

Еврокод 3

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

**Часть 1-10. Свойства трещиностойкости
и прочности материала в направлении толщины проката**

Еўракод 3

ПРАЕКТАВАННЕ СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦЫЙ

**Частка 1-10. Уласцівасці трэшчынастойкасці
і трываласці матэрыялу ў напрамку таўшчыні пракату**

(EN 1993-1-10:2005, IDT)

Издание официальное

УДК 624.014.2.04(083.74)

МКС 91.010.30; 91.080.10

КП 06

IDT

Ключевые слова: стальные конструкции, трещиностойкость, выбор материала, толщина проката

Предисловие

Цели, основные принципы, положения по государственному регулированию и управлению в области технического нормирования и стандартизации установлены Законом Республики Беларусь «О техническом нормировании и стандартизации».

1 ПОДГОТОВЛЕН научно-проектно-производственным республиканским унитарным предприятием «Стройтехнорм» (РУП «Стройтехнорм»)

ВНЕСЕН главным управлением научно-технической политики и лицензирования Министерства архитектуры и строительства Республики Беларусь

2 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ приказом Министерства архитектуры и строительства Республики Беларусь от 10 декабря 2009 г. № 404

В Национальном комплексе технических нормативных правовых актов в области архитектуры и строительства настоящий технический кодекс установившейся практики входит в блок 5.04 «Металлические конструкции и изделия»

3 Настоящий технический кодекс установившейся практики идентичен европейскому стандарту EN 1993-1-10:2005 Eurocode 3: Design of steel structures — Part 1-10: Material toughness and through-thickness properties (Еврокод 3. Проектирование стальных конструкций. Часть 1-10. Свойства трещиностойкости и прочности материала в направлении толщины проката).

Европейский стандарт разработан техническим комитетом по стандартизации CEN/TC 250 «Еврокоды конструкций».

Перевод с английского языка (en).

Официальные экземпляры европейского стандарта, на основе которого подготовлен настоящий технический кодекс установившейся практики, и европейских стандартов, на которые даны ссылки, имеются в Национальном фонде ТНПА.

В разделе «Нормативные ссылки» и тексте технического кодекса установившейся практики ссылочные европейские стандарты актуализированы.

Сведения о соответствии государственных стандартов ссылочным европейским стандартам приведены в дополнительном приложении Д.А.

Степень соответствия — идентичная (IDT)

4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

© Минстройархитектуры, 2010

Настоящий технический кодекс установившейся практики не может быть воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Министерства архитектуры и строительства Республики Беларусь

**ЕВРОПЕЙСКИЙ СТАНДАРТ
EUROPÄISCHE NORM
EUROPEAN STANDARD
NORME EUROPÉENNE**

МКС 91.010.30; 91.080.10

Белорусская редакция

**Еврокод 3. Проектирование стальных конструкций
Часть 1-10. Свойства трещиностойкости и прочности материала
в направлении толщины проката**

Настоящий технический кодекс установившейся практики разработан на основе европейского стандарта, принятого CEN 23 апреля 2004 г.

Члены Европейского комитета по стандартизации (CEN) обязаны выполнять регламент CEN/CENELEC, в котором содержатся условия, при которых европейскому стандарту придается статус национального стандарта без каких-либо изменений. Актуализированные списки данных национальных стандартов с их библиографическими данными можно получить в центральном секретариате или у любого члена CEN по запросу.

Европейский стандарт разработан в трех официальных редакциях (на немецком, английском, французском языках). Перевод стандарта, выполненный членом Европейского Комитета по стандартизации под собственную ответственность на язык его страны и сообщенный центральному секретариату, имеет такой же статус, как и официальные редакции.

Членами Европейского комитета по стандартизации (CEN) являются национальные организации по стандартизации Бельгии, Болгарии, Дании, Германии, Эстонии, Финляндии, Франции, Греции, Ирландии, Исландии, Италии, Латвии, Литвы, Люксембурга, Мальты, Нидерландов, Норвегии, Австрии, Польши, Португалии, Румынии, Швеции, Швейцарии, Словакии, Словении, Испании, Чешской Республики, Венгрии, Великобритании и Кипра.



Европейский комитет по стандартизации
Europäisches Komitee für Normung
European Committee for Standardization
Comitee Europeen de Normalisation

Введение к Еврокодам

В 1975 г. Комиссия европейских сообществ приняла решение о применении программы в области строительства, основанное на статье 95 Соглашения. Целью программы являлось устранение технических препятствий деловой активности и стандартизация технических условий.

В данной программе действий Комиссия проявила инициативу по определению совокупности гармонизированных технических правил для проектирования строительных работ, которые на начальной ступени выступали бы в качестве альтернативы действующим национальным правилам в странах-членах и в итоге заменяли бы их.

На протяжении 15 лет Комиссия при помощи Руководящего комитета представителей стран-членов осуществляла разработку программы Еврокодов, что привело к появлению первого поколения Еврокодов в 1980-е годы.

