<http://www.vashdom.ru/snip/II-23-81/>

СТАЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ СНиП II-23-81

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Настоящие нормы следует соблюдать при проектировании стальных строительных конструкций зданий и сооружений различного назначения.

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

При проектировании стальных конструкций, находящихся в особых условиях эксплуатации (например, конструкций доменных печей, магистральных и технологических трубопроводов, резервуаров специального назначения, конструкций зданий, подвергающихся сейсмическим, интенсивным температурным воздействиям или воздействиям агрессивных сред, конструкций морских гидротехнических сооружений), конструкций уникальных зданий и сооружений, а также специальных видов конструкций (например, предварительно напряженных, пространственных, висячих) следует соблюдать дополнительные требования, отражающие особенности работы этих конструкций, предусмотренные соответствующими нормативными документами, утвержденными или согласованными Госстроем СССР.

1.2. При проектировании стальных конструкций следует соблюдать нормы СНиП по защите строительных конструкций от коррозии и противопожарные нормы проектирования зданий и сооружений. Увеличение толщины проката и стенок труб с целью защиты конструкций от коррозии и повышения предела огнестойкости конструкций не допускается.

Все конструкции должны быть доступны для наблюдения, очистки, окраски, а также не должны задерживать влагу и затруднять проветривание. Замкнутые профили должны быть герметизированы.

1.3\*. При проектировании стальных конструкций следует:

выбирать оптимальные в технико-экономическом отношении схемы сооружений и сечения элементов;

применять экономичные профили проката и эффективные стали;

применять для зданий и сооружений, как правило, унифицированные типовые или стандартные конструкции;

применять прогрессивные конструкции (пространственные системы из стандартных элементов; конструкции, совмещающие несущие и ограждающие функции; предварительно напряженные, вантовые, тонколистовые и комбинированные конструкции из разных сталей);

предусматривать технологичность изготовления и монтажа конструкций;

применять конструкции, обеспечивающие наименьшую трудоемкость их изготовления, транспортирования и монтажа;

предусматривать, как правило, поточное изготовление конструкций и их конвейерный или крупноблочный монтаж;

предусматривать применение заводских соединений прогрессивных типов (автоматической и полуавтоматической сварки, соединений фланцевых, с фрезерованными торцами, на болтах, в том числе на высокопрочных и др.);

предусматривать, как правило, монтажные соединения на болтах, в том числе на высокопрочных; сварные монтажные соединения допускаются при соответствующем обосновании;

выполнять требования государственных стандартов на конструкции соответствующего вида.

Внесены

ЦНИИСК им. Кучеренко Госстроя СССР

Утверждены

постановлением

Госстроя СССР

от 14 августа 1981 г. № 144

Срок

введения

в действие

1 января 1982 г.

\* Переиздание с изменениями на 1 января 1987 г. и 1 июля 1990 г.

1.4. При проектировании зданий и сооружений необходимо принимать конструктивные схемы, обеспечивающие прочность, устойчивость и пространственную неизменяемость зданий и сооружений в целом, а также их отдельных элементов при транспортировании, монтаже и эксплуатации.

1.5\*. Стали и материалы соединений, ограничения по применению сталей С345Т и С375Т, а также дополнительные требования к поставляемой стали, предусмотренные государственными стандартами и стандартами СЭВ или техническими условиями, следует указывать в рабочих (КМ) и деталировочных (КМД) чертежах стальных конструкций и в документации на заказ материалов.

В зависимости от особенностей конструкций и их узлов необходимо при заказе стали указывать класс сплошности по ГОСТ 27772–88.

1.6\*. Стальные конструкции и их расчет должны удовлетворять требованиям ГОСТ 27751–88 "Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения по расчету" и СТ СЭВ 3972–83 "Надежность строительных конструкций и оснований. Конструкции стальные. Основные положения по расчету".

1.7. Расчетные схемы и основные предпосылки расчета должны отражать действительные условия работы стальных конструкций.

Стальные конструкции следует, как правило, рассчитывать как единые пространственные системы.

При разделении единых пространственных систем на отдельные плоские конструкции следует учитывать взаимодействие элементов между собой и с основанием.

Выбор расчетных схем, а также методов расчета стальных конструкций необходимо производить с учетом эффективного использования ЭВМ.

1.8. Расчет стальных конструкций следует, как правило, выполнять с учетом неупругих деформаций стали.

Для статически неопределимых конструкций, методика расчета которых с учетом неупругих деформаций стали не разработана, расчетные усилия (изгибающие и крутящие моменты, продольные и поперечные силы) следует определять в предположении упругих деформаций стали по недеформированной схеме.

При соответствующем технико-экономическом обосновании расчет допускается производить по деформированной схеме, учитывающей влияние перемещений конструкций под нагрузкой.

1.9. Элементы стальных конструкций должны иметь минимальные сечения, удовлетворяющие требованиям настоящих норм с учетом сортамента на прокат и трубы. В составных сечениях, устанавливаемых расчетом, недонапряжение не должно превышать 5%.

2. МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ КОНСТРУКЦИЙ И СОЕДИНЕНИЙ

2.1\*. В зависимости от степени ответственности конструкций зданий и сооружений, а также от условий их эксплуатации все конструкции разделяются на четыре группы. Стали для стальных конструкций зданий и сооружений следует принимать по табл. 50\*.

Стали для конструкций, возводимых в климатических районах I1, I2, II2 и II3, но эксплуатируемых в отапливаемых помещениях, следует принимать как для климатического района II4 согласно табл. 50\*, за исключением стали С245 и С275 для конструкции группы 2.

Для фланцевых соединений и рамных узлов следует применять прокат по ТУ 14-1-4431–88.

2.2\*. Для сварки стальных конструкций следует применять: электроды для ручной дуговой сварки по ГОСТ 9467–75\*; сварочную проволоку по ГОСТ 2246–70\*; флюсы по ГОСТ 9087–81\*; углекислый газ по ГОСТ 8050–85.

Применяемые сварочные материалы и технология сварки должны обеспечивать значение временного сопротивления металла шва не ниже нормативного значения временного сопротивления Run основного металла, а также значения твердости, ударной вязкости и относительного удлинения металла сварных соединений, установленные соответствующими нормативными документами.

2.3\*. Отливки (опорные части и т. п.) для стальных конструкций следует проектировать из углеродистой стали марок 15Л, 25Л, 35Л и 45Л, удовлетворяющей требованиям для групп отливок II или III по ГОСТ 977–75\*, а также из серого чугуна марок СЧ15, СЧ20, СЧ25 и СЧ30, удовлетворяющего требованиям ГОСТ 1412–85.

2.4\*. Для болтовых соединений следует применять стальные болты и гайки, удовлетворяющие требованиям ГОСТ 1759.0–87\*, ГОСТ 1759.4–87\* и ГОСТ 1759.5–87\*, и шайбы, удовлетворяющие требованиям ГОСТ 18123–82\*.

Болты следует назначать по табл. 57\* и ГОСТ 15589–70\*, ГОСТ 15591–70\*, ГОСТ 7796–70\*, ГОСТ 7798–70\*, а при ограничении деформаций соединений – по ГОСТ 7805–70\*.

Гайки следует применять по ГОСТ 5915–70\*: для болтов классов прочности 4.6, 4.8, 5.6 и 5.8 – гайки класса прочности 4; для болтов классов прочности 6.6 и 8.8 – гайки классов прочности соответственно 5 и 6, для болтов класса прочности 10.9 – гайки класса прочности 8.

Шайбы следует применять: круглые по ГОСТ 11371–78\*, косые по ГОСТ 10906–78\* и пружинные нормальные по ГОСТ 6402–70\*.

2.5\*. Выбор марок стали для фундаментных болтов следует производить по ГОСТ 24379.0–80, а их конструкцию и размеры принимать по ГОСТ 24379.1–80\*.

Болты (U-образные) для крепления оттяжек антенных сооружений связи а также U-образные и фундаментные болты опор воздушных линий электропередачи и распределительных устройств следует применять из стали марок: 09Г2С-8 и 10Г2С1-8 по ГОСТ 19281–73\* с дополнительным требованием по ударной вязкости при температуре минус 60°С не менее 30 Дж/см2 (3 кгс×м/см2) в климатическом районе I1; 09Г2С-6 и 10Г2С1-6 по ГОСТ 19281–73\* в климатических районах I2, II2 и II3; ВСт3сп2 по ГОСТ 380–71\* (с 1990 г. Ст3сп2-1 по ГОСТ 535–88) во всех остальных климатических районах.

2.6\*. Гайки для фундаментных и U-образных болтов следует применять:

для болтов из стали марок ВСт3сп2 и 20 – класса прочности 4 по ГОСТ 1759.5–87\*;

для болтов из стали марок 09Г2С и 10Г2С1 – класса прочности не ниже 5 по ГОСТ 1759.5–87\*. Допускается применять гайки из марок стали, принимаемых для болтов.

Гайки для фундаментных и U-образных болтов диаметром менее 48 мм следует применять по ГОСТ 5915–70\*, для болтов диаметром более 48 мм – по ГОСТ 10605–72\*.

2.7\*. Высокопрочные болты следует применять по ГОСТ 22353–77\*, ГОСТ 22356–77\* и ТУ 14-4-1345–85; гайки и шайбы к ним – по ГОСТ 22354–77\* и ГОСТ 22355–77\*.

