов.

(4) З'єднання між сегментами короба повинні задовольняти вихідним положенням моделювання щодо міцності та жорсткості.

(5) Кожна панель короба може розглядатися як індивідуальний листовий елемент за таких умов:

- a) якщо від сусідніх панелей враховані сили і моменти, що діють на кожну панель;
- b) якщо при згині врахована жорсткість прилеглих панелей.

(6) У разі, якщо стінова панель прямо підсилена ребрами жорсткості, напруження в ребрах жорсткості і у стінці можуть бути визначені з урахуванням того, що ребра жорсткості розподілені по стінці короба і відстань між ребрами жорсткості не більш $n_s t$.

Примітка: Значення n_s може бути обране у Національному додатку. Рекомендоване значення $n_s = 40$.

(7) Якщо ребра жорсткості розподілені по стінці, напруження в них повинно бути визначено з урахуванням відповідних допусків щодо ексцентриситету між ребром жорсткості і листом стінки, а для напруження в стінці - у напрямку перпендикулярному до осі ребра жорсткості.

(8) Дійсна ширина листа з кожної сторони від ребра жорсткості повинна прийматися не більше, ніж $n_{ew} t$, де t - локальна товщина листа.

Примітка: Значення n_{ew} може бути наведено у Національному додатку. Рекомендоване значення $n_{ew} = 15$.

4.3 Analysis of the box structure of a rectangular tank

4.3.1 Modelling of the structural box

(1) The modelling of the structural box should follow the requirements of EN 1993-1-7, but they may be deemed to be satisfied by the following provisions.

(2) The modelling of the structural box should include all stiffeners, openings and attachments.

(3) The design should ensure that the assumed boundary conditions are satisfied.

(4) The joints between segments of the box should satisfy the modelling assumptions for strength and stiffness.

(5) Each panel of the box may be treated as an individual plate segment provided that both:

- a) the forces and moments introduced into each panel by its neighbours are included;
- b) the flexural stiffness of adjacent panels is included.

(6) Where the wall panel is discretely stiffened by stiffeners, the stress in the stiffeners and in the wall may be calculated by treating the stiffeners as smeared on the box wall, provided that the spacing of the stiffeners is no wider than $n_s t$.

NOTE: The National Annex may choose the value of n_s . The value $n_s = 40$ is recommended

(7) Where smeared stiffeners are used, the stress in the stiffener should be determined making proper allowance for eccentricity of the stiffener from the wall plate, and for the wall stress in the direction orthogonal to the axis of the stiffener.

(8) The effective width of plate on each side of a stiffener should be taken as not greater than $n_{ew} t$, where t - is the local plate thickness.

NOTE: The National Annex may choose the value of n_{ew} . The value $n_{ew} = 15$ is recommended.

4.3.2 Геометричні дефекти

(1) Геометричні дефекти в коробі повинні задовольняти обмеження, визначені в EN 1993-1-7.

(2) Геометричні дефекти в коробі не повинні враховуватися при визначенні внутрішніх сил і моментів

4.3.3 Методи розрахунків

(1) Внутрішні сили в листах стінки коробка можуть бути визначені з використанням:

- a) статичної рівноваги для мембранних сил і теорії згину для балок;
- b) розрахунку, заснованого на лінійному згині листа і теорії розтягу;
- c) розрахунку, заснованого на нелінійному згині листа і теорії розтягу.

(2) Для резервуарів класу відповідальності 1 може бути використаний метод (a) в (1).

(3) Для резервуарів класу відповідальності 2, за умови симетричного розрахункового навантаження для кожного сегмента листа, може бути використаний метод (a) в (1).

(4) Для резервуарів класу відповідальності 2, за умови асиметричного розрахункового навантаження, необхідно використовувати або метод (b), або (c) в (1).

(5) Для резервуарів класу відповідальності 3 внутрішні сили та моменти повинні бути визначені з використанням або методу (b), або (c) в (1).

4.4 Еквівалентні ортотропні властивості гофрованих листів

(1) Якщо гофровані листи використовуються як частина конструкції резервуара, розрахунок може бути зроблений при розгляді обшивки як еквівалентної ортотропної стінки.

(2) Ортотропні властивості, що отримуються при розташуванні навантаження гофрованої секції в ортогональних напрямках, можуть бути використані для розрахунків напруження і стійкості конструкції. Ці характеристики можуть бути отримані як описано в 4.4 EN 1993-4-1.

4.3.2 Geometric imperfections

(1) Geometric imperfections in the box should satisfy the limitations defined in EN 1993-1-7.

(2) Geometric imperfections in the box need not be explicitly included in determining the internal forces and moments.

4.3.3 Methods of analysis

(1) The internal forces in the plate segments of the box wall may be determined using either:

- a) static equilibrium for membrane forces and beam theory for bending;
- b) an analysis based on linear plate bending and stretching theory;
- c) an analysis based on nonlinear plate bending and stretching theory.

(2) For tanks in Consequence Class 1, method (a) in (1) may be used.

(3) Where the design loading condition is symmetric relative to each plate segment and the tank is in Consequence Class 2, method (a) in (1) may be used.

(4) Where the loading condition is not symmetric and the tank is in Consequence Class 2, either method (b) or method (c) in (1) should be used.

(5) For tanks in Consequence Class 3, the internal forces and moments should be determined using either method (b) or method (c) in (1).

4.4 Equivalent orthotropic properties of corrugated sheeting

(1) Where corrugated sheeting is used as part of the tank structure, the analysis may be carried out treating the sheeting as an equivalent orthotropic wall.

(2) The orthotropic properties obtained from considering the load displacement behaviour of the corrugated section in the orthogonal directions may be used in a stress analysis and in a buckling analysis of the structure. The properties may be determined as described in 4.4 of EN 1993-4-1.

5 ПРОЕКТУВАННЯ ЦИЛІНДРИЧНИХ СТІНОК

5.1 Основні правила

5.1.1 Загальні положення

(1) Розміри циліндричних оболонок-стінок корпусу повинні відповідати основним проектним вимогам щодо граничних станів за несучою здатністю, згідно з розділом 2.

(2) Оцінка безпеки циліндричної оболонки повинна бути проведена з дотриманням умов EN 1993-1-6.

5.1.2 Конструктивне рішення стінки-оболонки

(1) Циліндрична оболонка-стінка резервуара повинна бути перевірена за наступними граничними станами, що визначені в EN 1993-1-6:

- Загальна стійкість і статична рівновага;
- LS1: границя пластичності;
- LS2: малоциклова міцність;
- LS3: втрата стійкості;
- LS4: втома

(2) Циліндрична оболонка-стінка повинна відповідати умовам EN 1993-1-6, за винятком, коли цей стандарт передбачає альтернативи, що відносяться до цього стандарту

(3) Для резервуарів класу відповідальності 1 граничні стани за малоцикловою міцністю і втомою можуть не розглядатися.

5.2 Класифікація циліндричних форм оболонок

(1) Циліндрична оболонка-стінка, виконана із плоского прокатного сталевго листа, позначається терміном «ізотропна» (див. 5.3.2 EN 1993-4-1).

(2) Циліндрична оболонка-стінка, виконана із гофрованих сталевих листів, в якій гофри проходять вздовж стінки резервуара, позначаються терміном «з горизонтальним гофруванням» (див. 5.3.4 EN 1993-4-1).

(3) Циліндрична оболонка-стінка з зовнішніми ребрами жорсткості, незалежно від відстані між ними, позначається терміном «із зовнішніми елементами жорсткості» (див. 5.3.3 EN 1993-4-1).

5 DESIGN OF CYLINDRICAL WALLS

5.1 Basis

5.1.1 General

(1) Cylindrical shell walls should be so proportioned that the basic design requirements for the ultimate limit state given in section 2 are satisfied.

(2) The safety assessment of the cylindrical shell should be carried out using the provisions of EN 1993-1-6.

5.1.2 Wall design

(1) The cylindrical shell wall of the tank should be checked for the following phenomena under the limit states defined in EN 1993-1-6:

- Global stability and static equilibrium
- LS1: plastic limit
- LS2: cyclic plasticity
- LS3: buckling
- LS4: fatigue

(2) The cylindrical shell wall should satisfy the provisions of EN 1993-1-6, except where this standard provides alternatives that are deemed to satisfy the requirements of that standard.

(3) For tanks in Consequence Class 1, the cyclic plasticity and fatigue limit states may be ignored.

5.2 Distinction of cylindrical shell forms

(1) A cylindrical shell wall constructed from flat rolled steel sheet is termed 'isotropic' (see 5.3.2 of EN 1993-4-1).

(2) A cylindrical shell wall constructed from corrugated steel sheets where the troughs pass around the circumference of the tank is termed 'horizontally corrugated' (see 5.3.4 of EN 1993-4-1).

(3) A cylindrical shell wall with stiffeners attached to the outside is termed «externally stiffened» irrespective of the spacing of the stiffeners (see 5.3.3 of EN 1993-4-1).

пр. ДСТУ–Н Б EN 1993-4-2:20XX

5.3 Несуча здатність корпусу резервуара

(1) Несуча здатність циліндричної оболонки повинна бути обчислена відповідно до умов EN 1993-1-6, за винятком випадку, коли виконуються умови пункту 5.4 цього стандарту.

(2) За умови виконання вимог EN 14015 або EN 14620 стикове з'єднання суцільним зварним швом з повним проваром забезпечує рівноцінність основному металу.

(3) Для інших типів з'єднання конструктивні рішення вузлів повинні відповідати EN 1993-1-8.

5.4 Міркування щодо опор і отворів

5.4.1 Оболонка, яка спирається на порожнистий циліндр

(1) У разі спирання циліндричної оболонки на порожнистий циліндр, необхідно дотримуватися вимог EN 1993-4-1.

5.4.2 Циліндрична оболонка з пілястрами

(1) Якщо циліндрична стінка підтримується відокремленими пілястрами, необхідно дотримуватися вимог EN 1993-4-1.

5.4.3 Циліндрична оболонка з відокремленими опорами

(1) Якщо циліндрична стінка підтримується відокремленими опорами або в інший спосіб, необхідно дотримуватися вимог EN 1993-4-1.

5.4.4 Відокремлене спирання резервуара на колони під хоппером

(1) Резервуари з відокремленим спиранням на колони під хоппером повинні відповідати вимогам EN 1993-4-1.

5.4.5 Локальні опорні елементи і ребра для передачі навантаження на циліндричні стінки

5.4.5.1 Локальні опори під циліндричною стінкою

(1) Локальні опори під циліндричною стінкою повинні відповідати вимогам EN 1993-4-1.

5.4.5.2 Локальні ребра для передачі навантаження на циліндричні стінки

(1) Локальні ребра для передачі навантаження на циліндричні стінки повинні відповідати вимогам EN 1993-4-1.

5.3 Resistance of the tank shell wall

(1) The resistance of the cylindrical shell should be evaluated using the provisions of EN 1993-1-6, except where the clauses of 5.4 contain provisions that are deemed to satisfy the provisions of that standard.

(2) The joint efficiency of full penetration butt welds may be taken as unity provided that the requirements of EN14015 or EN14620, as appropriate, are met.

(3) For other types of connection the joint design should be in accordance with EN 1993-1-8.

5.4 Considerations for supports and openings

5.4.1 Shell supported by a skirt

(1) Where the cylindrical shell is supported by a skirt, this should satisfy the provisions of EN 1993-4-1.

5.4.2 Cylindrical shell with engaged columns

(1) Where the cylindrical shell is supported with engaged columns, this should satisfy the provisions of EN 1993-4-1.

5.4.3 Discretely supported cylindrical shell

(1) Where the cylindrical shell is discretely supported by columns or other devices, the provisions of EN 1993-4-1 for this condition should be satisfied.

5.4.4 Discretely supported tank with columns beneath the hopper

(1) Tanks discretely supported with columns beneath the hopper should satisfy the provisions of EN 1993-4-1.

5.4.5 Local support details and ribs for load introduction in cylindrical walls

5.4.5.1 Local supports beneath the wall of a cylinder

(1) Local supports beneath the wall of the cylinder should satisfy the provisions of EN 1993-4-1.

5.4.5.2 Local ribs for load introduction into cylindrical walls

(1) Local ribs for load introduction into cylindrical walls should satisfy the provisions of EN 1993-4-1.

5.4.6 Отвори в стінці резервуара

5.4.6.1 Загальні положення

(1) Якщо отвір у циліндричному корпусі зменшує несучу здатність або знижує стійкість оболонки, він повинен бути підсилений.

(2) Таке підсилення можна виконати шляхом:

- збільшення товщини листів оболонки;
- додавання підсилюючого листа,
- за рахунок патрубка.

Примітка: Розрахунок граничного стану за пластичністю (LS1) потрібен в зоні високого тиску (від рідини й надлишкового тиску), у той час як розрахунок на стійкість (LS3) необхідний там, де товщина листів верхніх поясів не є достатньою.

5.4.6.2 Патрубки невеликого діаметра в оболонці

(1) Патрубки із зовнішнім діаметром менше ніж 80 мм класифікуються як невеликі за розміром.