В 1989 г. Комиссия и страны-члены ЕС и ЕАСТ на основании соглашения¹⁾ между Комиссией и CEN приняли решение о передаче подготовки и издания Еврокодов посредством ряда Мандатов с целью предоставления им будущего статуса европейского стандарта (EN). Это фактически связывает Еврокоды с положениями Директив Совета и/или Постановлениями Комиссии, рассматривающими европейские стандарты (например, Директива Совета 89/106/ЕЕС по строительным изделиям — CPD — и Директивы Совета 93/37/ЕЕС, 92/50/ЕЕС и 89/440/ЕЕС по общественным работам и услугам и аналогичные ЕАСТ Директивы, цель которых состоит в создании внутреннего рынка). Программа Еврокодов конструкций включает следующие стандарты, как правило, состоящие из частей:

EN 1990 Еврокод 0. Основы проектирования несущих конструкций

EN 1991 Еврокод 1. Воздействия на конструкции

EN 1992 Еврокод 2. Проектирование железобетонных конструкций

EN 1993 Еврокод 3. Проектирование стальных конструкций

EN 1994 Еврокод 4. Проектирование сталежелезобетонных конструкций

EN 1995 Еврокод 5. Проектирование деревянных конструкций

EN 1996 Еврокод 6. Проектирование каменных конструкций

EN 1997 Еврокод 7. Геотехническое проектирование

EN 1998 Еврокод 8. Проектирование сейсмостойких конструкций

EN 1999 Еврокод 9. Проектирование алюминиевых конструкций.

Еврокоды устанавливают обязанности распорядительных органов в каждой из стран-членов и гарантируют их право определять значения вопросов регулирования безопасности на национальном уровне, отличающиеся у различных государств.

Статус и область применения Еврокодов

Страны-члены ЕС и ЕАСТ признают, что Еврокоды выступают в качестве ссылочных документов в следующих целях:

— как средство подтверждения соответствия строительных работ и работ по гражданскому строительству основополагающим требованиям директивы Совета 89/106/ЕЕС, в частности, основополагающему требованию № 1 — Механическое сопротивление и устойчивость — и основополагающему требованию № 2 — Безопасность в случае пожара;

— как основание для изложения договоров на строительные работы и относящиеся к ним инженерно-конструкторские услуги;

— как структура составления гармонизированных технических условий на строительные изделия (EN и ETA).

¹⁾ Соглашение между Комиссией европейских сообществ и Европейским комитетом по стандартизации (CEN), относящееся к работе над Еврокодами по проектированию зданий и работ по гражданскому строительству (BC/CEN/03/89).

Еврокоды, поскольку они непосредственно касаются строительных работ, имеют прямое отношение к разъясняющим документам²⁾, на которые приводится ссылка в статье 12 CPD, хотя они отличаются от гармонизированных стандартов на изделия³⁾. Следовательно, техническим комитетам CEN и/или рабочим группам EOTA, работающим над стандартами на изделия с целью достижения полного соответствия данных технических требований Еврокодам, следует соответствующим образом рассмотреть технические аспекты действия Еврокодов.

Еврокоды устанавливают общие правила проектирования, расчета и определения параметров как самих конструкций, так и отдельных конструктивных элементов, которые пригодны для обычного применения. Они касаются как традиционных методов строительства, так и аспектов инновационного применения, но при этом не содержат правил для нестандартных конструкций или специальных решений, для которых необходимо привлекать экспертов.

Национальные стандарты, обеспечивающие выполнение Еврокодов

Национальные стандарты, обеспечивающие выполнение Еврокодов, содержат полный текст Еврокода (включая приложения), изданного CEN, которому может предшествовать национальный титульный лист и национальное предисловие (справочное).

Национальное приложение может содержать только информацию о параметрах, оставленных открытыми в Еврокоде по национальному усмотрению, известные как «Национально определенные параметры», используемые для работ по проектированию зданий и гражданскому строительству в рассматриваемой стране, т. е.:

- значения и/или классы, альтернативы которых приведены в Еврокоде;
- используемые значения, обозначения которых приведены в Еврокоде;
- специфическую информацию о стране (географическая, климатическая и т. д.), например, карта снежного покрова;
- используемые методы, альтернативы которых приведены в Еврокоде.

Они могут также содержать:

- рекомендации по применению справочных приложений;
- ссылки на непротиворечивую дополнительную информацию для содействия потребителю в применении Еврокода.

Связь Еврокодов и гармонизированных технических требований (ENs и ETAs) на изделия

Существует необходимость согласования гармонизированных технических условий на строительные изделия и технических правил на выполнение строительных работ⁴⁾. В частности, информация, сопровождающая CE-маркировку строительных изделий, должна четко устанавливать, какие параметры, установленные на национальном уровне (NDP), положены в основу.

Национальное приложение к техническому кодексу установившейся практики EN 1993-1-10

Европейский стандарт содержит символы и отдельные альтернативные методы, для которых на национальном уровне должно указываться значение или соответствующий выбор. Для этого в соответствующую национальную редакцию EN 1993-1-10 включают национальное приложение с параметрами, устанавливаемыми на национальном уровне, которое делает возможным расчет конструкций зданий и инженерных сооружений, возводимых в конкретной стране.

Национальный выбор допускается в следующих элементах стандарта EN 1993-1-10:

- 2.2(5);
- 3.1(1).

²⁾ В соответствии с пунктом 3.3 CPD существенным требованиям (ER) необходимо придать определенную форму в разъясняющих документах для создания необходимых связей между существенными требованиями и мандатами для гармонизированных EN и ETAG/ETA.

³⁾ В соответствии со статьей 12 CPD разъясняющие документы должны:

а) приводить в определенную форму существенные требования посредством стандартизации терминологии и технических основ и указания классов или уровней для каждого требования, где это необходимо;

б) устанавливать методы соотношения данных классов или уровней требований с техническими условиями, например, методами расчета и доказательства, техническими правилами для проектной разработки и т. д.;

с) выступать в качестве ссылки для введения гармонизированных стандартов и руководства для Европейского технического утверждения.

