ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ
СОЮЗА ССР

АТТРАКЦИОНЫ МЕХАНИЗИРОВАННЫЕ
КОНСТРУКЦИИ СТАЛЬНЫЕ
ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ

ГОСТ 29166—91

Издание официальное

43 р. 70 к. БЗ 2—92/165

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР
ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ И ИНВЕСТИЦИЯМ
Москва

gost.e-ecolog.ru

УДК 688.775 : 006.354 Группа У57

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ СОЮЗА ССР

Аттракционы механизированные КОНСТРУКЦИИ СТАЛЬНЫЕ Основные положения по проектированию

Mechanized attractions
Steel structures.
Principal rules of the design

ГОСТ 29166—91

ОКП 968500

Дата введения 01.07.92

Настоящий стандарт распространяется на стальные конструкции механизированных аттракционов: каруселей, колес обозрения, катальных гор, вращающихся платформ и др. (далее — конструкции), используемых для постоянной или временной, в том числе повторной эксплуатации, и устанавливает основные положения по их проектированию.

Стандарт не распространяется на проектирование специальных опор, деталей крепления канатов и цепей, а также транспортных средств, механизмов, кинематических передач и других машиностроительных деталей.

Требования настоящего стандарта следует применять для аттракционов, эксплуатируемых при температуре наружного воздуха не выше плюс 50 °С и не ниже минус 20 °С.

Для аттракционов конкретного вида условия эксплуатации следует указывать в проектно-технической документации.

Конструкции должны проектироваться в соответствии с требованиями настоящего стандарта, а также других стандартов и технических условий, относящихся к безопасности аттракционов.

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Конструкции и их основания должны обеспечивать безопасную эксплуатацию аттракционов, т. е. с расчетной надежностью воспринимать воздействия, возникающие во время возведения и эксплуатации, без разрушения или появления недопустимых деформаций, обладать достаточной живучестью во время и после аварий-

Издание официальное

© Издательство стандартов, 1992
Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен без разрешения Госстроя СССР

ных ситуаций, сохранять заданные свойства при многократном монтаже, демонтаже и транспортировке.

Конструкции должны легко монтироваться и демонтироваться, а также обладать способностью постоянной регулировки и корректировки тех геометрических размеров, которые обеспечивают нормальную эксплуатацию аттракционов, в том числе при их бесфундаментной установке.

Конструкции должны проектироваться таким образом, чтобы при нормальной эксплуатации в них не возникали остаточные деформации.

1.2. Конструкции следует рассчитывать согласно ГОСТ 27751 и ИСО 2394 по методу предельных состояний, которые подразделяют на две группы.

В общем случае должны быть проверены следующие предельные состояния:

— первой группы, которые характеризуются:
пластическим, хрупким и усталостным разрушениями;
потерей устойчивости формы и положения;
переходом в изменяемую систему;
качественным нарушением геометрической формы;

— второй группы, которые характеризуются:
достижением предельных перемещений конструкции (прогибов, выгибов, поворотов) или предельных деформаций основания;
достижением предельных уровней колебаний конструкций или оснований;
появлением недопустимых повреждений в результате износа или коррозии.

1.3. При расчете конструкций необходимо различать следующие виды внешних нагрузок:

статическая (или квазистатическая) от веса конструкций, стационарного оборудования, людей на площадках, лестницах, проходах, а также веса движущихся частей аттракционов с людьми при скорости их движения до 3 м/с;

динамическая от веса движущихся частей аттракциона с людьми, от виброактивного оборудования, а также возникающая при прохождении колеса через стыки и неровности пути, от неуравновешенных движущихся частей механизмов, возможного дебаланса колес, при работе подъемников;

ударная (в том числе аварийная), возникающая от удара движущихся частей аттракциона с людьми при резкой остановке.

1.4. Основной целью расчета является не допустить с определенной обеспеченностью наступления предельных состояний первой группы или перехода за предельные состояния второй группы в течение всего срока эксплуатации аттракционов, а также в процессе их монтажа, демонтажа и перебазирования.

1.5. Расчетные модели (в том числе расчетные схемы, основные предпосылки расчета) конструкций должны отражать действительные условия работы сооружений, которые принимаются в рассматриваемых возможных расчетных ситуациях. При этом необходимо учитывать напряженное и деформированное состояния, пространственную работу конструкций, при необходимости геометрическую нелинейность, возможные отклонения геометрических размеров от их номинальных значений и особенности взаимодействия элементов конструкций между собой, с основанием и с движущимися частями аттракциона, а в случае аттракционов с рельсовыми транспортными средствами — и с рельсовыми путями.

Расчетные ситуации следует принимать согласно ГОСТ 27751.

При отсутствии надежных теоретических методов расчета или проверенных ранее аналогичных решений, проектирование конструкций должно производиться на основе специально поставленных теоретических или экспериментальных исследований на моделях или натурных конструкциях.

1.6. Конструктивные схемы должны обеспечивать прочность, устойчивость, жесткость, выносливость и пространственную неизменяемость конструкций в целом, а также их отдельных элементов при монтаже и эксплуатации.

При проектировании конструкций следует предусматривать технологические мероприятия по уменьшению возможного отрицательного влияния дополнительных, местных и внутренних напряжений (сварочных, концентрации напряжений в местах резкого изменения размеров сечений элементов конструкции, в том числе вблизи отверстий), а также меры для исключения резонанса элементов конструкций.

1.7. Основания и фундаменты опор аттракционов должны рассчитываться по несущей способности и деформативности в соответствии с СНиП 2.02.01.

При этом допускается установка опор аттракционов непосредственно на грунтовое основание (бесфундаментная установка):

— для грунтов, для которых глубина заложения фундамента не зависит от глубины промерзания по СНиП 2.02.01;

— при эксплуатации аттракционов только в летний или осенний периоды (после уменьшения влажности в зоне сезонного промерзания и восстановления несущей способности грунта) или в регионах с положительной зимней температурой на площадках, обладающих эксплуатационной надежностью (спортивных, под временные сооружения и т. п.), а также на площадках, где проведены специальные мероприятия (водоотвод, дренаж, уплотнение грунта, планировка площадки и т. п.), обеспечивающие стабильность свойств грунта в процессе эксплуатации аттракционов.

Значения геометрических параметров конструкций и их предельных отклонений, определенные на стадии проектирования, не-

зависимо от способа установки на площадке должны периодически контролироваться; при необходимости конструкция должна содержать регулирующие элементы, обеспечивающие соблюдение заданных значений параметров и отклонений.

1.8. Конструкции должны быть защищены от коррозии. Все конструкции должны быть доступны для наблюдения, очистки и окраски, а также не должны задерживать влагу. Замкнутые профили должны быть герметизированы.

1.9. Материалы для конструкций и соединений следует выбирать в зависимости от условий их эксплуатации, расчетных температур, технологии изготовления, монтажа, демонтажа и перебазирования.

1.10. Для обеспечения проектной расчетной надежности конструкций их следует изготовлять в соответствии с требованиями СНиП III—18 и монтировать согласно СНиП 3.03.01; при этом следует руководствоваться соответствующими дополнительными требованиями, относящимися к безопасности аттракционов.

Для проверки и подтверждения исходных данных и расчетных схем конструкции должны подвергаться испытаниям, проводимым в соответствии с программой и методикой, содержащимися в проектно-технической документации.

1.11. При проектировании аттракционов следует, как правило, предусматривать дополнительные меры по повышению уровня безопасности основных несущих конструкций (резервирования) путем увеличения степени их статической неопределимости, установки дополнительных связевых или раскрепляющих элементов, конструирования узловых и других соединений равнопрочными с основными элементами и др.

Назначение и степень ответственности элементов и деталей конструкций следует учитывать коэффициентом надежности по ответственности элементов γ_n, значения которого следует принимать по табл. 1 и вводить в расчетные формулы.

Таблица 1

Элементы конструкций, детали, узлы и соединения, для которых наступление предельных состояний	Коэффициент надежности по ответственности элементов γ_n
1 Не приводит к остановке аттракциона	1,1
2. Вызывает остановку аттракциона	1,2
3. Вызывает выключение из работы резервированных элементов	1,5
4. Вызывает выключение из работы нерезервированных элементов и опасно для жизни пассажиров	2,0

2. НАГРУЗКИ И ПЕРЕМЕЩЕНИЯ

2.1. Порядок учета нагрузок и воздействий в расчетах конструкций аттракционов следует принимать по СНиП 2.01.07.

2.2. В зависимости от продолжительности действия следует различать постоянные и временные нагрузки, принимаемые согласно СНиП 2.01.07.

Нагрузки, создаваемые движущимися частями аттракциона с пассажирами, нагрузки от посетителей на площадках, лестницах и проходах, а также от обслуживающего персонала следует относить к длительным нагрузкам с их полными значениями.

2.3. Расчет конструкций и оснований следует выполнять с учетом наиболее неблагоприятных сочетаний нагрузок или соответствующих им усилий.

Сочетания должны устанавливаться из анализа реальных случаев одновременного действия нескольких нагрузок для рассматриваемой расчетной ситуации с учетом возможных различных схем приложения временных нагрузок или отсутствия некоторых из них.

2.4. В рассматриваемых расчетных ситуациях конструкции следует рассчитывать на сочетания нагрузок, установленные в СНиП 2.01.07.

Для основных сочетаний нагрузок понижающие коэффициенты сочетаний учитывать не следует. В особых сочетаниях расчетные значения кратковременных нагрузок или соответствующих им усилий следует умножать на коэффициент сочетаний $\psi = 0{,}8$.

2.5. Нормативные значения нагрузок и коэффициенты надежности по нагрузке следует принимать по табл. 2.

Нормативные значения нагрузок и коэффициенты надежности по нагрузке, не указанные в табл. 2, следует принимать по СНиП 2.01.07.

2.6. Нормативное значение динамической нагрузки от веса движущихся частей аттракциона с людьми, от виброактивного оборудования, а также возникающей при прохождении колес через стыки, неровности пути и от неточности направляющих для транспортных средств, от неуравновешенных частей механизмов и возможного дебаланса колес следует определять умножением нормативной нагрузки, определяемой по табл. 2, на коэффициент динамичности, равный 1,2.

Нормативное значение динамической нагрузки, возникающей в результате толчков или резкого торможения, следует определять умножением нормативной нагрузки, определяемой по табл. 2, на коэффициент динамичности, равный 1,5.

2.7. Динамический расчет конструкций на нагрузки от виброактивного оборудования (электродвигателей, подъемников и т. п.)

Таблица 2

Вид нагрузки	Нормативное значение нагрузки	Коэффициент надежности по нагрузке γ_f
1. Вес конструкции	По проектным размерам и плотности материалов	1,1
2. Вес стационарного оборудования и механизмов	По паспортным данным или рабочим чертежам	1,1
3. Вес движущихся частей аттракциона (кабин, транспортных средств и т. д.)	То же	1,2
4. Вес:		
взрослого человека	0,80 кН	1,2
ребенка	0,40 кН	1,2
5. Равномерно распределенная нагрузка от людей:		
на площадках в местах посадки, высадки и ожидания посетителей	5,0 кН/м^2	1,2
на лестницах для прохода посетителей	7,5 кН/м^2	1,2
на площадках и лестницах для обслуживающего персонала	1,0 кН/м^2	1,2
6. Равномерно распределенная и сосредоточенная горизонтальные нагрузки на поручни перил лестниц, площадок и балконов, предназначенных для:		
прохода посетителей	1,5 кН/м и 1 кН	1,2
обслуживающего персонала	0,3 кН/м и 0,3 кН	1,2

Примечание. Нормативные значения нагрузок от движущихся частей аттракциона, передающиеся на конструкции, следует определять в зависимости от веса движущихся частей с людьми с учетом траектории и скорости движения (т. е. с учетом возможных перегрузок).

допускается не производить. В этом случае при расчете элементов, на которые возможна передача динамических воздействий, для основного сочетания нагрузок следует ввести дополнительную статическую нагрузку, приложенную в плоскости возможных поперечных колебаний и равную $q = 0{,}3gm$, где g — ускорение силы тяжести, 9,8 м/с^2; m — приведенная погонная масса элемента, кг/м.

