

Куликова Е.А., к.п.н., доцент, УрГУПС, г. Екатеринбург  
Богатенко Д.Д., студент гр. Э-438, УрГУПС, г. Екатеринбург

## **ИННОВАЦИОННЫЕ РЕШЕНИЯ В ОБЛАСТИ ПЕРЕДАЧИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ**

Надежная система электроснабжения – основа для перевода российской экономики на путь инновационного развития. На сегодняшний день темпы развития энергохозяйства России не соответствуют потребностям экономики. По мере возможного обеспечивается должное электроснабжение потребителей всех категорий, но существуют серьезные проблемы, связанные, прежде всего, с транспортировкой электроэнергии. Устаревшие провода марки АС в существующих линиях электропередач (ЛЭП) имеют низкую проводимость, низкую механическую прочность, плохо противостоят погодным явлениям и дают большие потери при передаче. Устранить данные недостатки могут новые провода, разработанные зарубежными специалистами.

Концерн *Nexans* предлагает новые высокотехнологичные провода для линий электропередачи 110–1150 кВ. Провод представляет собой полностью связанные между собой проводники, состоящие из одного или нескольких концентрических слоев круглых проволок (внутренние слои) и проволок в виде буквы «Z» (внешние слои). Каждый слой провода имеет скрутку по длине, выполненную с определенным шагом [1].

Рассмотрим более подробно конструкцию провода Aero-Z (рис. 1). Внутренняя часть провода аналогична обычному проводу типа АС за исключением того, что внутренние проводники могут быть изготовлены не только из стали, но и из алюминия или алюминиевых сплавов. Более того, один или несколько проводников могут быть полыми и содержать внутри оптические волокна. Внешние же слои провода выполняются из алюминиевых проводников, имеющих форму буквы «Z», причем проводники очень плотно прилегают друг к другу.

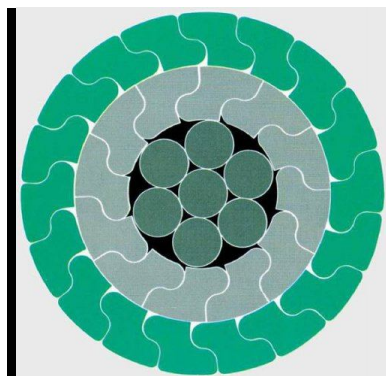


Рис. 1. Конструкция провода AERO-Z

Таким образом, за счет более плотной скрутки проводников и более гладкой внешней поверхности возможно использование более тонких и более легких проводов (без стального сердечника). Это, в свою очередь приводит к снижению электрических потерь в проводах (на 10–15 %), в том числе потери на корону, и повышению механической прочности конструкции.

Лабораторный тест на воздействие удара молнии показал, что при повреждении до 5 Z-образных проводников сохраняется полная механическая прочность данного провода. Также, благодаря плотной скрутке практически исключается проникновение во внутренние слои воды и загрязнений, следовательно, снижается коррозия внутренних слоев провода. Более гладкая, чем у обычного провода, внешняя поверхность Aero-Z существенно снижает потери на корону (напряженность электрического поля, при которой возникает коронный разряд, у Aero-Z примерно на 15 % выше, чем у обычного провода).

За счет более гладкой внешней структуры провод Aero-Z имеет примерно на 30–35 % меньшее аэродинамическое сопротивление ветровым нагрузкам по сравнению с обычным проводом, что приводит к резкому уменьшению так называемой «пляски» проводов как в горизонтальном, так и в вертикальном направлении, что в свою очередь значительно облегчает работу опор и гирлянд изоляторов при сильных ветрах.

Особого внимания заслуживает поведение провода в условиях налипания снега. Для традиционного провода характерна схема, представленная на рисунке 2. По мере накопления мокрого снега на проводе центр тяжести

смещается (2), и провод в полете поворачивается (3). Однако снег продолжает падать, и цикл продолжается сначала. В результате традиционный провод получает дополнительные крутящие моменты или начинает расплетаться (в зависимости от направления ветра). Провод Aero-Z, обладая более высоким сопротивлением кручению, в этих условиях практически не поворачивается, что приводит к самосбросу излишнего снега под действием силы тяжести (рис. 3).

