

**МИНИСТЕРСТВО СТРОИТЕЛЬСТВА  
И ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**СВОД ПРАВИЛ**

**СП 294.1325800.2017**

**КОНСТРУКЦИИ СТАЛЬНЫЕ**  
**Правила проектирования**

**С Изменениями № 1, № 2**

**Москва 2020**

## Предисловие

### Сведения о своде правил

1 ИСПОЛНИТЕЛИ – Центральный научно-исследовательский институт строительных конструкций имени В.А. Кучеренко (АО «НИЦ «Строительство» – ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко), Закрытое акционерное общество «Центральный ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательский и проектный институт строительных металлоконструкций им. Н.П. Мельникова» (ЗАО «ЦНИИПСК им. Н.П. Мельникова»), Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (ФГБОУ ВО НИУ МГСУ), Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет» (ФГБОУ ВО «СПбГАСУ»)

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 465 «Строительство»

3 ПОДГОТОВЛЕН к утверждению Департаментом градостроительной деятельности и архитектуры Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации (Минстрой России)

4 УТВЕРЖДЕН приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 31 мая 2017 г. № 828/пр и введен в действие с 1 декабря 2017 г. Изменение № 1 к СП 294.1325800.2017 «Конструкции стальные. Правила проектирования» утверждено приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации (Минстрой России) от 24 декабря 2018 года № 852/пр и введено в действие с 25 июня 2019 г., Изменение № 2 утверждено приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации (Минстрой России) от 14 декабря 2020 года № 780/пр и введено в действие с 15 июня 2021 г.

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

6 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

*В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего свода правил соответствующее уведомление будет опубликовано в установленном порядке. Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования – на официальном сайте разработчика (Минстрой России) в сети интернет*

© Минстрой России, 2017

Настоящий нормативный документ не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания на территории Российской Федерации без разрешения Минстроя России

## Содержание

|  |    |
|--|----|
| 1 Область применения .....   | 1  |
| 2 Нормативные ссылки .....   | 1  |
| 3 Термины и определения .....  | 4  |
| 4 Общие положения расчета .....  | 4  |
| 4.1 Общие положения .....  | 4  |
| 4.2 Предельные состояния стальных конструкций .....  | 8  |
| 4.3 Учет условий работы и назначения конструкций. Коэффициенты<br>надежности и условий работы .....            | 10 |
| 4.4 Особенности расчета стальных конструкций с учетом неупругих<br>деформаций .....                            | 11 |
| 5 Материалы для конструкций и соединений .....   | 12 |
| 5.1 Основные положения .....   | 12 |
| 5.2 Основные требования к прокату .....  | 13 |
| 5.3 Болтовые соединения .....  | 13 |
| 6 Расчетные характеристики материалов и соединений .....   | 14 |
| 6.1 Общие положения .....  | 14 |
| 6.2 Расчетные сопротивления стального проката .....  | 15 |
| 6.3 Расчетные сопротивления сварных соединений .....   | 15 |
| 6.4 Расчетные сопротивления одноболтовых соединений .....  | 16 |
| 6.5 Характеристики стальных канатов .....  | 16 |
| 7 Расчет элементов на осевые силы и изгиб .....  | 19 |
| 7.1 Центально растянутые и центально сжатые элементы .....   | 19 |
| 7.2 Изгибаемые элементы .....  | 26 |
| 7.3 Элементы, подверженные действию осевой силы с изгибом .....  | 30 |
| 7.4 Подбор сечений центально сжатых, сжато-изгибаемых и изгибаемых<br>элементов .....                          | 32 |
| 7.4.1 Общие положения .....  | 32 |
| 7.4.2 Центально сжатые элементы .....  | 33 |
| 7.4.3 Сжато-изгибаемые и внецентренно сжатые элементы .....  | 36 |
| 7.4.4 Изгибаемые элементы .....  | 40 |
| 7.5 Проверка устойчивости стенок и поясных листов изгибаемых и сжатых<br>элементов .....                       | 44 |
| 7.5.1 Общие положения .....  | 44 |
| 7.5.2 Стенки и поясные листы центально, внецентренно сжатых, сжато-<br>изгибаемых и изгибаемых элементов ..... | 47 |
| 8 Расчетные длины и предельные гибкости .....  | 51 |
| 8.1 Общие положения .....  | 51 |
| 8.2 Определение расчетных длин элементов .....   | 52 |
| 9 Расчет листовых конструкций. Расчет на устойчивость .....  | 61 |
| 10 Расчет элементов стальных конструкций на усталость .....  | 62 |
| 11 Расчет на малоцикловую прочность .....  | 62 |
| 12 Проектирование соединений стальных конструкций .....  | 63 |
| 12.1 Проектирование сварных соединений .....   | 63 |
| 12.2 Проектирование болтовых соединений .....  | 64 |
| 12.3 Фланцевые соединения на высокопрочных болтах, работающие на<br>растяжение .....                           | 67 |
| 12.4 Дюбельные соединения .....  | 71 |
| 13 Фермы из одиночных уголков .....  | 74 |
| 13.1 Общие положения .....   | 74 |
| 13.2 Расчет .....  | 75 |

