

СТАНДАРТ СОВЕТА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ВЗАИМОПОМОЩИ**Надежность строительных конструкций и оснований****Конструкции стальные****Основные положения по расчету**

*Дата введения в народном хозяйстве СССР с 1985-01-01
в договорно-правовых отношениях по сотрудничеству с 1985-01-01*

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ДАННЫЕ

1. Автор - делегация СССР в Постоянной Комиссии по сотрудничеству в области строительства.
2. Тема - 22.200.18-81.
3. Стандарт СЭВ утвержден на 53-м заседании ПКС.
4. Сроки начала применения стандарта СЭВ:

| Страны - члены СЭВ | Сроки начала применения стандарта СЭВ | |
|--------------------|--|----------------------|
| | в договорно-правовых отношениях по экономическому и научно-техническому сотрудничеству | в народном хозяйстве |
| НРБ | Июль 1985 г. | Июль 1986 г. |
| ВНР | Январь 1984 г. | - |
| СРВ | | |
| ГДР | Январь 1984 г. | Январь 1988 г. |
| Республика Куба | | |
| МНР | Январь 1986 г. | Январь 1987 г. |
| ПНР | Июль 1986 г. | Июль 1986 г. |
| СРР | | |
| СССР | Январь 1985 г. | Январь 1985 г. |
| ЧССР | Июнь 1986 г. | Июнь 1986 г. |

5. Срок первой проверки - 1988 г., периодичность проверки - 5 лет.
ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Постановлением Государственного комитета СССР по делам строительства от 20 июля 1984 г. № 115

УТВЕРЖДЕН Постоянной Комиссией по сотрудничеству в области стандартизации Прага, июль 1983 г.

ВЗАМЕН РС 131-74

Настоящий стандарт СЭВ является обязательным в рамках Конвенции о применении стандартов СЭВ

Настоящий стандарт СЭВ распространяется на стальные конструкции жилых, общественных, производственных, сельскохозяйственных и других зданий и сооружений и устанавливает основные положения по расчету этих конструкций по предельным состояниям.

Для стальных конструкций, находящихся в особых условиях эксплуатации (доменные печи, резервуары различного назначения, здания и сооружения, рассчитываемые на сейсмические или температурные воздействия), а также для специальных видов конструкций (предварительно

напряженные, висячие) должны соблюдаться дополнительные требования, учитывающие особенности работы этих конструкций.

Настоящий стандарт СЭВ не распространяется на стальные конструкции мостов и трубопроводов.

1. Общие положения

1.1. Стальные конструкции следует рассчитывать по предельным состояниям, указанным в СТ СЭВ 384-76, причем, для этих конструкций под разрушением следует понимать хрупкое, вязкое или усталостное разрушения.

1.2. Стальные конструкции следует рассчитывать как единые пространственные системы с учетом факторов, определяющих напряженное и деформированное состояние, геометрической и физической нелинейности, пластических и реологических свойств материалов и грунтов в соответствии с требованиями, устанавливаемыми настоящим стандартом СЭВ, а также с учетом стандартов СЭВ на методы расчета.

1.3. При отсутствии точных теоретических методов расчета или проверенных ранее аналогичных решений допускается применять приближенные методы расчета, основанные на разделении единых пространственных систем на отдельные плоские системы и элементы и обеспечивающие общий уровень надежности конструкций в соответствии с требованиями метода предельных состояний; при этом следует учитывать особенности взаимодействия элементов стальных конструкций между собой и с основанием.

1.4. Разделение стержневых систем на отдельные элементы следует выполнять на основе использования эффективных (расчетных) длин стержней, которые необходимо устанавливать на основе метода Эйлера.

1.5. Для статически неопределимых конструкций при отсутствии метода их расчета с учетом физической нелинейности расчетные усилия допускается определять по недеформированной схеме в предположении упругих деформаций стали. Однако расчет на устойчивость отдельных элементов на действие этих усилий следует выполнять по деформированной схеме с учетом физической нелинейности (пластических деформаций стали).

1.6. Расчеты стержневых, балочных и пластинчатых конструкций и их элементов должны выполняться на основе линейной зависимости между деформациями и перемещениями с учетом пластических деформаций стали; при этом допускается применять теорию малых упругопластических деформаций при простом нагружении.

1.7. Расчеты стальных конструкций должны обеспечивать одновременное выполнение условия прочности (устойчивости) конструкции в целом и ее отдельных элементов.

1.8. При расчетах стальных конструкций на однократное возрастание нагрузок до их максимальных значений применяемые стали следует рассматривать как нелинейно упругий материал.

В случае возможного убывания нагрузок, а также при повторно-переменном нагружении этой стали следует рассматривать как упругопластический материал.

1.9. Расчет стальных конструкций и их элементов на усилия от действия внешних нагрузок необходимо выполнять с использованием следующих геометрических гипотез: плоских сечений, секториальных площадей и прямых нормалей.

1.10. Расчет стальных конструкций и их элементов при сложном напряженном состоянии следует выполнять путем определения интенсивности напряжений с учетом энергетической теории прочности.

1.11. При расчетах стальных конструкций и их элементов, имеющих собственные остаточные напряжения σ_i (от сварки, прокатки, холодной правки), следует применять гипотезу об алгебраическом суммировании условных деформаций ε_i с деформациями от внешней нагрузки, причем

$$\varepsilon_i = \sigma_i / E, \quad (1)$$

где E - модуль упругости.

Примечание. Собственные остаточные напряжения допускается не учитывать в расчетах.

