

# ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИЙ И ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННОЙ АРМАТУРЫ ДЛЯ АНКЕРНОГО КРЕПЛЕНИЯ ПРОВОДОВ, ГРОЗОЗАЩИТНЫХ ТРОСОВ И ОПТИЧЕСКИХ КАБЕЛЕЙ

*Колосов В.Г., начальник отдела «Инженерной поддержки» ЗАО НТЦ «Электросети», кандидат физико-математических наук;*

*Рыжов С.В., главный специалист ЗАО «Электросетьстройпроект», кандидат технических наук;*

*Тищенко А.В., генеральный директор ЗАО «Электросетьстройпроект»*

## 1. Обзор конструкций натяжных зажимов

Натяжные зажимы являются одним из важнейших типов подвесной арматуры для воздушных линий (ВЛ) электропередач, основная функция которых — обеспечение надежного крепления провода (грозотроса).

Для анкерного крепления проводов АС и стальных канатов промышленность поставляет следующую традиционную арматуру [2]:

- клиновые:
  - НКК-1 — для проводов АС10/1,8–АС50/8 и канатов  $\varnothing 6,6+9,2$  мм;
  - НКК-2 — для канатов  $\varnothing 11,0–13,5$  мм;
- болтовые:
  - НБ-2 — для проводов АС70/11–АС150/24;
  - НБ-3 — для проводов АС150/19–АС240/39;
- заклинивающиеся:
  - НЗ-2 — для проводов АС70/11–АС150/24;
- прессуемые:
  - НАС — для проводов АС185/24–АС1200/67;
  - ТРАС — для проводов АС185/24–АС1200/67;
  - НАСУС — для проводов повышенной прочности АС70/72–АС500/336;
  - НС-50-3–НС-300-3 — для стальных канатов  $\varnothing 9,1–22,5$  мм.

В последнее время на российском рынке появилась клиносочлененная натяжная арматура (ЗНК), в основе конструкции которой лежит эффект самозаклинивания.

На протяжении многих лет (1991–2014 гг.) компания ЗАО «Электросетьстройпроект» успешно занимается разработкой и производством спиральной арматуры — арматуры особого вида, со своими

хорошо известными специфическими достоинствами.

В соответствии со стандартом ОАО «ФСК ЕЭС» прочность заделки натяжного зажима должна составлять не менее 95% от разрывной прочности удерживаемого провода [1].

Озвученное требование не всегда удается выполнить даже такому мировому производителю арматуры спирального типа, как компания PLP (Preformed Line Products). Лишь некоторые спиральные натяжные зажимы производства указанной компании выдерживают нагрузку в 90% от разрывной прочности провода. Следует отметить, что наибольшее, указанное в каталоге PLP («Section 11 — Distribution (Overhead): Conductor Dead-Ends») значение прочности заделки провода типа АСРС (аналог российского провода АС) равно 92 кН (табл. Distribution-Grip Dead-end, провод Cardinal size 954 54/7, диаметр провода — 30,4 мм, зажим DG-4553). В то же время, на российских линиях часто применяются такие провода, как АС 300/66 с разрывной нагрузкой 126,3 кН, АС 400/51 (120,5 кН), АС 500/64 (148,3 кН), а также АЕРО-Z АААС 504-2Z (162,3 кН), ТАРС/АС 264/62 (116,4 кН) и др. При их подвеске необходимо обеспечить прочность заделки до 160 кН — и это возможно с помощью спиральных зажимов типа НС-D<sub>np</sub>-02 производства ЗАО «Электросетьстройпроект».

В качестве примера рассмотрим вариант подбора натяжного зажима производства фирмы PLP для провода АС 400/51 — одного из часто применяемых проводов на ВЛ 220 кВ. В соответствии с каталогом PLP, этому проводу с диаметром 27,5 мм соответствует натяжной спиральный зажим DG-4553.



В случае применения этого зажима для подвески аналогичного провода Condor (наружный диаметр — 27,7 мм, диаметр стального сердечника 9,25 мм, соотношение количества проволок алюминиевых повивов и сердечника 54/7, прочность на разрыв 125,4 кН), прочность заделки зажима составляет 76 кН или 63% от прочности провода на разрыв. Таким образом, при подборе подходящего по диаметру провода натяжного зажима производства РЛР не всегда будут удовлетворены требования Стандарта ФСК ЕЭС.

Конструкция спирального натяжного зажима и методика его расчета основаны не только на выборе диаметра проволоки, определении количества спиралей и длины силовой пряди. Именно такой упрощенный подход и проповедуют некоторые фирмы по производству арматуры спирального типа как в России, так и за рубежом. При этом такие горе-производители совершенно не задумываются над решением принципиальных вопросов:

- Как уменьшить предельные перерезывающие нагрузки, способные повредить токопроводящие повивы провода?
- К каким негативным последствиям приводит эффект раскручивания силовой пряди с одновременным ее выполаживанием?
- На что оказывает влияние изгибная жесткость пряди и как ей можно управлять?
- Как влияет технология изготовления спиральных элементов?
- В чем принципиальная разница в расчетах натяжного зажима для провода и оптического кабеля?

