

## Высокая прочность провода. Нужна ли она?

Старший технический эксперт направления  
композитных проводов  
**ЗАО «ЗМ Россия»**  
Ярцев Н.В.

В последнее время, общаясь с электросетевыми компаниями, мы все чаще стали сталкиваться с мнением о том, что применяя провод с увеличенной прочностью при прочих равных параметрах, мы тем самым можем увеличить длину пролетов на линии и сэкономить на опорах. Конечно же, это относится к строительству новых воздушных линий электропередачи.

Имея опыт по оценке поведения различных типов проводов в заданных условиях, и основываясь на опыте множества сравнений, хочется отметить, что в большинстве проектов утверждение о пользе прочности не подтверждалось. Таким образом, появилась идея собрать вместе и систематизировать факторы, которые тем или иным образом вносят свои коррективы в имеющийся постулат.

### **Определяем область для проведения оценки:**

Воздушная Линия 220кВ. 2х цепная, один провод в фазе марки АС 400/51.

Опоры У 220-2 – анкерные, П220-2 – промежуточные. По типовому проекту ТП 3.407-100.

Высота до нижней траверсы У220-2 составляет 10,5м

Высота до нижней траверсы П220-2 составляет 22,5м

Длину гирлянды подвесных изоляторов принимаем 2,5м для линии 220кВ

Минимальный габарит до земли для ВЛ220кВ в ненаселенной местности 7м (ПУЭ 7)

Климатические условия:

|                           |       |
|---------------------------|-------|
| Гололед                   | 15мм  |
| Ветер                     | 600Па |
| Максимальная температура  | 40С   |
| Минимальная температура   | -50С  |
| Среднегодовая температура | 0С    |

### **Принимаем для сравнительных расчетов пролет между промежуточными опорами.**

Для расчетов используем программный комплекс PLS-CADD v.13.00. Модели проводов используем нелинейные биметаллические с учетом ползучести материалов. (нелинейная модель провода кроме конечного модуля упругости и коэффициента теплового линейного расширения каждого из материалов включает в себя отдельные полиномы для описания кривых растяжения материалов сердечника и внешних повивов в начальных условиях и после вытяжки). Для определения габаритного пролета воспользуемся стандартным сочетанием нормативных климатических условий (НСКУ). Максимальная стрела возможна либо в режиме гололеда, либо в режиме максимальной температуры окружающей среды. В результате мы получили максимальную стрелу провеса, определяющую габаритный пролет при условии максимальной температуры окружающей среды ( $T_{\max}=+40\text{C}$ ).

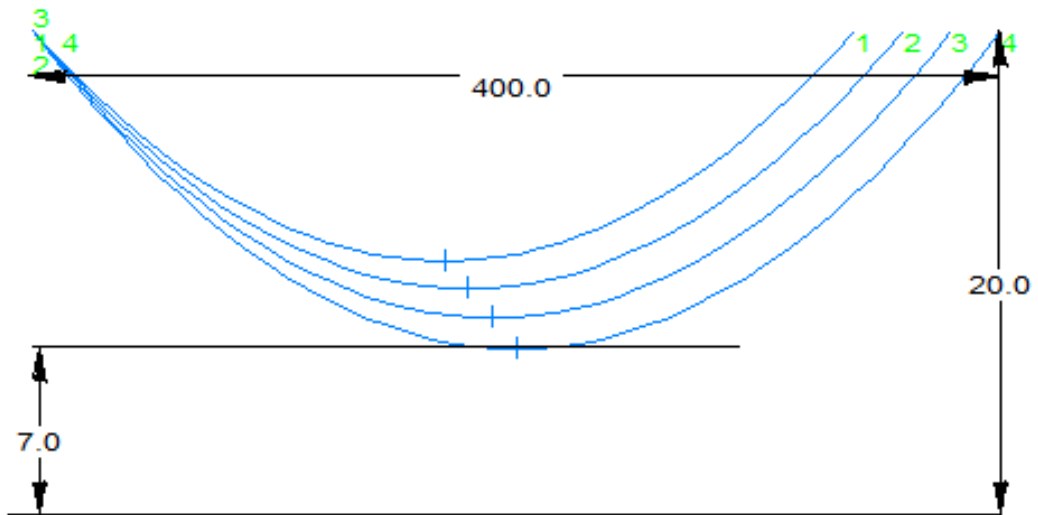


Рис.1 Определение габаритного пролета провода AC400/51.