2.8\*. Для несущих элементов висячих покрытий, оттяжек опор ВЛ и ОРУ, мачт и башен, а также напрягаемых элементов в предварительно напряженных конструкциях следует применять:

канаты спиральные по ГОСТ 3062–80\*; ГОСТ 3063–80\*, ГОСТ 3064–80\*;

канаты двойной свивки по ГОСТ 3066–80\*; ГОСТ 3067–74\*; ГОСТ 3068–74\*; ГОСТ 3081–80\*; ГОСТ 7669–80\*; ГОСТ 14954–80\*;

канаты закрытые несущие по ГОСТ 3090–73\*; ГОСТ 18900–73\* ГОСТ 18901–73\*; ГОСТ 18902–73\*; ГОСТ 7675–73\*; ГОСТ 7676–73\*;

пучки и пряди параллельных проволок, формируемых из канатной проволоки, удовлетворяющей требованиям ГОСТ 7372–79\*.

2.9. Физические характеристики материалов, применяемых для стальных конструкций, следует принимать согласно прил. 3.

3. РАСЧЕТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МАТЕРИАЛОВ И СОЕДИНЕНИЙ

3.1\*. Расчетные сопротивления проката, гнутых профилей и труб для различных видов напряженных состояний следует определять по формулам, приведенным в табл. 1\*.

Таблица 1\*

Напряженное состояние

Условное обозначение

Расчетные сопротивления проката и труб

Растяжение,

По пределу текучести

Ry

Ry = Ryn/gm

сжатие и изгиб

По временному сопротивлению

Ru

Ru = Run/gm

Сдвиг

Rs

Rs = 0,58Ryn/gm

Смятие торцевой поверхности (при наличии пригонки)

Rp

Rp = Run/gm

Смятие местное в цилиндрических шарнирах (цапфах) при плотном касании

Rlp

Rlp = 0,5Run/gm

Диаметральное сжатие катков (при свободном касании в конструкциях с ограниченной подвижностью)

Rcd

Rcd = 0,025Run/gm

Растяжение в направлении толщины проката (до 60 мм)

Rth

Rth = 0,5Run/gm

Обозначение, принятое в табл. 1\*:

gm — коэффициент надежности по материалу, определяемый в соответствии с п. 3.2\*.

3.2\*. Значения коэффициентов надежности по материалу проката, гнутых профилей и труб следует принимать по табл. 2\*.

Таблица 2\*

Государственный стандарт или технические условия на прокат

Коэффициент надежности по материалу gm

ГОСТ 27772–88 (кроме сталей С590, С590К); ТУ 14-1-3023–80 (для круга, квадрата, полосы)

1,025

ГОСТ 27772–88 (стали С590, С590К); ГОСТ 380–71\*\* (для круга и квадрата размерами, отсутствующими в ТУ 14-1-3023–80); ГОСТ 19281–73\* [для круга и квадрата с пределом текучести до 380 МПа (39 кгс/мм2) и размерами, отсутствующими в ТУ 14-1-3023–80]; ГОСТ 10705–80\*; ГОСТ 10706–76\*

1,050

ГОСТ 19281–73\* [для круга и квадрата с пределом текучести свыше 380 МПа (39 кгс/мм2) и размерами, отсутствующими в ТУ 14-1-3023–80]; ГОСТ 8731–87; ТУ 14-3-567–76

1,100

Расчетные сопротивления при растяжении, сжатии и изгибе листового, широкополосного универсального и фасонного проката приведены в табл. 51\*, труб – в табл. 51,а. Расчетные сопротивления гнутых профилей следует принимать равными расчетным сопротивлениям листового проката, из которого они изготовлены, при этом допускается учитывать упрочнение стали листового проката в зоне гиба.

Расчетные сопротивления круглого, квадратного и полосового проката следует определять по табл. 1\*, принимая значения Ryn и Run равными соответственно пределу текучести и временному сопротивлению по ТУ 14-1-3023–80, ГОСТ 380–71\*\* (с 1990 г. ГОСТ 535–88) и ГОСТ 19281–73\*.

Расчетные сопротивления проката смятию торцевой поверхности, местному смятию в цилиндрических шарнирах и диаметральному сжатию катков приведены в табл. 52\*.

3.3. Расчетные сопротивления отливок из углеродистой стали и серого чугуна следует принимать по табл. 53 и 54.

3.4. Расчетные сопротивления сварных соединений для различных видов соединений и напряженных состояний следует определять по формулам, приведенным в табл. 3.

Таблица 3

Сварные соединения

Напряжение состояние

Условное обозначение

Расчетные сопротивления сварных соединений

Стыковые

Сжатие. Растяжение и изгиб при автоматической, полуавтоматической или ручной сварке с физическим

По пределу текучести

Rwy

Rwy = Ry

контролем качества швов

По временному сопротивлению

Rwu

Rwu = Ru

Растяжение и изгиб при автоматической, полуавтоматической или ручной сварке

По пределу текучести

Rwy

Rwy = 0,85Ry

Сдвиг

Rws

Rws = Rs

С угловыми швами

Срез (условный)

По металлу шва

Rwf

По металлу границы сплавления

Rwz

Rwz = 0,45Run

Примечания: 1. Для швов, выполняемых ручной сваркой, значения Rwun следует принимать равными значениям временного сопротивления разрыву металла шва, указанным в ГОСТ 9467–75\*.

