

## МЕТОДЫ РАСЧЁТА НАТЯЖЕНИЯ ОТТЯЖЕК С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ТЕОРИИ ГИБКИХ НИТЕЙ

*Волчек Алёна Эдуардовна, Овсяник Егор Дмитриевич, студенты 2-го курса  
кафедры «Геодезия и аэрокосмические геотехнологии»  
Белорусский национальный технический университет, г. Минск  
(Научный руководитель – Хотомцева М. А., старший преподаватель)*

Оттяжка мачт является важной техникой, применяемой в строительстве для обеспечения стабильности и безопасности вертикальных конструкций, таких как мачты, вышки, дымовые трубы и другие высотные сооружения. Эта техника позволяет предотвратить наклон, покачивание и падение конструкций под воздействием ветра, сейсмических нагрузок или других внешних сил.

Оттяжка мачт состоит из нескольких ключевых элементов. Первым является сама мачта или вертикальная конструкция, которую необходимо укрепить. Вторым элементом являются тросы, канаты или стальные кабели, которые привязываются к верхней части мачты и закрепляются в земле или других устойчивых опорах, таких как фундаменты или анкеры.

Расчёт натяжения оттяжек важная составляющая в расчёте надёжности мачт. Оттяжка рассматривается как гибкая нить, а именно как тонкий гибкий стержень или проволока, который деформируется под нагрузкой и может принимать различные формы, в зависимости от условий нагрузки и крепления. В технических расчетах гибкие нити рассматривают как элементы чувствительные к нагрузкам и деформациям, и для их описания используются различные уравнения и методы расчета.

Пусть мы имеем гибкую нить с постоянным сечением, нагруженную собственным весом и подвешенную в двух точках, которые находятся на разных уровнях. Под действием собственного веса нить провисает по некоторой кривой АВ. (Рис.1)

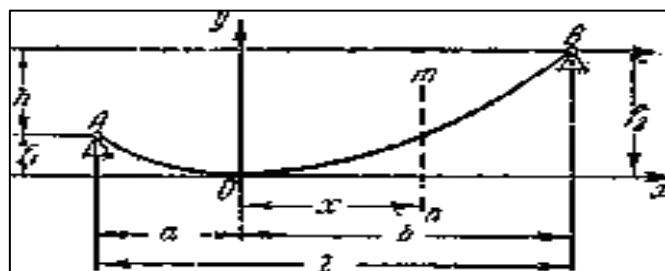


Рисунок 1 – Расчетная схема гибкой нити

Горизонтальная проекция расстояния между опорами называется пролётом.

Если размер провисания гибкой нити невелик по сравнению с ее протяженностью и прогнозируемое изгибание почти совпадает с прямолинейным участком нити, то ее вес можно считать распределенным равномерно только вдоль горизонтального пролета нити, а не по всей длине, благодаря тому, что ее сечение не меняется. Это позволяет существенно упростить процесс расчета, однако следует учитывать, что это является лишь приближением и может не давать точного результата.

Интенсивность нагрузки, равномерно распределенной по пролету нити – это величина, определяющая силу, действующую на единицу длины гибкой нити в результате равномерного распределения нагрузки по всей ее протяженности. Эта величина может быть, например, вызвана собственным весом гибкой нити, равномерно распределенным по ее длине, или другими равномерно распределенными нагрузками, например, обледенение нити. Интенсивность нагрузки является важной характеристикой для расчета напряжений в гибкой нити.

Закон распределения нагрузки на цепную линию зависит от типа и характеристик нагрузки, а также от свойств цепной линии. Обычно, если нагрузка равномерно распределена по длине цепной линии, то и суммарная нагрузка на каждый элемент цепи также будет равномерно распределена. Если же нагрузка неравномерна, то распределение нагрузки на цепную линию будет зависеть от точек крепления цепи и места приложения нагрузки. Для расчета распределения нагрузки на цепную линию необходимо учитывать много факторов, включая силы тяжести, силы натяжения, факторы безопасности и др.

Когда проводится точный расчет прогиба гибкой системы, такой как цепная линия, кривая провисания будет иметь форму цепной линии. Однако, приближенное решение прогиба гибкой системы обычно использует методы, такие как метод конечных элементов. В таких методах кривая провисания аппроксимируется параболой участков. Как правило, это квадратичная парабола. Это происходит потому, что такая парабола лучше всего аппроксимирует форму кривой провисания в большинстве реальных инженерных задач. Кроме того, использование параболических участков может значительно упростить расчеты и снизить время выполнения расчетов, не ухудшая итоговый результат.

В случае одинакового уровня точек подвеса величина  $f$  является удалением нижней точки нити от горизонтальной линии АВ и называется стрелой провисания. (Рис 2).

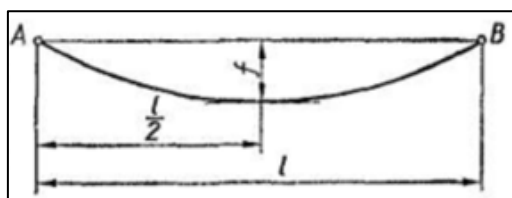


Рисунок 2 – Стрела провисания

Стрела провисания – это нормальное смещение оси гибкой нити от ее начального положения под действием нагрузки. То есть, это вертикальное расстояние между линией, соединяющей точки крепления гибкой нити, и нижним краем нити, которая проявляется в месте наибольшего прогиба. Стрела провисания является важным параметром в технических расчетах гибких нитей, так как позволяет определить напряжения в нити и ее грузоподъемность. Размер стрелы провисания зависит от многих факторов, таких как материал и диаметр нити, форма крепления, распределение нагрузки и др. Размер стрелы провисания следует ограничивать максимально допустимым значением, чтобы избежать перегрузки и разрушения нити.

Если стрела провисания не является малой по сравнению с пролетом, то приближение квадратной параболой уже может оказаться некорректным. В этом случае необходимо использовать другие методы численного анализа, которые позволят более точно определить форму кривой провисания. Один из таких методов - метод наименьших квадратов, который может быть использован для аппроксимации кривой провисания какой-либо функцией, не обязательно являющейся параболой. Однако, при таком подходе затрачивается больше времени и ресурсов на вычисления, поскольку требуется решить задачу оптимизации для подбора подходящей функции.

Точные подсчеты показывают, что значение погрешности в величине натяжения  $H$ , вызванной этим предположением, таково: при отношении  $\frac{f}{l} < \frac{1}{20}$  погрешность не превосходит 0,3%, при  $\frac{f}{l} < \frac{1}{10}$  ошибка составляет уже 1,3%, а при  $\frac{f}{l} < \frac{1}{5}$  погрешность несколько превосходит 5%.