Номенклатура производимых компанией ЗАО «Электросетьстройпроект» натяжных зажимов полностью охватывает всю линейку существующих на сегодняшний день проводов и стальных канатов — от самого малого до самого большого диаметров; от прочности заделки в несколько килоньютон, до растягивающих нагрузок в 800 кН, от проводов, работающих при температурах, не превышающих +90°С, до современных термостойких проводов с высокой пропускной способностью, работающих при температурах до +210°С.

К сказанному следует добавить применение натяжных зажимов для самонесущих оптических кабелей связи. По сути, с полным на это правом можно утверждать, что натяжные зажимы спирального типа ЗАО «Электросетьстройпроект» являются на сегодняшний день для России самым универсальным и надежным видом современной арматуры для ВЛ любого класса напряжения.

### 2. Сравнительный анализ конструкций натяжных зажимов различных типов

Проведем анализ конструкций с точки зрения обеспечения прочностных характеристик, сфер применения и наличия специального оборудования при монтаже. На рис. 1 приведены основные представители натяжной арматуры: прессуемая, клиносочлененная, спирального типа в классическом одноповивном (с одной силовой прядью) и двухповивном (две силовые пряди) исполнении.

В качестве прессуемой арматуры для анкерного крепления проводов АС и стальных канатов, вклю-



<b>Прессуемый</b>	<b>Дорогостоящее прессовое оборудование</b>	
<b>Клиносочлененный</b>	<b>Ограничение усилий до 300 кН</b>	
<b>Спиральный с одной силовой прядью</b>	<b>Ограничение усилий до 160 кН</b>	
<b>Спиральный с двумя силовыми прядями</b>	<b>Усилие растяжения практически неограниченно</b>	

Рис. 1



чая и зажимы для больших переходов, применяются: НАС, НАСУС и НС.

Максимальная прочность заделки в указанных типах натяжных зажимов составляет, соответственно, 578 кН (НАСУС-500ЖС-1) и 372 кН (НС-300-3) [2].

Применение клиносочлененных зажимов: ЗНК-15, ЗНК-20, ЗНК-30 ограничено усилиями порядка 300 кН.

Появление проводов и грозозащитных тросов нового поколения с более высокими механическими характеристиками приводит к острой потребности в натяжной арматуре с растягивающими нагрузками 300–800 кН.

Прессуемые зажимы позволяют развивать такие усилия, но для монтажа необходимо специальное дорогостоящее оборудование, строгое соблюдение технологии прессования, повышенные требования к применяемым материалам, обязательный контроль прессового соединения.

Следует также отметить, что прессуемый и клиносочлененный зажимы имеют массивный корпус, рассчитанный на высокие прочностные характеристики. Изгибная жесткость такой конструкции во много раз превосходит аналогичный показатель провода. При определенных ветровых воздействиях на выходе из зажима в проводе появляется зона опасных изгибных деформаций, что влечет за собой уменьшение ресурсной стойкости провода.

Другим существенным недостатком рассматриваемых зажимов является тот факт, что они разви-

вают значительные раздавливающие нагрузки на провод, приводящие к его пластической деформации. Именно поэтому отмеченные способы заделки не применимы для подвески грозозащитных тросов со встроенным оптическим кабелем (ОКГТ) из-за чувствительности оптических модулей к передавливанию.

Применение арматуры спирального типа позволяет исключить указанные проблемы. Более чем двадцатилетний опыт эксплуатации спиральной арматуры в России убедительно показывает, что она хорошо сочетается с проводами, оптическими кабелями, тросами (далее по тексту — сердечниками), так как сама обладает гибкостью и после монтажа фактически интегрируется с ними в единое целое. Такая конструкция надежно предохраняет удерживаемые сердечники от воздействия раздавливающих нагрузок за счет распределения сжимающего усилия по длине спирального зажима, обеспечивает их надежное крепление и защиту от опасных перегибов, перетирания, вибрации и других механических воздействий, увеличивает срок службы.

Типовая конструкция натяжного зажима спирального типа состоит из силовой пряди 1 и коуша 2 (рис. 2).

Силовая прядь монтируется непосредственно на сердечнике 3 и через коуш и стандартную сцепную арматуру крепится к опоре воздушной линии электропередачи. В свою очередь, силовая прядь собирается из нескольких спиралей. Материалом для

