

Мачты



Мачта состоит из трех основных частей: а) ствола - упругого стержня, располагаемого обычно вертикально, способного воспринимать продольные и поперечные нагрузки, которые могут иметь различные направления в плане по отношению к стволу, в связи с изменением направления ветра; б) оттяжек, являющихся упругими опорами для ствола; в) фундаментов: центрального, на который опирается или в который заделывается ствол мачты, и анкерных, к которым крепятся оттяжки.

Иногда, в целях уменьшения провисания оттяжек и улучшения виброустойчивости мачт, устанавливают рей, сокращающие пролеты оттяжек. Схемы мачт без рей и с рейми даны на рис.1.

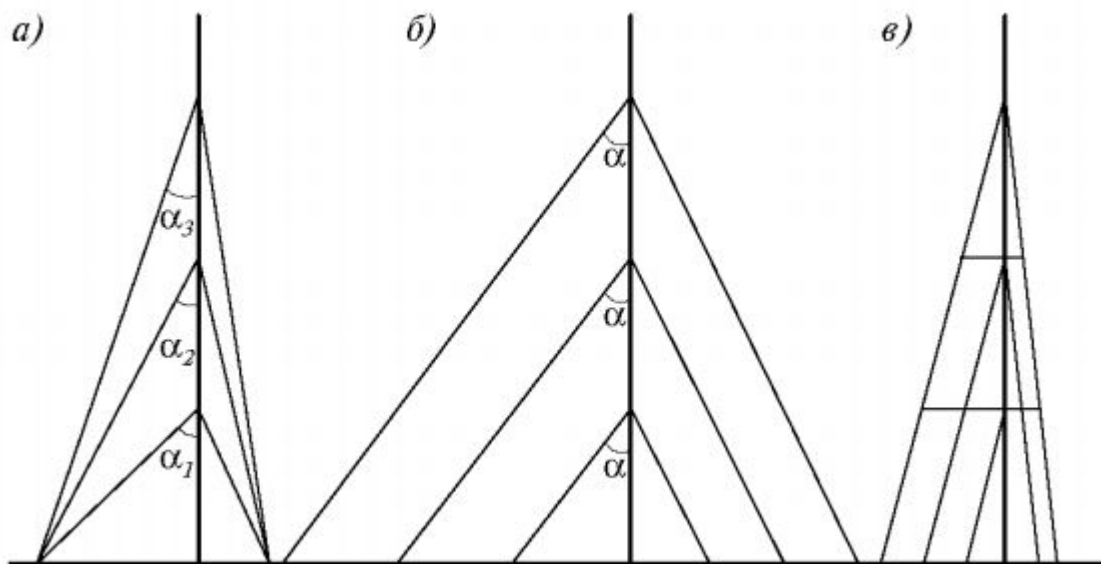


Рис. 1.29. Схемы мачт а - с оттяжками, сходящимися у одного анкера; б — с оттяжками, закрепленными у разных анкеров; в - с рейми, уменьшающими провисание оттяжек

Конструктивные решения мачт

Конструктивное решение ствола мачты зависит от назначения сооружения, размещаемого на нем технологического оборудования, климатических нагрузок в районе расположения сооружения и целого ряда других факторов. Стволы мачт выполняют решетчатой конструкции в виде четырех или трехгранной призмы с поясами в местах пересечения граней и с элементами решетки (распорки, раскосы) в плоскости граней, или в виде цилиндрической оболочки. База ствола* (генеральный размер поперечного сечения) зависит, в основном, от высоты мачты. Для мачт с решетчатым стволом высотой до 150 м базовый размер принимают обычно равным 1350 мм, высотой до 350 м - 2500 мм (иногда 2200 мм), до 500 м - 3600 мм. Ствол мачты состоит из секций, соединяемых между собой во время монтажа. Исходя из параметров кранового оборудования для монтажа мачт высота секции принимается равной 6750 мм. Применение вертолета для монтажа мачт позволяет изменять высоту секций, однако при этом необходимо учитывать возможности заводов-изготовителей по изменению технологической оснастки. Для решетчатых мачт в настоящее время наиболее широкое применение нашли два типа секций: - цельносварные (рис. 1.28), собираемые и свариваемые на заводе с бесфасоночным соединением элементов решетки с поясами; - секции, собираемые на монтаже (укрупнительная сборка) из плоских ферм (рис. 1.29), изготавливаемых на заводе. Трудоемкость монтажа мачт из секций этого типа выше, однако при их перевозке они занимают меньший объем. Кроме того, такое конструктивное решение применяется для секций с размерами, не вписывающимися в железнодорожный габарит. Секция мачты со стволом в виде цилиндрической оболочки приведена на рис. 1.30.

