

**Приказ МЧС России от 3 июля 2026 г. № 505 "Об утверждении свода правил "Системы противопожарной защиты. Конструкции стальные строительные. Нормы и правила обеспечения огнестойкости"**

В соответствии с **частью 1 статьи 4** Федерального закона от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности", **пунктом 1** Положения о Министерстве Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, утвержденного **Указом** Президента Российской Федерации от 11 июля 2004 г. № 868, **пунктом 3** Правил разработки, утверждения, опубликования, изменения и отмены сводов правил, утвержденных **постановлением** Правительства Российской Федерации от 1 июля 2016 г. № 624, приказываю:

Утвердить и ввести в действие с 1 сентября 2026 г. прилагаемый **свод правил** "Системы противопожарной защиты. Конструкции стальные строительные. Нормы и правила обеспечения огнестойкости".

Исполняющий обязанности Министра

В.Н. Яцуценко

**Свод правил**

**"Системы противопожарной защиты. Конструкции стальные строительные. Нормы и правила обеспечения огнестойкости"**

**СП 554.1311500.2026**

(утв. **приказом** МЧС России от 3 июля 2026 г. № 505)

**Systems of fire protection. Steel structures. Fire resistance standards and regulations**

Дата введения - 1 сентября 2026 г.

ГАРАНТ: Настоящий документ включен в **Перечень** документов в области стандартизации, в результате применения которых на добровольной основе обеспечивается соблюдение требований **Технического регламента** о требованиях пожарной безопасности

**Предисловие**

Цели и принципы стандартизации в Российской Федерации установлены **Федеральным законом** от 29 июня 2015 г. № 162-ФЗ "О стандартизации в Российской Федерации", а правила применения сводов правил - **Федеральным законом** от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ "О техническом регулировании"

**Сведения о своде правил**

1 Разработан Федеральным государственным бюджетным учреждением "Всероссийский ордена "Знак Почета" научно-исследовательский институт противопожарной обороны Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий" (ФГБУ ВНИИПО МЧС России)

2 Внесен Техническим комитетом по стандартизации ТК 274 "Пожарная безопасность"

3 Подготовлен к утверждению Министерством Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий (МЧС России)

4 Утвержден и введен в действие **приказом** Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий (МЧС России) от 3 июля 2026 г. № 505

5 Зарегистрирован Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт)

6 Введен впервые

**Введение**

Настоящий свод правил разработан в целях обеспечения соблюдения требований [Федерального закона](#) от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности".

Настоящий свод правил разработан в развитие положений и требований [СП 2.13130](#) Системы противопожарной защиты. Обеспечение огнестойкости объектов защиты и [СП 16.13330](#) Стальные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-23-81\*.

Настоящий свод правил устанавливает правила обеспечения огнестойкости несущих стальных строительных конструкций из горячекатаного проката по признаку потери несущей способности для жилых, общественных и производственных зданий и сооружений.

Настоящий свод правил разработан авторским коллективом ФГБУ ВНИИПО МЧС России (Голованов В.И., Колчев Б.Б., Новиков Н.С., Павлов В.В., Фомина О.В.), АО "НИЦ "Строительство" - ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко (Ведяков И.И., Кривцов Ю.В., Соловьев Д.В., Гришин И.А., Стрекалев А.Н., Тимофеев М.В.), ФГАОУ ВО СПбПУ (Гравит М.В.), АРСС (Е.И. Антропов), ФГБУ "ЦНИИП Минстроя России" (Пронин Д.Г.).

## 1 Область применения

1.1 Настоящий свод правил устанавливает правила обеспечения огнестойкости несущих стальных строительных конструкций из горячекатаного проката по признаку потери несущей способности для жилых, общественных, производственных и складских зданий и сооружений.

1.2 Настоящий свод правил не распространяется на ограждающие стальные строительные конструкции (мембраны, оболочки), на стальные строительные тонкостенные конструкции из холодногнутых оцинкованных профилей гофрированных листов.

## 2 Нормативные ссылки

В настоящем своде правил использованы нормативные ссылки на следующие документы по стандартизации:

[ГОСТ 9651](#) (ИСО 783-89) Металлы. Методы испытаний на растяжение при повышенных температурах

[ГОСТ 27751](#) Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения

[ГОСТ 30247.0](#) Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Общие требования

[ГОСТ 30247.1](#) Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Несущие и ограждающие конструкции

[ГОСТ Р 21.101](#) Система проектной документации для строительства. Основные требования к проектной и рабочей документации

[ГОСТ Р 53293](#) Пожарная опасность веществ и материалов. Материалы, вещества и средства огнезащиты. Идентификация методами термического анализа

[ГОСТ Р 53295](#) Средства огнезащиты для стальных конструкций. Общие требования. Метод определения огнезащитной эффективности

[ГОСТ Р 59637](#) Средства противопожарной защиты зданий и сооружений. Средства огнезащиты. Метод контроля качества огнезащитных работ при монтаже (нанесении), техническом обслуживании и ремонте

[СП 2.13130](#) Системы противопожарной защиты. Обеспечение огнестойкости объектов защиты

[СП 14.13330](#) Строительство в сейсмических районах. Актуализированная редакция СНиП II-7-81\*

[СП 16.13330](#) Стальные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-23-81\*

[СП 20.13330](#) Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85\*

**Примечание** - При пользовании настоящим сводом правил целесообразно проверить действие ссылочных документов в информационной системе общего пользования - на [официальном сайте](#) федерального органа исполнительной власти в сфере стандартизации в сети Интернет, на официальном сайте федерального органа исполнительной власти, разработавшего и утвердившего настоящий свод правил, или по ежегодному информационному указателю "Национальные стандарты", который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячного информационного указателя "Национальные стандарты" за текущий год. Если заменен ссылочный документ, на который

дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого документа с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный документ, на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого документа с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего свода правил в ссылочный документ, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку. Сведения о действии сводов правил целесообразно проверить в Федеральном информационном фонде стандартов:

### 3 Термины и определения

В настоящем своде правил применены следующие термины с соответствующими определениями:

**3.1 критическая температура:** Средняя температура сечения стальной конструкции, при которой наступает предельное состояние по потере несущей способности.

**3.2 огнезащитная эффективность:** Показатель эффективности средства огнезащиты, который характеризуется временем в минутах от начала огневого воздействия при определенном температурном режиме пожара на стальные конструкции с различной приведенной толщиной металла и различной толщиной огнезащитного покрытия до достижения определенной (критической) температуры, определяется методами, изложенными в [пунктах 12.3-12.10](#) настоящего свода правил.

**3.3 предел огнестойкости:** Промежуток времени от начала огневого воздействия в условиях стандартных испытаний до наступления одного из нормированных для данной конструкции предельных состояний по огнестойкости.

**3.4 предел огнестойкости незащищенных стальных конструкций:** Предел огнестойкости, который обеспечивается за счет параметров сечения строительной конструкции и свойств материала, из которого она изготовлена, без применения средств огнезащиты.

**3.5 нормируемый (требуемый) предел огнестойкости стальных конструкций:** Значение предела огнестойкости, устанавливаемое в нормативных правовых актах, нормативных документах по пожарной безопасности и (или) проекте.

**3.6 фактический предел огнестойкости стальных конструкций:** Предел огнестойкости строительной конструкции, определенный по результатам испытаний или расчетно-аналитическим методом, в том числе с огнезащитой (при ее применении).

**3.7 предельное состояние строительного объекта:** Состояние строительного объекта, при превышении характерных параметров которого эксплуатация строительного объекта недопустима, затруднена или нецелесообразна.

**3.8 предельное состояние по потере несущей способности (R):** Предельное состояние конструкций, наступающее вследствие обрушения конструкции или возникновения предельных деформаций, значения которых приведены в [приложении А](#) ГОСТ 30247.1.

**3.9 сталь повышенной огнестойкости (огнестойкая сталь):** Сталь, обладающая улучшенной сохранностью своих механических свойств при повышенных температурах.

**Примечание** - В обозначении класса прочности сталь повышенной огнестойкости маркируется буквой "П".

**3.10 эквивалентная продолжительность пожара:** Продолжительность стандартных испытаний, воздействие которых на строительную конструкцию аналогично воздействию реального пожара.

### 4 Общие положения

4.1 Требования к проектированию и расчету прочности несущих стальных строительных конструкций установлены [СП 16.13330](#).

4.2 При проектировании зданий и сооружений должны быть установлены пределы огнестойкости несущих стальных конструкций, а также конструкций, к которым предъявляются требования по огнестойкости, для определения возможности их применения в зданиях и сооружениях заданной степени огнестойкости.

4.3 Нормируемые значения пределов огнестойкости стальных конструкций устанавливаются в

зависимости от принятой степени огнестойкости зданий, сооружений и пожарных отсеков в соответствии с [частью 1 статьи 87 \[1\]](#).

4.4 К несущим стальным конструкциям (элементам) здания не относятся элементы здания, если потеря ими несущей способности в условиях пожара не приводит к нарушению общей прочности, пространственной устойчивости и прогрессирующему (лавинообразному) разрушению конструкции здания за пределами очага пожара.

4.5 Предел огнестойкости стальных конструкций определяется в условиях стандартных испытаний в соответствии с [частью 7 статьи 87 № 123-ФЗ \[1\]](#).

Допускается предел огнестойкости стальных конструкций определять расчетно-аналитическим методом в соответствии с [частью 10 статьи 87 № 123-ФЗ \[1\]](#) и согласно требованиям [разделов 7-12](#) настоящего свода правил по времени (в минутах) от начала огневого испытания или расчетного воздействия пожара до наступления предельного состояния по потере несущей способности.

4.6 Для обоснования соответствия фактических пределов огнестойкости стальных конструкций требуемым (нормируемым) следует применять стандартный температурный режим пожара.

При применении реальных или альтернативных температурных режимов пожара необходимо производить расчет эквивалентной продолжительности пожара. При обосновании огнестойкости при других температурных режимах пожара следует учитывать особенности этих режимов при расчетах и испытаниях, в том числе при оценке эффективности огнезащиты. Сведения о применяемом температурном режиме пожара должны быть приведены в отчетных материалах (расчеты, протоколы испытаний и другие).

## 5 Обеспечение огнестойкости стальных конструкций

5.1 Нормируемый (требуемый) предел огнестойкости несущих стальных конструкций и узлов их соединения должен обеспечиваться одним из следующих способов или их комбинацией:

- повышением предела огнестойкости незащищенных стальных конструкций;
- применением различных средств и способов огнезащиты.

5.2 Повышение предела огнестойкости незащищенных стальных конструкций при применении стали повышенной прочности в соответствии с [таблицей Б1](#) Приложения Б к настоящему своду правил и (или) при увеличении размеров сечения обеспечивается за счет увеличения несущей способности при неизменной нагрузке и, соответственно, повышения критической температуры.

Повышение предела огнестойкости незащищенных стальных конструкций при увеличении приведенной толщины обеспечивается за счет увеличения теплоемкости и уменьшения относительной площади обогреваемой поверхности конструкции и, соответственно, снижения скорости ее прогрева.

Повышение предела огнестойкости незащищенных стальных конструкций при применении огнестойких сталей обеспечивается за счет повышения критической температуры вследствие обеспечения лучшей сохранности механических свойств огнестойких сталей при повышенных температурах.

Повышение предела огнестойкости незащищенных стальных конструкций при заполнении полостей бетоном обеспечивается за счет увеличения теплоемкости конструкции, а также повышения несущей способности при применении бетона.

Повышение предела огнестойкости стальных конструкций при применении различных способов и средств огнезащиты обеспечивается за счет создания на обогреваемой поверхности конструкции теплоизоляционного слоя, что способствует снижению скорости прогрева.

5.3 Мероприятия по обеспечению требуемых пределов огнестойкости стальных конструкций и узлов их соединения выполняются в два этапа.

На первом этапе проводится оценка соответствия пределов огнестойкости незащищенных стальных конструкций степени огнестойкости здания.

На втором этапе в случае, когда фактический предел огнестойкости стальных конструкций без средств огнезащиты не соответствует требуемым (нормируемым) значениям, разрабатывается проект огнезащиты.

