

# Эффективные решения защиты проводов и тросов как путь экономии средств на этапах проектирования, строительства и эксплуатации ВЛ

Ведущий специалист  
ЗАО «НТЦ «Электросети»  
Мельников А.А.

## Введение

При проектировании, строительстве и эксплуатации ВЛ довольно часто остро встаёт вопрос их защиты от целого спектра природных и климатических явлений, которые могут нарушить исправное функционирование линии, вплоть до необратимых разрушений дорогостоящих элементов ЛЭП и прекращения электроснабжения обслуживаемых объектов.

Для защиты линии от неблагоприятных воздействий в электроэнергетике используется целый арсенал различных устройств и методов, в любом из которых используется специальное приспособление, призванное бороться лишь с одним из целого ряда неблагоприятных явлений, которым подвергается ЛЭП.

Это обстоятельство приводит либо к существенному росту стоимости при строительстве и эксплуатации ВЛ, либо к пренебрежению необходимым уровнем защиты линии при ограниченном бюджете строительной или эксплуатирующей организации.

Наиболее жёстким условиям эксплуатации воздушные ЛЭП подвергаются в районах с непостоянным климатом, экстремально низкими температурами, высоким уровнем осадков и интенсивным ветровым воздействием. В таких условиях наибольшую опасность для линий создают три явления:

- Интенсивная вибрация проводов (эолова вибрация и субколебания);
- Высокий уровень гололёдных отложений;
- Пляска проводов.

Так, для борьбы с вибрацией проводов используются гасители вибрации, для борьбы с пляской – гасители пляски, для борьбы с образованием наледи на проводах – ограничители гололёдообразования различных модификаций.

Компания ЗАО «Электросетьстройпроект» в своей ежедневной практике всегда придерживается своего девиза – «Эффективность посредством инноваций»; поэтому, имея обширный опыт работы в электроэнергетике и ряд успешно завершённых уникальных проектов, благодаря множеству научных и технических разработок и уверенности в своей технической компетенции, не боится предложить уникальный подход и к описанной выше проблеме.

Компанией ЗАО «Электросетьстройпроект» был разработан универсальный гаситель ветровых колебаний – **ГВКУ**, который, по сути, сможет **заменить** собой сразу **все три устройства**, используемые для защиты от всех неблагоприятных природных воздействий, описанных выше. Внешний вид ГВКУ представлен на рисунке 1.

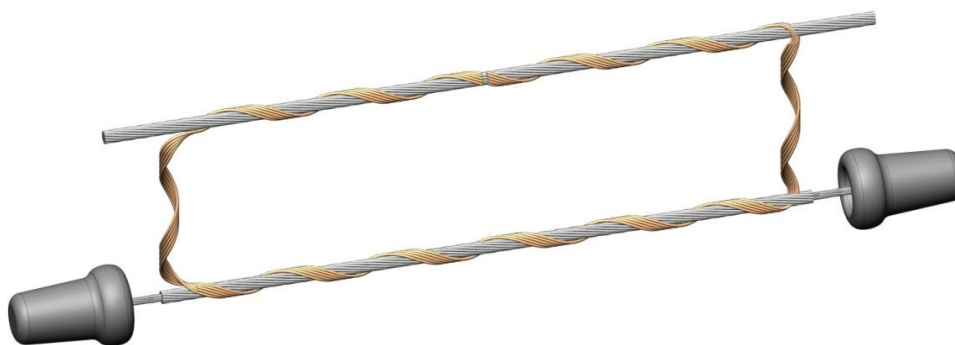


Рис. 1. Внешний вид ГВКУ

## Конструкция гасителя

Стандартная конструкция гасителя ветровых колебаний состоит из двух П-образных спиральных прядей 1 и 2, которые верхней своей частью монтируются на проводе 3, а нижней – на демпферном тросе 4 с грузами 5 (Рис.2).

