



Инжиниринговая компания Энергосервис



*Анализ и особенности применения проводов
нового поколения Высокопрочных (АСВП) и
Высокотемпературных (АСВТ) на объектах*

ПАО «Россети»

*Простые решения
сложных проблем*



Patent DE102014101833





Все наши продукты созданы без привлечения бюджетных средств и не являются трансфером технологий в Россию, а абсолютно российские изделия, от разработки, интеллектуальной собственности, технологии,

до сырья



РУСАЛ
Глобал Менеджмент

и производства



Северсталь

Разработки послужили основанием

изменения 3 стандартов РФ



созданию всемирного стандарта



и стандарта ТС



Разработки реализованы в интересах крупнейших компаний



МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ



РОССЕТИ



ГОСУДАРСТВЕННАЯ КОМПАНИЯ



НОРИЛЬСКИЙ НИКЕЛЬ

Проблема	Решение с АС	Решение с АСВТ/АСВТ	Подтверждение
Снижение потерь на корону, без увеличения диаметра провода	-	+	Экспериментально АО НТЦ ФСК ЕЭС
Значительное снижение Эксплуатационной вытяжки (удлинения)	-	+	Экспериментально АО НТЦ ФСК ЕЭС
Увеличение грозоупорности и молниестойкости	-	+	Экспериментально АО НТЦ ФСК ЕЭС
Увеличение пролётов и(или) стрел провеса, без увеличения диаметра провода	-	+	Проектными решениями
Замена провода на старых опорах, со снижением нагрузки на все элементы ВЛ и(или) увеличение пропускной способности	-	+	Проектными решениями
Снижение ветрового давления, при сохранении диаметра провода	-	+	Расчётно Волг ТУ и НИУ МЭИ
Замена провода на кольцевых схемах сетей, со снижением диаметра провода	-	+	Проектными решениями
Снижение гололедообразования, при сохранении диаметра провода	-	+	Расчётно Волг ТУ и НИУ МЭИ
Снижение вибрации и «пляски» и самопогашение колебаний, при сохранении диаметра провода	-	+	Расчётно Волг ТУ ВНИИЖТ и НИУ МЭИ
Сохранение заданной пропускной способности в районах с высокими температурами воздуха и солнечной активностью, без увеличения диаметра	-	+	Расчётно Волг ТУ, НИУ МЭИ и Проектными решениями



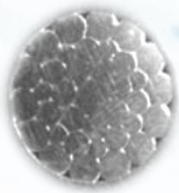
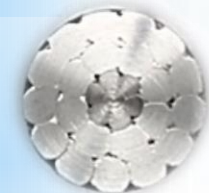
РОССЕТИ

Лучший реализованный инновационный проект для ПАО «Россети» в 2014.



Комплекс высокопрочных, высокотемпературных проводов и грозотросов для ВЛ 10 - 750кВ – Лучший реализованный проект для ПАО «Россети» в 2014г.

Уникальная отечественная технология, делающая провод значительно дешевле, любой аналогичной европейской продукции, при этом достигаются, как минимум те же или лучшие характеристики. Провода выпускаются в высокопрочном ($t_{дл.доп} \leq 90^\circ$) и высокотемпературном ($t_{дл.доп} \leq 150^\circ$) исполнениях.



Модификации для реконструкции старых ВЛ без замены опор



Конструкция для нового строительства

- Увеличение габаритных пролётов или стрел провеса
- снижение потерь на корону, дополнительная защита от коррозии;
- снижение стоимости строительства линии и значительное снижение стоимости жизненного цикла;
- увеличение надёжности работы воздушных линий электропередачи, в т.ч. за счёт снижения аэродинамической нагрузки (20-35%), вибрационной нагрузки, гололёдообразования (25-40%) и самопогашение колебаний;
- Сталеалюминевый провод высокопрочный АСВП и высокотемпературный (АСВТ) аттестован совместно с прессуемой и спиральной арматурой.

Применение ВЛ35-220кВ, грозотрос эксплуатируется с 2008г на 18 000км ВЛ



Аттестованы в Германии на соответствие DIN EN 50540, DIN EN 62004, 48207, 62568, IEC 61284, 61854, Cigré 426, DIN EN 62568, IEEE 1138

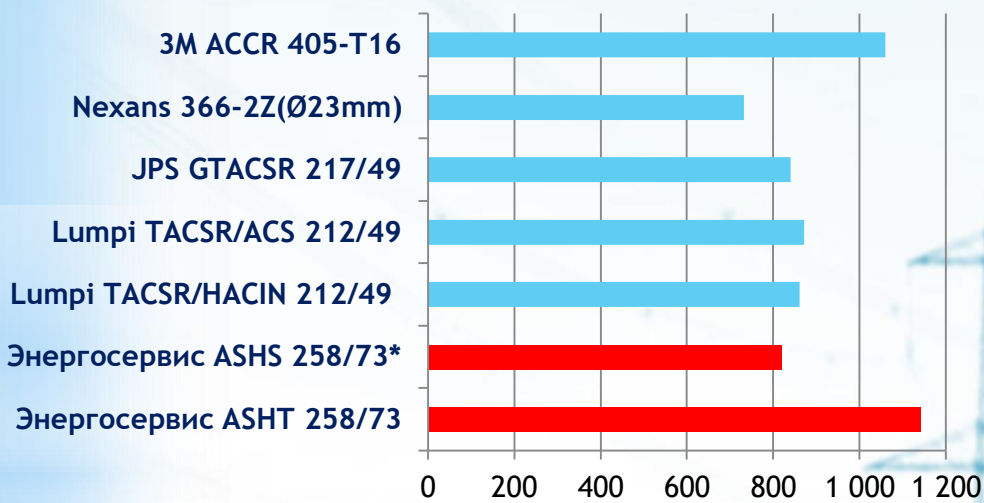
Согласно решению Технического Совета ПАО «Россети»
(от 25 мая 2017 года № 1ТС_2017) наиболее приоритетные направления
применение провода АСВП(Т) на ВЛ в следующих условиях:

- в областях со значительными ветровыми/гололедными нагрузками;
- при наличии протяженных анкерных участков;
- для больших переходов, позволяя снизить высоту опор;
- для ВЛ с возможностью возникновения перегрузок в период пост аварийных режимов;
- при построении, реконструкции и замене провода в кольцевых схемах. В этом случае перспективно высокотемпературное исполнение, особенно рассматривая сопоставимую с АС стоимость;
- в районах с высокими температурами воздуха и солнечной активностью. В этом случае перспективно использование высокотемпературной модификации проводов особенно рассматривая сопоставимую с АС стоимость;
- при увеличении пропускной способности действующих линий, без их полной реконструкции (на старых опорах);
- на ВЛ, выполненных на высотных опорах.
- ✓ Целесообразно интегрированное использования провода марок АСВП и АСВТ с грозозащитным тросом МЗ (или ОКГТ) из-за сопоставимости механических характеристик.