1.12. При выборе элементов стальных конструкций следует исходить из минимального сечения, удовлетворяющего положениям настоящего стандарта СЭВ и стандартов СЭВ на методы расчета, с учетом имеющегося сортамента и технико-экономического обоснования.

1.13. Надежность стальных конструкций должна быть обеспечена одновременным выполнением требований к выбору материалов, расчетам и конструированию.

1.14. Нормативные значения нагрузок, коэффициенты надежности по нагрузке и коэффициенты сочетаний для определения расчетных значений нагрузок следует принимать по СТ СЭВ 1407-78.

2. Материалы

2.1. Выбор сталей следует производить в зависимости от условий эксплуатации, расчетных температур, воздействия динамических или вибрационных нагрузок, технологии изготовления и монтажа стальных конструкций; при этом необходимо учитывать характеристики механических свойств сталей, пластичность, ударную вязкость, сопротивление усталостному и хрупкому разрушениям, свариваемость, твердость и стойкость против коррозии.

2.2. Для сварных соединений следует применять материалы, соответствующие свариваемым сталям и обеспечивающие необходимые свойства сварных швов при соответствующей технологии их выполнения.

2.3. Для болтовых соединений стальных конструкций следует применять болты по СТ СЭВ 759-77 и СТ СЭВ 2651-80.

2.4. Для вант и гибких элементов покрытий, оттяжек опор мачт и башен, напрягаемых элементов в предварительно напряженных конструкциях следует применять стальные канаты, пучки и пряди из высокопрочной проволоки или прокатную сталь.

2.5. Характеристики сталей, материалов для сварки, болтов и заклепок, а в необходимых случаях условия их поставок следует указывать на чертежах стальных конструкций согласно требованиям стандартов СЭВ по ЕСКД.

2.6. Для сталей, применяемых в конструкциях, рекомендуется принимать следующие значения физических характеристик:

- 1) модуль упругости (E)- $2,06 \cdot 10^5$ МПа;
- 2) модуль сдвига (G)- $0,79 \cdot 10^5$ МПа;
- 3) коэффициент поперечной деформации (ν)-0,3;
- 4) коэффициент линейного расширения (α)- $0,12 \cdot 10^{-4}$ °C⁻¹;
- 5) плотность (ρ)-7850 kg/m³.

3. Расчетные сопротивления материалов и соединений

3.1. Значения расчетных сопротивлений прокатной стали и труб необходимо определять по следующим формулам:

1) сопротивление растяжению, сжатию и изгибу:

по пределу текучести

$$R_y = R_{ym} / Y_m; \quad (2)$$

по временному сопротивлению

$$R_u = R_{um} / Y_m; \quad (3)$$

2) сопротивление сдвигу

$$R_s = 0,58R_y; \quad (4)$$

3) сопротивление смятию торцевой поверхности (при наличии пригонки)

$$R_p = R_{um} / Y_m, \quad (5)$$

где R_{ym} и R_{um} - нормативные сопротивления стали, равные наименьшим значениям предела текучести и временного сопротивления, установленным в стандартах СЭВ на стали;

Y_m - коэффициент надежности по материалу.

Для расчета конструкций по предельным состояниям первой группы следует принимать $Y_m \geq 1,0$.

3.2. Значения расчетных сопротивлений допускается определять не по нормативным сопротивлениям, указанным в п. 3.1, а по условным нормативным сопротивлениям, значения которых должны соответствовать установленным в стандартах СЭВ на стали.

3.3. Значения расчетных сопротивлений стыковых сварных соединений следует принимать равными или меньшими значений расчетных сопротивлений основного металла в зависимости от вида напряженного состояния, технологии сварки и методов контроля швов.

Значения расчетных сопротивлений стыковых соединений элементов из сталей с разными нормативными сопротивлениями следует принимать по меньшему значению нормативного сопротивления.

3.4. Значения расчетных сопротивлений срезу металла шва и металла границы сплавления сварных соединений с угловыми швами следует устанавливать по значениям нормативных сопротивлений металла шва и стали свариваемых элементов разрыву с учетом коэффициентов надежности по материалу.

3.5. Значения расчетных сопротивлений одноболтовых соединений растяжению и срезу болтов, а также смятию соединяемых элементов конструкций (с учетом класса точности болтов) следует устанавливать по значениям нормативных сопротивлений болтов и стали соединяемых элементов с учетом коэффициентов надежности по материалу.

Для многоболтовых соединений необходимо учитывать коэффициенты условий работы соединений, зависящие от класса точности болтов и расстояний вдоль усилий между центрами отверстий и от края центра ближайшего отверстия.

3.6. Значения расчетных сопротивлений заклепочных соединений следует устанавливать в соответствии с требованиями п. 3.5 с учетом технологии сборки и образования отверстий.

3.7. Значения расчетных сопротивлений растяжению высокопрочных и фундаментных болтов следует принимать равными значениям временных сопротивлений болтов разрыву, установленным в стандартах СЭВ на болты, деленным на коэффициент надежности соответственно высокопрочных и фундаментных болтов.

3.8. Значение расчетного сопротивления растяжению высокопрочной стальной проволоки, применяемой в виде пучков и прядей, следует принимать равным значению временного сопротивления разрыву проволоки, деленному на коэффициент надежности.

3.9. Значение расчетного усилия (сопротивления) растяжению стального каната следует принимать равным значению разрывного усилия каната в целом, деленному на коэффициент надежности.