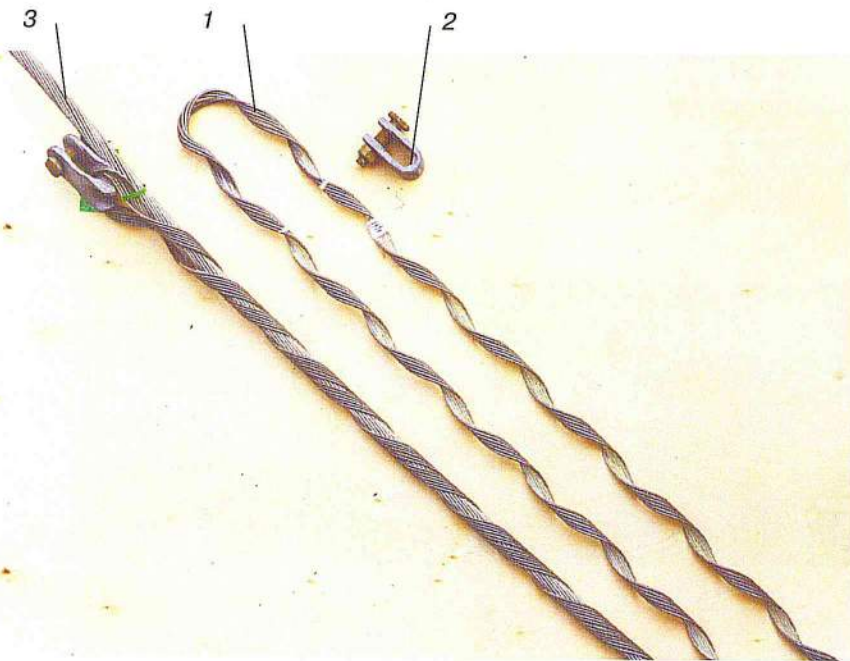


Рис. 2. Типовая конструкция натяжного зажима спирального типа НС- $D_{\text{пр}}$ -02



спиралей служит стальная проволока с антикоррозионным защитным покрытием из алюминия или цинка.

В таком одноповивном исполнении спиральная натяжная арматура применяется для случаев, когда требуется обеспечить прочность заделки не более 160 кН. При этом следует помнить, что чем выше прочность заделки, тем большим должен быть диаметр проволоки спиралей, и тем большее количество спиралей в силовой пряди. И тот и другой параметр можно увеличивать только до определенного значения. А именно — максимально-допустимое количество спиралей при заданном диаметре проволоки ограничено диаметром сердечника, для которого предназначен зажим. Что касается диаметра применяемой проволоки, то его увеличение ведет к усложнению технологии изготовления зажима, вызывает дополнительные трудности при монтаже.

### 3. Натяжной зажим со сдвоенной силовой прядью НС-D<sub>min</sub>/D<sub>max</sub>(П)-3Х(Р<sub>з</sub>)-ХХ-XXXXXX

В 2013 году усилиями научного коллектива ЗАО «Электросетьстройпроект» разработана и опробована конструкция зажима со сдвоенной силовой прядью НС-D<sub>min</sub>/D<sub>max</sub>(П)-3Х(Р<sub>з</sub>)-ХХ-XXXXXX [4].

Суммарное растягивающее усилие со стороны провода распределяется между двумя силовыми прядями (рис. 3). При этом пряди вложены друг в друга. Возникающие при этом моменты кручения М<sub>1</sub>, М<sub>2</sub> компенсируют друг друга. Каждая силовая прядь состоит из 4–8 стальных проволок диаметром 3–5 мм. Длина зажима — 0,7–2,5 м. Масса зажима с коушем — 1,5–5,5 кг.

Конструкция зажима имеет минимальное число комплектующих деталей, обеспечивает простую

схему восприятия растягивающих нагрузок, что делает ее более технологичной.

Зажимы могут быть использованы на воздушных линиях электропередачи и волоконно-оптических линиях связи в качестве натяжных зажимов для крепления проводов/кабелей к анкерным опорам как на обычных участках ВЛ, так и на больших переходах. Область применения зажимов там, где требуются тяжения 70–500 кН.

В качестве коуша в зависимости от требуемой прочности заделки применяются стандартные коуши К-70, К-120, К-160 или роликовые — РК-210, РК-300, РК-400, РК-500. Оголовок из двух силовых прядей одевается на коуш. Провод монтируется вначале в нижнюю силовую прядь, а затем в верхнюю. Далее коуш крепится к элементам опоры посредством стандартных промежуточных звеньев.

Марка зажима НС-D<sub>min</sub>/D<sub>max</sub>(П)-3Х(Р<sub>з</sub>)-ХХ-XXXXXX состоит из символьных (буквенно-цифровых) групп:

**НС** — натяжной зажим спирального типа;

**D<sub>min</sub>/D<sub>max</sub> П** — минимальный и максимальный диаметры провода (мм), на которые может быть смонтирован зажим;

**П** — наличие протектора;

**3** — силовая прядь сдвоенная;

**Х** — модификация;

**(Р<sub>з</sub>)** — прочность заделки провода (троса) в кН, **ХХ-XXXXXX** — информация о марке провода (для стандартных проводов АС необязательная).

Натяжные зажимы со сдвоенной силовой прядью выпускаются:

- для всех известных типов проводов, оптических кабелей;
- для диапазонов диаметров 9–37,5 мм;
- прочность заделки до 500 кН.

