



НАЦІОНАЛЬНИЙ СТАНДАРТ УКРАЇНИ

ЄВРОКОД 3: ПРОЕКТУВАННЯ СТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ

**Частина 1-10: Властивості тріщиностійкості і міцності матеріала у
напрямі товщини прокату
(EN 1993-1-10:2005, IDT)**

ДСТУ-Н Б EN 1993-1-10:201X

(Друга, остаточна редакція)

Видання офіційне

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

201X

ПЕРЕДМОВА

1 ВНЕСЕНО: Товариство з обмеженою відповідальністю «Український інститут сталевих конструкцій імені В.М. Шимановського»

ПЕРЕКЛАД І НАУКОВО-ТЕХНІЧНЕ РЕДАГУВАННЯ: **А. Гром**, к.т.н. (керівник розробки), **О. Кордун**, **Я. Левченко**, **Г. Ленда**, **Я. Лимар**, **К. Павлова**, **А. Страшко**, **О. Шимановський**, д.т.н.

2 НАДАНО ЧИННОСТІ: наказ Міністерства регіонального розвитку та будівництва України від «____» _____ 20__ № ____

3 Національний стандарт відповідає EN 1993-1-10:2005 Eurocode 3: Design of steel structures – Part 1-10: Material toughness and through-thickness properties (Єврокод 3: Проектування сталевих конструкцій. Частина 1-10: Властивості тріщиностійкості і міцності матеріала у напрямі товщини прокату).
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

НАЦІОНАЛЬНИЙ ВСТУП

Цей стандарт є тотожним перекладом EN 1993-1-10:2005 3: Design of steel structures – Part 1-10: Material toughness and through-thickness properties (Єврокод 3: Проектування сталевих конструкцій. Частина 1-10: Властивості тріщиностійкості і міцності матеріала у напрямі товщини прокату).

EN 1993-1-10:2005 підготовлено Технічним комітетом CEN/TC 250, секретаріатом якого керує BSI.

До національного стандарту долучено англomовний текст.

На території України як національний стандарт діє ліва колонка тексту ДСТУ-Н Б EN 1993-1-10:20XX 3: Design of steel structures – Part 1-10: Material toughness and through-thickness properties (Єврокод 3: Проектування сталевих конструкцій. Частина 1-10: Властивості тріщиностійкості і міцності матеріала у напрямі товщини прокату), 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.1.2 «Система надійності та безпеки в будівництві».

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 міжнародний стандарт» замінено на «цей стандарт»;
- структурні елементи стандарту: «Обкладинку», «Передмову», «Національний вступ», «Визначення понять» оформлено згідно з вимогами національної стандартизації України;
- з «Передмови до EN 1993-1-10» у цей «національний вступ» взяте те, що безпосередньо стосується цього стандарту;
- національний довідковий додаток наведено як настанову для користувачів.

Перелік національних стандартів України (ДСТУ), ідентичних МС, посилання на які є в EN 1993-1-10:2005.

Копії МС, неприйнятих як національні стандарти, на які є посилання в EN 1993-1-10:2005, можна отримати в Головному фонді нормативних документів ДП «УкрНДНЦ».

ЗМІСТ

Вступ	Foreword	C. V
Основи програми Єврокоду	Background of the Eurocode programme	1
Статус та галузь застосування Єврокодів	Status and field of application of eurocodes	3
Національні стандарти, що впроваджують Єврокоди	National Standards implementing Eurocodes	4
Зв'язки між Єврокодами та гармонізованими технічними специфікаціями (ENs та ETAs) для виробів	Links between EN Eurocodes and harmonised technical specifications (ENs and ETAs) for products	5
Додаткова інформація щодо EN 1993-1-10	Additional information specific for EN 1993-1-10	5
Національний додаток до EN 1993-1-10	National annex for EN 1993-1-10	5
1 Загальні положення	1 General	6
1.1 Галузь застосування	1.1 Scope	6
1.2 Нормативні посилання	1.2 Normative references	6
1.3 Терміни та визначення	1.3 Symbols	7
1.4 Позначення	1.4 Symbols	9
2 Вибір матеріалу за тріщиностійкістю	2 Selection of materials for fracture toughness	9
2.1 Загальні положення	2.1 General	9
2.2 Процедура	2.2 Procedure	10
2.3 Максимально допустимі значення товщини прокату	2.3 Maximum permitted thickness values	13
2.3.1 Загальні положення	2.3.1 General	13
2.3.2 Визначення максимально допустимих значень товщини елементу	2.3.2 Determination of maximum permissible values of element thickness	15
2.4 Оцінка тріщиностійкості з використанням механіки руйнування	2.4 Evaluation using fracture mechanics	17
3 Вибір матеріалу за властивостями у напрямі товщини прокату	3 Selection of materials for through-thickness properties	18
3.1 Загальні положення	3.1 General	18
3.2 Процедура	3.2 Procedure	21

Вступ

Цей документ EN 1993-1-10:2005 підготовлений Технічним комітетом CEN/TC 250 «Будівельні Єврокоди», секретаріат якого підтримується BSI.

Цьому Європейському стандарту буде наданий статус національного з публікацією ідентичного тексту або схваленням не пізніше листопада 2005 року і при скасуванні конфліктуючих національних стандартів не пізніше березня 2010 року.

Відповідно до внутрішніх постанов CEN/CENELEC імплементацію цього Європейського стандарту мають здійснити національні органи зі стандартизації наступних країн: Австрія, Бельгія, Кіпр, Чехія, Данія, Естонія, Фінляндія, Франція, Німеччина, Греція, Угорщина, Ісландія, Ірландія, Італія, Латвія, Литва, Люксембург, Мальта, Нідерланди, Норвегія, Польща, Португалія, Словаччина, Словенія, Іспанія, Швеція, Швейцарія і Об'єднане Королівство.

Даний Європейський стандарт замінює ENV 1993-1-1: 1992.

CEN/TC 250 є відповідальним за всі Будівельні Єврокоди.

Foreword

This document EN 1993-1-10:2005 has been prepared by Technical Committee CEN/TC 250 "Structural Eurocodes", the Secretariat for which is held by BSI.

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 November 2005, and conflicting national standards shall be withdrawn at the latest by March 2010.

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

This European Standard supersedes ENV 1993-1-1: 1992.

CEN/TC 250 is responsible for all Structural Eurocodes.

НАЦІОНАЛЬНИЙ СТАНДАРТ УКРАЇНИ

ЄВРОКОД 3: ПРОЕКТУВАННЯ СТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ ЧАСТИНА 1-10: ВЛАСТИВОСТІ ТРИЩИНОСТІЙКОСТІ І МІЦНОСТІ МАТЕРІАЛА У НАПРЯМІ ТОВЩИНИ ПРОКАТУ

ЕВРОКОД 3: ПРОЕКТИРОВАНИЕ СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ЧАСТЬ 1-10: СВОЙСТВА ТРЕЩИНОСТОЙКОСТИ И ПРОЧНОСТИ МАТЕРИАЛА В НАПРАВЛЕНИИ ТОЛЩИНЫ ПРОКАТА

EUROCODE 3: DESIGN OF STEEL STRUCTURES PART 1-10: MATERIAL TOUGHNESS AND THROUGH-THICKNESS PROPERTIES

Чинний від _____

Основи програми Єврокоду

У 1975 році Комісія Європейської Спільноти вирішила розпочати програму дій у галузі будівництва на підставі статті 95 Договору. Метою програми було усунення технічних перешкод для торгівлі та узгодження технічних умов.

У рамках цієї програми дій Комісія взяла на себе ініціативу встановити систему узгоджених технічних правил для проектування будівель і споруд, які на першій стадії мали слугувати альтернативою чинним національним правилам держав-членів, а зрештою мали замінити їх.

Упродовж п'ятнадцяти років Комісія за допомогою Робочого комітету, до складу якого входили представники держав-членів, вела розробку програми Єврокодів, яка призвела до публікації комплексу першого покоління Європейських кодів у 80-х роках.

У 1989 році Комісія та держави-члени ЕУ (Європейської Спільноти) та ЕФТА (Європейської Асоціації Вільної Торгівлі) на основі угоди¹ між Комісією та CEN (Європейським комітетом зі стандартизації) вирішили передати підготовку та публікацію Єврокодів CEN за допомогою серії мандатів, що в

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 Mandates, in order to provide them with a future status of European Standard (EN).

результаті надало б Єврокодам у майбутньому статусу Європейського стандарту (EN). Це пов'язує Єврокоди з положеннями Директив Ради і Рішень Комісії щодо Європейських стандартів (тобто Директиви Ради 89/106/EEC щодо будівельних виробів – CPD – та Директив Ради 93/37/EEC, 92/50/EEC та 89/440/EEC відносно суспільних робіт та послуг і еквівалентних директив EFTA, започаткованих з метою допомогти заснуванню внутрішнього ринку).