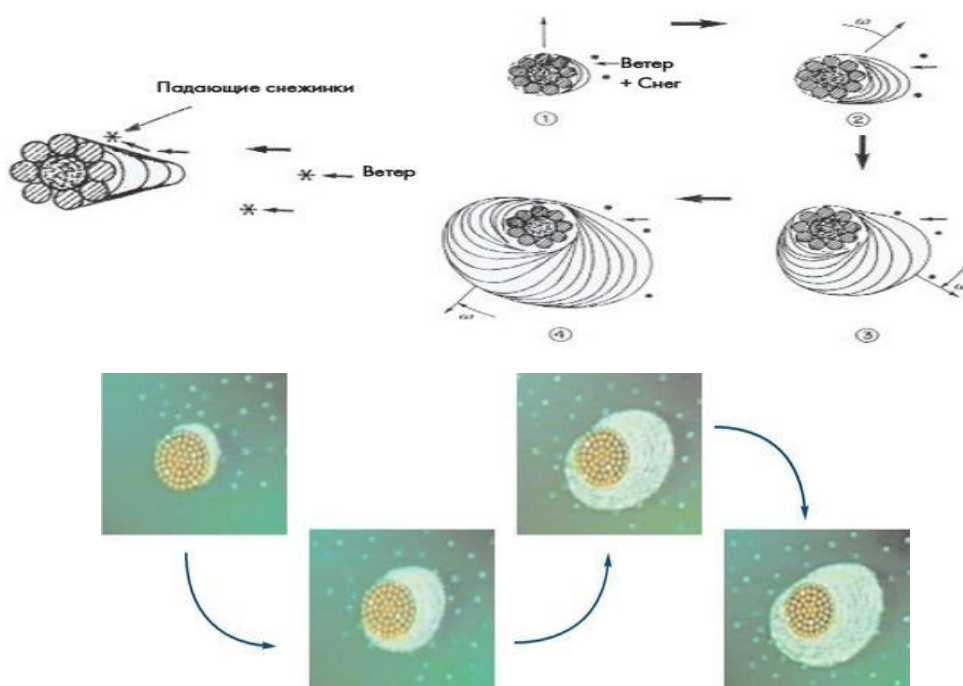
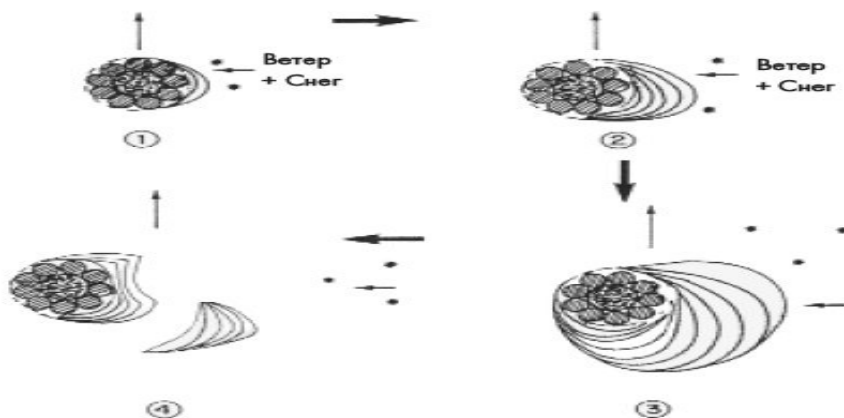


Рис. 2. Схема налипания снега на обычный провод



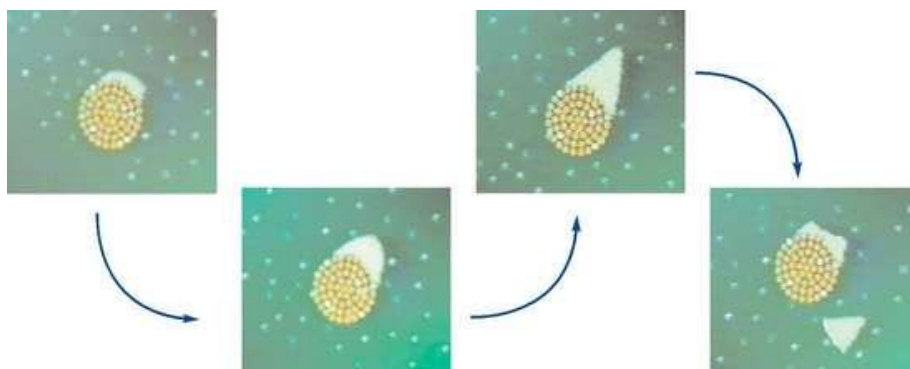


Рис. 3. Схема налипания снега на провод AERO-Z [1]

Сравнительные характеристики провода АС–300/39 и аналогичного ему провода AERO-Z типа 346–2Z приведены в таблице 1.