2. Для швов, выполняемых автоматической или полуавтоматической сваркой, значение Rwun следует принимать по табл. 4\* настоящих норм.

3. Значения коэффициента надежности по материалу шва gwm следует принимать равными: 1,25 – при значениях Rwun не более 490 МПа (5 000 кгс/см2); 1.35 – при значениях Rwun 590 МПа (6 000 кгс/см2) и более.

Расчетные сопротивления стыковых соединений элементов из сталей с разными нормативными сопротивлениями следует принимать как для стыковых соединений из стали с меньшим значением нормативного сопротивления.

Расчетные сопротивления металла швов сварных соединений с угловыми швами приведены в табл. 56.

3.5. Расчетные сопротивления одноболтовых соединений следует определять по формулам, приведенным в табл. 5\*.

Расчетные сопротивления срезу и растяжению болтов приведены в табл. 58\*, смятию элементов, соединяемых болтами, – в табл. 59\*.

3.6\*. Расчетное сопротивление растяжению фундаментных болтов Rba следует определять по формуле

Rba = 0,5R. (1)

Расчетное сопротивление растяжению U-образных болтов Rbv, указанных в п. 2.5\*, следует определять по формуле

Rbv = 0,45Run. (2)

Расчетные сопротивления растяжению фундаментных болтов приведены в табл. 60\*.

3.7. Расчетное сопротивление растяжению высокопрочных болтов Rbh следует определять по формуле

Rbh = 0,7Rbun, (3)

где Rbun – наименьшее временное сопротивление болта разрыву, принимаемое по табл. 61\*.

3.8. Расчетное сопротивление растяжению высокопрочной стальной проволоки Rdh, применяемой в виде пучков или прядей, следует определять по формуле

Rdh = 0,63Run. (4)

3.9. Значение расчетного сопротивления (усилия) растяжению стального каната следует принимать равным значению разрывного усилия каната в целом, установленному государственными стандартами или техническими условиями на стальные канаты, деленному на коэффициент надежности gm = 1,6.

Таблица 4\*

Марки проволоки (по ГОСТ 2246–70\*) для автоматической или полуавтоматической сварки

Марки порошковой

Значения нормативного

под флюсом

(ГОСТ 9087–81\*)

в углекислом газе

(по ГОСТ 8050–85) или в его смеси с аргоном

(по ГОСТ 10157–79\*)

проволоки

(по ГОСТ 26271–84)

сопротивления металла шва

Rwun, МПа (кгс/см2)

Св-08, Св-08А

–

–

410 (4200)

Св-08ГА

–

–

450 (4600)

Св-10ГА

Св-08Г2С

ПП-АН8, ПП-АН3

490 (5000)

Св-10НМА, Св-10Г2

Св-08Г2С\*

–

590 (6000)

Св-09ХН2ГМЮ

Св-08Х1ДЮ

Св-10ХГ2СМА

Св-08ХГ2ДЮ

–

685 (7000)

\* При сварке проволокой Св-08Г2С значения Rwun следует принимать равным 590 МПа (6000 кгс/см2) только для угловых швов с катетом kf £ 8 мм в конструкциях из стали с пределом текучести 440 МПа (4500 кгс/см2) и более.

Таблица 5\*

Расчетные сопротивления одноболтовых соединений

Напряженное состояние

Условное обозначение

срезу и растяжению болтов класса

смятию соединяемых элементов из стали с пределом текучести

до 440 МПа

4.6; 5.6; 6.6

4.8; 5.8

8.8; 10.9

(4500 кгс/см2)

Срез

Rbs

Rbs = 0,38Rbun

Rbs = 0,4Rbun

Rbs = 0,4Rbun

–

Растяжение

Rbt

Rbt s = 0,38Rbun

Rbt = 0,38Rbun

Rbt = 0,38Rbun

–

Смятие

Rbp

а) болты класса точности А

–

–

–

б) болты класса В и С

–

–

–

Примечание. Допускается применять высокопрочные болты без регулируемого натяжения из стали марки 40Х “селект”, при этом расчетные сопротивления Rbs и Rbt следует определять как для болтов класса 10.9, а расчетное сопротивление как для болтов класса точности В и С.

Высокопрочные болты по ТУ 14-4-1345–85 допускается применять только при их работе на растяжение.

4\*. УЧЕТ УСЛОВИЙ РАБОТЫ И НАЗНАЧЕНИЯ КОНСТРУКЦИЙ

При расчете конструкций и соединений следует учитывать: коэффициенты надежности по назначению gn, принимаемые согласно Правилам учета степени ответственности зданий и сооружений при проектировании конструкций;

коэффициент надежности gu = 1,3 для элементов конструкций, рассчитываемых на прочность с использованием расчетных сопротивлений Ru;

коэффициенты условий работы gc и коэффициенты условий работы соединения gb, принимаемые по табл. 6\* и 35\*, разделам настоящих норм по проектированию зданий, сооружений и конструкций, а также по прил. 4\*.