Структурна програма Єврокодів включає стандарти, які в основному складаються з декількох частин:

EN 1990 Єврокод: Основи 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 сталезалізобетонних конструкцій

EN 1995 Єврокод 5: Проектування дерев'яних конструкцій

EN 1996 Єврокод 6: Проектування конструкцій кам'яної кладки

EN 1997 Єврокод 7: Геотехнічне проектування

EN 1998 Єврокод 8: Проектування конструкцій при сейсмічному навантаженні

EN 1999 Єврокод 9: Проектування алюмінієвих конструкцій.

Стандарти Єврокодів визнають відповідальність регуляторних органів держав-членів та захищають їх право на призначення величин, які пов'язані з регулюванням питань безпеки на національному рівні там, де вони відрізняються.

¹Угода між Комісією Європейської Спільноти та Європейським комітетом зі стандартизації (CEN) щодо роботи над Єврокодами для проектування будівель і споруд (BC/CEN/03/89).

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 0: 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.

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 галузь застосування Єврокодів

Держави-члени EU та EFTA визнають, що Єврокоди діють як еталонні документи для таких цілей:

– як засіб доведення відповідності будівель і споруд основним вимогам Директиви Ради 89/106/ЕЕС, зокрема основній вимозі № 1 – Механічна стійкість та стабільність – і основній вимозі № 2 – Пожежна безпека;

– як основа для укладання контрактів для будівель і споруд та пов'язаних з ними інженерних послуг;

– як основа для складання узгоджених технічних специфікацій для будівельних виробів (ENs та ETAs).

Єврокоди, оскільки вони безпосередньо відносяться до будівельних споруд, мають прямий зв'язок із тлумачними документами² розділу 12 CPD, незважаючи на те, що вони мають різну природу з гармонізованими стандартами на вироби³. Таким чином, технічні аспекти, які впливають з Єврокодів для будівель і споруд, повинні в повній мірі бути розглянутими Технічними комітетами CEN та/чи робочими групами EOTA, які розробляють стандарти на будівельні вироби, з позицій досягнення повної сумісності технічних специфікацій з Єврокодами.

²Відповідно до ст. 3.3 документа CPD основні вимоги (ER) отримують конкретну форму у тлумачних документах для створення необхідних зв'язків між основними вимогами та мандатами для гармонізованих EN та ETAG/ETA.

³Відповідно до ст. 12 CPD тлумачні документи мають:

- надати конкретної форми основним вимогам, узгодивши термінологію і технічні засади і вказавши класи або рівні для кожної вимоги, де це необхідно;
- вказати методи встановлення співвідношення між цими класами або рівнями вимог із технічними вимогами, наприклад, методи розрахунку і перевірки, технічні правила проектування і т. ін.;
- служувати рекомендацією для встановлення узгоджених стандартів і настанов для Європейського технічного ухвалення.

Єврокоди фактично відіграють подібну роль у сфері ER 1 і частині ER 2.

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.

Стандарти Єврокодів регламентують загальні правила проектування для практичного використання всіх конструкцій та їх компонентів як традиційного, так і інноваційного характеру. Унікальні форми конструкції або умови проектування спеціально не охоплюються, і в таких випадках проектувальнику потрібен додатковий експертний розгляд.

Національні стандарти, що впроваджують Єврокоди

Національні стандарти, що впроваджують Єврокоди, завжди включають повний текст Єврокоду (включаючи всі додатки), виданий CEN, якому можуть передувати Національний титульний лист та Національна передмова, а також можуть супроводжуватися Національним додатком.

Національний додаток може включати інформацію відносно тих параметрів, які залишилися відкритими в Єврокодах для національного вибору, відомі як національно визначені параметри для використання при проектуванні будівель та інженерних споруд, що будуть зведені у зацікавленій країні, а саме:

- значення часткових коефіцієнтів надійності та/або класифікацію випадків, для яких Єврокод регламентує використання альтернатив;
- значення, які слід використовувати там, де в Єврокодi наведено тільки символ;
- специфічні дані країни (географічні, кліматичні тощо), наприклад, карта вітру;
- конкретні методики для тих випадків, коли Єврокод регламентує використання альтернатив.

Вони можуть також містити:

- рекомендації щодо застосування довідкових додатків;
- посилання на додаткову інформацію, яка не суперечить нормативним вимогам і допомагає при користуванні Єврокодами.

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 for partial factors 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. wind map,
- the procedure to be used where alternative procedures are given in the Eurocode.

It may also contain

- decisions on the use of informative annexes, and
- references to non-contradictory complementary information to assist the user to apply the Eurocode.

**Зв'язки між Єврокодами
та гармонізованими технічними
специфікаціями (ENs та ETAs) для
виробів**

Необхідна узгодженість між гармонізованими технічними специфікаціями для будівельних виробів та технічними правилами для будівель і споруд та будівельних робіт. Крім того, у повній інформації, яка супроводжує СЕ маркування будівельних виробів і має відношення до Єврокодів, має бути чітко зазначено, які національно визначені параметри були взяті до уваги.

**Додаткова інформація
щодо EN 1993-1-10**

В EN 1993-1-10 надані вказівки з проектування сталевих конструкцій та розрахунку з'єднань при проектуванні будівель та інженерних споруд.

EN 1993-1-10 призначений для використання замовниками, проектувальниками, підрядниками і відповідними державними органами.

EN 1993-1-10 призначений для використання з EN 1990, іншими частинами EN 1991 і EN 1992-1999 для проектування конструкцій.

**Національний додаток
до EN 1993-1-10**

У цьому стандарті наведені альтернативні методи, оцінки і рекомендації з примітками, які вказують, де необхідно зробити вибір згідно національних стандартів. Таким чином, національний стандарт, який імплементує EN 1993-1-10, повинен мати національний додаток, до якого включено усі національно визначені параметри, які використовуються при проектуванні сталевих конструкцій, що будуть побудовані у відповідній країні.

Національний вибір дозволено для EN 1993-1-10 за допомогою:

- 2.2(5)
- 3.1(1)

**Links between EN 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 works. 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.

**Additional information specific
for EN 1993-1-10**

EN 1993-1-10 gives pointing from planning of steel constructions and design of joints of shells at planning of buildings and civil engineering works for wind.

EN 1993-1-10 is intended for the use by clients, designers, contractors and relevant authorities.

EN 1993-1-10 is intended to be used with EN 1990, the other Parts of EN 1991 and EN 1992-1999 for the design of structures.

**National annex
for EN 1993-1-10**

This standard gives alternative procedures, values and recommendations with notes indicating where national choices may have to be made. Therefore the National Standard implementing EN 1993-1-10 should have a National Annex containing all Nationally Determined Parameters to be used for the design of steel structures to be constructed in the relevant country.

National choice is allowed in EN 1993-1-10 through:

- 2.2(5)
- 3.1(1)

1 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

1.1 Галузь застосування

(1) EN 1993-1-10 містить керівництво з вибору сталі за тріщиностійкістю, а також тріщиностійкістю елементів зварних з'єднань, для яких існує можливість ризику розшаровування під час виробництва.

(2) Розділ 2 стосується класів сталі S235 – S690, а розділ 3 стосується лише класів сталі S235 – S460.

Примітка. EN 1993-1-1 обмежується сталями класів S235 – S460.

(3) Правила і рекомендації наведені у розділах 2 і 3, передбачають, що будівництво вестиметься відповідно до вимог EN 1090.

1.2 Нормативні посилання

(1) Даний Європейський Стандарт включає положення інших публікацій у вигляді датованих чи недатованих посилань. Ці нормативні посилання розташовуються у відповідних місцях тексту, а перелік публікацій надається нижче. Для датованих посилань, подальші поправки чи перегляди будь-якої з цих публікацій стосуються даного Європейського Стандарту тільки за умови зареєстрованих в ньому поправок або переглядів. Для недатованих посилань застосовують останнє видання документа на який посилаються (з урахуванням поправок).

Примітка. Єврокоди були видані як попередні Європейські Стандарти. Видані Європейські Стандарти, чи ті, що знаходяться на стадії підготовки відображені у нормативних документах.

EN 1011-2 Зварювання. Рекомендації по зварюванню металевих матеріалів. Частина 2. Дугове зварювання феритних сталей

EN 1090 Виготовлення сталевих конструкцій

EN 1990 Основи проектування несучих конструкцій

1 GENERAL

1.1 Scope

(1) EN 1993-1-10 contains design guidance for the selection of steel for fracture toughness and for through thickness properties of welded elements where there is a significant risk of lamellar tearing during fabrication.