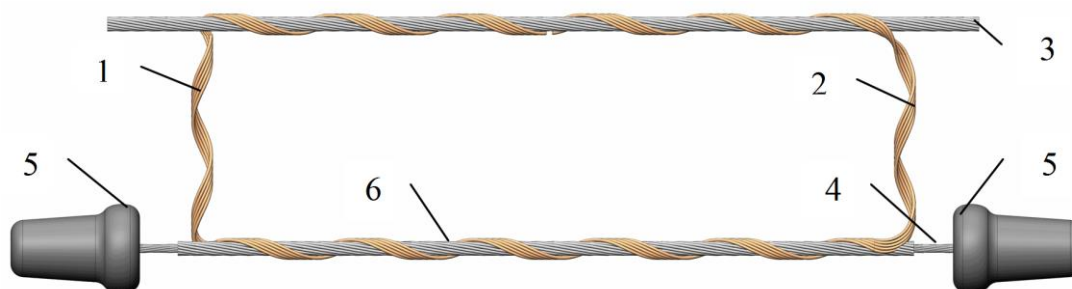


Рис. 2. Конструкция гасителя ГВКУ

Пряди состоят из нескольких проклеенных между собой спиралей. Спирали в прядях изготовлены из стальной проволоки с защитным покрытием из цинка или алюминия. Спирали также могут быть выполнены из проволоки алюминиевого сплава. Демпферный трос изготовлен по собственной технологии из стальной проволоки с защитным покрытием из цинка. Демпферный трос с грузами, по сути, образуют гаситель вибрации. Плечи и грузы гасителя вибрации могут быть как одинаковыми (длина, масса), так и различными.

В случае значительной разницы между наружными диаметрами провода 3 и демпферного троса 4 на последний навивается протектор из стальных спиралей – выравнивающий повив 6

ГВКУ выпускаются для всех известных типов проводов, грозотросов и оптических кабелей; используются для диапазонов диаметров 8-37,5 мм.

## ГВКУ как гаситель вибрации

Вибрация проводов – это интенсивные колебания проводов с относительно малой амплитудой (до диаметра провода) и высокой частотой (3-150 Гц). Вибрация проводов возникает при скоростях ветра от 1 до 7 м/с и при длительном воздействии может приводить к усталостным разрушениям элементов ВЛ. Одним из назначений ГВКУ является гашение вибрации. Эту функцию выполняет элемент, встроенный гаситель вибрации, представляющий собой демпферный трос с закреплёнными по концам грузами.

Конструкция гасителя вибрации имеет ряд принципиальных особенностей:

- оптимальная гамма собственных частот гасителя формируется за счет распределения масс по длине грузов, соотношений масс грузов, длин рабочих элементов демпферного троса и габаритов спиральной рамы, которые также способны влиять на собственные моды гасителя;

- в гасителе использован демпферный трос с высокой способностью к энергопоглощению собственной разработки ЗАО «Электросетьстройпроект»;

- грузы представляют собой тела вращения, оси которых совпадают с осью троса; центры масс грузов расположены в плоскости вибрации, поэтому для гасителя безразлично, какое угловое положение занимает спиральная рама ГВКУ;

- спиральное крепление гасителя к проводу не создаёт ярко выраженной точки перехода жёсткости, как в случае использования плашечного зажима. Это позволяет сохранить провод неповреждённым, как при монтаже ГВКУ, так и при дальнейшей эксплуатации без применения дополнительного защитного протектора под гаситель.

Ещё одним важным преимуществом данного гасителя относительно типовых гасителей вибрации, использующих плашечное крепление, является сниженные требования к месту установки гасителя. При правильной установке гасителя с плашечным

креплением существует необходимость выбирать точку крепления так, чтобы не попасть в узел одной из колебательных мод пролёта, так как в таком случае гаситель не сможет эффективно рассеивать энергию колебаний пролёта (Рис. 3).