3.10. При расчете стальных конструкций и соединений по предельным состояниям необходимо учитывать коэффициенты надежности и коэффициенты условий работы, принимаемые по СТ СЭВ 384-76, настоящему стандарту СЭВ и стандартам СЭВ на методы расчета.

4. Расчет стальных конструкций по предельным состояниям первой группы

4.1. Общие положения

4.1.1. При расчете несущей способности элементов конструкций усилия от расчетных нагрузок и воздействий не должны превышать усилий, которые могут быть восприняты сечениями или элементами при расчетных сопротивлениях стали. Предельные усилия, воспринимаемые сечениями или элементами, следует определять с учетом начальных несовершенств.

4.1.2. При расчете конструкций по предельным состояниям полной непригодности к эксплуатации остаточные перемещения (деформации), соответствующие расчетным нагрузкам и воздействиям, не должны превышать предельных значений перемещений (деформаций), устанавливаемых в стандартах СЭВ на методы расчета.

При обосновании в стандартах СЭВ на методы расчета условия для расчета по предельным состояниям полной непригодности к эксплуатации допускается представлять в форме проверки усилий (как при расчетах несущей способности), определяемых с учетом физической нелинейности.

4.1.3. Расчеты по методу предельных состояний первой группы следует выполнять в форме сравнения усилий в элементе или в форме сравнения вычисляемых напряжений с расчетными сопротивлениями.

4.1.4. Расчет конструкций на прочность по условиям вязкого, хрупкого и усталостного разрушений следует выполнять с использованием расчетного сопротивления R_u и характеристик сечения "нетто".

Расчет конструкций на прочность по условию ограничения перемещений или деформаций (условная прочность) следует выполнять с использованием расчетного сопротивления R_y и характеристик сечения "брутто" при ослаблении сечения до 15% и "нетто" - при ослаблении сечения свыше 15%.

4.1.5. Расчет конструкций на устойчивость (общую и местную) следует выполнять с использованием расчетного сопротивления R_y , характеристик "брутто" и эффективных длин сжатых элементов.

4.1.6. Расчет на прочность элементов, не ослабленных отверстиями для болтов или заклепок, из сталей с отношением $R_u/Y_u > R_y$ следует выполнять по расчетному сопротивлению R_y , а из сталей с отношением $R_u/Y_u < R_y$ - по расчетному сопротивлению R_u .

Расчет на прочность элементов, ослабленных отверстиями для болтов или заклепок, из сталей с отношением $R_u/Y_u > R_y$ следует выполнять по расчетным сопротивлениям R_y и R_u , а из сталей с отношением $R_u/Y_u < R_y$ - по расчетному сопротивлению R_u .

4.1.7. При расчетах на прочность по расчетному сопротивлению R_u согласно пп. 4.1.4, 4.1.6 и 4.2.2 следует учитывать коэффициент надежности $Y_u > 1$.

4.2. Центральнo-растянутые элементы

4.2.1. Расчет на прочность центрально-растянутых элементов следует выполнять по расчетным сопротивлениям R_y и R_u с учетом требований пп. 4.1.4, 4.1.6 и 4.2.2.

4.2.2. Расчет на прочность растянутых элементов из сталей с соотношением $R_u/Y_u > R_y$, эксплуатация которых возможна и после достижения металлом предела текучести, следует выполнять только по расчетному сопротивлению R_u .

4.3. Центральнo-сжатые элементы

4.3.1. Расчет на прочность центрально-сжатых элементов следует выполнять по расчетным сопротивлениям R_y и R_u с учетом требований пп. 4.1.4, 4.1.6 и 4.1.7.

Допускается расчет на прочность центрально-сжатых элементов с соединениями на заклепках или болтах выполнять как для неослабленных элементов.

4.3.2. Расчет на устойчивость центрально-сжатых элементов необходимо выполнять как для внецентренно-сжатых с учетом:

- 1) формы сечения элемента;
- 2) начального искривления оси и случайного эксцентриситета сжимающей силы, принимаемых в соответствии с допускаемыми отклонениями, устанавливаемыми в стандартах СЭВ на изготовление и монтаж стальных конструкций, или результатами статистического анализа их фактических значений;
- 3) собственных остаточных напряжений согласно п. 1.11;
- 4) влияния соединительных планок или решеток на общую жесткость элемента (для сквозных элементов).

При этом расчет элементов следует выполнять по деформированной схеме с учетом пластических деформаций, а значение расчетной несущей способности принимать равным максимальному значению сжимающей силы, которая может быть воспринята элементом.

Для элемента с шарнирными опорами форму изгиба оси допускается принимать по полуволне синусоиды.

4.3.3. Для произвольных закреплений концов элементов за эффективную длину следует принимать наибольшее расстояние между двумя точками перегиба оси, определяемое из расчета этого элемента по методу Эйлера.

4.3.4. При расчете центрально-сжатых элементов необходимо принимать коэффициент надежности $Y_e > 1,0$ по отношению к критической нагрузке элемента, определяемой по методу Эйлера.

4.3.5. Стенки и поясные листы (полки) центрально-сжатых элементов следует проверять на устойчивость согласно пп. 4.8.3 - 4.8.5.

4.3.6. Центральнo-сжатые элементы тонкостенного открытого профиля, кроме расчетов по пп. 4.3.2 - 4.3.5, следует дополнительно проверять на устойчивость при изгибно-крутильной форме потери устойчивости, если это предусмотрено стандартами СЭВ на методы расчета.

4.3.7. В сквозных центрально-сжатых элементах, кроме расчета всего элемента в целом, необходимо проверять устойчивость отдельных участков ветвей, расположенных между узлами.