2.8. Нормативные значения нагрузок, возникающих в аварийной расчетной ситуации, в том числе импульсивных ударных, как правило, должны определяться расчетом на основе моделирования аварии с последующей проверкой испытанием.

Коэффициент надежности по нагрузке в этом случае следует принимать равным $\gamma_f = 1{,}0$.

2.9. Прогибы, выгибы и перемещения элементов и конструкций f следует определять от нормативных значений временных нагрузок.

Прогибы, выгибы и перемещения элементов и конструкций, как правило, не должны превышать их предельных значений f_u, приведенных в табл. 3.

Таблица 3

Элементы и конструкции	Предельное значение f_u	
	вертикального прогиба или выгиба	горизонтального перемещения
1 Изгибаемые, сжато-изгибаемые и сжатые элементы	$l/500$	—
2 Элементы путей под движущиеся транспортные средства	$l/800$	—
3. Конструкция в целом, рассматриваемая как консоль, защемленная в основании	—	$h/1000$

Обозначения, принятые в табл 3

l — пролет или длина элемента,

h — высота, равная расстоянию от низа опорной плиты до верха стальной конструкции.

Примечание Для консоли вместо l следует принимать удвоенный ее вылет

При обеспечении надежности конструкции согласно требованиям п. 4.9 предельные значения f_u допускается увеличивать по сравнению с приведенными в табл. 3, но во всех случаях принимать не более $2f_u$.

3. МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ КОНСТРУКЦИЙ И СОЕДИНЕНИЙ

3.1. При выборе стали для конструкций необходимо учитывать характеристики механических свойств сталей (временное сопротивление, предел текучести, ударную вязкость, пластичность), сопротивление усталостному и хрупкому разрушениям, свариваемость и стойкость против коррозии

В зависимости от условий эксплуатации элементы конструкций разделяют на три группы. Стали для стальных конструкций следует принимать по табл. 5 приложения 1.

3.2 Для сварных соединений конструкций следует применять электроды для ручной дуговой сварки по ГОСТ 9467, сварочную проволоку по ГОСТ 2246, флюсы по ГОСТ 9087, порошковую проволоку по ГОСТ 26271, углекислый газ по ГОСТ 8050 согласно табл. 6 приложения 1.

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

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

3.4. Для болтовых соединений следует применять стальные болты и гайки, удовлетворяющие требованиям ГОСТ 1759.0, ГОСТ 1759.4 и ГОСТ 1759.5, и шайбы, удовлетворяющие требованиям ГОСТ 18123.

3.5. Высокопрочные болты следует применять по ГОСТ 22353, ГОСТ 22356 и ТУ 14—4—1345; гайки и шайбы к ним — по ГОСТ 22354 и ГОСТ 22355.

3.6. Для подвесок следует применять стальные канаты по ГОСТ 3067 и стальные цепи по ГОСТ 2319.

3.7. Характеристики сталей, материалов для сварки; отливок, болтов, канатов и цепей, а также, в случае необходимости, дополнительные требования к ним по их поставке, следует указывать в проектно-технической документации и документации на заказ материалов.

3.8. Физические характеристики материалов, применяемых для конструкций, следует принимать согласно СНиП II—23.

3.9. Расчетные сопротивления проката, гнутых профилей и труб для различных видов напряженных состояний следует определять по формулам:

растяжение, сжатие и изгиб $R_y = R_{yn}/\gamma_m$;

сдвиг $R_s = 0{,}58R_{yn}/\gamma_m$;

смятие торцевой поверхности при наличии пригонки $R_p = R_{un}/\gamma_m$,

где R_{yn} — предел текучести стали ($\sigma_т$; $\sigma_{0,2}$);

R_{un} — временное сопротивление стали ($\sigma_в$);

γ_m — коэффициент надежности по материалу, принимаемый равным 1,1.

Значения R_{yn} и R_{un}, как правило, следует принимать по СНиП II—23; допускается значения $\sigma_т(\sigma_{0,2})$ и $\sigma_в$ принимать по соответствующим стандартам и техническим условиям на поставку проката.

Примечание. Размерности величин, используемых в стандарте, приведены в приложении 11.

3.10. Значения расчетных сопротивлений сварных и одноболтовых соединений следует принимать по СНиП II—23.

3.11. Значения расчетных сопротивлений отливок из углеродистой стали и серого чугуна следует принимать по СНиП II—23.

3.12. Значение расчетного усилия растяжению стального каната следует принимать равным значению разрывного усилия каната в целом, установленному государственными стандартами или техни-

ческими условиями на стальные канаты, деленному на коэффициент надежности по материалу $\gamma_m = 2{,}5$.

3.13. Значение расчетного усилия растяжению стальной цепи следует принимать равным значению разрывного усилия цепи в целом, установленному государственными стандартами или техническими условиями на стальные цепи, деленному на коэффициент надежности по материалу $\gamma_m = 2{,}5$.

4. РАСЧЕТ КОНСТРУКЦИЙ АТТРАКЦИОНОВ

4.1. При расчете элементов стальных конструкций механизированных аттракционов на прочность и устойчивость наибольшие напряжения в элементах конструкций, вычисленные от расчетных нагрузок и воздействий, в том числе с учетом коэффициента динамичности ξ, не должны превышать расчетных сопротивлений стали, деленных на коэффициент надежности по ответственности элементов γ_n.

Расчет на прочность и устойчивость при различных видах силовых воздействий на элементы следует выполнять согласно требованиям, приведенным в приложении 2.

4.2. Элементы конструкций, узлы и соединения элементов аттракционов, непосредственно воспринимающие многократно действующие подвижные, вибрационные или другого вида нагрузки с количеством циклов нагружений 10^5 и более, которые могут вызвать явление усталости, следует рассчитывать на выносливость.

При расчете на выносливость наибольшие напряжения в элементах конструкций не должны превышать допускаемых напряжений усталости, устанавливаемых в зависимости от применяемой стали, конструктивной схемы узла или соединения, технологии обработки деталей и образования отверстий, количества циклов нагружений, вида напряженного состояния и коэффициента асимметрии напряжений.

Расчет конструкций на выносливость следует выполнять согласно требованиям, приведенным в приложении 3.

4.3. Способность конструкций противостоять хрупкому разрушению, как правило, следует обеспечивать выполнением требований к выбору сталей и применению соответствующих конструктивно-технологических решений.

4.4. При расчете конструкций на жесткость прогибы, выгибы, перемещения и параметры колебаний от нормативных значений временных нагрузок не должны превышать предельных значений согласно п. 2.9.

Определение прогибов, выгибов, перемещений и параметров колебаний конструкций следует выполнять в предположении упругих деформаций стали без учета ослабления сечений отверстиями для болтов.

При определении перемещений конструкций с болтовыми соединениями при необходимости следует учитывать влияние сдвигов

в соединениях путем умножения нормативных значений временных нагрузок на коэффициент 1,2.

Расчет конструкций на жесткость следует выполнять согласно требованиям, приведенным в приложении 4.

4.5. Элементы конструкций и их соединения на динамические нагрузки, возникающие при ударе движущихся частей аттракционов с людьми об упоры, допускается рассчитывать на эквивалентные статические нагрузки, значения которых следует определять согласно приложению 5.

4.6. При отклонении принимаемой расчетной схемы от действительных условий работы элементов и соединений, а также при наличии других факторов, не отражаемых непосредственно в расчетах, расчетные сопротивления следует умножать на коэффициенты условий работы $\gamma_d < 1$, устанавливаемые на основе экспериментальных и теоретических исследований.

Для расчета некоторых элементов и соединений конструкций коэффициенты условий работы γ_d приведены в СНиП II—23 (где они обозначены γ_c или γ_b).

4.7. Элементы и соединения конструкций, не указанные в настоящем стандарте, допускается рассчитывать по СНиП II—23, принимая значение расчетного сопротивления с учетом коэффициента γ_n (R_y/γ_n).

4.8. Расчетные усилия в элементах конструкций следует определять на основе статического расчета системы, как правило, в предположении недеформированной схемы и упругих деформаций стали.

При определении общих горизонтальных перемещений конструкции следует учитывать деформированную схему системы.

Для аттракционов различных видов (карусели, колеса обозрения, аттракционы с использованием рельсовых транспортных средств и др.) расчетные усилия допускается определять на основе стандарта ФРГ DIN 4112.

4.9. Элементы и соединения конструкций должны иметь суммарный коэффициент надежности, не ниже определяемого по табл. 13 приложения 6.

Элементы, детали и соединения конструкций, не указанные в настоящем стандарте или СНиП II—23, допускается рассчитывать на основе соответствующих нормативных документов, в том числе справочной литературы и накопленного опыта проектирования аттракционов, обеспечивая при этом суммарный коэффициент надежности не ниже требуемого в табл. 13 приложения 6.

5. РАСЧЕТНЫЕ ДЛИНЫ И ПРЕДЕЛЬНЫЕ ГИБКОСТИ

5.1. Расчетные длины элементов стержневых конструкций следует определять в зависимости от условий закрепления концов элемента, вида и характера продольной нагрузки.

5.2. Для плоских стержневых конструкций расчетные длины следует определять как в плоскости системы, так и из этой плоскости.

5.3. При определении расчетных длин элементов пространственных стержневых конструкций необходимо учитывать схемы решеток в смежных гранях, а для элементов из одиночных уголков устанавливать плоскость, в которой происходит потеря устойчивости.

5.4. Расчетные длины сжатых элементов следует определять согласно требованиям, приведенным в приложении 7.

5.5. Расчетные длины растянутых элементов следует определять как расстояние между точками, закрепленными от смещения.

5.6. Гибкости элементов конструкций, как правило, не должны превышать предельных значений, приведенных в табл. 4.

Таблица 4

Элементы и конструкции	Предельная гибкость λ_u
1. Сжатые элементы:	
стволы башен обозрения и для прыжков с парашютом, основные опоры колес обозрения, каруселей	120
стойки, пояса и решетки основных несущих конструкций колес обозрения, каруселей, каталных гор	160
связевые и другие элементы	200
2. Растянутые элементы при нагрузках:	
статических	400
динамических	300

Примечание. Для элементов и конструкций, непосредственно воспринимающих динамические нагрузки, значения предельных гибкостей для исключения резонанса следует, при необходимости, уменьшать с учетом параметров колебаний.

При обеспечении надежности конструкции согласно требованиям п. 4.9 предельные значения гибкости сжатых элементов допускается увеличивать по сравнению с приведенными в табл. 4, но не более чем на 25 %.

6. РАСЧЕТ И КОНСТРУИРОВАНИЕ СОЕДИНЕНИЙ

6.1. Сварные и болтовые соединения элементов конструкций следует, как правило, проектировать равнопрочными с соединяемыми элементами.

Допускается проектировать соединения на действие фактических расчетных усилий в элементах.

6.2. Соединения элементов конструкций, не указанные в настоящем стандарте, допускается рассчитывать и конструировать с учетом требований пп. 4.7 и 4.9.

6.3. Сварные соединения

6.3.1. При действии на сварное соединение продольной силы распределение напряжений по длине сварного шва следует принимать равномерным.

6.3.2. При действии на сварное соединение изгибающего момента распределение напряжений по длине сварного шва следует принимать пропорциональным расстояниям от центра тяжести соединения до рассматриваемого сечения шва.

6.3.3. Сварные швы при одновременном действии продольной силы и момента следует рассчитывать на равнодействующую напряжений, вычисленных от продольной силы и момента.

6.3.4. При расчете сварных швов допускается не учитывать эксцентриситеты, возникающие в соединяемых элементах и зависящие от их толщины.

6.3.5. Стыковые соединения следует рассчитывать на прочность в пределах упругих деформаций согласно требованиям п. 4.1 с учетом расчетных сопротивлений для стыковых сварных соединений.

В стыковых швах при одновременном действии нормальных и срезывающих напряжений необходимо проверять приведенные напряжения, учитывающие связь между компонентами напряженного состояния шва.

Стыковые швы рассчитывать не следует, если расчетные сопротивления основного металла и металла шва одинаковы, а сварка выполнена с полным проплавлением и концы швов выведены за пределы стыка.

6.3.6. Сварные угловые швы необходимо рассчитывать на срез (условный) по расчетным сечениям металла шва с учетом свариваемых сталей, сварочных материалов, технологии сварки и положения шва.