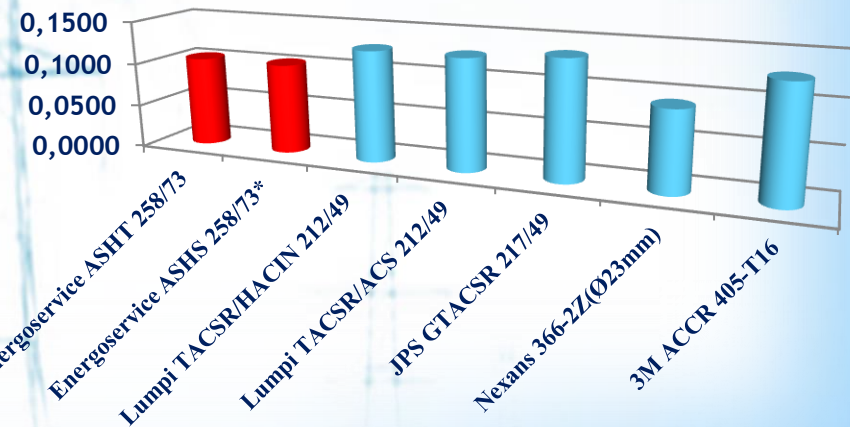
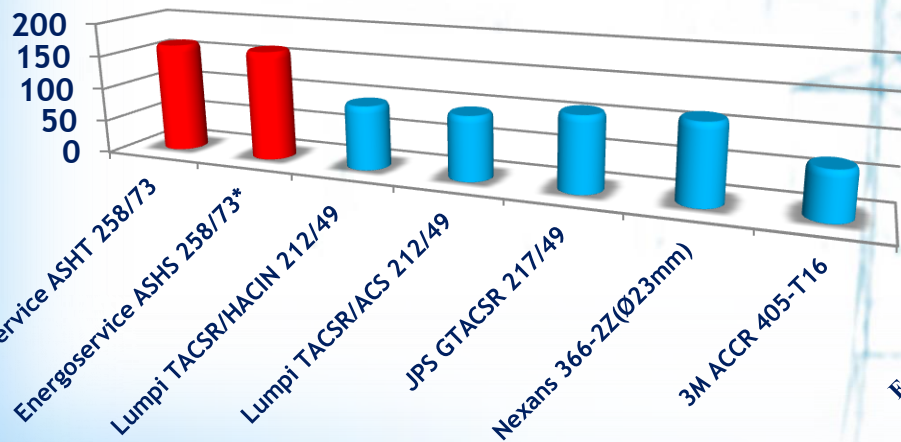
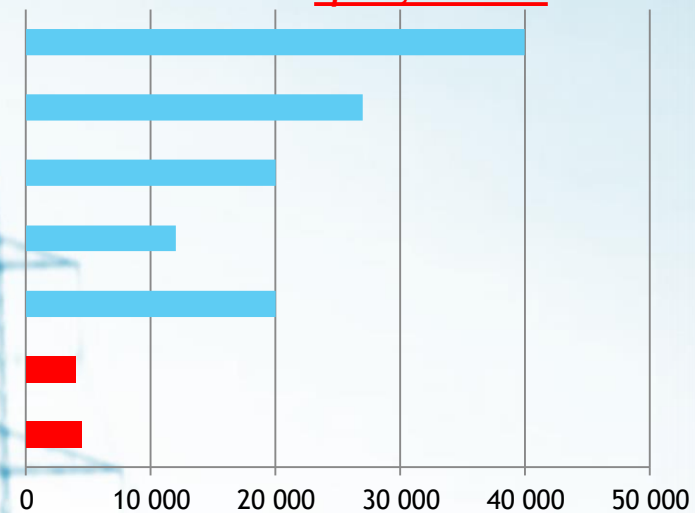
Полный каталог проводов и грозотросов со всеми характеристиками размещён на: http://energoservise.com/files/Katalog_prodykcii_s_teh.harakteristik.pdf

Сравнение проводников $\varnothing 21\text{mm}$, с сопоставимыми характеристиками, проведённое ПАО «Россети».

Пропускная способность (Длительно допустимый ток, А)



Цена, EUR/км



Разрывное усилие, кН

Электрическое сопротивление, Ом/км



Многофакторное сравнения замены проводов на примере проекта ВЛ 220 кВ Обнинск-Созвездие



Наименование стоимости	Марка провода		
	АС 400/51	АСВП 371/109	АСВП 461/64
Стоимость провода, млн. руб	45,76	62,56	<u>77,57</u>
Стоимость промежуточных опор, млн. руб.	112,87	90,29	99,96
Стоимость промежуточных опор с усилением анкерных опор*, млн. руб.	112,87	90,29	99,96
Стоимость анкерных опор, млн. руб.	39,92	39,92	39,92
Стоимость строительства, млн. руб.	9,36	13,88	11,94
Стоимость строительства с усиленными анкерными опорами, млн. руб.	320,78	296,94	329,35
Экономия на электрических потерях за 45 лет(I= 146 А), млн. руб.	-	-6,97	9,93
Стоимость с экономией на потерях (I=146 А), млн. руб.	320,78	303,91	319,42
Экономия на электрических потерях за 45 лет(I=212А), млн. р.	-	-14,70	20,93
Стоимость с экономией на потерях (I=212 А), млн. руб.	320,78	311,63	<u>308,42</u>

Как показывает проведенное сравнение наши провода вполне могли бы использоваться на замену старому АС 400/51 на этой ВЛ даже с экономической выгодой с учетом суммарных потерь электроэнергии из-за неравенства сечений по токопроводящему материалу Al. Предпочтительнее выглядит эта экономия для проводов АСВП 371/109 и АСВП 277/79 при токе 146 А. С увеличением значения тока до 212 А наименьшая затратная стоимость у провода АСВП 461/64 и АСВП 371/109. Следует отметить, что во всех расчетах суммарная стоимость строительства ВЛ при применении предлагаемых нами проводов ниже, чем у АС 400/51.