Таблица 6\*

Элементы конструкций

Коэффициенты условий работы gс

1. Сплошные балки и сжатые элементы ферм перекрытий под залами театров, клубов, кинотеатров, под трибунами, под помещениями магазинов, книгохранилищ и архивов и т. п. при весе перекрытий, равном или большем временной нагрузки

0,9

2. Колонны общественных зданий и опор водонапорных башен

0,95

3. Сжатые основные элементы (кроме опорных) решетки составного таврового сечения из уголков сварных ферм покрытий и перекрытий (например, стропильных и аналогичных им ферм) при гибкости l ³ 60

0,8

4. Сплошные балки при расчетах на общую устойчивость при jb < 1,0

0,95

5. Затяжки, тяги, оттяжки, подвески, выполненные из прокатной стали

0,9

6. Элементы стержневых конструкций покрытий и перекрытий:

а) сжатые (за исключением замкнутых трубчатых сечений) при расчетах на устойчивость

0,95

б) растянутых в сварных конструкциях

0,95

в) растянутые, сжатые, а также стыковые накладки в болтовых конструкциях (кроме конструкций на высокопрочных болтах) из стали с пределом текучести до 440 МПа (4500 кгс/см2), несущих статическую нагрузку, при расчетах на прочность

1,05

7. Сплошные составные балки, колонны, а также стыковые накладки из стали с пределом текучести до 440 МПа (4500 кгс/см2), несущие статическую нагрузку и выполненные с помощью болтовых соединений (кроме соединений на высокопрочных болтах), при расчетах на прочность

1,1

8. Сечения прокатных и сварных элементов, а также накладок из стали с пределом текучести до 440 МПа (4500 кгс/см2) в местах стыков, выполненных на болтах (кроме стыков на высокопрочных болтах), несущих статическую нагрузку, при расчетах на прочность:

а) сплошных балок и колонн

1,1

б) стержневых конструкций и перекрытий

1,05

9. Сжатые элементы решетки пространственных решетчатых конструкций из одиночных равнополочных (прикрепляемых большей полкой) уголков:

а) прикрепляемые непосредственно к поясам одной полкой сварными швами либо двумя болтами и более, поставленными вдоль уголка:

раскосы по рис. 9\*, а

0,9

распорки по рис. 9\*, б, в

0,9

раскосы по рис. 9\*, в, г, д

0,8

б) прикрепляемые непосредственно к поясам одной полкой, одним болтом (кроме указанных в поз. 9, в настоящей таблицы), а также прикрепляемые через фасонку независимо от вида соединения

0,75

в) при сложной перекрестной решетке с одноболтовыми соединениями по рис. 9\*, е

0,7

10. Сжатые элементы из одиночных уголков, прикрепляемые одной полкой (для неравнополочных уголков только меньшей полкой), за исключением элементов конструкций, указанных в поз. 9 настоящей таблицы, раскосов по рис. 9\*, б, прикрепляемых непосредственно к поясам сварными швами либо двумя болтами и более, поставленными вдоль уголка, и плоских ферм из одиночных уголков

0,75

11. Опорные плиты из стали с пределом текучести до 285 МПа (2900 кгс/см2), несущие статическую нагрузку, толщиной, мм:

а) до 40

1,2

б) свыше 40 до 60

1,15

в) свыше 60 до 80

1,1

Примечания: 1. Коэффициенты условий работы gс < 1 при расчете одновременно учитывать не следует.

2. Коэффициенты условий работы, приведенные соответственно в поз. 1 и 6, в; 1 и 7; 1 и 8; 2 и 7; 2 и 8,а; 3 и 6, в, при расчете следует учитывать одновременно.

3. Коэффициенты условий работы, приведенные в поз. 3; 4; 6, а, в; 7; 8; 9 и 10, а также в поз. 5 и 6, б (кроме стыковых сварных соединений), при расчете соединений рассматриваемых элементов учитывать не следует.

4. В случаях, не оговоренных в настоящих нормах, в формулах следует принимать gс = 1.

5. РАСЧЕТ ЭЛЕМЕНТОВ СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ НА ОСЕВЫЕ СИЛЫ И ИЗГИБ

ЦЕНТРАЛЬНО-РАСТЯНУТЫЕ И ЦЕНТРАЛЬНО-СЖАТЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ

5.1. Расчет на прочность элементов, подверженных центральному растяжению или сжатию силой N, кроме указанных в п. 5.2, следует выполнять по формуле

. (5)

Расчет на прочность сечений в местах крепления растянутых элементов из одиночных уголков, прикрепляемых одной полкой болтами, следует выполнять по формулам (5) и (6). При этом значение gс в формуле (6) должно приниматься по прил. 4\* настоящих норм.

5.2. Расчет на прочность растянутых элементов конструкций из стали с соотношением Ru/gu > Ry, эксплуатация которых возможна и после достижения металлом предела текучести, следует выполнять по формуле

. (6)

5.3. Расчет на устойчивость сплошностенчатых элементов, подверженных центральному сжатию силой N, следует выполнять по формуле

. (7)

Значения j следует определять по формулам:

при 0 < £ 2,5

; (8)

при 2,5 < £ 4,5

; (9)

при > 4,5

. (10)

Численные значения j приведены в табл. 72.

