

УДК 621.311

**ПРИМЕНЕНИЕ ИННОВАЦИОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ И  
МАТЕРИАЛОВ ВЛ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ И РЕКОНСТРУКЦИИ ВЛ  
110 КВ И ВЫШЕ****APPLICATION OF STRUCTURES AND MATERIALS OF OVERHEAD  
LINES IN THE CONSTRUCTION AND RECONSTRUCTION OF  
OVERHEAD LINES 110 KV AND ABOVE**

П.Ю. Ратькович, Н.Ю. Подоба, Н.Е. Пурлан

Научный руководитель – Е.М. Гецман, старший преподаватель  
Белорусский национальный технический университет, г. Минск

P. Ratkovich, N. Podoba, N.Purlan

Supervisor – E. Getsman, Senior Lecturer

Belarusian national technical university, Minsk

**Аннотация:** С каждым годом растет спрос на электроэнергию, поэтому классические конструкции проводников, начинают не соответствовать современным требованиям по мощностям передачи электроэнергии. Для удовлетворения спроса на электроэнергию необходимо развивать новые технологии и новые конструктивные решения проводов ВЛ. В статье рассказывается об инновационных проводах для воздушных линий электропередачи. Новые провода были испытаны в лаборатории научно-исследовательских институтов, а также смоделировано использование данных провод на компьютере.

**Abstract:** The demand for electricity is growing every year, therefore, the classic designs of conductors begin to fail to meet modern requirements for power transmission capacities. To meet the demand for electricity, it is necessary to develop new technologies and new design solutions for overhead lines. The article talks about innovative wires for overhead power lines. The new wires were tested in the laboratories of research institutes, and the use of the data wire on a computer was simulated.

**Ключевые слова:** новая технология производства проводников; высоковольтные линии электропередачи; компактированные провода; пластически деформированные провода.

**Keywords:** new technology for the production of conductors; high voltage power lines; compacted wires; plastically deformed wires.

**Введение**

В последнее время при передаче электрической энергии постоянно возникали проблемы, это привело к тому, что встала необходимость найти новые решения для целого ряда направлений в проектировании и строительстве воздушных линий.

При анализе аварий и отказов на линиях электропередачи было обнаружено, что отказы проводов составляют 40-50% от всех выявленных нарушений, и с каждым годом они увеличиваются на 3-5%. Основными причинами повреждений линий являются гололедные нагрузки (гололедные образования на

проводах увеличивают вес линий, а под воздействием ветра нагрузка становится еще больше), усталость материала проводов (из-за вибраций происходят разрывы отдельных проволок около мест закрепления провода близко к зажимам, около опор), коррозия материала, удары молний в ЛЭП.

Практика работы ведущих электросетевых компаний свидетельствует о том, что перспективным направлением в решении проблемы повышения пропускной способности ЛЭП является разработка новых конструкционных материалов для проводов и сердечников линий электропередачи, способных длительно эксплуатироваться при температурах 100–200 °С.

Основная работа электросетевых компаний направлена на решение проблемы увеличения пропускной способности линий электропередач, это достигается путем разработки новых конструкционных материалов для изготовления проводов ЛЭП, которые могут долго работать при достаточно высоких температурах от 100 до 200 градусов Цельсия.

Российские разработчики создали принципиально новую технологию производства проводников с высоким коэффициентом заполнения, которые могут работать при более высоких температурах, в отличие от классических решений. Этот новый неизолированный провод состоит из несущего сердечника из стали и скрученных токопроводящих жил (рис. 1), произведенных из алюминий-циркониевого сплава.

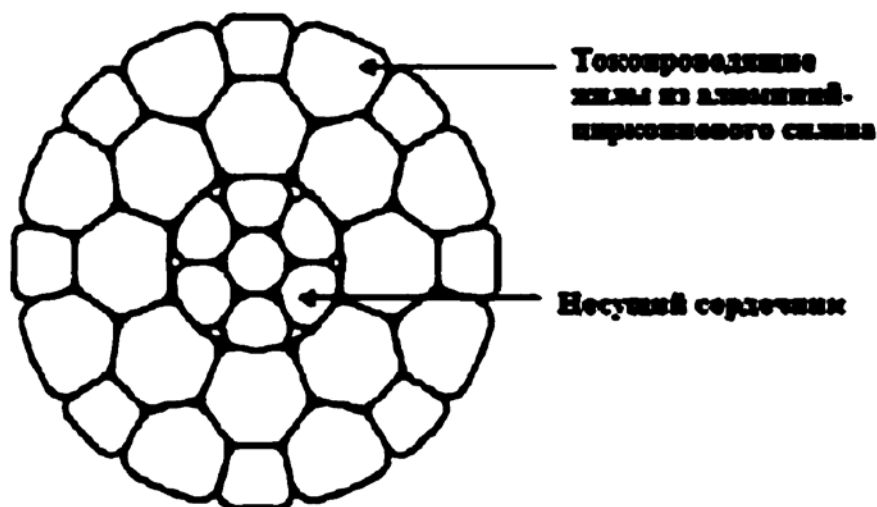


Рисунок 1 – АСВТ и АСВП

Данная конструкция провода является наиболее эффективной для использования в районах с более тяжелыми погодными условиями, то есть повышенная гололедная и ветровая нагрузка. Сталеалюминевые неизолированные провода АСВП (высокопрочный) и АСВТ (высокотемпературный) предназначены для передачи электрической энергии воздушными ЛЭП напряжением от 35 до 1150 кВ.