(2) Section 2 applies to steel grades S 235 to S 690. However section 3 applies to steel grades S 235 to S 460 only.

NOTE EN 1993-1-1 is restricted to steels S235 to S460.

(3) The rules and guidance given in section 2 and 3 assume that the construction will be executed in accordance with EN 1090.

1.2 Normative references

(1) This European Standard incorporates by dated and 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 (including amendments).

NOTE: The Eurocodes were published as European Prestandards. The following European Standards which are published or in preparation are cited in normative clauses.

EN 1011-2 Welding. Recommendations for welding of metallic materials: Part 2: Arc welding of ferritic steels

EN 1090 Execution of steel structures

EN 1990 Basis of structural design

EN 1991 Впливи на несучі конструкції
 EN 1998 Порядок розрахунку сейсмостійких конструкцій
 EN 10002 Метали. Випробування на розтяг
 EN 10025 Гарячекатані вироби з конструкційних сталей
 EN 10045-1 Металеві матеріали. Ударна проба (за Шарпі). Частина 1. Метод випробувань
 EN 10155 Конструкційні сталі з покращеним опором атмосферній корозії. Технічні умови постачання
 EN 10160 Ультразвукове дослідження листового прокату товщиною 6 чи більше міліметрів (метод відбитих хвиль)
 EN 10164 Сталеві вироби з підвищеною деформативністю у напрямку товщини прокату. Технічні вимоги постачання
 EN 10210-1 Горячекатані замкнені профілі з нелегованих дрібнозернистих конструкційних сталей. Частина 1. Технічні умови постачання
 EN 10219-1 Замкнені профілі з нелегованих дрібнозернистих конструкційних сталей холодного формування. Частина 1. Технічні вимоги постачання

1.3 Терміни та визначення

1.3.1 Значення K_v

Значення K_v (для зразка Шарпі з V-подібним надрізом) виражається через роботу $A_v(T)$ у джоулях (Дж), що витрачається на руйнування стандартного зразка (за Шарпі) ударним навантаженням при заданій температурі T . Згідно стандартів постачання прокату гарантується, що руйнування ударним навантаженням стандартного зразка відбувається при роботі не менше 27 Дж при умовах розрахункової температури експерименту T .

1.3.2 Перехідна зона

Частина графіка залежності ударної в'язкості від температури, що показує залежність $A_v(T)$, згідно якої міцність матеріалу зменшується при зниженні температури, а вид руйнування переходить

EN 1991 Actions on structures
 EN 1998 Design provisions for earthquake resistance of structures
 EN 10002 Tensile testing of metallic materials
 EN 10025 Hot rolled products of structural steels

EN 10045-1 Metallic materials - Charpy impact test - Part 1: Test method

EN 10155 Structural steels with improved atmospheric corrosion resistance - Technical delivery conditions

EN 10160 Ultrasonic testing of steel flat product of thickness equal or greater than 6 mm (reflection method)

EN 10164 Steel products with improved deformation properties perpendicular to the surface of the product - Technical delivery conditions

EN 10210-1 Hot finished structural hollow sections of non-alloy and fine grain structural steels – Part 1: Technical delivery requirements

EN 10219-1 Cold formed welded structural hollow sections of non-alloy and fine grain steels – Part 1: Technical delivery requirements

1.3 Terms and definitions

1.3.1 K_v -value

The K_v (Charpy V-Notch)-value is the impact energy $A_v(T)$ in Joules [J] required to fracture a Charpy V-notch specimen at a given test temperature T . Steel product standards generally specify that test specimens should not fail at an impact energy lower than 27 J at a specified test temperature T .

1.3.2 Transition region

The region of the toughness-temperature diagram showing the relationship $A_v(T)$ in which the material toughness decreases with the decrease in temperature and the failure mode changes from ductile to brittle. The temperature values T_{27J}

від в'язкого до крихкого. Значення температури T_{27J} , що вимагаються стандартами на продукцію, знаходяться у нижній частині цієї області.

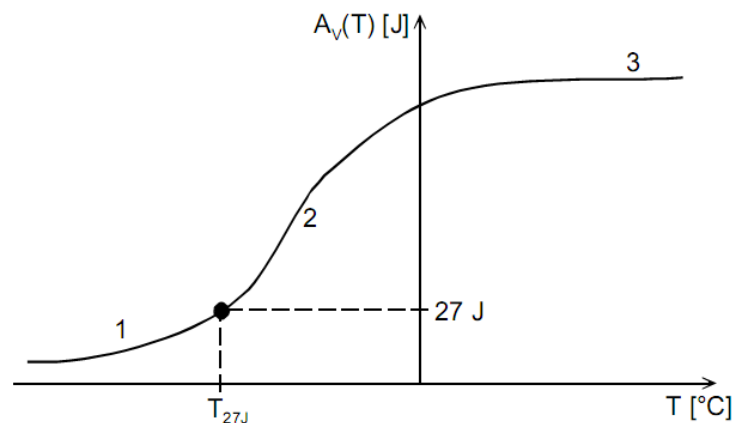
1.3.3 Зона руйнування зразків при ударному навантаженні та температурі вищій за поріг холодноламкості

Частина графіка залежності ударної в'язкості від температури в якій сталеві елементи показують пружно-пластичну роботу з пластичним типом руйнування незалежно від наявності дрібних тріщин чи розривів зварних з'єднань, що виникли під час виготовлення.

required in the product standards are located in the lower part of this region.

1.3.3 Upper shelf region

The region of the toughness-temperature diagram in which steel elements exhibit elastic-plastic behaviour with ductile modes of failure irrespective of the presence of small flaws and welding discontinuities from fabrication.



- 1 - зона руйнування зразків при ударних навантаженнях при температурі нижчій за поріг холодноламкості; (зона крихкого руйнування)
- 1 - lower shelf region;
- 2 - перехідна зона (зона квазікрихкого руйнування);
- 2 - transition region;
- 3 - зона руйнування зразків при ударному навантаженні та температурі вищій за поріг холодноламкості (Зона в'язкого руйнування)
- 3 - upper shelf region

Рисунок 1.1 – Залежність процесу руйнування при ударних навантаженнях від температури

Figure 1.1 – Relationship between EN impact energy and temperature

1.3.4 T_{27J}

Температура, при якій A_v - мінімальна робота, що витрачається для руйнування стандартного зразку з V-подібним надрізом (за Шарпі) при ударних навантаженнях буде не менше 27 Дж.

1.3.4 T_{27J}

Temperature at which a minimum energy A_v will not be less than 27J in a Charpy V-notch impact test.

1.3.5 Значення Z

1.3.5 Z-value

Відносне звуження площі поперечного перерізу при випробуванні на розтяг (див. EN 10002) пластичності зразка у напрямі товщини листа, виражене у відсотках.

1.3.6 K_{Ic} -коефіцієнт інтенсивності напружень

Здатність протистояти розвитку тріщини в умовах пласкої деформації зразку при лінійно пружній роботі, виражена в $\text{Н/мм}^{3/2}$.

Примітка. коефіцієнт інтенсивності напружень K згідно з міжнародною домовленістю, може вимірюватися у $\text{Н/мм}^{3/2}$ та $\text{МПа} \cdot \sqrt{\text{м}}$ (тобто $\text{МН/м}^{3/2}$), де $1 \text{ Н/мм}^{3/2} = 0,032 \text{ МПа} \cdot \sqrt{\text{м}}$.

1.3.7 Ступінь холодного формування

Залишкова деформація при холодному прокаті або штампуванні, виражена у відсотках.

1.4 Позначення

$A_V(T)$ – робота у джоулях (Дж), що витрачається на руйнування стандартного зразка (за Шарпі) ударним навантаженням при заданій температурі T ;

Z – відносне звуження, %;

T – температура, °C;

T_{Ed} – розрахункова температура;

δ – розкриття у вершині тріщини (CTOD), мм, виміряне на зразку для визначення в'язкості пружно-пластичного руйнування;

J значення в'язкості пружно-пластичного руйнування (значення J -інтегралу), Н/мм , визначене як лінійний або поверхневий інтеграл, який включає фронт тріщини від однієї поверхні тріщини до іншої;

K_{Ic} – коефіцієнт інтенсивності напружень при пружній роботі, виражений у $\text{Н/мм}^{3/2}$;

ε_{cf} – міра деформації при холодному гнутті (DCF), виражена у відсотках;

The transverse reduction of area in a tensile test (see EN 10002) of the through-thickness ductility of a specimen, measured as a percentage.

1.3.6 K_{Ic} -value

The plane strain fracture toughness for linear elastic behaviour measured in $\text{N/mm}^{3/2}$.

