

Стальные колонны.

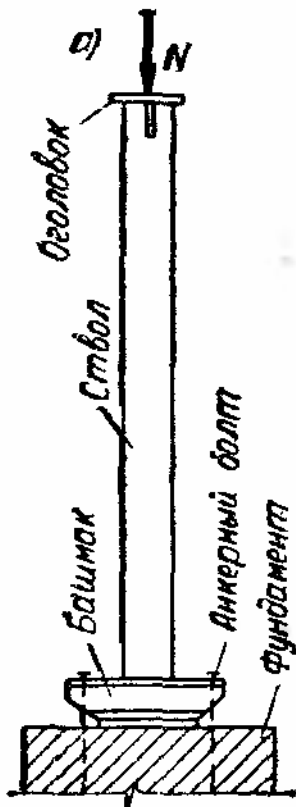
План.

1. Общие сведения. Область применения.
2. Расчет центрально-сжатых стальных колонн сплошного сечения
3. Правила конструирования центрально-сжатых стальных колонн

1. Общие сведения. Область применения.

Колонной называется вертикальный стержень, работающий на сжатие и передающий давление на фундамент (или на нижележащие части сооружения, если колонна многоярусная).

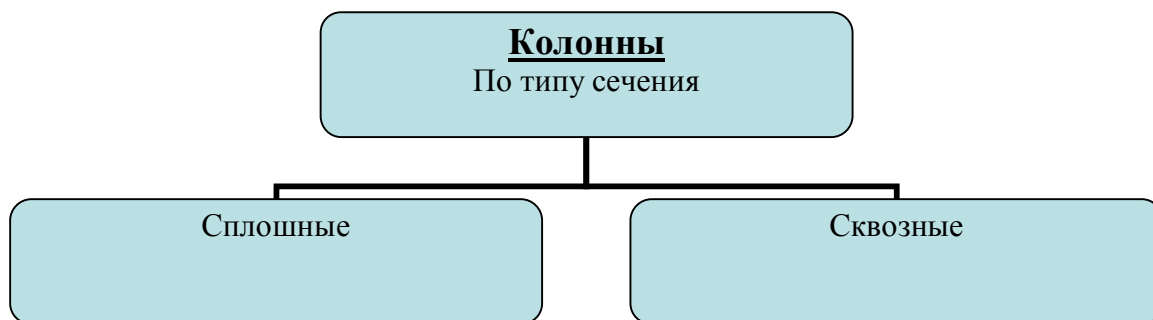
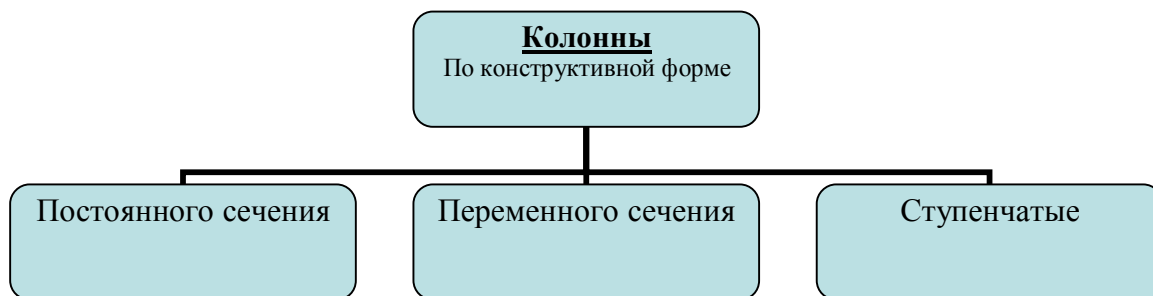
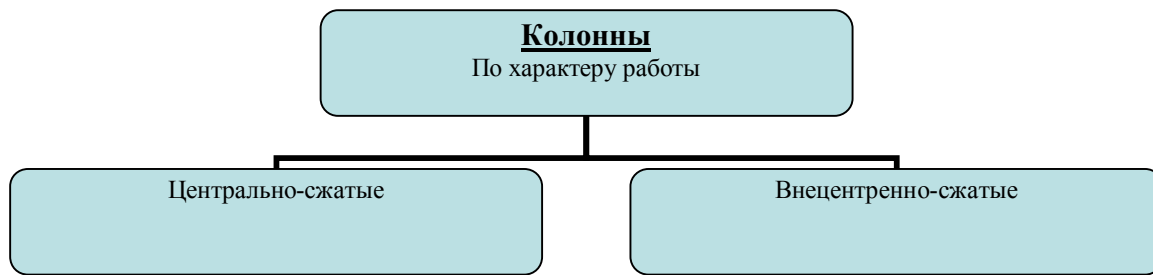
Колонна состоит из трех частей: оголовка, стержня (ствола) и базы (башмака).