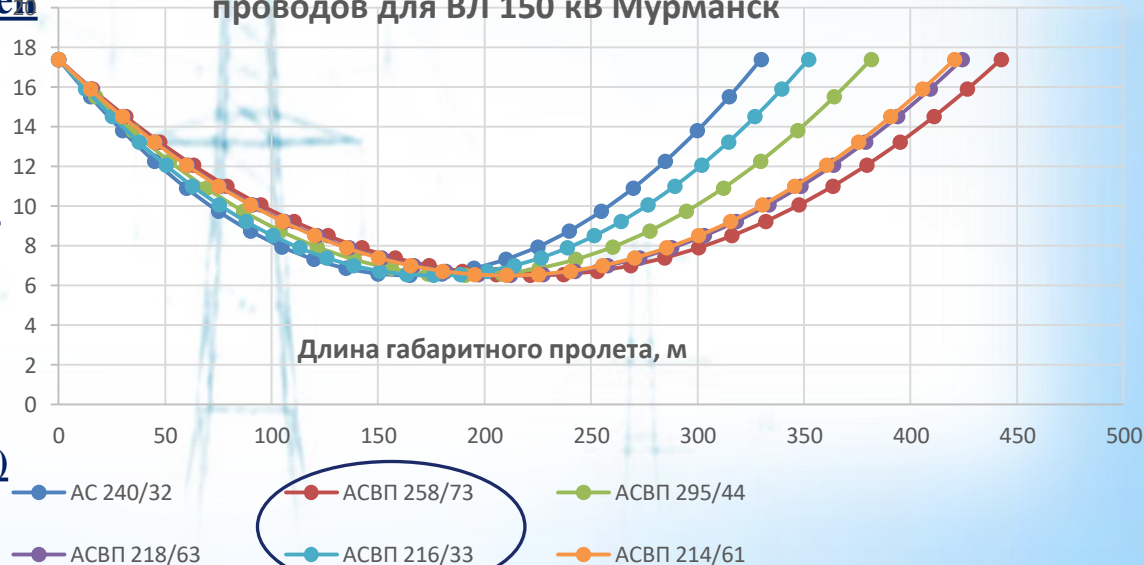
Эффективная замена АС 240 на примере ВЛ 150 кВ Мурманская

Наименование провода	Разрывная нагрузка, кН	Макс. тяжение, даН	Макс. напряжение, Бг(б-) даН/мм ²	Макс. напряжение, Бэ, даН/мм ²	Диаметр провода, мм	Вес 1 км, кг	Длина габаритного пролета, м
АС 240/32	75,05	3377,33	12,25	8,166	21,6	921	330
АСВП 258/73*	151,533	6819,13	20,639	13,759	21,6	1296,5	443
АСВП 295/44	109	4905,05	14,482	9,655	21,5	1183	382
АСВП 218/63	130,096	5854,44	20,864	13,909	19,82	1106,7	424
АСВП 216/33 *	81,5	3667,51	14,832	9,888	18,5	855	352
АСВП 214/61	126,672	5700,33	20,736	13,824	19,6	1080,9	421

Провода	Сечение Al, мм ²	R, при 20°С, Ом/км	Ток на номинальном режиме при J=1,1 А/мм ² , А	Ток при 70°С, А	Ток при 90°	Ток при 150°С (для АСВП)
АС 240/32	244,0	0,1182	268,4	635	-	-
АСВП 216/33*	216,34	0,135	238	634	735	930

- При **новом строительстве** **оптимален АСВП 258/73**
- При **замене на старых опорах (реконструкция)** – **АСВП 216/33** (Снижаются ветровые, гололёдные и вибрационные нагрузки на старые опоры, увеличивая надёжность и срок службы всех элементов действующих ВЛ, без снижения пропускной способности)

Расчетные габаритные пролеты проводов для ВЛ 150 кВ Мурманск





Оценка стоимости замены проводов на примере проекта ВЛ 110 кВ, Волгоградская область

Производитель	ГОСТ 839-80	Nexans	Nexans	Nexans	Сим-Рос-Ламифил	J-Power Systems	Энергосервис	Энергосервис
Основной показатель	АС-240/32	AERO-Z AAACZ24 2 A3F	AERO-Z AACSR251 A3F	AERO-T ACSS T 278	AAAC-Z 177-1Z	GZTACSR 185	АСВП 162/46	<u>АСВТ 128/36</u>
1 Сечение провода, мм ²	275,7	246,02	250,95	278,29	179	206,1	209,6	164,6
2 Наружный диаметр, мм	21,6	18,9	19,1	20,1	16,5	19	17,1	15,2
3 Масса провода со смазкой, кг/км	921	688	881	876	507	845	846,2	659,5
4 Разрывная нагрузка, кН	75,5	80	114,4	67	57,07	81,6	98,82	77,07
5 Модуль упругости, кН/мм ²	77	56	73	110	56	70,6	109	109
6 ТКЛРх10 ⁻⁶ , 1/°С	19,8	23	18	11,5	23	11,5	16,7	16,7
7 Токовая нагрузка, А	605	596	565	519	573	983	602	690,1
8 Длительно допустимая температура, °С	70	90	90	250	90	210	90	150
9 Стоимость, т.руб/км с НДС	177,8	660	720	750	258	794	173	<u>170 000</u>