5.4 Оценка соответствия пределов огнестойкости незащищенных стальных конструкций степени огнестойкости здания включает в себя последовательное выполнение следующих мероприятий:

- анализ проекта здания (сооружения), разложение общей схемы каркаса на составляющие стержневые конструкции;
- определение требуемых пределов огнестойкости стальных конструкций и узлов их соединения;
- определение температурного режима пожара в соответствии с [пунктом 4.6](#) настоящего свода правил;

выполнение прочностного расчета стальных конструкций, определение критической температуры в соответствии с [разделом 8](#) настоящего свода правил;

проведение теплотехнического расчета по определению фактических пределов огнестойкости стальных конструкций в соответствии с [разделом 12](#) настоящего свода правил;

определение способа обеспечения требуемого предела огнестойкости стальных конструкций в соответствии с [пунктом 5.1](#) настоящего свода правил;

определение необходимости применения огнезащиты, разработки проекта огнезащиты, формирование номенклатуры стальных конструкций, для которых требуется огнезащита.

5.5 Разработка проекта огнезащиты стальных конструкций выполняется в соответствии с требованиями [ГОСТ Р 21.101](#) и включает в себя последовательное выполнение следующих мероприятий:

1) подбор оптимальных способов и средств огнезащиты согласно [пунктам 5.8 и 5.10](#) настоящего свода правил;

2) проведение теплотехнического расчета по определению пределов огнестойкости стальных конструкций (времени нагрева конструкции с огнезащитой до критической температуры при установленном температурном режиме пожара) в соответствии с положениями настоящего свода правил;

3) определение толщины огнезащитного покрытия для обеспечения требуемых пределов огнестойкости стальных конструкций согласно [пункту 12.10](#) настоящего свода правил;

4) составление ведомости стальных конструкций, подлежащих огнезащите, с указанием данных об их основных параметрах и применяемом средстве огнезащиты согласно [приложению А](#) настоящего свода правил.

5.6 Требования к определению способа обеспечения требуемого предела огнестойкости стальных конструкций зданий и сооружений в районах с повышенной сейсмичностью установлены [СП 14.13330](#).

5.7 Проект огнезащиты должен содержать обоснование принятых технических решений по обеспечению требуемого предела огнестойкости стальных конструкций по результатам испытаний на огнестойкость по [ГОСТ 30247.1](#) или с использованием расчетно-аналитического метода в соответствии с требованиями [разделов 7-12](#) настоящего свода правил.

5.8 Выбор средства огнезащиты стальных конструкций должен осуществляться с учетом его огнезащитной эффективности при установленном температурном режиме пожара (толщине огнезащитного покрытия стальных строительных конструкций различной приведенной толщины, необходимой для обеспечения требуемого предела огнестойкости), класса пожарной опасности, условий эксплуатации и установленного срока эксплуатации огнезащитного покрытия.

5.9 Для огнезащиты стальных конструкций применяются средства огнезащиты, прошедшие процедуры подтверждения соответствия в порядке, установленном в [\[3\]](#).

5.10 Для обеспечения огнестойкости узлов соединений стальных конструкций следует применять проектные решения по огнезащите, используемые для обеспечения огнестойкости соединяемых конструкций.

Проектные решения для обеспечения огнестойкости узлов соединений стальных конструкций, отличные от используемых для обеспечения огнестойкости соединяемых конструкций, должны быть обоснованы в проектной и рабочей документации.

## 6 Свойства стали при огневом воздействии

6.1 Свойства стали при нормальных условиях эксплуатации должны соответствовать требованиям [СП 16.13330](#).

Данные об изменении механических свойств основных строительных сталей при повышенных температурах приведены в [таблице Б.1](#) и на [рисунках Б.1 - Б.8](#) приложения Б настоящего свода правил.

6.2 Основными механическими свойствами стали, определяющими несущую способность стальных конструкций, являются предел текучести и модуль упругости. При нагреве несущая способность стальных конструкций уменьшается при снижении предела текучести и модуля упругости вследствие изменений структуры стали и накопления деформации температурной ползучести, а также за счет влияния температурного расширения стальных конструкций.

Потеря несущей способности стальных сжатых конструкций наступает при нагреве до критической температуры в результате потери прочности (снижение предела текучести стали до рабочих напряжений в сечении конструкции) или в результате потери устойчивости (при снижении

модуля упругости до критического значения).

Растянутые и изгибаемые стальные конструкции теряют несущую способность при нагреве до критической температуры в результате потери прочности (снижение предела текучести стали до рабочих напряжений в сечении конструкции).

## 7 Расчетно-аналитические методы определения пределов огнестойкости стальных конструкций

7.1 Пределы огнестойкости несущих строительных конструкций с огнезащитой или без огнезащиты определяются расчетно-аналитическим методом, включающим совместное решение прочностной задачи (прочностной расчет), с учетом заданных условий нагружения и опирания конструкции, и теплотехнической задачи, в том числе с использованием экспериментальных данных по огнезащитной эффективности средства огнезащиты.

7.2 Целью решения прочностной задачи (прочностной расчет) является определение критической температуры стальной несущей конструкции, при достижении которой наступает предельное состояние по потере несущей способности.

При прочностном расчете стальных конструкций применяется статический подход, основанный на справочных данных об изменении механических свойств стали при повышенных температурах, приведенных в [таблице Б.1](#) и на [рисунках Б.1 - Б.8](#) приложения Б настоящего свода правил. При этом не учитываются температурный режим пожара, фактор времени нахождения конструкции под высокотемпературным воздействием, неравномерность распределения температуры по сечению конструкции, влияние температурного расширения стальных конструкций.

7.3 Целью решения теплотехнической задачи (теплотехнического расчета) является определение времени прогрева стальных конструкций с огнезащитой или без огнезащиты от начала температурного воздействия при установленном температурном режиме пожара до определенной (критической) температуры. Время прогрева стальной конструкции до критической температуры является ее фактическим пределом огнестойкости.

При наличии данных об огнезащитной эффективности определенного огнезащитного покрытия в соответствии с [пунктами 12.8 и 12.9](#) настоящего свода правил время прогрева стальной конструкции с огнезащитой до определенной (критической) температуры определяется расчетно-аналитическим методом с использованием номограмм или матриц прогрева стальных конструкций с огнезащитным покрытием согласно [пункту 12.10](#) настоящего свода правил.

7.4 Для расчета огнестойкости стальных конструкций допускается применение программных комплексов. Граничные и начальные условия, физико-механические характеристики материалов и иные параметры, задаваемые при решении теплотехнической задачи, должны соответствовать требованиям настоящего свода правил.

Применяемый программный комплекс должен быть верифицирован. Его использование допускается только при условии валидации по результатам огневых испытаний, проведенных в аккредитованной испытательной лаборатории в соответствии с [\[2\]](#).

Отчет по результатам расчета огнестойкости стальных конструкций должен содержать раздел о валидации использованного программного комплекса применительно к расчетам огнестойкости.

## 8 Прочностной расчет стальных конструкций

8.1 Значения и классификацию нагрузок следует принимать в соответствии с требованиями [СП 20.13330](#). Расчет выполняется на особое сочетание нагрузок, включающее постоянные и длительные временные нагрузки, в том числе пониженные нормативные значения кратковременных нагрузок. Значения нагрузок при расчете принимаются равными их нормативным значениям (с коэффициентами надежности по нагрузке, равными 1,0). Коэффициент надежности по ответственности принимается равным 1,0.

При проверке элементов согласно [ГОСТ 27751](#) вводится дополнительный коэффициент условий работы  $\gamma_{ct}$  особого предельного состояния, равный 1,1.

Температурный коэффициент снижения прочности стали в конструкции при огневом воздействии определяется с учетом напряженно-деформированного состояния элемента.

8.2 Расчетные длины элементов при расчете следует принимать с учетом [СП 16.13330](#), принимая при этом нормативные значения прочностных характеристик.

8.3 Расчет несущей способности стальной конструкции и узлов крепления выполняется по [СП 16.13330](#), при этом расчетные прочностные характеристики материалов принимают равными их

нормативным значениям.

8.4 Расчетное сопротивление стали по пределу текучести при нагреве:

$$R_{yt} = R_{yn} \gamma_T, \quad (8.1)$$

где  $\gamma_T$  - температурный коэффициент снижения прочности стали при нагреве, приведенный в [таблице Б.1](#) приложения Б настоящего свода правил;

$R_{yn}$  - предел текучести стали.

8.5 Модуль упругости стали при нагреве:

$$E_t = E \gamma_e, \quad (8.2)$$

где  $\gamma_e$  - температурный коэффициент снижения модуля упругости стали при нагреве, приведенный в [таблице Б.1](#) приложения Б настоящего свода правил;

$E$  - модуль упругости стали.

8.6 Критическая температура нагрева сечения °С по потере несущей способности определяется как соответствующая наименьшей величине коэффициентов  $\gamma_T$  и  $\gamma_e$  в соответствии с [таблицей Б.1](#) приложения Б настоящего свода правил.

Расчет температурного коэффициента снижения модуля упругости стали при сжатии следует выполнять по формуле:

$$\gamma_e = \frac{N l_{ef}^2}{\pi^2 E J_{min}}, \quad (8.3)$$

где  $l_{ef}$  - расчетная эффективная длина элемента;

$J_{min}$  - наименьший момент инерции сечения элемента.

$$l_{ef} = \mu l, \quad (8.4)$$

где  $l$  - геометрическая длина элемента;

$\mu$  - коэффициент приведения длины элемента, определяемый в соответствии с [СП 16.13330](#).

8.7 При определении напряжений с использованием расчетных комплексов коэффициент  $\gamma_T$  допускается определять как  $\gamma_T = \sigma_n / R_{yn}$ , где  $\sigma_n$  - напряжения по результатам статического расчета.

## 9 Расчет температурного коэффициента снижения прочности элементов при центральном растяжении и сжатии

9.1 Расчет температурного коэффициента снижения прочности элементов из стали при центральном растяжении силой  $N$  следует выполнять по формуле:

$$\gamma_T = \frac{N}{A_n R_{yn} \gamma_{ct} \gamma_c}, \quad (9.1)$$

где  $A_n$  - площадь сечения нетто;

$\gamma_c$  - коэффициент условий работы, определяемый в соответствии с СП 16.13330.

9.2 Расчет температурного коэффициента снижения прочности стали с учетом устойчивости элементов сплошного сечения при центральном сжатии силой  $N$  следует выполнять по формуле:

$$\gamma_T = \frac{N}{\varphi_y A R_{yn} \gamma_{ct} \gamma_c}, \quad (9.2)$$

где  $A$  - площадь сечения брутто;

$\varphi_y$  - коэффициент устойчивости при центральном сжатии, значение которого при  $\bar{\lambda} \geq 0,6$  следует

определять в соответствии с СП 16.13330, где  $\bar{\lambda} = \lambda \sqrt{R_{yn}/E}$  - условная гибкость стержня;

$\gamma_c$  - коэффициент условий работы, определяемый в соответствии с СП 16.13330.

При значениях  $\bar{\lambda} < 0,6$  для типов сечений а и б, определяемых по СП 16.13330, следует принимать  $\varphi = 1$ .

Значения коэффициента  $\varphi$  следует принимать не более  $7,6/\bar{\lambda}^2$  при значениях условной гибкости свыше 3,8; 4,4 и 5,8 для типов сечений а, б и с соответственно.

9.3 Критическая температура нагрева сечения  $^{\circ}\text{C}$  при центральном растяжении или сжатии элемента по потере несущей способности определяется по величине коэффициента  $\gamma_T$  в соответствии с таблицей Б.1 приложения Б настоящего свода правил.