Попробуем теперь взять более прочный провод AC400/93.(на рис2,3,4 показан оранжевым)

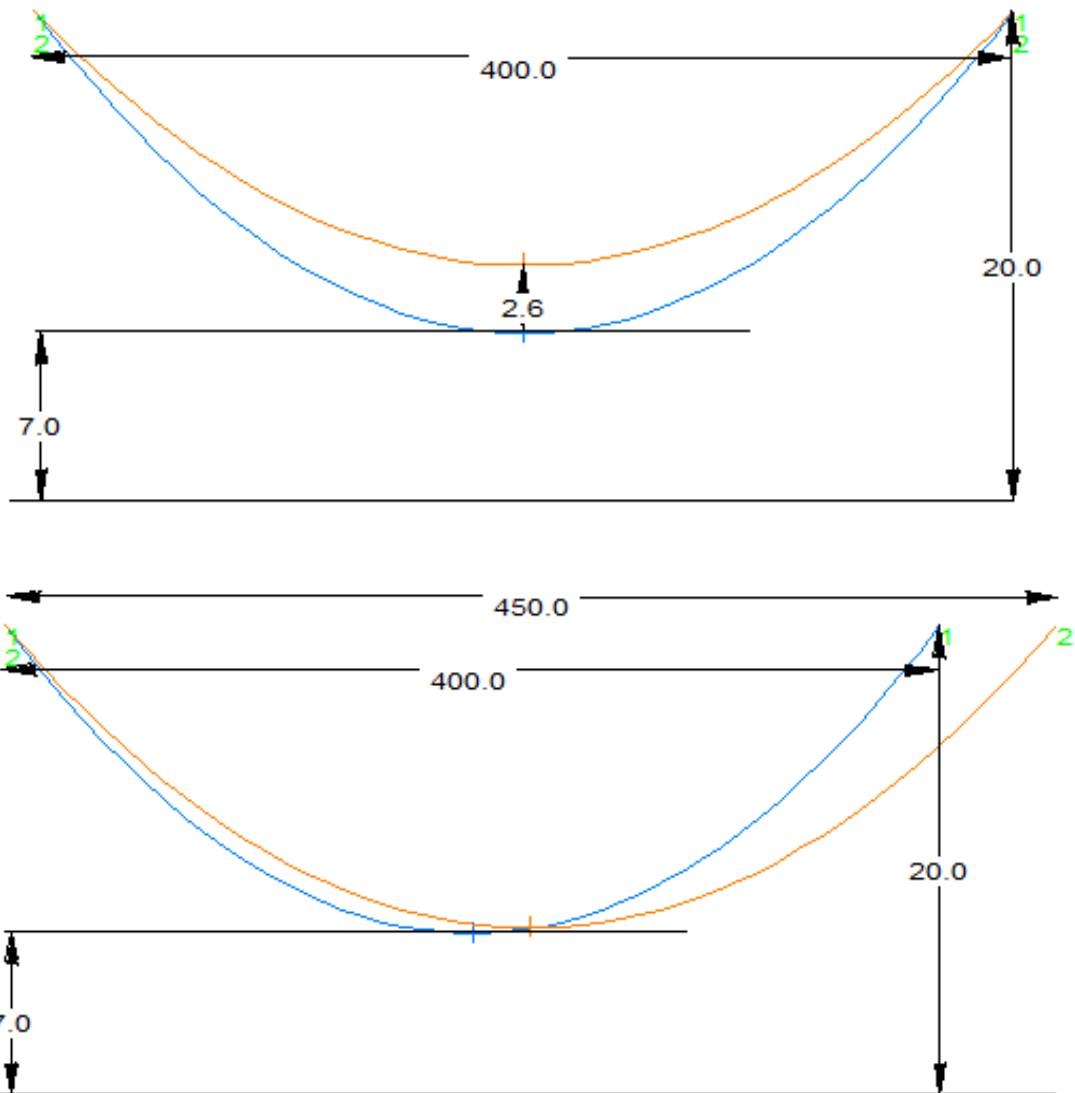


Рис.2,3 Применение AC400/93 против AC400/51. Принято ограничение по прочности провода в режимах максимальной нагрузки.

На первый взгляд, применяя на 44% более прочный провод и увеличивая натяжение провода, мы либо выигрываем 2,6м в стреле, либо можем увеличить габаритный пролет до 450м, то есть на 12,5 %. Однако это не совсем так. Здесь нам необходимо осмотреться и задать вопрос: “ А выдержат ли увеличение натяжения в проводе наши анкерные опоры ?”