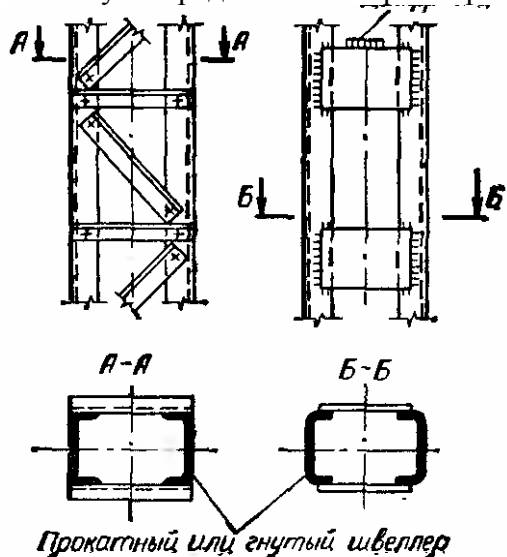
Колонны широко применяются во всех видах сооружений: в промышленном строительстве – в качестве элементов каркаса цехов и опор рабочих площадок, в гражданском строительстве - в качестве вертикальных элементов каркасов многоэтажных зданий и опор большепролетных покрытий, в мостостроении — для опор эстакад и т. д.

Металлические колонны, как правило, выполняют из стали. Алюминиевые сплавы в сжатых элементах работают плохо из-за малого модуля упругости E , поэтому колонны из алюминиевых сплавов применяют в исключительных случаях (например, в сборно-разборных конструкциях, при строительстве в труднодоступных районах и т. п.).

В качестве соединений для колонн применяют сварку.



Сквозные колонны состоят из отдельных ветвей, объединенных «соединительной решеточкой» из уголков или планок в единое целое. Если ее не поставить, то каждая ветвь будет работать самостоятельно и быстро потеряет устойчивость. Соединительная решеточка из планок имеет меньшую трудоемкость и красивее выглядит, но менее жестка, чем соединительная решеточка из уголков. В широких колоннах последняя оказывается легче, поэтому ее предпочитают при ширине колонны более 0,8—1 м.



Выпучивание сжатого элемента происходит перпендикулярно той оси поперечного сечения, для которой гибкость λ больше. Если гибкость в обеих плоскостях одинакова, то стержень называется равноустойчивым, а форма его сечения является самой выгодной (для данного случая). Исходя из этого критерия, можно сравнить рациональность поперечных сечений колонн различных типов.

Самая простая колонна — из прокатного двутавра, обычного или широкополочного. Из-за ограниченности сортамента двутавров такое решение возможно только для небольших и средних колонн.

Наиболее часто применяются колонны с сечением в виде сварного двутавра из трех листов. При $l_{efx} = l_{efy}$ для равноустойчивости сечения необходимо, чтобы ширина полок была больше высоты стенки. На практике ради удобства сварки эти размеры принимают примерно равными.

В сварном крестовом сечении из трех листов $i_x = i_y$. Однако при одинаковых габаритах оно обладает меньшим радиусом инерции, чем двутавровое сечение. Трубчатое и замкнутое квадратное сечения обладают наибольшим радиусом инерции и поэтому очень выгодны при работе на сжатие. Колонны из готовых замкнутых профилей самые экономичные по расходу стали. Но из-за дефицитности таких профилей это решение применяется редко. Замкнутые составные сечения более трудоемки, но выполняются из менее дефицитных швеллеров и уголков.