АНВП

Провод пластически деформированный, из сплавов АЦЗ, 6201 и 6202 Т4

Сечение, мм ²	Вес, Кг/км	R, Ом/ 1 км	Суммарное разрывное усилие проволок , Н
44,54	125	0,730	15700
59,06	165	0,550	20800
69,67	195	0,470	24500
83,59	233	0,389	29100
107,97	302	0,301	36800
118,55	331	0,274	39900
135,88	379	0,239	45200
157,79	441	0,206	52000
180,61	504	0,180	59000
201,59	563	0,161	64400
240,72	672	0,135	73000
309,35	863	0,105	87400
354,29	989	0,092	98000

Сравнение АНВП 16,0 проходящего опытно-промышленные испытания в ПАО«МОЭСК»

No№	Суммарное разрывное усилие всех проволок в проводе, кН, не менее	Площадь сечения всех АЛ проволок в проводе, мм ²	Масса 1000м не смазанного провода, кг	Электрическое сопротивление Ом/км
АНВП Ø16,0мм	59	201,59	500	0,180
АС 159/19, Ø16,8мм	46,3	159	554	0,2046
АС 159/24, Ø17,1мм	52,28	159	599	0,2039
АС 185/29, Ø18,8мм	62	185	728	0,1591
АААС-Z177-1Z, Ø16,8мм	57	179	507	0,18501

Сравнение АНВП с некоторыми **возможными иностранными** аналогами

Наименование провода	Разрывная нагрузка, кН	Тяжение, кН	Макс. напряжение Бг кН/мм кв	R при 20С, ом/км	Диаметр, мм	Вес 1 км, кг	Ток, А (75°С)
АНВП 240,72 (Энергосервис)	73,901	33,26	0,1381	0,135	18,5	670	658
AERO-Z 242-2Z	80	36	0,1463	0,1362	18,9	678	596
АНВП 309,35 (Энергосервис)	92,805	41,76	0,135	0,1051	21	860	773
AERO-Z 301-2Z	99,5	44,78	0,1462	0,1094	21	844	683
АНВП 240,72 6101 Т4-290	69,8	31,41	0,1305	0,135	18,5	670	658
АНВП 309,35 6101 Т4-290	86,62	38,98	0,126	0,1051	21	860	773
АС 240/32	75,05	33,77	0,1225	0,1182	21,6	921	635

Наши продукты могут быть эффективно применены ПАО «Россети» при реализации внешнеэкономических проектов без политических рисков, являясь полностью отечественными, от материалов до производства, включая интеллектуальную собственность

Из проводов нового типа, производимых в России, наши изделия уникальны, т.к. многие подобные изделия являются либо продуктом локализации производства (иностранная интеллектуальная собственность), что создаёт риски для технологической безопасности при продолжении санкционного давления, либо, в той или иной степени, воспроизводством иностранных технических решений, снижая их экспортный потенциал.

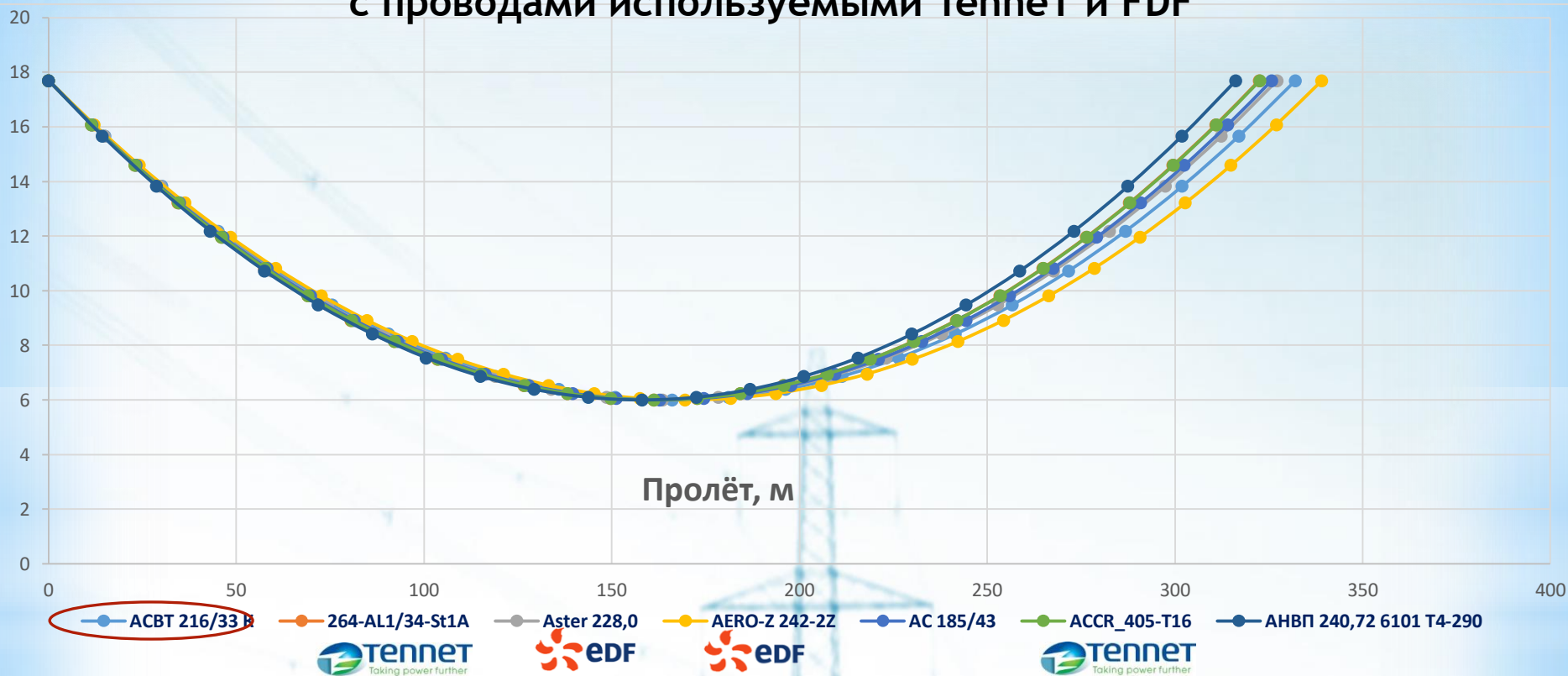
Инновационные продукты были впервые представлены нами в ЕЭС на «Hannover Messe - 2013»



В течении двух лет, в рамках меморандума между Российским экспортным центром и Немецкой ассоциацией электротехники(VDE), подписанного на «Hannover Messe - 2017» были проведены аттестационные испытания в России и Германии.