(2) Підсилення можна не передбачати, якщо товщина стінки біля патрубка не менше зазначеної в таблиці 5.1

Таблиця 5.1 –Мінімальна товщина стінки патрубка

Table 5.1 – Minimum nozzle body thickness

Зовнішній діаметр d_n люка або патрубка (мм) Outside diameter d_n of manhole or nozzle (mm)	Мінімальна номінальна товщина $t_{ref, n}$ (мм) Minimum nominal thickness $t_{ref, n}$ (mm)	
	Вуглецева сталь Carbon steel	Аустенітна сталь і аустенітно- феритна нержавіюча сталь Austenitic and austenitic-ferritic stainless steel
$d_n \leq 50$	5,0	3,5
$50 < d_n \leq 75$	5,5	5,0
$75 < d_n \leq 80$	7,5	6,0

5.4.6.3 Конструкція люків і патрубків великого діаметра в оболонці для LS1

(1) Люки і патрубки в оболонці із зовнішнім діаметром більше ніж 80мм класифікуються як великі за розміром.

5.4.6 Openings in tank walls

5.4.6.1 General

(1) Where an opening in the cylindrical shell wall reduces the load carrying capacity or endangers the stability of the shell, the opening should be reinforced.

(2) This reinforcement may be achieved by:

- increasing the thickness of the shell plate;
- adding a reinforcing plate;
- the presence of a nozzle body.

NOTE: The design against the plastic limit state (LS1) generally governs in the region of high pressure loading (liquid and internal) whereas stability considerations (LS3) are likely to control the design in regions where the plate thickness is small due to low pressures (upper courses).

5.4.6.2 Shell nozzles of small size

(1) Shell nozzles with outside diameter less than 80mm are classed as of small size. applicable

(2) Reinforcement may be omitted, provided that the thickness of the wall at the nozzle is not less than that given in table 5.1.

5.4.6.3 Design of shell man holes and shell nozzles of large size for LS1

(1) Shell man holes and shell nozzles with outside diameter greater than 80mm are classed as of large size.

(2) Розрахунок може бути виконаний за методом заміни площі згідно з пунктами (3) і (4) або альтернативним методом, що описаний у пунктах (5) і (6).

(3) Підсилення області поперечного перерізу DA повинно бути передбачене у вертикальній площині, відносно центра отвору, що визначається за формулою:

$$DA = 0,75 d t_{ref} \quad (5.1)$$

де

d — діаметр отвору в оболонці;

t_{ref} — товщина оболонки без отвору, яка необхідна при розрахунку для LS1.

(4) Підсилення площі DA може бути забезпечено за одним або в будь-якій комбінації за трьома наступними методами:

а) Безпосередньо патрубком або люком. Як підсилення може розглядатись частина патрубка, що лежить в межах товщини листа стінки і на відстані не більше чотирикратної товщини листа від поверхні стінки, якщо тільки товщина патрубка не зменшується в межах цієї відстані.

б) Додаванням у стінку вставки з більш товстого листа або підсилюючого листа з межею підсилення $1,5d < d_n < 2d$, де d_n — це ефективний діаметр підсилення. При дотриманні мінімальних вимог для підсилення може використовуватися і не кругла плита.

в) Використанням для оболонки більш товстих листів ніж потрібно для стінки без отвору при розрахунку для LS1. Межі підсилення такі ж, як в (б).

(5) Як альтернатива методу заміни площі, що зазначено в (3) і (4), підсилення може бути досягнуто за рахунок включення корпусу патрубка, що виступає з двох боків листа оболонки, але не менш ніж $1,17 \sqrt{r_m t_{ref,n}}$. Цей метод може використовуватися, якщо корпус патрубка більше ніж на 100 мм віддалений від листа окрайки.

(2) The design may be undertaken using either the area replacement method according to paragraphs (3) and (4), or alternatively by the method described in paragraph (5) and (6).

(3) A reinforcement of cross-sectional area DA should be provided in the vertical plane containing the centre of the opening, given by:

where:

d — is the diameter of the hole cut in the shell plate;

t_{ref} — is the thickness required by the design for LS1 for the shell plate without opening

(4) The reinforcing area DA may be provided by any one or any combination of the following three methods:

a) The provision of a nozzle or a manhole body. The portion of the body which can be considered as reinforcement is that lying within the shell plate thickness and within a distance of four times the body thickness from the shell plate surface unless the body thickness is reduced within this distance, when the limit is the point at which the reduction begins.

b) The addition of a thickened shell insert plate or a reinforcing plate, the limit of reinforcement being such that $1,5d < d_n < 2d$, where d_n is the effective diameter of reinforcement. A non-circular reinforcing plate may be used provided the minimum requirements are met.

c) The provision of a shell plate thicker than required by the design for LS1 for the shell plate without an opening. The limit of reinforcement is the same as that described in (b).

(5) As an alternative to the area replacement method specified in (3) and (4) the reinforcement may be achieved by introducing a nozzle body that protrudes on both sides of the shell plate by an amount not less than $1,17 \sqrt{r_m t_{ref,n}}$. This method should not be used unless the nozzle body is more than 100 mm from the base ring plate.

пр. ДСТУ-Н Б EN 1993-4-2:20XX

(6) Товщина корпусу патрубків повинна обиратися такою, щоб коефіцієнт концентрації напруження j не перевищував 2,0. Коефіцієнт концентрації напруження j приймається за малюнком 5.1 з використанням коефіцієнта заміни y . Коефіцієнт заміни y повинен визначатись за формулою:

(6) The thickness of the nozzle body should be chosen such that the stress concentration factor j does not exceed 2,0. The stress concentration factor j should be obtained from figure 5.1 using the replacement factor y . The replacement factor y should be evaluated from:

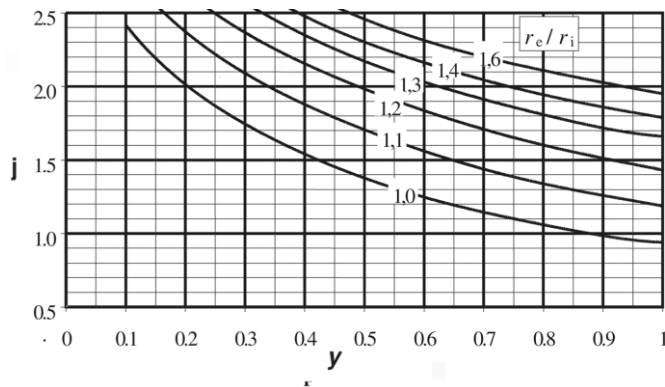
$$y = 1.56 \frac{t_n}{t} \sqrt{\frac{t_n}{r_m}} + \left(\frac{t_n}{2r_m} \right); \quad (5.2)$$

де

where:

t — товщина листа оболонки;
 t_n — товщина корпусу патрубка;
 r_m — серединний радіус патрубка;
 r_e — зовнішній радіус патрубка;
 r_i — внутрішній радіус патрубка

t — is the shell plate thickness;
 t_n — is the nozzle body thickness;
 r_m — is the mean radius of the nozzle (nozzle middle surface);
 r_e — is the external radius of the nozzle;
 r_i — is the inside radius of the nozzle.



j — Коефіцієнт концентрації напруження;
 y — Коефіцієнт заміни

j — Stress concentration factor;
 y — Replacement factor

Рисунок 5.1 — Коефіцієнт концентрації напруження при підсиленні випускним патрубком

Figure 5.1: Stress concentration factor for barrel-type nozzle reinforcements

5.4.6.4 Вплив отворів на втрату стійкості оболонки для LS3

(1) Вплив отворів на стійкість оболонки може не враховуватися за умови, якщо отвори розміром η менше ніж $\eta_{max} = 0,6$, при цьому η визначається як:

5.4.6.4 Design for LS3 in the presence of shell openings

(1) The effect of openings on the stability of shells may be neglected provided that the dimensionless opening size η is smaller than $\eta_{max} = 0,6$, and η is given by:

$$\eta = \frac{r_0}{\sqrt{rt}}; \quad (5.3)$$

пр. ДСТУ–Н Б EN 1993-4-2:20XX

де

- r — радіус циліндричної оболонки біля отвору;
- t — товщина не підкріпленої стінки - оболонки біля отвору;
- r_0 — радіус отвору.

(2) Якщо отвір прямокутний, еквівалентний радіус отвору може бути визначений як:

$$r_0 = \frac{a+b}{4} ; \quad (5.4)$$

де

- a — довжина горизонтальної сторони отвору;
- b — висота отвору.

(3) Там, де радіус отвору r_0 менше однієї третини радіуса циліндричної оболонки r , немає необхідності враховувати зменшення розрахункового опору втрати стійкості за наявності отвору, при умови, що площа поперечного перерізу отвору менше ніж площа поперечного перерізу підсилення ΔA . Підсилення може бути забезпечене згідно з 5.4.6.3 (4) або шляхом встановлення ребер жорсткості в меридіональному напрямку.

(4) Якщо ребра жорсткості в меридіональному напрямку використовуються для підсилення отвору, площа поперечного перерізу кожного ребра жорсткості повинна бути зменшена на кінцях для запобігання концентрації напруження у листах оболонки, де закріплюються ребра жорсткості.

5.4.7 Анкерне кріплення резервуара

(1) Як правило, анкерне кріплення повинне приєднуватися до циліндричної оболонки, а не тільки до опорної плити.

(2) При проектуванні необхідно враховувати переміщення резервуара при зміні температури або гідростатичного тиску для мінімізації напружень, що виникають в стінці під цими впливами.

(3) Якщо резервуар має жорсткі анкерні кріплення й сприймає горизонтальні навантаження (наприклад, вітер, удари) анкерні зусилля необхідно визначати згідно з теорією оболонок.

Примітка: Необхідно зазначити, що ці зусилля локально можуть бути набагато вищі ніж ті, які визначаються згідно балочної теорії. Див. пункт (3) у підрозділі 5.4.7 в EN 1993-4-1.

where:

- r — is the radius of the cylindrical shell near the opening;
- t — is the thickness of the unstiffened shell wall near the opening;
- r_0 — is the radius of the opening.

(2) Where the opening is rectangular, the equivalent opening radius may be taken as:

where:

- a — is the horizontal side length of the opening;
- b — is the vertical height of the opening.

(3) Where the radius of the opening r_0 is less than one third of the radius r of the cylindrical shell, no reduction in the assessed buckling resistance need be made as a result of the opening, provided that the cross-sectional area taken away by the opening is smaller than the reinforcement cross-sectional area ΔA . The reinforcement can be provided according to 5.4.6.3 (4) or by means of stiffeners in the meridional direction.

(4) If stiffeners in the meridional direction are used to reinforce the opening, the cross-section of each stiffener should be reduced towards the ends to prevent the formation of buckles due to stress concentration in the shell plate near the stiffener ends.

5.4.7 Anchorage of the tank

(1) The anchorage should be principally attached to the cylindrical shell and not to the base ring plate alone.

(2) The design should accommodate movements of the tank due to thermal changes and hydrostatic pressure to minimise stresses induced in the shell by these effects.

(3) Where the tank is supported on a rigid anchorage, and is subject to horizontal loads (e.g. wind, impact) the anchorage forces should be calculated according to shell theory.

NOTE: It should be noted that these forces may be locally much higher than those found using beam theory. See clause (3) of section 5.4.7 of EN 1993-4-1.

(4) Розрахунок циліндричної оболонки з урахуванням локальних сил і згинальних моментів від анкерів повинен відповідати умовам 5.4.5.

5.5 Граничні стани за придатністю до нормальної експлуатації

5.5.1 Основні правила

(1) Граничні стани за придатністю до нормальної експлуатації для циліндричних листових оболонок повинні прийматися як:

- деформації та прогини, що негативно впливають на ефективне використання конструкції;

- деформації, прогини або вібрації, що можуть викликати ушкодження не конструкційних елементів.

(2) Для відповідності зазначеним вище критеріям, деформації, прогини й вібрації повинні бути обмеженими.

(3) Спеціальні граничні обмеження щодо можливого використання резервуарів повинні бути узгоджені між проектувальником, замовником і відповідним контролюючим органом, враховуючи до уваги характеристики рідини, що буде зберігатися.

6 КОНСТРУКЦІЯ КОНІЧНИХ ХОППЕРІВ

(1) Конструкція конічних хопперів повинна відповідати вимогам EN 1993-4-1.

7 КОНСТРУКЦІЯ КРУГЛИХ ПОКРИТТІВ

7.1 Основні правила

7.1.1 Загальні положення

(1) Покриття сталевих резервуарів повинні мати такі параметри, які забезпечували би основні конструктивні вимоги щодо граничного стану за несучою здатністю, зазначені у розділі 2.

(2) Оцінювання безпеки сферичної або конічної оболонки повинно проводитися згідно з EN 1993-1-6.

(3) Оцінювання безпеки несучої конструкції круглого покриття повинно проводитися згідно з EN 1993-1-1.

пр. ДСТУ–Н Б EN 1993-4-2:20XX

(4) The design of the cylindrical shell for local anchorage forces and bending moments resulting from the anchorage should meet the provisions of 5.4.5.

5.5 Serviceability limit states

5.5.1 Basis

(1) The serviceability limit states for cylindrical plated walls should be taken as:

– deformations and deflections that adversely affect the effective use of the structure;

- deformations, deflections or vibrations that cause damage to non-structural elements

(2) Deformations, deflections and vibrations should be limited to meet the above criteria

(3) Specific limiting values, appropriate to the intended use, should be agreed between the designer, the client and the relevant authority, taking account of the intended use and the nature of the liquids to be stored.

6 DESIGN OF CONICAL HOPPERS

(1) The design of conical hoppers should satisfy the requirements of EN 1993-4-1.