NOTE: The two internationally recognized alternative units for the stress intensity factor K are $\text{N/mm}^{3/2}$ and $\text{MPa} \cdot \sqrt{\text{m}}$ (ie: $\text{MN/m}^{3/2}$), where $1 \text{ N/mm}^{3/2} = 0,032 \text{ MPa} \cdot \sqrt{\text{m}}$

1.3.7 Degree of cold forming

Permanent strain from cold forming measured as a percentage.

1.4 Symbols

$A_V(T)$ impact energy in joule [J] in a test at temperature T with charpy V notch specimen;

Z Z-quality [%];

T temperature [°C];

T_{Ed} reference temperature;

δ crack tip opening displacement (CTOD) in mm measured on a small specimen to establish its elastic plastic fracture toughness;

J elastic plastic fracture toughness value (J - integral value) in N/mm determined as a line or surface integral that encloses the crack front from one crack surface to the other;

K_{Ic} elastic fracture toughness value (stress intensity factor) measured in $\text{N/mm}^{3/2}$;

ε_{cf} degree of cold forming (DCF) in percent;

σ_{Ed} — напруження, що відповідає розрахунковій температурі T_{Ed} .

2 ВИБІР МАТЕРІАЛУ ЗА ТРІЩИНОСТІЙКІСТЮ

2.1 Загальні положення

(1) Приведене в розділі 2 керівництво слід застосовувати при виборі матеріалу для нового будівництва. Воно не призначене для оцінки матеріалів, що знаходяться в експлуатації. Дані правила необхідно застосовувати при виборі відповідного класу сталі з Європейських Стандартів для сталевих виробів, перерахованих в EN 1993-1-1.

(2) Дані правила застосовуються до розтягнутих елементів конструкцій, зварних конструкцій і елементів, що працюють на втому, за умови, що частина напружень у циклі розтягуючі.

Примітка. Для елементів, що не працюють на розтяг, зварювання або втому, можна застосовувати консервативний підхід. У таких випадках оцінка застосування механіки руйнування може бути відповідною, див. 2.4. Немає необхідності оцінювати тріщиностійкість елементів, що працюють на стиснення.

(3) Дані правила відносяться до властивостей матеріалів, відмічених за ударною в'язкістю у відповідному стандарті на сталеві вироби. Не можна використовувати матеріали більш низького класу, навіть якщо результати їх випробувань відповідають приведеним.

2.2 Процедура

(1) При виборі класу сталі слід враховувати:

(i) характеристики сталі:
— межа текучості в залежності від товщини матеріалу $f_y(t)$;
— властивості ударної в'язкості, виражені через T_{27J} або T_{40J} .

(ii) характеристики елементу:
— форма та деталі елементу;
— концентрації напружень згідно з деталюванням у EN 1993-1-9;

σ_{Ed} stresses accompanying the reference temperature T_{Ed} .

2 SELECTION OF MATERIALS FOR FRACTURE TOUGHNESS

2.1 General

(1) The guidance given in section 2 should be used for the selection of material for new construction. It is not intended to cover the assessment of materials in service. The rules should be used to select a suitable grade of steel from the European Standards for steel products listed in EN 1993-1-1.

(2) The rules are applicable to tension elements, welded and fatigue stressed elements in which some portion of the stress cycle is tensile.

NOTE: For elements not subject to tension, welding or fatigue the rules can be conservative. In such cases evaluation using fracture mechanics may be appropriate, see 2.4. Fracture toughness need not be specified for elements only in compression.

(3) The rules should be applied to the properties of materials specified for the toughness quality in the relevant steel product standard. Material of a less onerous grade should not be used even though test results show compliance with the specified grade.

2.2 Procedure

(1) The steel grade should be selected taking account of the following:

(i) steel material properties:
— yield strength depending on the material thickness $f_y(t)$
— toughness quality expressed in terms of T_{27J} or T_{40J}

(ii) member characteristics:
— member shape and detail
— stress concentrations according to the details in EN 1993-1-9

- товщина елементу (t);
- допуски на виробничі дефекти (наприклад, наскрізні тріщини або напівеліптичні поверхневі тріщини).

(iii) варіанти розрахунків:

- розрахункове значення температури найбільш навантаженого елементу;
- максимальні навантаження від постійних і тимчасових впливів, отриманих з умов розрахунку, описаних нижче в (4);

- залишкове напруження;
- допуски на ріст тріщини від втомного навантаження між поточними перевірками (якщо це важливо);
- швидкість деформації ε від випадкових впливів (якщо це важливо);
- ступінь деформації при холодному гнутті (ε_{cf}) (якщо це важливо).

(2) Допустима товщина сталевих елементів з огляду на можливість появи тріщини має обчислюватися згідно розділу 2.3 і таблиці 2.1.

(3) Для визначення вимог з ударної в'язкості можна використовувати наступні альтернативні методи:

- метод механіки руйнування: при цьому методі розрахункове значення вимог з ударної в'язкості не повинне перевищувати розрахункове значення властивостей в'язкого руйнування;

- числова оцінка: може бути виконана з використанням одного або більше пробних зразків у великомасштабних випробуваннях. Щоб отримати коректні результати, моделі та навантаження мають повністю відповідати реальній конструкції.

(4) Необхідно застосовувати наступну послідовність розрахунку:

(i) Впливи мають відповідати наступній комбінації:

$$E_d = E \left\{ A [T_{Ed}] + \sum G_k + \psi_1 Q_{k1} + \sum \psi_{2,i} Q_{ki} \right\} \quad (2.1)$$

де A – основний вплив, яким є розрахункова температура T_{Ed} , що впливає

- element thickness (t)
- appropriate assumptions for fabrication flaws (e.g. as through-thickness cracks or as semi-elliptical surface cracks).

(iii) design situations:

- design value of lowest member temperature
- maximum stresses from permanent and imposed actions derived from the design condition described in (4) below
- residual stress
- assumptions for crack growth from fatigue loading during an inspection interval (if relevant)
- strain rate ε from accidental actions (if relevant)
- degree of cold forming (ε_{cf}) (if relevant)

(2) The permitted thickness of steel elements for fracture should be obtained from section 2.3 and Table 2.1.

(3) Alternative methods may be used to determine the toughness requirement as follows:

- fracture mechanics method:
In this method the design value of the toughness requirement should not exceed the design value of the toughness property.

- Numerical evaluation:
This may be carried out using one or more large-scale test specimens. To achieve realistic results, the models should be constructed and loaded in a similar way to the actual structure.

(4) The following design condition should be used:

(i) Actions should be appropriate to the following combination:

where the leading action A is the reference temperature T_{Ed} that influences the toughness of

на міцність матеріалу даного елемента і може викликати додаткове напруження внаслідок обмеженості переміщень.

$\sum G_k$ – постійні впливи;

$\psi_1 Q_{k1}$ – найбільш повторюване значення змінного навантаження;

$\psi_2 Q_{ki}$ – квазі-постійні значення супроводжуючих змінних навантажень, що підвищують рівень напруження в матеріалі.

(ii) Коефіцієнт поєднань ψ_1 та ψ_2 має відповідати EN 1990.

(iii) Максимальне розрахункове напруження σ_{Ed} є номінальним напруженням у місці виникнення потенційного руйнування. σ_{Ed} має розраховуватися для граничного значення експлуатаційної придатності, з урахуванням усіх комбінацій постійних і тимчасових навантажень і впливів, як визначено у відповідній частині EN 1991.

Примітка 1. Завдяки припущенню про одночасне виникнення найнижчої температури, розміру тріщини, місцезнаходження тріщини і властивостей матеріалу вище описана комбінація вважається еквівалентній випадковій комбінації.

Примітка 2. σ_{Ed} може включати температурні напруження, що виникають через обмеження переміщень.

Примітка 3. Оскільки головним впливом вважається розрахункова температура T_{Ed} , то максимальне розрахункове напруження σ_{Ed} не повинне перевищувати 75 % межі текучості.

(5) Розрахункова температура T_{Ed} у потенційному місці руйнування має визначатися за наступним виразом:

$$T_{Ed} = T_{md} + \Delta T_r + \Delta T_\sigma + \Delta T_R + \Delta T_{\dot{\epsilon}} + \Delta T_{\epsilon_{cf}} \quad (2.2)$$

де T_{md} – найнижча температура повітря за вказаний період, див. EN 1991-1-5;

ΔT_γ – поправка на втрати при випромінюванні (радіаційні втрати), див. EN 1991-1-5;

ΔT_σ – поправка на напруження і межу текучості матеріалу, наявність тріщин, а

material of the member considered and might also lead to stress from restraint of movement.