|   |     |
|---|-----|
| 13.3 Конструирование .....  | 79  |
| 14 Фермы и связи из гнутосварных профилей.....  | 80  |
| 14.1 Материалы .....  | 80  |
| 14.2 Местная устойчивость стенок при сосредоточенных нагрузках.....                               | 80  |
| 14.3 Узлы ферм с непосредственным прикреплением решетки к поясам.....                             | 81  |
| 14.3.1 Общие положения.....   | 81  |
| 14.3.2 Расчет узлов ферм из гнутосварных профилей.....  | 83  |
| 14.4 Расчет узлов связей.....   | 85  |
| 14.5 Проектирование .....   | 86  |
| 15 Фермы с поясами из широкополочных двутавров .....  | 87  |
| 15.1. Общие положения.....  | 87  |
| 15.2. Расчет узлов.....   | 89  |
| 15.3. Конструирование .....   | 91  |
| 16. Конструкции из круглых труб .....   | 92  |
| 16.1 Общие положения.....   | 92  |
| 16.2 Расчет .....   | 92  |
| 16.3 Конструирование .....  | 101 |
| 17. Фермы с поясами из широкополочных тавров и перекрестной решеткой из<br>одиночных уголков..... | 101 |
| 17.1 Общие положения.....   | 101 |
| 17.2 Расчет элементов решетки .....   | 102 |
| 18. Покрытия из перекрестных элементов .....  | 102 |
| 18.1. Общие положения.....  | 102 |
| 18.2 Конструкции покрытий .....   | 103 |
| 18.3 Расчет .....   | 104 |
| 18.4 Конструирование .....  | 106 |
| 19 Структурные конструкции покрытий из прокатных профилей .....                                   | 107 |
| 19.1 Общие положения.....   | 107 |
| 19.2 Расчет элементов.....  | 109 |
| 19.3 Конструирование .....  | 114 |
| 20 Балки .....  | 115 |
| 20.1 Общие положения.....   | 115 |
| 20.2 Балки из однородного материала с устойчивой стенкой .....                                    | 115 |
| 20.3 Бистальные балки.....  | 117 |
| 20.4 Балки с гибкой стенкой .....   | 120 |
| 20.5 Балки с перфорированной стенкой .....  | 124 |
| 20.6 Элементы двутаврового сечения с гофрированной стенкой .....                                  | 125 |
| 20.7 Балки крановых путей .....   | 143 |
| 21 Висячие покрытия.....  | 144 |
| 21.1 Общие положения.....   | 144 |
| 21.2 Расчет .....   | 147 |
| 22 Мембранные конструкции .....   | 150 |
| 22.1 Общие положения.....   | 150 |
| 22.2 Материалы для конструкций покрытий.....  | 151 |
| 22.3 Конструирование .....  | 152 |
| 22.4 Расчет .....   | 157 |
| 23 Профилированный настил.....  | 158 |
| 23.1 Общие положения.....   | 158 |
| 23.2 Характеристики настилов .....  | 159 |
| 23.3 Расчет .....   | 160 |
| 23.4 Крепление настилов.....  | 163 |