7 DESIGN OF CIRCULAR ROOF STRUCTURES

7.1 Basis

7.1.1 General

(1) Steel tank roofs should be so proportioned that the basic design requirements for the ultimate limit state given in section 2 are satisfied.

(2) The safety assessment of the spherical or conical shell should be carried out using the provisions of EN 1993-1-6

(3) The safety assessment of the roof supporting structure should be carried out using the provisions of EN 1993-1-1.

пр. ДСТУ–Н Б EN 1993-4-2:20XX

7.1.2 Конструкція покриття

- (1) Покриття повинне перевірятися на:
 - втрату стійкості;
 - міцність стиків (з'єднань);
 - опір руйнуванню від внутрішнього тиску.
- (2) Листова обшивка повинні задовольняти вимоги EN 1993-1-6, за винятком передбаченого в 7.3÷7.5 альтернативного підходу.

7.2 Класифікація конструктивних форм покриття

- (1) Покриття може мати сферичну, конічну, торо-сферичну або торо-конічну форми. За наявності високого внутрішнього надлишкового тиску повинна обиратися, переважно, торо-сферична або торо-конічна форма.
- (2) Конструктивні форми покриття, згідно з (1), можуть бути з несучим каркасом або без нього.
- (3) Несучий каркас покриття згідно з (2) може спиратися на стояки.
- (4) Несучий каркас покриття може розташуватися нижче або вище листів покриття.
- (5) Листова обшивка покриття може:
 - a) підтримуватися конструкцією покриття без з'єднання;
 - b) кріпитися до конструкції покриття.
- (6) Якщо потрібні покриття з послабленими з'єднаннями, необхідно використовувати тип (a).
- (7) Якщо каркас, що підтримує покриття, розташовується назовні, необхідно використовувати тип (b).

7.3 Несуча здатність круглих покриттів

- (1) Листова обшивка покриття повинна задовольняти вимоги EN 1993-1-6, якщо спеціальні вимоги не регламентовані в 7.4.
- (2) Конструкція, що підтримує покриття, повинна задовольняти вимоги EN 1993-1-1.
- (3) Торо-сферичні та торо-конічні покриття повинні проектуватись так, щоби унеможливити згин від внутрішнього тиску в зоні перетину граней оболонки.

7.1.2 Roof design

- (1) The roof should be checked for:
 - resistance to buckling;
 - resistance of the joints (connections);
 - resistance to rupture under internal pressure.
- (2) The roof plating should satisfy the provisions of EN 1993-1-6 except where 7.3 to 7.5 provide an alternative approach.

7.2 Distinction of roof structural forms

- (1) The roof may either have a spherical, a conical, a torispherical or a toriconical shape. Where high internal pressures occur above the liquid surface, the shape should preferably be chosen as torispherical or toriconical.
- (2) A roof structure in one of the shapes described in (1) may either be unsupported or supported by structural members.
- (3) The roof supporting structure according to (2) may be supported by columns.
- (4) The roof supporting structure may be arranged below the roof plating or above the roof plating.
- (5) The roof plating may be:
 - a) supported by the roof structure without connection;
 - b) attached to the roof structure.
- (6) Where frangibility of the roof is required, type (a) should be used.
- (7) Where the roof supporting structure is external, type (b) should be used.

7.3 Resistance of circular roofs

- (1) The roof plating should satisfy the provisions of EN 1993-1-6 unless special provisions are given in 7.4.
- (2) The roof supporting structure should satisfy the provisions of EN 1993-1-1.
- (3) Torispherical and toriconical roofs should be designed to prevent buckling of the knuckle region under internal pressure.

7.4 Міркування щодо індивідуальних форм конструкцій

7.4.1 Безопорні конструкції покриття

(1) Безопорні покриття необхідно зварювати у стик або внапуск двома швами.

(2) При зварюванні покриття внапуск двома швами в розрахунках необхідно брати до уваги зменшення опору втраті стійкості і границі текучості через позациентровість стику.

7.4.2 Конічні та купольні покриття з опорними елементами

7.4.2.1 Конструкція обшивки

(1) Листова обшивка покриття може бути розрахована з використанням теорії великих деформацій.

(2) Якщо потрібні покриття з послабленими з'єднаннями, листи покриття не повинні прикріплюватися до внутрішньої опорної конструкції покриття.

7.4.2.2 Проекування опорної конструкції

(1) Опорної конструкції покриття повинна задовольняти вимоги EN 1993-1-1.

(2) Якщо обшивка покриття прикріплюється до опорної конструкції, ефективна ширина такої обшивки може бути прийнята як частина несучої конструкції. Ця ефективна ширина може бути прийнята рівною $16t$, якщо більша величина не підтверджена розрахунком.

(3) Для покриттів, які підтримуються колонами, необхідно спеціально розглянути можливість осідання фундаментів.

7.4.3 З'єднання покриття зі стінкою (верхній уторний вузол)

(1) З'єднання покриття зі стінкою (верхній уторний стик) повинне бути запроєктоване так, щоб витримувати загальне вертикальне навантаження від покриття (вага конструкції, сніг, короткочасне навантаження та внутрішній від'ємний тиск).

(2) З'єднання покриття зі стінкою повинне задовольняти вимоги EN 1993-1-6. При виконанні вимог згідно з 11.1 (1) може бути застосований спрощений метод розрахунків, наведений в 11.2.5.

7.4 Considerations for individual structural forms

7.4.1 Unsupported roof structure

(1) Unsupported roofs should be of butt-welded or double welded lap construction.

(2) In double welded lap construction, the reduction of resistance against buckling and the plastic limit state due to the joint eccentricities should be taken into account in the model for the analysis.

7.4.2 Cone or dome roof with supporting structure

7.4.2.1 Plate design

(1) The roof plating may be designed using large deflection theory.

(2) Where roof frangibility is required, roof plates should not be attached to the internal roof supporting structure.

7.4.2.2 Design of the supporting structure

(1) The roof supporting structure should satisfy the provisions of EN 1993-1-1.

(2) If the roof plating is attached to the roof supporting structure an effective width of this plating may be taken as part of the supporting structure. This effective width may be taken as $16t$ unless a larger value is confirmed by an analysis.

(3) With column supported roofs, special consideration should be given to the possibility of settlement of the foundations

7.4.3 Roof to shell junction (eaves junction)

(1) The roof to cylinder junction (eaves junction) should be designed to carry the total downward vertical load from the roof (dead weight, snow, live load and internal negative pressure).

(2) The roof to cylinder junction should satisfy the provisions of EN 1993-1-6. If the conditions set out in 11.1 (1) are satisfied, the simplified design method given in 11.2.5 may be applied.

пр. ДСТУ–Н Б EN 1993-4-2:20XX

(3) Для конструкції покриття з послабленими з'єднаннями площа компресії A повинна задовольняти умову:

$$A \leq \frac{W}{2\pi \tan \alpha f_{yd}} ; \quad (7.1)$$

де

W — загальна вага оболонки й несучих конструкцій покриття (але не листів обшивки);

α — кут між покриттям і горизонтальною площиною в місці з'єднання покриття з циліндричною стінкою.

7.5 Граничні стани за придатністю до нормальної експлуатації

(1) Граничні стани за придатністю до нормальної експлуатації для покриття резервуарів повинні розглядатись як:

- деформації та прогини, що негативно впливають на ефективне використання конструкції;
- деформації, прогини або вібрації, що можуть викликати ушкодження другорядних елементів.

(2) Для відповідності зазначеним вище критеріям, деформації, прогини й вібрації повинні бути обмеженими.

(3) Спеціальні граничні обмеження щодо можливого використання резервуарів повинні бути погоджені між проєктувальником, замовником і відповідним контролюючим органом, приймаючи до уваги характеристики рідини, яка буде зберігатися.

8 ПРОЕКТУВАННЯ ПЕРЕХІДНИХ З'ЄДНАНЬ ДНИЩА З ОБОЛОНКОЮ І ОПОРНИМИ КІЛЬЦЕВИМИ БАЛКАМИ

(1) Конструкція перехідних з'єднань кромки стінки з днищем і опорними кільцевими балками повинна відповідати вимогам EN 1993-4-1.

(3) For frangible roof design the compression area A should satisfy the condition:

where:

W — is the total weight of the shell and any framing (but not roof-plates) supported by the shell and roof;

α — is the angle between the roof and a horizontal plane at the roof to cylinder junction.

7.5 Serviceability limit states

(1) The serviceability limit states for tank roofs should be taken as follows:

- deformations and deflections that adversely affect the effective use of the structure;
- deformations, deflections or vibrations that cause damage to non-structural elements.

(2) Deformations, deflections and vibrations should be limited to meet the above criteria.

(3) Specific limiting values, appropriate to the intended use, should be agreed between the designer, the client and the relevant authority, taking account of the intended use and the nature of the liquids to be stored.

8 DESIGN OF TRANSITION JUNCTIONS AT THE BOTTOM OF THE SHELL AND SUPPORTING RING GIRDERS

(1) The design of transition junctions at the bottom edge and supporting ring girders should satisfy the requirements of EN 1993-4-1.

9 ПРОЕКТУВАННЯ ПРЯМОКУТНИХ РЕЗЕРВУАРІВ ІЗ ПЛОСКИМИ СТІНКАМИ

9.1 Основні правила

(1) Прямокутний резервуар повинен розраховуватися або як підсилений короб, який в основному, працює на згин, або як тонка мембрана, в якій після значних деформацій може виникати мембранне напруження.

(2) Якщо короб розраховується на дію згину, при його експлуатації вузлові конструктивні з'єднання повинні забезпечувати прийняту при розрахунку напруженого стану незмінність конструкції.

9.2 Відмінності конструктивних форм

9.2.1 Резервуари без підсилення

(1) Конструкцію із плоских сталевих листів без ребер жорсткості необхідно розглядати як «короб без підсилення».

(2) Конструкцію, підсилену тільки уздовж стиків між листами, що не розташовуються в одній площині, також необхідно розглядати як «короб без підсилення».

9.2.2 Резервуари із підсиленнями

(1) Конструкцію із плоских листів, з прикріпленими в площині листа ребрами жорсткості, необхідно розглядати як «короб із підсиленням». Ребра жорсткості можуть розташовуватися по периметру вертикально або ортогонально.

9.2.3 Резервуари зі стяжками

(1) Резервуари зі стяжками можуть бути квадратними або прямокутними.

9.3 Несуча здатність вертикальних стінок

9.3.1 Проектування окремих листів без підсилення

(1) Листи без підсилення повинні розраховуватися на згин як двовимірні листи, на дію рідини, що зберігається, тиску над рідиною, мембранні та місцеві згинальні впливи від труб і інших врізів.

9 DESIGN OF RECTANGULAR AND PLANAR-SIDED TANKS

9.1 Basis

(1) A rectangular tank should be designed either as stiffened box in which the structural action is predominantly bending, or as a thin membrane structure in which the action is predominantly membrane stresses developing after large deformations

(2) Where the box is designed for bending action, the joints should be designed to ensure that the connectivity assumed in the stress analysis is achieved in the execution.

9.2 Distinction of structural forms

9.2.1 Unstiffened tanks

(1) A structure that is fabricated from flat steel plates without attached stiffeners should be treated as an 'unstiffened box'.

(2) A structure that is stiffened only along joints between plates which are not coplanar should also be treated as an 'unstiffened box'.

9.2.2 Stiffened tanks

(1) A structure that is fabricated from flat plates to which stiffeners are attached within the plate area should be treated as a 'stiffened box'. The stiffeners may be circumferential or vertical or orthogonal.

9.2.3 Tanks with ties

(1) Tanks with ties may be square or rectangular.

9.3 Resistance of vertical walls

9.3.1 Design of individual unstiffened plates

(1) Unstiffened plates should be designed for bending as a two-dimensional plate under the actions from the stored liquid, the pressure above the liquid, stresses resulting from diaphragm action, and local bending action from attachments or piping.

пр. ДСТУ–Н Б EN 1993-4-2:20XX

9.3.2 Проектування окремих листів із підсиленням

(1) Гофрована або трапецієвидна панель, що розташовується горизонтально, повинна розраховуватися на загальний згин від дії рідини, що зберігається, тиску над рідиною, мембранних та місцевих згинальних впливів від труб і інших врізів.

(2) Ефективні згинальні характеристики, а також опір згину листів з підсиленням повинні відповідати EN 1993-1-3.

(3) Жорсткість листів при зсуві в площині та опір зсуву можуть бути визначені за аналогією роботи плоских листів, якщо панель послідовно уздовж усіх кромek прикріплена до прилеглих елементів.

Примітка: Якщо з'єднання виконане частково тільки по вертикальних кромках (тільки через гофровану або трапецієвидну обшивку), напруження може суттєво збільшитися, а жорсткість може суттєво зменшитися. Передбачається, що такі конструкції, через можливу нещільність з'єднань, не будуть використовуватися.

9.3.3 Загальний згин від прямого впливу рідини, що зберігається та надлишкового тиску

(1) Необхідно враховувати горизонтальний згин як результат нормального тиску на стінку. Навантаження повинні сприйматися одно-, або двобічним опором згину.

9.3.4 Мембранне напруження від дії діафрагм

(1) При розрахунку необхідно брати до уваги мембранні напруження розтягу, які виникають у результаті гідростатичного тиску на протилежні стінки, перпендикулярно розташовані до стінки, що розглядається.