. Смотрим типовой проект и видим – опоры У220-2 рассчитаны на провод АС400/51, что означает, что максимальная расчетная нагрузка на эту опору учитывает натяжение провода АС400/51 на 45% от его прочности. (ПУЭ 6 и 7 редакций). Таким образом, мы должны поставить ограничение по натяжению провода из условия не превышения максимальной расчетной нагрузки на опору в 54216Н (Прочность АС400/51 120481Н x 0,45 = 54216Н). Тогда картина кардинально меняется. Вместо желаемых 400м и больше, габаритный пролет для провода АС400/93 составит 370м, то есть на 7,5% меньше.

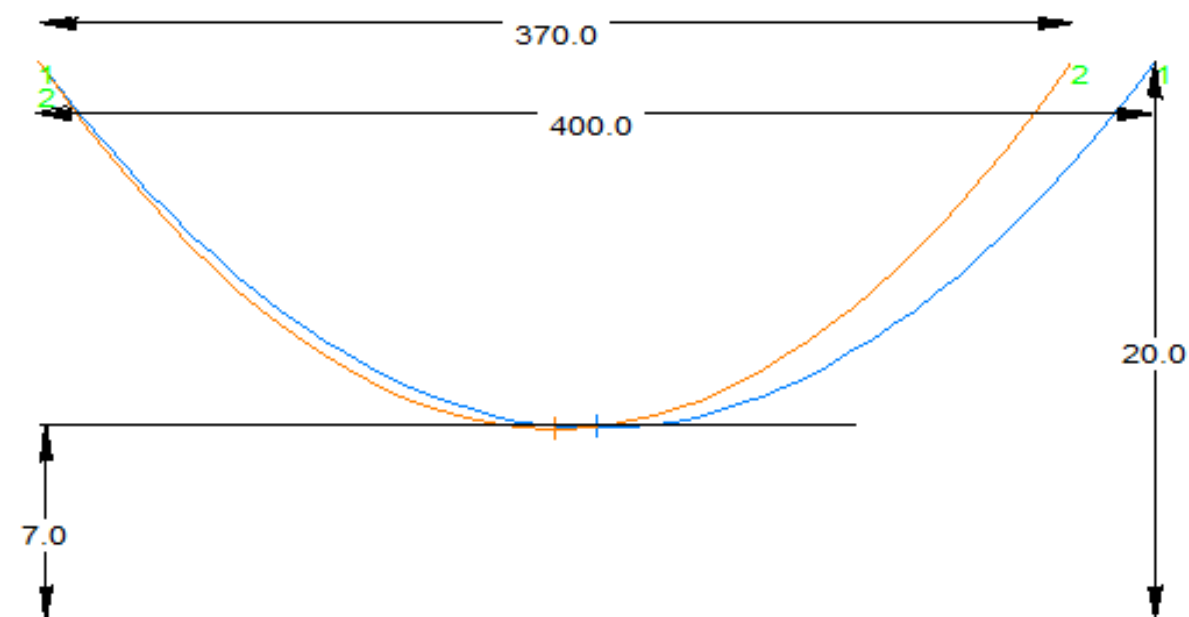


Рис.4 АС с максимальным натяжением, ограниченным в 54216Н.