#### АСВТ и АСВП

Пластическое деформирование алюминиевых проволок и стальных проволок сердечника позволяет максимально плотно заполнить площадь рабочего сечения, достаточно простым и дешевым путем.

Конструкция, полученная с применением пластического деформирования, также способствует увеличению полезного токопроводящего сечения провода, а его внешняя поверхность оказывается более гладкой и ровной, чем у проводов, выполненных из круглых проволок, что позволяет уменьшить нагрузку от атмосферных воздействий[2].

Провод обладает более высокой стойкостью к атмосферным перенапряжениям, которые возникают на линиях из-за грозовых явлений (при ударе молнии в провод часто возникают пробой изоляции, а иногда и разрушение). Кроме этого, провод лучше выдерживает термическое воздействие тока короткого замыкания, которое происходит при обрыве проводов и замыкания их на землю.

После испытаний в лабораторных условиях подтверждена рабочая температура провода марки АСВТ — 150 °С, а предельно допустимая — 210 °С.

Кроме использования новых материалов в изготовлении проводов отмечается изменение в конфигурации проволок в проводе. В частности Z-образные проволоки (рис. 2), используемые в проводе марки АЕРО-Z. Данная инновация позволяет решать целый ряд проблем в их эксплуатации. А именно из-за гладкой поверхности уменьшается обледенение и налипание снега на проводах, снижается усталость, в связи с тем, что провод сам гасит колебания, полностью устраняется внутренняя коррозия, сокращаются тепловые потери при передаче, пляска проводов (колебание проводов с малой частотой 0,2-04 Гц, большой длиной волны и значительной амплитудой 05-5м)

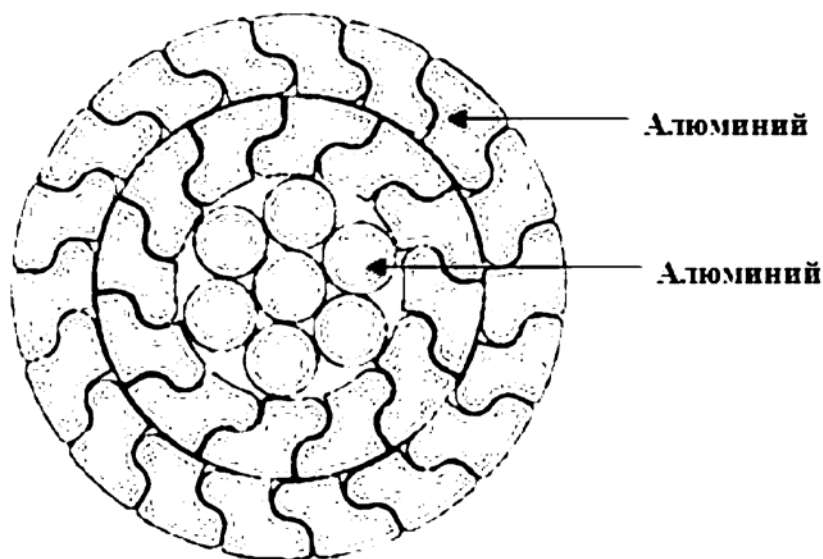


Рисунок 2 – Провода АЕРО-Z

Тем не менее, у провода АЕРО-Z имеется несколько недостатков: сложность ремонта и относительно небольшая максимальная температура эксплуатации, которая составляет 90° С.

Провода марки АЕРО-Z представляют собой новый класс компактированных проводов с повышенной прочностью и повышенной пропускной способностью.

Такие провода имеют большую механическую прочность и большие допустимые нагрузки по току.

Проволоки нового грозотроса однонаправленно скручены, состоят из отдельно пластически деформированных проводов. Компактированный проводник со скрученными проволоками отличается от классических конструкций,

Его производство происходит следующим образом: сначала скручивается сердечник, плотность сердечника увеличивается от сжатия, затем аналогично скручивают проводящие проволоки. Пример такой конструкции приведен на рис. 3.



Рисунок 3 – 1. Пластически деформированный провод (АСВП/АСВТ); 2. Грозотрос старой конструкции (большого диаметра) и новой конструкции (меньшего диаметра с той же молниестойкостью); 3. ОКГТ (оптический кабель, встроенный в грозотрос).