Сравнение по фактическим данным испытаний пилотного провода в Германии с проводами используемыми TenneT и EDF



	Section Al, мм ²	Resistance 20°C, Ом/км	Current at nominal mode at J=1,1 A/мм ² , A	Current at 80°C*	Current at 90°C*	Current at 150 °C*
<u>ASHT 216/33</u>	235,5	0,13	259,05	627	699	1010
264-AL1/34-St1A	263,7	0,1095	290,0	687		
<u>ANVP 240,72 6101 T4-290</u>	240,72	0,106	264,8	708		
AERO-Z 242-2Z	241,98	0,139	266,2	610		
ACCR 185/43	185,0	0,1559	203,5	589		
ACCR_405-T16	205,0	0,146	225,5			1100
Aster 228,0	288,34	0,115	317,2			

С учётом разницы сечений алюминия наши изделия сопоставимы или превосходят аналоги в ЕЭС

▶ Экспортный потенциал нашей продукции подтверждён

- ✓ Федеральным Агентством по развитию Сетей ФРГ
- ✓ получением статуса поставщика EDF
- ✓ патентами Германии, Российско-Германскими испытаниями.

Наши продукты, в соответствии с мнением Bundesnetzagentur, позволит повысить общую эффективность программы реконструкции сетей ФРГ, Франции и Италии

VDE-Institute



Отчёт по проекту о ходе испытаний алюминиево-стального многожильного провода

Отчёт по проекту о ходе испытаний алюминиево-стального многожильного провода для воздушных линий электропередачи типа ASHT 19.6-216/33-1 и сопутствующей арматуры

В случае с ASHT 19.6-216/33-1 речь идёт о разработке нового прессованного высокотемпературного алюминиево-стального провода для воздушных линий электропередачи, для которого была составлена программа испытаний.

Производитель данного провода для воздушных линий электропередачи – Волгоградский филиал ПАО «Северсталь» (Россия).

В ходе испытаний проверялись как механические, так и электрические свойства в соответствии с актуальными европейскими нормами и стандартами.

В рамках проекта была составлена таблица испытаний, предварительно согласованная с несколькими аккредитированными испытательными институтами.

Для проведения испытаний привлекались два испытательных института международного значения.

Механические испытания многожильного провода, включая сопутствующую арматуру, были проведены фирмой Spie/SAG в Лангене.

Для проведения электрических испытаний привлекалась фирма FGH Engineering & Test GmbH в Манхайме.

Институт испытаний и сертификации VDE сопровождал данный проект и отвечал за его управление в целом.

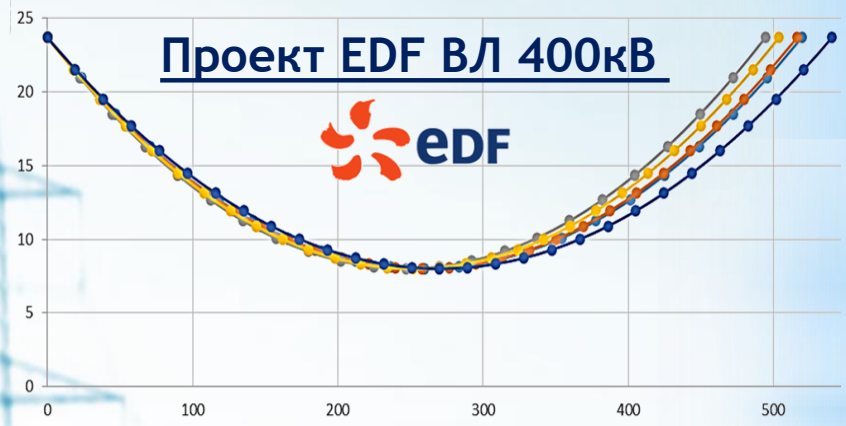
Отдельные испытания, внесённые в таблицу, были выполнены своевременно и успешно завершены.

Таким образом, многожильный провод соответствует основным требованиям европейского рынка.

Подробности проведения, структура испытаний, результаты и их профессиональная оценка приведены в соответствующих отчётах об испытаниях в приложении к настоящему письму.

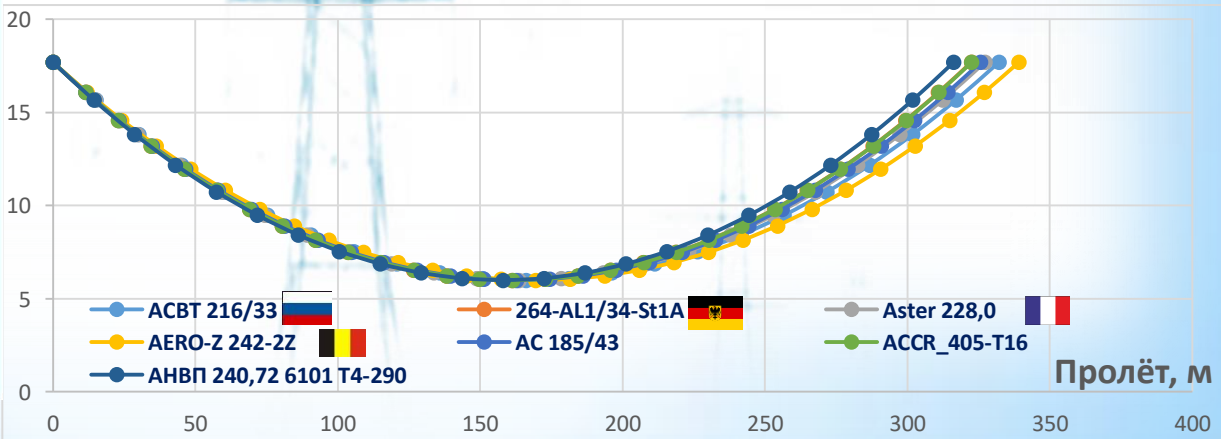
Matthias Felber
 VDE Testing and Certification Institute
 Merianstr.28
 63069 Offenbach
 Phone: +49 69 8306-806
 matthias.felber@vde.com

www.vde.com/institute



ИДД 1080А 1098А 1283А 1397А 1300А

— Aster 570 — АСВП 571/80 — АСВТ 477/66 — АНВП 752 К — Azalee707



Системы «провод-арматура» прошли серию испытаний в соответствии с регламентом ПАО «Россети»