$\sum G_k$ are the permanent actions, and

$\psi_1 Q_{k1}$ is the frequent value of the variable load and

$\psi_2 Q_{ki}$ are the quasi-permanent values of the accompanying variable loads, that govern the level of stresses on the material.

(ii) The combinations factor ψ_1 and ψ_2 should be in accordance with EN 1990.

(iii) The maximum applied stress σ_{Ed} should be the nominal stress at the location of the potential fracture initiation. σ_{Ed} should be calculated as for the serviceability limit state taking into account all combinations of permanent and variable actions as defined in the appropriate part of EN 1991.

NOTE 1: The above combination is considered to be equivalent to an accidental combination, because of the assumption of simultaneous occurrence of lowest temperature, flaw size, location of flaw and material property.

NOTE 2: σ_{Ed} may include stresses from restraint of movement from temperature change.

NOTE 3: As the leading action is the reference temperature T_{Ed} the maximum applied stress σ_{Ed} generally will not exceed 75% of the yield strength.

(5) The reference temperature T_{Ed} at the potential fracture location should be determined using the following expression:

where T_{md} is the lowest air temperature with a specified return period, see EN 1991-1-5

ΔT_γ is an adjustment for radiation loss, see

EN 1991-1-5

ΔT_σ is the adjustment for stress and yield strength of material, crack imperfection and

також форму і розміри елементу, див. 2.4(3);

ΔT_R – безпечний допуск, якщо необхідно відобразити різні рівні надійності для різних сфер застосування;

$\Delta T_{\dot{\epsilon}}$ – поправка на швидкість деформації, відмінну від початкової швидкості деформації $\dot{\epsilon}_0$ (див. формулу 2.3);

$\Delta T_{\epsilon_{cf}}$ – поправка на ступінь холодного формування ϵ_{cf} (див. формулу 2.4).

Примітка 1. Щоб застосувати T_{Ed} до інших вимог надійності, у національному додатку може бути приведена поправка ΔT_R . При застосування табличних значень відповідно до 2.3 рекомендується приймати $\Delta T_R = 0^\circ \text{C}$,

Примітка 2. При підготовці табличних значень в 2.3 застосовувалася калібрувальна крива для зміни температури ΔT_σ , яка охоплює розрахункові значення функції інтенсивності напруження (K) від розрахункового напруження σ_{Ed} і залишкового напруження та включає в себе залежність Wallin-Sanz між функцією інтенсивності напруження (K) і температурою T . Значення $\Delta T_\sigma = 0^\circ \text{C}$ використовується, коли застосовуються табличні значення відповідно до 2.3.

Примітка 3. В національному додатку може бути вказаний максимальний діапазон значень між T_{Ed} і температурою випробувань, а також діапазон σ_{Ed} , яким можуть бути обмежені значення допустимої товщини в таблиці 2.1.

Примітка 4. Національний додаток може обмежити застосування таблиці 2.1 використанням сталей до класу S460.

(6) Розрахункове напруження σ_{Ed} повинне визначатися, з використанням пружного розрахунку, що враховує вторинні ефекти від деформацій.

2.3 Максимально допустимі значення товщини прокату

2.3.1 Загальні положення

(1) У таблиці 2.1 приведені максимально допустимі значення товщини елементу, відповідні до класу сталі, ударної в'язкості в одиницях K_V – величини,

member shape and dimensions, see 2.4(3)

ΔT_R is a safety allowance, if required, to reflect different reliability levels for different applications

$\Delta T_{\dot{\epsilon}}$ is the adjustment for a strain rate other than the reference strain rate $\dot{\epsilon}_0$ (see equation 2.3)

$\Delta T_{\epsilon_{cf}}$ is the adjustment for the degree of cold forming ϵ_{cf} (see equation 2.4)

NOTE 1: The safety element ΔT_R to adjust T_{Ed} to other reliability requirements may be given in the National Annex. $\Delta T_R = 0^\circ \text{C}$ is recommended, when using the tabulated values according to 2.3.

NOTE 2: In preparing the tabulated values in 2.3 a standard curve has been used for the temperature shift ΔT_σ that envelopes the design values of the stress intensity function [K] from applied stresses σ_{Ed} and residual stresses and includes the Wallin-Sanz-correlation between the stress intensity function [K] and the temperature T . A value of $\Delta T_\sigma = 0^\circ \text{C}$ may be assumed when using the tabulated values according to 2.3.

NOTE 3: The National Annex may give maximum values of the range between T_{Ed} and the test temperature and also the range of σ_{Ed} , to which the validity of values for permissible thicknesses in Table 2.1 may be restricted.

NOTE 4: The application of Table 2.1 may be limited in the National Annex to use of up to S 460

(6) The reference stresses σ_{Ed} should be determined using an elastic analysis taking into account secondary effects from deformations

2.3 Maximum permitted thickness values

2.3.1 General

(1) Table 2.1 gives the maximum permissible element thickness appropriate to a steel grade, its toughness quality in terms of K_V – value, the reference stress level [σ_{Ed}] and the reference

рівня розрахункового напруження σ_{Ed} і розрахункової температури T_{Ed} .

(2) Табличні значення ґрунтуються на наступних припущеннях:

- ці значення відповідають вимогам надійності EN 1990 для загальних властивостей матеріалу;
- використовувалася початкова швидкість деформації $\dot{\varepsilon}_0 = 4 \times 10^{-4} / \text{с}$. Вона охоплює ефекти від динамічних впливів для більшості короткочасних і постійних розрахункових ситуацій. Для інших швидкостей деформації $\dot{\varepsilon}$ (наприклад для ударних навантажень) табличні значення можуть застосовуватися зі зменшенням T_{Ed} шляхом віднімання $\Delta T_{\dot{\varepsilon}}$, яке визначається за формулою

$$\Delta T_{\dot{\varepsilon}} = -\frac{1440 - f_y(t)}{550} \times \left(\ln \frac{\dot{\varepsilon}}{\dot{\varepsilon}_0} \right)^{1,5} [^{\circ}\text{C}] \quad (2.3)$$

- передбачається не холодно-формований матеріал $\varepsilon_{cf} = 0\%$. Щоб урахувати холодне формування сталі не схильної до старіння, використовують табличні значення, регулюючи T_{Ed} шляхом віднімання $\Delta T_{\varepsilon_{cf}}$, де

$$\Delta T_{\varepsilon_{cf}} = -3 \times \varepsilon_{cf} [^{\circ}\text{C}] \quad (2.4)$$

- величини ударної в'язкості при випробуваннях на динамічний вигин в одиницях T_{27J} засновані на наступних стандартах на продукцію: EN 10025, EN 10155, EN 10210-1, EN 10219-1. Для інших величин застосовується наступна кореляція:

$$\begin{aligned} T_{40J} &= T_{27J} + 10 [^{\circ}\text{C}] \\ T_{30J} &= T_{27J} + 0 [^{\circ}\text{C}] \end{aligned} \quad (2.5)$$

- для елементів, схильних до втоми, усі категорії деталей для номінальних навантажень приведені в EN 1993-1-9.

Примітка. Для моделювання втоми до елементу з припустимим первинним дефектом прикладається втомне навантаження. Припускається ушкодження у розмірі однієї четвертої частини від повного втомного ушкодження, обчисленого згідно

temperature $[T_{Ed}]$.

(2) The tabulated values are based on the following assumptions:

- the values satisfy the reliability requirements of EN 1990 for the general quality of material
- a reference strain rate $\dot{\varepsilon}_0 = 4 \times 10^{-4} / \text{sec}$ has been used. This covers the dynamic action effects for most transient and persistent design situations. For other strain rates $\dot{\varepsilon}$ (e.g. for impact loads) the tabulated values may be used by reducing T_{Ed} by deducting $\Delta T_{\dot{\varepsilon}}$ given by

- non cold-formed material with $\varepsilon_{cf} = 0\%$ has been assumed. To allow for cold forming of non-ageing steels, the tabulated values may be used by adjusting T_{Ed} by deducting $\Delta T_{\varepsilon_{cf}}$ where

- the nominal notch toughness values in terms of T_{27J} are based on the following product standards: EN 10025, EN 10155, EN 10210-1, EN 10219-1. For other values the following correlation has been used

- for members subject to fatigue all detail categories for nominal stresses in EN 1993-1-9 are covered

NOTE: Fatigue has been taken into account by applying a fatigue load to a member with an assumed initial flaw. The damage assumed is one quarter of the full fatigue damage obtained from EN 1993-1-9. This approach permits the evaluation of a minimum number of “safe periods”

EN 1993-1-9. Такий підхід дозволяє оцінити мінімальну кількість «безпечних періодів» між перевірками в процесі експлуатації, коли обумовлюються перевірки для ушкоджень, що допускаються, згідно з EN 1993-1-9. Кількість перевірок n , необхідних в процесі експлуатації пов'язана з частковими коефіцієнтами γ_{Ff} і γ_{Mf} використаними в розрахунку на втому відповідно до EN 1993-1-9, виразом

$$n = \frac{4}{(\gamma_{Ff} \gamma_{Mf})^m} - 1,$$

де $m=5$ – для споруд з тривалим терміном експлуатації, таких як, наприклад, мости.