Сварные соединения с угловыми швами при одновременном действии срезывающих напряжений в двух направлениях, как правило, следует рассчитывать на равнодействующую этих напряжений.

6.3.7. Основные типы, конструктивные элементы и размеры сварных соединений следует принимать согласно требованиям ГОСТ 5264, ГОСТ 8713, ГОСТ 11533, ГОСТ 11534, ГОСТ 14771, ГОСТ 14776, ГОСТ 23518.

6.3.8. Расчет и конетруирование сварных соединений следует выполнять согласно требованиям, приведенным в приложении 8.

6.4. Болтовые соединения

6.4.1. Болтовые соединения следует рассчитывать на растяжение и срез болтов и на смятие соединяемых элементов.

Расчет на растяжение болтов следует выполнять по сечению «нетто» болта.

6.4.2. При действии на болтовое соединение продольной силы распределение этой силы между болтами, как правило, следует принимать равномерным.

6.4.3. При действии на болтовое соединение изгибающего момента распределение усилий на болты следует принимать пропорционально расстояниям от центра тяжести соединения до рассматриваемого болта.

При действии момента в плоскости соединения расчет следует выполнять на срез болтов и на смятие соединяемых элементов. При действии момента в плоскости, перпендикулярной плоскости соединения, болты следует рассчитывать на растяжение.

6.4.4. Болты при одновременном действии продольной силы и момента следует рассчитывать на равнодействующее усилие.

6.4.5. Болты, подвергающиеся одновременному срезу и растяжению, следует рассчитывать как при раздельном, так и совместном действии указанных силовых факторов.

6.4.6. Расчет на прочность соединяемых элементов, ослабленных отверстиями для болтов, следует выполнять согласно требованиям п. 4.1.

6.4.7. Резьба болта, работающего на срез, должна находиться вне пакета соединяемых элементов.

6.4.8. Для болтов следует предусматривать меры против самоотвинчивания, а в необходимых случаях против отвинчивания болтов посторонними лицами.

6.4.9. Расчет и конструирование болтовых соединений следует выполнять согласно требованиям, приведенным в приложении 9.

6.5. Фрикционные соединения

6.5.1. Осевое усилие натяжения болта во фрикционном соединении следует принимать в зависимости от характеристик механических свойств стали болтов и площади сечения «нетто» болта.

6.5.2. Фрикционные соединения, как правило, следует рассчитывать в предположении передачи усилий трением по соприкасающимся плоскостям соединяемых элементов.

Распределение между болтами действующей на соединение продольной силы следует принимать равномерным.

6.5.3. Расчетное усилие, которое может быть воспринято каждой поверхностью трения соединяемых элементов, стянутых одним болтом, следует определять в зависимости от осевого усилия натяжения болта, коэффициента трения соединяемых элементов и характера нагрузки (статическая, динамическая или ударная).

6.5.4. Расчет на прочность сечений соединяемых элементов, работающих на трение и ослабленных отверстиями для болтов, следует выполнять в соответствии с требованиями п. 4.1 с учетом того, что половина усилия, приходящегося на каждый болт в рассматриваемом сечении, передается силами трения.

6.5.5. Расчет и конструирование фрикционных соединений следует выполнять согласно требованиям, приведенным в приложении 9.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1
Обязательное

СТАЛИ ДЛЯ КОНСТРУКЦИЙ

Элементы конструкций следует разделять на группы:

1 — элементы и детали, работающие в особо тяжелых условиях и непосредственно воспринимающие динамические или вибрационные нагрузки (элементы пути для рельсовых транспортных средств или каруселей; соединительные фланцы; элементы, соединяющие секции пути между собой и со стойками и т. п.);

2 — элементы и детали, работающие в основном при статических нагрузках (стойки и их соединительные детали; посадочные площадки; лестницы; конструкции, поддерживающие механизмы и оборудование, и т. п.);

3 — вспомогательные и слабо нагруженные элементы и детали (связи стоек и их соединительные детали, элементы наземного каркаса, кроме указанных в группах 1 и 2, и т. п.).

Стали для элементов конструкций и дополнительные требования к ним приведены в табл. 5.

Таблица 5

Стали для конструкций

Марка стали по стандарту, сталь	Вид проката, трубы	Обозначение нормативно-технической документации	Категория, группа или класс стали для группы конструкций			Дополнительные требования
			1	2	3	
Ст3сп по ГОСТ 380	Листовой	ГОСТ 14637	Кат. 5	Кат. 4	—	Примеч. 2
	Фасонный, сортовой	ГОСТ 535	»	»	—	»
	Трубы	ГОСТ 10705	—	—	Гр. В	Примеч. 2, 3
Ст3пс по ГОСТ 380	Листовой	ГОСТ 14637	—	Кат. 4	Кат 3	Примеч 2
	Фасонный, сортовой	ГОСТ 535	—	»	»	»
	Трубы	ГОСТ 10705	—	—	Гр. В	Примеч. 2, 3
20 по ГОСТ 1050	Сортовой	ГОСТ 1050	+	+	—	Примеч. 4
	Трубы	ГОСТ 8731	Гр. В	Гр. В	—	Примеч. 2,
	»	ГОСТ 10705	—	—	Гр. В	Примеч. 2, 3
С245	Листовой, фасонный	ГОСТ 27772	—	+	+	—
С255, С285	»	»	+	—	—	Примеч. 5
С345, С375	»	»	Кат. 3	—	—	»
09Г2С, 09Г2, 10Г2С1, 14Г2	Листовой, фасонный сортовой	ГОСТ 19281	Кат. 12	—	—	»
09Г2С, 10Г2С1, 14Г2АФ по ГОСТ 19281	Листовой	ТУ 14—1—4431	Кл. 3	—	—	—
		ТУ 14—227—237	+	—	—	—

Примечания:

1. Знак «+» означает, что данную сталь применяеть следует, знак «—» — «не следует», независимо от категории, группы или класса стали;

2. Для сварных конструкций содержание углерода не должно превышать 0,22 %.

3. Трубы термически обработанные.

4. Ударная вязкость для труб и сортового проката в конструкциях всех групп $KCU^{-20} \geqslant 30$ Дж/см^2.

5. Для фланцев относительное сужение при растяжении в направлении толщины проката $\psi_z \geqslant 15$ %.

6. При технико-экономическом обосновании допускается применение сталей с более высокими требованиями, чем для рассматриваемой группы (2 или 3).

7. Прокат толщиной менее 5 мм из стали С235 допускается применять для конструкций всех групп.

8. Бесшовные горячедеформированные трубы, изготовленные из слитков, имеющих маркировку с литером «Л», применять не следует.

Таблица 6

Материалы для сварки

Марки стали	Электродные материалы для сварки		
	Типы электродов по ГОСТ 9467	Марки сварочной проволоки по ГОСТ 2246	
		для сварки в углекислом газе по ГОСТ 8050	для сварки под флюсом по ГОСТ 9087
Ст3сп, Ст3пс, 20, С245, С255, С285	Э42, Э42А, Э46, Э46А, Э50, Э50А	Св-08Г2С	Св-08А, Св-08ГА
С345, С375, 09Г2, 09Г2С, 10Г2С1, 14Г2, 14Г2АФ*	Э46, Э46А, Э50, Э50А	Св-08Г2С	Св-08ГА, Св-10ГА

* Применение сварочных материалов требует специального обоснования; при ручной сварке должны применяться электроды типа Э50А.

Примечание. При соответствующем технико-экономическом обосновании для сварки конструкций разрешается использовать материалы, не указанные в таблице. При этом механические свойства металла шва, выполняемого с их применением, должны быть не ниже свойств, обеспечиваемых применением материалов согласно таблице.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2
Обязательное

РАСЧЕТ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИЙ НА ПРОЧНОСТЬ И УСТОЙЧИВОСТЬ

1. Центрально растянутые и сжатые элементы

1.1. Расчет на прочность элементов, подверженных центральному растяжению или сжатию силой N, следует выполнять по формуле

$$\frac{N}{A_n} \leqslant \frac{R_y}{\gamma_n}, \qquad (1)$$

где A_n — площадь сечения «нетто»;

R_y — расчетное сопротивление стали, определяемое согласно п. 3.9;

γ_n — коэффициент надежности по ответственности элементов, принимаемый по табл. 1.

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

$$\frac{N}{\varphi A} \leqslant \frac{R_y}{\gamma_n}, \qquad (2)$$

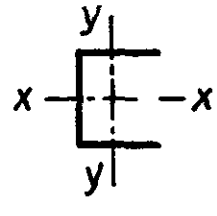
где A — площадь сечения «брутто»,

φ — коэффициент устойчивости при сжатии, определяемый по табл. 7.

Таблица 7

$\bar{\lambda}(\bar{\lambda}_{ef})$	0	1	2	3	4	5	6
φ	1,000	0,948	0,826	0,643	0,453	0,304	0,211
$\bar{\lambda}(\bar{\lambda}_{ef})$	7	8	9	10	11	12	14
φ	0,155	0,119	0,094	0,076	0,063	0,053	0,039

Обозначения, принятые в таблице $\bar{\lambda} = \lambda\sqrt{R_y/E}$; $\bar{\lambda}_{ef} = \lambda_{ef}\sqrt{R_y/E}$

1.3. Для сжатых элементов открытого сечения типа 

, кроме расчетов по формуле (2) в двух главных плоскостях, следует проверять устойчивость при изгибно крутильной форме по СНиП II—23.

1.4. Для сквозных стержней из уголков с четырьмя плоскостями планок или решеток приведенную гибкость λ_{ef} следует определять по формулам:

для стержня с планками

$$\lambda_{ef} = \sqrt{\lambda^2_{max} + 0{,}82[(1+n_1)\lambda^2_{в1} + (1+n_2)\lambda^2_{в2}]}; \qquad (3)$$

для стержня с решетками

$$\lambda_{ef}=\sqrt{\lambda_{max}^2+\left(\alpha_1+\alpha_2\frac{A_{d1}}{A_{d2}}\right)\frac{A}{A_{d1}}}\ , \qquad (4)$$

где

$$n_1=\frac{J_{в1}b_1}{J_{s1}l_в}\ ;\quad n_2=\frac{J_{в2}b_2}{J_{s2}l_в}\ ;\quad \alpha_1=\frac{10d_1^3}{b_1^2l_в}\ ;\quad \alpha_2=\frac{10d_2^3}{b_2^2l_в}\ ;$$

λ_{max} — наибольшая из гибкостей сквозного стержня,
$\lambda_{в1}$, $\lambda_{в2}$ — гибкости отдельных ветвей;
A — площадь сечения всего стержня;
A_{d1}, A_{d2} — площади поперечных сечений раскосов;
$J_{в1}$, $J_{в2}$ — моменты инерции сечения двух ветвей (из уголков);
J_{s1}, J_{s2} — моменты инерции сечения планок;
b, d, $l_в$ — соответственно расстояние между ветвями, длина раскоса, длина ветви в сквозном стержне.

Для сквозных стержней с двумя плоскостями планок или решеток в формулах (3) и (4) следует принять $\lambda_{max}=\lambda_y$; $\lambda_{в2}=0$ и $\alpha_2=0$ (здесь λ_y — гибкость сквозного стержня в плоскости, перпендикулярной свободной оси).

Предельную гибкость отдельных ветвей следует принимать для сквозных стержней с планками — 50, с решетками — 100.

1.5. Соединительные элементы в сквозных центрально сжатых стержнях следует рассчитывать на условную поперечную силу Q_{fic}, определяемую по табл. 8.

Таблица 8

R_y, кН/см²	23—25	26—28	29—33	34—38	39—43
Q_{fic}, кН	0,25A	0,30A	0,37A	0,45A	0,54A

Обозначение, принятое в таблице: A — площадь сечения всего стержня, см².

1.6. В сквозных стержнях, кроме расчета всего стержня в целом, необходимо проверять устойчивость отдельных ветвей на участках между узлами.

1.7. Устойчивость стенок и поясов центрально сжатых стержней следует считать обеспеченной, если значения условной гибкости стенки $\bar{\lambda}_w=(h_{ef}/t_w)\sqrt{R_y/E}$ и пояса $\bar{\lambda}_f=(b_{ef}/t_f)\sqrt{R_y/E}$ не превышают предельных значений $\bar{\lambda}_{uw}$ и $\bar{\lambda}_{uf}$, определяемых по формулам табл. 9.