4.3.8. Расчет соединительных планок или решеток в сквозных центрально-сжатых элементах следует выполнять на условную поперечную силу.

4.4. Изгибаемые элементы

4.4.1. Расчет на прочность изгибаемых элементов, в зависимости от их назначения и условий эксплуатации, необходимо выполнять в пределах или за пределом упругости по ограниченным деформациям, предельные значения интенсивности которых должны приниматься в зависимости от следующих групп конструкций:

- 1) конструкции, в которых не допускается развитие пластических деформаций;

2) конструкции, в которых развитие пластических деформаций ограничивается условием пластической адаптации и расчет которых выполняется в пределах упругих деформаций;

3) конструкции, в которых развитие пластических деформаций не сопровождается образованием пластических шарниров и расчет которых выполняется без учета перераспределения изгибающих моментов;

4) конструкции, в которых развитие пластических деформаций сопровождается образованием пластических шарниров и расчет которых выполняется с учетом соответствующего перераспределения изгибающих моментов.

4.4.2. При расчете на прочность изгибаемых элементов первой группы, как правило, следует выполнять проверку по сечению "нетто" нормальных напряжений σ_x и σ_y , параллельных и перпендикулярных к оси элемента, касательных напряжений τ_{xy} , а также интенсивности напряжений в стенке, определяемой согласно п. 1.10.

Допускается расчет изгибаемых элементов выполнять по условиям местной потери устойчивости пластинок, образующих сечение элемента.

Элементы, изгибаемые в плоскости наибольшей жесткости, необходимо рассчитывать на устойчивость из плоскости изгиба при изгибно-крутильных деформациях с учетом характера нагрузки, места ее приложения по высоте сечения, наличия или отсутствия закреплений элемента в пролете и формы сечения. Расчет следует выполнять на основе теории устойчивости тонкостенных стержней с учетом стесненного и свободного кручения.

Допускается расчет элементов на устойчивость при изгибно-крутильных деформациях заменять проверкой устойчивости сжатого пояса согласно пп. 4.3.2 - 4.3.5.

Стенки и поясные листы изгибаемых элементов следует проверять на устойчивость согласно пп. 4.8.6 - 4.8.10.

Примечание. При закреплении сжатого пояса изгибаемого элемента от поперечных смещений расчет его на устойчивость выполнять не требуется.

4.4.3. Расчет на прочность изгибаемых элементов второй группы следует выполнять согласно требованиям п. 4.4.2 при условии умножения геометрических характеристик сечения "нетто" на коэффициенты пластической адаптации, значения которых должны приниматься большими чем единица и определяться по наибольшему значению интенсивности деформаций, устанавливаемому для этой группы.

4.4.4. Расчет на прочность изгибаемых элементов третьей и четвертой групп допускается выполнять для конструкций, подверженных действию статических нагрузок.

При расчете таких элементов должны выполняться следующие требования:

1) рекомендуется, чтобы сталь имела площадку текучести длиной не менее $6 R_y/E$ и отношение нормативных сопротивлений $R_{tm}/R_{ym} > 1,3$;

2) при касательных напряжениях $\tau > 0,5R_s$ следует учитывать влияние поперечной силы на предельное значение изгибающего момента;

3) при наличии зоны чистого изгиба следует ограничивать общие перемещения элемента;

4) для третьей и четвертой групп конструкций расстояния между точками закреплений сжатого пояса элемента от поперечных смещений, а также отношения высоты стенки и ширины свеса пояса к их толщинам должны иметь значения, обеспечивающие их устойчивость соответственно для наибольшего значения интенсивности деформаций, установленного для третьей группы, и при образовании пластического шарнира - для четвертой группы.

4.5. Элементы, подверженные действию кручения

4.5.1. Расчет на прочность элементов, подверженных действию кручения, следует выполнять в условиях свободного или стесненного кручения в пределах упругих деформаций или с учетом пластических деформаций стали в зависимости от назначения и условий эксплуатации конструкций.

4.5.2. При расчете на прочность элементов, подверженных действию свободного кручения, следует выполнять проверку только касательных напряжений.

При расчете на прочность элементов, подверженных действию стесненного кручения, следует выполнять проверку не только касательных, но и нормальных напряжений, определяемых законом секториальных площадей при недеформируемом контуре сечения.

4.6. Элементы, подверженные действию осевой силы с изгибом

4.6.1. Расчет на прочность элементов при действии осевой силы с изгибом, в зависимости от их назначения и условий эксплуатации, следует выполнять по группам конструкций, установленных в п. 4.4.1 с учетом наибольших для каждой группы значений интенсивности деформаций.

Расчет на прочность элементов первой и второй групп следует выполнять согласно требованиям пп. 4.4.2 - 4.4.3.

Расчет на прочность элементов третьей и четвертой групп следует выполнять с использованием значений усилий, соответствующих поверхностям взаимодействия, и с учетом требований, изложенных в п. 4.4.4.

Примечание. Расчет на прочность элементов при действии сжимающей силы с изгибом не требуется выполнять, если сечение не ослаблено и если в расчетах на прочность и устойчивость принимаются одинаковые значения изгибающих моментов.

4.6.2. Расчет на устойчивость внецентренно-сжатых и сжато-изгибаемых элементов при изгибе их в одной из главных плоскостей следует выполнять как в плоскости действия момента (плоская форма потери устойчивости), так и из плоскости действия момента (изгибно-крутильная форма потери устойчивости).