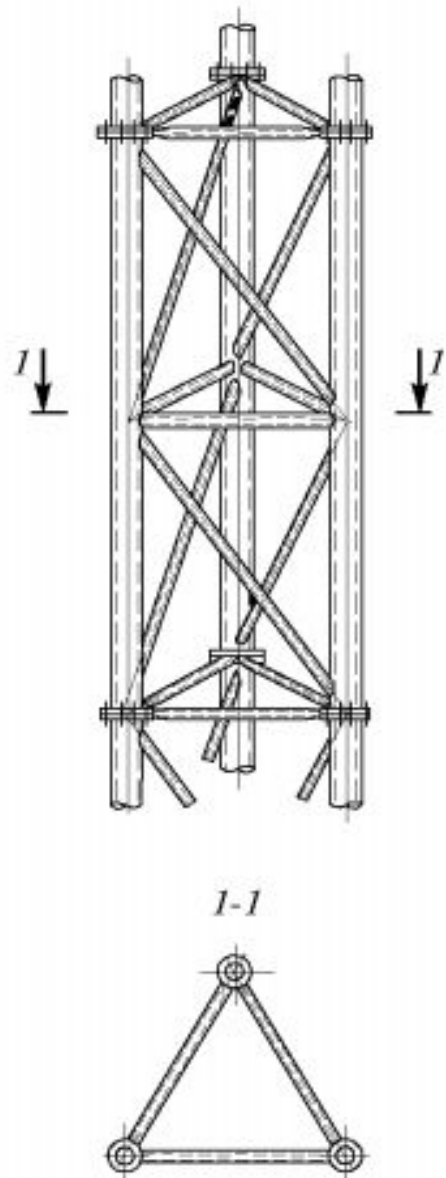


Рис.1.28. Целносварная секция ствола мачты

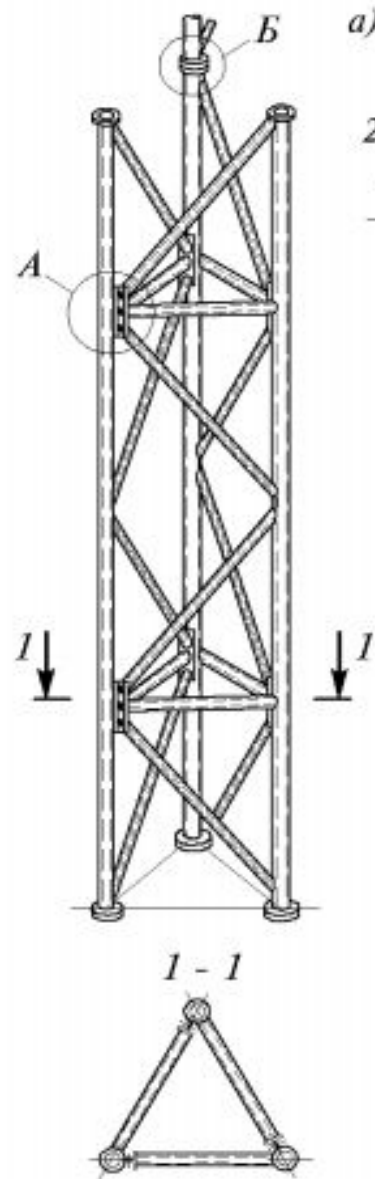


Рис.1.29. Секция ствола мачты из плоских ферм
a - узел соединения ферм; *б* - узел соединения секций