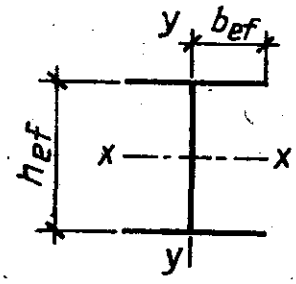
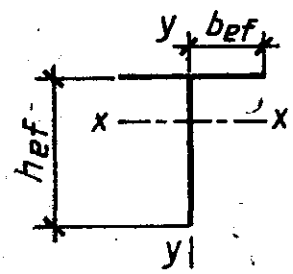
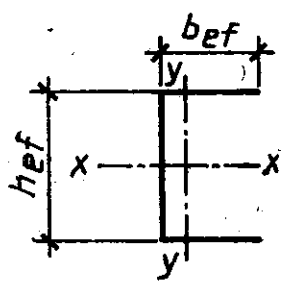
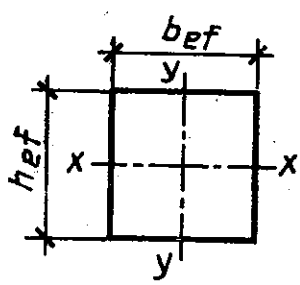
Для свесов поясов, окаймленных ребрами, значения $\bar{\lambda}_{uf}$, определяемые по формуле табл. 9, следует умножить на коэффициент 1,6.

Для гнутых элементов с полками, окаймленных ребрами и усиленными планками или решеткой, значения $\bar{\lambda}_u$, определяемые по формуле табл. 9, следует умножить на коэффициент 2.3.

Для сжатых элементов из круглых труб отношение диаметра трубы d к толщине стенки t не должно превышать $3\sqrt{E/R_y}$.

1.8. Значения $\bar{\lambda}_{uw}$ и $\bar{\lambda}_{uf}$, определяемые по формулам табл. 9, допускается увеличить умножением на коэффициент $\sqrt{\frac{\varphi AR_y}{N\gamma_n}}$, но не более, чем в 1,25 раза.

Таблица 9

Тип сечения	$\bar{\lambda}_{uw}$	$\bar{\lambda}_{uf}$
	$\bar{\lambda}_{uw} = 1{,}3+0{,}3\bar{\lambda} \leqslant 2{,}5$	
	$\bar{\lambda}_{uw} = 0{,}5+0{,}07\bar{\lambda} \leqslant 0{,}8$	$\bar{\lambda}_{uf} = 0{,}4+0{,}06\bar{\lambda} \leqslant 0{,}6$
	$\bar{\lambda}_{uw} = 1{,}1+0{,}12\bar{\lambda} \leqslant 1{,}6$	
		$\bar{\lambda}_{uf} = 1{,}1+0{,}12\bar{\lambda} \leqslant 1{,}6$

Обозначение, принятое в таблице: $\bar{\lambda}$ — условная гибкость элемента, принимаемая в расчете на устойчивость при центральном сжатии

2. Изгибаемые элементы

2.1. Расчет на прочность элементов, изгибаемых в одной из главных плоскостей, следует выполнять по формулам:

для нормальных напряжений

$$\frac{M}{W_{n,min}} \leqslant \frac{R_y}{\gamma_n}; \qquad (5)$$

для касательных напряжений

$$\tau = \frac{QS}{Jt} \leqslant \frac{R_s}{\gamma_n}\ ; \qquad (6)$$

для приведенных напряжений

$$\sqrt{\sigma_x^2 - \sigma_x\sigma_y + \sigma_y^2 + 3\tau_{xy}^2} \leqslant \frac{R_y}{\gamma_n}\ , \qquad (7)$$

где $W_{n,min}$ — меньший момент сопротивления сечения «нетто»;

S — статический момент сдвигаемой части сечения «брутто» относительно центральной оси;

J — момент инерции сечения «брутто»;

R_s — расчетное сопротивление стали, определяемое согласно п. 3;

$\sigma_x = \frac{M}{J_{xn}}\, y$ — нормальные напряжения, параллельные оси балки;

σ_y — то же, перпендикулярные оси балки;

τ_{xy} — касательные напряжения, вычисляемые по формуле (6).

2.2. Расчет на устойчивость элементов, изгибаемых в плоскости стенки, следует выполнять по формуле

$$\frac{M}{\varphi_b W_c} \leqslant \frac{R_y}{\gamma_n}\ , \qquad (8)$$

где W_c — момент сопротивления сечения «брутто», определяемый для сжатого пояса;

φ_b — коэффициент, определяемый по формуле

$$\varphi_b = \psi \frac{J_y}{J_x}\left(\frac{h}{l}\right)^2 \frac{E}{R_y} \qquad (9)$$

и принимаемый не более 0,9.

Для балок из прокатных двутавров без закреплений сжатого пояса в пролете коэффициент ψ следует определять по формулам табл. 10.

Таблица 10

Вид нагрузки в пролете	Нагруженный пояс	Формулы для	
		параметра α	коэффициента ψ при $0{,}1 \leqslant \alpha \leqslant 40$
1. Сосредоточенная	Верхний	$\alpha = 1{,}54 \frac{J_t}{J_y}\left(\frac{l}{h}\right)^2$	$\psi = 1{,}75 + 0{,}09\alpha$
	Нижний		$\psi = 5{,}05 + 0{,}09\alpha$
2. Равномерно распределенная	Верхний		$\psi = 1{,}6 + 0{,}08\alpha$
	Нижний		$\psi = 3{,}8 + 0{,}08\alpha$

Обозначения, принятые в таблице:

J_t — момент инерции сечения при кручении;

l — пролет балки;

h — полная высота сечения

Для балок швеллерного сечения коэффициент φ_b следует определять как для балок двутаврового сечения, а вычисленные значения φ_b умножать на 0,7.

2.3. При закреплении сжатого пояса балки от поперечных смещений в соот-

ветствии с требованиями СНиП II—23 расчет его на устойчивость выполнять не требуется.

2.4. Устойчивость стенок балок симметричного сечения, укрепленных поперечными ребрами жесткости, следует считать обеспеченной, если выполнено условие

$$\sqrt{\left(\frac{\sigma}{\sigma_{cr}}\right)^2+\left(\frac{\tau}{\tau_{cr}}\right)^2}\leqslant\frac{1}{\gamma_n}\ , \qquad (10)$$

где $\sigma=\frac{M}{W}$ — наибольшее сжимающее нормальное напряжение в стенке;

$\tau=\frac{Q}{t_w h_w}$ — среднее касательное напряжение в стенке;

$\sigma_{cr}=30\frac{R_y}{\overline{\lambda}_w^2}$ — критическое нормальное напряжение;

$\tau_{cr}=10{,}3\left(1+\frac{0{,}76}{\mu^2}\right)\frac{R_s}{\overline{\lambda}_d^2}$ — критическое касательное напряжение;

μ — отношение большей стороны отсека к меньшей;

$\overline{\lambda}_d=(d/t_w)\sqrt{R_y/E}$ (d — меньшая из сторон отсека).

2.5. Устойчивость сжатых поясов балок следует считать обеспеченной, если значения условной гибкости свеса пояса $\overline{\lambda}_f$ не превышают предельных значений, равных $\overline{\lambda}_{uf}=0{,}5\sqrt{R_y/\sigma_c}$ ($\sigma_c=M/W_{nc}$ — напряжение в сжатом поясе балки).

Для изгибаемых элементов из круглых труб отношение диаметра трубы d к толщине стенки t не должно превышать $3\sqrt{E/R_y}$.

2.6. Элементы, изгибаемые в двух главных плоскостях, следует рассчитывать по формулам:

на прочность

$$\frac{M_x}{J_{xn}}y\pm\frac{M_y}{J_{yn}}x\leqslant\frac{R_y}{\gamma_n}\ ; \qquad (11)$$

на устойчивость

$$\frac{M_x}{\varphi_b W_{xc}}+\frac{M_y}{W_y}\leqslant\frac{R_y}{\gamma_n}\ , \qquad (12)$$

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

φ_b — коэффициент, определяемый согласно п. 2.2.

3. Элементы, подверженные действию осевой силы с изгибом

3.1. Расчет на прочность элементов, подверженных действию осевой силы с изгибом, следует выполнять по формуле

$$\frac{N}{A_n}\pm\frac{M_x}{J_{xn}}y\pm\frac{M_y}{J_{yn}}x\leqslant\frac{R_y}{\gamma_n}\ , \qquad (13)$$

где x и y — расстояния от главных осей до рассматриваемой точки сечения.

3.2. Расчет на устойчивость внецентренно сжатых стержней постоянного сечения в плоскости действия момента, совпадающей с плоскостью симметрии, следует выполнять по формуле

$$\frac{N}{\varphi_e A}\leqslant\frac{R_y}{\gamma_n}\ . \qquad (14)$$

Коэффициент φ_e следует определять по формуле

$$\varphi_e = \frac{1}{2\bar{\lambda}^2}\left(\delta - \sqrt{\delta^2 - 4\pi^2\bar{\lambda}^2}\right). \qquad (15)$$

где $\delta = \pi^2(m+1) + \bar{\lambda}^2$;

$m = \frac{MA}{NW_c}$; $\bar{\lambda} = \lambda\sqrt{R_y/E}$ — для стержней сплошностенчатого сечения;

$m = \frac{MAa}{NJ}$; $\bar{\lambda} = \bar{\lambda}_{ef} = \lambda_{ef}\sqrt{R_y/E}$ — для сквозных стержней;

W_c — момент сопротивления сечения для наиболее сжатого волокна;

a — расстояние от оси сечения до оси наиболее сжатой ветви.

Для стержней несимметричного сечения (типов ) коэффициент φ_e, кроме определения его по формуле (15), следует определять также и по формуле

$$\varphi_e = \frac{1}{2\bar{\lambda}^2}\left(-\delta_1 + \sqrt{\delta_1^2 + 4\pi^2\bar{\lambda}^2}\right), \qquad (16)$$

где $\delta_1 = \pi^2\left(m\frac{W_c}{W_t} - 1\right) + \bar{\lambda}^2$;

W_t — момент сопротивления сечения для растянутого волокна.

3.3. Расчетные значения изгибающего момента M и продольной силы N в стержне следует определять из расчета системы по недеформированной схеме в предположении упругих деформаций стали и принимать при одном и том же сочетании нагрузок.

При действии на концах стержня разных изгибающих моментов расчетное значение M следует определять по формуле

$$M = M_1\left(0{,}67 + 0{,}33\,\frac{M_2}{M_1}\right) \geqslant 0{,}5M_1, \qquad (17)$$

где M_1 — больший из моментов на концах стержня;

M_2 — момент на другом конце стержня.

3.4. Расчет на устойчивость внецентренно сжатых стержней постоянного сечения из плоскости действия момента при изгибе их в плоскости наибольшей жесткости ($J_x > J_y$), совпадающей с плоскостью симметрии, следует выполнять по формуле

$$\frac{N}{\varphi_y CA} < \frac{R_y}{\gamma_n}. \qquad (18)$$

Коэффициент C следует определять по формулам:

при $m_x \leqslant 5$ $\quad C = \beta/(1 + \alpha m_x)$; $\qquad (19)$

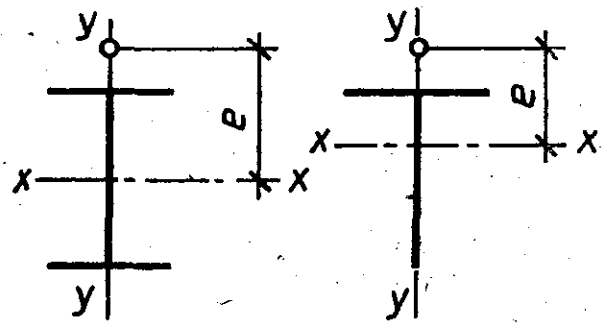
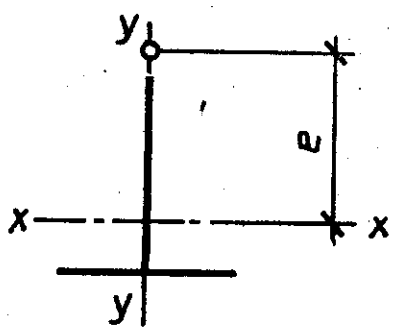
при $m_x \geqslant 10$ $\quad C = 1/(1 + m_x\varphi_y/\varphi_b)$. $\qquad (20)$

Для значений $5 < m_x < 10$ коэффициент C следует определять по линейной интерполяции.