Пластическая деформация со степенью обжатия поперечного сечения, рассчитанной для каждого из материалов, предотвращает раскручивание провода и взаимное перемещение его элементов под действием сил на растяжение, а из-за механического упрочнения прочность алюминиевых проволок возрастает в 1,5–2 раза, в то время как разница в проводимости составляет менее 1% [3].

Стоимость проводников АСВП, АСВТ и реконструкции ВЛ с этими проводниками не выше, чем с обычными проводами, а в расчете на жизненный цикл даже ниже, но увеличение мощности (несколько десятков процентов для АСВП и до 80–100% для АСВТ) нивелирует любую разницу в цене, снижение же нагрузок на опоры уменьшает растягивающие нагрузки, уменьшает нагрузки от ветра и мокрого снега, и в конечном счете повышает надежность воздушной линии, чего нам следует достичь для стабильности работы энергосистемы в целом.

Параметры новых проводов лучше, чем у старых: увеличился максимальный допустимый ток в линиях, разрывное усилие и пропускная способность, уменьшилась стрела провеса, но немного увеличилась масса. Таким образом новые провода отлично подходят для новых линий, которые планируется построить в регионах с повышенными ветровыми или гололедными нагрузками.

Сопоставление основных характеристик представлено в табл. 1.

Таблица 1 – Сопоставление основных характеристик проводов

№	Производитель	Провод	Диаметр, мм	Масса, кг/км	МТПС, А	Разрывное усилие, кН
Традиционные провода						
1	Стандартные сталеалюминевые провода	АС 240/32	21,6	921	605	72,7
2		АС 300/39	24,0	1 132	710	89,2
3		АС 400/51	27,5	1 490	825	115,4
Инновационные провода (с улучшенными характеристиками)						
4	«Энергосервис»	АСВТ 461/64 высоко-температурный	26,9	1 802	1668	170,5
		АСВТ 371/106	26	1882	1476	220,4
		АСВТ 277/79	22,4	1400	1199	163,9
		АСВП 277/79 highstrength	22,4	1400	862	163,9

Продолжение таблицы 1

№	Производитель	Провод	Сопротивление Ом/км	Стрела провеса, м
Традиционные провода				
1	Стандартные сталеалюминевые провода	АС 240/32	0,121	13,2
2		АС 300/39	0,098	11,5
3		АС 400/51	0,075	11,7
Инновационные провода (с улучшенными характеристиками)				
4	«Энергосервис»	АСВТ 461/64 высоко-температурный	0,063	9,3
		АСВТ 371/106	0,0776	7,8
		АСВТ 277/79	0,1040	7,7
		АСВП 277/79 highstrength	0,1040	7,9

Новые провода АСВП и АСВТ расширяют рамки проектирования воздушных линий и позволяют решить задачи, которые раньше решить было нельзя или решение которых было связано с большими денежными затратами.

При использовании новых проводов увеличивается прочность на разрыв и снижение удельных потерь электроэнергии при той же текущей нагрузке, аэродинамические нагрузки также снижаются максимум до 35% и образование льда до 25%, коэффициент расширения температуры проводника уменьшается на 15% только из-за конструктивных особенностей проектирования провода. [4]

### Заключение

Инновационная технология пластической деформации отмечена Патентами Германии и России и обеспечивает важные и перспективные преимущества. Кроме того, все новые продукты, несомненно, имеют очень перспективную особенность — при их эксплуатации значительно пропускная способность

и надежность ЛЭП. В дополнение к преимуществам, перечисленным выше, новые провода уже показали стойкость к ударам молнии и последовательным циклическим воздействиям, механическую прочность, стойкость к изгибу и сочетанию нагрузок растяжение — изгиб, а также усталостную прочность.

Сопоставление оценки параметров сталеалюминиевых тросов, расчетов механической прочности в различных условиях окружающей среды показали, что пластически деформированные сталеалюминиевые тросы позволяют эффективно решать конструктивные проблемы линий электропередачи.

При сравнении возможности передачи обычных проводов АСВТ и АСВП, мы можем сделать вывод, что при одной и той же возможности передачи диаметр новых проводов меньше. Это позволяет снизить нагрузку на опоры и провисание проводов.

### Литература

1. Transmission Line Reference Book, 345 KV and Above / Second Edition, Copyright 1992 by the Electric Power Research Institute Inc., Prepared by Project UHV.
2. Патент РФ № 132241 «Провод сталеалюминевый по воздушной ЛЭП»/ Фокин В.А., Власов А.К., Петрович В.В., Звягинцев А., Фролов В. Оpubл. : 09.10.2013. Бык. № 25
3. Справочник по электротехническим материалам. Vol. 3/ Под ред. Корицкого. В., Пасынков В.В., Тареев Б.М.Л. : Энергоатомиздат, 1988.
4. Власов А.К. Инновационные решения для воздушных линий // Электроэнергия: передача и распределение. 2015 г. № 1 (28). С. 48–51.