## 10 Расчет температурного коэффициента снижения прочности при изгибе

10.1 Расчет температурного коэффициента по прочности изгибаемых балочных стальных конструкций следует выполнять по формулам:

при действии момента в одной из главных плоскостей должно выполняться условие:

$$\gamma_T = \frac{M}{W_{pl,min} R_{yn} \gamma_{ct} \gamma_c}, \quad (10.1)$$

где  $W_{pl,min}$  - минимальный пластический момент сопротивления сечения;

при действии в сечении поперечной силы:

$$\gamma_T = \frac{QS}{I_{tw} 0,58 R_{yn} \gamma_{ct} \gamma_c}, \quad (10.2)$$

при действии моментов в двух главных плоскостях (и при наличии бимоментов):

$$\gamma_T = \frac{M_x}{I_{xn} R_{yn} \gamma_{ct} \gamma_c} y \pm \frac{M_y}{I_{yn} R_{yn} \gamma_{ct} \gamma_c} x \pm \frac{B_{\omega}}{I_{\omega n} R_{yn} \gamma_{ct} \gamma_c}, \quad (10.3)$$

где  $x$  и  $y$  - расстояния от главных осей до рассматриваемой точки сечения;

$\omega$  - секториальная координата этой точки;

$I_{xn}, I_{yn}$  - моменты инерции сечения нетто относительно осей и соответственно;

$M_x, M_y$  - изгибающие моменты относительно осей  $x-x$  и  $y-y$  соответственно;

$I_{\omega n}$  - секториальный момент инерции сечения нетто;

$B$  - бимомент, изгибно-крутящий бимомент;

$\gamma_c$  - коэффициент условий работы, определяемый в соответствии с СП 16.13330; при одновременном действии в сечении момента и поперечной силы:

$$\gamma_T = \frac{0,87}{R_{yn}\gamma_{ct}\gamma_c} \sqrt{\sigma_x^2 - \sigma_x\sigma_y + \sigma_y^2 + 3\tau_{xy}^2}, \quad (10.4)$$

$$\gamma_T \geq \frac{\tau_{xy}}{0,58\gamma_{ct}\gamma_c R_{yn}}, \quad (10.5)$$

где  $\sigma_x = M_x y / I_{xn}$  - нормальное напряжение в срединной плоскости сечения, параллельное продольной оси балки;

$\sigma_y$  - то же, перпендикулярное к продольной оси балки, в том числе  $\sigma_{loc}$ ;

$\tau_{xy} = QS / (I t_w)$  - касательное напряжение в сечении, где  $I$  - момент инерции сечения брутто;  $Q$  - поперечная сила, сила сдвига;  $S$  - статический момент сдвигаемой части сечения брутто относительно нейтральной оси;

$t_w$  - толщина стенки сечения;

$\gamma_c$  - коэффициент условий работы, определяемый по СП 16.13330.

Ослабление сечения отверстиями допускается учитывать в соответствии с СП 16.13330.

Значение локального напряжения от сосредоточенной силы  $\sigma_{loc}$  допускается определять в соответствии с СП 16.13330, с заменой в формулах  $R_y$  на  $R_{yn}$ .

Напряжения  $\sigma_x$  и  $\sigma_y$ , принимаемые в формуле (8.1) со своими знаками, а также  $\tau_{xy}$  в формуле (8.2) следует определять в одной и той же точке сечения балки.

При расчете температурного коэффициента по прочности на действие поперечной силы на опоре для разрезных балок формулу (10.2) следует использовать без учета работы поясов.

10.2 Определение температурного коэффициента снижения прочности стали по общей устойчивости двутавровых балок 1-го класса, а также бистальных балок 2-го класса по классификации в соответствии с СП 16.13330, кроме труб, следует выполнять по формулам:

при изгибе в плоскости стенки, совпадающей с плоскостью симметрии сечения:

$$\gamma_T = \frac{M_x}{\phi_b W_{pl,x} R_{yn} \gamma_{ct} \gamma_c}, \quad (10.6)$$

при изгибе в двух главных плоскостях (и при наличии бимоментов):

$$\gamma_T = \frac{M_x}{\phi_b W_{pl,x} R_{yn} \gamma_{ct} \gamma_c} \pm \frac{M_y}{W_{pl,y} R_{yn} \gamma_{ct} \gamma_c} \pm \frac{B}{W_{c\omega} R_{yn} \gamma_{ct} \gamma_c}, \quad (10.7)$$

где  $\phi_b$  - коэффициент устойчивости при изгибе, определяемый по приложению Ж к СП 16.13330 для балок с опорными сечениями, закрепленными от боковых смещений и поворота;

$W_{pl,x}$  - пластический момент сопротивления сечения относительно оси x-x;

$W_{pl,y}$  - пластический момент сопротивления сечения относительно оси y-y, совпадающей с плоскостью изгиба;

$W_{c\omega}$  - секториальный момент сопротивления сечения, вычисленный для наиболее сжатого волокна сжатого пояса;

$\gamma_c$  - коэффициент условий работы, определяемый по СП 16.13330.

**Примечание** - Знак "+" у второго и третьего членов в формуле (10.7) принимается, если в

рассматриваемой точке соответствующее усилие вызывает сжатие. Пластический момент сопротивления определяется по правилам сопротивления материалов как сумма статических моментов двух частей сечения, расположенных по разные стороны от плоскости изгиба.

10.3 Критическая температура нагрева сечения °С изгибаемых элементов по потере несущей способности определяется по наименьшей величине коэффициента  $\gamma_T$ , определенного по формулам согласно [разделу 10](#) и [таблице Б.1](#) приложения Б настоящего свода правил.

## 11 Расчет температурного коэффициента снижения прочности стали элементов при действии продольной силы с изгибом

11.1 Температурный коэффициент снижения прочности для внецентренно сжатых (сжато-изгибаемых) и внецентренно растянутых (растянуто-изгибаемых) элементов следует определять по формуле:

$$\gamma_T = \frac{N}{A_n R_{yn} \gamma_{cl} \gamma_c} + \frac{M_x}{W_{pl,x} R_{yn} \gamma_{cl} \gamma_c} + \frac{M_y}{W_{pl,y} R_{yn} \gamma_{cl} \gamma_c} + \frac{B}{W_{co} R_{yn} \gamma_{cl} \gamma_c}, \quad (11.1)$$

где  $N$ ,  $M_x$  и  $M_y$ ,  $B$  - абсолютные значения соответственно продольной силы, изгибающих моментов и бимоментов при наиболее неблагоприятном их сочетании;

$\gamma_c$  - коэффициент условий работы, определяемый в соответствии с [СП 16.13330](#).

11.2 Температурный коэффициент снижения прочности элемента при расчете на устойчивость внецентренно сжатых (сжато-изгибаемых) элементов при действии момента в одной из главных плоскостей следует определять как в этой плоскости (плоская форма потери устойчивости), так и из этой плоскости (изгибно-крутильная форма потери устойчивости).

11.3 Температурный коэффициент снижения прочности для внецентренно сжатых (сжато-изгибаемых) элементов постоянного сечения (колонн многоэтажных зданий - в пределах этажа) в плоскости действия момента, совпадающей с плоскостью симметрии, при расчете на устойчивость следует определять по формуле:

$$\gamma_T = \frac{N}{\varphi_e A \gamma_{cl} \gamma_c R_{yn}}, \quad (11.2)$$

В [формуле \(11.2\)](#) коэффициент устойчивости при сжатии с изгибом  $\varphi_e$  следует определять по [СП 16.13330](#) в зависимости от условной гибкости  $\bar{\lambda}$  и приведенного относительного эксцентриситета  $m_{ef}$ , определяемого по формуле:

$$m_{ef} = \eta m, \quad (11.3)$$

где  $\eta$  - абсолютные значения соответственно продольной силы, изгибающих моментов и бимоментов при наиболее неблагоприятном их сочетании;

$\gamma_c$  - коэффициент условий работы, определяемый в соответствии с [СП 16.13330](#).

$m = eA/W_{pl}$  - относительный эксцентриситет (здесь  $e = M/N$  - эксцентриситет, при вычислении которого значения  $M$  и  $N$  следует принимать согласно требованиям [СП 16.13330](#);

$W_{pl}$  - пластический момент сопротивления сечения, вычисленный для наиболее сжатого волокна.

При значениях  $m_{ef} > 20$  расчет следует выполнять, как для изгибаемых элементов.

11.4 Расчетные значения продольной силы  $N$  и изгибающего момента  $M$  в элементе следует

принимать с учетом требований [СП 16.13330](#).

11.5 Температурный коэффициент снижения прочности для внецентренно сжатых (сжато-изгибаемых) стержней сплошного постоянного сечения, кроме коробчатого, из плоскости действия момента при изгибе их в плоскости наибольшей жесткости ( $I_x > I_y$ ), совпадающей с плоскостью симметрии, а также швеллеров, при расчете на устойчивость, следует определять по формуле:

$$\gamma_T = \frac{N}{c \varphi_y A \gamma_{ct} \gamma_c R_{yn}} , \quad (11.4)$$

где  $c$  - коэффициент, определяемый согласно требованиям [СП 16.13330](#);

$\varphi_y$  - коэффициент устойчивости при центральном сжатии, определяемый согласно требованиям [пункта 9.2](#) настоящего свода правил;

$\gamma_c$  - коэффициент условий работы, определяемый в соответствии с [СП 16.13330](#).

11.6 Температурный коэффициент снижения прочности для внецентренно сжатых (сжато-изгибаемых) элементов постоянного сечения, изгибаемых в плоскости наименьшей жесткости ( $I_y < I_x$  и  $e_y \neq 0$ ), следует рассчитывать по [формуле \(11.2\)](#), а при гибкости  $\lambda_x > \lambda_y$  - также проверять расчетом на устойчивость из плоскости действия момента как центрально сжатые элементы по формуле:

$$\gamma_T = \frac{N}{\varphi_x A \gamma_{ct} \gamma_c R_{yn}} , \quad (11.5)$$

где  $\varphi_x$  - коэффициент устойчивости при центральном сжатии, определяемый согласно требованиям [СП 16.13330](#);

$\gamma_c$  - коэффициент условий работы, определяемый в соответствии с [СП 16.13330](#).

11.7 Температурный коэффициент снижения прочности при расчете на устойчивость стержней сплошного постоянного сечения (кроме коробчатого), подверженных сжатию и изгибу в двух главных плоскостях, при совпадении плоскости наибольшей жесткости ( $I_x > I_y$ ) с плоскостью симметрии, а также при сечении типа 3 в соответствии с [СП 16.13330](#) следует определять по формуле:

$$\gamma_T = \frac{N}{\varphi_{exy} A \gamma_{ct} \gamma_c R_{yn}} , \quad (11.6)$$

где

$$\varphi_{exy} = \varphi_{ey} \left( 0,6 \sqrt[3]{c} + 0,4 \sqrt[4]{c} \right) . \quad (11.7)$$

Требования к вычислению коэффициентов принять в соответствии с [СП 16.13330](#) с учетом в расчетах соответствующих пластических моментов сопротивлений сечений.

11.8 Температурный коэффициент снижения прочности при расчете на устойчивость стержней сплошного постоянного коробчатого сечения при сжатии с изгибом в одной или в двух главных плоскостях следует определять по формулам:

$$\gamma_T = \frac{N}{\varphi_{ey} A \gamma_{ct} \gamma_c R_{yn}} + \frac{M_x}{\delta_x W_{pl,x} \gamma_{ct} \gamma_c R_{yn}} , \quad (11.8)$$

$$\gamma_T = \frac{N}{\varphi_{ex} A \gamma_{ct} \gamma_{cR_{yn}}} + \frac{M_y}{\delta_y W_{pl,y} \gamma_{ct} \gamma_{cR_{yn}}} , \quad (11.9)$$

где  $\varphi_{ex}$ ,  $\varphi_{ey}$  - коэффициент устойчивости при центральном сжатии, определяемый согласно требованиям [СП 16.13330](#);

$\gamma_c$  - коэффициент условий работы, определяемый в соответствии с [СП 16.13330](#);

$\delta_x$ ,  $\delta_y$  - коэффициенты, определяемые по формулам:

$$\delta_x = 1 - 0,1 N \bar{\lambda}_x^2 / (A R_{yn}) \text{ и } \delta_y = 1 - 0,1 N \bar{\lambda}_y^2 / (A R_{yn}) \quad (11.10)$$

и принимаемые равными 1,0 при  $\bar{\lambda}_x \leq 1$  и  $\bar{\lambda}_y \leq 1$  соответственно, при этом N следует принимать со знаком "-".

При изгибе в плоскости наибольшей жесткости ( $I_x > I_y$ ;  $M_y = 0$ ) вместо  $\varphi_{ey}$  следует принимать  $\varphi_y$  - коэффициент устойчивости при центральном сжатии, определяемый согласно требованиям [пункта 9.2](#) настоящего свода правил.

11.9 Критическая температура нагрева сечения °C элемента при действии продольной силы с изгибом по потере несущей способности определяется по наименьшей величине коэффициента  $\gamma_T$ , определенного по формулам [раздела 11](#) и [таблицы Б.1](#) приложения Б настоящего свода правил.

## 12 Теплотехнический расчет стальных конструкций

12.1 При проведении теплотехнического расчета температура стальных конструкций при воздействии пожара принимается равномерно распределенной по сечению.

12.2 Для стальных конструкций без огнезащиты время прогрева определяется с использованием графиков (номограмм) прогрева стальных конструкций различной приведенной толщины или расчетным методом. Изменение температуры нагрева стальных конструкций без огнезащиты в зависимости от приведенной толщины металла и времени температурного воздействия стандартного пожара определяется по номограмме ([рисунок 1](#)), промежуточные значения определяются методом линейной интерполяции.