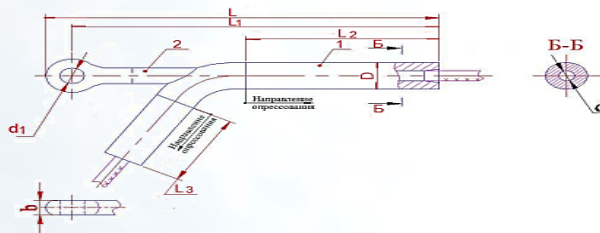
Типы арматуры, с которыми испытывались провода, стандартны и не приводят к удорожанию монтажа, в отличие от проводников иностранных конструкций

Спиральная



Полный комплекс продуктов для функционирования провода на ВЛ

Прессуемая



- ▶ Разработана соединительная арматура АС с АСВП/АСВТ
- ▶ Разработаны гасители вибрации

п.2 Распоряжения №15р

1. **НИР** по обоснованию технической возможности и эффективности применения грозотросов МЗ при реконструкции и плановой замене канатов по ГОСТ 3063(64)-80 на старых ВЛ.
2. **НИР** по снижению металлоёмкости и стоимости жизненного цикла при повышении надёжности ВЛ, за счёт применения в качестве оттяжек грозотросов МЗ.
3. **НИР** и рекомендации по применению гасителей вибрации и соединительных зажимов для проводов АСВП (АСВТ). В т.ч. возможность соединения с АС.
4. **НИОКР** по обоснование эффективности применения проводов АСВП (АСВТ) и ОКГТ, с точки зрения снижения атмосферных нагрузок.
5. **НИР** ОКГТ (СТО 71915383-ТУ120-2013) - сравнительные испытания по IEEE-1138-2009.
6. **НИОКР** по разработке совместно с УК «Русал» новых сплавов для проводов АСВТ и АНВП

п.2 и 4 Распоряжения №15р

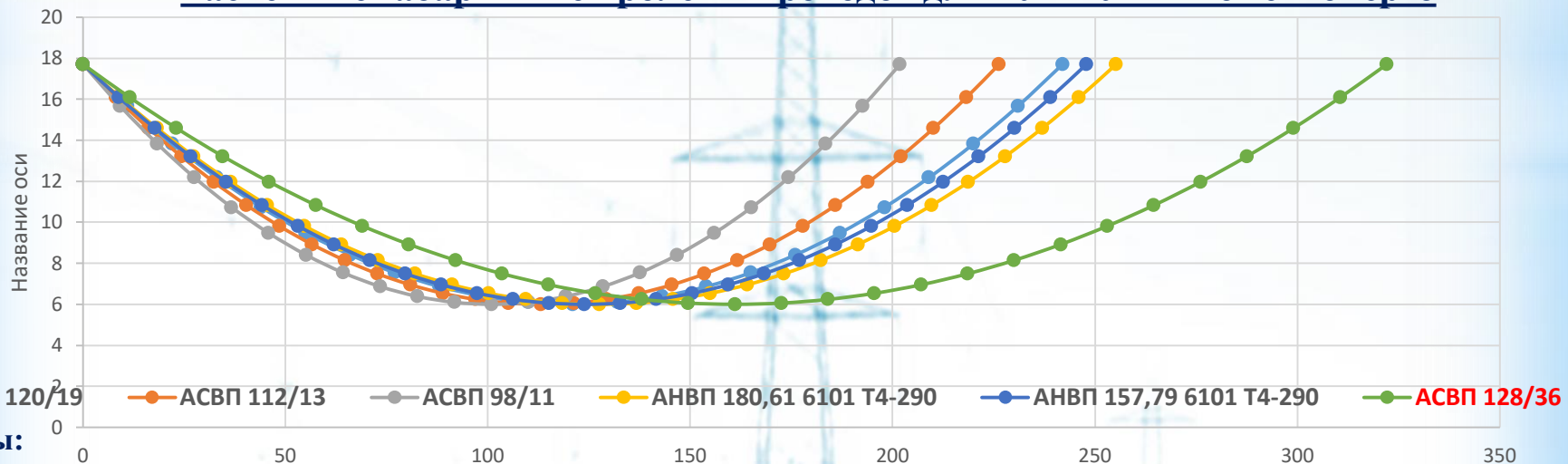
- Модификация проводов с усиленным сердечником в т.ч. в высокотемпературном исполнении**
1. **НИР** Разработаны модификации проводов с усиленным сердечником с возможностью обычного (**траб=90°**) и высокотемпературного (**траб=150°**) исполнения. для **эффективной замены провода АС 300/39 и АС 400/51** (I-II районы по гололёду) и **АС 300/66 и АС 400/93** (III-IV районы), при реконструкции **ВЛ 220, 330, 500 кВ**, а также АС185/43 (200/32, 205/27), в **т.ч. без реконструкции ВЛЭП** (на старых опорах),
 2. **НИР** Разработаны аналогичные модификации проводов с усиленным сердечником для распределительных **сетей 6-35кВ** с возможностью обычного (**траб=90°**) и высокотемпературного (**траб=150°**) исполнения, для замены серийных проводов с сечением 50-120мм²,
 7. Для всех продуктов разработана арматура и гасители вибрации.