(2) При розрахунку також необхідно брати до уваги мембранні напруження стиснення, які можуть виникати при дії вітру на інші стінки, ортогональні по відношенню до стінки, що розглядається.

9.3.5 Місцевий згин від труб і інших врізів

(1) По можливості, необхідно уникати місцевого згину від труб і інших врізів. Але,

9.3.2 Design of individual stiffened plates

(1) Corrugated or trapezoidal sheeting that spans in the horizontal direction should be designed for global bending under the actions from the stored liquid, the pressure above the liquid, stresses resulting from diaphragm action, and local bending action from attachments or piping.

(2) Effective bending properties and bending resistance of stiffened plates should be derived in accordance with EN 1993-1-3.

(3) The in-plane shear stiffness and shear resistance may be determined as analogous to that of the plane plate if the sheeting is continuously connected along all its boundaries to the adjacent members.

NOTE: If the connection is on only parts of the vertical boundary (e.g. connection only in the troughs of the corrugation or trapezoidal sheeting), the stresses can increase dramatically and the stiffness can decrease dramatically. It is assumed that such constructions will not be used because of requirements of water tightness.

9.3.3 Global bending from direct action of the stored liquid and the pressure above the liquid

(1) Horizontal bending resulting from the normal pressure on the wall should be considered. The loads should be supported by either one-way or two-way bending action.

9.3.4 Membrane stresses from diaphragm action

(1) The design should take account of membrane tension stresses that develop in the walls as a result of hydrostatic pressures on opposing walls normal to the wall being considered.

(2) The design should also take account of membrane compression stresses that can develop as a result of wind acting on other walls that are orthogonal to the wall being considered.

9.3.5 Local bending action from attachments or piping

(1) Local bending action from attachments or piping should be avoided as far as possible.

якщо це неможливо, необхідно в зоні врізів перевіряти місцеві напруження й деформації.

9.4 Граничні стани за придатністю до нормальної експлуатації

(1) Граничні стани за придатністю до нормальної експлуатації для стінок прямокутних сталевих резервуарів повинні прийматися як:

– деформації й прогини, що негативно впливають на ефективне використання конструкції;

– деформації, прогини або вібрації, що можуть викликати ушкодження другорядних елементів.

(2) Для відповідності зазначеним вище критеріям, деформації, прогини й вібрації повинні бути обмежені.

(3) Специфічні числові обмеження, щодо можливого використання резервуарів, повинні бути погоджені між проєктувальником, замовником і відповідним контролюючим органом, приймаючи до уваги характеристики рідин, які будуть зберігатися.

10 ВИМОГИ ДО ВИГОТОВЛЕННЯ І МОНТАЖУ У ВІДПОВІДНОСТІ З ПРОЕКТОМ

(1) Резервуар повинен виготовлятися та споруджуватися відповідно до EN 14015 або EN 14620 і відповідати вимогам EN 1090.

11 СПРОЩЕНИЙ РОЗРАХУНОК

11.1 Загальні положення

(1) Спрощений розрахунок згідно з цим розділом може застосовуватися у разі дотримання умов, викладених нижче:

– конструкція резервуара такої форми, як на рисунку 11.1

– єдиним внутрішнім впливом – є тиск рідини та надлишковий тиск над поверхньою рідини;

– максимальний розрахунковий рівень рідини не вище верху циліндричної оболонки;

– коли можна не враховувати навантаження, що викликані температурними і сейсмічними впливами, нерівномірним осіданням фундаменту, а також аварійні навантаження;

пр. ДСТУ–Н Б EN 1993-4-2:20XX

However, if this is not possible, a check should be made on the local stresses and deformations near the attachment.

9.4 Serviceability limit states

(1) The serviceability limit states for walls of rectangular steel tanks should be taken as follows:

– deformations or deflections which adversely affect the effective use of the structure;

– deformations, deflections and vibrations which cause damage to non-structural element

(2) Deformations, deflections and vibrations should be limited to meet the above criteria.

(3) Specific limiting values, appropriate to the intended use, should be agreed between the designer, the client and the relevant authority, taking account of the intended use and the nature of the liquids to be stored.

10 REQUIREMENTS ON FABRICATION, EXECUTION AND ERECTION WITH RELATION TO DESIGN

(1) The tank should be fabricated and erected according to EN 14015 or EN 14620 and executed according to EN 1090, as appropriate.

11 SIMPLIFIED DESIGN

11.1 General

(1) The simplified analysis of this section may be applied where all the following conditions are satisfied:

– the tank structure is of the form shown in figure 11.1;

– the only internal actions are liquid pressure and gas pressure above the liquid surface;

– maximum design liquid level not higher than the top of the cylindrical shell;

– the following loadings can all be neglected: thermally induced loads, seismic loadings, loads resulting from uneven settlement or connections and emergency loadings;

пр. ДСТУ–Н Б EN 1993-4-2:20XX

– жоден пояс, що розташовується нижче, за товщиною не менш ніж пояс над ним, за винятком прилеглого до верхнього кільцевого уторного кільця;

– розрахункове значення кільцевого напруження в оболонці резервуара менше ніж 435 N/mm^2 ;

– радіус кривизни для сферичного покриття в межах від 0,8 до 1,5 діаметра резервуара;

– для конічного покриття, якщо воно підтримується тільки стінкою (без внутрішніх опор) нахил покриття має бути в межах від 1:5 до 1:3;

– розрахунковий градієнт нахилу днища резервуара не більше ніж 1:100;

– днище лежить на суцільній поверхні або підтримується близько розташованими паралельними опорними елементами;

– нормативний внутрішній тиск не нижче – 8,5 мбар і не вище 60 мбар;

– кількість циклів навантаження виключає ризик руйнування від втоми.

(2) Розрахункова границя текучості в цій главі повинна розраховуватися як:

$$f_{y,d} = f_y / \gamma_{M0}; \quad (11.1)$$

де

f_y — нормативна границя текучості сталі;

γ_{M0} — згідно з 2.9.2.2.

where:

f_y — is the characteristic yield strength of the steel;

γ_{M0} — according to section 2.9.2.2

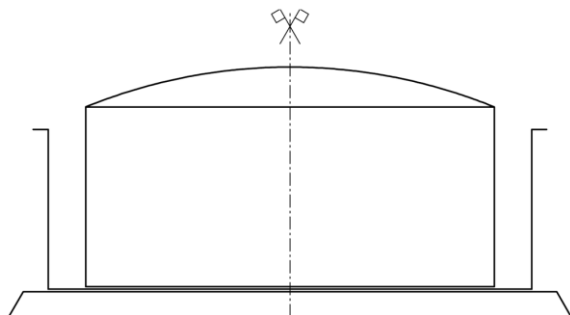


Рисунок 11.1 – Конструкція резервуара із захисною стінкою, як приклад для застосування спрощеного розрахунку резервуара

Figure 11.1: Tank structure with catch basin, where simplified tank design is applicable

11.2 Розрахунок стаціонарного покриття

11.2.1 Несуча конструкція без підсилення з'єднана зварним швом у стик або внапуск двома швами

(1) Якщо при розподілі навантаження на покриття використовується максимальне місцеве значення рівномірно-розподіленого розрахункового навантаження згідно із (3) і (5), можливу неоднорідність розподіленого навантаження можна не враховувати.

(2) При дії зосередженого навантаження, відповідна оцінка повинна бути зроблена в окремому розділі.

(3) Міцність покриття при розрахунковому внутрішньому тиску $p_{0,Ed}$ повинна бути перевірена за виразами:

- для сферичного покриття
- for spherical roofs
- для конічного покриття
- for conical roofs

$$\frac{p_{0,Ed} R_s}{2t} \leq j f_{y,d} \quad (11.2)$$

$$\frac{p_{0,Ed} R_c}{t} \leq j f_{y,d} \quad (11.3)$$

в яких $R_c = r / \sin \alpha$ для конічного покриття де:

- j – коефіцієнт міцності з'єднання;
- $p_{0,Ed}$ – зовнішня радіально спрямована складова рівномірно розподіленого розрахункового навантаження на покриття (тобто нормативне значення, помножене на коефіцієнт згідно з 2.9.2.1);
- r – радіус циліндричної оболонки резервуара;
- R_c – радіус кривої конічного покриття;
- R_s – радіус кривої сферичного покриття;
- t – товщина листів покриття;
- α – кут нахилу конічного покриття до горизонталі.

(4) Коефіцієнт міцності з'єднання повинен розглядатися як:

- $j = 1,00$ для стикових зварених швів;
- $j = 0,50$ для з'єднань внапуск з кутовими зварними швами з обох боків.

11.2 Fixed roof design

11.2.1 Unstiffened roof shell butt welded or with double lap weld

(1) Provided that the maximum local value of the distributed design load is used in (3) and (5) to represent the distributed pressure on the roof, possible non-uniformity of the distributed load need not be considered.

(2) Where a concentrated load is applied, a separate assessment should be made in accordance with section

(3) The strength of the roof under the design internal pressure $p_{0,Ed}$ should be verified using:

in which: $R_c = r / \sin \alpha$ for a conical roof where:

- j – is the joint efficiency factor;
- $p_{0,Ed}$ – is the radial outward component of the uniformly distributed design load on the roof (i.e. the characteristic value multiplied by the partial factor according to section 2.9.2.1);
- r – is the radius of the tank cylindrical shell wall;
- R_c – is the radius of curvature for the conical roof;
- R_s – is the radius of curvature of the spherical roof;
- t – is the roof plate thickness;
- α – is the slope of the conical roof to the horizontal.

(4) The joint efficiency factor should be taken as:

- $j = 1,00$ for butt welds;
- $j = 0,50$ for lapped joints with fillet welds on both sides.

пр. ДСТУ–Н Б EN 1993-4-2:20XX

(5) Стійкість сферичного покриття при розрахунковому зовнішньому тиску $p_{i,Ed}$ повинна перевірятися за виразом:

$$p_{i,Ed} \leq 0,05 \left\{ 1,21E \left(\frac{t}{R_0} \right)^2 \right\} \quad (11.4)$$

в якому:

$$R_0 = R_s$$

де:

$p_{i,Ed}$ – внутрішня радіально спрямована складова рівномірно розподіленого розрахункового навантаження на покриття (тобто нормативне значення помножене на коефіцієнт згідно з підрозділом 2.9.2.1);

(6) Стійкість конічного покриття при розрахунковому зовнішньому тиску $p_{i,Ed}$ повинна перевірятися згідно з умовами розділу 7.3 EN 1993-4-1 (силоси).

11.2.2 Самонесуча конструкція покриття

(1) Як правило, товщина всіх листів покриття із нержавіючої сталі повинна бути не менше ніж 3мм, а для інших сталей не менше ніж 5мм.

(2) Конструкція покриття повинна бути об'єднана або в'язями (див. 11.2.4), або конструктивно з'єднана з обшивкою покриття.

(3) Листи покриття можуть бути розраховані згідно теорії значних деформацій.

(4) Розрахунок несучих конструкцій покриття повинен задовольняти вимоги EN 1993-1-1.

(5) За умови, що діаметр резервуара менше 60 м і розподілене навантаження не дуже відхиляється від симетрії відносно осі резервуара, розрахунок в (6)÷(10) може застосовуватися і для сферичних покриттів.

(5) The stability of a spherical roof under the design external pressure $p_{i,Ed}$ should be verified using:

in which:

$$R_0 = R_s$$

where:

$p_{i,Ed}$ – is the radial inward component of the uniformly distributed design load on the roof (i.e. the characteristic value multiplied by the partial factor according to section 2.9.2.1).

(6) The stability of a conical roof under the design external pressure $p_{i,Ed}$ should be verified according to the provisions of section 7.3 of EN 1993-4-1 (Silos).

11.2.2 Self supporting roof with roof structure

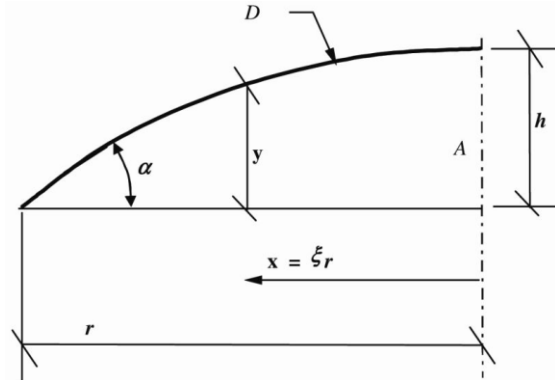
(1) The specified thickness of all roof plating should be not less than 3mm for stainless steels and not less than 5mm for other steels.

(2) The roof structure should either be braced (see 11.2.4) or structurally connected to the roof plating.

(3) The roof plates may be designed using large deflection theory.

(4) The design of the roof supporting structure should satisfy the requirements of EN 1993-1-1.

(5) Provided that the diameter of the tank is less than 60m and the distributed load does not deviate strongly from symmetry about the tank axis, the procedure described in (6) to (10) may be used for spherical roofs.