⁴⁾ См. статью 3.3 и статью 12 Директивы на строительные изделия, а также разделы 4.2, 4.3.1, 4.3.2 и 5.2 Основополагающего документа № 1

Национальное введение

Настоящий технический кодекс установившейся практики (далее — технический кодекс) подготовлен на основе европейского стандарта EN 1993-1-10:2005 с идентичной степенью соответствия, разработанного CEN/TC 250 «Еврокоды конструкций».

Ответственным органом по подготовке технического кодекса является научно-проектно-производственное республиканское унитарное предприятие «Стройтехнорм» (РУП «Стройтехнорм»).

Настоящий технический кодекс является частью группы ТНПА, рассматривающих проектирование конструкций, которые предназначены для применения в виде «комплекса».

Содержание

1	Общие положения	1
1.1	Область применения	1
1.2	Нормативные ссылки	1
1.3	Термины и определения	2
1.4	Обозначения	3
2	Выбор материала по трещиностойкости	3
2.1	Общие положения	3
2.2	Процедура	3
2.3	Максимально допустимые значения толщины проката	5
2.4	Оценка трещиностойкости с использованием механики разрушения	6
3	Выбор материала по свойствам в направлении толщины проката	7
3.1	Общие сведения	7
3.2	Процедура	8
Приложение Д.А (справочное) Сведения о соответствии государственных		
стандартов ссылочным европейским стандартам		10
Национальное приложение		11

ТЕХНИЧЕСКИЙ КОДЕКС УСТАНОВИВШЕЙСЯ ПРАКТИКИ

Еврокод 3
ПРОЕКТИРОВАНИЕ СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ
Часть 1-10. Свойства трещиностойкости и прочности материала
в направлении толщины проката

ЕЎРАКОД 3
ПРАЕКТАВАННЕ СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦЫЙ
Частка 1-10. Уласцівасці трэшчынастойкасці і трываласці матэрыялу
ў напрамку таўшчыні пракату

Eurocode 3
Design of steel structures
Part 1-10. Material toughness and through-thickness properties

Дата введения 2010-01-01

1 Общие положения

1.1 Область применения

(1) ТКП EN 1993-1-10 применяется в качестве руководства при выборе стали по трещиностойкости, а также трещиностойкости элементов сварных соединений.

(2) Раздел 2 касается сталей S235 – S690, а раздел 3 касается только сталей S235 – S460.

Примечание — Применение EN 1993-1-1 ограничено сталями S235 – S460.

(3) Правила и руководства, приведенные в разделах 2 и 3, предполагают, что строительство будет вестись в соответствии с требованиями EN 1090.

1.2 Нормативные ссылки

(1) Для применения настоящего технического кодекса необходимы следующие ссылочные документы. Для недатированных ссылок применяют последнее издание ссылочного документа (включая все его изменения).

EN 1011-2 Сварка. Рекомендации по сварке металлических материалов. Часть 2. Дуговая сварка ферритных сталей

EN 1090 Изготовление стальных конструкций

EN 1990 Еврокод. Основы проектирования несущих конструкций

EN 1991 Воздействия на несущие конструкции

EN 1993-1-1 Еврокод 3. Проектирование стальных конструкций. Часть 1-1. Общие правила и правила для зданий

EN 1993-1-9 Еврокод 3. Проектирование стальных конструкций. Часть 1-9. Усталостная прочность

EN 1998 Проектирование сейсмостойких конструкций

EN 10002 Металлы. Испытания на растяжение

EN 10025 Горячекатаные изделия из конструкционных сталей

EN 10045-1 Металлические материалы. Испытания на ударный изгиб по Шарпи. Часть 1. Метод испытаний

EN 10155 Конструкционные стали с повышенным сопротивлением атмосферной коррозии. Технические условия поставки

EN 10160 Ультразвуковое тестирование листового проката толщиной равной или больше 6 мм (метод отраженных волн)

EN 10164 Стальные изделия с улучшенными деформационными свойствами в направлении толщины проката. Технические требования поставки

EN 10210-1 Горячекатаные замкнутые профили из нелегированных мелкозернистых конструкционных сталей. Часть 1. Технические требования поставки

EN 10219-1 Замкнутые профили из нелегированных мелкозернистых конструкционных сталей холодного формования. Часть 1. Технические требования поставки

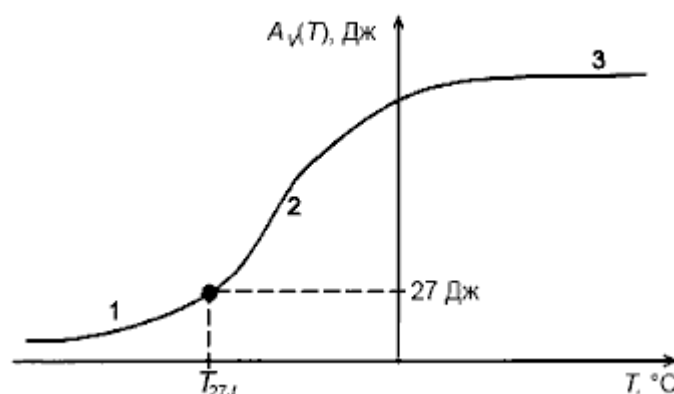
Примечание — Еврокоды были изданы как предварительные Европейские Стандарты. Европейские Стандарты, изданные или находящиеся на стадии подготовки, отражены в вышеперечисленных нормативных документах.

1.3 Термины и определения

1.3.1 K_v -величина (CVN) (K_v -value): Работа $A_v(T)$ в джоулях (Дж) при ударном изгибе, затраченная на разрушение стандартного образца с V-образным надрезом по Шарпи при стандартной температуре T . Стандарты поставки проката обычно гарантируют, что разрушение при ударном изгибе стандартного образца происходит при работе не менее 27 Дж при стандартной температуре T .