Ну конечно!- вспомним мы, ведь наряду с прочностью, наш провод заметно прибавил в весе и потолстел на 2мм из-за большего относительного количества стали. Возможно, если мы избавимся от этих «недостатков», то и результат будет совсем другим? Хорошо. У нас имеется возможность проверить, как это работает. Дополним наше сравнение проводами ACCR 741-T23 Redwing и ACCR-TW 958-T16 Suwanee. Они легче, чем провода со стальным сердечником при этом по прочности и диаметру соответствует задаче сравнения.

| Тип провода                        | Прочность на разрыв, Н | Вес, кг/км | Диаметр, мм | Расчетный габаритный пролет, м |
|------------------------------------|------------------------|------------|-------------|--------------------------------|
| АС 400/51                          | 120481                 | 1490       | 27,5        | 400                            |
| АС 400/93                          | 173715                 | 1851       | 29,1        | 370                            |
| ACCR-TW 958-T16<br>Suwanee (Drake) | 164947                 | 1600       | 27,9        | 385                            |
| ACCR 741-T23<br>Redwing            | 161026                 | 1334       | 27,9        | 405                            |

Из проведенного анализа видно, что в данном случае на длину габаритного пролета влияет в гораздо большей степени вес провода, чем его прочность. При этом так и не удалось увеличить габаритный пролет больше чем на 1%. И это мы рассмотрели только один из дополнительных параметров, которые следует учитывать.

Ниже мы приводим перечень элементов влияющих на длину габаритного пролета ВЛ, кроме прочности провода:

- Вес провода
- Диаметр провода
- Коэффициент теплового линейного расширения провода
- Модуль упругости провода
- Прочность применяемых опор
- Высота и прочность тросостоек применяемых опор
- Прочность грозотроса
- Совокупность климатических условий в районе строительства ВЛ
- Топология местности в районе строительства ВЛ
- Несущая способность выбранных фундаментов

#### **Выводы:**

По изменению одного параметра, в нашем случае прочности провода, ни в коем случае нельзя делать выводы об экономической эффективности внедрения подобного решения. Здесь следует принимать во внимание целый комплекс исходных данных связанных с конкретной линией.

Для того чтобы однозначно сказать какой из вариантов технических решений(трасса, провод, опоры, фундаменты) будет наиболее оптимален для конкретной линии, необходимо проводить проектную стадию ОТР в полном объеме.

Ни в коем случае нельзя опираться на «однобокое» утверждение: «Прочнее провод – длиннее пролеты – экономически более выгодное решение».

Как показывает практика, для более прочных проводов габаритный пролет далеко не всегда оказывается длиннее.

#### **Литература:**

- 1) Справочник по проектированию электро-энергетических систем под редакцией Рокотяна С.С., Шапиро И.М., Москва, «Энергоатомиздат», 1985 г.
- 2) Справочник по проектированию электрических сетей под редакцией Файбисовича Д.Л., Москва, «ЭНАС», 2009 г.

- 3) Типовой проект ТП 3.407-100 «Унифицированные стальные нормальные опоры ВЛ 220 и 330 кВ, «Энергосетьпроект» 1973г
- 4) Правила устройства электроустановок 6е издание, Москва, «ЭНАС», 2000 г.
- 5) Правила устройства электроустановок 7е издание, Москва, «ЭНАС», 2003 г.
- 6) ГОСТ 839-80 ,1981 г.

**ЗАО «ЗМ Россия»**  
121614, Москва, ул. Крылатская,  
дом 17, строение 3,  
**Тел.:** +7 (495) 784 7474,  
**Факс:** +7 (495) 784 7475  
[www.3MRussia.ru](http://www.3MRussia.ru)