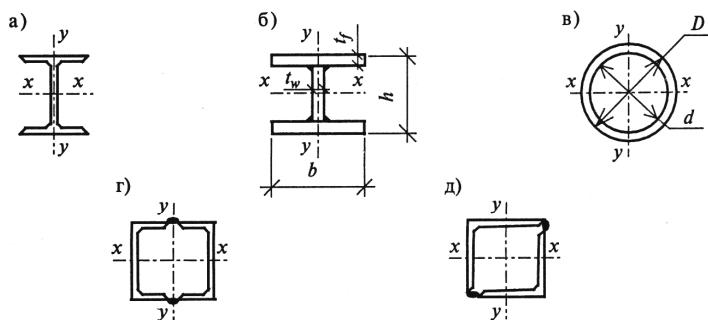


Рис. 5.6. Сечения сплошных колонн: а) прокатный двутавр; б) сварной двутавр; в) труба; г) сечение из двух швеллеров; д) сечение из двух уголков

В сквозных колоннах расстояние между ветвями назначается так, чтобы сечение получилось равноустойчивым. Сквозные колонны обычно проектируют из двух швеллеров, расположенных полками внутрь. Сечение из швеллеров полками наружу хуже, так как увеличивается расход металла на планки. Если площадь швеллеров оказывается недостаточной, сечение компонуют из двутавров.

Сечение из четырех уголков применяют для очень легких и высоких колонн.

При сравнении сплошных и сквозных колонн выявляется, что первые менее трудоемки в изготовлении, обладают большей жесткостью, но при значительной ширине требуют увеличения расхода металла. Сквозные колонны применяют: для основных колонн промышленных зданий — при ширине колонны 1000 мм и более; для колонн рабочих площадок — при ширине сечения более 600 мм.

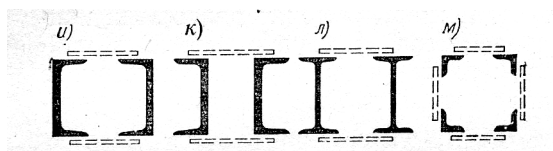


Рис. 5.7. Сечения сквозных колонн.

2. Расчет центрально-сжатых стальных колонн сплошного сечения.

При расчете стержня колонны строительные нормы предписывают выполнение следующих расчетов: по прочности, по потере общей устойчивости, а также при этом необходимо ограничивать гибкость.

Расчет прочности выполняют по формуле:

$$\sigma = \frac{N}{A_n} \leq \frac{R_y \gamma_c}{\gamma_n}.$$

где N — наибольшее растягивающее усилие, действующее на элемент;

A_n — площадь сечения нетто, $A_n = A - A_{осл.}$;

R_y — расчетное сопротивление стали, взятое по пределу текучести;

γ_c — коэффициент условия работы.

γ_n - коэффициент ответственности по назначению здания

Обычно несущая способность колонн теряется в результате продольного изгиба. Поэтому размеры сечения стержня принимают из расчета на устойчивость.

Расчет на устойчивость выполняют по формуле:

$$\sigma = \frac{N}{\varphi A} \leq \frac{R_y \gamma_c}{\gamma_n},$$

где N — наибольшее растягивающее усилие, действующее на элемент;

A_n — площадь сечения нетто, $A_n = A - A_{осл.}$;

R_y — расчетное сопротивление стали, взятое по пределу текучести;

γ_c — коэффициент условия работы;

γ_n - коэффициент ответственности по назначению здания;

φ - коэффициент продольного изгиба.

Независимо от расчета на прочность и устойчивость нормы ограничивают наибольшую гибкость стержня колонны, которая должна быть не больше предельной.

Проверка гибкости выполняется по формуле:

$$\lambda = \frac{l_{ef}}{i} \leq [\lambda].$$

Из приведенных формул можно решать два типа задач: определять размеры сечения колонн (тип 1) или проверять несущую способность (тип 2).

Общий порядок подбора сечения стержня колонны (тип 1).

1. Определяют нагрузку на колонну.
2. Устанавливают расчетную схему.
3. В зависимости от расчетной схемы находят расчетную длину колонны.
4. Назначают тип поперечного сечения стержня колонны: труба, прокатный двутавр, составное сечение из прокатных профилей и т.п.
5. Принимают сталь для колонны; выбор стали зависит от конструкции колонны, величины нагрузок, климатического района и условий эксплуатации, экономического обоснования и т.д.
6. Для принятой стали определяют расчетное сопротивление по пределу текучести R_y .
7. Определяют коэффициент условия работы колонны γ_c .
8. Определяют требуемую площадь поперечного сечения стержня из условия устойчивости:

$$A^{mp} = \frac{N \gamma_n}{\varphi R_y \gamma_c}.$$

Поскольку в формуле два неизвестных — A и φ , то одной из величин необходимо задаться, т.е. принять предварительно, а затем выполнить проверочный расчет.