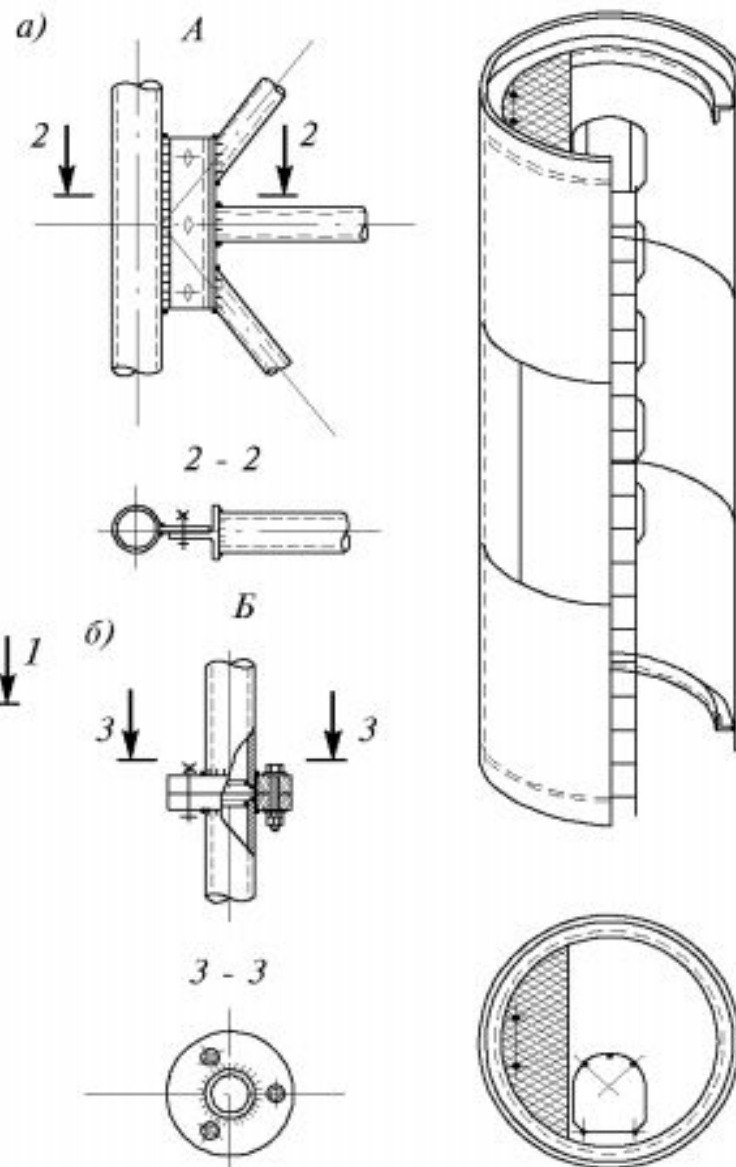


Рис.1.30. Секция ствола мачты в виде цилиндрической оболочки

В большинстве случаев элементы решетчатых стволов мачт изготавливают из труб. Иногда их изготавливают из фасонного проката, чаще, из уголкового профиля. В этом случае соединение элементов ствола мачты осуществляется через фасонки (сваркой или болтами), а секций между собой - при помощи болтов через накладки (рис. 1.32). В мачтах со стволом в виде оболочки соединение секций между собой, как правило, осуществляется на сварке, а конструктивные решения узлов соединения ствола мачты с оттяжками аналогичны решению, приведенному на рис. 1.31 б.