1.3.2 область перехода (transition region): Область графика «прочность при ударном изгибе — температура», показывающего зависимость $A_v(T)$, по которой прочность материала уменьшается с уменьшением температуры, а вид поверхности разрушения изменяется от вязкого до хрупкого. Значения температуры T_{27J} , гарантируемые стандартами на прокат, расположены в нижней части этой области.

1.3.3 область разрушения образцов при ударном изгибе при температуре выше порога хладноломкости (upper shelf region): Область графика «прочность при ударном изгибе — температура», в которой стальные элементы демонстрируют упруго-пластическую работу с пластичным типом разрушения независимо от наличия мелких дефектов, дефектов технологического процесса сварки.



- 1 — Область разрушения образцов при испытаниях на ударный изгиб при температуре ниже порога хладноломкости;
- 2 — Область перехода (квасихрупкого) разрушения;
- 3 — Область разрушения при испытаниях на ударный изгиб при температуре выше порога хладноломкости

Рисунок. 1.1 — Зависимость работы разрушения при испытаниях на ударный изгиб от температуры

1.3.4 T_{27J} : Температура, при которой минимальная работа разрушения A_v стандартного образца с V-образным надрезом по Шарпи при испытаниях на ударный изгиб будет не менее 27 Дж.

1.3.5 Z-величина (Z-value): Относительное сужение площади поперечного сечения при испытаниях на растяжение (см. EN 10002) образца, изготовленного в направлении толщины проката, выраженное в процентах.

1.3.6 K_{IC} -коэффициент интенсивности напряжений (K_{IC} -value): Вязкость разрушения при плоской деформации при упругой работе, выраженная в $\text{Н/мм}^{3/2}$.

Примечание — Двумя международно-принятыми вариантами единиц для коэффициента интенсивности напряжений K являются $\text{Н/мм}^{3/2}$ и $\text{МПа} \cdot \sqrt{\text{м}}$ (т.е. $\text{МН/м}^{3/2}$), где $1 \text{ Н/мм}^{3/2} = 0,032 \text{ МПа} \cdot \sqrt{\text{м}}$.

1.3.7 степень деформации при холодном гнутье (degree of cold forming) (DCF): Остаточная деформация при холодном прокате или штамповке, выраженная в процентах.

1.4 Обозначения

$A_v(T)$	— работа в джоулях (Дж) при ударном изгибе, затраченная на разрушение стандартного образца с V-образным надрезом по Шарпи при стандартной температуре T ;
Z	— относительное сужение, %;
T	— температура, °C;
T_{Ed}	— расчетная температура;
δ	— раскрытие в вершине трещины (CTOD), мм, измеренное на образце для определения вязкости пластичного разрушения;
J -интеграл	— значение вязкости упруго-пластического разрушения (величина J -интеграла), Н/мм, определенное как линейный или поверхностный интеграл, который включает фронт трещины от одной поверхности трещины до другой;
K_{Ic}	— коэффициент интенсивности напряжений при упругой работе, выраженный в Н/мм ^{3/2} ;
ε_{cf}	— степень деформации при холодном гнутье (DCF), выраженная в процентах;
σ_{Ed}	— напряжения, соответствующие расчетной температуре T_{Ed} .

2 Выбор материала по трещиностойкости

2.1 Общие положения

(1) Приведенное в разделе 2 руководство следует применять при выборе материала для нового строительства. Оно не предназначено для оценки материалов, находящихся в эксплуатации. Данные правила необходимо применять при выборе соответствующего класса стали из Европейских Стандартов для стальных изделий, перечисленных в EN 1993-1-1.

(2) Данные правила применимы к растянутым элементам конструкций, сварным конструкциям и усталостно нагруженным элементам, для которых часть цикла напряжений в элементах является растягивающим.

Примечание — Для элементов, не подверженных растягивающим усилиям, сварке или усталости, можно применять ранее установленные правила. В таких случаях оценка применения механики разрушения может быть соответствующей, см. 2.4. Нет необходимости оценивать трещиностойкость в элементах, которые подвергаются только усилиям сжатия.

(3) Данные правила применяют только для материалов, свойства вязкости которых оговорены в соответствующем стандарте на стальные изделия. Материал, не указанный в настоящем техническом кодексе, не должен использоваться, даже если результаты его испытаний соответствуют приведенным в настоящем техническом кодексе.

2.2 Процедура

(1) При выборе класса стали следует учитывать:

(I) характеристики стали:

- предел текучести в зависимости от толщины материала $f_y(t)$;
- свойства вязкости разрушения, выраженные T_{27J} или T_{40J} .

(II) характеристики элемента:

- форма элемента и деталь;
- воздействия нагрузок на детали по EN 1993-1-9;
- толщина элемента (t);
- допуски на производственные дефекты (например сквозные трещины или полуэллиптические поверхностные трещины).

(III) расчетные ситуации:

- расчетное значение температуры наиболее нагруженного элемента;
- максимальные воздействия от постоянных и временных нагрузок, полученных из расчетного режима, описанного ниже в (4);
- остаточное напряжение;
- допуски на рост трещины от усталостного нагружения при текущих проверках (если это

существенно);

- скорость деформации $\dot{\varepsilon}$ от случайных воздействий (если это существенно);
- степень деформации при холодном гнутье (DCF) (ε_{cf}) (если это существенно).