Расчетный метод определения температуры незащищенных стальных конструкций при стандартном температурном режиме пожара заключается в пошаговом расчете с использованием зависимости:

$$t_{ст,\Delta\tau} = \frac{\Delta\tau}{\rho_{ст} \delta_{пр} (C_{ст} + D_{ст} t_{ст})} \alpha (t_{в,\tau} - t_{ст}) + t_{ст} , \quad (12.1)$$

где  $t_{ст,\Delta\tau}$  - температура стального стержня через расчетный интервал времени, °C;

$t_{ст}$  - температура стержня в данный момент времени  $\tau$ , °C;

$t_{в,\tau}$  - температура стандартного пожара по [формуле \(1\)](#) ГОСТ 30247.0 в момент времени  $\tau$ , °C;

$\alpha$  - коэффициент теплопередачи от нагревающей среды к поверхности стержня, Вт/(м<sup>2</sup>°C);

$C_{ст}$  - удельная теплоемкость стали, Дж/(кг·°C);

$D_{ст}$  - коэффициент изменения удельной теплоемкости стали при нагреве;

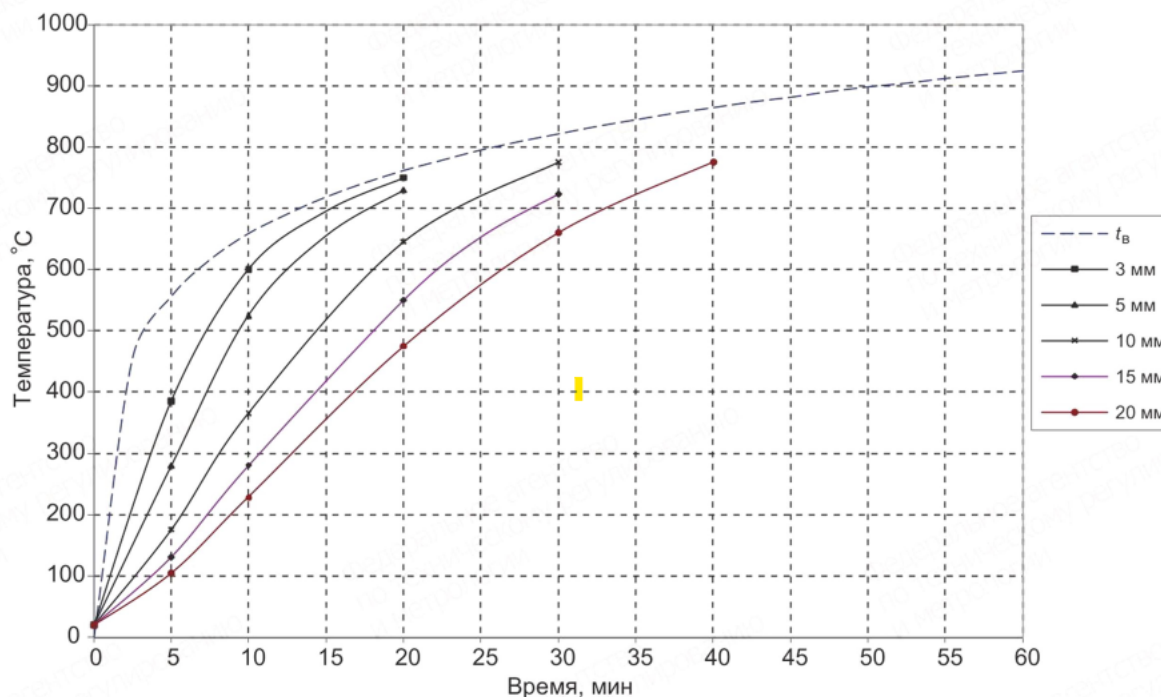
$\rho_{ст}$  - плотность стали, кг/м<sup>3</sup>;

$\delta_{ст}$  - приведенная толщина металла стальной конструкции, м, определяется по формуле:

$$\delta_{ст} = \frac{F}{\Pi} ,$$

где  $F$  - площадь поперечного сечения стержня,  $\text{м}^2$ ;

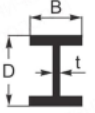
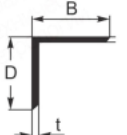
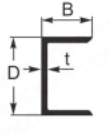
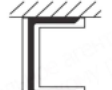
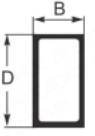
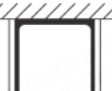
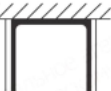
$\Pi$  - обогреваемый периметр сечения стержня, м, определяемый по [таблице 1](#).



$t_B$  — стандартная температурная кривая в соответствии с ГОСТ 30247.0;  $\delta_{пр}$  — приведенная толщина металла: 3 мм, 5 мм, 10 мм, 15 мм, 20 мм.

Рисунок 1 - Номограмма прогрева незащищенных стальных конструкций при стандартном температурном режиме

Таблица 1 - Обогреваемый периметр стальных конструкций при различных условиях обогрева

| Профиль                                                                            | Обогреваемый периметр П при различных условиях обогрева                                                                  |                                                                                                                         |                                                                                                 |                                                                                                 |
|------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                    | Выполнение огнезащиты по контуру                                                                                         |                                                                                                                         | Выполнение огнезащиты в виде короба                                                             |                                                                                                 |
|                                                                                    | С 4 сторон                                                                                                               | С 3 сторон                                                                                                              | С 4 сторон                                                                                      | С 3 сторон                                                                                      |
|   | <br>$2B + 2D + 2(B - t) = 4B + 2D - 2t$ | <br>$B + 2D + 2(B - t) = 3B + 2D - 2t$ | <br>$2B + 2D$ | <br>$B + 2D$ |
|   | <br>$2B + 2D$                           | <br>$B + 2D$                           | <br>$2B + 2D$ | <br>$B + 2D$ |
|   | <br>$2B + 2D + 2(B - t) = 4B + 2D - 2t$ | <br>$B + 2D + 2(B - t) = 3B + 2D - 2t$ | <br>$2B + 2D$ | <br>$B + 2D$ |
|   | <br>$2B + 2D$                           | <br>$B + 2D$                           | <br>$2B + 2D$ | <br>$B + 2D$ |
|  | <br>$\pi D$                             | -//-                                                                                                                    | <br>$\pi D$   | -//-                                                                                            |

Коэффициент теплопередачи  $\alpha$  при стандартном температурном режиме определяется зависимостью:

$$\alpha = 29 + 5,77 S_{\text{пр}} \frac{\left( \frac{t_{\text{в},\tau}}{100} \right)^4 - \left( \frac{t_{0,\tau}}{100} \right)^4}{t_{\text{в},\tau} - t_{0,\tau}}, \quad (12.3)$$

где  $S_{\text{пр}}$  - приведенная степень черноты системы "огневая камера - поверхность конструкции";

$t_{\text{в},\tau}$  - температура стандартного пожара по формуле (1) ГОСТ 30247.0 в момент времени  $\tau$ , °C;

$t_{0,\tau}$  - температура обогреваемой поверхности в момент времени,  $\tau$ , °C.

Приведенная степень черноты определяется зависимостью:

$$S_{\text{пр}} = \frac{1}{\frac{1}{S_{\text{в}}} + \frac{1}{S_0} - 1}, \quad (12.4)$$

где  $S_{\text{в}}$  - степень черноты среды огневой камеры;

$S_0$  - степень черноты поверхности стального стержня.

При отсутствии справочных данных о фактических значениях физических величин в расчете используются следующие данные:

$\Delta \tau = 0,1$  мин;

$$\begin{aligned}\rho_{\text{ст}} &= 7850 \text{ кг/м}^3 \text{ - при температуре } 20^\circ\text{C} - 800^\circ\text{C}; \\ C_{\text{ст}} &= 480 \text{ Дж/(кг}\cdot^\circ\text{C)}; \\ D_{\text{ст}} &= 0,00063; \\ S_{\text{в}} &= 0,85; \\ S_0 &= 0,625.\end{aligned}$$

12.3 Для стальных конструкций с огнезащитным покрытием теплотехническая задача решается с применением расчетно-аналитических методов в соответствии с [пунктами 12.4](#) или [12.5](#) настоящего свода правил.

12.4 Расчетно-аналитический метод определения динамики прогрева стальных конструкций с огнезащитным покрытием основывается на данных об огнезащитной эффективности огнезащитных покрытий, полученных по результатам проведения серии огневых испытаний стальных конструкций в соответствии с [ГОСТ Р 53295](#).

При этом проводится серия из не менее чем девяти огневых испытаний по определению огнезащитной эффективности покрытия различной толщины (минимальной, средней и максимальной) на образцах стальных колонн с различной приведенной толщиной металла (минимальной, средней и максимальной). При испытаниях контролируется скорость прогрева стальной конструкции (зависимость температуры прогрева конструкции от времени температурного воздействия). Испытания проводятся до достижения температуры конструкции  $700^\circ\text{C}$  для обычных сталей и  $850^\circ\text{C}$  для огнестойких сталей. На основе результатов испытаний оформляются номограммы и (или) матрицы прогрева стальных конструкций с огнезащитой согласно [пункту 12.7](#) настоящего свода правил. Промежуточные значения скорости прогрева стальных конструкций для других приведенных толщин металла и толщин огнезащитного покрытия определяются методом линейной интерполяции. Допускается распространять результаты испытаний стальных конструкций определенной приведенной толщины металла на конструкции с большей приведенной толщиной металла (при равных толщинах огнезащитного покрытия).

Для плитных, рулонных и других видов огнезащиты, предусматривающих один или два варианта толщины огнезащитного покрытия (в один слой или в два слоя), проводится серия соответственно из не менее чем трех или шести огневых испытаний по определению огнезащитной эффективности покрытия на образцах стальных колонн с минимальной, средней и максимальной приведенными толщинами металла.

12.5 Для стальных конструкций с конструктивной огнезащитой допускается решение теплотехнической задачи на основе данных об огнезащитной эффективности огнезащитных покрытий, полученных по результатам определения динамики прогрева стальных конструкций с огнезащитным покрытием при пошаговом расчете по толщине для плоских конструкций с одномерным потоком тепла в соответствии со схемой ([рисунок 2](#)) с учетом валидации по [п. 12.6](#) настоящего свода правил. При этом огнезащитное покрытие толщиной  $\delta_0$  разбивается на  $n$ -е число слоев  $\Delta x$ .

В расчете не учитываются грунтовочные и финишные слои огнезащитного покрытия, если их теплоизоляционные свойства существенно ниже, чем у основного слоя огнезащитного покрытия.

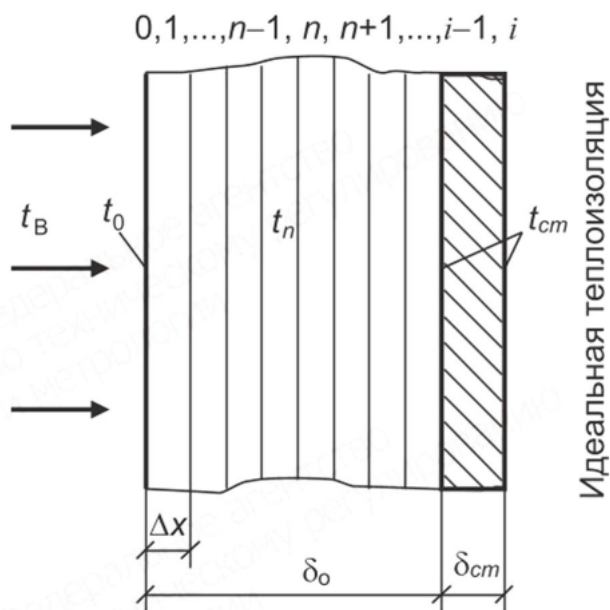


Рисунок 2 - Схема к расчету прогрева стальной пластины с огнезащитным покрытием

Температура на стальной пластине  $t_{\text{ст}}, \Delta \tau$  через расчетный интервал времени  $\Delta \tau$  вычисляется по формулам:

температура на обогреваемой поверхности огнезащитного покрытия:

$$t_{0, \Delta \tau} = \frac{2\Delta \tau \left[ A(t_1 - t_0) + 0,5B(t_1^2 - t_0^2) + \alpha(t_{b, \tau} - t_{0, \tau})\Delta x \right]}{\rho_0 \Delta x^2 (C + Dt_0)} + t_n - t_\Phi, \quad (12.5)$$