D — профіль покриття; *A* — вісь резервуара
D — roof profile *A* — tank axis

Рисунок 11.2 – Координати сферичного покриття резервуара

Figure 11.2: Tank spherical roof coordinates

(6) Під впливом розподілених навантажень, що виникають від експлуатаційного, снігового, вітрового і постійного навантаження та від тиску, максимальна вертикальна складова для сферичних покриттів приймається як розрахункове значення $p_{v,Ed}$, що діє або зверху до низу, чи навпаки, при дії знизу до верху приймається зі знаком мінусу. Загальна розрахункова вертикальна сила на кроквяну балку повинна бути прийнята за виразом:

(6) For spherical roofs under the action of distributed loads arising from imposed load, snow load, wind load, permanent load and pressure, the maximum vertical component should be taken as the design value $p_{v,Ed}$, acting either upwards or downwards, with $p_{v,Ed}$, taken as negative if it acts upwards. The total design vertical force per rafter should be taken as:

$$P_{Ed} = \beta r^2 p_{v,Ed} \quad (11.5)$$

в якому:

$$\beta = \pi/n$$

де

n — число кроквяних балок;

r — радіус резервуара;

$p_{v,Ed}$ — максимальна вертикальна складова розподіленого розрахункового навантаження (див. додаток А), включаючи власну вагу несучої конструкції (напрямок до низу – позитивний);

P_{Ed} — загальна розрахункова вертикальна сила на кроквяну балку.

in which:

$$\beta = \pi/n$$

where:

n — is the number of rafters;

r — is the radius of the tank;

$p_{v,Ed}$ — is the maximum vertical component of the design distributed load (see annex A) including the dead weight of the supporting structure (downward positive);

P_{Ed} — is the total design vertical force per rafter.

пр. ДСТУ–Н Б EN 1993-4-2:20XX

(7) Для розрахунку згідно з EN 1993-1-1 нормальна сила N_{ed} і згинальний момент M_{Ed} у кожній кроквяній балці можуть бути отримані із виразів:

$$N_{Ed} = 0,375 \frac{r}{h} P_{Ed} \quad (11.6)$$

$$M_{Ed} = \frac{1}{3} \left(\frac{r}{1-\varepsilon} \right) \left\{ 1 - \left(\frac{x}{r} \right)^3 - 1,10 \left(\frac{y}{h} \right) \right\} P_{Ed} \quad (11.7)$$

При виконанні таких умов:

provided that the following conditions are met:

$$p_{vEd} \geq 1,2 \text{ kN/m}^2 \quad (11.8)$$

$$I_y \geq \frac{N_d r^2}{\pi^2 E} \quad (11.9)$$

$$b_k \geq 2 h_k \quad (11.10)$$

$$A_1 \geq A_2 \quad (11.11)$$

$$h_k^2 \left(\frac{A_1 A_2}{A_1 + A_2} \right) \geq \frac{I_y}{2\beta} \quad (11.12)$$

де:

in which:

$$\varepsilon = N_{Ed} \frac{(0,6r)^2}{\pi^2 E I_y} \quad (11.13)$$

де

h — висота покриття резервуара, див. рис. 11.2;
 x — радіальна відстань від центральної осі резервуара, див. рис. 11.2;
 y — вертикальна висота покриття залежно від координати x , див. рис. 11.2;
 b_k — ширина центрального кільця, див. рис. 11.3;
 h_k — вертикальна відстань між фланцями центрального кільця, див. рис. 11.3;
 A_1 — площа перерізу верхнього фланця центрального кільця, рис. 11.3;

where:

h — is the rise of the tank roof, see figure 11.2;
 x — is the radial distance from the centreline of the tank, see figure 11.2;
 y — is the vertical height of the roof at coordinate x , see figure 11.2;
 b_k — is the flange width of the centre ring, see figure 11.3;
 h_k — is the vertical distance between the flanges of the centre ring, see figure 11.3;
 A_1 — is the area of the top flange of the centre ring, see figure 11.3;

A_2 — площа перерізу нижнього фланця центрального кільця, див. рис. 11.3;
 I_y — момент інерції перерізу балки відносно горизонтальної осі.

A_2 — is the area of the bottom flange of the centre ring, see figure 11.3;
 I_y — is the second moment of area of the rafter about the horizontal axis.

(8) Якщо момент інерції перерізу кроквяної балки I_y змінюється по довжині (наприклад, через зміни дійсної ширини листів покриття при їхньому прикріпленні до кроквяних балок), в (7) може бути використане значення I_y на відстані $0,5r$ від осі резервуара.

(8) If the second moment of area of the rafter I_y varies along the length of the rafter (e.g. due to the variable effective width of roof plates when they are connected to the rafters) the value of I_y at a distance $0,5r$ from the tank axis may be used in (7).

(9) Якщо умови, що викладені в (7) виконуються, то розрахунок центрального кільця можна виконати, перевіркою тільки нижнього пояса кільцевої балки згідно (10).

(9) Provided that the conditions given in (7) are satisfied, the design of the centre ring may be verified by checking only its lower chord according to (10).

(10) За умови, що існує принаймні 10 рівномірно розташованих кроквяних балок, розрахункове значення зусилля в елементі $N_{r,Ed}$ і згинальний момент $M_{r,Ed}$ для центрального кільця можуть бути обчислені з використанням виразів:

(10) Provided that there are at least 10 uniformly spaced rafters, the design value of the member force $N_{r,Ed}$ and bending moment $M_{r,Ed}$ for the central ring may be calculated using:

$$N_{r,Ed} = \frac{N_{2,Ed}}{2\beta} \quad (11.14)$$

$$M_{r,Ed} = \frac{r_k \beta N_{2,Ed}}{2(3 + \beta^2)} \quad (11.15)$$

у яких:

in which:

$$N_{2,Ed} = \frac{N_{Ed} e_o}{h_K} + \frac{M_{Ed}}{h_K} \quad (11.16)$$

де

where:

$N_{2,Ed}$ — розрахункова величина сили у нижньому поясі кільцевої балки;

$N_{2,Ed}$ — is the design value of the force in the lower chord of the centre ring;

N_{Ed} — розрахункова величина сили в кроквяній балці;

N_{Ed} — is the design value of the force in the rafter;

M_{Ed} — розрахункове значення згинального моменту на внутрішньому кінці кроквяної балки;

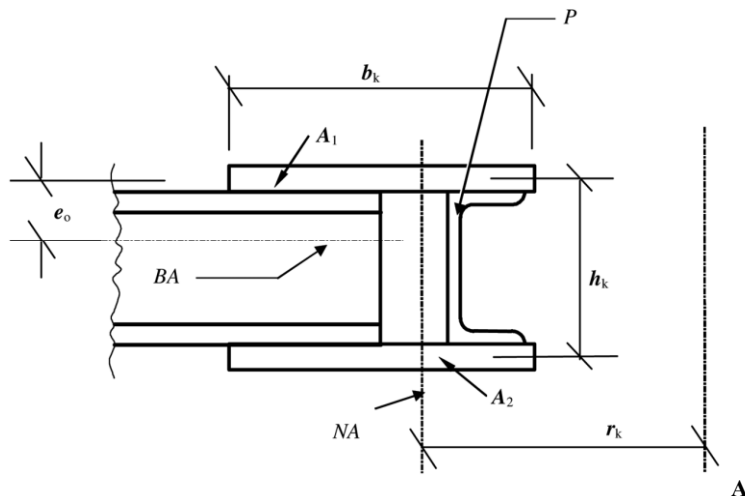
M_{Ed} — is the design value of the bending moment in the rafter at its inner end;

e_o — вертикальне відхилення від співвісності нейтральної осі балки від верхнього фланця центрального кільця, див. рис. 11.3;

e_o — is the vertical eccentricity of the rafter neutral axis from the top flange of the centre ring, see figure 11.3;

r_k — радіус нейтральної осі центрального кільця, див. рис. 11.3.

r_k — is the radius of the neutral axis of the centre ring, see figure 11.3.



P — профіль між фланцями;
BA — вісь балки;
A — вісь резервуара;
NA — нейтральна вісь периферійних елементів кільця (*A1* і *A2*) при вигині в площині фланців

P — profile section separating flanges;
BA — beam axis;
A — tank axis;
NA — neutral axis of *A1* and *A2* for bending in the plane of the plates

Рисунок 11.3 – Центральне кільце покриття

Figure 11.3: Roof centre ring

11.2.3 Покриття, що спирається на колони

(1) Товщина листової обшивки покриття з нержавіючої сталі повинна бути не менше ніж 3мм, а для інших сталей не менше ніж 5мм.

(2) Листи покриття можуть бути розраховані за теорією значних деформацій.

(3) Розрахунок несучих конструкцій покриття повинен задовольняти вимоги EN 1993-1-1.

11.2.4 В'язі

(1) Якщо листи покриття не з'єднані із кроквяними балками, то необхідно передбачити в'язі.

(2) Для покриттів, що перевищують 15м у діаметрі, необхідно передбачити в'язі принаймні, у двох прольотах (тобто сусідні балки у двох місцях об'єднані розкосами).

11.2.3 Column supported roof

(1) The specified thickness of all roof plating should be not less than 3mm for stainless steels and not less than 5mm for other steels.

(2) The roof plates may be designed using large deflection theory.

(3) The design of the roof supporting structure should satisfy the requirements of EN 1993-1-1.

11.2.4 Bracing

(1) If the roof plates are not connected to the rafters, bracing should be used.

(2) For roofs exceeding 15 m diameter, at least two bays of bracing should be provided (i.e. two pairs of adjacent rafters connected by truss members). The sets of braced bays

В'язі повинні бути рівномірно розташовані по окружності резервуара.

(3) Для покриттів діаметром від 15 м до 25 м, в яких є в'язі необхідно передбачити додаткове кільце. Для покриттів діаметром більше 25 м повинно бути передбачено два додаткових кільця.

(4) В'язі повинні бути розраховані на умовну силу, яка дорівнює 1% від суми нормальних сил у елементах що об'єднані в'язями.

11.2.5 Кільцеве з'єднання кромки оболонки з покриттям (уторне кільце)

(1) Зусилля в ефективному уторному кільці жорсткості (місце, де покриття з'єднується із стінкою) повинно бути перевірено за виразом:

$$\frac{N_{Ed}}{A_{eff}} \leq f_{y,d} \quad (11.17)$$

в якому:

in which:

$$N_{Ed} = \frac{p_{v,Ed} r^2}{2 \tan \alpha} \quad (11.18)$$

де

A_{eff} — фактична площа уторного кільця жорсткості, зазначена на рис. 11.4;

α — нахил покриття до горизонталі в місці з'єднання;

$p_{v,Ed}$ — максимальна вертикальна складова розрахункового розподіленого навантаження, включаючи власну вагу несучої конструкції (напрямок вниз — позитивний).

(2) Якщо відстань між суміжними кроквяними балками в місці їх приєднання до уторного кільця не перевищує 3,25 м стійкість кільця можна не перевіряти.

(3) Якщо розрахункове розподілене навантаження $p_{v,Ed}$ діє вверх, згинальні моменти в уторному кільці можна не враховувати.

(4) Якщо відстань між суміжними кроквяними балками в місці їх приєднання до уторного кільця не перевищує 3,25 м і розрахункове розподілене навантаження $p_{v,Ed}$ діє вниз, згинальні моменти в уторному кільці можна не враховувати.

пр. ДСТУ–Н Б EN 1993-4-2:20XX

should be spaced evenly around the tank circumference.

(3) For braced roofs with diameter between 15 m and 25 m, an additional circumferential ring should be provided. For braced roofs with diameter over 25 m, two additional circumferential rings should be provided.

(4) The bracing should be designed for a stabilising force equal to 1% of the sum of the normal forces in the stabilised members.

11.2.5 Edge ring at the shell to roof junction (eaves junction)

(1) The force in the effective edge ring (area where the roof is connected to the shell) should be verified using:

where:

A_{eff} — is the effective area of the edge ring indicated in figure 11.4;

α — is the slope of the roof to the horizontal at the junction;

$p_{v,Ed}$ — is the maximum vertical component of the design distributed load including the dead weight of the supporting structure (downward positive).

(2) Where the separation between adjacent rafters at their points of connection to the edge ring does not exceed 3,25m, the stability of the edge ring need not be verified.

(3) Where the design distributed load $p_{v,Ed}$ acts upwards, the bending moments in the edge ring may be ignored.

(4) Where the separation between adjacent rafters at their points of connection to the edge ring does not exceed 3,25m, and the design distributed load $p_{v,Ed}$ acts downwards, the bending moments in the edge ring may be ignored.

пр. ДСТУ–Н Б EN 1993-4-2:20XX

(5) Якщо відстань між суміжними кроквяними балками в місцях їх приєднання до уторного кільця перевищує 3,25 м, згинальні моменти у кільці відносно його вертикальної осі треба розглядати як додаток до нормальної сили N_{Ed} в кільці. Згинальні моменти в кільці (позитивні значення, включаючи напруження розтягнення у середині кільця) повинні бути обчислені за такими виразами.

При приєднанні балки:

$$M_{s,Ed} = -\left(\frac{p_{v,Ed}r^3}{2 \tan \alpha}\right)\left(1 - \frac{\beta}{\tan \beta}\right) \quad (11.19)$$

На половині відстані між балками:

$$M_{F,Ed} = -\left(\frac{p_{v,Ed}r^3}{2 \tan \alpha}\right)\left(\frac{\beta}{\sin \beta} - 1\right) \quad (11.20)$$

Примітка — Якщо $p_{v,Ed}$ діє в напрямку вгору, воно береться як негативне з наступною зміною знака для всіх нормальних сил і згинальних моментів.