(2) Допустимая толщина стальных элементов из условия вязкости разрушения применяется в разделе 2.3 и таблице 2.1

(3) Можно использовать следующие альтернативные методы, чтобы определить требования вязкости разрушения:

- метод механики разрушения: при этом методе расчетное значение требований вязкости не должно превышать расчетное значение свойств вязкости разрушения;
- численная оценка: может быть выполнена с использованием одного или более пробных образцов в крупномасштабных испытаниях. Чтобы получить корректные результаты, модели должны быть построены и нагружены таким же образом, как и реальная конструкция.

(4) Необходимо применять следующую последовательность расчета:

(I) Воздействия должны соответствовать следующей комбинации:

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

- где A — главное воздействие, которым является расчетная температура T_{Ed} ;
- T_{Ed} — температура, которая влияет на прочность материала рассматриваемого элемента и может также вызывать дополнительные напряжения вследствие стеснения деформаций;
- $\sum G_k$ — постоянные воздействия;
- $\psi_1 Q_{k1}$ — частное значение переменного воздействия;
- $\psi_{2i} Q_{ki}$ — практически постоянное значение переменных воздействий, которые увеличивают уровень напряжений в материале.

(II) Коэффициент сочетаний для частных значений переменных воздействий ψ_1 и коэффициент для практически постоянных значений переменных воздействий ψ_2 должны соответствовать EN 1990.

(III) Максимальное расчетное напряжение σ_{Ed} является номинальным напряжением в месте возникновения потенциального разрушения. σ_{Ed} должно быть рассчитано как для предельного значения эксплуатационной пригодности, с учетом всех комбинаций постоянных и временных нагрузок и воздействий как определено в соответствующей части EN 1991.

Примечания

- 1 Выше описанная комбинация считается эквивалентной случайной комбинации в предположении об одновременном возникновении самых низких температур, размера трещины, местонахождение трещины и свойства материала.
- 2 σ_{Ed} может включать напряжения от стесненных деформаций, вызванных изменением температуры.
- 3 Так как главным воздействием является расчетная температура T_{Ed} , то максимальное расчетное напряжение σ_{Ed} должно быть не более 75 % предела текучести.

(5) Расчетная температура T_{Ed} на месте потенциального разрушения должна определяться по формуле

$$T_{Ed} = T_{md} + \Delta T_r + \Delta T_\sigma + \Delta T_R + \Delta T_{\dot{\varepsilon}} + D T_{\varepsilon_{cf}} , \quad (2.2)$$

- где T_{md} — самая низкая температура воздуха в период эксплуатации, см. EN 1991-1-5;
- ΔT_r — поправка на потери при излучении (радиационные потери), см. EN 1991-1-5;
- ΔT_σ — поправка на напряжения и предел текучести материала, наличие трещины, а также форму и размеры элемента, см. 2.4(3);
- ΔT_R — запас безопасности, если требуется отразить разные уровни надежности для различных областей применения;
- $\Delta T_{\dot{\varepsilon}}$ — поправка на скорость деформации, отличную от исходной скорости деформации $\dot{\varepsilon}_0$ (см. формулу 2.3);
- $\Delta T_{\varepsilon_{cf}}$ — поправка на степень деформации при холодном гнутье (DCF) ε_{cf} (см. формулу 2.4).

Примечания

- 1 Чтобы применить T_{Ed} к другим требованиям надежности, поправка ΔT_R может быть дана в национальном приложении. $\Delta T_R = 0$ °C рекомендуется, когда применяются табличные значения в соответствии с 2.3.
- 2 При подготовке табличных значений в 2.3 применялась калибровочная кривая для изменения температуры ΔT_σ , которая охватывает расчетные значения функции интенсивности напряжений (K) от

расчетных напряжений σ_{Ed} и остаточного напряжения и включает в себя зависимость Wallin-Sanz между функцией интенсивности напряжений (K) и температурой T . Значение $\Delta T_\sigma = 0$ °C используется, когда применяются табличные значения в соответствии с 2.3.

3 В национальном приложении может быть указан максимальный диапазон значений между T_{Ed} и температурой испытаний, а также диапазон σ_{Ed} , которым могут быть ограничены значения допустимой толщины в таблице 2.1.

4 Национальное приложение может ограничить применение таблицы 2.1 использованием сталей до S460.

(6) Расчетные напряжения σ_{Ed} должны определяться, используя упругий расчет, принимающий во внимание побочные влияния деформаций.

2.3 Максимально допустимые значения толщины проката

2.3.1 Общие сведения

(1) В таблице 2.1 приведены максимально допустимые значения толщины элемента, соответствующие классу стали, вязкости разрушения в единицах K_{Ic} -величины, уровень расчетного напряжения σ_{Ed} и расчетную температуру T_{Ed} .

(2) Табличные значения основываются на следующих предположениях:

— эти значения отвечают требованиям надежности EN 1990 для общих свойств материала;

— использовалась исходная скорость деформации $\dot{\varepsilon}_0 = 4 \cdot 10^{-4}$ /с. Это охватывает влияние динамических воздействий для большинства кратковременных и постоянных расчетных ситуаций. Для других скоростей деформации $\dot{\varepsilon}_0$ (например для ударных нагрузок) табличные значения могут применяться с уменьшением T_{Ed} путем вычитания $\Delta T_{\dot{\varepsilon}}$, которое определяется по формуле

$$\Delta T_{\dot{\varepsilon}} = -\frac{1440 - f_y(t)}{550} \cdot \left(\ln \frac{\dot{\varepsilon}}{\dot{\varepsilon}_0} \right)^{1.5}, \text{ °C}; \quad (2.3)$$

— предполагается не холодноформованный материал с $\varepsilon_{cf} = 0$ %. Чтобы предусмотреть холодную формовку не подверженных старению сталей, табличные значения можно использовать, регулируя T_{Ed} путем вычитания $\Delta T_{\varepsilon_{cf}}$, где

$$\Delta T_{\varepsilon_{cf}} = -3\varepsilon_{cf}, \text{ °C}; \quad (2.4)$$

— величины номинальной вязкости при испытаниях на динамический изгиб в единице T_{27J} основаны на следующих стандартах изделия: EN 10025, EN 10155, EN 10210-1, EN 10219-1.