Коэффициенты α и β следует определять по формулам табл. 11.

При расчете по формуле (18) для стержней с концами, закрепленными от смещения перпендикулярно плоскости действия момента, расчетный момент M следует определять по формуле (17).

Таблица 11

Тип сечений	Значения коэффициентов		
	α при	β при	
	$0 \leqslant m_x \leqslant 5$	$\overline{\lambda}_y \leqslant 3{,}14$	$\overline{\lambda}_y > 3{,}14$
	$0{,}65+0{,}05m_x$	1	$\sqrt{\varphi_c/\varphi_y}$
	1	1	1

Обозначение, принятое в таблице: φ_c — значение φ_y при $\overline{\lambda}_y = 3{,}14$.

При гибкости $\overline{\lambda}_y > 3{,}14$ коэффициент C не должен превышать значений C_{max}, определяемых по СНиП II—23.

Стержни швеллерного сечения допускается рассчитывать по формулам (19), (20) и табл. 11, умножив m_x на коэффициент 1,25.

3.5. Расчет на устойчивость сплошностенчатых стержней, подверженных изгибу в двух главных плоскостях, при совпадении плоскости наибольшей жесткости ($J_x > J_y$) с плоскостью симметрии следует выполнять по формуле

$$\frac{N}{\varphi_{ey}\sqrt[4]{C}\,A} \leqslant \frac{R_y}{\gamma_n}, \qquad (21)$$

где φ_{ey} — коэффициент, определяемый по формулам (15) и (16) при $m = m_y$ и $\overline{\lambda} = \overline{\lambda}_y$;

C — коэффициент, определяемый по формулам (19) и (20).

Кроме расчета по формуле (21), следует выполнить проверки по формулам (14) и (18), принимая $M_y = 0$, а также по формуле (13) при $M_x \neq 0$ и $M_y \neq 0$.

3.6. При расчете на устойчивость сквозных внецентренно сжатых стержней в одной или двух главных плоскостях следует выполнить проверку устойчивости стержня в целом в плоскостях, параллельных плоскостям соединительных элементов, а также отдельных ветвей как центрально или внецентренно сжатых элементов.

Продольную силу в каждой ветви следует определять с учетом дополнительного усилия от моментов, действующих в плоскостях, параллельных плоскостям соединительных элементов; момент, действующий в плоскости, перпендикулярной материальной оси сечения, следует распределять между ветвями, пропорционально их жесткостям.

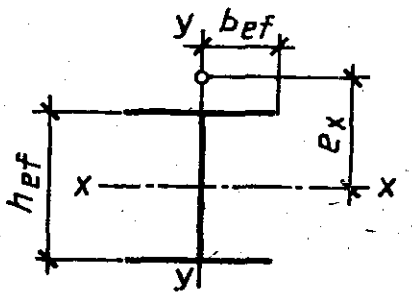
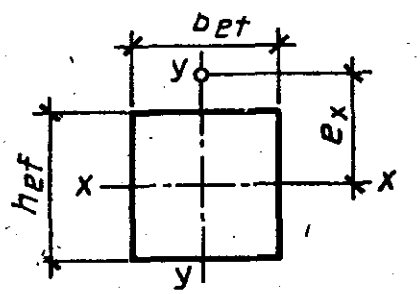
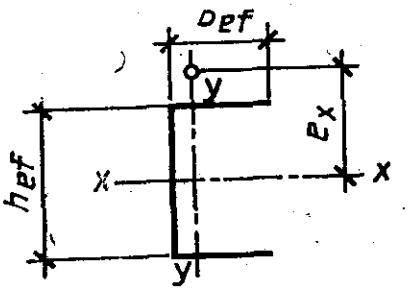
3.7. Соединительные элементы в сквозных внецентренно сжатых стержнях следует рассчитывать на сумму фактической и условной поперечных сил $(Q + Q_{fic})$.

3.8. Устойчивость стенок и поясов внецентренно сжатых стержней следует считать обеспеченной, если значения условной гибкости стенки $\bar{\lambda}_w$ и пояса $\bar{\lambda}_f$ не превышают соответствующих предельных значений $\bar{\lambda}_{uw}$ и $\bar{\lambda}_{uf}$, определяемых по формулам табл. 12.

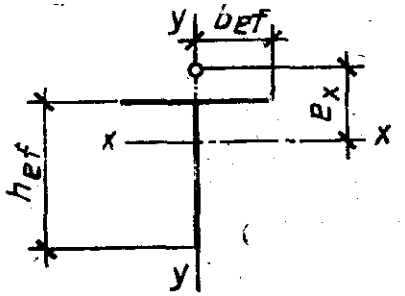
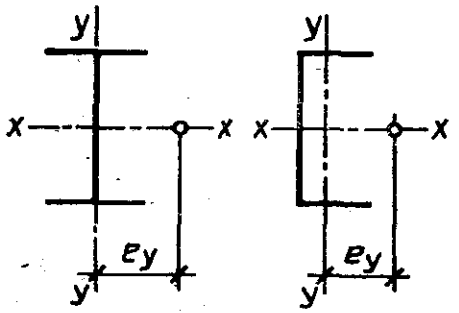
Для свесов, окаймленных ребрами, а также усиленных планками или решеткой, значения $\bar{\lambda}_{uf}$, определяемые по формулам табл. 12, следует увеличить согласно требованиям п. 1.7.

Для внецентренно сжатых элементов из круглых труб отношение диаметра трубы d к толщине стенки t не должно превышать $3\sqrt{E/R_y}$.

Таблица 12

Тип сечения	$\bar{\lambda}_{uw}$	$\bar{\lambda}_{uf}$
	$\bar{\lambda}_{uw} = \bar{\lambda}_{uw1} = 4{,}35 \times \sqrt{\frac{2\alpha - 1}{2 - \alpha + \sqrt{\alpha^2 + 4\beta^2}}} \leqslant$ $\leqslant 0{,}7 + 2{,}4\alpha$ (при $1 \leqslant \alpha \leqslant 2$)	$\bar{\lambda}_{uf} = \bar{\lambda}_{uf1} = 0{,}4 + 0{,}06\bar{\lambda}_x - 0{,}014 m_x$
		$\bar{\lambda}_{uf} = 1{,}1 + 0{,}12\bar{\lambda}_x - 0{,}04 m_x$
	$\bar{\lambda}_{uw} = 0{,}75\bar{\lambda}_{uw1} \leqslant$ $\leqslant 0{,}52 + 1{,}8\alpha$	$\bar{\lambda}_{uf} = 0{,}4 + 0{,}06\bar{\lambda}_x \leqslant 0{,}6$

Продолжение

Тип сечения	$\bar{\lambda}_{uw}$	$\bar{\lambda}_{uf}$
	$\bar{\lambda}_{uw} = 0{,}5+0{,}07\bar{\lambda}_x \leqslant 0{,}8$	$\bar{\lambda}_{uf} = \bar{\lambda}_{uf1}$
	$\bar{\lambda}_{uw} = 2/\sqrt{\varphi_{ey}} \leqslant 5{,}5$	$\bar{\lambda}_{uf} = 0{,}4+0{,}06\bar{\lambda}_y \leqslant 0{,}6$

Обозначения, принятые в таблице: $\alpha = 2m_x/(1+m_x-0{,}1\dfrac{N\bar{\lambda}_x^2}{ARy})$; $\beta = 1{,}4(2\alpha-1)\,Q/(t_w h_w R_y)$

Примечание. При $\alpha \leqslant 0{,}5$ значение $\bar{\lambda}_{uw1}$ следует определять по формулам табл. 9; при $0{,}5 < \alpha < 1$ — по линейной интерполяции.

3.9. Значения $\bar{\lambda}_{uw}$ и $\bar{\lambda}_{uf}$, определяемые по формулам табл. 12, допускается увеличить умножением на коэффициент $\sqrt{\varphi_m AR_y/(N\gamma_n)}$, но не более, чем в 1,25 раза (здесь φ_m — значение φ_{ex}, φ_{ey} или $\varphi_y C$, использованное при соответствующей проверке устойчивости стержня в целом).

4. Элементы, подверженные действию кручения

4.1. При расчете на прочность элементов, подверженных действию свободного кручения, касательные напряжения следует проверять по формуле

$$\tau_t = \frac{M_t}{W_{nt}} \leqslant \frac{R_s}{\gamma_n}, \qquad (22)$$

где M_t — крутящий момент свободного кручения, кН·см;

W_{nt} — момент сопротивления сечения «нетто» при кручении, см³.

4.2. При расчете на прочность элементов, подверженных действию стесненного кручения, напряжения следует проверять по формулам:

нормальные напряжения

$$\sigma_\omega = \frac{B}{W_\omega} \leqslant \frac{R_y}{\gamma_n}; \qquad (23)$$

касательные напряжения

$$\tau_\omega = \frac{M_\omega \, S_\omega}{J_\omega \, t} \leqslant \frac{R_s}{\gamma_n} , \qquad (24)$$

где B — изгибно-крутящий бимомент, кН · см²;

$W_\omega = J_\omega / \omega$ — секториальный момент сопротивления сечения, см⁴;

M_ω — крутящий момент стесненного кручения, кН · см;

J_ω — секториальный момент инерции сечения, см⁶;

S_ω — секториальный статический момент части площади сечения, см⁴;

ω — секториальная площадь, см².

4.3. При совместном действии нескольких силовых факторов необходимо проверять суммарные нормальные или касательные напряжения, а также приведенные напряжения по формуле (7).

ПРИЛОЖЕНИЕ 3
Обязательное

РАСЧЕТ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИЙ НА ВЫНОСЛИВОСТЬ

1. Расчет элементов конструкций, узлов и соединений на выносливость следует, как правило, выполнять на действие многократно повторяющихся нормативных значений нагрузок на базе $3{,}9 \times 10^6$ циклов нагружения по формуле

$$\sigma_{max} \leqslant \frac{0{,}77R_v}{\gamma_n}(1{,}7+\rho+0{,}3\rho^2), \qquad (25)$$

где σ_{max} — наибольшее по абсолютному значению напряжение в рассматриваемом элементе, вычисленное по сечению «нетто» без учета коэффициента динамичности и коэффициентов φ, φ_b, φ_e;

R_v — расчетное сопротивление усталости, принимаемое согласно СНиП II—23 в зависимости от временного сопротивления стали и групп элементов конструкций;

ρ — коэффициент асимметрии напряжений ($-1 \leqslant \rho \leqslant 1$).

2. Для элементов конструкций (деталей), не предусмотренных в СНиП II—23, расчет на выносливость допускается выполнять на действие нагрузок, указанных в п. 1, на базе 10^7 циклов нагружения по формуле

$$\sigma_{max} \leqslant \frac{\overline{\sigma}_{-1д}}{\gamma_n}(1-1{,}67v_{\sigma_{-1д}})(1{,}7+\rho+0{,}3\rho^2), \qquad (26)$$

где $\overline{\sigma}_{-1д}$ — среднее значение предела выносливости детали при симметричном цикле ($\rho=-1$), определяемое согласно ГОСТ 25504;

$v_{\sigma_{-1д}}$ — коэффициент вариации предела выносливости детали при симметричном цикле, определяемый согласно ГОСТ 25504;

3. Для элементов конструкций, узлов, соединений и деталей, не предусмотренных в СНиП II—23 и ГОСТ 25504, расчет на выносливость допускается выполнять по формуле (26), в которой значения $\sigma_{-1д}$ и $v_{\sigma_{-1д}}$ следует определять на основе экспериментальных или теоретических исследований, в том числе с использованием литературных данных и накопленного опыта проектирования аттракционов.

При отсутствии достаточных статистических данных значение коэффициента вариации допускается принять равным $v_{\sigma_{-1д}} = 0{,}15$.