температура во внутренних слоях огнезащитного покрытия:

$$t_{n, \Delta\tau} = \frac{\Delta\tau \left[ A(t_{n-1}^2 - 2t_n^2 + t_{n+1}^2) + 0,5B(t_{n-1}^2 - 2t_n^2 + t_{n+1}^2) \right]}{\rho_0 \Delta x^2 (C + Dt_0)} + t_n - t_\Phi, \quad (12.6)$$

температура на стальной пластине:

$$t_{\text{ct}, \Delta\tau} = \frac{2\Delta\tau \left[ A(t_n - t_{\text{ct}}) + 0.5B(t_n^2 - t_{\text{ct}}^2) \right]}{\Delta x \left[ \rho_0 \Delta x^2 (C + D t_{\text{ct}}) + 2\rho_{\text{ct}} \delta_{\text{ct}} (C_{\text{ct}} + D_{\text{ct}} t_{\text{ct}}) \right]} + t_{\text{ct}} - t_{\Phi} \quad , \quad (12.7)$$

где  $\alpha$  - коэффициент теплопередачи от нагревающей среды к поверхности конструкции, Вт/(м<sup>2</sup>·°С);

$\rho_0$  - плотность огнезащитного покрытия, кг/м<sup>3</sup>;

$t_0, t_1 \dots t_n$  - температуры на границах слоев;

$t_{\text{ст}}$  - температура на стальной пластине, °C;

$\Delta x$  - слой для определения температур в расчетный интервал времени;

$C_{\text{ст}}$  - удельная теплоемкость стали, Дж/(кг $^{\circ}$ С);

$D_{ст}$  - коэффициент изменения удельной теплоемкости стали при нагреве;

$\rho_{ст}$  - плотность стали, кг/м<sup>3</sup>;

$\delta_{ст} = \delta_{пр}$  - приведенная толщина металла стальной конструкции, м;

$A$  - начальный коэффициент теплопроводности огнезащитного покрытия, Вт/(м<sup>2</sup>°C);

$C$  - начальный коэффициент теплоемкости огнезащитного покрытия, Дж/(кг °C);

$D$  - коэффициент изменения теплоемкости огнезащитного покрытия при нагреве;

$t_{ф}$  - фиктивная температура, °C, определяемая по формуле:

$$t_{ф} = \frac{Wr}{100 \left[ (C + D t_{ст}) + \frac{2 \rho_{ст} \delta_{ст} (C_{ст} + D_{ст} t_{ст})}{\rho_0 \Delta x} \right]}, \quad (12.8)$$

где  $W$  - начальная весовая влажность огнезащитного покрытия, %;

$r$  - скрытая теплота парообразования воды,  $r = 2260 \cdot 10^3$  Дж/кг.

Теплотехнические свойства конкретных огнезащитных покрытий ( $A$  - начальный коэффициент теплопроводности огнезащитного покрытия,  $B$  - коэффициент изменения теплопроводности огнезащитного покрытия при нагреве,  $C$  - начальный коэффициент теплоемкости огнезащитного покрытия,  $D$  - коэффициент изменения теплоемкости огнезащитного покрытия при нагреве) определяются по экспериментальным данным путем решения обратной задачи теплопроводности. Для получения экспериментальных данных проводятся огневые испытания стальных пластин размером 0,6 × 0,6 м, обогреваемых со стороны защищенной поверхности; необогреваемая поверхность опытного образца должна иметь теплоизоляцию из материала с термическим сопротивлением не менее 1,9 м·°C/Вт и толщиной не менее 100 мм. Испытания проводятся на двух образцах защищенных пластин с минимальной, средней и максимальной толщинами огнезащитного покрытия в соответствии с технической документацией на средство огнезащиты.

**Примечание** - При использовании расчетных комплексов допускается определять и использовать далее в расчетах нелинейные теплофизические характеристики материалов.

12.6 В целях валидации результатов расчета времени прогрева стальных конструкций с огнезащитой (данных об огнезащитной эффективности огнезащитного покрытия), выполненного согласно [пункту 12.5](#) настоящего свода правил, должны быть проведены огневые испытания образцов стальных колонн в соответствии с [ГОСТ Р 53295](#).

Результаты расчета времени прогрева стальной конструкции с огнезащитой (данные об огнезащитной эффективности огнезащитного покрытия) не должны отличаться более чем на 20% от результатов огневого испытания образцов стальных конструкций и результатов сертификационных испытаний средства огнезащиты по [ГОСТ Р 53295](#).

Если значения расчета времени прогрева стальной конструкции с огнезащитой (данные об огнезащитной эффективности огнезащитного покрытия) отличаются более чем на 20% от результатов испытаний, результаты расчета следует считать недействительными.

12.7 Результаты решения теплотехнических задач, выполненных согласно [пунктам 12.4 и 12.5](#) настоящего свода правил в целях получения данных об огнезащитной эффективности огнезащитных покрытий, оформляются в виде номограмм и (или) матриц прогрева стальных конструкций с огнезащитой при установленном температурном режиме пожара, отражающих огнезащитную эффективность огнезащитных покрытий. Сведения об огнезащитной эффективности огнезащитных покрытий в виде номограмм и (или) матриц должны содержаться в технической документации на средство огнезащиты.

12.8 Номограммы прогрева стальных конструкций с огнезащитой оформляются для температур от 400°C до 700°C для обычных сталей и до 850°C для огнестойких сталей с шагом 50°C.

Номограммы строятся при установленном температурном режиме пожара в координатах: "Приведенная толщина металла, мм" - "Время, мин", где "Время" - время достижения заданной критической температуры стальной конструкции. Каждая точка номограммы соответствует пределу огнестойкости стальной конструкции с определенной приведенной толщиной металла и толщиной

огнезащитного покрытия для определенной температуры. Точки номограммы, соответствующие конструкциям с одной и той же толщиной огнезащитного покрытия, соединены линиями одного цвета и обозначены в виде значений толщины огнезащитного покрытия (мм). Для определения промежуточных значений приведенной толщины металла и толщины огнезащитного покрытия используется метод линейной интерполяции.

Пример номограммы прогрева стальных конструкций с огнезащитным покрытием при стандартном температурном режиме пожара приведен на [рисунке 3](#).

12.9 Матрицы прогрева стальных конструкций с огнезащитным покрытием при установленном температурном режиме пожара оформляются для критических температур от 400°C до 700°C для обычных сталей и до 850°C для огнестойких сталей с шагом 50°C.

Матрица прогрева стальных конструкций для определенных значений критической температуры формируется на основе результатов теплотехнических расчетов согласно [пункту 12.3](#) настоящего свода правил. Каждое значение времени достижения заданной температуры соответствует пределу огнестойкости стальной конструкции с определенной приведенной толщиной металла и толщиной огнезащитного покрытия для определенной при прочностном расчете критической температуры. Промежуточные значения времени достижения заданной температуры для других приведенных толщин металла и толщин огнезащитного покрытия определяются методом линейной интерполяции.

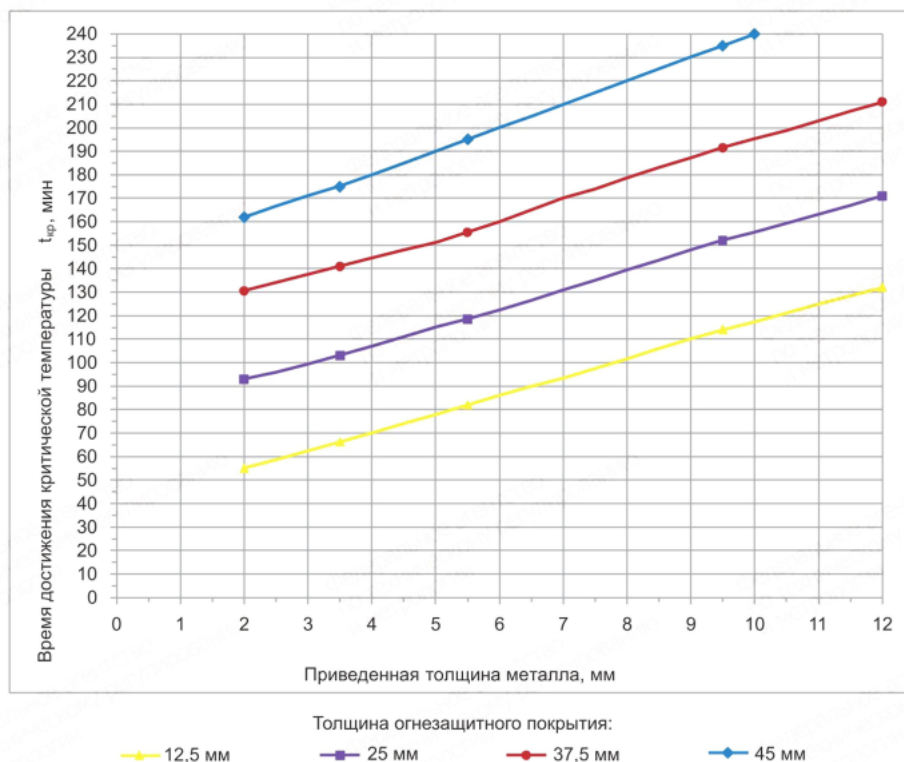
Пример оформления матрицы прогрева стальных конструкций с огнезащитным покрытием до температуры 550°C по результатам серии из 9 огневых испытаний образцов колонн при температурном режиме стандартного пожара с приведенной толщиной металла 2,4 мм, 8,7 мм и 15 мм и толщиной огнезащитного покрытия 10 мм, 27 мм и 45 мм приведен в таблице 2.

Жирным шрифтом выделены результаты серии из 9 испытаний образцов колонн с приведенной толщиной 2,4 мм, 8,7 мм и 15 мм и толщиной огнезащитного покрытия 10 мм, 27 мм и 45 мм, курсивом отображены данные, полученные с применением метода линейной интерполяции.

12.10 Фактический предел огнестойкости стальных конструкций с огнезащитой определяется в следующем порядке:

выбирается номограмма прогрева стальных конструкций с огнезащитным покрытием для определенной критической температуры конструкции. На поле номограммы отображены графики зависимости времени прогрева стальной конструкции до критической температуры в зависимости от приведенной толщины металла для различных значений толщины огнезащитного покрытия. Для соответствующей приведенной толщины металла конструкции (горизонтальная ось) на графике с определенной толщиной огнезащитного покрытия находится точка, проекцией которой на вертикальную ось является время достижения критической температуры (предел огнестойкости конструкции);

выбирается матрица прогрева стальных конструкций с огнезащитным покрытием для определенной критической температуры конструкции. В матрице приведены данные о времени прогрева стальных конструкций до критической температуры для различных значений приведенной толщины металла и толщины огнезащитного покрытия. Для соответствующей приведенной толщины металла конструкции и определенной толщины огнезащитного покрытия находится время достижения критической температуры (предел огнестойкости конструкции).