Рекомендуется задаваться гибкостью λ , величина которой не должна превышать предельную. Гибкость колонн обычно находится в пределах от 100 до 70. По принятой гибкости устанавливают коэффициент φ .

9. Определяют требуемый радиус инерции, подставляя в уравнение принятую гибкость:

$$i = \frac{l_{ef}}{\lambda}.$$

10. По найденным площади и радиусу инерции, пользуясь сортаментом прокатных элементов, принимают сечение стержня колонны и выписывают фактические характеристики принятого сечения (A, i_x, i_y).

11. Проводят проверку принятого сечения и при необходимости выполняют уточнение его размеров.

Проверку устойчивости производят по формуле:

$$\frac{N}{\varphi A} \leq \frac{R_y \gamma_c}{\gamma_n},$$

где A — принятая площадь сечения стержня.

Сортамент прокатных профилей не позволяет, за редким исключением, подобрать площадь, в точности равную требуемой, поэтому коэффициент продольного изгиба φ определяется заново по наибольшей фактической гибкости подобранного сечения колонны.

Наибольшую гибкость колонны находят по формуле:

$$\lambda_{\max} = \frac{l_{ef}}{i_{\min}},$$

где i_{\min} — наименьший радиус инерции принятого сечения (i_x, i_y).

По таблице 72 зависимости от R_y и λ_{\max} находят действительный коэффициент продольного изгиба φ .

В результате расчета может получиться большой запас прочности, в этом случае можно попытаться уменьшить размеры сечения стержня колонны, но это не всегда удастся, так как следует учитывать требования: оптимально, если левая часть того или иного неравенства не превышает правую часть на 5%.

12. Независимо от выполненного расчета необходимо, чтобы гибкость колонны не превышала предельной.

3. Правила конструирования центрально-сжатых стальных колонн.

Конструирование колонн ведут на основании выполненных расчетов. Конструирование заключается в уточнении некоторых размеров, полученных из расчета и проектирования элементов колонны и их соединений, и составлении рабочих чертежей. В стальных колоннах ярко выражены все три элемента: оголовок, стержень и база.

Стержни колонн. Стержни колонн передают нагрузку от оголовка на базу. Для простых стержней нет каких-либо специальных требований, кроме тех, которые продиктованы расчетом. При проектировании мощных колонн большого сечения необходимо устанавливать поперечные ребра жесткости. Стержни центрально-сжатых колонн должны проектироваться исходя из принципа равноустойчивости, т.е. их гибкости относительно главных осей сечения должны быть равны. В этом случае получаем наиболее экономичное по расходу материалов сечение. Условие равноустойчивости в полной мере отвечает сечение в виде трубы, но в таких стержнях трудно предохранять внутреннюю поверхность от коррозии. Поэтому стержни из труб следует применять, если предусмотрены меры против попадания в них влаги.

Достаточно часто сечение стержня сплошной колонны проектируют в виде двутавра (прокатного или сварного). Применение обычных прокатных двутавров меньше всего отвечает принципу равноустойчивости, так как они имеют сильно различающиеся радиусы

инерции относительно осей $x-x$, $y-y$. Рациональней использование широкополочных прокатных двутавров или следует выполнять сечение в виде сварных двутавров.