ПРИЛОЖЕНИЕ 4
Обязательное

РАСЧЕТ КОНСТРУКЦИЙ НА ЖЕСТКОСТЬ

1. Расчет на жесткость элементов, подверженных центральному сжатию силой N, следует выполнять по формуле

$$f = \frac{0{,}0013l}{1-0{,}1N\bar{\lambda}^2/(AR_y)} \leqslant f_u, \qquad (27)$$

где f — выгиб элемента в середине длины;

N — сжимающая сила от нормативного значения временной нагрузки;

f_u — предельное значение выгиба, принимаемое согласно п. 2.9.

Для составных сквозных элементов в формуле (27) следует принимать $\bar{\lambda} = \bar{\lambda}_{ef}$.

2. Расчет на жесткость однопролетных балок следует выполнять по формулам:

при равномерно распределенной нагрузке q

$$f = \frac{5ql^4}{384EJ} \leqslant f_u; \qquad (28)$$

при сосредоточенной силе F в середине пролета

$$f = \frac{Fl^3}{48EJ} \leqslant f_u, \qquad (29)$$

где f — прогиб балки от нормативного значения временной нагрузки;

f_u — предельное значение прогиба, принимаемое согласно п. 2.9;

l — пролет балки.

Расчет на жесткость консолей следует выполнять по формулам:

при равномерно распределенной нагрузке

$$f = \frac{ql_1^4}{8EJ} \leqslant f_u; \qquad (30)$$

при сосредоточенной силе F на конце консоли

$$f = \frac{Fl_1^3}{3EJ} \leqslant f_u, \qquad (31)$$

где l_1 — вылет консоли.

3. Расчет на жесткость элементов, подверженных действию осевой силы с изгибом в одной из главных плоскостей, следует выполнять по формуле

$$f = \frac{f_0}{1-0{,}1N\bar{\lambda}^2/(AR_y)} \leqslant f_u, \qquad (32)$$

где f_0 — прогиб только от нормативного значения временной поперечной нагрузки.

Остальные обозначения такие же, как и в формуле (27).

При расчете внецентренно сжатого стержня по формуле (18), кроме расчета стержня в плоскости наибольшей жесткости по формуле (32), необходимо выполнить расчет на жесткость в плоскости меньшей жесткости как центрально сжатого стержня по формуле (27), принимая $l = l_y$, $\bar{\lambda} = \bar{\lambda}_y$.

4. Расчет на жесткость элементов, подверженных сжатию с изгибом в двух

главных плоскостях, следует выполнять раздельно в каждой из плоскостей с проверкой результирующего выгиба по формуле

$$\sqrt{f_x^2+f_y^2} \leqslant f_u, \qquad (33)$$

где f_x и f_y — соответственно выгиб элемента в каждой из главных плоскостей от нормативного значения временной нагрузки.

5. Кроме расчета отдельных элементов согласно пп. 1—4 настоящего приложения, следует выполнить расчет на жесткость конструкции в целом как единой системы по деформированной схеме в пределах упругих деформаций на действие нормативных значений временных нагрузок. Определяемые при этом горизонтальные перемещения f системы не должны превышать их предельных значений f_u, приведенных в табл. 3.

ПРИЛОЖЕНИЕ 5
Рекомендуемое

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭКВИВАЛЕНТНОЙ СТАТИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ ПРИ УДАРЕ ОБ УПОРЫ

Нормативное значение эквивалентной статической нагрузки, передающейся на конструкцию аттракциона при ударе движущихся частей аттракциона с людьми (кабин, транспортных средств и т. д.) об упоры, допускается определять по формуле

$$F=1{,}5v\sqrt{m/f}, \qquad (34)$$

где F — нормативное значение эквивалентной статической нагрузки, Н;
v — разность скоростей между движущейся частью аттракциона и упорным устройством в момент удара, м/с;
m — масса движущейся части аттракциона с людьми, кг;
f — податливость вдоль направления удара упорных устройств, передающих удар от движущейся части аттракциона на конструкцию, м/Н.

ПРИЛОЖЕНИЕ 6
Справочное

СИСТЕМА КОЭФФИЦИЕНТОВ НАДЕЖНОСТИ КОНСТРУКЦИЙ

Таблица 13

Коэффициент надежности				Учет в расчетах при нагрузках			
				статических		динамических	
Наименование	Обозначение	Пункт настоящего стандарта	Значение	Номера наименований	СКН*	Номера наименований	СКН*
1. По ответственности элемента	γ_n	1.11	1,1; 1,2; 1,5; 2,0	—	—	—	—
2. По нагрузке	γ_f	2.5	1,1; 1,2	—	—	—	—
3. Динамичности: при движении транспорта	ξ	2.6	1,2	—	—	—	—
при толчках, резком торможении и т. п.			1,5				
4. По выносливости	—	Приложение 3	$\frac{1}{0,77}=1,3$	—	—	1; 4	1,43—2,60**
5. По материалу стали	γ_m	3.9	1,1	1; 2; 5	1,33—2,64	1; 2; 3; 5	1,60—3,17 2,00—3,96
6. По материалу отливок из чугуна	«	3.11	3,0	1; 2; 6	3,63—7,2	1; 2; 3; 6	4,36—8,64 5,45—10,80
7. По материалу отливок из углеродистой стали	«	3.11	1,5	1; 2; 7	1,82—3,60	1; 2; 3; 7	2,18—4,32 2,73—5,40

Продолжение табл. 13

Коэффициент надежности				Учет в расчетах при нагрузках			
				статических		динамических	
Наименование	Обозначение	Пункт настоящего стандарта	Значение	Номера наименований	СКН*	Номера наименований	СКН*
8. По материалу канатов	γ_m	3.12	2,5	1; 2; 8	3,02—6,00	1; 2; 3; 8	4,53—9,00***
9. По материалу цепей	»	3.13	2,5	1; 2; 9	3,02—6,00	1; 2; 3; 9	4,53—9,00***
10. По материалу стыковых сварных соединений	»	3.10	1,1; 1,3	1; 2; 10	1,33—3,12	1; 2; 3; 10	1,60—3,73 2,00—4,68
11. По материалу угловых швов	»	3.10	2,30; 2,46	1; 2; 11	2,78—5,90	1; 2; 3; 11	3,34—7,08 4,17—8,85
12. По материалу болтов 4.8; 5.8	»	3.10	2,5	1; 2; 12	3,02—6,00	1; 2; 3; 12	3,62—7,20 4,53—9,00
13. По материалу болтов 8.8; 10.9	»	3.10	2,0	1; 2; 13	2,42—4,80	1; 2; 3; 13	2,90—5,76 3,63—7,20
14. По жесткости*4	—	2.9; Прилож. 4	1,0	—	1,0	—	1,0

* СКН — суммарный коэффициент надежности, определяют как отношение разрушающего (разрывного) усилия к усилию от нормативной нагрузки или как отношение предела текучести к напряжению от нормативной нагрузки.

** Определяют как отношение расчетного сопротивления усталости к напряжению от нормативной нагрузки.

*** Определяют только с учетом коэффициента динамичности $\xi = 1{,}5$.

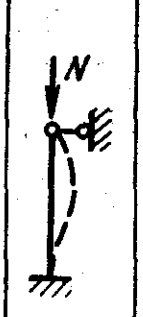
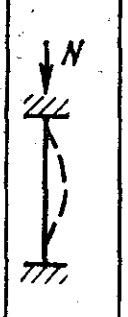
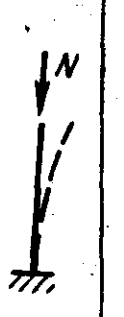
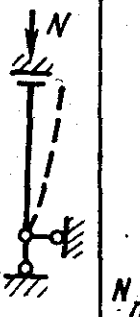
*4 Проверяют фактические прогибы и перемещения от нормативной нагрузки.

ПРИЛОЖЕНИЕ 7
Рекомендуемое

РАСЧЕТНЫЕ ДЛИНЫ СЖАТЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

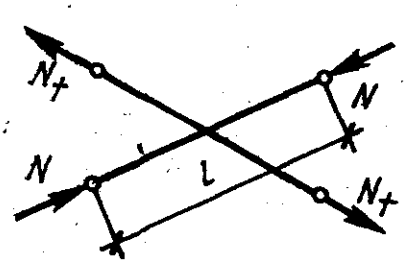
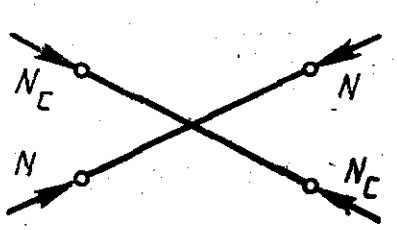
1. Коэффициенты расчетных длин μ сжатых элементов постоянного сечения в зависимости от условий закрепления концов и вида нагрузки следует принимать по табл. 14.

Таблица 14

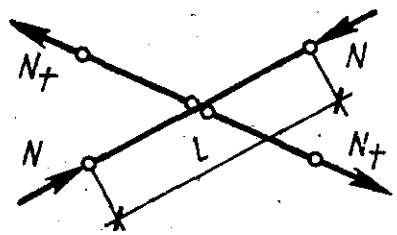
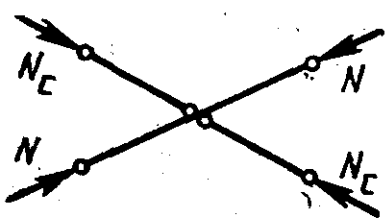
Схема закрепления элемента и вид нагрузки								
μ	1,0	0,7	0,5	2,0	1,0	2,0	0,725	1,12

2. Коэффициенты расчетных длин μ пересекающихся элементов одинаковой длины, скрепленных между собой, следует принимать по табл. 15.

Таблица 15

Схема конструкции	Коэффициенты μ	
	В плоскости конструкции	Из плоскости конструкции
	$\mu=0,5$	$\mu=0,7\sqrt{1-0,75N_t/N}\geqslant 0,5$
	$\mu=\mu_c=0,5$	$\mu=0,7\sqrt{1+N_c/N}$; $\mu_c=0,7\sqrt{1+N/N_c}$

Продолжение

Схема конструкции	Коэффициенты μ	
	В плоскости конструкции	Из плоскости конструкции
	$\mu=0,5$	$\mu=\sqrt{1-0,75N_t/N}\geqslant 0,5$
	$\mu=\mu_c=0,5$	$\mu=\sqrt{1+0,82N_c/N}$; $\mu_c=0,5$ при $EJ\geqslant 0,1N_c l^2\ (0,82+N/N_c)$

Обозначения, принятые в таблице:

$\mu=l_{ef}/l$ — коэффициент расчетной длины для рассматриваемого элемента;

$\mu_c=l_{ef,c}/l$ — то же, для поддерживающего элемента.

Примечание. Для двух последних схем конструкции поддерживающий элемент прерывается и перекрывается фасонкой.

3. Расчетные длины l_{ef} сжатых элементов плоских стержневых конструкций, за исключением элементов перекрестной решетки, следует принимать равными:

— в плоскости конструкции:

а) поясов, опорных раскосов и опорных стоек — l;

б) прочих элементов решетки — $0,8l$;

— из плоскости конструкции — l_1,

где l — геометрическая длина элемента в плоскости конструкции;

l_1 — расстояние между узлами, закрепленными от смещения из плоскости конструкции.