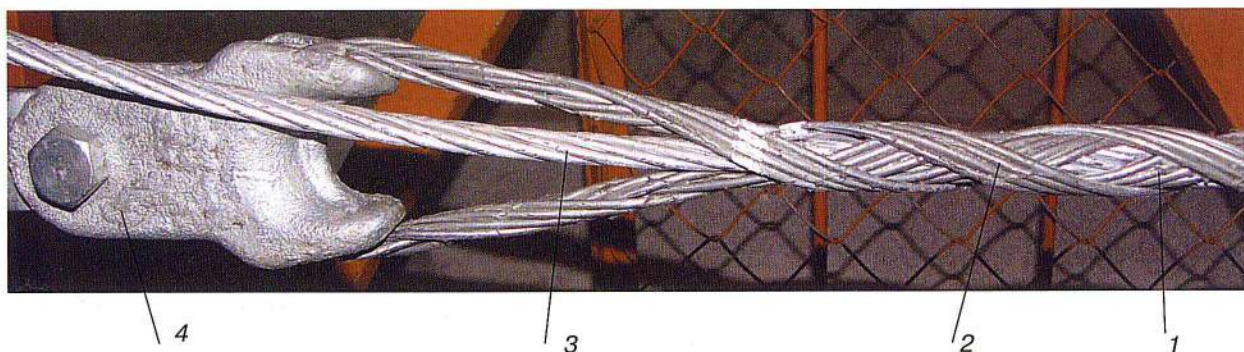


Рис. 3. Натяжной зажим НС-13,0-31(200)-МЗ в смонтированном виде: 1, 2 — нижняя и верхняя силовые пряди; 3 — удерживаемый сердечник (провод, трос и т.д.); 4 — коуш



#### 4. Конструкция натяжного подвеса на основе арматуры спирального типа с двумя силовыми прядями

Особую нишу занимают конструкции натяжных зажимов, предназначенные для тяжений свыше 300 кН. В 2006 году усилиями научного коллектива ЗАО «Электросетьстройпроект» разработана конструкция натяжного зажима с двумя силовыми прядями, названная натяжным подвесом [3]: **НП- $D_{\text{нр}}$ ( $\Pi$ )-5X( $P_{\text{нр}}$ )-XXXXX** (рис. 4).

Подвес состоит из нижней 1 и верхней 2 силовых прядей, выполненных с противоположным направлением навивки. Нижняя силовая прядь монтируется непосредственно на сердечник или в случае необходимости — на протектор спирального типа, а верхняя — на нижнюю силовую прядь. Силовые пряди зацепляются посредством коушей роликотого типа 8 и стандартных промежуточных звеньев 2ПР. Объединяет конструкцию в единое целое коромысло типа 2КУ (поз. 5) через скобы СК (поз. 4), и вывернутое промежуточное звено ПРВ (поз. 7). Для более равномерного распределения радиальных сдавливающих усилий по сердечнику силовые пряди сдвинуты друг относительно друга вдоль сердечника (см. рис. 4). С этой целью в ветвь верхней пряди добавлено промежуточное звено типа ПРТ (поз. 6)

В маркировке подвеса указывается: **НП** — натяжной подвес;  **$D_c$**  — наружный диаметр удерживаемого сердечника в мм;  **$\Pi$**  — наличие протектора в составе силовых прядей подвеса; **5X** — зажим двойной нераскручиваемый (51, 52 — соответственно, спирали из стальной проволоки с защитным покрытием из цинка или алюминия); ( **$P_{\text{нр}}$** ) — прочность

подвеса, кН; **XXXXX** — кодировка марки сердечника до 5 символов.

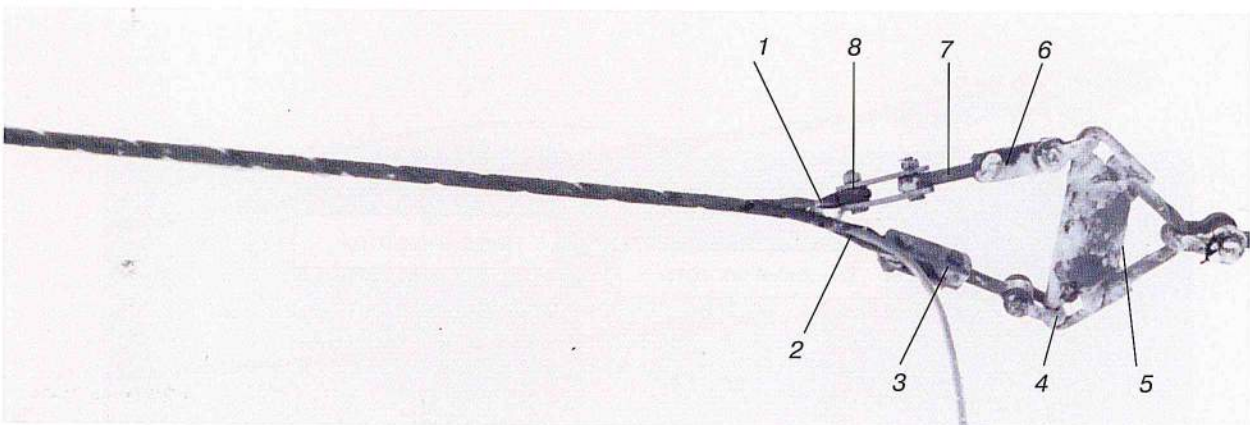
На сегодня успешно опробованы конструкции НП с прочностью заделки от 300 до 800 кН. С 2009 года начато их серийное производство. За период с 2009 года натяжные подвесы заложены более чем в 90 проектах. К 2014 году натяжные подвесы смонтированы более чем на 40 больших переходах ВЛ.