(5) Where the separation between adjacent rafters at their points of connection to the edge ring exceeds 3,25m, the bending moments in the edge ring about its vertical axis should be taken into account in addition to the normal force in the ring N_{Ed} . The bending moments in the ring (positive values inducing tensile stresses on the inside of the ring) should be evaluated using the following expressions.

At the connection of the rafter:

At half span between the rafters:

NOTE: Where $p_{v,Ed}$ acts in the upward direction, it is taken as negative, causing a change of sign in all the normal forces and bending moments.

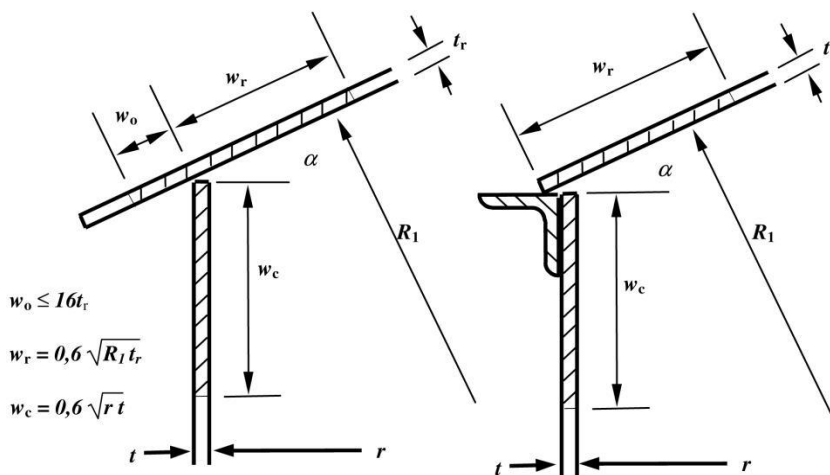


Рисунок 11.4 – Уторне кільце на стику стінки і покриття

Figure 11.4: Edge ring at the shell to roof junction

11.3 Розрахунок оболонки

11.3.1 Листи оболонки

(1) Кільцеве нормальне напруження від тиску рідини та внутрішнього тиску повинно бути перевірене в кожному поясі оболонки з використанням нерівності:

$$[\gamma_F \rho g H_{red} + p_{Ed}] \left(\frac{r}{t} \right) \leq f_{y,d} \quad (11.21)$$

де величина H_{red} для j -го пояса, позначена як $H_{red,j}$, визначається з урахуванням впливу пояса, що розташовується нижче, і який є поясом ($j-1$):

$$H_{red,j} = H_j - \Delta H \quad \text{якщо} \quad \frac{H_{red,j-1}}{f_{y,d,j-1}} \geq \frac{H_{red,j}}{f_{y,d,j}} \quad (11.22)$$

if

$$H_{red,j} = H_j \quad \text{якщо} \quad \frac{H_{red,j-1}}{f_{y,d,j-1}} < \frac{H_{red,j}}{f_{y,d,j}} \quad (11.23)$$

if

в якому:

$$\Delta H = 0,30 \text{ метра}$$

де:

ρ — густина рідини, що утримується;
 g — прискорення вільного падіння;
 H_j — вертикальна відстань від низу j -того пояса до рівня рідини;
 p_{Ed} — розрахункове значення надлишкового тиску (тобто нормативне значення, помножене на коефіцієнт згідно з додатком А).

11.3.2 Підсилюючі кільця

(1) Стационарні покриття резервуарів повинні бути достатньою жорстко з'єднані з верхом оболонки. В такому разі немає необхідності використовувати основне кільце.

(2) Резервуари з відкритим верхом (з плаваючим покриттям) повинні бути оснащені основним кільцем, яке розташовується над або поруч із верхньою кромкою верхнього пояса.

(3) Якщо для опору вертикальним переміщенням нижня кромка стінки закріплена анкерами, основне кільце може бути запроектоване так, щоб задовольняти

11.3 Shell design

11.3.1 Shell plates

(1) The circumferential normal stress due to liquid loads and internal pressure should be verified in each shell course using:

where the value of H_{red} for the j th course, denoted by $H_{red,j}$, is determined according to its relationship with the value for the course below it, which is the ($j-1$)th course:

in which:

$$\Delta H = 0,30 \text{ metres}$$

where:

ρ — is the density of the contained liquid;
 g — is the acceleration due to gravity;
 H_j — is the vertical distance from the bottom of the j th course to the liquid level;
 p_{Ed} — is the design value of the pressure above the liquid level (i.e. the characteristic value multiplied by the partial factor according to annex A).

11.3.2 Stiffening rings

(1) Fixed roof tanks with roof structures may be considered to be adequately stiffened at the top of the shell by the roof structure. A primary ring need not be used.

(2) Open top tanks should be provided with a primary ring which is located at or near the top of the uppermost course.

(3) If the lower edge of the shell is effectively anchored to resist vertical displacements the primary stiffening ring may be designed by satisfying both the strength and the stiffness

пр. ДСТУ-Н Б EN 1993-4-2:20XX

вимоги як щодо міцності, так і щодо жорсткості, наведені в пунктах (12)-(14) розділу 5.3.2.5 EN 1993-4-1.

(4) Якщо нижня кромка стінки недостатньо закріплена анкерами для опору вертикальним переміщенням, необхідно виконати перевірку стійкості згідно з EN 1993-1-6.

(5) Якщо підсилюючі кільця розташовані більш ніж на 600 мм нижче верху оболонки, резервуар повинен бути оснащений верхнім облямовувальним кутиком з такими розмірами:

- 60×60×5 при товщині верхнього поясу стінки не менше ніж 6 мм;
- 80×80×6 при товщині верхнього поясу стінки 6мм або більше.

Для будь-якої ділянки уторного кутика, горизонтальна полиця повинна бути розташована не нижче ніж на 25 мм від верхньої кромки стінки.

(6) Проміжні кільця (що запобігають місцевій втраті стійкості оболонки) повинні бути розраховані з урахуванням таких вимог. Висота від верху стінки або від верхнього вітрового кільця жорсткості до низу, при перевищенні якої може відбутися втрата стійкості оболонки, повинна бути визначена за формулою:

$$H_E = \sum h \left(\frac{t_{min}}{t} \right)^{2,5} \quad (11.24)$$

де

h — висота кожного поясу нижче кільця жорсткості по верхній кромці оболонки або верхнього вітрового кільця жорсткості резервуара;

t — товщина кожного наступного поясу послідовно;

t_{min} — товщина найтоншого поясу.

(7) Висота, у межах якої можна не встановлювати проміжне кільце, визначається за формулою:

$$H_P = 0,46 \left(\frac{E}{P_{Ed}} \right) \left(\frac{t_{min}}{r} \right)^{2,5} rK \quad (11.25)$$

requirement given in clauses (12) to (14) of section 5.3.2.5 of EN 1993-4-1.

(4) If the lower edge of the shell is not effectively anchored to resist vertical displacements the buckling assessment should be carried out using EN 1993-1-6.

(5) When stiffening rings are located more than 600 mm below the top of the shell, the tank should be provided with a top curb angle with the following size:

- 60×60×5 where the top shell course has a thickness less than 6 mm;
- 80×80×6 where the top shell course has a thickness of 6 mm or more.

For either angle section, the horizontal leg should be not further than 25 mm from the top edge of the shell.

(6) The requirement for a secondary ring to prevent local buckling of the shell should be investigated using the following procedure. The height over which buckling of the unstiffened shell can occur (measured from the top of the shell or the primary wind girder downwards) should be taken from:

where:

h — is the height of each course in turn below the edge ring or the primary wind girder;

t — is the thickness of each course in turn;

t_{min} — is the thickness of the thinnest course.

(7) The height that may be taken to be stable without a secondary ring should be taken from:

де $K=1$ – при осьовому напруженні $\sigma_{x,Ed}$ при розтягненні
 in which: $K=1$ – if the axial stress $\sigma_{x,Ed}$ is tensile (11.26)

$$K = \left\{ \begin{array}{l} \left[1 - \left[2,67 \left(\frac{\sigma_{x,Ed}}{E} \right) \left(\frac{r}{t} \right) \left(1 + \frac{1}{54} \left(\frac{r}{t} \right)^{0,72} \right)^{1,25} \right]^{0,8} \right\} \text{ при осьовому напруженні} \\ \left. \begin{array}{l} \text{при стисненні} \\ \text{if the axial stress is} \\ \text{compressive.} \end{array} \right\} \quad (11.27)$$

де p_{Ed} – максимальне розрахункове значення внутрішньої складової тиску на стінку (тиск з зовнішньої сторони, негативний тиск з внутрішньої сторони) і (r/t) узятє в тому ж місці, що та розрахункове значення $\sigma_{x,Ed}$ осьового мембранного напруження при стисненні.

Примітка: Наведені вище формули можуть іноді мати більший запас (особливо у разі дуже вузьких поясів). Умови EN 1993-1-6 можуть дати більш економічні рішення.

(8) При розрахунках деформації резервуара нерівномірне розподілення тиску $q_{w,Ed}$ від дії зовнішнього вітрового навантаження на циліндричні оболонки (див. рис. 11.5) може бути замінене на еквівалентний рівномірно розподілений зовнішній тиск:

$$q_{eq,Ed} = k_w q_{w,max,Ed} \quad (11.28)$$

де $q_{w,max,Ed}$ — максимальний тиск вітру, а k_w визначається бути визначено в такий спосіб:

$$k_w = I/C_w \quad (11.29)$$

де C_w — згідно з пунктом (8) розділу 5.3.2.5 EN 1993-4-1.

where

p_{Ed} – is the maximum design value of the inward component of the pressure on the shell wall (pressure on the outside, negative pressure on the inside) and (r/t) is taken at the same location as the design value $\sigma_{x,Ed}$ of the compressive axial membrane stress.

NOTE: The above formulas can sometimes be very conservative (especially in the case of very short courses). The provisions of EN 1993-1-6 may always be used to provide a more economic design.

(8) The non-uniform distribution of pressure $q_{w,Ed}$ resulting from external wind loading on cylinders (see figure 11.5) may, for the purpose of tank buckling design, be substituted by an equivalent uniform external pressure:

where $q_{w,max,Ed}$ — is the maximum wind pressure, and k_w should be found as follows:

with C_w — according to clause (8) of section 5.3.2.5 of EN 1993-4-1.

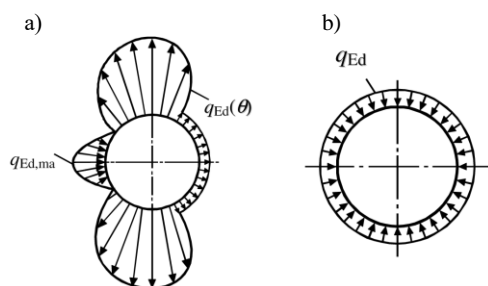
(9) Тиск p_{Ed} у формулі 11.25, визначається за виразом:

$$p_{Ed} = q_{eq,Ed} + q_{s,Ed} \tag{11.30}$$

де $q_{s,Ed}$ — внутрішнє підсмоктування, що викликається вентиляцією, внутрішнім частковим вакуумом або іншими явищами.

(9) The pressure p_{Ed} to be introduced into 11.25 follows from:

where $q_{s,Ed}$ — is the internal suction caused by venting, internal partial vacuum or other phenomena.



a) розподіл тиску вітру по колу оболонки

b) приведений розподіл вісесиметричного тиску

a) wind pressure distribution around shell circumference

b) equivalent axisymmetric pressure distribution

Рисунок 11.5 – Типовий перерозподіл навантаження від зовнішнього тиску вітру:

Figure 11.5: Transformation of typical wind external pressure load distribution:

(10) Метод, викладений в (7), не повинен використовуватися, якщо осьовим напруженням є стиснення і якщо тільки не виконуються такі дві умови:

(10) The procedure set out in (7) should not be used where the axial stress is compressive unless both of the following conditions are met:

$$\frac{r}{t} \geq 200 \tag{11.31}$$

$$f_y \geq 1,15 E \left(\frac{r}{\ell}\right) \left(\frac{t}{r}\right)^{1,5} \tag{11.32}$$

де ℓ — висота прогину. Для H_E відстань між сусідніми кільцевими ребрами жорсткості приймається найменша.

where ℓ — is the height of the buckle. This is given by H_E or the distance between the adjacent ring stiffeners whichever is less.

(11) Якщо $H_E \leq H_P$ немає необхідності використовувати проміжне кільце.

(12) Якщо $H_E > H_P$, для запобігання втрати стійкості оболонки, висота H_E повинна бути поділена кільцевими ребрами жорсткості, які розташовуються на рівних відстанях, у межах висоти H_P . Якщо необхідно більш ніж одне кільцеве ребро жорсткості, значення K може бути визначено окремо для кожного прольоту між кільцевими ребрами, з метою встановлення різних значень H_P між кільцевими ребрами жорсткості згідно (7).

(13) Якщо товщина листів поясу, до якого прикріплюється розташоване нижче кільце, більше мінімальної товщини листів t_{min} , необхідно зробити уточнення. Відстань $H_{lower,adj}$, від верхнього уторного або від основного кільця до кільця, що розташовується нижче, повинна бути обчислена за формулою:

$$H_{lower,adj} = H_{tmin} + (H_{lower} - H_{tmin}) \left(\frac{t}{t_{min}} \right)^{2,5} \quad (11.33)$$

де

H_{lower} — відстань від верхнього уторного кільця жорсткості або від основного кільця жорсткості до розрахункового проміжного кільця,

H_{tmin} — відстань від уторного кільця жорсткості або від основного кільця жорсткості до нижньої кромки пояса оболонки з товщиною t_{min} .