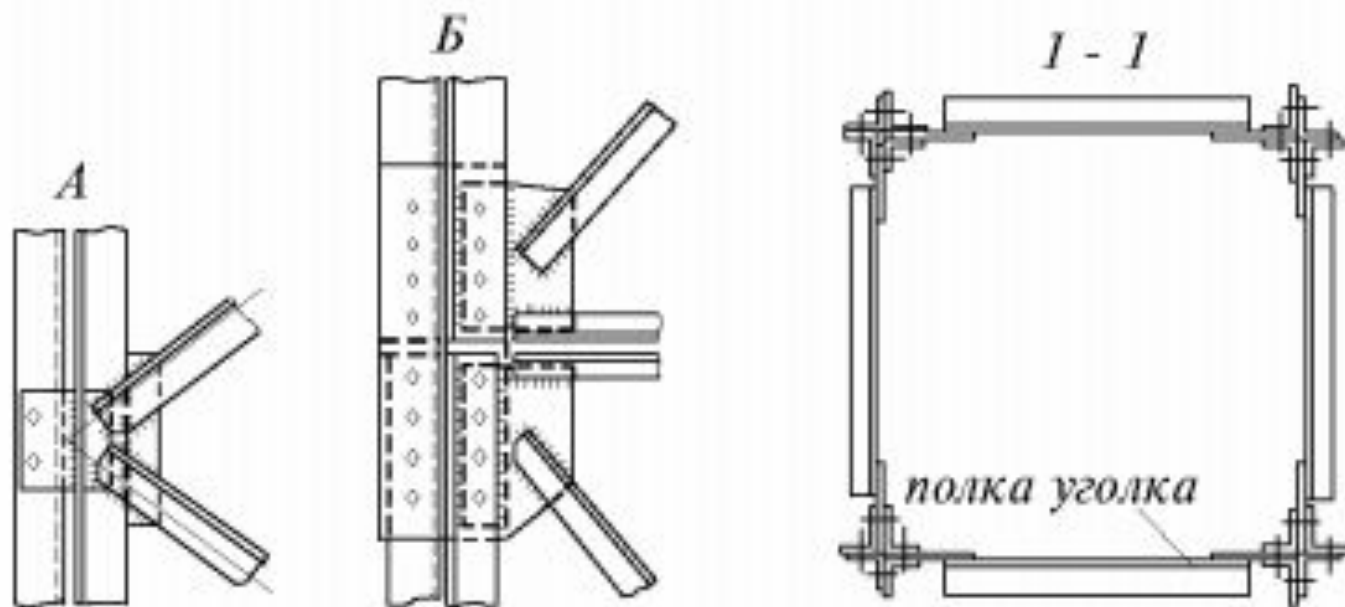
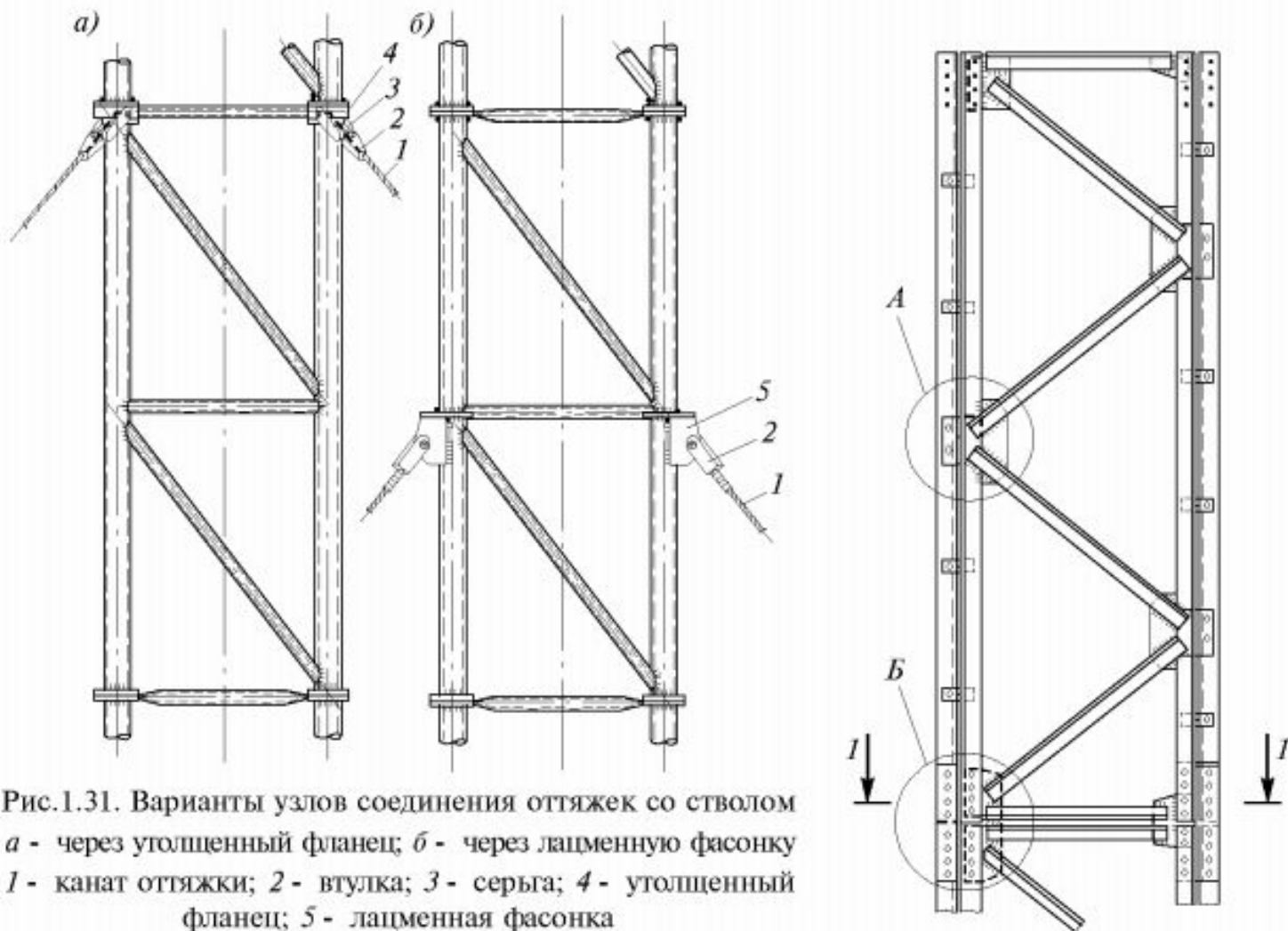