На рис. 4 — фрагмент монтажа натяжного подвеса НП-29,7-52(800) (декабрь 2010 г.) ВЛ 220 кВ Пермская ГРЭС — Соболи, большой переход через Камское водохранилище (1480 метров). Оптический грозотрос OPGW ACS 510 2С производства компании «Люмпи-Берндорф», Австрия.

#### 5. Основные преимущества натяжных зажимов спирального типа НС и НСО

Основные отличия и преимущества натяжной арматуры спирального типа заключены в ее универсальности — возможности применения как в энергетике, так и в связи:

- позволяет закреплять оптические кабели воздушных линий связи, которые другими техническими средствами закрепить невозможно;
- надежно предохраняет провода (тросы, оптические кабели) от воздействия раздавливающих нагрузок в местах установки зажимов за счет равномерного распределения сжимающего усилия по длине спирального зажима;
- обеспечивает надежное крепление и защиту проводов (тросов и оптических кабелей) от опасных изгибов, перетираания, эоловой вибрации и других



**Рис. 4.** Конструкция натяжного подвеса спирального типа с двумя силовыми прядями: 1 — нижняя силовая прядь натяжного зажима; 2 — верхняя силовая прядь натяжного зажима; 3 — звено промежуточное двойное 2ПР; 4 — скоба СК; 5 — коромысло универсальное 2КУ; 6 — звено промежуточное трехлапчатое ПРТ; 7 — звено промежуточное вывернутое ПРВ; 8 — коуш роликотого РК



механических воздействий, что значительно увеличивает их срок службы;

- обладает неплохими демпфирующими свойствами;
- хорошо сочетается с проводами, кабелями, тросами, так как сама обладает гибкостью и после монтажа фактически интегрируется с ними в единое целое;
- монтаж выполняется без применения специального оборудования и оснастки, не требует высокой квалификации линейного персонала;
- качество монтажа проверяется визуально;
- применение спиральной арматуры существенно упрощает и ускоряет как проведение ремонтно-восстановительных работ на действующих линиях, так и строительство новых линий;
- обеспечивает практически любую прочность заделки — от десятков Ньютонов до восьмидесяти тонн.

### 6. Зажим натяжной клиносочлененный ЗНК

Для данного типа натяжного зажима характерны:

- предельная прочность заделки провода (грозотроса) ограничена нагрузками в 30 тонн;
- нельзя закреплять оптические кабели и грозозащитные тросы с встроеным оптическим кабелем из-за возникающих значительных сдвигающих усилий на относительно небольшой длине клина;
- повреждается провод, если по каким-либо причинам зажим необходимо демонтировать, а сам демонтаж невозможен без применения кувалды;
- повторный монтаж зажима невозможен из-за повреждения клина или составляющих элементов зажима при демонтаже;

- требуется достаточно высокая точность в изготовлении клина, в противном случае эффекта самозаклинивания не происходит, и провод может выскочить из зажима;
- зажим не обладает эффектом самодемпфирования;
- наличие значительного количества составных элементов может привести к их потере в условиях монтажа в полевых условиях;
- наличие резьбовых соединений приводит к необходимости применения гаечных ключей, монтаж зажима занимает больше времени по сравнению со спиральной арматурой;
- стоимость зажима в 2,5–3 раза больше, чем у спиральной арматуры.

### 7. Особенности деформирования провода при вибрации с зажимами ЗНК и НС

Рассмотрим влияние зажимов ЗНК-20-2 (далее ЗНК) и НС-21,6-02 (далее НС) на уровень параметров вибрации для провода АС 240/32 при тяжении 25% от разрывной нагрузки. Прежде всего следует выделить характерные отличия в размерах по длине, жесткостных и диссипативных параметрах, определяющих формы колебаний в первой полуволне на всех собственных частотах из рабочего диапазона.

Частотный диапазон для данного провода составляет 8–60 Гц. При этом длина полуволны колебаний в проводе меняется от 8,0 м до 1,3 м, а длина полуволны на участке со спиральным зажимом — от 4,9 м до 0,8 м. Длина клиносочлененного зажима ЗНК-3-2 от начала расчетного пролета (от по-

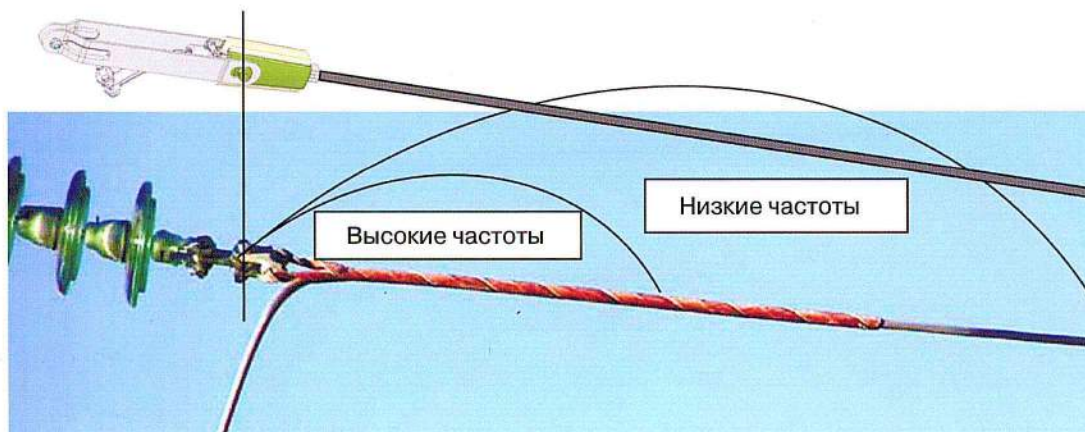


Рис. 5. Клиносочлененный и спиральный натяжные зажимы. Форма колебаний при вибрации в первой полуволне