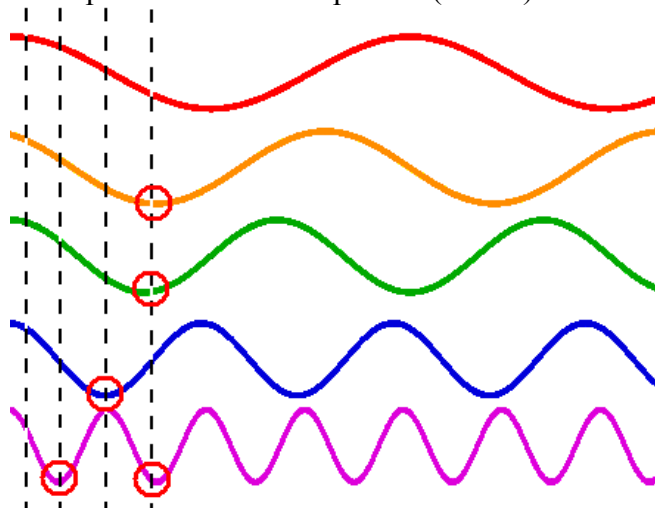


Рис. 3. Колебательные моды пролёта.

(пунктиром показаны возможные варианты установки гасителя с плашечным креплением, а красным кружком – моды, на которых гаситель неработоспособен)

В этом случае возникает критичность в относительно высокой квалификации монтажников, которые производят установку гасителей, что не всегда оказывается возможным. Конструкция ГВКУ подразумевает две разнесённые друг от друга точки крепления к проводу, ввиду чего на любой частоте колебаний пролёта гаситель будет эффективно выкачивать вибрационную энергию из пролёта. Это обстоятельство является его несомненным преимуществом по сравнению со стандартными гасителями, использующими плашечное крепление.

### **ГВКУ как гаситель пляски**

Пляска проводов относится к низкочастотным колебаниям порядка 0,1-1 Гц с амплитудой 0,1-1 от стрелы провисания провода, обусловлена взаимодействием вертикальных и крутильных колебаний провода в результате ветрового воздействия при скоростях 4-20 м/с.

При наличии гололёдных отложений центр масс сечения провода смещается от его оси, и при вертикальных колебаниях возникает сила инерции, вектор которой смещен относительно оси провода. Эта сила создает крутящий момент, поддерживающий крутильные колебания.

Вертикальные и крутильные колебания взаимно поддерживают друг друга и при скорости ветра, превышающей некоторое критическое значение, могут развиваться до значительных амплитуд.

Ещё одним из назначений гасителя является рассогласование частот вертикальных и крутильных колебаний и исключение их близости при обледенении провода. Наличие в конструкции грузов приводит к повышению крутильной жесткости провода и, как следствие, к образованию преимущественно одностороннего гололёда вытянутой формы с малой массой.

При установке гасителя в пролёте необходимо понимать, что наиболее опасными формами колебаний при пляске является одно-, двух- и трёх-полуволновая пляска. Эти формы наиболее опасны из-за высочайших бросков тяжения провода, способных не только повредить сам провод, но и повредить линейную арматуру, оборвать гирлянду изоляторов или даже разрушить опору ВЛ. Поэтому были разработаны схемы расстановки ГВКУ в зависимости от длин защищаемых пролётов (Рис. 4. и Таблица 1)