Таблица 1

Сравнительные характеристики проводов

| Параметр                      | Провод марки АС | Провод марки AERO-Z |
|-------------------------------|-----------------|---------------------|
| Удельное сопротивление, Ом/км | 0,1             | 0,097               |
| Удельная масса, кг/км         | 1132            | 958                 |
| Диаметр, мм <sup>2</sup>      | 24              | 22,4                |
| Усилие на разрыв, кг          | 90,6            | 111,3               |

Таким образом, удельное сопротивление провода Aero-Z на 3 % меньше, соответственно, на столько же меньше тепловые потери в проводе при транспортировке электроэнергии. Удельная масса Aero-Z на 18 % меньше, чем у провода АС, диаметр – на 7 %. Значение величины «усилие на разрыв» отличается на 23 %.

Таким образом, использование проводов марки AERO-Z обусловлено: необходимостью увеличения пропускной способности существующих линий; снижением механических нагрузок, прикладываемых к опорам ЛЭП из-за «пляски» проводов; повышением коррозионной стойкости проводов и тросов; снижением риска обрыва провода при частичном повреждении нескольких внешних проволок из-за внешних воздействий, в том числе в результате удара молнии; улучшенными механическими свойствами проводов при налипании снега или образовании льда.

Следовательно, явными преимуществами провода Aero-Z по сравнению с обычным марки АС будут:

- возможность при том же сечении передавать большие токи;
- возможность при том же весе провода использовать большие сечения, тем самым снизить тепловые потери при передаче электроэнергии (на 13–14 %) и решить проблему перегрузок линии;
- значительное снижение обледенения и налипания снега на провода за счет компактности внешнего слоя проволок;
- значительное снижение аэродинамического сопротивления, уменьшение «пляски» проводов в районах с большими ветровыми нагрузками и, как следствие, снижение уровня усталости металла в проводе и увеличение жизненного цикла за счет самогашения колебаний;
- улучшение эксплуатационных показателей ЛЭП, включая снижение уровня шума в населенных районах;
- предотвращение внутренней коррозии провода, снижение вероятности обрыва при внешних воздействиях, что обеспечивает более длительные сроки эксплуатации провода (45 лет и более) по сравнению с обычными проводами для ЛЭП [2].

Бельгийская фирма *Lamifil* предлагает провода для ЛЭП аналогичные французскому проводу Aero-Z, но немного усовершенствованные.

Компания *Lamifil* – ведущий мировой производитель неизолированных проводов для воздушных линий (ВЛ) напряжением до 750 кВ. Предприятие имеет полный цикл производства проводников, включая изготовление металлов, сплавов собственной разработки, а также уникальные машины по изготовлению и скручиванию проволок различных форм (круглых, трапециевидных, Z-образных).

По мере эволюции конструкции провода в средних слоях между цилиндрическими проволоками и Z-образными проводниками появились трапециевидные проводники, далее они вытеснили и Z-образные проводники, а вместо цилиндрических проволок стал использоваться композитный сердечник

(рис. 4, 5). Все это позволило увеличить проводимость и снизить потери. По остальным параметрам французский и бельгийский провода одинаковы. Бельгийский провод также обладает высокой механической прочностью, имеет низкое аэродинамическое сопротивление и аналогично ведет себя в условиях налипания снега. В России официальным представителем данных зарубежных компаний является ЗАО «Группа компаний «Сим-Росс».