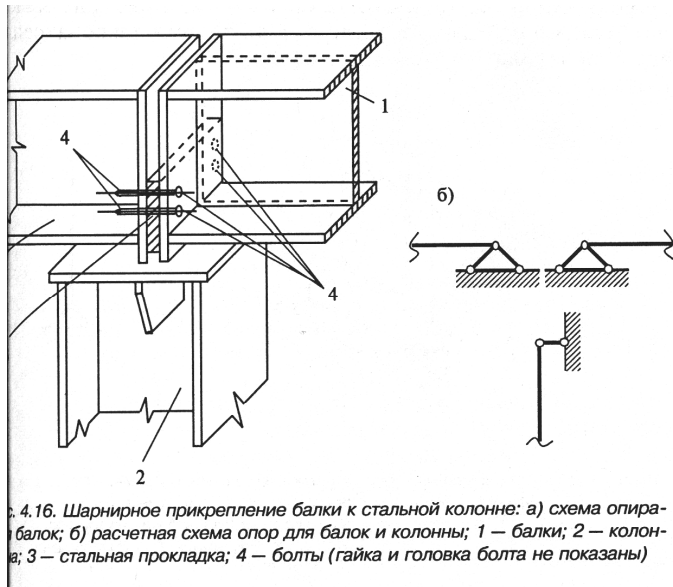
Сварные двутавры проще всего выполняются с помощью автоматической сварки. Автоматическая сварка обеспечивает дешевый и индустриальный способ изготовления таких колонн. Сварной двутавр с полкой шириной, равной высоте, является основным типом сечения сварных колонн.

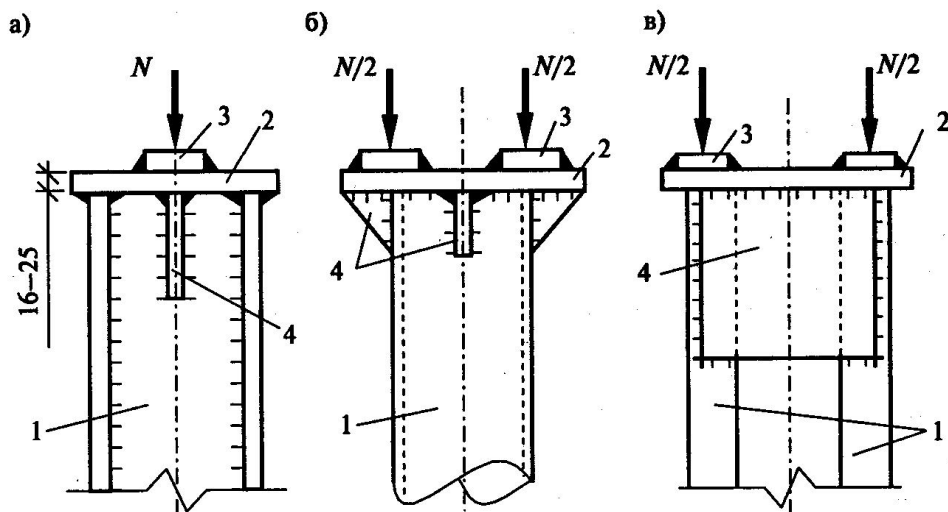
Выполнение стержня колонны из прокатных широкополочных двутавров или из сварных двутавров не отвечает в полной мере принципу равноустойчивости, но дает вполне пригодное для колонн сечение. Добиться одинаковых гибкостей в сварных двутаврах в принципе возможно за счет увеличения ширины полки, это резко усложняет технологию сварочных работ при приваривании полок к стенкам двутавра.

Оголовки центрально-сжатых колонн. Оголовок является верхней частью колонны, он служит для восприятия нагрузок от вышележащих конструкций и передачи их на стержень. В связи этим оголовки проектируются с учетом конструкции опирающихся на них балок или ферм (при этом также учитываются особенности их крепления), передачи нагрузок и с учетом сечения стержня колонны.

В оголовках тяжело нагруженных колонн обычно подлежат расчету: толщина опорного листа, длина ребер жесткости и прикрепляющие их угловые сварные швы.

В сплошных колоннах опорный лист оголовка усиливают ребрами жесткости, которые препятствуют изгибу опорного листа и одновременно способствуют включению в работу всего расчетного сечения колонны. Длина ребер жесткости принимается из учета восприятия прикрепляющими их угловыми сварными швами всего приходящегося на колонну усилия. Для центрирования нагрузки к опорному листу могут привариваться опорные (центрирующие) пластинки шириной до 100 мм.