Дополнительные мероприятия

1. **НИР** с целью обеспечения полного импортозамещения при производстве провода, совместно с УК Русал, разработаны ТУ на высокотемпературную катанку российского производства.
 2. Запущена самая современная (**выпуска 2014г**) линия для производства провода и ОКГТ.
 3. **НИР** по исследованию коронного разряда проводов АСВП/АСВТ и АС
 4. **НИОКР** по разработке проводов АСВП (АСВТ) для протяжённых переходов
 5. **НИР** по доработке технологии ОКГТ (СТО 71915383-ТУ120-2013), в соответствии с предложениями ДЗО.
 6. **НИР** по исследованию снижения выработки в процессе эксплуатации АСВП (АСВТ), грозотросов и ОКГТ.
 7. **НИОКР** по разработке прессуемой арматуры для всех типов проводов
- ДОПОЛНИТЕЛЬНО:**
- НИР** по разработке системы снятия физических параметров по всей линии в режиме реального времени, и их интерпретации – **«УМНАЯ ЛИНИЯ»**
- НИР – исследование вибрации и ветрового давления АСВП и АС**

Название провода	Сечение Al, мм ²	Эл. сопротивление при 20°С, Ом/км	Ток на номинальном режиме при J=1,1 А/мм ² , А	Диаметр мм	Ток при 70°С	Ток при 90°С	Цена 1 км
АС 120/19	118	0,2440	129,8	15,2	453		103 000
АСВП 112/13	112,4	0,256	123,6	13,5	374	444	93 500
АСВП 98/11	98,2	0,293	108,02	12,6	343	407	81 700
АНВП 180,61	180,61	0,18	198,6	16,0	560	665	142 000
АНВП 157,79	157,79	0,2060	173,5	15,0	510	606	124 500
АСВП 128/36	128,0	0,225	140	15,2	431	512	128 500
АНВП 107,97	107,97	0,301	118,7	12,5	398	471	85 100
АСку 120/19	120	0,242	132	13,8			168 000

Расчетные габаритные пролеты проводов для ВЛ 110 кВ Тюменьэнерго



Выводы:

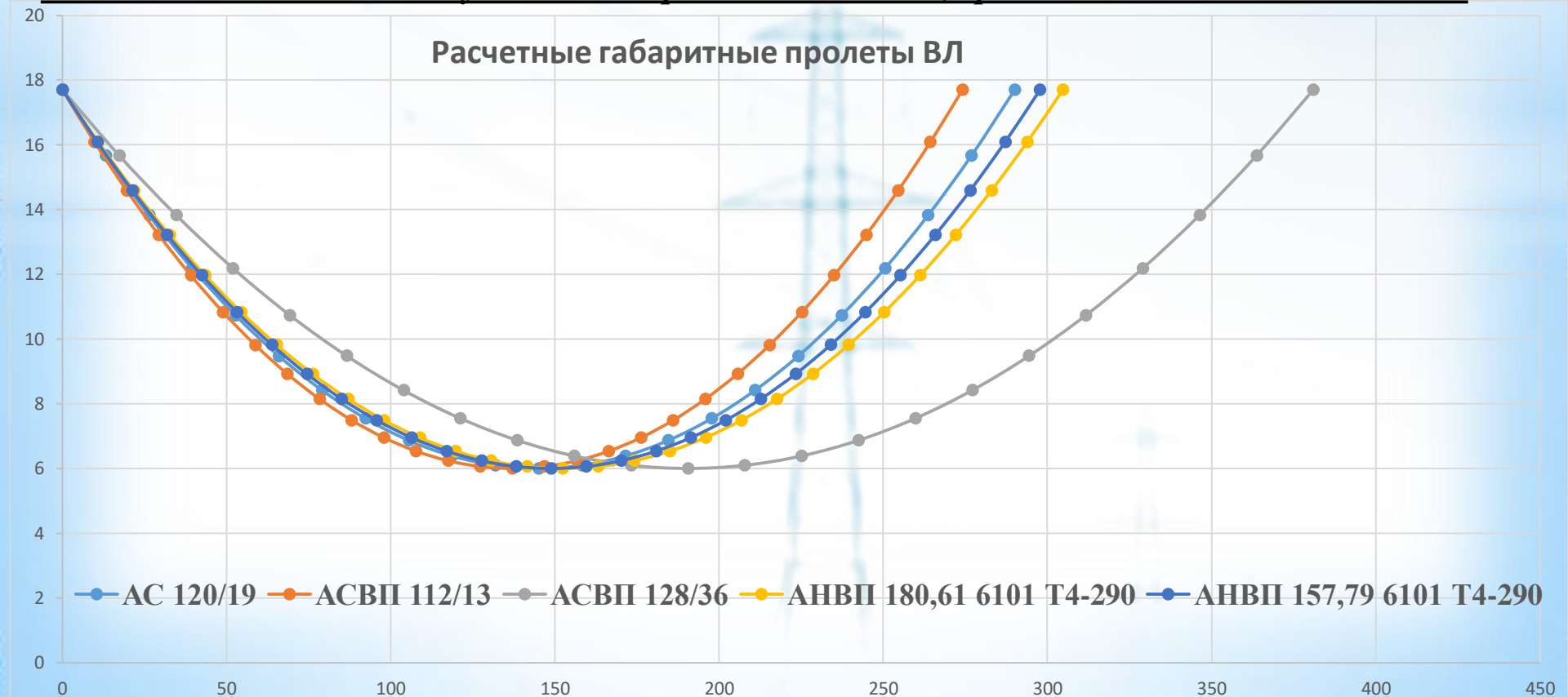
1. Замена провода АС 120/19 на АСВП 128/36 эффективна на строящихся ВЛ, уменьшая количество опор, ветровую и гололёдную нагрузки и электрическое сопротивление, увеличивая пропускную способность.
2. Замена АС120/19 на АСВП 112/13 снижает нагрузку на элементы ВЛ и прямые затраты, в т.ч. при реконструкции.
3. АС 120/19 можно заменять проводами АНВП 157,79 и АНВП 180,61 с существенным выигрышем в пропускной способности. Подходят, как на замену на старых ВЛ под существующие опоры, так и для новых ВЛ.

