

Расчёт сейсмостойкости оптических кабелей, при различных методах прокладки.

**Ю.Т. Ларин, Директор научного направления
ОАО «ВНИИКП» – заведующий отделением Кабелей,
проводов и арматур для систем телекоммуникаций
и информатизации, д.т.н.**

**А.Г. Корякин, ведущий научный сотрудник
ОАО «ВНИИКП»**

ВКВО Пермь 2011 г.

**Методы испытаний согласно ГОСТ 30546.2-98
(испытания на определение сейсмостойкости
кабельных изделий) :**

- качающейся частоты при воздействии синусоидальной вибрации (102-1);
- фиксированных частот во всем диапазоне частот при воздействии синусоидальной вибрации (102-3);
- определения границы виброустойчивости при воздействии синусоидальной вибрации (102-4);
- воздействия колебаний соответствующих акселерограмм землетрясения(102-5);
- одной или нескольких фиксированных частот (102-6).

Данные для определения сейсмостойкости кабельных изделий:

Вариант	Краткое описание
1	Анализ приведенных в нормативах документов на кабельное изделие в соответствии с ГОСТ 30546.1 данных о сейсмостойкости или о группе их механического исполнения.
2	При указанных для варианта 1 технических данных, по при наличии данных о группе механического исполнения или границе исполнения или границе виброустойчивости - путем определения на месте установки изделий их АЧХ или ЧМХ с последующим анализом по ГОСТ 30546.3-98 (п. 4.1.).
3	Если данных для вариантов 1 и 2 недостаточно - путем испытания в лабораторных условиях.
4	Для определения сейсмостойкости изделий, продолжительное время находившихся в эксплуатации, для которых имеются данные о динамических характеристиках новых (не бывших в эксплуатации) изделий.
5	Для определения сейсмостойкости изделий, размещенных на таких промежуточных конструкциях, для которых не имеется данных об отсутствии резонансов в диапазоне частот 1-30 Гц и об АЧХ (ЧМХ) этих конструкций.
6	Для определения сейсмостойкости изделий, размещенных на таких промежуточных конструкциях, для которых имеются данные об их АЧХ (ЧМХ), проводят в лабораторных условиях.

Расчёт прочности полимерных элементов кабелей при сейсмическом воздействии

Для полимерных элементов кабелей для расчёта на прочность при
условии сейсмического воздействия используем соотношением

$$\sigma_{-1} / \sigma_B = 0,3 \div 0,4$$

σ_{-1} – предел выносливости при растяжении, способность
воспринимать нагрузки вызывающие циклические напряжения в
материале

σ_B – предел прочности при растяжении

Предел выносливости определяется, как наибольшее
(предельное) максимальное напряжение цикла, при котором не
происходит усталостного разрушения образца после произвольно
большого числа циклических нагружений.

Кабели, проложенные в воздухе на опорах с натяжением.

Уравнение колебания нити

$$\partial^2 y / \partial t^2 = (N/m) \partial^2 y / \partial z^2$$

z - координата вдоль оси кабеля, y - отклонение поперек оси z , t - время, N - натяжение кабеля, m - масса единицы длины кабеля.

Решение вышеуказанное уравнения получим в виде суммы

$$y = \sum a_k \sin(z \omega_k \sqrt{m/N}) \sin(\omega_k t),$$

$\omega_k = 2\pi f_k$ - круговая частота,

f_k - частота колебаний, $\omega_k = (k\pi/l)\sqrt{N/m}$,

$k = 1, 2, 3, \dots$,

a_k - постоянные коэффициенты.

Наименьшая частота колебаний для первой гармоники будет при $k = 1$.

Кабели проложены на поверхности или расстояния между опорами не велико

$$\rho S \partial^2 y / \partial t^2 = EI \partial^4 y / \partial z^4$$

ρ - плотность материала стержня,

E - модуль упругости,

S - площадь сечения стержня,

I - момент инерции.

Решение представленного уравнения для стержня с заделанными концами и граничных условий $y = 0$ и $dy/dz = 0$ при $z = 0$ и $z = l$. Этим условиям удовлетворяет кабель, который лежит на периодически расположенных опорах. Собственные частоты колебаний определяют корни уравнения

$$\cos(kl) \cdot \operatorname{ch}(kl) = 0$$

Наименьшая частота колебаний

$$\omega_k = (22,4/l^2) \sqrt{EI / (\rho S)}$$

Для круглого стержня $I = \pi R^4 / 4$, для трубки $I = \pi (R^4 - r^4) / 4$,
 R и r - наружный и внутренний радиусы трубки.

Кабель проложен в земле

$$y = A \exp(\omega t - k_3 z),$$

y - продольное смещение в грунте,

A - амплитуда смещения;

ω - частота вынужденных колебаний в грунте;

$k_3 = \omega/v_3$ - волновое число для волны в грунте;

скорость волны в грунте $v_3 = \sqrt{E_3 / \rho_3}$; E_3 и

ρ_3 - модуль упругости и плотность грунта.

Для продольного смещения u в кабеле или ОВ аналогично

$$\partial^2 u / \partial t^2 = (E/\rho) \partial^2 u / \partial z^2$$

Сила трения между грунтом и поверхностью кабеля существует сила трения, пропорциональна производной от разности смещений по времени (разности скоростей) при $r = r_0 = d/2$

$$\partial F_T = \mu \cdot \pi d \cdot \partial z \cdot (\partial v / \partial r)$$

d - диаметр кабеля;

μ - вязкость внешней среды (грунта, воды, воздуха).

Кабель совершает вынужденные колебания с частотой ω и волновым числом k_3 . Представим решение для u в виде уравнения с амплитудой колебаний B

$$u = B \exp(\omega t - k_3 z)$$

$B = A_0$, где A_0 - амплитуда смещения во внешней среде при $r = r_0$.

Расчёт модуля амплитуды колебаний в кабеле

$$|B|/A = b\omega/\sqrt{(Ek_3^2/\rho - \omega^2)^2 + (b\omega)^2}$$

$$|B|/A = b/\sqrt{\omega^2(v/v_3 - 1)^2 + b^2}$$

$V = \sqrt{E/\rho}$ - скорость распространения продольной волны в полиэтиленовой трубке кабеля.

При прокладке в земле коэффициент b может быть меньше, чем рассчитанный по приведённым выше формулам, вследствие проскальзывания грунта вдоль поверхности трубки. Можно предположить, что амплитуда поперечных колебаний защитной трубки приблизительно равна амплитуде поперечных колебаний в грунте.

**Спасибо за
внимание**