4.6.3. Расчет на устойчивость внецентренно-сжатых и сжато-изгибаемых элементов в плоскости действия момента, как правило, следует выполнять согласно требованиям пп. 1.4 и 4.3.2; при этом случайный эксцентриситет необходимо принимать дополнительно к расчетному эксцентриситету $e=M/N$ (где M - изгибающий момент; N - продольная сила) с учетом вероятности совпадений их расчетных значений.

Расчетные значения изгибающего момента и продольной силы в элементе для вычисления эксцентриситета следует определять из расчета системы по недеформированной схеме в предположении упругих деформаций стали и принимать при одном и том же сочетании нагрузок с учетом изменения изгибающего момента по длине элемента и условий закрепления концов элемента.

Допускается принимать другие методы, обеспечивающие определение критических силы и момента в соответствии с общими требованиями метода предельных состояний.

4.6.4. Расчет на устойчивость элементов из плоскости действия момента при изгибно-крутильных деформациях следует выполнять при изгибе их в плоскости наибольшей жесткости ($I_x > I_y$), совпадающей с плоскостью симметрии, с учетом свободного и стесненного кручения, пространственных перемещений сечений элемента в момент потери устойчивости и пластических деформаций стали.

4.6.5. В сквозных внецентренно-сжатых и сжато-изгибаемых в одной плоскости элементах, кроме расчета всего элемента в целом, необходимо проверять устойчивость отдельных ветвей; при этом продольную силу в каждой ветви следует определять с учетом дополнительного усилия от изгибающего момента.

4.6.6. Расчет соединительных планок или решеток в сквозных внецентренно-сжатых и сжато-изгибаемых в одной плоскости элементах следует выполнять на действие фактической и условной поперечных сил с учетом вероятности их одновременного воздействия на элемент.

4.6.7. Расчет на устойчивость внецентренно-сжатых и сжато-изгибаемых сплошностенчатых элементов при изгибе их в двух главных плоскостях, как правило, следует выполнять путем снижения критической силы, вычисляемой для элемента при изгибе его в плоскости наименьшей жесткости, за счет учета пространственных перемещений сечений элементов и пластических деформаций при изгибе его в плоскости наибольшей жесткости.

Допускается применять другие методы, обеспечивающие определение критических силы и моментов в соответствии с общими требованиями метода предельных состояний.

4.6.8. Расчет на устойчивость внецентренно-сжатых и сжато-изгибаемых сквозных элементов при изгибе в двух главных плоскостях следует выполнять для всего элемента в целом и для отдельных его ветвей.

Расчет всего элемента в целом в плоскости, параллельной плоскостям решеток, допускается выполнять, принимая момент, действующий в плоскости, перпендикулярной к плоскостям решеток, равным нулю.

Проверку устойчивости отдельных ветвей следует выполнять как внецентренно-сжатых элементов, изгибаемых в плоскости наибольшей жесткости; при этом продольную силу в каждой ветви следует определять с учетом дополнительного усилия от момента, действующего в плоскости, параллельной плоскостям решеток, а момент, действующий в плоскости, перпендикулярной к плоскостям решеток, допускается распределять между ветвями пропорционально их жесткостям.

4.6.9. Расчет соединительных планок или решеток в сквозных внецентренно-сжатых и сжато-изгибаемых элементах при изгибе их в двух главных плоскостях следует выполнять согласно п. 4.6.6; при этом фактическую поперечную силу следует принимать в плоскости, параллельной плоскостям соединительных решеток.

4.6.10. Проверку устойчивости стенок и поясных листов (полок) внецентренно-сжатых и сжато-изгибаемых сплошно-стенчатых элементов следует выполнять согласно требованиям п. 4.8.11.

4.7. Эффективные (расчетные) длины элементов

4.7.1. Эффективные длины сжатых, внецентренно-сжатых и сжато-изгибаемых элементов стержневых и рамных систем следует устанавливать в случаях, когда выполнять расчет конструкций как единых систем по деформированной схеме с учетом пластических деформаций стали не представляется возможным.

4.7.2. В расчетах эффективную длину элемента l_{ef} следует определять по формуле

$$l_{ef} = \mu l,$$

где μ - коэффициент приведения длины, зависящий от условий закрепления концов элемента и характера приложения сжимающей нагрузки;

l - длина элемента.

4.7.3. Для плоских стержневых систем эффективные длины сжатых элементов следует определять как в плоскости системы, так и из этой плоскости.

4.7.4. Эффективные длины сжатых элементов ферм необходимо определять в зависимости от формы сечений элементов и конструкций их соединений в узлах; при этом следует учитывать закрепления элементов от смещения из плоскости фермы.

4.7.5. При определении эффективных длин сжатых элементов стержневых конструкций из одиночных уголков необходимо определять плоскость, в которой происходит потеря устойчивости элемента (в плоскости наименьшей жесткости или в плоскости, параллельной полке уголка).

4.7.6. При определении эффективных длин колонн зданий допускается принимать приближенные расчетные схемы, которые должны отражать действительные условия нагружения колонн и закрепления их концов; при этом следует учитывать неравномерность распределения вертикальной нагрузки между колоннами, различие жесткостей колонн, наличие жестких конструктивных элементов, обеспечивающих пространственную устойчивость здания или сооружения.

4.7.7. Для ступенчатых колонн рам одноэтажных производственных зданий эффективные длины допускается определять для комбинации нагрузок, дающей наибольшие значения продольных сил на отдельных участках колонн, и полученные значения l_{ef} использовать в расчетах при других комбинациях нагрузок.