**Рисунок 3 - Пример номограммы нагрева стальных конструкций с огнезащитным покрытием при стандартном температурном режиме пожара до  $t_{кр} = 600^{\circ}\text{C}$**

**Таблица 2 - Пример оформления матрицы нагрева стальных конструкций с огнезащитным покрытием при стандартном температурном режиме пожара**

| Температурный режим стандартного пожара.                                                               |                                                           |      |      |      |       |       |       |       |       |       |       |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Время достижения температуры 550°C стальных конструкций с различной приведенной толщиной металла (ПТМ) |                                                           |      |      |      |       |       |       |       |       |       |       |
| в зависимости от толщины огнезащитного покрытия (ОЗП)                                                  |                                                           |      |      |      |       |       |       |       |       |       |       |
|                                                                                                        | Толщина ОЗП (мм) /Время достижения температуры 550°C(мин) |      |      |      |       |       |       |       |       |       |       |
| ПТМ<br>мм                                                                                              | 10                                                        | 13   | 17   | 20   | 24    | 27    | 29    | 33    | 37    | 41    | 45    |
| 2,4                                                                                                    | 17,2                                                      | 60,7 | 70,2 | 77,3 | 86,3  | 92,0  | 99,3  | 114,0 | 128,7 | 143,3 | 152,4 |
| 3                                                                                                      | 52,2                                                      | 60,6 | 71,0 | 78,8 | 88,6  | 94,9  | 102,5 | 117,7 | 132,8 | 148,0 | 163,2 |
| 3,7                                                                                                    | 50,1                                                      | 60,4 | 71,9 | 80,5 | 91,3  | 98,2  | 106,1 | 121,9 | 137,7 | 153,5 | 169,2 |
| 4,3                                                                                                    | 48,3                                                      | 60,3 | 72,7 | 82,0 | 93,7  | 101,1 | 109,3 | 125,6 | 141,9 | 158,1 | 174,4 |
| 5                                                                                                      | 46,2                                                      | 60,2 | 73,6 | 83,7 | 96,4  | 104,5 | 112,9 | 129,8 | 146,7 | 163,6 | 180,5 |
| 5,6                                                                                                    | 44,3                                                      | 60,1 | 74,4 | 85,2 | 98,7  | 107,4 | 116,1 | 133,5 | 150,9 | 168,3 | 185,7 |
| 6,2                                                                                                    | 42,5                                                      | 60,0 | 75,2 | 86,7 | 101,0 | 110,2 | 119,2 | 137,1 | 155,0 | 173,0 | 190,9 |
| 6,8                                                                                                    | 40,7                                                      | 59,8 | 76,0 | 88,1 | 103,4 | 113,1 | 122,3 | 140,8 | 159,2 | 177,6 | 196,1 |
| 7,4                                                                                                    | 38,9                                                      | 59,7 | 76,8 | 89,6 | 105,7 | 116,0 | 125,5 | 144,4 | 163,4 | 182,3 | 201,3 |
| 8                                                                                                      | 37,1                                                      | 59,6 | 77,6 | 91,1 | 108,0 | 118,9 | 128,6 | 148,1 | 167,5 | 187,0 | 206,4 |
| 8,7                                                                                                    | 75,2                                                      | 49,3 | 69,5 | 84,7 | 103,8 | 154,0 | 125,1 | 143,3 | 161,6 | 179,8 | 212,8 |
| 9,3                                                                                                    | 35,3                                                      | 50,1 | 71,2 | 87,0 | 106,8 | 119,5 | 128,9 | 147,8 | 166,8 | 185,7 | 204,6 |
| 10                                                                                                     | 35,6                                                      | 51,1 | 73,1 | 89,6 | 110,3 | 123,5 | 133,4 | 153,1 | 172,8 | 192,5 | 212,2 |
| 10,6                                                                                                   | 35,9                                                      | 52,0 | 74,8 | 91,8 | 113,3 | 127,0 | 137,2 | 157,6 | 178,0 | 198,4 | 218,8 |

|      |      |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |
|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 11,3 | 36,2 | 53,0 | 76,7 | 94,5  | 116,8 | 131,1 | 141,7 | 162,9 | 184,1 | 205,3 | 226,5 |
| 11,9 | 36,5 | 53,8 | 78,3 | 96,7  | 119,8 | 134,5 | 145,5 | 167,4 | 189,3 | 211,2 | 233,0 |
| 12,5 | 36,8 | 54,7 | 80,0 | 98,9  | 122,8 | 138,0 | 149,3 | 171,9 | 194,5 | 217,0 | 239,6 |
| 13,1 | 37,1 | 55,5 | 81,6 | 101,2 | 125,8 | 141,5 | 153,1 | 176,4 | 199,7 | 222,9 | 246,2 |
| 13,7 | 37,4 | 56,4 | 83,3 | 103,4 | 128,8 | 145,0 | 156,9 | 180,9 | 204,9 | 228,8 | 252,8 |
| 14,3 | 37,7 | 57,2 | 84,9 | 105,7 | 131,7 | 148,4 | 160,8 | 185,4 | 210,0 | 234,7 | 259,3 |
| 15   | 94,6 | 58,2 | 86,8 | 108,3 | 135,2 | 204,0 | 165,2 | 190,7 | 216,1 | 241,6 | 267,0 |

При определении времени достижения критической температуры для промежуточных значений приведенной толщины металла и толщины огнезащитного покрытия с использованием номограмм и матриц прогрева стальных конструкций допускается применять метод линейной интерполяции.

Номограммы и матрицы прогрева стальных конструкций с огнезащитным покрытием могут использоваться для решения обратных задач: определения минимальной толщины огнезащитного покрытия для обеспечения требуемого предела огнестойкости стальной конструкции определенной приведенной толщины металла для заданной критической температуры.

### **13 Оценка результатов расчета стальных конструкций**

13.1 За результат прочностного расчета, проведенного в соответствии с [разделом 8](#) настоящего свода правил, принимается критическая температура стальной конструкции, при которой наступает предельное состояние по потере несущей способности.

13.2 За результат теплотехнического расчета, выполненного в соответствии с [разделом 12](#) настоящего свода правил, принимается время от начала теплового воздействия до достижения определенной (критической) температуры металла конструкции.

13.3 Условное обозначение предела огнестойкости стальной конструкции по потере несущей способности при температурном режиме стандартного пожара содержит буквенное обозначение предельного состояния R и время достижения предельного состояния по [\[1\]](#).

13.4 Результаты расчета динамики прогрева стальных конструкций с различной приведенной толщиной металла при различных значениях толщины огнезащитного покрытия, выполненного в соответствии с [пунктами 12.3, 12.4, 12.5](#) настоящего свода правил, являются показателями огнезащитной эффективности средства огнезащиты.

### **Приложение А (обязательное)**

#### **Ведомость стальных конструкций, подлежащих огнезащите**

**Таблица А.1**

| №<br>п/п | Марка<br>элемента | Сечение |                    | Расход<br>металлопроката |                    | Расчетные параметры сечения |                                |                                                   | Расчетные параметры<br>огнезащиты    |                                   |
|----------|-------------------|---------|--------------------|--------------------------|--------------------|-----------------------------|--------------------------------|---------------------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|
|          |                   | Эскиз   | Профиль<br>по ГОСТ | Масса, т                 | Количес-<br>тво, м | Кол-во<br>обогр.<br>сторон  | Обогр.<br>пери-<br>метр,<br>мм | Приведен-<br>ная<br>толщина<br>$\delta_{пр}$ , мм | Марка/<br>Толщина<br>$\delta_o$ , мм | Площадь<br>$S_o$ , м <sup>2</sup> |
|          |                   |         |                    |                          |                    |                             |                                |                                                   |                                      |                                   |
|          |                   |         |                    |                          |                    |                             |                                |                                                   |                                      |                                   |

**Таблица А.2 - Ведомость стальных несущих конструкций здания (ГОСТ Р 59637)**

| Наименование<br>конструкции,<br>шифр | Приведенная<br>толщина, мм | Критическая<br>температура, °<br>С | Фактический<br>предел<br>огнестойкости<br>, мин. | Требуемый<br>предел<br>огнестойкости<br>, мин. | Марка и<br>толщина<br>огнезащиты,<br>мм |
|--------------------------------------|----------------------------|------------------------------------|--------------------------------------------------|------------------------------------------------|-----------------------------------------|
|                                      |                            |                                    |                                                  |                                                |                                         |

**Приложение Б  
(обязательное)**

**Данные об изменении механических свойств основных строительных сталей при повышенных температурах**

**Таблица Б.1 - Температурные коэффициенты снижения механических свойств строительных сталей**

| Температура нагрева, °С                                                     | Температурный коэффициент<br>снижения модуля упругости $\gamma_e$ | Температурный коэффициент<br>снижения прочности $\gamma_T$ |
|-----------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| <b>Стали обычной прочности (С235, С245, С255)</b>                           |                                                                   |                                                            |
| 20                                                                          | 1,00                                                              | 1,00                                                       |
| 250                                                                         | 1,00                                                              | 1,00                                                       |
| 300                                                                         | 0,94                                                              | 0,84                                                       |
| 350                                                                         | 0,89                                                              | 0,78                                                       |
| 400                                                                         | 0,84                                                              | 0,72                                                       |
| 450                                                                         | 0,79                                                              | 0,67                                                       |
| 500                                                                         | 0,73                                                              | 0,61                                                       |
| 550                                                                         | 0,67                                                              | 0,54                                                       |
| 600                                                                         | 0,59                                                              | 0,45                                                       |
| 650                                                                         | 0,52                                                              | 0,34                                                       |
| 700                                                                         | 0,43                                                              | 0,20                                                       |
| <b>Стали повышенной прочности (С345, С345К, С355, С355-1, С355-К, С375)</b> |                                                                   |                                                            |
| 20                                                                          | 1,00                                                              | 1,00                                                       |
| 250                                                                         | 1,00                                                              | 1,00                                                       |
| 300                                                                         | 0,96                                                              | 0,84                                                       |

|                                                          |      |      |
|----------------------------------------------------------|------|------|
| 350                                                      | 0,92 | 0,75 |
| 400                                                      | 0,88 | 0,70 |
| 450                                                      | 0,85 | 0,65 |
| 500                                                      | 0,81 | 0,60 |
| 550                                                      | 0,75 | 0,55 |
| 600                                                      | 0,66 | 0,46 |
| 650                                                      | 0,53 | 0,34 |
| 700                                                      | 0,35 | 0,18 |
| Стали высокой прочности (С390, С390-1, С440, С550, С590) |      |      |
| 20                                                       | 1,00 | 1,00 |
| 250                                                      | 1,00 | 1,00 |
| 300                                                      | 0,95 | 0,89 |
| 350                                                      | 0,90 | 0,83 |
| 400                                                      | 0,86 | 0,79 |
| 450                                                      | 0,82 | 0,75 |
| 500                                                      | 0,78 | 0,71 |
| 550                                                      | 0,73 | 0,66 |
| 600                                                      | 0,68 | 0,58 |
| 650                                                      | 0,62 | 0,47 |
| 700                                                      | 0,54 | 0,32 |
| Огнестойкие стали (С355П, С390П)                         |      |      |
| 20                                                       | 1,00 | 1,00 |
| 250                                                      | 1,00 | 1,00 |
| 300                                                      | 0,96 | 0,96 |
| 350                                                      | 0,93 | 0,95 |
| 400                                                      | 0,90 | 0,92 |
| 450                                                      | 0,86 | 0,89 |
| 500                                                      | 0,82 | 0,83 |
| 550                                                      | 0,77 | 0,76 |
| 600                                                      | 0,71 | 0,68 |

|     |      |      |
|-----|------|------|
| 650 | 0,65 | 0,58 |
| 700 | 0,58 | 0,47 |
| 750 | 0,50 | 0,33 |
| 800 | 0,42 | 0,20 |
| 850 | 0,33 | 0,02 |

**Примечания**

1. Для сталей высокой прочности (С390, С390-1, С440, С550, С590) температурные коэффициенты снижения механических свойств следует применять после проведения испытаний в соответствии с [ГОСТ 9651](#) при условии сохранения прочности по пределу текучести при нагреве до 600°C не менее 55% от предела текучести при 20°C. Для сталей высокой прочности, не соответствующих указанным условиям, следует применять коэффициенты, как для сталей повышенной прочности.
2. При разработке новых видов огнестойких сталей температурные коэффициенты снижения механических свойств строительных сталей применяются после проведения испытаний в соответствии с [ГОСТ 9651](#) по определению физико-механических свойств при повышенных температурах, при условии сохранения прочности по пределу текучести, при нагреве до 600°C не менее 60% от предела текучести при 20°C.
3. Для проката из сталей, не указанных в настоящей таблице, поставляемого по нормативной документации, утвержденной в установленном порядке, при соответствии его гарантированного предела текучести диапазону представленных классов прочности допускается использовать соответствующие температурные коэффициенты снижения механических свойств.