Оголовки стальных колонн с различным сечением стержней:

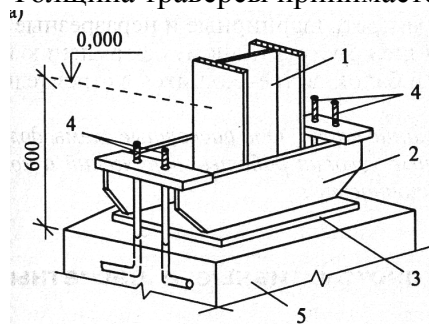
- а) сечение стержня колонны — двутавр; б) труба; в) четыре уголка;
 1 — стержень колонны; 2 — опорная плита; 3 — центрирующая пластинка;
 4 — ребро жесткости

Базы центрально-сжатых стальных колонн. База колонны предназначена для распределения нагрузки и передачи ее на фундамент. Если нагрузку не распределить, то такая колонна раздавит бетон фундамента, так как прочности стали и бетона различны, и относительно небольшая площадь сечения стального стержня будет передавать значительные напряжения на бетон. База также обеспечивает крепление колонны к фундаменту.

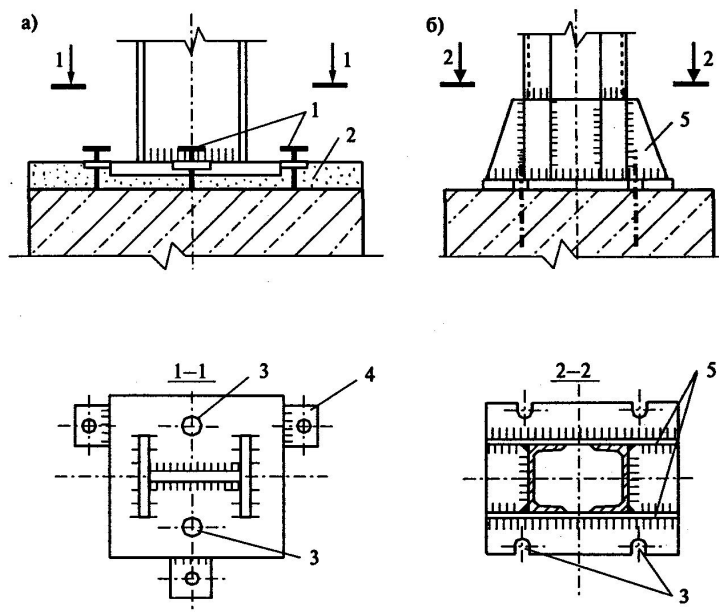
В центрально-сжатых колоннах применяют два типа баз: с фрезерованным торцом и с распределительной конструкцией — траверсой. В простейшем случае база центрально-сжатой колонны состоит из опорной плиты, к которой приварен стержень колонны. Колонна передает давление на фундамент через опорную плиту. В базе колонны расчету подлежат размеры опорной плиты (площадь и толщина листа), высота и толщина траверсы и др. Для тяжело нагруженных внецентренно сжатых колонн расчет базы значительно усложняется. В простейших случаях расчетом следует определить размеры опорной плиты (длину и ширину). Толщина опорной плиты в этом случае может приниматься без расчета в пределах 20—60 мм.

Размеры опорной плиты определяют из условия прочности материала фундамента (бетона).

База с распределительной конструкцией (траверсой) позволяет уменьшить толщину опорной плиты, так как траверса способствует распределению усилия от стержня колонны по опорной* плите. Колонны с такими базами фиксируют в проектное положение при помощи установочных болтов, далее все бетонируется до верхнего обреза плиты и она закрепляется анкерными болтами. Диаметр анкерных болтов принимают конструктивно 20—30 мм. Толщина траверсы принимается 10—20 мм.



1 — стержень колонны, 2 — траверса, 3 — опорная плита, 4 — анкерные болты, 5 — фундамент.



Базы сплошных центрально-сжатых колонн:

- а) база без траверсы; б) база с траверсой; 1 – установочные болты;
 2 – бетон омоноличивания; 3 – отверстия анкерных болтов;
 4 – планки, приваренные к плите; 5 – траверса**

Литература.

1. Сетков В.И., Сербин Е.П. Строительные конструкции. Учебник. – М.; ИНФРА-М, 2005.
2. Цай Т.Н. Строительные конструкции. В 2-х томах. Т.1, М., Стройиздат, 1984
3. СНиП II-23-81* «Стальные конструкции»