Рис.1.32. Схема секций ствола мачты из уголкового профиля

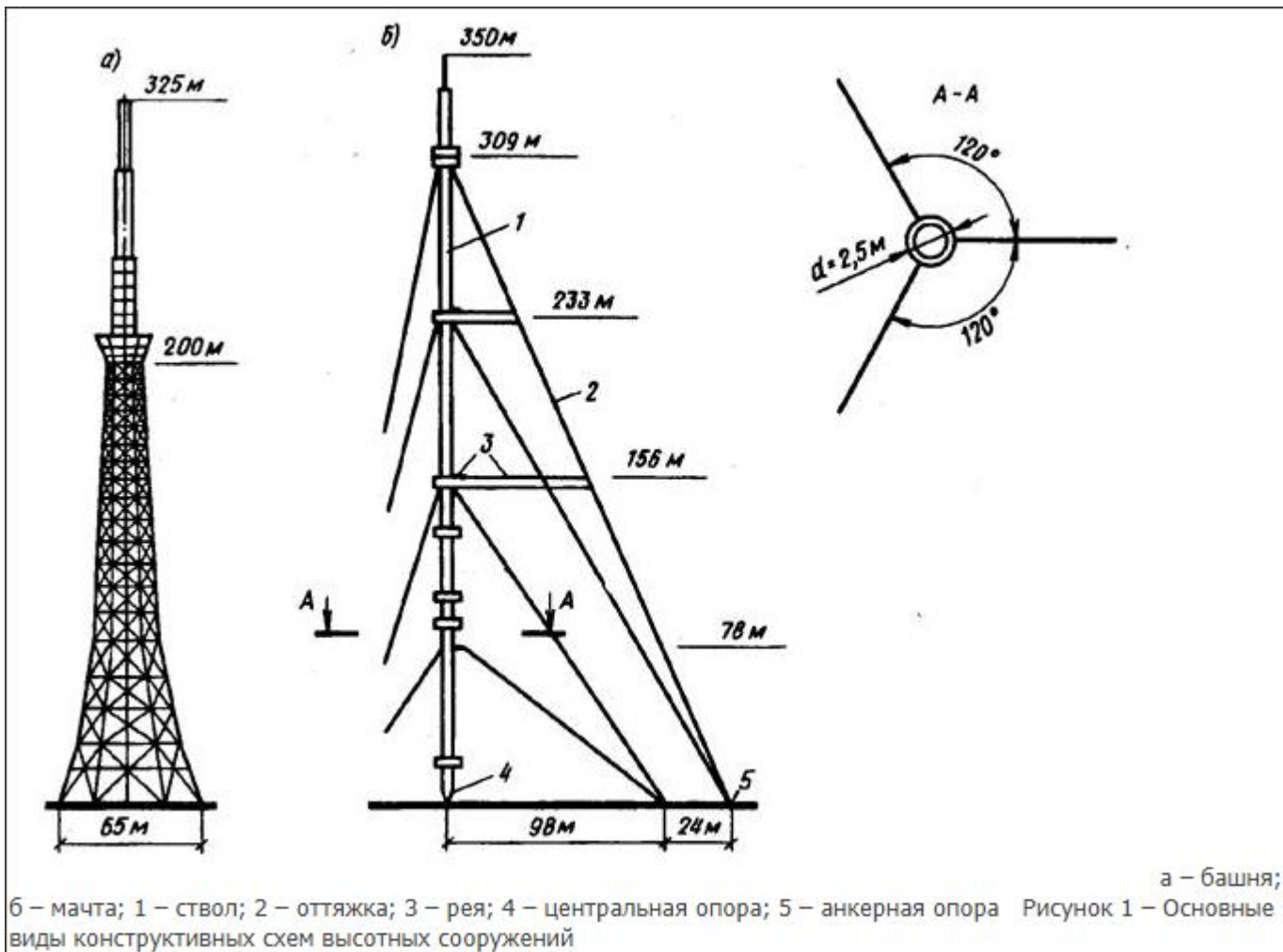
Оттяжки мачты, как правило, изготавливаются из стальных канатов (возможно применение канатов из синтетических материалов). Для соединения оттяжек со стволом мачты и с фундаментом, а также для регулирования их натяжения применяют механические детали оттяжек мачт (рис. 1.33): втулки, стяжные муфты, натяжные приспособления.