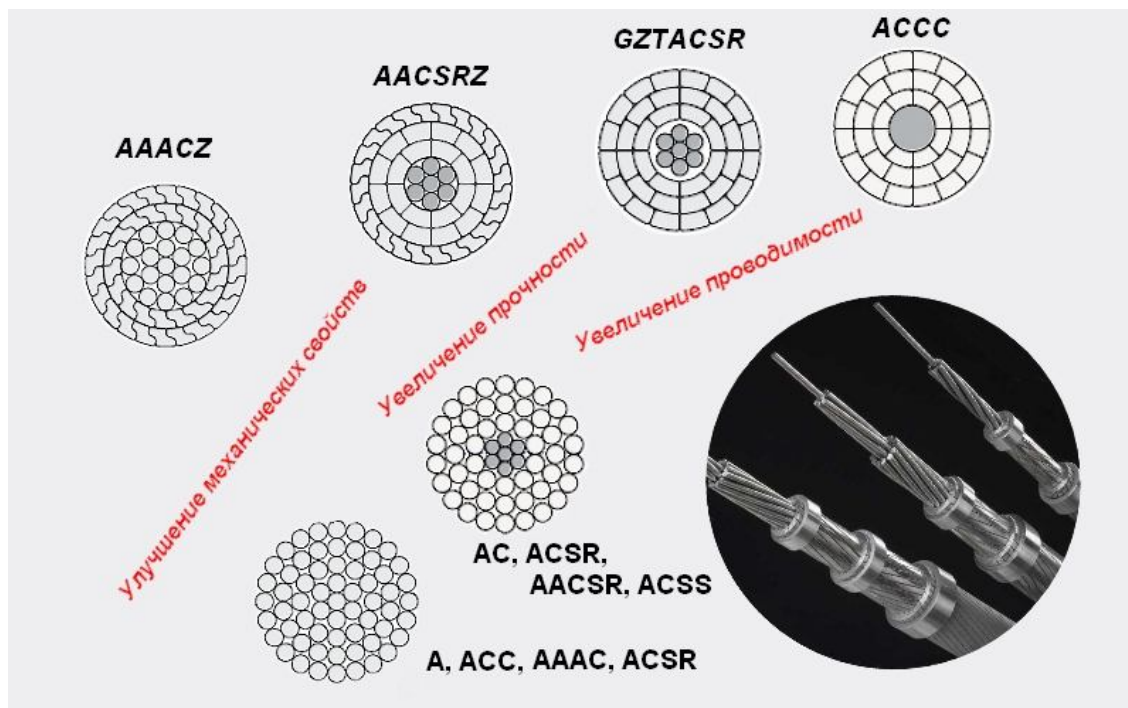


Рис. 4. Эволюция конструкций проводов компании *Lamifil*



Рис.5. Общий вид провода типа Z от компании *Lamifil*

Сравнительные характеристики проводов марки АСС и АААСZ от компании *Lamifil* представлены в таблице 2.

Таблица 2

Сравнительные характеристики проводов марки АСС и АААСZ от компании *Lamifil*

| Передаваемая мощность, МВт | Коэффициент нагрузки | Ток, кА | АСС 570              |             |              | АААСZ 666            |             |              | Отношение потерь, % |
|----------------------------|----------------------|---------|----------------------|-------------|--------------|----------------------|-------------|--------------|---------------------|
|                            |                      |         | Сопротивление, Ом/км | Потери, МВт | Доля потерь  | Сопротивление, Ом/км | Потери, МВт | Доля потерь  |                     |
| 90,7                       | 25%                  | 0,28    | 1,814                | 0,427       | <b>0,47</b>  | 1,578                | 0,371       | <b>0,409</b> | <b>87,02</b>        |
| 181,4                      | 50%                  | 0,56    | 1,856                | 1,746       | <b>0,963</b> | 1,609                | 1,514       | <b>0,835</b> | <b>86,72</b>        |
| 272,1                      | 75%                  | 0,84    | 1,929                | 4,084       | <b>1,501</b> | 1,663                | 3,521       | <b>1,294</b> | <b>86,21</b>        |
| 362,8                      | 100%                 | 1,12    | 2,039                | 7,674       | <b>2,116</b> | 1,743                | 6,56        | <b>1,808</b> | <b>85,48</b>        |

Замена алюминиевого провода АСС на провод типа Z того же диаметра (38,5 мм) позволяет снизить потери на 13–14% при одинаковой передаваемой мощности [3].

Решая актуальную проблему быстрого преодоления больших расстояний в России, ОАО «РЖД» планирует перейти от скоростного движения поездов (максимальная скорость 250 км в час [4]) к высокоскоростному – до 400 км в час [5]. Для реализации программ развития скоростного и высокоскоростного движения необходимо использовать успешный зарубежный опыт организации высокоскоростного движения на основе инновационных типов провода [6].

Таким образом, провода французского концерна *Nexans* и бельгийской компании *Lamifil* могут стать технологической основой для решения проблемы совершенствования энергохозяйства России в целом и развития

высокоскоростного движения, обеспечивая их надежное и бесперебойное функционирование.

### *Литература*

1. Неизолированные провода для воздушных линий электропередачи Nexans Aero-Z. – (<http://www.kabtrade.ru>).

2. Глобальный эксперт в кабельных системах Nexans. – (<http://www.nexans.ru/eservice>).

3. НПК «СИМ-РОС». Современные электротехнические решения. – (<http://www.simross.ru>).

4. Кудряшов Е.В. Особенности конструкции и опыт разработки контактной сети для скоростей движения 160–200 км/ч // Материалы научно-практической конференции, посвященной 75-летию электрификации железных дорог России. – СПб., 2004. – С. 109–110.

5. Стратегия развития железнодорожного транспорта в Российской Федерации до 2030 года (утвержденная распоряжением Правительства РФ от 17 июня 2008 года №877-р). – Российская газета. – 21 июня 2008.

6. Кудряшов Е.В., Иванов В.А, Ковалев А.Н. Создание контактной сети для высокоскоростного движения на базе современных принципов управления жизненным циклом наукоемкой продукции // Материалы пятого международного симпозиума «Элтранс-2009»: Электрификация, инновационные технологии, скоростное и высокоскоростное движение на железнодорожном транспорте. – СПб. : ПГУПС, 2010. – С. 73–82.