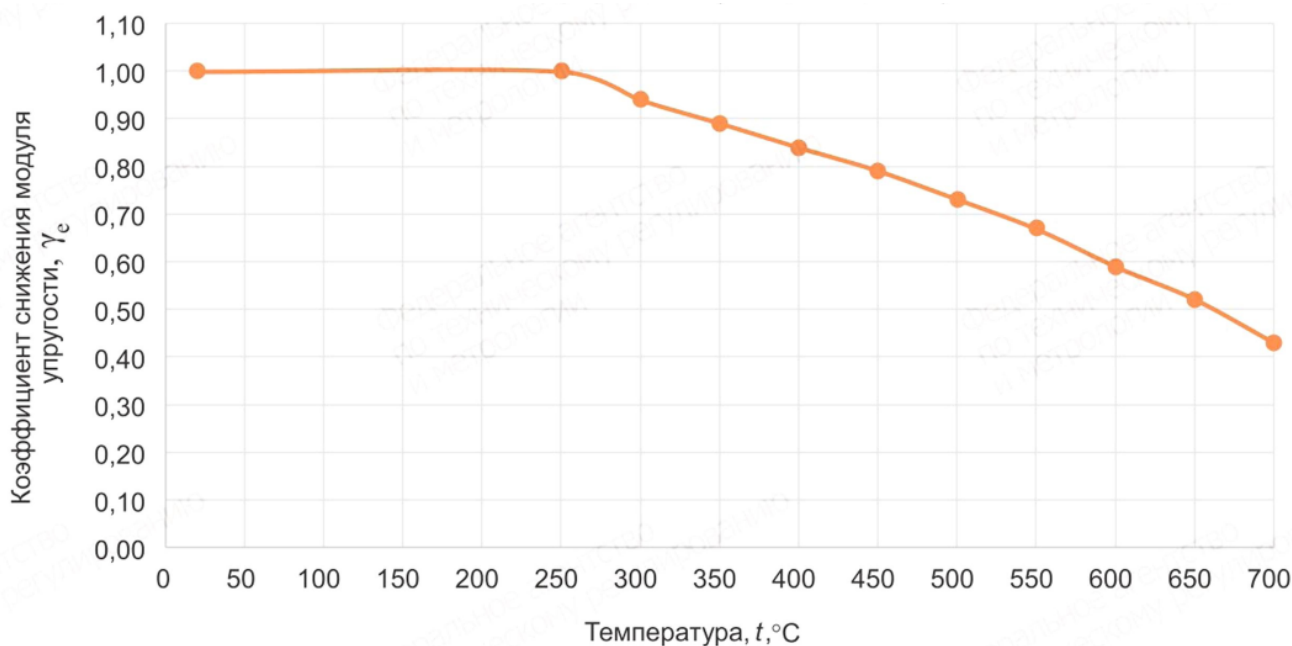
**Температурные коэффициенты снижения модуля упругости ( $\gamma_e$ )****Стали обычной прочности (С235, С245, С255)**

Рисунок Б.1 - Температурный коэффициент снижения модуля упругости ( $\gamma_e$ ) стали обычной прочности (С235, С245, С255)

**Стали повышенной прочности (С345, С345К, С355, С355-1, С355-К, С375)**

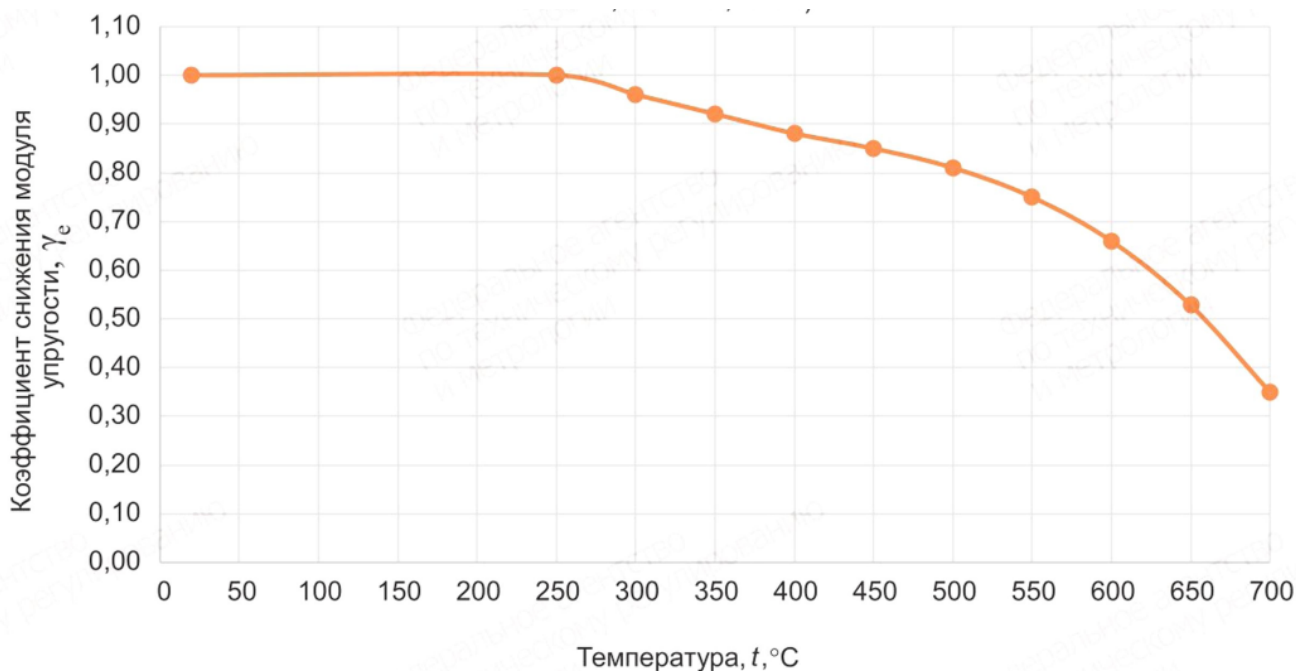


Рисунок Б.2 - Температурный коэффициент снижения модуля упругости ( $\gamma_e$ ) стали повышенной прочности (С345, С345К, С355, С355-1, С355-К, С375)

**Стали высокой прочности (С390, С390-1, С440, С550, С590)**

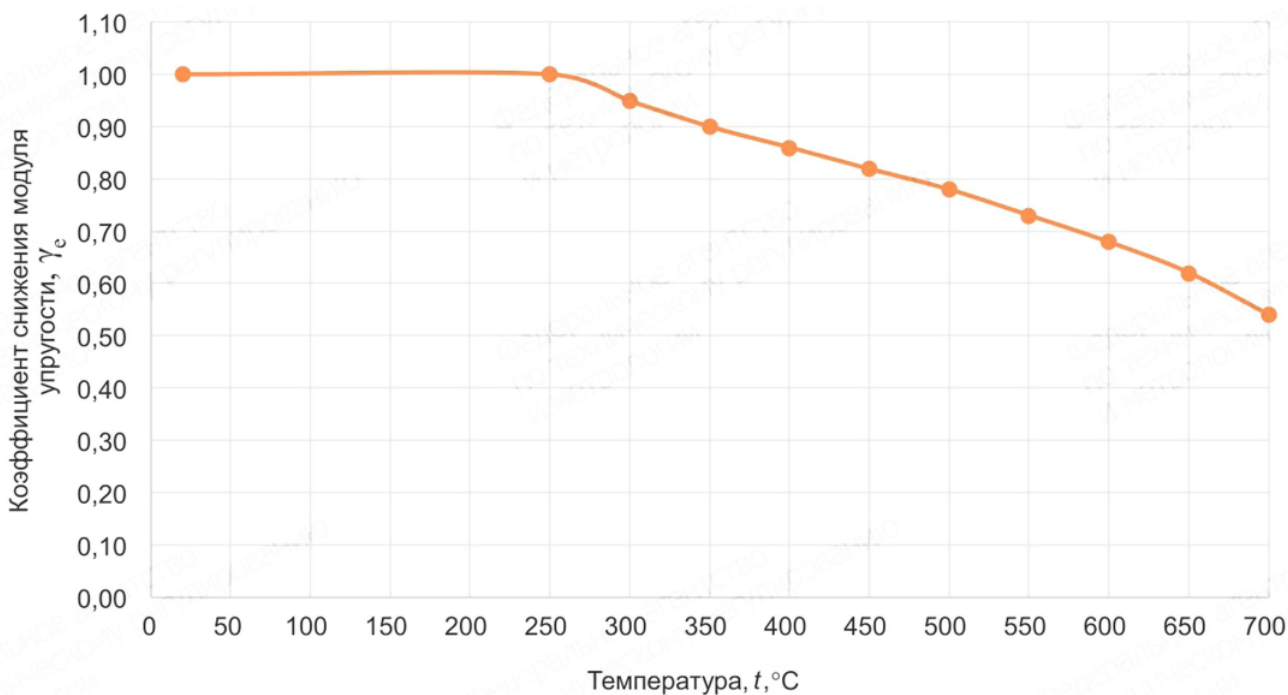


Рисунок Б.3 - Температурный коэффициент снижения модуля упругости ( $\gamma_e$ ) стали высокой прочности (С390, С390-1, С440, С550, С590)

### Огнестойкие стали (С355П, С390П)

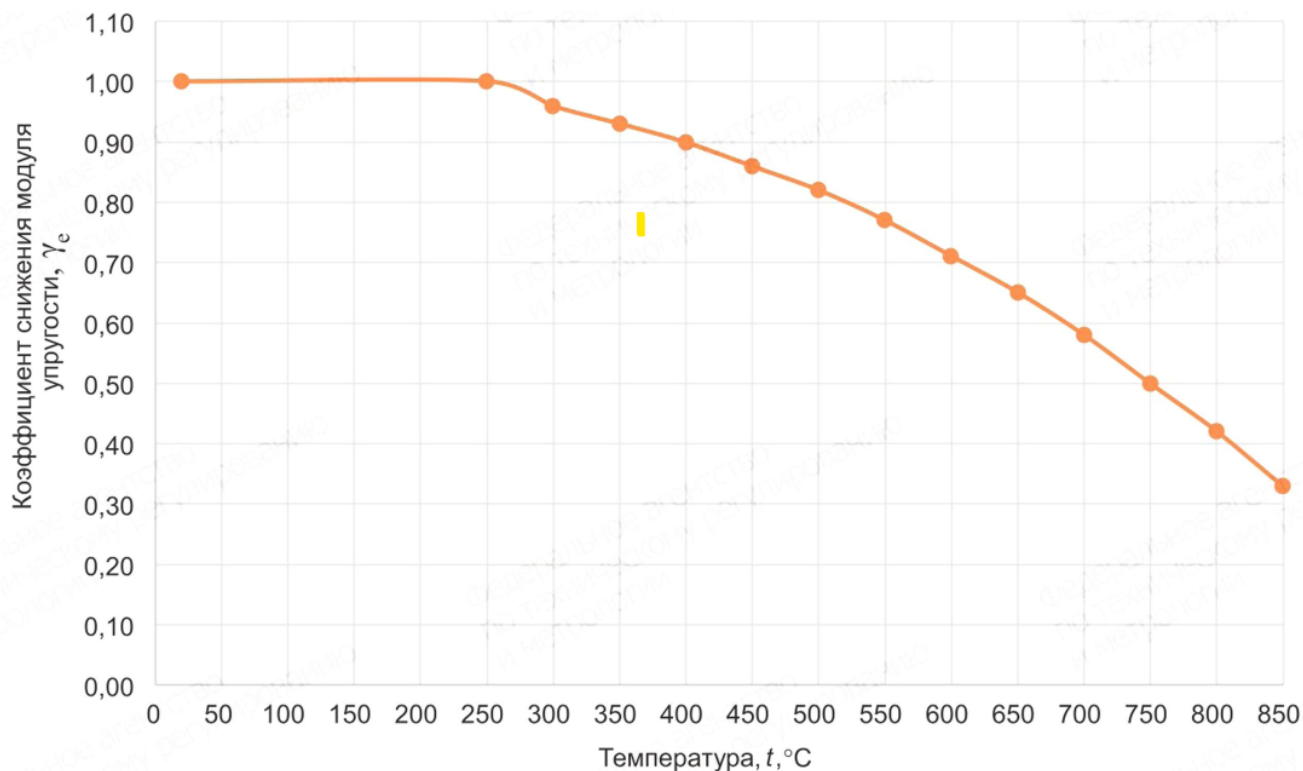


Рисунок Б.4 - Температурный коэффициент снижения модуля упругости ( $\gamma_\epsilon$ ) огнестойких сталей (С355П, С390П)