«Безпечний період» між перевірками в процесі експлуатації може охоплювати увесь термін нормативної експлуатації споруд.

2.3.2 *Визначення максимально допустимих значень товщини елементу*

(1) У таблиці 2.1 наведені максимально допустимі значення товщини елементу для трьох рівнів напруження, виражені через межу текучості :

$$\begin{aligned} a) \sigma_{Ed} &= 0,75 f_y(t) [H / \text{мм}^2] \\ b) \sigma_{Ed} &= 0,50 f_y(t) [H / \text{мм}^2] \\ c) \sigma_{Ed} &= 0,25 f_y(t) [H / \text{мм}^2] \end{aligned} \quad (2.6)$$

де $f_y(t)$ може визначатися за формулою

$$f_y(t) = f_{y,nom} - 0,25 \frac{t}{t_0} [H / \text{мм}^2]$$

де t – товщина листа, мм; $t_0 = 1 \text{ мм}$, або дорівнює величині R_{eH} , встановленої відповідними стандартами на сталь. Табличні значення наведені для семи розрахункових температур: +10, 0, -10, -20, -30, -40 і 50°C.

between in-service inspections when inspections should be specified for damage tolerance according to EN 1993-1-9. The required number $[n]$ of in-service inspections is related to the partial factors γ_{Ff} and γ_{Mf} applied in fatigue design according to EN 1993-1-9 by the expression

where $m=5$ applies for long life structures such as bridges.

The “safe period” between in-service inspections may also cover the full design life of a structure.

2.3.2 *Determination of maximum permissible values of element thickness*

(1) Table 2.1 gives the maximum permissible values of element thickness in terms of three stress levels expressed as proportions of the nominal yield strength:

where $f_y(t)$ may be determined either from

where t is the thickness of the plate in mm $t_0 = 1 \text{ mm}$ or taken as R_{eH} - values from the relevant steel standards. The tabulated values are given in terms of a choice of seven reference temperatures: +10, 0, -10, -20, -30, -40 and -50°C.

Таблиця 2.1 – Максимально допустимі значення товщини елементу t , мм**Table 2.1 –** Maximum permissible values of element thickness t , mm

Клас сталі	Підклас сталі	Робота за Шарпі		Розрахункова температура $T_{Ed} \left[^\circ \text{C} \right]$																							
				Reference temperature $T_{Ed} \left[^\circ \text{C} \right]$																							
		Charpy energy CVN	at $T \left[^\circ \text{C} \right]$	$J_{\min}$	10	0	-10	-20	-30	-40	-50	10	0	-10	-20	-30	-40	-50	10	0	-10	-20	-30	-40	-50		
					$\sigma_{Ed} = 0,75 \cdot f_y(t)$								$\sigma_{Ed} = 0,50 \cdot f_y(t)$								$\sigma_{Ed} = 0,25 \cdot f_y(t)$						
Steel grade	Sub-grade																										
S235	JR	20	27	60	50	40	35	30	25	20	90	75	65	55	45	40	35	135	115	100	85	75	65	60			
	J0	0	27	90	75	60	50	40	35	30	125	105	90	75	65	55	45	175	155	135	115	100	85	75			
	J2	-20	27	125	105	90	75	60	50	40	170	145	125	105	90	75	65	200	200	175	155	135	115	100			
S275	JR	20	27	55	45	35	30	25	20	15	80	70	55	50	40	35	30	125	110	95	80	70	60	55			
	J0	0	27	75	65	55	45	35	30	25	115	95	80	70	55	50	40	165	145	125	110	95	80	70			
	J2	-20	27	110	95	75	65	55	45	35	155	130	115	95	80	70	55	200	190	165	145	125	110	95			
	M,N	-20	40	135	110	95	75	65	55	45	180	155	130	115	95	80	70	200	200	190	165	145	125	110			
	ML,NL	-50	27	185	160	135	110	95	75	65	200	200	180	155	130	115	95	230	200	200	200	190	165	145			
S355	JR	20	27	40	35	25	20	15	10	10	65	55	45	40	30	25	25	110	95	80	70	60	55	45			
	J0	0	27	60	50	40	35	25	20	15	95	80	65	55	45	40	30	150	130	110	95	80	70	60			
	J2	-20	27	90	75	60	50	40	35	25	135	110	95	80	65	55	45	200	175	150	130	110	95	80			
	K2,M,N	-20	40	110	90	75	60	50	40	35	155	135	110	95	80	65	55	200	200	175	150	130	110	95			
	ML,NL	-50	27	155	130	110	90	75	60	50	200	180	155	135	110	95	80	210	200	200	200	175	150	130			
S420	M,N	-20	40	95	80	65	55	45	35	30	140	120	100	85	70	60	50	200	185	160	140	120	100	85			
	ML,NL	-50	27	135	115	95	80	65	55	45	190	165	140	120	100	85	70	200	200	200	185	160	140	120			
S460	Q	-20	30	70	60	50	40	30	25	20	110	95	75	65	55	45	35	175	155	130	115	95	80	70			
	M,N	-20	40	90	70	60	50	40	30	25	130	110	95	75	65	55	45	200	175	155	130	115	95	80			
	QL	-40	30	105	90	70	60	50	40	30	155	130	110	95	75	65	55	200	200	175	155	130	115	95			
	ML,NL	-50	27	125	105	90	70	60	50	40	180	155	130	110	95	75	65	200	200	200	175	155	130	115			
	QL1	-60	30	150	125	105	90	70	60	50	200	180	155	130	110	95	75	215	200	200	200	175	155	130			
S690	Q	0	40	40	30	25	20	15	10	10	65	55	45	35	30	20	20	120	100	85	75	60	50	45			
	Q	-20	30	50	40	30	25	20	15	10	80	65	55	45	35	30	20	140	120	100	85	75	60	50			
	QL	-20	40	60	50	40	30	25	20	15	95	80	65	55	45	35	30	165	140	120	100	85	75	60			
	QL	-40	30	75	60	50	40	30	25	20	115	95	80	65	55	45	35	190	165	140	120	100	85	75			
	QL1	-40	40	90	75	60	50	40	30	25	135	115	95	80	65	55	45	200	190	165	140	120	100	85			
	QL1	-60	30	110	90	75	60	50	40	30	160	135	115	95	80	65	55	200	200	190	165	140	120	100			

Примітка 1. При роботі з таблицею 2.1, дозволяється використовувати лінійну інтерполяцію. У більшості випадків використовуються проміжні значення σ_{Ed} між $\sigma_{Ed} = 0,75 f_y(t)$ та $\sigma_{Ed} = 0,50 f_y(t)$. $\sigma_{Ed} = 0,25 f_y(t)$ дається в цілях інтерполяції. Екстраполяція за межами граничних значень неможлива.

Примітка 2. Для виробів, виконаних зі сталей S690, необхідно приймати температуру випробувань T_{AV} .

Примітка 3. В таблиці 2.1 наведені гарантовані значення, отримані при випробуваннях на ударний вигин зразків по Шарпі (CVN), виготовлених у напрямі прокату виробу.

2.4 Оцінка тріщиностійкості з використанням механіки руйнування

(1) Для розрахунку з використанням механіки руйнування вимоги до тріщиностійкості та розрахункова тріщиностійкість матеріалів можуть бути виражені через величини CTOD, величини J -інтегралу, K_{IC} величини або K_V величини, а порівняння має бути виконане з використанням відповідних методів механіки руйнування.

(2) Для розрахункової температури має дотримуватися наступна умова :

де T_{Rd} — температура, при якій можна розраховувати на безпечний рівень тріщиностійкості за розрахункових умов.

(3) Має бути змодельований механізм потенційного руйнування з використанням відповідного дефекту, що зменшує площу перерізу нетто матеріалу, таким чином роблячи його більш сприятливим до руйнування відривом зразка з вирізом. Дефект має відповідати наступним вимогам:

— місце розташування і форма повинні відповідати профілю надрізу. Таблиці класифікації втом в EN 1993-1-9 можуть використовуватися для керівництва з відповідних положень тріщини;

NOTE 1: Linear interpolation can be used in applying Table 2.1. Most applications require σ_{Ed} values between $\sigma_{Ed} = 0,75 f_y(t)$ and $\sigma_{Ed} = 0,50 f_y(t)$. $\sigma_{Ed} = 0,25 f_y(t)$ is given for interpolation purposes. Extrapolations beyond the extreme values are not valid.