Для других величин применяется следующая корреляция:

$$T_{40J} = T_{27J} + 10, \text{ °C}, \quad (2.5)$$

$$T_{30J} = T_{27J} + 0, \text{ °C};$$

— для элементов, подверженных усталости, все категории деталей для номинальных нагрузок приведены в EN 1993-1-9.

Примечание — Усталость принимается во внимание при воздействии усталостной нагрузки на элемент с предполагаемым изначальным дефектом. Предполагаемое повреждение — это одна четвертая часть от полного усталостного повреждения, полученного из EN 1993-1-9. Такой подход позволяет оценить минимальное количество «безопасных периодов» между проверками в процессе эксплуатации, когда оговариваются проверки для допускаемых повреждений согласно EN 1993-1-9. Требуемое количество n проверок в процессе эксплуатации связано с частными коэффициентами γ_{Ef} и γ_{Mf} , применяемыми в расчете на усталость в соответствии с EN 1993-1-9, выражением

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

где $m = 5$ — для сооружений с длительным сроком службы, таких как мосты.

«Безопасный период» между проверками в процессе эксплуатации может охватывать весь срок нормативной эксплуатации сооружений.

2.3.2 Определение максимально допустимых значений толщины элемента

(1) В таблице 2.1 приведены максимально допустимые значения толщины элемента для трех уровней напряжений, выраженных как часть величины предела текучести:

- а) $\sigma_{Ed} = 0,75f_y(t)$, Н/мм²;
 б) $\sigma_{Ed} = 0,50f_y(t)$, Н/мм²;
 в) $\sigma_{Ed} = 0,25f_y(t)$, Н/мм²,
 где $f_y(t)$ может определяться по формуле

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

где t — толщина листа, мм;

$t_0 = 1$ мм,

или может быть принята равной R_{eH} -величине, установленной соответствующими стандартами на сталь.

Табличные значения приведены для семи расчетных температур: 10 °С, 0 °С, минус 10 °С, минус 20 °С, минус 30 °С, минус 40 °С и минус 50 °С.

Таблица 2.1 — Максимально допустимые значения толщины элемента t , мм.

Класс стали	Под- класс стали	Работа по Шарпи (CVN)		Расчетная температура $T_{Ed}, ^\circ\text{C}$																				
		при T_c , $^{\circ}\text{C}$	J_{min}	$\sigma_{Ed} = 0,75 f_y(t)$							$\sigma_{Ed} = 0,50 f_y(t)$							$\sigma_{Ed} = 0,25 f_y(t)$						
				10	0	-10	-20	-30	-40	-50	10	0	-10	-20	-30	-40	-50	10	0	-10	-20	-30	-40	-50
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	15	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

Примечания

- 1 Применяя таблицу 2.1, допускается использовать линейную интерполяцию. В большинстве случаев используются промежуточные значения σ_{Ed} между $\sigma_{Ed} = 0,75f_y(t)$ и $\sigma_{Ed} = 0,50f_y(t)$. $\sigma_{Ed} = 0,25f_y(t)$ дается в целях интерполяции. Экстраполяции сверх экстремальных значений применять недопустимо.
- 2 Для сортаментов изделий, выполненных из сталей S690, необходимо принимать температуру испытаний T_{AV} .
- 3 В таблице 2.1 приведены гарантированные значения, полученные при испытаниях на ударный изгиб образцов по Шарпи (CVN), изготовленных в направлении проката изделия.

2.4 Оценка трещиностойкости с использованием механики разрушения

(1) Для расчета с использованием механики разрушения требование к трещиностойкости и свойства трещиностойкости материалов могут быть выражены величинами CTOD, величинами J-интеграла, K_{Ic} -величинами или K_{Ic} -величинами, а сравнение должно быть выполнено с использованием соответствующих методов механики разрушения.

(2) Должно соблюдаться следующее условие для расчетной температуры:

$$T_{Ed} \leq T_{Rd},$$

где T_{Rd} — температура, при которой можно рассчитывать на безопасный уровень вязкости разрушения при расчетных условиях.

(3) Должен быть смоделирован механизм потенциального разрушения с использованием соответствующего дефекта, который снижает площадь сечения нетто материала, таким образом делая его более восприимчивым к разрушению отрывом образца с выточкой. Дефект должен соответствовать следующим требованиям:

— местоположение и форма должны соответствовать профилю надреза. Таблицы классификации усталости в EN 1993-1-9 могут использоваться для руководства по соответствующим положениям трещины;

— для элементов, не работающих на усталость, размер дефекта должен быть максимальным, но соответствующим требованиям инспекций, проводимых по EN 1090. Предполагаемый дефект должен быть расположен в месте неблагоприятной концентрации напряжений;

— для элементов, работающих на усталость, размер дефекта должен соответствовать размеру начального дефекта, выращенного усталостью. Размер начальной трещины должен быть выбран таким образом, чтобы он представлял минимальную величину, которую можно обнаружить методами контроля, используемыми в соответствии с EN 1090. Рост трещины от усталости должен быть вычислен с помощью соответствующей модели механики разрушения с применением нагрузок, действующих на сооружение во время безопасного проектного срока эксплуатации или инспекционного интервала (соответственно).