4.7.8. Эффективные длины колонн в направлении вдоль здания (из плоскости рам) необходимо принимать равными расстояниям между точками, закрепленными от смещения из плоскости рамы; при этом значения эффективных длин колонн из плоскости рам допускается уточнять путем расчета на устойчивость на основе расчетной схемы, учитывающей действительные условия закрепления концов колонн.

4.7.9. Эффективные длины растянутых элементов следует определять как расстояния между точками, закрепленными от смещения.

4.8. Устойчивость стенок и поясных листов (полок) элементов

4.8.1. В элементах, рассчитанных согласно пп. 4.3, 4.4, 4.5 и 4.6, устойчивость стенок и поясных листов (полок), как правило, должна быть обеспечена в соответствии со значениями предельных усилий для элементов в целом.

При назначении сечений элементов по предельным перемещениям или гибкостям, а также в других случаях, определяемых технико-экономическим расчетом, устойчивость стенок и поясных листов (полок) допускается обеспечивать при меньших значениях усилий в элементах.

4.8.2. Устойчивость стенок и поясных листов (полок) следует проверять путем расчета.

При этом необходимо устанавливать наибольшие значения отношений высоты стенки и ширины свеса пояса к их толщинам с учетом поперечных, продольных и окаймляющих ребер жесткости.

Примечание. При меньших значениях этих отношений проверку устойчивости стенок и свесов поясов выполнять не требуется.

4.8.3. Проверку устойчивости стенок и поясных листов центрально-сжатых элементов следует выполнять для наиболее напряженного сечения элемента с учетом требований п. 1.6; при этом рекомендуется учитывать влияние взаимодействия поясов и стенки на их устойчивость.

4.8.4. В центрально-сжатых элементах, если устойчивость стенки согласно требованиям пп. 4.8.2 и 4.8.3 не обеспечена, в расчет допускается вводить участки, определяемые из расчета элемента с учетом закритической стадии работы стенки на основе геометрически нелинейной теории тонких пластинок с учетом пластических деформаций стали.

4.8.5. Ребра для укрепления стенок центрально-сжатых элементов должны иметь достаточную жесткость, соответствующую методу расчета стенок; при этом продольные ребра рекомендуется включать в расчетную площадь элемента.

4.8.6. Проверку устойчивости стенок и поясных листов изгибаемых элементов, рассчитанных согласно п. 4.4.2, следует выполнять с учетом всех компонентов напряженного состояния (σ_x , σ_y и τ_{xy}).

4.8.7. Расчет на устойчивость стенок балок следует выполнять с использованием отношений значений компонентов напряженного состояния стенки к их критическим значениям, соответствующих поверхностям взаимодействия между ними. При этом значения критических напряжений должны быть определены на основе геометрически линейной теории устойчивости пластинок в предположении упругих деформаций стали. Допускается учитывать упругое защемление стенки в поясах.

4.8.8. Расчет на устойчивость поясов балок, как правило, следует выполнять как свободно опертых по одной из длинных сторон пластинок на основе геометрически линейной теории устойчивости пластинок в предположении упругих деформаций стали.

Допускается учитывать влияние жесткости стенки на устойчивость поясов.

4.8.9. Балки, устойчивость стенок которых согласно требованиям пп. 4.8.2, 4.8.6 и 4.8.7 не обеспечена, допускается рассчитывать с учетом закритической стадии работы стенок. Предельную несущую способность балки с гибкой стенкой следует определять, применяя расчетные схемы, согласующиеся с механизмом разрушения балки с потерявшей устойчивость стенкой, и используя геометрически нелинейную теорию пластинок с учетом пластических деформаций стали.

4.8.10. Ребра для укрепления стенок балок должны быть выполнены в соответствии с требованиями п. 4.8.5.

Участок стенки балки над опорой при укреплении его ребрами жесткости следует рассчитывать на продольный изгиб из плоскости стенки как центрально-сжатый элемент на действие опорной реакции согласно требованиям п. 4.3.2.

4.8.11. Проверку устойчивости стенок и поясных листов внецентренно-сжатых и сжато-изгибаемых элементов рассчитанных в соответствии с пп. 4.6.3 - 4.6.9, следует выполнять согласно требованиям, изложенным в пп. 4.8.3 - 4.8.5; при этом для стенок необходимо учитывать влияние касательных напряжений.

4.9. Выносливость и прочность с учетом хрупкого разрушения

4.9.1. Конструкции, непосредственно воспринимающие многократно действующие подвижные, вибрационные или другого вида нагрузки, которые могут вызвать явление усталости, следует проверять расчетом на выносливость с учетом требований к выбору сталей и применению соответствующих конструктивных решений.

4.9.2. Способность стальных конструкций противостоять хрупкому разрушению, как правило, следует обеспечивать выполнением требований к выбору сталей и применению соответствующих конструктивных решений.

Допускается проверка расчетом на прочность с учетом хрупкого разрушения.

4.9.3. Напряжения в элементах конструкций следует вычислять по формулам расчета на прочность и сечению "нетто" в предположении упругих деформаций стали от расчетных нагрузок, соответствующих установленным в стандартах СЭВ на нагрузки.

4.9.4. При расчете на выносливость и на прочность с учетом хрупкого разрушения напряжения в элементах конструкций не должны превышать расчетных сопротивлений соответственно усталости и хрупкому разрушению.