### Температурные коэффициенты снижения прочности ( $\gamma_T$ )

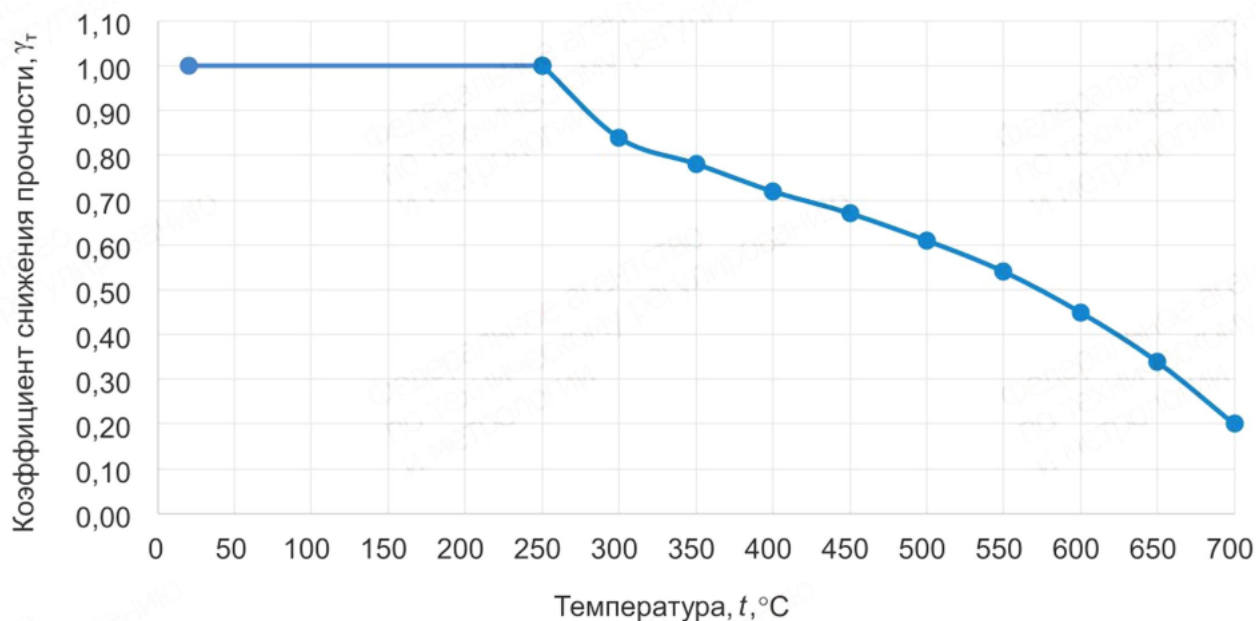


Рисунок Б.5 - Температурный коэффициент снижения прочности ( $\gamma_T$ ) стали обычной прочности С235, С245, С255

### Стали повышенной прочности (С345, С345К, С355, С355-1, С355-К, С375)

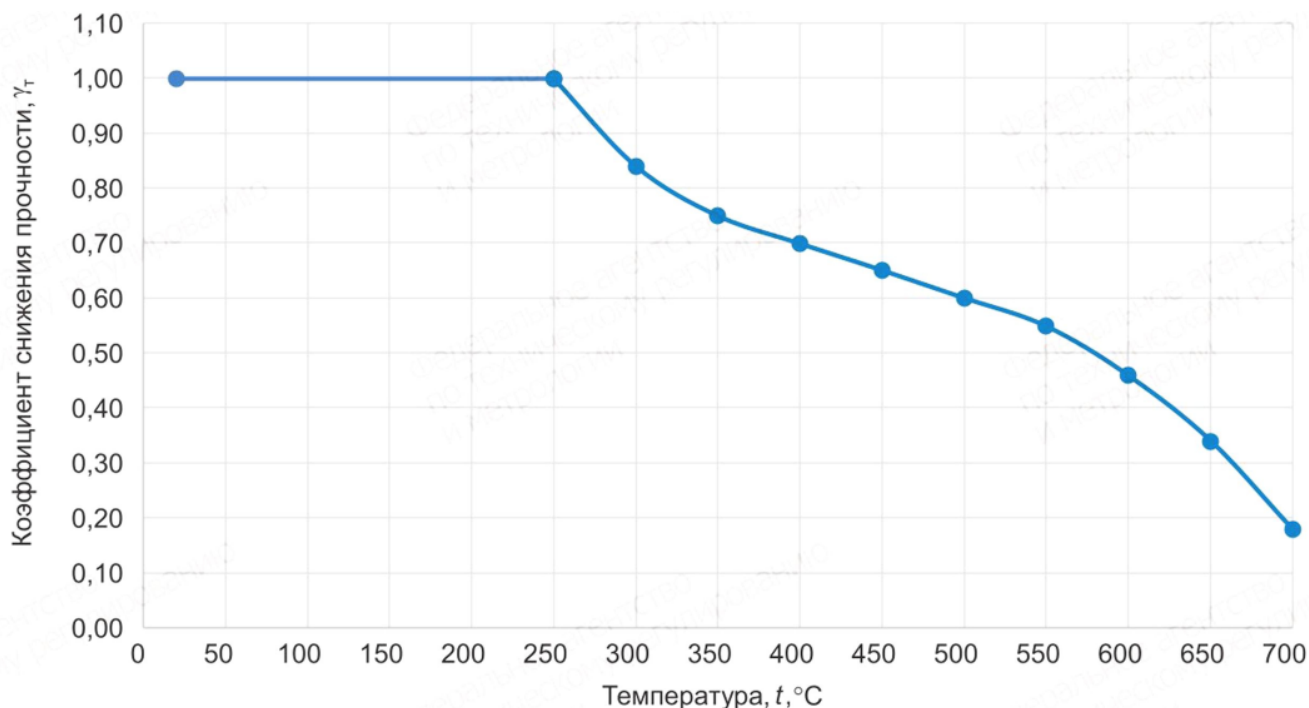


Рисунок Б.6 - Температурный коэффициент снижения прочности ( $\gamma_T$ ) стали повышенной прочности (С345, С345К, С355, С355-1, С355-К, С375)

### Стали высокой прочности (С390, С390-1, С440, С550, С590)

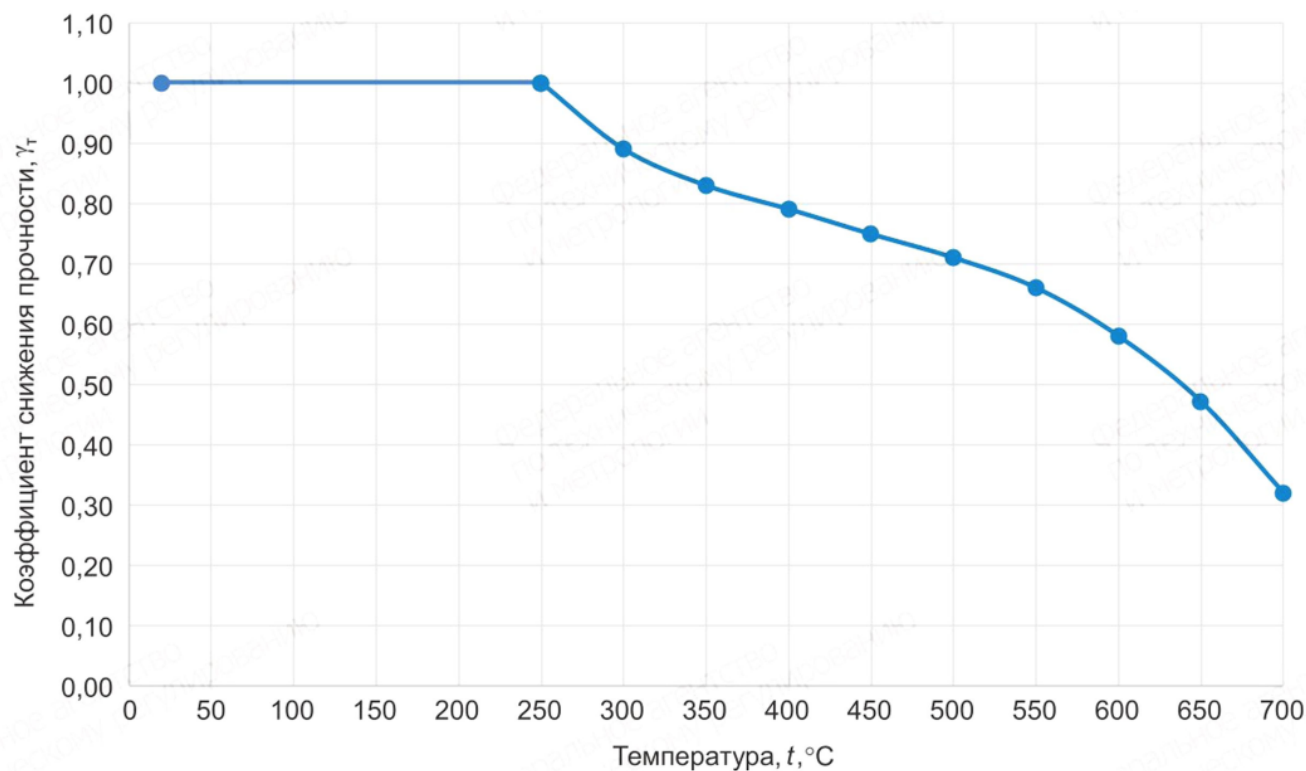


Рисунок Б.7 - Температурный коэффициент снижения прочности ( $\gamma_T$ ) стали высокой прочности

(С390, С390-1, С440, С550, С590)

### Огнестойкие стали (С355П, С390П)

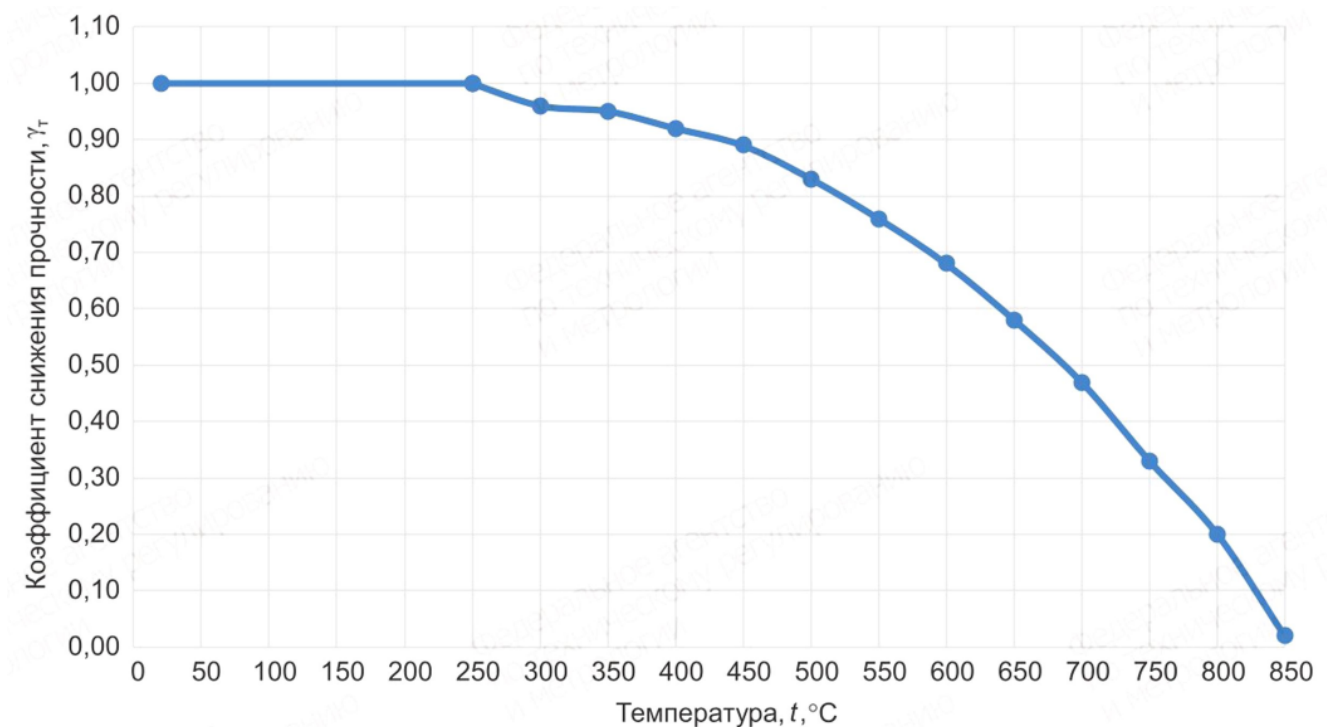


Рисунок Б.8 - Температурный коэффициент снижения прочности ( $\gamma_T$ ) огнестойкой стали (С355П, С390П)

### Библиография

- [1] [Федеральный закон](#) от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности".
- [2] [Федеральный закон](#) от 28 декабря 2013 г. № 412-ФЗ "Об аккредитации в национальной системе аккредитации".
- [3] [ТР ЕАЭС 043/2017](#) Технический регламент Евразийского экономического союза "О требованиях к средствам обеспечения пожарной безопасности и пожаротушения"

УДК 614.841.33:006.354

ОКС [13.220.20](#)

Ключевые слова: стальные строительные конструкции, температурный режим пожара, критическая температура, механические свойства, предел текучести, прочностной расчет, теплотехнический расчет, проектирование стальных конструкций, предел огнестойкости, огнезащита