Основы расчета

мачт

При расчете мачту расчленяют на ствол и оттяжки. Вначале мачту рассматривают как систему однопролетных балок, шарнирно опертых в местах крепления вант и находящихся под воздействием ветра в направлении одной из оттяжек.



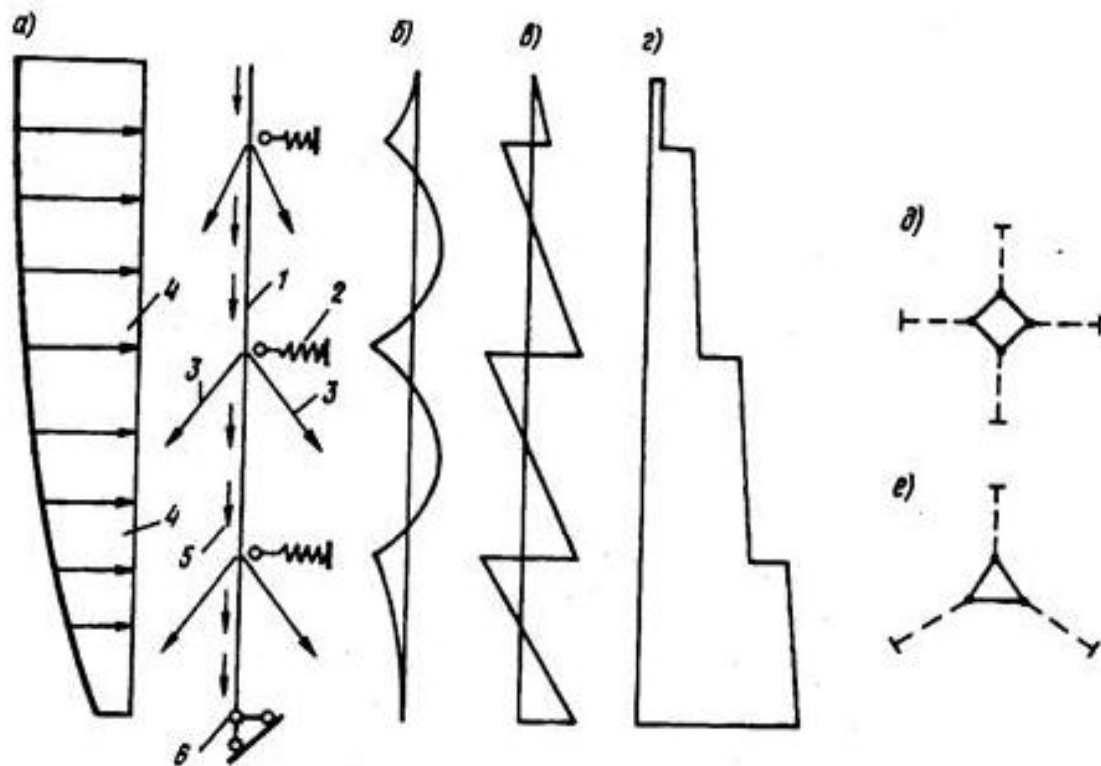
Тогда усилие тяжения в наветренной оттяжке будет равно $N_t = k \cdot R_{0i} / \sin \alpha_i$, (1)