(4) Если на деталь конструкции не распространяется EN 1993-1-9, или если применяются более строгие методы, позволяющие получить результаты более точные, чем приведенные в таблице 2.1, то должны быть произведены специальные испытания с использованием фактических испытаний на ударный изгиб на крупномасштабных образцах.

Примечание — Обработка результатов испытаний может быть проведена с использованием методики, приведенной в приложении D, EN 1990.

3 Выбор материала по свойствам в направлении толщины проката

3.1 Общие сведения

(1) Классы качества элементов конструкций и толщин проката принимаются по таблице 3.1 в зависимости от последствий расслаивания листов.

Таблица 3.1 — Выбор класса качества

Класс	Область применения
1	Все стальные изделия и все толщины, перечисленные в Европейских стандартах для всех областей применения
2	Конкретные стальные изделия и конкретные толщины, перечисленные в Европейских стандартах и/или перечисленные области применения
<i>Примечание</i> — В национальном приложении может быть принят соответствующий класс. Рекомендуется принимать класс 1.	

(2) В зависимости от класса качества, выбранного по таблице 3.1, или

— должны быть определены свойства в направлении толщины проката для стали по EN 10164, или

— должен быть выполнен приемочный контроль изделий и конструкций на расслаивание стальных листов.

(3) Следующие аспекты должны приниматься во внимание в целях предотвращения расслаивания стали:

— критичность местоположения относительно напряжения растяжения и степени его воздействия;

— деформация в элементе сварного соединения в направлении толщины проката. Эта деформация возникает от усадки расплавленного металла сварного соединения в процессе его охлаждения. Она значительно возрастает при ограничении свободы деформаций другими элементами конструкции;

— вид сварных соединений, в частности крестообразные, *T* — образные и угловые соединения. Например, как показано на рисунке 3.1, горизонтальный лист в определенной зоне может иметь неудовлетворительную пластичность в направлении толщины. Расслаивание вероятнее всего наблюдается, если напряжение в этой зоне будет воздействовать по толщине материала, что происходит, если сварные швы примерно параллельны поверхности материала, а деформация усадки перпендикулярна направлению листового проката. Чем больше наплавленного металла сварного шва, тем больше чувствительность к расслаиванию;

— химические свойства материала в направлении, перпендикулярном растягивающим напряжениям. В частности, высокая концентрация серы может способствовать расслаиванию, даже при значениях, не превышающих требования стандартов.

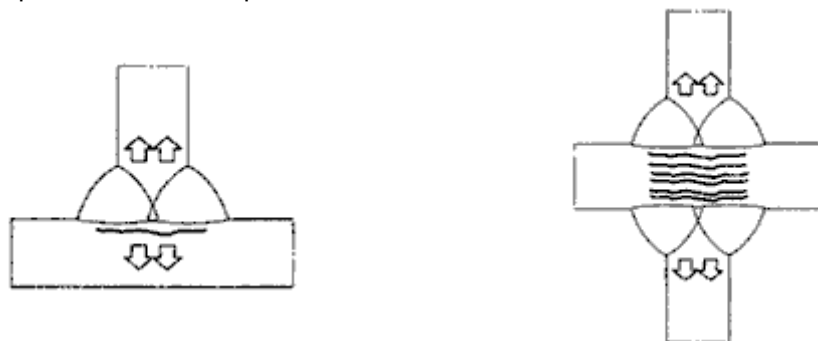


Рисунок 3.1 — Расслаивание (листов)

(4) Чувствительность материала к расслаиванию должна определяться измерением пластичности на образцах, изготовленных в направлении толщины проката по EN 10164, которое выражается в единицах классов качества Z .

Примечания

- 1 Расслаивание — это вызванный сваркой дефект в материале, который обычно обнаруживается при ультразвуковой дефектоскопии. Основной риск расслаивания наблюдается у крестообразных, Т — образных и угловых соединений, а также у сварных швов с полным проплавлением.
- 2 Руководство по способам предотвращения расслаивания при сварке приведено в EN 1011-2.

3.2 Процедура

(1) Расслаиванием можно пренебречь, если соблюдено следующее условие:

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

где Z_{Ed} — требуемое расчетное значение Z -величины, определяемое ограничениями усадки металла под наплавленным валиком сварного шва;

Z_{Rd} — нормируемое расчетное значение Z -величины для материала в соответствии с EN 10164, т. е. Z15, Z25 или Z35.

(2) Требуемое расчетное значение Z_{Ed} можно определить по формуле:

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

в которой Z_a , Z_b , Z_c , Z_d , и Z_e принимают по таблице 3.2.

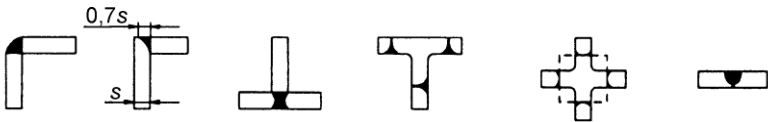
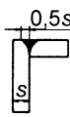
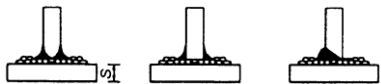
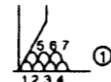
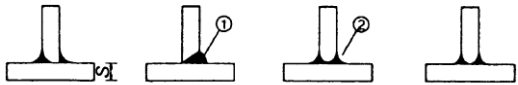
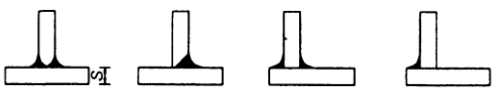


Рисунок 3.2 — Эффективная высота сварного шва a_{eff} для усадки

(3) Z_{Rd} -класс, соответствующий EN 10164, определяют применяя соответствующую классификацию.