5.4\*. Стержни из одиночных уголков должны рассчитываться на центральное сжатие в соответствии с требованиями, изложенными в п. 5.3. При определении гибкости этих стержней радиус инерции сечения уголка i и расчетную длину lef следует принимать согласно пп. 6.1–6.7.

При расчете поясов и элементов решетки пространственных конструкций из одиночных уголков следует выполнять требования п. 15.10\* настоящих норм.

5.5. Сжатые элементы со сплошными стенками открытого П-образного сечения при lx < 3ly, где lx и ly – расчетные гибкости элемента в плоскостях, перпендикулярных осям соответственно x–x и y–y (рис. 1), рекомендуется укреплять планками или решеткой, при этом должны быть выполнены требования пп. 5.6 и 5.8\*.

При отсутствии планок или решетки такие элементы помимо расчета по формуле (7) следует проверять на устойчивость при изгибно-крутильной форме потери устойчивости по формуле

, (11)

где jy – коэффициент продольного изгиба, вычисляемый согласно требованиям п. 5.3;

с – коэффициент, определяемый по формуле

(12)

где;

a = ax/h – относительное расстояние между центром тяжести и центром изгиба.

Здесь ;

Jw – секториальный момент инерции сечения;

bi и ti – соответственно ширина и толщина прямоугольных элементов, составляющих сечение.

Для сечения, приведенного на рис. 1, а, значения и a должны определяться по формулам:

(13)

где b = b/h.

5.6. Для составных сжатых стержней, ветви которых соединены планками или решетками, коэффициент j относительно свободной оси (перпендикулярной плоскости планок или решеток) должен определяться по формулам (8) – (10) с заменой в них на ef. Значение ef следует определять в зависимости от значений lef, приведенных в табл. 7.

Таблица 7

Тип

Схема

Приведенные гибкости lef составных стержней сквозного сечения

сечения

сечения

с планками при

с решетками

Js l/(Jbb) < 5

Js l/(Jbb) ³ 5

1

(14)

(17)

(20)

2

(15)

(18)

(21)

3

(16)

(19)

(22)

Обозначения принятые в табл. 7:

b

– расстояние между осями ветвей;

l

– расстояние между центрами планок;

l

– наибольшая гибкость всего стержня;

l1, l2, l3

– гибкость отдельных ветвей при изгибе их в плоскостях, перпендикулярных осям соответственно 1–1, 2–2 и 3–3, на участках между приваренными планками (в свету) или между центрами крайних болтов;

A

– площадь сечения всего стержня;

Ad1 и Ad2

– площади сечений раскосов решеток (при крестовой решетке – двух раскосов), лежащих в плоскостях, перпендикулярных осям соответственно 1–1 и 2–2;

Ad

– площадь сечения раскоса решетки (при крестовой решетке – двух раскосов), лежащей в плоскости одной грани (для трехгранного равностороннего стержня);

a1 и a2

– коэффициенты, определяемые по формуле

где

a, b, l

– размеры, определяемые по рис. 2;

n, n1, n2, n3

– коэффициенты, определяемые соответственно по формулам;

здесь

Jb1 и Jb3

– моменты инерции сечения ветвей относительно осей соответственно 1–1 и 3–3 (для сечений типов 1 и 3);

Jb1 и Jb2

– то же, двух уголков относительно осей соответственно 1–1 и 2–2 (для сечения типа 2);

Js

– момент инерции сечения одной планки относительно собственной оси x–x (рис. 3);

Js1 и Js2

– моменты инерции сечения одной из планок, лежащих в плоскостях, перпендикулярных осям соответственно 1–1 и 2–2 (для сечения типа 2).

В составных стержнях с решетками помимо расчета на устойчивость стержня в целом следует проверять устойчивость отдельных ветвей на участках между узлами.

Гибкость отдельных ветвей l1, l2 и l3 на участке между планками должна быть не более 40.

При наличии в одной из плоскостей сплошного листа вместо планок (рис. 1, б, в) гибкость ветви должна вычисляться по радиусу инерции полусечения относительно его оси, перпендикулярной плоскости планок.

В составных стержнях с решетками гибкость отдельных ветвей между узлами должна быть не более 80 и не должна превышать приведенную гибкость lef стержня в целом. Допускается принимать более высокие значения гибкости ветвей, но не более 120, при условии, что расчет таких стержней выполнен по деформированной схеме.

5.7. Расчет составных элементов из уголков, швеллеров и т. п., соединенных вплотную или через прокладки, следует выполнять как сплошностенчатых при условии, что наибольшие расстояния на участках между приваренными планками (в свету) или между центрами крайних болтов не превышают:

для сжатых элементов 40i

для растянутых элементов 80i

Здесь радиус инерции i уголка или швеллера следует принимать для тавровых или двутавровых сечений относительно оси, параллельной плоскости расположения прокладок, а для крестовых сечений – минимальный.