Амплитуда вибрации в пролете 300 м при тяжении 25% RTS,  
провод АС 240/32 ЗНК-НС

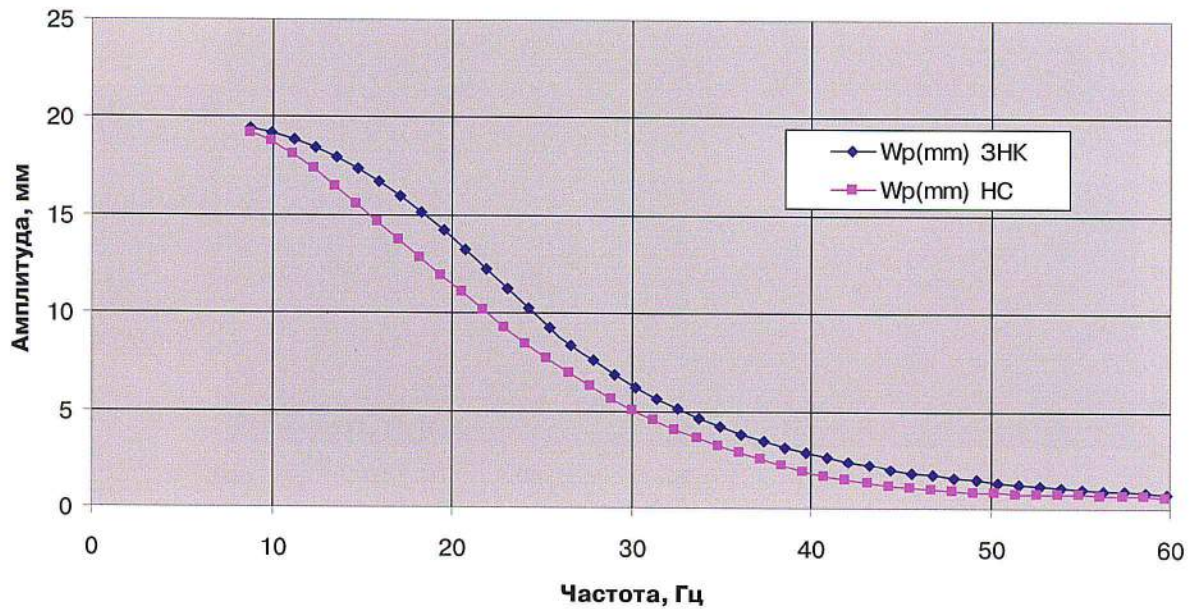


Рис. 6. Амплитуда вибрации в пролете 300 м при тяжении 25% от разрывной нагрузки провода АС 240/32 для зажимов ЗНК и НС

следнего шарнира) составляет ~0,2 м, длина НС-21,6–02 от оси коуша более 1,5 м (рис. 5).

Следует отметить, что резкое изменение жесткости при выходе провода из корпуса зажима в случае ЗНК и гладкая функция изменения жесткости по длине спирального зажима по-разному сказываются на уровне деформаций при вибрации в пролете и на выходе из зажимов. Сравнение по амплитуде вибрации для всего частотного диапазона в пролете 300 м в пользу спирального зажима (рис. 6).

Однако более выразительным является сравнение уровня деформаций на выходе из зажима для ЗНК и НС и соответствующее число циклов до разрушения. Количественную оценку можно сделать на основе рекомендаций СИГРЭ [5].

По концепции IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) за безопасный уровень деформации принимается значение  $\epsilon_{\max} = 150 \cdot 10^{-6}$  (0,015 %) (peak to peak) – размах максимальных изгибных деформаций, которые допустимы для СА-проводов без появления усталостных повреждений.

Предел усталости EPRI (Electric Power Research Institute) по отношению к вибрации определяется в напряжениях. Для многоповивных проводов  $\sigma_{\max} = 8.5$  МПа (zero – peak), что по деформациям

на внешнем повиве составит  $\epsilon_{\max} = 135 \cdot 10^{-6} = 135 \cdot (0,0135\%)$ .

На рис. 7 приведены результаты расчета амплитудных значений изгибных деформаций провода на выходе из зажимов ЗНК и НС для всего частотного диапазона в пролете 300 м в сравнении с предельными значениями деформаций по критериям СИГРЭ. Можно отметить, что уровень деформаций на обоих зажимах имеет зоны выше допустимых значений. Характерно, что превышение деформационного предела в проводе со спиральным зажимом происходит на низких частотах в значительно меньшем диапазоне частот, чем в проводе с ЗНК.