R_{0i} – сумма реакций балок в i -ом узле; k – коэффициент, учитывающий усилия начального натяжения вант, значение которого при трех или четырех оттяжках в узле принимается равным 1,2.

При назначении диаметра каната считают, что N_t не должно превышать половины разрывного усилия.

Размеры сечения ствола определяют по M и суммарной продольной силе N вычисляемых приближенно $M = 0,1q \cdot l^2$ (2) и $N = 0,5 \sum N_t \cdot \cos \alpha_i + \sum N_g$ (3) где q – усредненное значение равномерно распределенного давления ветра на конструкцию и оборудование в рассматриваемом пролете ствола. $\sum N_t \cdot \cos \alpha_i$ – сумма проекций усилий во всех вышерасположенных оттяжках на вертикаль. $+\sum N_g$ – сумма усилий от собственной массы ствола мачты и оборудования на нем.

Расчетной схемой ствола является упругий многопролетный стержень, опирающийся снизу на несмещаемую опору и поддерживаемый упругоподатливыми опорами в точках крепления оттяжек (рисунок 2).



а – расчетная схема; 1 – ствол мачты; 2 – упругоподатливая опора; 3 – сила тяжения оттяжек; 4 – ветровая нагрузка; 5 – вертикальная нагрузка; 6 – шарнирная опора; б – эпюра изгибающих моментов; в – эпюра поперечных сил; г – эпюра продольных сил; д – схема размещения оттяжек при стволе квадратной формы сечения; е – то же, при стволе треугольной формы сечения
Рисунок 2 – К определению усилий в стволе мачты

Неизвестными в этой многократно статически неопределимой системе являются усилия в оттяжках, смещения точек крепления оттяжек и моменты в стволе в тех же точках.

Существуют несколько способов расчета, но они весьма трудоемки. Расчетные комплексы позволяют решить задачу на ЭВМ.