При этом в пределах длины сжатого элемента следует ставить не менее двух прокладок.

5.8\*. Расчет соединительных элементов (планок, решеток) сжатых составных стержней должен выполняться на условную поперечную силу Qfic, принимаемую постоянной по всей длине стержня и определяемую по формуле

Qfic = 7,15 × 10-6 (2330–E/Ry)N/j, (23)\*

где N – продольное усилие в составном стержне;

j – коэффициент продольного изгиба, принимаемый для составного стержня в плоскости соединительных элементов.

Условную поперечную силу Qfic следует распределять:

при наличии только соединительных планок (решеток) поровну между планками (решетками), лежащими в плоскостях, перпендикулярных оси, относительно которой производится проверка устойчивости;

при наличии сплошного листа и соединительных планок (решеток) – пополам между листом и планками (решетками), лежащими в плоскостях, параллельных листу;

при расчете равносторонних трехгранных составных стержней условная поперечная сила, приходящаяся на систему соединительных элементов, расположенных в одной плоскости, должна приниматься равной 0,8Qfic.

5.9. Расчет соединительных планок и их прикрепления (рис. 3) должен выполняться как расчет элементов безраскосных ферм на:

силу F, срезывающую планку, по формуле

F = Qs l/b; (24)

момент M1, изгибающий планку в ее плоскости, по формуле

M1 = Qsl/2 (25)

где Qs – условная поперечная сила, приходящаяся на планку одной грани.

5.10. Расчет соединительных решеток должен выполняться как расчет решеток ферм. При расчете перекрестных раскосов крестовой решетки с распорками (рис. 4) следует учитывать дополнительное усилие Nad, возникающее в каждом раскосе от обжатия поясов и определяемое по формуле

(26)

где N – усилие в одной ветви стержня;

А – площадь сечения одной ветви;

Ad – площадь сечения одного раскоса;

a – коэффициент, определяемый по формуле

a = a l2/(a3=2b3) (27)

где a, l и b – размеры, указанные на рис. 4.

5.11. Расчет стержней, предназначенных для уменьшения расчетной длины сжатых элементов, должен выполняться на усилие, равное условной поперечной силе в основном сжатом элементе, определяемой по формуле (23)\*.

ИЗГИБАЕМЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ

5.12. Расчет на прочность элементов (кроме балок с гибкой стенкой, с перфорированной стенкой и подкрановых балок), изгибаемых в одной из главных плоскостей, следует выполнять по формуле

(28)

Значение касательных напряжений t в сечениях изгибаемых элементов должны удовлетворять условию

(29)

При наличии ослабления стенки отверстиями для болтов значения t в формуле (29) следует умножать на коэффициент a, определяемый по формуле

a = a/(a – d), (30)

где a – шаг отверстий;

b – диаметр отверстия.

5.13. Для расчета на прочность стенки балки в местах приложения нагрузки к верхнему поясу, а также в опорных сечениях балки, не укрепленных ребрами жесткости, следует определять местное напряжение sloc по формуле

(31)

где F – расчетное значение нагрузки (силы);

lef – условная длина распределения нагрузки, определяемая в зависимости от условий опирания; для случая опирания по рис. 5.

lef = b + 2tf, (32)

где tf – толщина верхнего пояса балки, если нижняя балка сварная (рис. 5, а), или расстояние от наружной грани полки до начала внутреннего закругления стенки, если нижняя балка прокатная (рис. 5, б).

5.14\*. Для стенок балок, рассчитываемых по формуле (28), должны выполняться условия:

(33)

где – нормальные напряжения в срединной плоскости стенки, параллельные оси балки;

sy – то же, перпендикулярные оси балки, в том числе sloc, определяемое по формуле (31);

txy – касательное напряжение, вычисляемое по формуле (29) с учетом формулы (30).

Напряжения sx и sy, принимаемые в формуле (33) со своими знаками, а также txy следует определять в одной и той же точке балки.

5.15. Расчет на устойчивость балок двутаврового сечения, изгибаемых в плоскости стенки и удовлетворяющих требованиям пп. 5.12 и 5.14\*, следует выполнять по формуле

(34)

где Wc – следует определять для сжатого пояса;

jb – коэффициент, определяемый по прил. 7\*.

При определении значения jb за расчетную длину балки lef следует принимать расстояние между точками закреплений сжатого пояса от поперечных смещений (узлами продольных или поперечных связей, точками крепления жесткого настила); при отсутствии связей lef = l (где l – пролет балки) за расчетную длину консоли следует принимать: lef = l при отсутствии закрепления сжатого пояса на конце консоли в горизонтальной плоскости (здесь l – длина консоли); расстояние между точками закреплений сжатого пояса в горизонтальной плоскости при закреплении пояса на конце и по длине консоли.