4. Расчетную длину l_{ef} элемента, по длине которого действуют сжимающие силы N_1 и N_2 ($N_1>N_2$), из плоскости конструкции следует вычислять по формуле

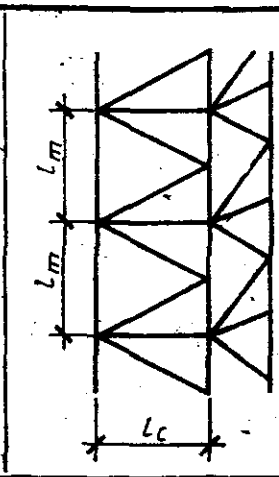
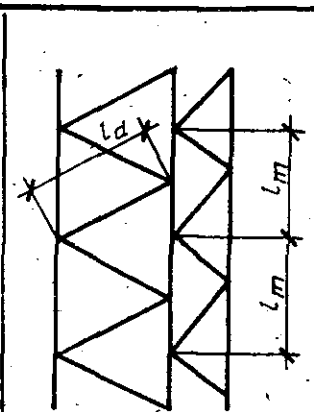
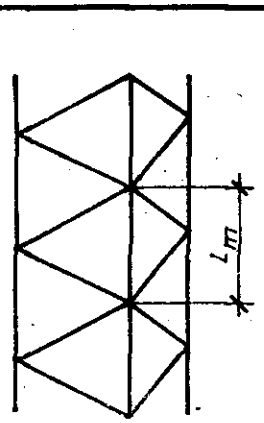
$$l_{ef}=l_1\left(0,75+0,25\frac{N_2}{N_1}\right)\geqslant 0,5l_1. \qquad (35)$$

5. Расчетные длины l_{ef} сжатых элементов пространственных конструкций из одиночных равнополочных уголков следует принимать по табл. 16.

Радиусы инерции i сечений этих элементов во всех случаях следует принимать равными i_{min}.

6. Коэффициенты расчетных длин μ сжатых стоек рамных конструкций в их плоскости следует определять по формулам табл. 17.

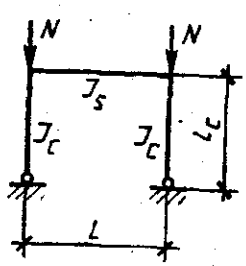
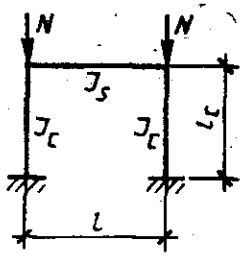
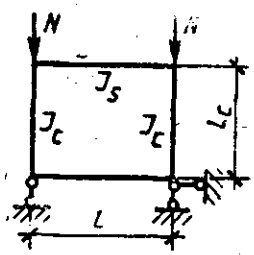
Таблица 16

Схема конструкции				
l_{ef}	поясов	$0{,}65l_m$	$0{,}75l_m$	l_m
	распорок	$0{,}8l_c$	—	—
	раскосов	$(1{,}3 - 3 \cdot 10^{-3}\lambda_d)\, l_d$ при $60 \leqslant \lambda_d \leqslant 160$		

Обозначение, принятое в таблице: $\lambda_d = l_d / i_{min}$.

Примечание. Для раскосов при $\lambda_d < 60$ или $\lambda_d > 160$ в формуле для l_{ef} следует принимать соответственно $\lambda_d = 60$ и $\lambda_d = 160$.

Таблица 17

Схема конструкции			
μ	$2\sqrt{1+\frac{0{,}38}{n}}$	$\sqrt{\frac{n+0{,}56}{n+0{,}14}}$	$\frac{(n+0{,}63)\sqrt{n+0{,}28}}{\sqrt{n(n^2+0{,}9n+0{,}1)}}$ (при $n > 0{,}2$)

Обозначение, принятое в таблице: $n = \frac{J_s l_c}{l J_c}$

ПРИЛОЖЕНИЕ 8
Обязательное

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

1. Сварные стыковые соединения при центральном сжатии или растяжении силой N следует рассчитывать по формуле

$$\frac{N}{tl_w} \leqslant \frac{R_{wy}}{\gamma_n}, \qquad (36)$$

где t — наименьшая толщина соединяемых элементов;

l_w — расчетная длина шва;

R_{wy} — расчетное сопротивление стыковых сварных соединений растяжению, сжатию и изгибу.

Стыковые соединения листовых деталей следует, как правило, выполнять прямыми с полным проваром и с применением выводных планок.

2. Сварные соединения с угловыми швами при действии силы N, проходящей через центр тяжести соединения, следует рассчитывать по формуле

$$\frac{N}{A_f} \leqslant \frac{R_{wf}}{\gamma_n}, \qquad (37)$$

где $A_f = 0{,}7K_f l_w$ — площадь расчетного сечения шва;

R_{wf} — расчетное сопротивление угловых швов срезу;

K_f — катет углового шва;

l_w — расчетная длина шва, принимаемая меньшего его полной длины на 10 мм.

3. Сварные соединения с угловыми швами при действии момента M в плоскости, перпендикулярной плоскости расположения швов, следует рассчитывать по формуле

$$\frac{M}{W_f} \leqslant \frac{R_{wf}}{\gamma_n}, \qquad (38)$$

где W_f — момент сопротивления расчетного сечения швов.

4. Сварные соединения с угловыми швами при действии момента M в плоскости расположения швов следует рассчитывать по формуле

$$\frac{M}{J_{fx}+J_{fy}}\sqrt{x^2+y^2} \leqslant \frac{R_{wf}}{\gamma_n}, \qquad (39)$$

где J_{fx} и J_{fy} — моменты инерции расчетного сечения шва относительно его главных осей x—x и y—y;

x и y — координаты точки шва, наиболее удаленной от центра тяжести расчетного сечения шва.

5. Расчетная длина углового сварного шва должна быть не менее $4K_f$ и 40 мм.

Катеты угловых швов следует принимать по расчету, но не менее: толщины свариваемого элемента t при $t \leqslant 5$ мм; $K_f = 6$ мм при $t = 6$—16 мм; $K_f = 8$ мм при $t > 16$ мм.

6. Угловые швы следует выполнять с плавным переходом к основному металлу.

7. Односторонние и прерывистые угловые швы, как правило, применять не следует.

8. Нахлесточные соединения элементов толщиной до 4 мм при точечных швах дуговой сваркой сквозным проплавлением следует рассчитывать по формулам:

на срез

$$\frac{N_s}{0{,}28nd^2} \leqslant \frac{R_{wun}}{\gamma_n}\ ; \qquad (40)$$

на отрыв

$$\frac{N_t}{1{,}5ndt} \leqslant \frac{R_{un}}{\gamma_n}\ , \qquad (41)$$

где N_s и N_t — соответственно силы срезывающая и отрывающая точки соединения;

R_{wun} и R_{un} — нормативные сопротивления соответственно металла шва и основного металла по временному сопротивлению;

n — число точек в соединении;

d — диаметр точечного шва в плоскости соединяемых элементов, принимаемый по ГОСТ 14776;

t — меньшая из толщин свариваемых элементов.

Размер нахлестки должен быть не менее $5t$.

ПРИЛОЖЕНИЕ 9
Обязательное

ПРОЕКТИРОВАНИЕ БОЛТОВЫХ И ФРИКЦИОННЫХ СОЕДИНЕНИЙ

1. Болтовые соединения, воспринимающие продольные силы N, следует рассчитывать по формулам:

на срез

$$\frac{N}{nn_sA_b} \leqslant \frac{R_{bs}}{\gamma_n}; \qquad (42)$$

на смятие

$$\frac{N}{nd_b\Sigma t} \leqslant \frac{0{,}6R_{bp}}{\gamma_n}; \qquad (43)$$

на растяжение

$$\frac{N}{nA_{bn}} \leqslant \frac{R_{bt}}{\gamma_n}, \qquad (44)$$

где n — число болтов в соединении;
n_s — число срезов одного болта;
A_b — площадь сечения стержня болта;
d_b — наружный диаметр стержня болта;
Σ_t — наименьшая суммарная толщина элементов, сминаемых в одном направлении;
A_{bn} — расчетная площадь сечения болта «нетто»;
R_{bs}, R_{bp}, R_{bt} — расчетные сопротивления болтовых соединений соответственно срезу, смятию и растяжению.

2. Болт, подвергающийся одновременному срезу и растяжению, кроме расчета по формулам 42—44 при $n = 1$ следует проверять по формуле

$$\left(\frac{N_s}{n_sA_bR_{bs}}\right)^2 + \left(\frac{N_t}{A_bR_{bt}}\right)^2 \leqslant \frac{1}{\gamma_n}, \qquad (45)$$

где N_s и N_t — соответственно срезывающее и растягивающее усилия, приходящиеся на болт.

3. При работе болтового соединения на сдвиг и непосредственном действии на соединение подвижной нагрузки, а также при необходимости ограничения деформаций конструкции в целом следует, как правило, применять болты класса точности А.

4. Минимальные расстояния между центрами болтов в любом направлении, от центра болта до края элемента вдоль и поперек усилия следует, как правило, принимать соответственно равными $2{,}5d$, $2d$ и $1{,}5d$ (где d — диаметр отверстия для болта).

Допускается уменьшить эти расстояния соответственно до $2d$, $1{,}5d$ и $1{,}35d$ при условии снижения расчетных сопротивлений срезу и смятию в формулах 42 и 43 на 25 %.

5. Фрикционные соединения при действии продольной силы N следует рассчитывать по формуле

$$\frac{N}{\alpha nA_{bn}k} \leqslant \frac{R_{bn}}{\gamma_n}, \qquad (46)$$

где α — коэффициент, принимаемый равным от 0,15 до 0,5 в зависимости от

числа болтов в соединении n, способа обработки поверхностей соединяемых элементов и разности диаметров отверстий и болтов;

A_{bn} — площадь сечения высокопрочного болта «нетто»;

k — число поверхностей трения соединяемых элементов;

R_{bh} — расчетное сопротивление растяжению высокопрочного болта.

Натяжение высокопрочного болта следует производить осевым усилием $F = R_{bh} A_{bn}$.

6. При расчете болтовых и фрикционных соединений расчетные сопротивления болтов следует умножить на коэффициент условий работы $\gamma_b < 1$, принимаемый по СНиП II—23.

ПРИЛОЖЕНИЕ 10
Справочное

ТЕРМИНЫ И ПОЯСНЕНИЯ

Термин	Пояснение
1. Механизированный аттракцион	Устройство, снабженное транспортными средствами, кабинами, а также соответствующими механизмами, для развлечения и активного отдыха людей, устанавливаемое в парках, зонах отдыха и в местах массового сбора людей
2. Расчетная надежность	Свойство элементов и конструкций, при котором вызванные внешними нагрузками и воздействиями расчетные значения усилий, напряжений, перемещений и деформаций не превышают соответствующих им расчетных значений несущей способности элементов, а также установленных допустимых значений перемещений и деформаций
3. Нормальная эксплуатация	Эксплуатация, осуществляемая без ограничений в соответствии с технологическими или бытовыми условиями, предусмотренными в нормах и заданиях на проектирование и учитывающими безопасность людей, работу оборудования и механизмов, сохранность ограждающих конструкций
4. Остаточная (пластическая) деформация	Деформация, не исчезающая после устранения вызвавших ее внешних нагрузок и воздействий
5. Упругая деформация	Деформация, исчезающая после устранения вызвавших ее внешних нагрузок и воздействий
6. Предельные состояния	Состояния, при которых конструкция, основание или сооружение в целом перестают удовлетворять заданным эксплуатационным требованиям или требованиям производства работ
7. Пластическое разрушение	Разрушение, сопровождающееся значительным развитием пластических деформаций
8. Хрупкое разрушение	Разрушение, сопровождающееся малой деформацией, как правило, при наличии концентраторов напряжений, низких температурах и ударных воздействиях
9. Усталостное разрушение	Разрушение, сопровождающееся образованием и развитием трещин в результате многократно повторяющихся силовых воздействий

Продолжение

Термин	Пояснение
10. Потеря устойчивости формы или положения	Состояние, при котором конструкция или элемент утрачивают способность сохранять свое равновесное состояние, соответствующее действующим при этом внешним нагрузкам и воздействиям
11. Переход в изменяемую систему	Состояние, при котором система превращается в кинематический механизм, у которого возможность изменения конфигурации в направлении действия нагрузки не ограничена никакими связями
12. Качественное нарушение геометрической формы	Состояние, при котором в результате текучести материала или неупругих сдвигов в соединениях при сохранении общей несущей способности необходимо прекратить эксплуатацию в связи с чрезмерными остаточными перемещениями и деформациями
13. Нормативные значения нагрузок	Основные характеристики нагрузок, устанавливаемые нормативными документами, исходя из условий заданной обеспеченности их появления или принимаемые по их номинальным значениям
14. Расчетные значения нагрузок	Значения нагрузок, принимаемые в расчетах конструкций и получаемые путем умножения нормативных значений на соответствующие коэффициенты надежности по нагрузке
15. Расчетная ситуация	Совокупность условий, учитываемых в расчете и характеризуемых расчетной схемой конструкции, видами и сочетанием нагрузок, перечнем подлежащих рассмотрению предельных состояний, а также значениями коэффициентов надежности по ответственности, нагрузке и материалу
16. Напряженное (деформированное) состояние	Состояние тела, возникающее в результате действия на него внешних нагрузок или иных воздействий и определяемое видом возникающих при этом напряжений (деформаций) и характером распределения их в сечении
17. Сложное напряженное состояние	Напряженное состояние, при котором в точках тела действуют не менее двух компонентов напряжения
18. Приведенное напряжение	Обобщенное напряжение в точке тела при сложном напряженном состоянии, эквивалентное напряжению при простом растяжении (например, по условию перехода тела в пластическое состояние в этой точке)
19. Жесткость	Свойство тел или конструкций сопротивляться образованию деформаций и перемещений, возникающих под действием внешних нагрузок и воздействий