Проверка принятого диаметра каната выполняется по формуле

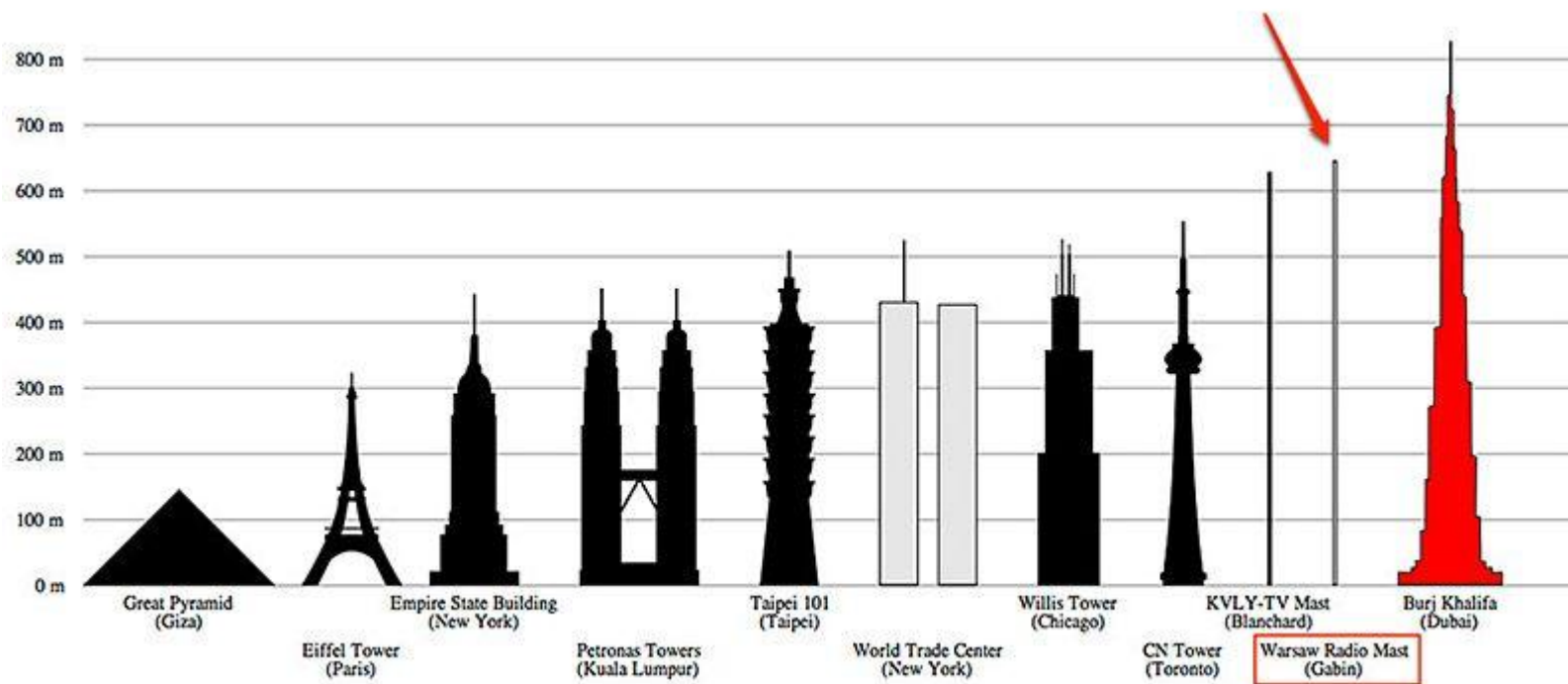
$$N_{\max} = \sigma_{\max} \cdot A \leq N_p \cdot \gamma_c \cdot \gamma_{\text{вг}} / \gamma_m \quad (4)$$

где γ_m коэффициент надежности = 1,6; N_p – разрывное усилие каната в целом; γ_c коэффициент условий работы оттяжки = 0,8; $\gamma_{\text{вг}}$ = коэффициент закрепления каната во втулке = 0,95.

По найденным усилиям M, N и Q проверяют прочность и устойчивость элементов ствола. При проверке устойчивости мачты в целом расчетное усилие в стволе должно в 1,3 раза меньше критической силы.

При проектировании ствол мачты разбивают на опорную, оттяжные и промежуточные секции. Широко применяют фланцевые соединения на высокопрочных болтах.

Варшавская радиомачта или Радиомачта в Константинове — радиомачта высотой 646,38 м, расположенная в городе Константинов Польской народной Республики. С 1974 года до момента обрушения в 1991 году была самым высоким сооружением на Земле.



Мачта обрушилась 8 августа 1991 года во время замены одной из оттяжек. Эту версию подтвердил главный конструктор мачты Ян Поляк^[2]. Мачта сначала согнулась, а затем разрушилась посередине. Верхняя часть обрушилась возле основания, а нижняя рухнула в противоположном направлении. При обрушении жертв и пострадавших не было. После обрушения мачты поляки в шутку стали называть её «самой длинной мачтой в мире»