5.16\*. Устойчивость балок не требуется проверять:

а) при передаче нагрузки через сплошной жесткий настил, непрерывно опирающийся на сжатый пояс балки и надежно с ним связанный (плиты железобетонные из тяжелого, легкого и ячеистого бетона, плоский и профилированный металлический настил, волнистую сталь и т. п.);

б) при отношении расчетной длины балки lef к ширине сжатого пояса b, не превышающем значений, определяемых по формулам табл. 8\* для балок симметричного двутаврового сечения и с более развитым сжатым поясом, для которых ширина растянутого пояса составляет не менее 0,75 ширины сжатого пояса.

Таблица 8\*

Место приложения нагрузки

Наибольшие значения lef /b, при которых

не требуется расчет на устойчивость прокатных и сварных балок (при 1 £ h/b < 6 и 15 £ b/t £ 35)

К верхнему поясу

(35)

К нижнему поясу

(36)

Независимо от уровня приложения нагрузки при расчете участка балки между связями или при чистом изгибе

(37)

Обозначения, принятые в таблице 8\*:

b и t – соответственно ширина и толщина сжатого пояса;

h – расстояние (высота) между осями поясных листов.

Примечания: 1. Для балок с поясными соединениями на высокопрочных болтах значения lef /b, получаемые по формулам таблицы 8\* следует умножать на коэффициент 1,2.

2. Для балок с отношением b/t < 15 в формулах таблицы 8\* следует принимать b/t = 15.

Закрепление сжатого пояса в горизонтальной плоскости должно быть рассчитано на фактическую или условную поперечную силу. При этом условную поперечную силу следует определять:

при закреплении в отдельных точках по формуле (23)\*, в которой j следует определять при гибкости l = lef/i (здесь i – радиус инерции сечения сжатого пояса в горизонтальной плоскости), а N следует вычислять по формуле

N = (Af + 0,25AW)Ry; (37, а)

при непрерывном закреплении по формуле

qfic = 3Qfic/l, (37, б)

где qfic – условная поперечная сила на единицу длины пояса балки;

Qfic – условная поперечная сила, определяемая по формуле (23)\*, в которой следует принимать j = 1, а N – определять по формуле (37,а).

5.17. Расчет на прочность элементов, изгибаемых в двух главных плоскостях, следует выполнять по формуле

(38)

где x и y – координаты рассматриваемой точки сечения относительно главных осей.

В балках, рассчитываемых по формуле (38), значения напряжений в стенке балки должны быть проверены по формулам (29) и (33) в двух главных плоскостях изгиба.

При выполнении требований п. 5.16\*, а проверка устойчивости балок, изгибаемых в двух плоскостях, не требуется.

5.18\*. Расчет на прочность разрезных балок сплошного сечения из стали с пределом текучести до 530 МПа (5400 кгс/см2), несущих статическую нагрузку, при соблюдении пп. 5.19\*–5.21, 7.5 и 7.24 следует выполнять с учетом развития пластических деформаций по формулам

при изгибе в одной из главных плоскостей при касательных напряжениях t £ 0,9Rs (кроме опорных сечений)

(39)

при изгибе в двух главных плоскостях при касательных напряжениях t £ 0,5Rs (кроме опорных сечений)

(40)

здесь M, Mx и My – абсолютные значения изгибающих моментов;

c1 – коэффициент, определяемый по формулам (42) и (43);

cx и cy – коэффициенты, принимаемые по табл. 66.

Расчет в опорном сечении балок (при M = 0; Mx = 0 и My = 0) следует выполнять по формуле

(41)

При наличии зоны чистого изгиба в формулах (39) и (40) вместо коэффициентов c1, cx и су следует принимать соответственно:

c1m = 0,5(1+c); cxm = 0,5(1+cx); сym = 0,5(1+cy).

При одновременном действии в сечении момента М и поперечной силы Q коэффициент с1 следует определять по формулам:

при t £ 0,5Rs c1 = c; (42)

при 0,5Rs < t £ 0,9Rs c1 = 1,05bc, (43)

где (44)

здесь с – коэффициент, принимаемый по табл. 66;

t и h – соответственно толщина и высота стенки;

a – коэффициент, равный a = 0,7 для двутаврового сечения, изгибаемого в плоскости стенки; a = 0 – для других типов сечений;

с1 – коэффициент, принимаемый не менее единицы и не более коэффициента с.

С целью оптимизации балок при их расчете с учетом требований пп. 5.20, 7.5, 7.24 и 13.1 значения коэффициентов с, сх и су в формулах (39) и (40) допускается принимать меньше значений, приведенных в табл. 66, но не менее 1,0.

При наличии ослабления стенки отверстиями для болтов значения касательных напряжений t следует умножать на коэффициент, определяемый по формуле (30).

Часть 1 | Часть 2 | Часть 3 | Часть 4 | Часть 5 | Часть 6 | Часть 7 | Часть 8 | Часть 9 | Часть 10 | Часть 11 | Часть 12 | Часть 13