|   |     |
|---|-----|
| 24 Расчет стальных рам как единых нелинейных систем ..... | 163 |
| 25 Многоэтажные и высотные здания .....                   | 166 |
| 25.1 Общие положения .....                                | 166 |
| 25.2 Конструирование основных несущих элементов .....     | 168 |
| 25.3 Расчет .....   | 174 |
| Библиография .....  | 176 |

**(Измененная редакция, Изм. № 1).**

## Введение

Настоящий свод правил выполнен для повышения уровня безопасности людей в зданиях и сооружениях и сохранности материальных ценностей в соответствии с Федеральным законом от 30 декабря 2009 г. № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений», гармонизации нормативных требований с европейскими и международными нормативными документами, применения единых методов определения эксплуатационных характеристик и методов оценки.

Настоящий свод правил разработан АО «НИЦ «Строительство» – ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко в составе специалистов: д-ра техн. наук: *И.И. Ведяков, П.Д. Одесский, П.Г. Еремеев*; кандидаты техн. наук: *М.И. Гукова, Д.В. Конин, Е.Р. Мацелинский, М.Р. Урицкий, М.И. Фарфель, Б.С. Цетлин, инж. С.В. Гуров*; ООО «ЦНИИПСК им. Мельникова» (канд. техн. наук *Э.Л. Айрумян*); НИУ МГСУ (д-р техн. наук *А.Р. Туснин*); ЗАО «Эркон» (д-р техн. наук *Г.И. Белый*); КГТУ (д-р техн. наук *А.И. Притыкин*) при участии канд. техн. наук *А.А. Нилова, А.Я. Мартынюка, М.В. Лазнюка*.

Изменение № 1 к СП 294.1325800.2017 разработано авторским коллективом АО «НИЦ «Строительство» – ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко (руководитель – д-р техн. наук *И.И. Ведяков*; исполнители – д-р техн. наук *П.Д. Одесский*, канд. техн. наук *М.И. Гукова*, канд. техн. наук *Д.В. Конин*, канд. техн. наук *М.Р. Урицкий*, канд. техн. наук *М.И. Фарфель, С.В. Гуров*) при участии ЗАО ЦНИИПСК им. Мельникова (канд. техн. наук *В.Ф. Беляев*); Союз производителей и поставщиков крепежных систем (*Вальтер Бергер*).

Изменение № 2 к настоящему своду правил разработано авторским коллективом: ЗАО «ЦНИИПСК им. Мельникова» (*Н.Г. Силина, Е.А. Понурова*); ФГБОУ ВО «СибАДИ» (канд. техн. наук *Л.В. Красотина*); Научно-исследовательская и проектно-строительная фирма «УНИКОН» (канд. техн. наук *В.В. Катюшин*); ТОО «Институт Проектстальконструкция» (канд. техн. наук *Ю.С. Максимов*).

**(Измененная редакция, Изм. № 1, № 2).**

# Свод правил КОНСТРУКЦИИ СТАЛЬНЫЕ. ПРАВИЛА ПРОЕКТИРОВАНИЯ

The construction of steel.

Design rules

Дата введения 2017-12-01

## 1 Область применения

1.1 Настоящий свод правил устанавливает требования и распространяется на проектирование и расчет стальных строительных конструкций зданий и сооружений различного назначения, работающих при температуре не выше плюс 100 °С и не ниже минус 60 °С.