Примечание — Классификацию см. в EN 1993-1-1 и EN 1993-2 до EN 1993-6.

Таблица 3.2 — Критерии, влияющие на расчетное значение Z_{Ed}

a)	Высота сварного шва, создающая растяжение от усадки металла	Эффективная высота шва a_{eff} (см. рисунок 3.2) равна толщине шва a угловых швов		Z_i
		$a_{eff} \leq 7 \text{ мм}$	$a = 5 \text{ мм}$	$Z_a = 0$
		$7 < a_{eff} \leq 10 \text{ мм}$	$a = 7 \text{ мм}$	$Z_a = 3$
		$10 < a_{eff} \leq 20 \text{ мм}$	$a = 14 \text{ мм}$	$Z_a = 6$
		$20 < a_{eff} \leq 30 \text{ мм}$	$a = 21 \text{ мм}$	$Z_a = 9$
		$30 < a_{eff} \leq 40 \text{ мм}$	$a = 28 \text{ мм}$	$Z_a = 12$
		$40 < a_{eff} \leq 50 \text{ мм}$	$a = 35 \text{ мм}$	$Z_a = 15$
		$50 < a_{eff}$	$a > 35 \text{ мм}$	$Z_a = 15$
b)	Форма и положение сварных швов в Т-образных, крестообразных и угловых соединениях			$Z_b = -25$
		Угловые соединения 		$Z_b = -10$
		Однослойные угловые швы $Z_a = 0$ или угловые швы с $Z_a > 1$ с наплавленным металлом низкой прочности 		$Z_b = -5$
		Многослойные угловые швы 		$Z_b = 0$
		При соответствующей последовательности сварки, чтобы уменьшить воздействие усадки 		$Z_b = 3$
		Швы с частичным и полным проплавлением 		
		Швы с частичным и полным проплавлением 		$Z_b = 5$
Угловые соединения 		$Z_b = 8$		
c)	Влияние толщины материала s на сдерживание усадки	$s \leq 10 \text{ мм}$		$Z_c = 2^*$
		$10 < s \leq 20 \text{ мм}$		$Z_c = 4^*$
		$20 < s \leq 30 \text{ мм}$		$Z_c = 6^*$
		$30 < s \leq 40 \text{ мм}$		$Z_c = 8^*$
		$40 < s \leq 50 \text{ мм}$		$Z_c = 10^*$
		$50 < s \leq 60 \text{ мм}$		$Z_c = 12^*$
		$60 < s \leq 70 \text{ мм}$		$Z_c = 15^*$
		$70 < s$		$Z_c = 15^*$
d)	Отдаленное сдерживание усадки другими частями конструкции после сварки	Низкое сдерживание: свободная усадка возможна (например Т-соединения)		$Z_d = 0$
		Среднее сдерживание: свободная усадка ограничена (например диафрагмы в коробчатых сечениях)		$Z_d = 3$
		Высокое сдерживание: свободная усадка невозможна (например продольные балки в ортотропных плитах)		$Z_d = 5$
e)	Влияние предварительного нагрева	без нагрева		$Z_e = 0$
		предварительный нагрев $\geq 100 \text{ }^\circ\text{C}$		$Z_e = -8$
* Может быть уменьшено на 50 % для напряженного материала, в направлении толщины проката сжатием из-за				

преимущественно статических нагрузок.

Приложение Д.А
(справочное)

**Сведения о соответствии государственных стандартов
ссылочным европейским стандартам**

Таблица Д.А.1

Обозначение и наименование европейского стандарта	Степень соответствия	Обозначение и наименование государственного стандарта
EN 1990:2002 Еврокод. Основы проектирования несущих конструкций	IDT	СТБ EN 1990-2007 Еврокод. Основы проектирования несущих конструкций
EN 1993-1-1 Еврокод 3. Проектирование стальных конструкций. Часть 1-1. Общие правила и правила для зданий	IDT	ТКП EN 1993-1-1-2009 Еврокод 3. Проектирование стальных конструкций. Часть 1-1. Общие правила и правила для зданий
EN 1993-1-9:2005 Еврокод 3. Проектирование стальных конструкций. Часть 1-9. Усталостная прочность	IDT	ТКП EN 1993-1-9-2009 Еврокод 3. Проектирование стальных конструкций. Часть 1-9. Усталостная прочность

**Национальное приложение
к ТКП EN 1993-1-10-2009
Еврокод 3
ПРОЕКТИРОВАНИЕ СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ
Часть 1-10. Свойства трещиностойкости и прочности материала
в направлении толщины проката**

National Annex
to TCP EN 1993-1-10-2009
Eurocode 3
DESIGN OF STEEL STRUCTURES
Part 1-10. Material toughness and through-thickness properties

Предисловие

Preface

Настоящее национальное приложение следует применять совместно с ТКП EN 1993-1-10-2009.

This National Annex should be used together with TCP EN 1993-1-10-2009.

Настоящее национальное приложение содержит:

а) национальные параметры для следующих пунктов EN 1993-1-10, национальный выбор которых разрешен:

- 2.2(5);
- 3.1(1).

а) The national parameters for the following paragraphs in standard EN 1993-1-10 where national selection is permitted:

- 2.2(5);
- 3.1(1).

НП.1 Национальные требования и национально установленные параметры, которыми следует пользоваться при строительстве зданий и сооружений на территории Республики Беларусь

Пункт EN 1993-1-10	Параметры, установленные на национальном уровне National Determined Parameters (NDP)
2.2(5)	Положения данного пункта применяются без изменений
3.1(1)	Положения данного пункта применяются без изменений