Продолжение

Термин	Пояснение
20. Перемещение	Изменение положения точки, системы точек или тела
21. Расчетная длина	Условная длина рассматриваемого стержня, для которого при шарнирном опирании концов критическая сила такая же, как и для заданного стержня
22. Приведенная гибкость	Условная гибкость рассматриваемого сквозного стержня, для которого при абсолютно жестких соединительных элементах критическая сила такая же, как и для заданного сквозного стержня с податливыми соединительными элементами
23. Деформированная (недеформированная) схема	Расчетная схема, в которой учитывают (не учитывают) перемещения от начального ненагруженного состояния и изменения расположения нагрузок вследствие деформаций системы
24. Условная поперечная сила	Поперечная сила, возникающая при изгибе сжатого или внецентренно сжатого стержня и равная проекции сжимающей силы на направление, перпендикулярное изогнутой оси стержня
25. Свободное кручение	Кручение, при котором все поперечные сечения тонкостенного стержня имеют одинаковую депланацию и в сечении возникают только касательные напряжения
26. Стесненное кручение	Кручение, при котором поперечные сечения тонкостенного стержня имеют неодинаковую депланацию и в сечениях возникают касательные и нормальные напряжения
27. Депланация поперечного сечения	Перемещения точек поперечного сечения, преобразующее его в нелинейную поверхность или совокупность плоскостей

ПРИЛОЖЕНИЕ 11
Справочное

БУКВЕННЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ ВЕЛИЧИН И ИХ РАЗМЕРНОСТЬ

A — площадь сечения брутто, см^2.
A_b — площадь сечения стержня болта, см^2.
A_{bn} — площадь сечения болта нетто, см^2.
A_n — площадь сечения нетто, см^2.
E — модуль упругости, кН/см^2.
F — сила, кН.
J — момент инерции сечения брутто, см^4.
J_t — момент инерции при свободном кручении, см^4.
J_x, J_y — моменты инерции сечения брутто относительно осей соответственно x—x и y—y, см^4.
J_{xn}, J_{yn} — то же, сечения нетто, см^4.
J_w — секториальный момент инерции сечения, см^6.
M — момент, изгибающий момент, кН · см.
M_x, M_y — моменты относительно осей соответственно x—x и y—y, кН · см.
N — продольная сила, кН.
Q — поперечная сила, сила сдвига, кН.
Q_{fic} — условная поперечная сила для соединительных элементов, кН.
R_{bh} — расчетное сопротивление растяжению высокопрочных болтов, кН/см^2.
R_{bp} — расчетное сопротивление смятию одноболтового соединения, кН/см^2.
R_{bs} — расчетное сопротивление срезу одноболтового соединения, кН/см^2.
R_{bt} — расчетное сопротивление растяжению одноболтового соединения, кН/см^2.
R_p — расчетное сопротивление стали смятию торцевой поверхности (при наличии пригонки), кН/см^2.
R_s — расчетное сопротивление стали сдвигу, кН/см^2.
R_{un} — временное сопротивление стали, принимаемое равным минимальному значению $\sigma_в$ по государственным стандартам и техническим условиям на сталь, кН/см^2.
R_v — расчетное сопротивление стали усталости, кН/см^2.
R_{wf} — расчетное сопротивление угловых швов срезу, кН/см^2.
R_{wy} — расчетное сопротивление стыковых сварных соединений сжатию, растяжению и изгибу, кН/см^2.
R_y — расчетное сопротивление стали растяжению, сжатию, изгибу, кН/см^2.
R_{yn} — предел текучести стали, принимаемый равным значению предела текучести $\sigma_т$ по государственным стандартам и техническим условиям на сталь, кН/см^2.
S — статический момент сдвигаемой части сечения брутто относительно центральной оси, см^3.
W — момент сопротивления сечения брутто, см^3.
W_n — момент сопротивления сечения нетто, см^3.
W_c, W_t — моменты сопротивления сечения соответственно для сжатой и растянутой полки, см^3.
b — ширина, см.
b_{ef} — расчетная ширина, см.
b_f — ширина полки (пояса), см.
d — диаметр отверстия для болтов, см.
d_b — наружный диаметр стержня болта, см.

e — эксцентриситет силы, см.

f — прогиб, выгиб, перемещение, см.

h — высота, см.

h_{ef} — расчетная высота, см.

h_w — высота стенки, см.

i — радиус инерции сечения, см.

i_{min} — наименьший радиус инерции сечения, см.

i_x, i_y — радиусы инерции сечения относительно осей соответственно x—x и y—y, см.

K_f — катет углового шва, см.

l — длина, пролет, см.

l_c — длина стойки, колонны, распорки, см.

l_d — длина раскоса, см.

l_{ef} — расчетная длина, см.

l_m — длина панели пояса фермы или колонны, см.

l_w — длина сварного шва, см.

l_x, l_y — расчетные длины элемента в плоскостях, перпендикулярных осям соответственно x—x и y—y, см.

m — относительный эксцентриситет ($m = eA/W_c$).

t — толщина, см.

t_f — толщина полки (пояса), см.

t_w — толщина стенки, см.

γ_d — коэффициент условий работы.

γ_f — коэффициент надежности по нагрузке.

γ_n — коэффициент надежности по ответственности элемента.

γ_m — коэффициент надежности по материалу.

λ — гибкость ($\lambda = l_{ef}/i$).

$\overline{\lambda}$ — условная гибкость ($\overline{\lambda} = \lambda\sqrt{R_y/E}$).

λ_{ef} — приведенная гибкость стержня сквозного сечения.

$\overline{\lambda}_{ef}$ — условная приведенная гибкость стержня сквозного сечения ($\overline{\lambda}_{ef} = \lambda_{ef}\sqrt{R_y/E}$).

$\overline{\lambda}_f$ — условная гибкость пояса $\overline{\lambda}_f = \dfrac{b_{ef}}{t_f}\sqrt{R_y/E}$.

$\overline{\lambda}_w$ — условная гибкость стенки $\overline{\lambda}_w = \dfrac{h_{ef}}{t_w}\sqrt{R_y/E}$.

$\overline{\lambda}_{uf}$ — предельная условная гибкость пояса.

λ_{uw} — предельная условная гибкость стенки.

λ_x, λ_y — расчетные гибкости элемента в плоскостях, перпендикулярных осям соответственно x—x и y—y.

σ_x, σ_y — нормальные напряжения, параллельные осям соответственно x—x и y—y, кН/см^2.

τ — касательное напряжение, кН/см^2.

φ; φ_y — коэффициент устойчивости при сжатии.

φ_b — коэффициент устойчивости при изгибе.

φ_e; φ_{ey} — коэффициент устойчивости при сжатии с изгибом.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ДАННЫЕ

1. РАЗРАБОТАН И ВНЕСЕН Центральным научно-исследовательским и проектно-экспериментальным институтом комплексных проблем строительных конструкций и сооружений имени В. А. Кучеренко Госстроя СССР

РАЗРАБОТЧИКИ

В. М. Горпинченко, д-р техн. наук; **Г. Е. Бельский**, канд. техн. наук (руководитель работы); **В. М. Барышев**, д-р техн. наук; **Л. А. Гильденгорн**, канд. техн. наук; **В. Д. Райзер**, д-р техн. наук; **Ю. Д. Сухов**, канд. техн. наук; **Ю. Т. Чернов**, д-р техн. наук; **В. П. Поддубный**; **В. Н. Сафонов**

2. УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Постановлением Государственного комитета по строительству и инвестициям СССР от 28.11.91 № 16

3. ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

4. ССЫЛОЧНЫЕ НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ДОКУМЕНТЫ

Обозначение НТД, на который дана ссылка	Номер пункта, приложения	Обозначение НТД, на который дана ссылка	Номер пункта, приложения
ГОСТ 380—88	Приложение 1	ГОСТ 19281—89	Приложение 1
ГОСТ 535—88	Приложения 1, 2	ГОСТ 22353—77	3.5
ГОСТ 977—88	3.3	ГОСТ 22354—77	3.5
ГОСТ 1050—88	Приложение 1	ГОСТ 22355—77	3.5
ГОСТ 1412—85	3.3	ГОСТ 22356—77	3.5
ГОСТ 1759.0—87	3.4	ГОСТ 23518—79	6
ГОСТ 1759.4—87	3.4	ГОСТ 25504—82	Приложение 3
ГОСТ 1759.5—87	3.4	ГОСТ 26271—84	3.2
ГОСТ 2246—70	3.2, приложение 1	ГОСТ 27751—88	1.2, 1.5
ГОСТ 2319—81	3.6	ГОСТ 27772—88	Приложение 1
ГОСТ 3067—88	3.6	ТУ 14—1— —4431—88	Приложение 1
ГОСТ 5264—80	6.3.7		
ГОСТ 8050—85	3.2, приложение 1	ТУ 14—4— —1345—85	3.5
ГОСТ 8713—79	6.3.7		
ГОСТ 8731—87	Приложение 1	ТУ 14—227— —237—90	Приложение 1
ГОСТ 9087—81	3.2, приложение 1		
ГОСТ 9467—75	3.2, приложение 1	СНиП 2.01.07—86	2.1, 2.2, 2.4, 2.5, 2.9
ГОСТ 10705—80	Приложение 1	СНиП 2.02.01—83	1.7
ГОСТ 11533—75	6.3.7	СНиП II—23—81	3.8—3.11, 4.6, 4.7,
ГОСТ 11534—75	6.3.7		4.9, приложения
ГОСТ 14637—79	Приложение 1		2, 3
ГОСТ 14771—76	6.3.7	СНиП 3.03.01—89	1.10
ГОСТ 14776—79	6.3.7, приложение 6	СНиП III—18—75	1.10
ГОСТ 18123—82	3.4	DIN4112(1983)	4.8
		ИСО 2394—86	1.2

СОДЕРЖАНИЕ

1. Общие положения 1
2. Нагрузки и перемещения 5
3. Материалы для конструкций и соединений 7
4. Расчет конструкций 9
5. Расчетные длины и предельные гибкости 10
6. Расчет и конструирование соединений 11
Приложение 1. Стали для конструкций 14
Приложение 2. Расчет элементов конструкций на прочность и устойчивость 16
Приложение 3. Расчет элементов конструкций на выносливость . . 26
Приложение 4. Расчет конструкций на жесткость 27
Приложение 5. Определение эквивалентной статической нагрузки при ударе об упоры 28
Приложение 6. Система коэффициентов надежности конструкций . 29
Приложение 7. Расчетные длины сжатых элементов 31
Приложение 8. Проектирование сварных соединений 34
Приложение 9. Проектирование болтовых и фрикционных соединений . 36
Приложение 10. Термины и пояснения 38
Приложение 11. Буквенные обозначения величин и их размерность . 41

Редактор *В. П. Огурцов*
Технический редактор *В. Н. Малькова*
Корректор *А. И. Зюбан*

Сдано в наб. 07.02.92. Подп. к печ. 20.05.92. Усл. п. л. 3,0. Усл. кр.-отт. 3,0. Уч.-изд. л. 2,86
Тираж 377 экз.

Ордена «Знак Почета» Издательство стандартов, 123557, Москва, ГСП,
Новопресненский пер., 3.
Калужская типография стандартов, ул. Московская, 256. Зак. 462

gost.e-ecolog.ru