По кривой безопасности СИГРЭ [5], связывающей число циклов до разрушения с уровнем изгибных напряжений можно получить сравнительную характеристику по времени эксплуатации провода до разрушения. На рис. 8 приведены расчеты числа циклов до разрушения по всему частотному диапазону для того же пролета с обоими зажимами в сравнении с принятым в СИГРЭ достаточным уровнем  $N_{\text{СИГРЭ}} = 6,4 \cdot 10^8$  жизнедеятельности провода.

Следует отметить, что число циклов до разрушения провода с зажимом НС  $N_{\text{НС}} = 3,2 \cdot 10^8$  на частоте



Деформации на выходе из зажима в пролете 300 м при тяжении 25% RTS, провод AC 240/32 ЗНК-НС

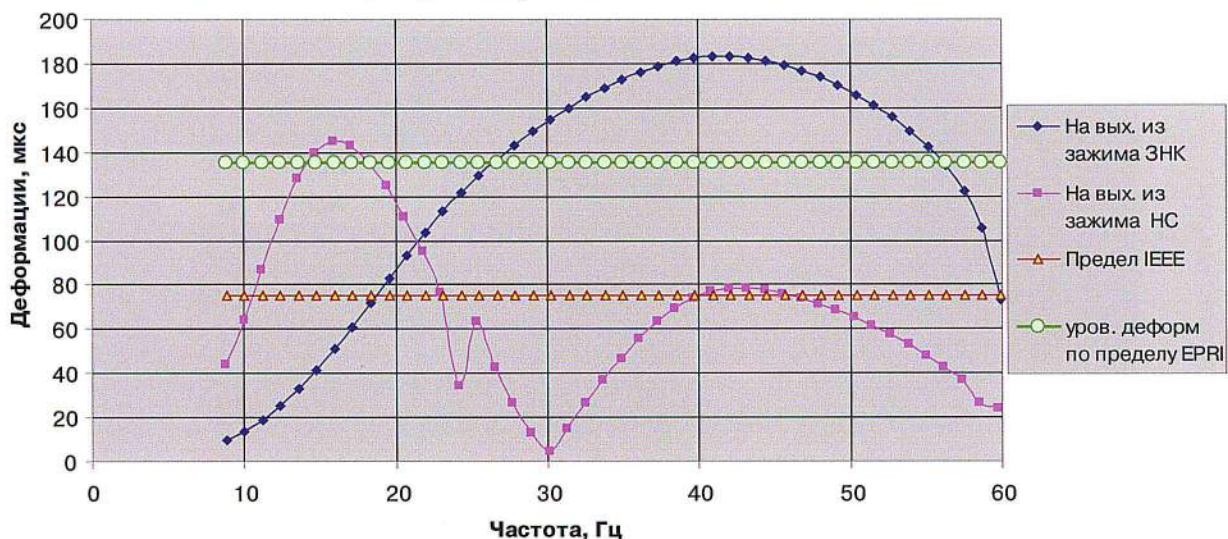


Рис. 7. Амплитудные значения изгибных деформаций при вибрации в пролете 300 м для тяжения 25% от разрывной нагрузки провода AC 240/32 для зажимов ЗНК и НС в сравнении с предельными значениями рекомендаций СИГРЭ

Число циклов до разрушения на выходе из зажима в пролете 300 м, при тяжении 25% RTS провод AC 240/32 ЗНК-НС