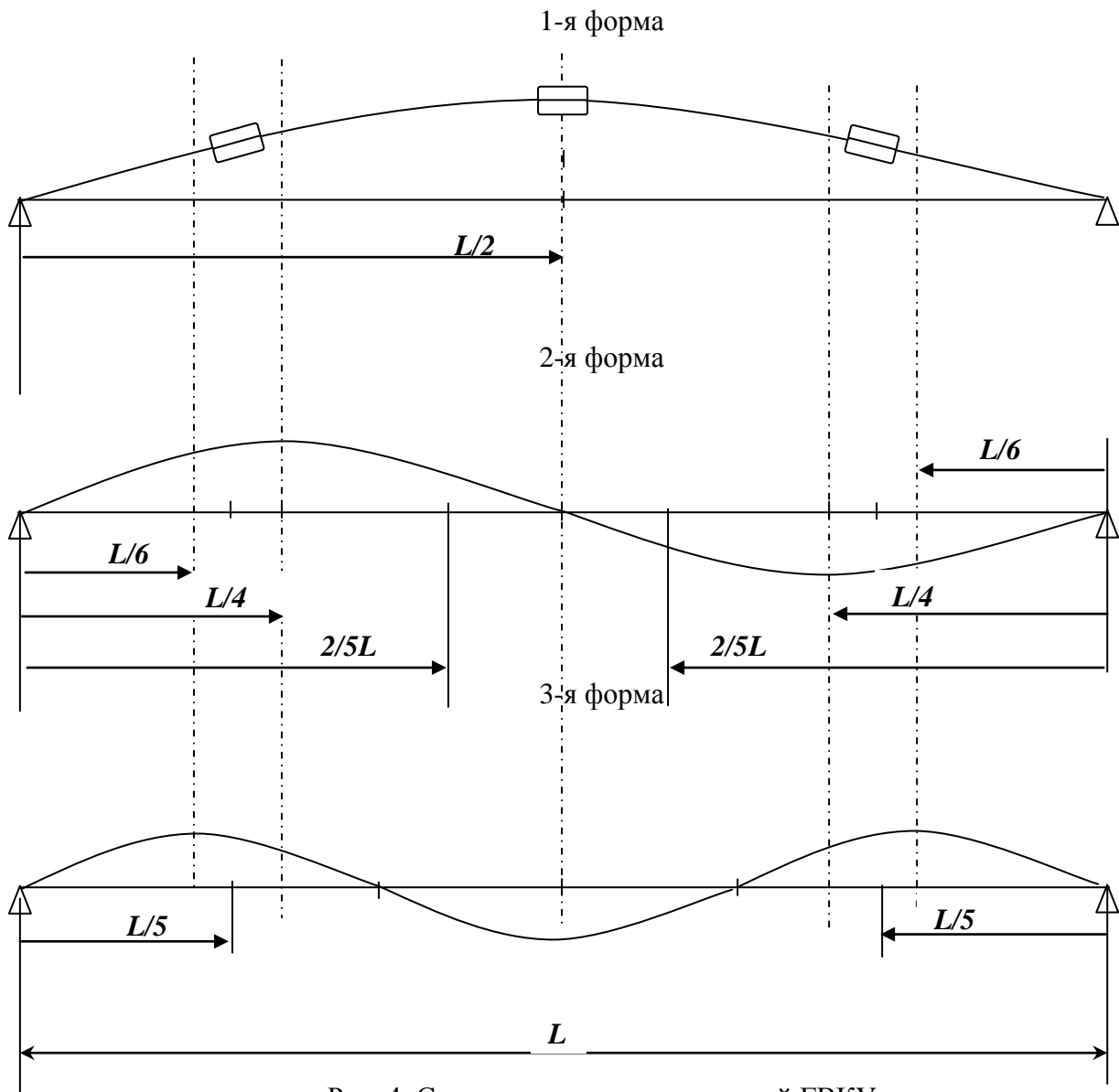


Рис. 4. Схемы расстановки гасителей ГВКУ

Таблица1. Таблица расстановки ГВКУ на проводах, тросах

Длина пролета	Количество ГВКУ	Координаты установки в отношении к длине пролета
<100	1	$1/2 * L$
100-170	2	$2/5 * L - 3/5 * L$
170-270	3	$1/5 * L - 1/2 * L - 4/5 * L$
270-400	4	$1/5 * L - 2/5 * L - 3/5 * L - 4/5 * L$
400-500	5	$1/6 * L - 1/4 * L - 1/2 * L - 3/4 * L - 5/6 * L$
Отсчет координаты от узла крепления у натяжного зажима (от середины поддерживающего зажима) до середины гасителя. Точность установки $\pm 2$ м		

### ГВКУ как ограничитель гололёдообразования

В районах с отрицательной температурой зачастую очень остро стоит вопрос о гололёдных отложениях, образующихся на проводах ВЛ. Во-первых, такие отложения

опасны тем, что из-за наледи увеличивается погонная масса пролёта, что в свою очередь вызывает существенное повышение нагрузки на линейную арматуру, гирлянды изоляторов и опоры.