4.9.5. Расчетные сопротивления усталости и хрупкому разрушению следует устанавливать в зависимости от характеристик сталей, вида напряженного состояния, конструктивной схемы узла или соединения, технологии обработки деталей и образования отверстий; при этом для расчетных сопротивлений усталости следует учитывать вид нагрузки, количество циклов нагружений и наибольшие и наименьшие значения напряжений, а для расчетных сопротивлений хрупкому разрушению - толщину элемента и температуру монтажа и эксплуатации.

4.9.6. При расчете на прочность с учетом хрупкого разрушения его следует выполнять для центрально- и внецентренно-растянутых элементов и зон растяжения изгибаемых элементов.

4.10. Расчет соединений элементов

4.10.1. Сварные соединения

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

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

4.10.1.3. Расчет сварных швов при одновременном действии продольной оси и момента следует выполнять на равнодействующую напряжений, вычисленных отдельно от продольной силы и момента.

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

4.10.1.5. Расчет стыковых соединений следует выполнять на прочность в пределах упругих деформаций по формулам для основного сечения по расчетным сопротивлениям для стыковых сварных соединений.

В стыковых швах при одновременном действии нормальных и срезающих напряжений необходимо проверять интенсивность напряжений, определяемую согласно п. 1.10. Допускается применение других методов, учитывающих связь между компонентами напряженного состояния шва.

Расчет стыковых швов не выполняется, если расчетные сопротивления основного металла и металла шва одинаковы, а сварка выполнена с полным проплавлением и концы швов выведены за пределы стыка.

4.10.1.6. Расчет сварных угловых швов необходимо выполнять на срез (условный) по расчетным сечениям металла шва и металла границы сплавления с учетом характеристик свариваемых сталей, сварочных материалов, технологии сварки и положения шва.

Для уменьшения объема наплавленного металла допускается применять сварочные материалы, обеспечивающие более высокую прочность металла шва по сравнению с основным металлом.

Расчет сварных соединений с угловыми швами при одновременном действии срезающих напряжений в двух направлениях, как правило, следует выполнять по равнодействующей этих напряжений.

Допускается применять другие методы, учитывающие связь между компонентами напряженного состояния шва при нагружении его в двух направлениях.

4.10.2. Болтовые и заклепочные соединения

4.10.2.1. Болтовые и заклепочные соединения следует рассчитывать на растяжение и срез болтов или заклепок и на смятие соединяемых элементов.

Расчет на растяжение болтов следует выполнять по сечению "нетто" болта.

4.10.2.2. При действии на болтовое или заклепочное соединение продольной силы распределение этой силы между болтами или заклепками следует принимать равномерным.

4.10.2.3. При действии на болтовое или заклепочное соединение изгибающего момента распределение усилий на болты или заклепки необходимо принимать пропорциональным расстояниям от центра тяжести соединения до рассматриваемого болта или заклепки.

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

4.10.2.4. Расчет болтов или заклепок при одновременном действии продольной силы и момента следует выполнять по равнодействующему усилию.

4.10.2.5. Расчет на прочность сечений соединяемых элементов и стыковых накладок, ослабленных отверстиями для болтов или заклепок, следует выполнять согласно требованиям п. 4.1.6.

4.10.3. Соединения на высокопрочных болтах

4.10.3.1. Осевое усилие натяжения высокопрочных болтов следует принимать в зависимости от характеристик механических свойств болтов и площади сечения "нетто" болта.

4.10.3.2. Расчет соединений на высокопрочных болтах, как правило, следует выполнять в предположении передачи усилий трением по соприкасающимся плоскостям соединяемых элементов.

Допускается выполнять расчет в предположении передачи усилий срезом или смятием соединяемых элементов с учетом влияния трения на предельное состояние соединения.

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

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

4.10.3.4. Расчет на прочность сечений соединяемых элементов, работающих на трение и ослабленных отверстиями для высокопрочных болтов, следует выполнять в соответствии с требованиями п. 4.1.6 с учетом того, что часть усилия, приходящегося на каждый болт в рассматриваемом сечении, передается силами трения.

4.10.4. При расчете сварных, болтовых и заклепочных соединений согласно пп. 4.10.1.1, 4.10.1.2, 4.10.2.2, 4.10.2.3 и 4.10.3.2 допускается учитывать фактическое распределение напряжений по длине сварного шва и усилий между болтами или заклепками, определяемое более точным теоретическим методом или экспериментальным путем и проверенное практикой проектирования.

5. Расчет стальных конструкций по предельным состояниям второй группы

5.1. При расчете по предельным состояниям второй группы перемещения, деформации и параметры колебаний от нагрузок, определяемых по СТ СЭВ 1407-78, не должны превышать предельных значений.

5.2. Предельные значения перемещений, деформаций и параметров колебаний следует устанавливать на основе требований нормальной эксплуатации с учетом условий безопасности людей, работы технологического оборудования, сохранности ограждающих конструкций.

Предельные значения прогибов допускается увеличивать на высоту строительного подъема, если это не противоречит другим требованиям настоящего стандарта СЭВ.

5.3. Расчет перемещений, деформаций и параметров колебаний конструкций следует выполнять в предположении упругих деформаций стали без учета ослабления сечений отверстиями для болтов и заклепок, а также без учета коэффициента динамичности.

5.4. Расчет отклонений колонн в поперечном и продольном направлениях, а также прогибов крановых тормозных конструкций следует выполнять на действие горизонтальных нагрузок от кранов, установленных в СТ СЭВ 1407-78.

5.5. При расчете перемещений и отклонений болтовых конструкций необходимо учитывать влияние сдвигов в соединениях, если это предусмотрено в стандартах СЭВ на методы расчета.