NOTE 2: For ordering products made of S690 steels, the test temperature T_{AV} should be given.

NOTE 3: Table 2.1 has been derived for the guaranteed Charpy energy values CVN in the direction of the rolling of the product.

2.4 Evaluation using fracture mechanics

(1) For numerical evaluation using fracture mechanics the toughness requirement and the design toughness property of the materials may be expressed in terms of CTOD values, J -integral values, K_{IC} values, or K_V - values and comparison should be made using suitable fracture mechanics methods.

(2) The following condition for the reference temperature should be met:

$$T_{Ed} \leq T_{Rd} \quad (2.7)$$

where T_{Rd} is the temperature at which a safe level of fracture toughness can be relied upon under the conditions being evaluated

(3) The potential failure mechanism should be modelled using a suitable flaw that reduces the net section of the material thus making it more susceptible to failure by fracture of the reduced section. The flaw should meet the following requirements:

— location and the shape should be appropriate for the notch case considered. The fatigue classification tables in EN 1993-1-9 may be used for guidance on appropriate crack positions;

– для елементів, що не працюють на втому, приймається максимальний розмір дефекту відповідно до вимог інспекцій, що проводяться по EN 1090. Передбачуваний дефект має бути розташований в місці концентрації напружень;

– для елементів, що працюють на втому, розмір дефекту повинен відповідати розміру початкового дефекту, викликаного втомою. Розмір початкової тріщини має бути вибраний так, щоб він представляв мінімальну величину, яку можна виявити методами контролю, що використовуються відповідно до EN 1090. Ріст втомної тріщини має бути врахований за допомогою відповідної моделі механіки руйнування із застосуванням навантажень, що діють на споруду під час безпечного проектного терміну експлуатації або інспекційного інтервалу (відповідно).

(4) Якщо на деталь конструкції не поширюється EN 1993-1-9, або якщо застосовуються більш вимогливі методи, які дозволяють отримати більш точні результати, ніж наведені у таблиці 2.1, то мають бути виконані спеціальні випробування з використанням експлуатаційних випробувань на ударний вигин на великомасштабних зразках.

Примітка. Обробка результатів випробувань може бути проведена з використанням методики, наведеної в додатку D, EN 1990.

3 ВИБІР МАТЕРІАЛУ ЗА ВЛАСТИВОСТЯМИ У НАПРЯМІ ТОВЩИНИ ПРОКАТУ

3.1 Загальні положення

(1) Класи якості елементів конструкцій і товщини прокату приймаються по таблиці 3.1 залежно від наслідків розшаровування листів.

– for members not susceptible to fatigue the size of the flaw should be the maximum likely to have been left uncorrected in inspections carried out to EN 1090. The assumed flaw should be located at the position of adverse stress concentration;

– for members susceptible to fatigue the size of the flaw should consist of an initial flaw grown by fatigue. The size of the initial crack should be chosen such that it represents the minimum value detectable by the inspection methods used in accordance with EN 1090. The crack growth from fatigue should be calculated with an appropriate fracture mechanics model using loads experienced during the design safe working life or an inspection interval (as relevant)

(4) If a structural detail cannot be allocated a specific detail category from EN 1993-1-9 or if more rigorous methods are used to obtain results which are more refined than those given in Table 2.1 then a specific verification should be carried out using actual fracture tests on large scale test specimens.

NOTE: The numerical evaluation of the test results may be undertaken using the methodology given in Annex D of EN 1990.

3 SELECTION OF MATERIALS FOR THROUGH-THICKNESS PROPERTIES

3.1 General

(1) The choice of quality class should be selected from Table 3.1 depending on the consequences of lamellar tearing.

Таблиця 3.1 – Вибір класу якості
Table 3.1 – Choice of quality class

Клас Class	Область застосування Application of guidance
1	Усі сталеві вироби і всі товщини, перераховані в Європейських стандартах для всіх областей застосування All steel products and all thicknesses listed in European standards for all applications
2	Деякі сталеві вироби і товщини, перераховані у Європейських стандартах і/або перераховані області застосування Certain steel products and thicknesses listed in European standards and/or certain listed applications

Примітка. Відповідний клас може бути прийнятий у національному додатку. Рекомендовано приймати клас 1.

NOTE: The National Annex may choose the relevant class. The use of class 1 is recommended.

(2) Залежно від якості клас вибирається з таблиці 3.1, або:

- мають бути визначені властивості у напрямі товщини прокату для сталі за EN 10164, або
- має бути виконаний приймальний контроль виробів і конструкцій на розшаровування сталевих листів.

(3) З метою запобігання розшарування сталі, необхідно прийняти до уваги деякі аспекти:

- критичність місця розташування відносно розтягуючого напруження і міри його дії;
- деформація в елементі зварного з'єднання у напрямі товщини прокату. Ця деформація виникає від усадки розплавленого металу зварного з'єднання в процесі його охолодження. Вона значно зростає при обмеженні свободи деформацій іншими елементами конструкції;
- вид зварних з'єднань, зокрема хрестоподібні, Т-подібні і кутові з'єднання. Наприклад, як показано на рисунку 3.1, горизонтальний лист в певній зоні може мати незадовільну пластичність у напрямі товщини. Розшаровування спостерігається якщо напруження в цій зоні діють на усю товщину матеріалу, що відбувається, коли

(2) Depending on the quality class selected from Table 3.1, either:

- through thickness properties for the steel material should be specified from EN 10164, or
- post fabrication inspection should be used to identify whether lamellar tearing has occurred.

(3) The following aspects should be considered in the selection of steel assemblies or connections to safeguard against lamellar tearing:

- the criticality of the location in terms of applied tensile stress and the degree of redundancy.
- the strain in the through-thickness direction in the element to which the connection is made. This strain arises from the shrinkage of the weld metal as it cools. It is greatly increased where free movement is restrained by other portions of the structure;
- the nature of the joint detail, in particular welded cruciform, tee and corner joints. For example, at the point shown in Figure 3.1, the horizontal plate might have poor ductility in the through-thickness direction. Lamellar tearing is most likely to arise if the strain in the joint acts through the thickness of the material, which occurs if the fusion face is roughly parallel to the surface of the material and

зварні шви приблизно паралельні до поверхні матеріалу, а деформація усадки діє перпендикулярно напрямку листового прокату. Чим більше наплавленого металу зварного шва, тим більше чутливість до розшаровування;

– хімічні властивості матеріалу в напрямі, перпендикулярному розтягуючому напруженню. Зокрема, висока концентрація сірки може сприяти розшаровуванню, навіть при значеннях, що не перевищують вимог стандартів.

the induced shrinkage strain is perpendicular to the direction of rolling of the material. The heavier the weld, the greater is the susceptibility

– chemical properties of transversely stressed material. High sulfur levels in particular, even if significantly below normal steel product standard limits, can increase the lamellar tearing.

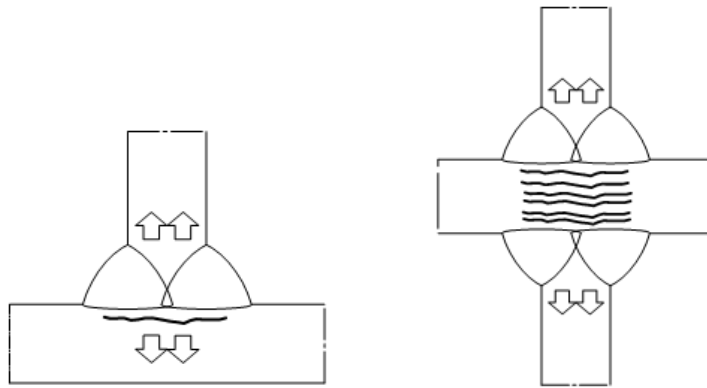


Рисунок 3.1 – Розшарування листів
Figure 3.1 – Lamellar tearing

(4) Чутливість матеріалу до розшаровування повинна визначатися виміром пластичності на зразках, виготовлених у напрямі товщини прокату за EN 10164, що виражається в одиницях класів якості Z.

(4) The susceptibility of the material should be determined by measuring the through - thickness ductility quality to EN 10164, which is expressed in terms of quality classes identified by Z - values.

Примітка 1. Розшаровування – це викликаний зварюванням дефект в матеріалі, що зазвичай виявляється при ультразвуковій дефектоскопії. Основний ризик розшаровування спостерігається у хрестоподібних, T – подібних і кутових з'єднаннях, а також у зварних швах з повним проплавленням.