(14) Проміжні кільця повинні розташовуватися на відстані не менше ніж 150 мм від кільцевих швів стінки.

(15) Якщо тільки не виконуються більш детальніші розрахунки згідно з EN 1993-1-6, проміжні кільця щодо жорсткості повинні відповідати такій вимозі:

(11) If $H_E \leq H_P$, a secondary ring need not be used.

(12) If $H_E > H_P$, the height H_E should be subdivided by stiffening rings equally spaced at separations H_P or less to prevent buckling of the shell wall. If more than one stiffening ring is necessary, the value of K may be calculated separately for each bay between stiffening rings, to give different distances H_P between stiffening rings according to (7).

(13) If the thickness of the course to which a lower ring is attached is greater than the minimum plate thickness t_{min} , an adjustment should be made as follows. The distance $H_{lower,adj}$ at which a lower ring should be placed below the edge ring or primary ring should be evaluated instead as using:

where:

H_{lower} — is the distance from the edge ring or the primary ring to the secondary ring position to be adjusted;

H_{tmin} — is the distance from the edge ring or the primary ring to the lower boundary of the shell courses with thickness t_{min} .

(14) Secondary rings should not be located within 150mm of a circumferential tank seam.

(15) Unless a more detailed assessment is carried out using EN 1993-1-6 secondary rings should satisfy the following stiffness requirement

$$I_{R,j} \geq 2 \frac{N_{Rj} \cdot E_d r^2}{E m_B^2} \quad (11.34)$$

$$N_{R,j,Ed} = \frac{p_{j,Ed} r (a_{j+1} + a_j)}{2} \quad (11.35)$$

$$m_B^* = 1,79 \left\{ \frac{r}{H \left[\frac{r^2 \min(a_j t_j)}{\max(I_{R,j})} \right]^{1/4}} \right\}^{1/2} \quad (11.36)$$

m_B — наступне ціле число менше m_B^* ;
 $I_{R,j}$ — момент інерції перерізу проміжного кільця j ;
 $\max I_{R,j}$ — максимальне значення $I_{R,j}$ для всіх проміжних кілець;
 H — висота від основного кільця або від уторного стику покриття до з'єднання нижньої кромки стінки із днищем;
 a_j — відстань від проміжного кільця j до наступного розташованого нижче кільця або до нижньої кромки;
 a_{j+1} — відстань від проміжного кільця j до наступного розташованого вище кільця або до основного кільця, або до верхнього уторного вузла покриття;
 t_j — середнє значення товщини оболонки в межах відстані a_j ;
 $\min (a_j t_j)$ — мінімальне значення $a_j t_j$ в межах висоти H ;
 r — радіус оболонки резервуара;
 $p_{j,Ed}$ — від'ємний розрахунковий тиск на проміжному кільці j .

m_B — next smaller integer to m_B^* ;
 $I_{R,j}$ — second moment of area of secondary ring j ;
 $\max I_{R,j}$ — maximum value of $I_{R,j}$ for all secondary rings;
 H — height of the primary ring or roof to shell junction above the bottom edge;
 a_j — distance from secondary ring j to the next secondary ring below or to the bottom edge if there is no secondary ring below;
 a_{j+1} — distance from secondary ring j to the next secondary ring above or to the primary ring or roof to shell junction if there is no secondary ring above;
 t_j — mean value of the shell thickness along the distance a_j ;
 $\min (a_j t_j)$ — minimum value of $a_j t_j$ along the height H ;
 r — radius of the tank shell
 $p_{j,Ed}$ — negative design pressure at the secondary ring j .

11.3.3 Отвори

(1) Отвори і арматура повинні проектуватися згідно з 5.4.6.

11.4 Розрахунок днища резервуара

(1) При розрахунку плити днища необхідно врахувати корозійний вплив.

(2) Листи днища повинні бути зварені внапуск або у стик. Вказівки щодо зварювання див. EN 14015 або EN 14620, залежно від обставин.

11.3.3 Openings

(1) Openings and mountings should be designed according to 5.4.6.

11.4 Bottom design

(1) The design of the bottom plate should take corrosion into account.

(2) Bottom plates should be lap welded or butt welded. For welding details see EN 14015 or EN 14620, as appropriate.

(3) Номінальна товщина листів днища повинна бути не менш ніж зазначена в таблиці 11.1, виключаючи припуск на корозію. Більші значення товщини повинні застосовуватися при необхідності забезпечення опору відриву від опорного кільця стінки внаслідок внутрішнього негативного тиску, якщо тільки мінімальний гарантований залишковий рівень рідини не використовується для опору відриву.

(3) The specified thickness of the bottom plates should not be less than specified in table 11.1 excluding corrosion allowance. Larger values should be used if required to resist uplift due to the internal negative pressure, unless a minimum guaranteed residual liquid level is used to assist in resisting this uplift.

Таблиця 11.1 – Мінімальна номінальна товщина плити днища

Table 11.1 – Minimum nominal bottom plate thickness

Матеріал Material	Днище, при зварюванні внапуск, мм Lap welded bottoms, mm	Днище, при зварюванні у стик, мм Butt welded bottoms, mm
Вуглецеві сталі Carbon steels	6	5
Нержавіючі сталі Stainless steels	5	3

(4) Листи днища, що опираються на паралельні балки (підняте днище) можуть бути запроєктовані як нерозрізні балки згідно теорії малих деформацій. Якщо деформацію поперечного перерізу опорних балок від дії поперечної сили можна не враховувати (бетонні балки, порожні жорсткі секції, балки з товстими полками) проліт нерозрізної балки, яка представляє днище, може прийматися як відстань між прилеглими кромками опорних елементів, а не як відстані між центральними осями цих елементів.

(4) Bottom plates supported by parallel girders (elevated bottoms) may be designed as continuous beams according to small deflection theory. If the deformation of the cross section of the supporting girders due to the lateral load is negligible (e.g. concrete beams, hollow sections, beams with heavy flanges), the span of the continuous beam representing the plate may be taken as the distance between adjacent edges of these supporting members, instead of the distance between the centre-lines of the supporting members.

(5) Днища резервуарів діаметром 12,5 м і більше повинні мати опорне кільце (окрайку), яке відповідає вимогам щодо міцності та жорсткості поясу стінки, до якого воно примикає. Окрайка повинна мати мінімальну без припуск на корозію номінальну товщину t_a , що визначається як:

(5) Bottoms for tanks greater than 12,5m diameter should have a base ring (in the form of an annular plate) that satisfies the strength and toughness requirements on the shell course to which they are attached. This base ring should have a minimum nominal thickness t_a excluding corrosion allowance obtained from:

$$t_a = t_s/3 + 3 \text{ мм (mm)}, \quad \begin{array}{l} \text{але не менше 6 мм} \\ \text{but not less than 6 mm} \end{array} \quad (11.37)$$

пр. ДСТУ–Н Б EN 1993-4-2:20XX

де t_s — товщина нижнього поясу оболонки, що прикріплюється

Примітка 1: Ця мінімальна товщина днища може привести до утворення пластичного шарніра в окрайці, виключаючи виникнення відповідної пластичної деформації в нижній кромці зварного з'єднання стінки із днищем. Але необхідно відмітити, що ця мінімальна товщина листів днища також може привести до підняття зовнішньої частини окрайки з наступною можливістю корозії.

Примітка 2: Окрайка повинна бути запроєктована для перерозподілу осьових сил, що діють по периметру корпусу резервуара і передають їх на фундамент.

(6) Внутрішня частина окрайки не повинна мати ширину w меншу, ніж граничне значення w_a , визначене за формулою:

$$w_a = 1,5 \left[\frac{f_y t_a^2}{\rho g H} \right]^{1/2} \quad \begin{array}{l} \text{але не менше 500 мм} \\ \text{but not less than 500mm} \end{array} \quad (11.38)$$

де

H — максимальна розрахункова висота рідини.

w_a — мінімальна піддана впливу ширина (відстань від внутрішнього краю окрайки до внутрішньої кромки листів оболонки).

t_a — товщина окрайки з урахуванням припуску на корозію.

ρ — густина рідини, що зберігається.

g — прискорення вільного падіння.

(7) Радіальні секції окрайок, повинні бути зварені суцільним швом у стик. Рекомендації щодо зварювання див. EN 14015 або EN 14620, за належністю.

(8) Відстань від зовнішньої стінки до зовнішнього краю окрайки повинна бути не менше 50 мм.

(9) Приєднання самого нижнього пояса стінки до окрайок необхідно виконувати безперервним кутовим зварним швом з обох боків оболонки.

where t_s — is the thickness of the attached shell course.

NOTE 1: This minimum thickness of bottom plate may lead to the formation of a plastic hinge in the annular plate, avoiding alternating plasticity in the weld detail at the bottom of the shell wall. However, it should be noted that this minimum plate thickness may also lead to uplift of the outer edge of the annular plate, with consequent potential for corrosion.

NOTE 2: Where axial forces develop in the tank shell, the annular plate must be designed to distribute these axial forces into the foundation.

(6) The inner part of the base ring annular plate should not have an exposed width w less than the limiting value w_a , obtained from:

where:

H — is the maximum design liquid height.

w_a — is the minimum exposed width (distance from the inner edge of the annular base plate to the inner edge of the shell plate).

t_a — is the thickness of the annular plate, taking account of the corrosion allowance.

ρ — is the density of the contained liquid.

g — is the acceleration due to gravity.

(7) The radial seams connecting annular plates to each other should be full penetration butt welded. For welding details, see EN14015 or EN14620, as appropriate.

(8) The distance from the outer edge of the shell plate to the outer edge of the bottom plates or base ring annular plate should not be less than 50mm.

(9) The attachment of the lowest course of the shell plate to the annular plates or bottom sketch plates should be continuous fillet welds on both sides of the shell plate.

пр. ДСТУ–Н Б EN 1993-4-2:20XX

(10) Товщина катетів швів для кожного кутового зварного з'єднання повинна бути більше або дорівнювати товщині окрайки, але не перевищувати 10 мм. Якщо товщина оболонки менше, ніж товщина окрайки, катети швів не повинні перевищувати відповідні величини, вказані в таблиці 11.2.

(10) The throat thickness for each fillet weld should be greater than or equal to the thickness of the annular plate or of the sketch plate, except that they should not exceed 10mm and where the shell plate thickness is less than the sketch plate or annular plate thickness, they should not exceed the appropriate value given in table 11.2.

Таблиця 11.2 – Катет зварного шва при товщині листа оболонки тоншої за листа окрайки

Table 11.2 – Fillet weld throat thickness if shell plate is thinner than sketch plate or annular plate

Товщина листів стінки, t , мм Shell plate thickness, t , mm	Катет зварного шва, мм Fillet weld throat thickness, mm
$t < 5$	2,0
$t = 5$	4,5
$t > 5$	6,0

11.5 Розрахунки анкерного кріплення

(1) Для резервуарів із стаціонарним покриттям анкерне кріплення повинне бути передбачене, якщо будь-яка з наведених нижче умов може викликати відрив циліндричної оболонки і окрайки днища від фундаменту:

а) При внутрішньому розрахунковому тиску підйом порожнього резервуара не врівноважується фактичною з урахуванням корозії, вагою покриття, оболонки й постійних приєднаних елементів;

б) При внутрішньому розрахунковому тиску у комбінації з вітровим навантаженням підйом не врівноважується фактичною з урахуванням корозії вагою покриття, стінки та постійних приєднаних елементів і плюс вага рідини, яка завжди присутня у резервуарі, що узгоджується проєктувальником, замовником і відповідним регулювальним органом;

с) Підйом порожнього резервуара через вітрове навантаження не врівноважується фактичною з урахуванням корозії вагою покриття, оболонки й постійних приєднаних елементів;

д) Відрив порожнього резервуара при підтопленні під час повені. У таких випадках необхідно враховувати вплив на днище, оболонку резервуара, тощо, а також на розрахунок анкерного кріплення.

11.5 Anchorage design

(1) Tank anchorage should be provided for fixed roof tanks, if any of the following conditions can cause the cylindrical shell wall and the bottom plate close to it to lift off its foundations:

a) Uplift of an empty tank due to internal design pressure counteracted by the effective corroded weight of roof, shell and permanent attachments;

b) Uplift due to internal design pressure in combination with wind loading counteracted by the effective corroded weight of roof, shell and permanent attachments plus the effective weight of the product always present in the tank as agreed between the designer, the client and the relevant authority.

c) Uplift of an empty tank due to wind loading counteracted by the effective corroded weight of roof, shell and permanent attachments;

d) Uplift of an empty tank due to external liquid caused by flooding. In such cases it is necessary to consider the effects upon the tank bottom, tank shell etc. as well as the anchorage design.

Для такої перевірки підйомні сили від дії вітрового навантаження можуть бути обчислені з припущенням, що циліндрична стінка резервуара має жорсткий поперечний переріз (балочна теорія). Таке припущення не виключає можливості місцевого відриву. У випадках, коли місцевий відрив допустити не можна, потрібне проведення більш складного аналізу.

(2) Місця анкерних кріплень, наскільки це можливо, необхідно розташовувати по окружності резервуара на рівній відстані.