Настоящие правила не распространяются на проектирование стальных конструкций мостов, транспортных тоннелей и труб под насыпями.

## 2 Нормативные ссылки

В настоящем своде правил использованы ссылки на следующие нормативные документы:

ГОСТ 977-88 Отливки стальные. Общие технические условия

ГОСТ 1050-2013Metalloпродукция из нелегированных конструкционных качественных и специальных сталей. Общие технические условия

ГОСТ 1497-84 Металлы. Методы испытаний на растяжение

ГОСТ 2601-84 Сварка металлов. Термины и определения основных понятий

ГОСТ 3062-80 Канат одинарной свивки типа ЛК-О конструкции 1х7 (1+6).

Сортамент

ГОСТ 3064-80 Канат одинарной свивки типа ТК конструкции 1х37(1+6+12+18).

Сортамент

ГОСТ 3066-80 Канат двойной свивки типа ЛК-О конструкции 6х7 (1+6)+1х7(1+6).

Сортамент

ГОСТ 3068-88 Канат стальной двойной свивки типа ТК конструкции 6х37 (1+6+12+18)+1х37 (1+6+12+18). Сортамент

ГОСТ 3081-80 Канат двойной свивки типа ЛК-О конструкции 6х19 (1+9+9)+7х7 (1+6). Сортамент

ГОСТ 3090-73 Канаты стальные. Канат закрытый несущий с одним слоем зетобразной проволоки и сердечником типа ТК. Сортамент

ГОСТ 3822-79 Проволока биметаллическая сталемедная. Технические условия

ГОСТ 5264-80 Ручная дуговая сварка. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры

ГОСТ 6402-70 Шайбы пружинные. Технические условия

ГОСТ 7372-79 Проволока стальная канатная. Технические условия

ГОСТ 7669-80 Канат двойной свивки типа ЛК-РО конструкции 6х36 (1+7+7/7+14)+7х7(1+6). Сортамент

ГОСТ 7675-73 Канаты стальные. Канат закрытый несущий с одним слоем клиновидной и одним слоем зетобразной проволоки и сердечником типа ТК. Сортамент

ГОСТ 7676-73 Канаты стальные. Канат закрытый несущий с двумя слоями клиновидной и одним слоем зетобразной проволоки и сердечником типа ТК. Сортамент

ГОСТ 8050-85 Двуокись углерода газообразная и жидкая. Технические условия

ГОСТ 8713-79 Сварка под флюсом. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры

ГОСТ 9087-81 Флюсы сварочные плавленые. Технические условия

ГОСТ 9454-78 Металлы. Метод испытания на ударный изгиб при пониженных, комнатной и повышенных температурах

ГОСТ 9467-75 Электроды покрытые металлические для ручной дуговой сварки конструкционных и теплоустойчивых сталей. Типы

ГОСТ 10157-2016 Аргон газообразный и жидкий. Технические условия

ГОСТ 10605-94 Гайки шестигранные с диаметром резьбы свыше 48 мм класса точности В. Технические условия

ГОСТ 10705-80 Трубы стальные электросварные. Технические условия

ГОСТ 10706-76 Трубы стальные электросварные прямошовные. Технические требования

ГОСТ 10906-78 Шайбы косые. Технические условия

ГОСТ 11371-78 Шайбы. Технические условия

ГОСТ 11474-76 Профили стальные гнутые. Технические условия

ГОСТ 11533-75 Автоматическая и полуавтоматическая дуговая сварка под флюсом. Соединения сварные под острыми и тупыми углами. Основные типы, конструктивные элементы и размеры

ГОСТ 11534-75 Ручная дуговая сварка. Соединения сварные под острыми и тупыми углами. Основные типы, конструктивные элементы и размеры

ГОСТ 14771-76 Дуговая сварка в защитном газе. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры

ГОСТ 14776-79 Дуговая сварка. Соединения сварные точечные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры

ГОСТ 14954-80 Канат двойной свивки типа ЛК-Р конструкции 6х19(1+6+6/6)+7х7(1+6). Сортамент

ГОСТ 16523-97 Прокат тонколистовой из углеродистой стали качественной и обыкновенного качества общего назначения. Технические условия

ГОСТ 17066-94 Прокат тонколистовой из стали повышенной прочности. Технические условия

ГОСТ 18123-82 Шайбы. Общие технические условия

ГОСТ 18126-94 Болты и гайки с диаметром резьбы свыше 48 мм. Общие технические условия

ГОСТ 18901-73 Канаты стальные. Канат закрытый несущий с двумя слоями зетобразной проволоки и сердечником типа ТК. Сортамент

ГОСТ 22727-88 Прокат листовой. Методы ультразвукового контроля

ГОСТ 23118-2012 Конструкции стальные строительные. Общие технические условия

ГОСТ 23518-79 Дуговая сварка в защитных газах. Соединения сварные под острыми и тупыми углами. Основные типы, конструктивные элементы и размеры

ГОСТ 24045-2016 Профили стальные листовые гнутые с трапециевидными гофрами для строительства. Технические условия

ГОСТ 24379.0-2012 Болты фундаментные. Общие технические условия

ГОСТ 24379.1-2012 Болты фундаментные. Конструкция и размеры

ГОСТ 26271-84 Проволока порошковая для дуговой сварки углеродистых и низколегированных сталей. Общие технические условия

ГОСТ 27751-2014 Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения.

ГОСТ 27772-2015 Прокат для строительных стальных конструкций. Общие технические условия

ГОСТ 28548-90 Трубы стальные. Термины и определения

ГОСТ 28870-90 Сталь. Методы испытания на растяжение толстолиствого проката в направлении толщины



ГОСТ 30245-2003 Профили стальные гнутые замкнутые сварные квадратные и прямоугольные для строительных конструкций. Технические условия

ГОСТ 32484.1–2013 Болтокомплекты высокопрочные для предварительного натяжения конструкционные. Общие требования

ГОСТ 32484.3-2013 Болтокомплекты высокопрочные для предварительного натяжения конструкционные. Система HR – комплекты шестигранных болтов и гаек

ГОСТ 32484.5-2013 Болтокомплекты высокопрочные для предварительного натяжения конструкционные. Плоские шайбы

ГОСТ ISO 898-1-2014 Механические свойства крепежных изделий из углеродистых и легированных сталей. Часть 1. Болты, винты и шпильки установленных классов прочности с крупным и мелким шагом резьбы

ГОСТ ISO 898-2-2015 Механические свойства крепежных изделий из углеродистых и легированных сталей. Часть 2. Гайки установленных классов прочности с крупным и мелким шагом резьбы

ГОСТ ISO 4032-2014 Гайки шестигранные нормальные (тип 1). Классы точности А и В

ГОСТ ISO 4759-3-2015 Изделия крепежные. Допуски. Часть 3. Шайбы плоские для болтов, винтов и гаек. Классы точности А и С

ГОСТ ISO 8673-2014 Гайки шестигранные нормальные (тип 1) с мелким шагом резьбы. Классы точности А и В

ГОСТ Р 10704-91 Трубы стальные электросварные прямоугольные. Сортамент

ГОСТ Р 52246-2016 Прокат листовой горячеоцинкованный. Технические условия

ГОСТ Р 54864-2016 Трубы стальные бесшовные горячедеформированные для сварных стальных строительных конструкций. Технические условия

ГОСТ Р 57837-2017 Двутавры стальные горячекатаные с параллельными гранями полок. Технические условия

ГОСТ Р 58064-2018 Трубы стальные сварные для строительных конструкций. Технические условия

ГОСТ Р ИСО 857-1-2009 Сварка и родственные процессы. Словарь. Часть 1. Процессы сварки металлов. Термины и определения