Ещё более критичной проблемой является неконтролируемый процесс изменения условий вибрации. Это происходит из-за того, что ввиду появления гололёда на проводе, фактически изменяется его внешний диаметр, что в свою очередь изменяет его характерные частоты эоловой вибрации. К такому частотному изменению может оказаться не готова схема виброзащиты провода. Это приведёт к интенсификации ветрового воздействия на провод и разрушению элементов подвески, либо самого провода.

В-третьих, как об этом упоминалось выше, из-за образования гололёда повышается вероятность возникновения пляски. Все эти обстоятельства вызывают необходимость ограничивать объёмы гололёдных отложений на проводах.

Принцип действия ГВКУ в качестве ограничителя гололёдообразования основан на фиксации углового положения защищаемого провода за счёт увеличенного момента инерции провода в точках крепления гасителя.

Гололёд, как правило, образуется с наветренной стороны провода, затем за счёт появившегося эксцентриситета провод проворачивается вокруг своей оси, фактически подставляя гололёду другой бок. Таким образом, провод равномерно покрывается гололёдом, который прочно держится на проводе.

При использовании ГВКУ в качестве защиты у провода ограничивается возможность проворачиваться, и гололёд намерзает лишь с наветренной стороны. При таком намерзании погонная масса провода с гололёдом возрастает не так сильно, а кроме того увеличивается вероятность отрыва гололёдных отложений от провода за счёт рычага, создаваемого самим же односторонним гололёдом.

### **Общие преимущества**

Гаситель ветровых колебаний монтируется и демонтируется вручную без применения дополнительной оснастки, не требует высокой квалификации линейного персонала.

Качество монтажа легко проверяется визуально (нет необходимости проверять момент затяжки болтов и пр.).

Применение спиральной арматуры существенно упрощает и ускоряет как проведение ремонтно-восстановительных работ на действующих линиях, так и строительство новых линий.

### **Технические показатели:**

- Гашение вибрации;
- Рассогласование частот вертикальных и крутильных колебаний;
- Ограничение гололёдообразования;
- Простота и удобство монтажа;
- Отсутствие необходимости применения специального монтажного инструмента.

### **Экономические показатели:**

- Низкая стоимость;
- Отсутствие затрат на специальную оснастку и дорогостоящий монтажный инструмент;
- Низкие трудозатраты;
- Замена трех изделий (гасителя вибрации, ограничителя гололёдообразования, гасителя пляски) одним, более эффективным.

### **Заключение**

ГВКУ является многофункциональной конструкцией и может быть применён на воздушных линиях электропередачи и волоконно-оптических линиях связи в качестве устройства для демпфирования и расстраивания колебаний в результате ветрового воздействия, таких как пляска и вибрация, а также в качестве ограничителя гололёдообразования.

Совмещая в себе сразу несколько защитных устройств, ГВКУ позволит компаниям существенно сократить расходы на защитную арматуру, не пренебрегая при этом надёжностью и безопасностью работы ВЛ.

**ЗАО «Электросетьстройпроект»**

Россия, 127566, г. Москва,  
Высоковольтный проезд, д. 1, стр. 36  
Телефон: +7 (495) 727-43-43,  
факс: +7 (495) 234-71-08  
Сайт: [www.essp.ru](http://www.essp.ru)  
E-mail: [info@essp.ru](mailto:info@essp.ru)

**ЗАО «Научно-технический центр  
«Электросети»**

Россия, 127566, г. Москва,  
Высоковольтный проезд, д. 1, стр. 36  
Телефон: +7 (495) 234-71-19,  
факс: +7 (495) 223-47-94  
Сайт: [www.essp.ru](http://www.essp.ru)  
E-mail: [ntc@essp.ru](mailto:ntc@essp.ru)