5.6. Наибольшие значения гибкостей сжатых и растянутых элементов не должны превышать их предельных значений, устанавливаемых в зависимости от назначения элемента и характера его нагружения.

Информационное приложение 1

Термины и определения

| Термин | Определение |
|--|---|
| 1. Упругая деформация | Деформация, исчезающая после устранения вызвавших ее внешних нагрузок и воздействий |
| 2. Пластическая (остаточная) деформация | Деформация, не исчезающая после устранения вызвавших ее внешних нагрузок и воздействий |
| 3. Пластическая адаптация (приспособляемость) | Свойство материальных тел, проявляющееся в том, что появление пластических деформаций происходит лишь на первом этапе нагружения; при последующих нагружениях тело деформируется упруго |
| 4. Деформация поперечного сечения | Перемещение точек поперечного сечения, преобразующее его в нелинейную поверхность или совокупность плоскостей |
| 5. Эффективная (расчетная) длина | Условная длина однопролетного стержня, критическая сила которого при шарнирном закреплении его концов такая же, как для заданного стержня |
| 6. Эффективная длина из плоскости системы (рамы) | Эффективная длина в плоскости, перпендикулярной к плоскости системы (рамы) |

| | |
|--|--|
| 7. Интенсивность напряжений (деформаций) | Обобщенное напряжение (деформация) в точке тела при сложном напряженном состоянии, эквивалентное (эквивалентная) напряжению (деформации) при простом растяжении по условию перехода тела в пластическое состояние в этой точке |
| 8. Свободное кручение | Кручение, при котором все поперечные сечения тонкостенного стержня имеют одинаковую депланацию и в сечении возникают только касательные напряжения |
| 9. Стесненное кручение | Кручение, при котором поперечные сечения тонкостенного стержня имеют неодинаковую депланацию и в сечениях возникают касательные и нормальные напряжения |
| 10. Нелинейно упругий материал | Условный материал, характеризующийся одной и той же нелинейной или кусочно-линейной зависимостью между деформациями и напряжениями при нагружении и разгрузке |
| 11. Упруго-пластический материал | Условный материал, характеризующийся при нагружении нелинейной или кусочно-линейной, а при разгрузке линейной зависимостью между деформациями и напряжениями |
| 12. Собственные остаточные напряжения | Напряжения, существующие в конструкции при отсутствии воздействия на нее каких-либо внешних нагрузок |
| 13. Сложное напряженное состояние | Напряженное состояние, при котором в точках тела действуют не менее двух компонентов напряжений |
| 14. Геометрическая нелинейность | Нелинейная или кусочно-линейная зависимость между деформациями и перемещениями системы |
| 15. Физическая нелинейность | Нелинейная или кусочно-линейная зависимость между деформациями и напряжениями материала |
| 16. Перемещение | Изменение положения точки, системы точек или тела |
| 17. Поверхность взаимодействия | Поверхность в пространстве напряжений или усилий, точки которой характеризуют предельное или критическое состояние сечения, элемента или системы |
| 18. Условная поперечная сила | Поперечная сила, возникающая при изгибе сжатого или внецентренно-сжатого стержня и равная проекции сжимающей силы на направление, перпендикулярное к изогнутой оси стержня |
| 19. Вязкое разрушение | Разрушение, сопровождающееся пластической деформацией |
| 20. Усталостное разрушение | Разрушение, сопровождающееся образованием и развитием трещин в результате многократно повторяющихся силовых воздействий |
| 21. Хрупкое разрушение | Разрушение, сопровождающееся малой деформацией, которой можно пренебречь |
| 22. Деформированная (недеформированная) схема | Расчетная схема, в которой учитываются (не учитываются) перемещения от начального ненагруженного состояния и изменения расположения нагрузок вследствие деформаций системы |
| 23. Метод Эйлера | Метод расчета на устойчивость прямого стержня (системы с прямыми стержнями) при продольном осевом сжатии (при приложении нагрузок в узлах системы) в пределах упругих деформаций |
| 24. Начальные несовершенства | Совокупность геометрических отклонений формы и размеров, факторов, влияющих на свойства стали, и отступлений от принятой расчетной схемы, возникающих при изготовлении, транспортировке и монтаже стальных конструкций |
| 25. Потеря устойчивости из плоскости действия момента (плоскости изгиба) | Потеря устойчивости в направлении, перпендикулярном к плоскости действия момента (плоскости изгиба) |

Расчет на устойчивость центрально-сжатых элементов допускается выполнять с использованием коэффициентов продольного изгиба, определяемых по формуле





$$\varphi = \frac{1}{2} \left(\frac{1 + m_n}{\lambda^2} + 1 \right) - \sqrt{\left[\frac{1}{2} \left(\frac{1 + m_n}{\lambda^2} + 1 \right) \right]^2 - \frac{1}{\lambda^2}},$$





где $\bar{\lambda} = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\sigma_y / E}$; $m_n = a + \beta \bar{\lambda}$.

Коэффициенты α и β должны определяться с учетом влияния формы сечения и начальных несовершенств согласно требованиям п. 4.3.2.

Информационное приложение 3

Коэффициенты эффективной длины сжатых элементов постоянного сечения

| Схема закреплений и нагрузки | Коэффициент эффективной длины |
|---|-------------------------------|
|  | 1,0 |
|  | 2,0 |
|  | 0,7 |
|  | 0,5 |

| | |
|--|-------|
|  | 1,0 |
|  | 2,0 |
|  | 0,725 |
|  | 1,12 |