(3) Розрахунок анкерних болтів або кріпильних планок повинен відповідати вимогам EN 1993-1-1. Мінімальна площа поперечного перерізу для анкерних болтів або кріпильних планок повинна дорівнювати 500 мм². Для захисту від корозії додається мінімальний припуск на корозію рівний 1 мм.

(4) Анкерне кріплення, як правило, необхідно кріпити до оболонки. Воно не повинно кріпитися тільки до окрайки.

(5) Розрахунок анкерного кріплення повинен враховувати переміщення резервуара від температурних коливань і гідростатичного тиску, та мінімізувати будь-яке напруження, що виникає в оболонці.

(6) Розрахунок оболонки на дії сил і згинальних моментів в місцях анкерних кріплень повинен здійснюватись згідно з вимогами 5.4.6 і 5.4.7 EN 1993-4-1.

(7) Попереднє натягнення анкерного болта або кріпильної планки не повинно застосовуватися для включення їх в роботу тільки у випадку виникнення підйомної сили в оболонці резервуара.

Примітка: Якщо анкерні болти або кріпильні планки попередньо не напружені, максимальна підйомна сила в них при вітровому навантаженні буде зменшена, тому може бути застосований розрахунок, описаний в (1). Крім того, будуть зменшені напруження, що виникають при радіальних переміщеннях від дії температурних коливань і гідростатичного тиску.

For this check, the uplift forces due to the wind load may be calculated using the assumption that the tank shell has a rigid cross section (beam theory). This assumption implies that local uplift can occur.

In cases where no local uplift can be allowed, a more sophisticated analysis is required.

(2) Anchorage points should be spaced evenly around the circumference of the tank, insofar as this is possible.

(3) The design of the holding down bolts or straps should meet the requirements of EN 1993-1-1. The minimum cross-sectional area for the holding down bolts or straps should be 500mm². If corrosion is anticipated, a minimum corrosion allowance of 1mm should be added.

(4) The anchorage should be principally attached to the shell wall. It should not be attached to the bottom plate alone.

(5) The design of the anchorage should accommodate movements of the tank due to thermal changes and hydrostatic pressure and minimise any stresses induced in the shell.

(6) The design of the shell for local anchorage forces and bending moments resulting from the anchorage should meet the requirements of 5.4.6 and 5.4.7 of EN 1993-4-1.

(7) No initial tension should be applied to the holding down bolt or strap, to ensure that it will become effective only if an uplift force develops in the shell of the tank.

NOTE: If the holding down bolts or straps are not pretensioned, the maximum uplift forces in them under wind load will be reduced, so that the calculation described in (1) will be applicable. In addition, a reduction will occur in the stresses induced by restraint of radial movements due to thermal changes and hydrostatic pressure.

ДОДАТОК А
(обов'язковий)

**НАВАНТАЖЕННЯ ТА ВПЛИВИ НА
РЕЗЕРВУАРИ**

A.1 Загальні положення

1) При розрахунках необхідно враховувати нормативні значення впливів наведені в А.2.1-А.2.14.

(2) Коефіцієнти надійності за навантаженням необхідно приймати згідно з 2.9.2.1, правилами комбінації навантажень згідно з 2.10, та застосовувати до цих нормативних значень.

A.2 Навантаження та впливи

A.2.1 Навантаження від рідини

(1) Під час експлуатації, як навантаження необхідно приймати вагу продукту, який буде зберігатися від максимального розрахункового рівня рідини до мінімального.

(2) Під час випробування, як навантаження необхідно приймати вагу рідини при максимальному половинному і мінімальному рівнях наливу.

A.2.2 Внутрішні навантаження від тиску

(1) Під час експлуатації внутрішнє навантаження від тиску повинно бути задане, як навантаження при мінімальному та максимальному значеннях внутрішнього тиску.

(2) Під час випробування внутрішнє навантаження від тиску повинне бути навантаженням від заданого мінімального та максимального значення внутрішнього тиску.

A.2.3 Термічні навантаження

(1) Напруження за результатами опору температурному розширенню можуть не враховуватися, якщо число циклів не створює ризику руйнування від втоми або від циклічно-пластичного руйнування.

ANNEX A
(normative)

ACTIONS ON TANKS

A.1 General

(1) The design should take account of the characteristic values of the actions listed in A.2.1 to A.2.14.

(2) The partial factors on actions according to 2.9.2.1 and the action combination rules according to 2.10 should be applied to these characteristic values.

A.2 Actions

A.2.1 Liquid induced loads

(1) During operation, the load due to the contents should be the weight of the *product to be stored from maximum design liquid level* to empty.

(2) During test, the load due to the contents should be the weight of the *test medium from maximum test liquid level* to empty.

A.2.2 Internal pressure loads

(1) During operation, the internal pressure load should be the load due to the specified minimum and maximum values of the internal pressure.

(2) During test, the internal pressure load should be the load due to the specified minimum and maximum values of the test internal pressure.

A.2.3 Thermally induced loads

(1) Stresses resulting from restraint of thermal expansion may be ignored if the number of load cycles due to thermal expansion is such that there is no risk of fatigue failure or cyclic plastic failure.

пр. ДСТУ–Н Б EN 1993-4-2:20XX

A.2.4 Власна вага

(1) Власна вага резервуара повинна розраховуватися як загальна маса всіх складових частин резервуара і його елементів, невід’ємних від нього.

(2) Числові значення необхідно приймати згідно з EN 1991-1-1.

A.2.5 Ізоляційні навантаження

(1) Ізоляційні навантаження - це навантаження від ваги ізоляції.

(2) Числові значення необхідно приймати згідно з EN 1991-1-1.

A.2.6 Розподілене короткочасне навантаження

(1) Розподілене короткочасне навантаження необхідно приймати за EN 1991-1-1, якщо не вказане інше.

A.2.7 Зосереджене короткочасне навантаження

(1) Зосереджене короткочасне навантаження необхідно приймати згідно з EN 1991-1-1, якщо не вказане інше.

A.2.8 Сніг

(1) Навантаження необхідно приймати згідно з EN 1991-1-3.

A.2.9 Вітер

(1) Навантаження необхідно приймати згідно з EN 1991-1-4.

(2) Крім того, для кругових циліндричних резервуарів можуть бути використані наступні коефіцієнти тиску див. рис. А.1:

a) внутрішній тиск в резервуарах без стаціонарного покриття та відкритим верхом над захисною стінкою: $c_p = -0,6$.

b) внутрішній тиск в резервуарі, що має невеликі вентиляційні отвори: $c_p = -0,4$.

c) якщо є захисна стінка, зовнішній тиск на оболонку резервуара може бути прийнятий таким, що лінійно зменшується за висотою.

A.2.4 Dead loads

(1) The dead loads on the tank should be considered as those resulting from the weight of all component parts of the tank and all components permanently attached to the tank.

(2) Numerical values should be taken from EN 1991-1-1.

A.2.5 Insulation loads

(1) The insulation loads should be those resulting from the weight of the insulation.

(2) Numerical values should be taken from EN 1991-1-1.

A.2.6 Distributed live load

(1) The distributed live load should be taken from EN 1991-1-1 unless otherwise specified.

A.2.7 Concentrated live load

(1) The concentrated live load should be taken from EN 1991-1-1 unless otherwise specified

A.2.8 Snow

(1) The loads should be taken from EN 1991-1-3.

A.2.9 Wind

(1) The loads should be taken from EN 1991-1-4.

(2) In addition, the following pressure coefficients may be used for circular cylindrical tanks, see figure A.1:

a) internal pressure of open top tanks and open top catch basin: $c_p = -0,6$.

b) internal pressure of vented tanks with small openings: $c_p = -0,4$.

c) where there is a catch basin, the external pressure on the tank shell may be assumed to reduce linearly with height.

(3) Через короткочасну дію, зменшене вітрове навантаження може бути використане в процесі будівництва згідно з EN 1991-1-4.

A.2.10 Підсос через недостатню вентиляцію

(1) Навантаження необхідно приймати згідно з EN 1991-1-4.

A.2.11 Сейсмічні навантаження

(1) Навантаження необхідно приймати за EN 1998-4, де також вказані вимоги щодо розрахунку сейсмостійкості.

A.2.12 Навантаження від врізів

(1) Навантаження від труб, клапанів і інших врізів, приєднаних до резервуара, і навантаження від осідання окремих опор відносно основи резервуара повинні прийматися до уваги. Система трубопроводів повинна проектуватися так, щоб були мінімізовані навантаження на резервуар.

A.2.13 Навантаження від нерівномірного осідання

(1) Осадочні навантаження повинні братися до уваги там, де може виникнути нерівномірна осадка в процесі експлуатації резервуара.

A.2.14 Аварійні навантаження

(1) Навантаження повинні бути вказані для конкретних ситуацій і можуть включати навантаження за таких обставин, як зовнішній вибух, удар, вогонь зовні поряд із резервуаром, вибух, протікання внутрішнього резервуара, перекидання, переповнення внутрішнього резервуара.

пр. ДСТУ–Н Б EN 1993-4-2:20XX

(3) Due to their temporary character, reduced wind loads may be used for erection situations according to EN 1991-1-4.

A.2.10 Suction due to inadequate venting

(1) The loads should be taken from EN 1991-1-4.

A.2.11 Seismic loadings

(1) The loads should be taken from EN 1998-4, which also sets out the requirements for seismic design.

A.2.12 Loads resulting from connections

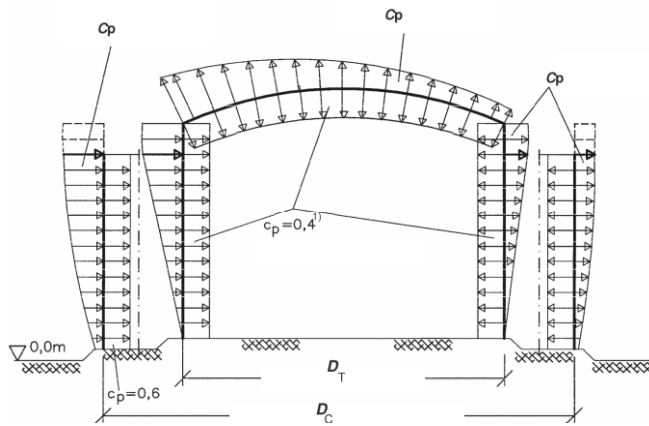
(1) Loads resulting from pipes, valves and other items connected to the tank and loads resulting from settlement of independent item supports relative to the tank foundation should be taken into account. Pipework should be designed to minimise loadings applied to the tank.

A.2.13 Loads resulting from uneven settlement

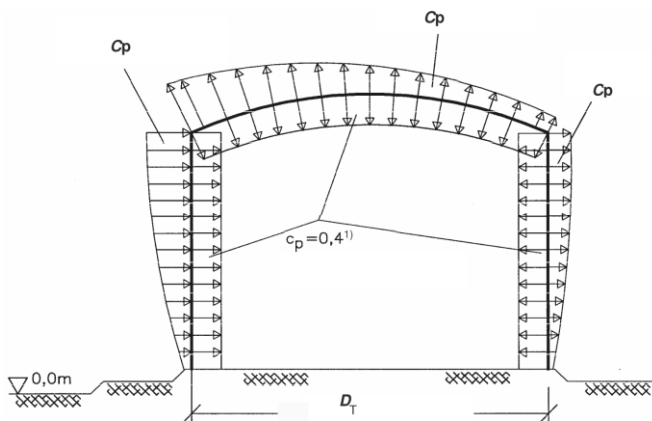
(1) Settlement loads should be taken into account where uneven settlement can be expected during the lifetime of the tank.

A.2.14 Emergency loadings

(1) The loads should be specified for the specific situation and can include loadings from events such as external blast, impact, adjacent external fire, explosion, leakage of inner tank, roll over, overflow of inner tank.



a) Резервуар із захисною стінкою;
a) Tank with catch basin



b) Резервуар без захисної стінки;
b) Tank without catch basin

D_T = Діаметр резервуара;

D_T = Diameter of tank;

D_C = Діаметр захисної стінки;

D_C = Diameter of catch-basin;

1) $C_p = 0,4$ застосовується тільки для вентильованого резервуара; там, де інші числові значення не дані для C_p , вони повинні братися з EN 1991-1-4. 1) $C_p = 0,4$ applies only for the vented tank; where no numerical values are given with C_p they have to be obtained from EN 1991-1-4.

Рисунок А.1– Коефіцієнти тиску при вітровому навантаженні на циліндричний резервуар:

Figure A.1: Pressure coefficients for wind loading on a circular cylindrical tank

Отформатировано: По левому краю

Отформатировано: английский (США)

Отформатировано: английский (США)

УКНД 91.080.10

Ключові слова: резервуари вертикальні, циліндричні: класифікація, граничні стани, матеріали, міцність, надійність, стійкість, несуча здатність, безпека, довговічність, сталь, сталеві конструкції; розрахунок; проектування, зварювання; основи; захист від корозії.

Отформатовано: англійський (США)

Генеральний директор
ТОВ «Укрінсталькон ім. В.М.Шимановського»,
д.т.н., проф.

О.В. Шимановський

Заступник генерального директора,
д.т.н., проф.

В.М. Гордєєв

Заступник генерального
директора з науково-технічної політики,
керівник розробки

В.П. Адріанов

Начальник відділу ліцензійно-дозвільної роботи
комплексу науково-технічної політики,
провідний виконавець

І.І. Волков

Провідний інженер відділу ліцензійно-дозвільної
роботи

А.О. Собко