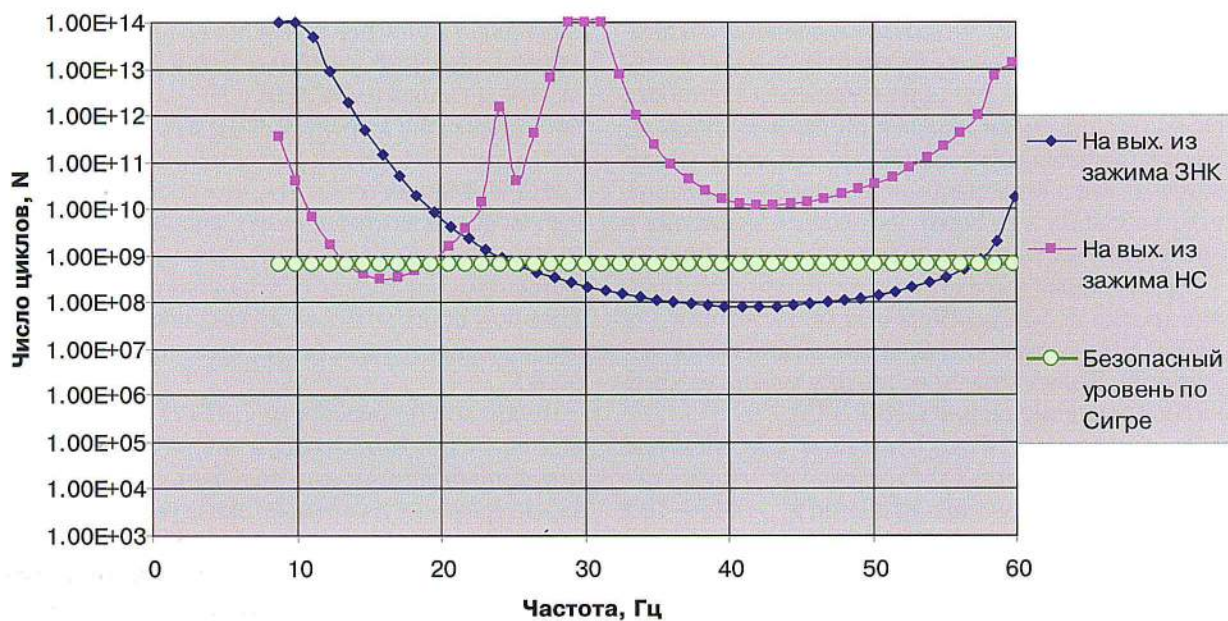


Рис. 8. Число циклов до разрушения при вибрации в пролете 300 м для тяжения 25% от разрывной нагрузки провода AC 240/32 для зажимов ЗНК и НС в сравнении с предельными значениями рекомендаций СИГРЭ



те  $f_{НС} = 15,8$  Гц по сравнению с тем же параметром для зажима ЗНК  $N_{ЗНК} = 8,1 \cdot 10^7$  на частоте  $f_{ЗНК} = 40,9$  Гц позволяет оценить во сколько  $K_{НС/ЗНК}$  дольше проживет провод с зажимом НС, чем провод с ЗНК.

$$K_{НС/ЗНК} = \frac{N_{НС}}{N_{ЗНК}} + \frac{f_{ЗНК}}{f_{НС}} = \frac{3,2 \cdot 10^8}{8,1 \cdot 10^7} + \frac{40,9}{15,8} = 6,5.$$

Это значит, что в 6,5 раз дольше будет набирать свое число циклов до разрушения провод с зажимом НС, чем провод с зажимом ЗНК.

Фактически, спиральные пряди натяжного зажима при вибрации на разных частотах по-разному взаимодействуют с проводом и друг с другом, повышая конструктивное трение и, следовательно, выполняют функцию виброзащиты.

#### Аттестация

Натяжные зажимы производимые фирмой ЗАО «Электросетьстройпроект» аттестованы межведомственной комиссией ОАО «ФСК ЕЭС».

Технические условия: «Натяжные зажимы спирального типа **НС-D<sub>min</sub>/D<sub>max</sub>(П)-XX(P<sub>3</sub>)-XX-XXXXXX** для воздушных линий электропередачи 35-500 кВ». ТУ 3449-002-27560230-06.

#### Заключение

Компания ЗАО «Электросетьстройпроект» на протяжении более чем двадцати лет разрабатывает, производит и продает арматуру спирального типа на рынке Российской Федерации. Оперативно откликается на запросы энергетики по расширению возможностей увеличения передаваемой мощности (арматура для компактированных и термостойких проводов), на возрастающие требования по уровню прочности узлов подвески проводов и грозотросов, на повышение ресурсной стойкости элементов ВЛ, работающих в самых сложных условиях эксплуатации.

Номенклатура разработанных и выпускаемых натяжных зажимов для линий ВОЛС-ВЛ имеет беспрецедентный состав по всему разнообразию свойств кабельной продукции как в структурном плане, так и по уровню допустимых нагрузок и диаметров.

При моделировании новых конструкций с заданными эксплуатационными свойствами мы руководствуемся собственными методическими наработками и расчетными программами. Математические модели и расчетные методики ЗАО «Электросетьстройпроект» подвергаются тщательной проверке в испытательной лаборатории, многократно проверены на практике. Отработана современная технология серийного производства зажимов.

Совместно с проектированием спиральной арматуры ЗАО «Электросетьстройпроект» разрабатывает схемы защиты от ветровых колебаний, выполняет работы по сопровождению проектирования для разработки наиболее надежных подвесов проводов и оптических кабелей. Уникальная методическая база и программный комплекс позволяют моделировать весь пролет с арматурой и гасителями в ветровом потоке. Использование в расчетах критериев СИГРЭ по определению безопасного уровня изгибных деформаций дает возможность надежной эксплуатации ВОЛС-ВЛ на срок 40 и более лет.

За арматурой спирального типа, производства ЗАО «Электросетьстройпроект», стоят: коллектив высококлассных специалистов, испытательная лаборатория, аккредитованная на техническую компетентность и независимость, более 100 тысяч километров ВОЛС-ВЛ.

#### Литература

1. СТО 56947007-29.120.10.067-2010. Спиральная арматура для ВЛ. Технические требования. Стандарт организации ОАО «ФСК ЕЭС». — 2010 г.
2. Арматура и изоляторы для воздушных линий электропередачи/Отраслевой каталог. — М. АО «Информэнерго», 2001. — 225 с.
3. Патент Российской Федерации № 2 315 408 С1, «Спиральный натяжной зажим» / А.И. Жуков, С.В. Рыжов, Ю.Л. Цветков, 30.08.2006 г.
4. Патент Российской Федерации: «Спиральный натяжной зажим». ПМ № 132264 от 10.09.2013 / С.В. Рыжов, А.В. Тищенко
5. Guide to vibration measurements on overhead lines. TF 22.11.2., ELECTRA, № 162, October 1995. — pp. 125-137.