ГОСТ Р ИСО 4014-2013 Болты с шестигранной головкой. Классы точности А и В

ГОСТ Р ИСО 4017-2013 Винты с шестигранной головкой. Классы точности А и В

ГОСТ Р ИСО 8765-2013 Болты с шестигранной головкой с мелким шагом резьбы. Классы точности А и В

ГОСТ Р ИСО 17659–2009 Сварка. Термины многоязычные для сварных соединений

СП 14.13330.2018 «СНиП II-7-81\* Строительство в сейсмических районах» (с изменением № 1)

СП 16.13330.2017 «СНиП II-23-81\* Стальные конструкции» (с изменениями № 1, № 2)

СП 17.13330.2017 «СНиП II-26-76 Кровли» (с изменением № 1)

СП 20.13330.2016 «СНиП 2.01.07-85\* Нагрузки и воздействия» (с изменениями № 1, № 2)

СП 28.13330.2017 «СНиП 2.03.11-85 Защита строительных конструкций от коррозии» » (с изменениями № 1, № 2)

СП 43.13330.2012 «СНиП 2.09.03-85 Сооружения промышленных предприятий» (с изменениями № 1, № 2)

СП 63.13330.2018 «СНиП 52-01-2003 Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения» (с изменением № 1)

СП 70.13330.2012 «СНиП 3.03.01-87 Несущие и ограждающие конструкции» (с изменениями № 1, № 3, № 4)

СП 112.13330.2011 «СНиП 21-01-97\* Пожарная безопасность зданий и сооружений»

СП 131.13330.2018 «СНиП 23-01-99\* Строительная климатология»

СП 260.1325800.2016 Конструкции стальные из тонкостенных холодногнутых оцинкованных профилей и гофрированных листов. Правила проектирования (с изменением № 1)

П р и м е ч а н и е – 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 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 технических регламентов и стандартов.

**Раздел 2 (Измененная редакция, Изм. № 1, № 2).**

**3 Термины и определения**

В настоящем своде правил применены термины по ГОСТ 2601, ГОСТ Р ИСО 857-1, ГОСТ Р ИСО 17659, ГОСТ 28548, а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 **гофр**: Продольная или поперечная фигурная складка стального листа.

3.2 **гофрированная стенка**: Элемент сварного двутавра с синусоидальной, трапецевидной или треугольной формой гофров.

**Раздел 3 (Измененная редакция, Изм. № 2).**

**4 Основные положения расчета**

**4.1 Общие положения**

4.1.1 Расчет стальных конструкций следует выполнять по методу предельных состояний в соответствии с ГОСТ 27751.

*Предельные состояния конструкций* – такие состояния, при превышении характерных параметров которых эксплуатация строительных объектов (зданий и сооружений) недопустима.

4.1.2 *Нормальная эксплуатация* – эксплуатация конструкций в соответствии с условиями, предусмотренными в строительных нормах или задании на проектирование, включая соответствующее техническое обслуживание, капитальный ремонт и реконструкцию, которая осуществляется без ограничений в соответствии с технологическими и бытовыми условиями; учитывает безопасную работу людей в соответствии с [1]; безопасную работу оборудования и сохранность ограждающих конструкций.

4.1.3 В соответствии с требованиями ГОСТ 27751 при расчетах стальных конструкций на действие соответствующих нагрузок необходимо учитывать их предельные состояния, приведенные в таблице 1.

Т а б л и ц а 1

| Группа предельного состояния | Предельное состояние  |  |
|------------------------------|---|--|
|                              | Вид   | Характеристика   |
| Первая                       | Потеря несущей способности и возникновение аварийной ситуации | Разрушение любого характера (например, пластическое, хрупкое, усталостное);<br>- потеря устойчивости |
|                              | Полная непригодность к эксплуатации                           | Чрезмерные деформации в результате деградации* свойств стали;  |