NOTE 1: Lamellar tearing is a weld induced flaw in the material which generally becomes evident during ultrasonic inspection. The main risk of tearing is with cruciform, T - and corner joints and with full penetration welds.

Примітка 2. Керівництво із способу запобігання розшаровуванню при зварюванні наведене в EN 1011-2.

NOTE 2: Guidance on the avoidance of lamellar tearing during welding is given in EN 1011-2.

3.2 Процедура

(1) Розшаровуванням можна нехтувати, якщо дотримана наступна умова:

$$Z_{Ed} \leq Z_{Rd} \quad (3.1)$$

де Z_{Ed} – необхідне розрахункове значення Z , визначене обмеженнями усадки металу під наплавленим валиком зварного шва;

Z_{Rd} – нормоване розрахункове значення Z для матеріалу відповідно до EN 10164, тобто Z_{15} , Z_{25} або Z_{35} .

(2) Необхідне розрахункове значення Z_{Ed} визначається за формулою:

$$Z_{Ed} = Z_a + Z_b + Z_c + Z_d + Z_e \quad (3.2)$$

В якій Z_a, Z_b, Z_c, Z_d і Z_e приймають за таблицею 3.2.

3.2 Procedure

(1) Lamellar tearing may be neglected if the following condition is satisfied:

$$Z_{Ed} \leq Z_{Rd} \quad (3.1)$$

where Z_{Ed} is the required design Z -value resulting from the magnitude of strains from restrained metal shrinkage under the weld beads.

Z_{Rd} is the available design Z -value for the material according to EN 10164, i.e. Z_{15} , Z_{25} or Z_{35} .

(2) The required design value Z_{Ed} may be determined using:

$$Z_{Ed} = Z_a + Z_b + Z_c + Z_d + Z_e \quad (3.2)$$

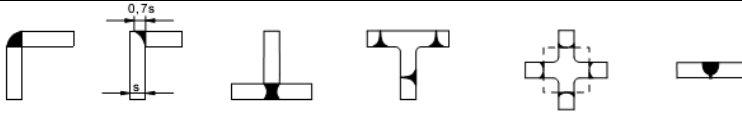
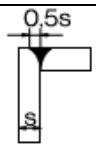
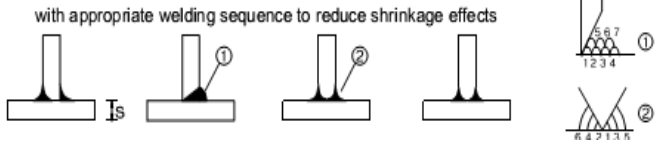
in which Z_a, Z_b, Z_c, Z_d and Z_e are as given in Table 3.2.

Таблиця 3.2 – Ефективна висота зварного шва a_{eff} для усадки

Table 3.2 – Criteria affecting the target value of a_{eff}

а)	Висота зварного шва, що спричиняє розтягування від усадки металу Weld depth relevant for straining from metal shrinkage	Ефективна висота шва a_{eff} (див. рисунок 3.2), що дорівнює товщині шва a кутових швів Effective weld depth a_{eff} (see Figure 3.2) = throatthickn. a of fillet welds		Z_i
		$a_{eff} \leq 7\text{mm}$	$a = 5\text{ mm}$	
		$7 < a_{eff} \leq 10\text{mm}$	$a = 7\text{ mm}$	
		$10 < a_{eff} \leq 20\text{mm}$	$a = 14\text{ mm}$	
		$20 < a_{eff} \leq 30\text{mm}$	$a = 21\text{ mm}$	
		$30 < a_{eff} \leq 40\text{mm}$	$a = 28\text{ mm}$	
		$40 < a_{eff} \leq 50\text{mm}$	$a = 35\text{ mm}$	
		$50 < a_{eff}$	$a > 35\text{ mm}$	

Продовження таблиці 3.2

b)	Форма та розміщення зварних швів Т – подібних перехресно подібних та кутових з'єднаннях Shape and position of welds in T- and cruciform- and corner-connections		$Z_b = -25$
		кутові з'єднання corner joints 	$Z_b = -10$
		одношарові кутові шви $Z_a = 0$ або кутові шви $Z_a > 1$ з наплавленим металом низької міцності single run fillet welds $Z_a = 0$ or fillet welds with $Z_a > 1$ with buttering with low strength weld material 	$Z_b = -5$
		багатошарові кутові шви multi run fillet welds 	$Z_b = 0$
		шви з частковим та повним проплавленням partial and full penetration welds При відповідній послідовності зварювання, щоб зменшити дію усадки with appropriate welding sequence to reduce shrinkage effects 	$Z_b = 3$
		шви з частковим та повним проплавленням partial and full penetration welds 	$Z_b = 5$
		кутові з'єднання corner joints 	$Z_b = 8$
c)	Вплив товщини матеріалу s на стримування усадки Effect of material thickness s on restraint to shrinkage	$s \leq 10\text{mm}$	$Z_c = 2^*$
		$10 < s \leq 20\text{mm}$	$Z_c = 4^*$
		$20 < s \leq 30\text{mm}$	$Z_c = 6^*$
		$30 < s \leq 40\text{mm}$	$Z_c = 8^*$
		$40 < s \leq 50\text{mm}$	$Z_c = 10^*$
		$50 < s \leq 60\text{mm}$	$Z_c = 12^*$
		$60 < s \leq 70\text{mm}$	$Z_c = 15^*$
		$70 < s$	$Z_c = 15^*$

Продовження таблиці 3.2

d)	Віддалене стримування усадки іншими частинами конструкції після зварювання Remote restraint of shrinkage after welding by other portions of the structure	Низьке стримування Low restraint:	Вільна усадка можлива (наприклад Т- подібні з'єднання) Free shrinkage possible (e.g. T-joints)	$Z_d = 0$
		Середнє стримування Medium restraint:	Вільна усадка обмежена (наприклад діафрагми в коробчатих розрізах) Free shrinkage restricted (e.g. diaphragms in box girders)	$Z_d = 3$
		Високе стримування: High restraint:	Вільна усадка неможлива (наприклад повздовжні балки в ортотропних плитах) Free shrinkage not possible (e.g. stringers in orthotropic deck plates)	$Z_d = 5$
e)	Вплив попереднього нагріву Influence of preheating	Без нагріву Without preheating		$Z_e = 0$
		Попередній нагрів $\geq 100^\circ \text{C}$ Preheating $\geq 100^\circ \text{C}$		$Z_e = -8$

*Може бути зменшене на 50% для напруженого матеріалу, у напрямі товщини прокату стисканням через переважаючі статистичні навантаження

*May be reduced by 50% for material stressed, in the through-thickness direction, by compression due to predominantly static loads.

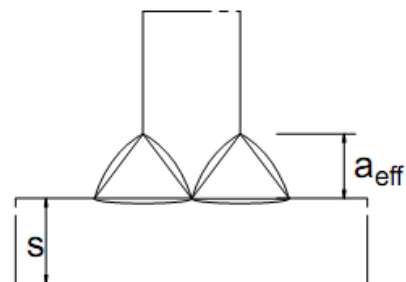
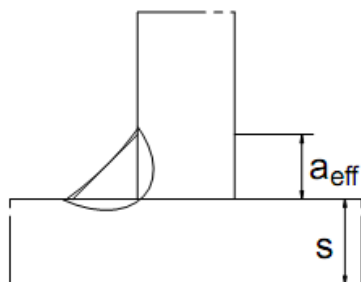


Рисунок 3.2 – Ефективна висота зварного шва a_{eff}
Figure 3.2 – Effective weld depth a_{eff} for shrinkage

(3) Z_{Rd} - клас, що відповідає EN 10164, визначають, застосовуючи відповідну класифікацію.

Примітка. Класифікацію див. у EN 1993-1-1 та EN 1993-2 до EN 1993-6.

(3) The appropriate Z_{Rd} - class according to EN 10164 may be obtained by applying a suitable classification.

NOTE: For classification see EN 1993-1-1 and EN 1993-2 to EN 1993-6.

Код УКНД: 91.010.30

Ключові слова: зварювання, ударний вигин, тріщиностійкість, матеріали, міцність, холодноламкість, сталеві конструкції, стійкість.

Генеральний директор ТОВ «Укрінсталькон
ім. В.М. Шимановського», д.т.н., проф.

О. Шимановський

Завідувач НДВТР, (керівник розробки) к.т.н.

А. Гром

Завідувач групи СНТД

Г. Ленда

Завідувач групи ІК

О. Кордун

Провідний інженер

Я. Левченко

Завідувач групи НТД

Я. Лимар

Перекладач

К. Павлова

Завідувач лабораторії ТД

А. Страшко