Все рассматриваемые провода вписываются по стрелам провиса в габарит опоры ПБ110-5 для IV зоны.

ВЛ 110 кВ Горная- Косач (Тюменьэнерго)

Провод	Разрывная нагрузка, кН	Макс. тяжеение, даН	Сечение Al, мм ²	Эл. сопротивление, Ом/км	Диаметр провода, мм	Вес 1 км, кг	Длина пролета, м	Ток в ном. режиме (J=1,1 А/мм ²), А	Ток при 70 ⁰ С	Ток при 90 ⁰ С	Цена, Тыс.р/км
АС 120/19	41,521	1868,4	118	0,2440	15,2	471	290	129,8	453		103
АСВП 112/13	35,8	1611	112,4	0,256	13,5	404	274	123,6	374	444	95,5
АСВП 128/36	77,067	3468	128	0,225	15,2	645,9	381	139	431	512	129
АНВП 180,61 6101 Т4-290	52,38	2095,3	180,6	0,18	16	502	305	198,6	560	665	142
АНВП 157,79 6101 Т4-290	42,95	1932,8	157,8	0,2060	15	440	298	173,5	510	606	124

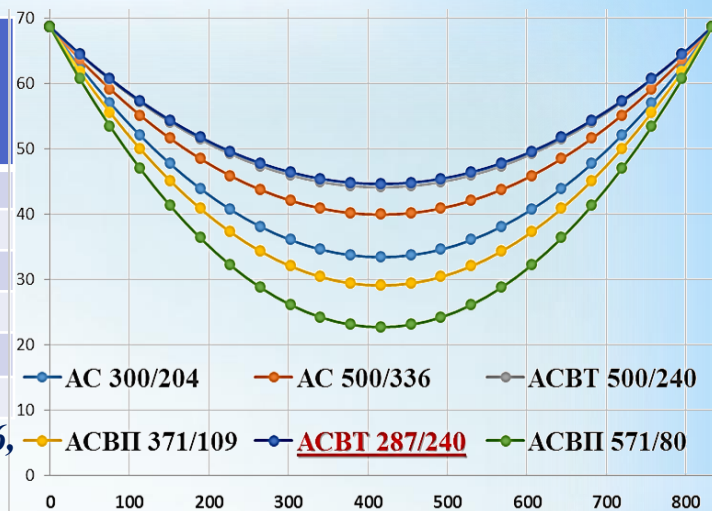
Техническая возможность увеличения пролёта более 30%, при использовании АСВП 128/36





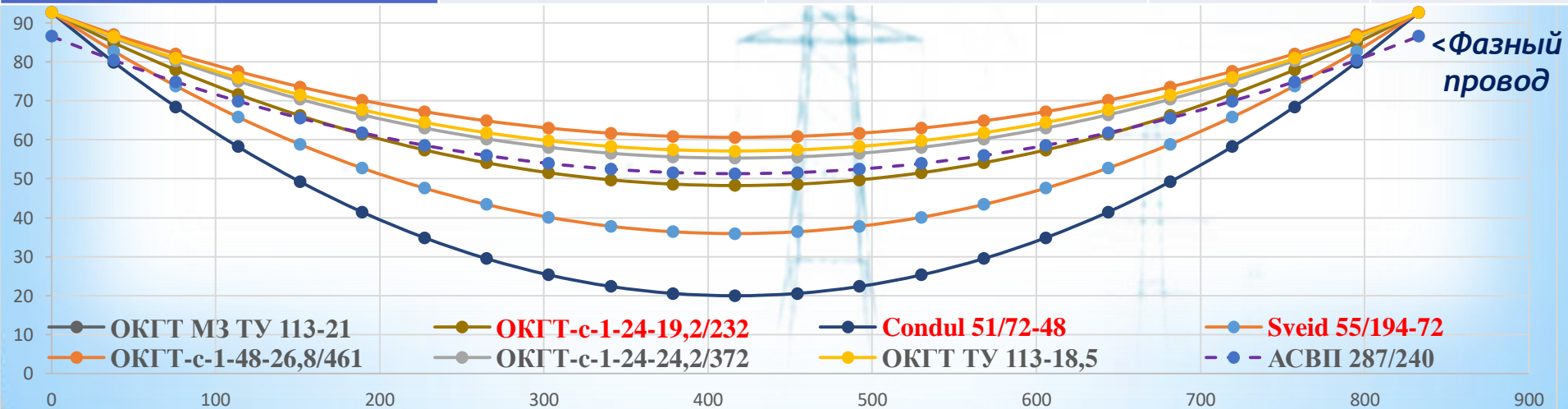
Переход ч. Иртыш (пролёт 833м), ВЛ 110 кВ Горная- Косач (Тюменьэнерго)

ПРОВОД Наименование	Разрывная нагрузка, кН	Макс. тяжение, даН	Сечение Al/Ст, мм ²	Диаметр провода, мм	Вес 1 км, кг	Ток ном. режиме при J=1,1 А/мм ² , А
АС 300/204	284,579	12806,0	298/204	29,2	2428	327,8
АС 500/336	466,649	20999,4	490/336	37,5	4005	539
АСВТ 500/240	476,58	21446,1	500/240	32,51	3239	550
АСВП 371/109	225,001	10124,9	371,4/109	26	1904	408,5
АСВТ 287/240	443,5	19957,5	288,6/240	26,7	2811	317,4
АСВП 571/80	211,994	9540,02	571,9/80,9	30	2236	587



► **Оптимальна АСВТ 287/240. Единственная альтернатива - АС 500/336, но его вес на 45%, а диаметр 41% больше, увеличивая нагрузку.**

ОКГТ Наименование	Разрывная нагрузка, кН	Максимальное тяжение, даН	Диаметр, мм	Вес 1 км, кг
ОКГТ-с-1-24-19,2/232	232,595	13955,6	19,2	1428
ОКГТ МЗ ТУ 113-21	472,687	23634,4	21	2470
Condul 51/72-48	165,9	8295,02	18	1065
Sveid 55/194-72	223,9	11195,0	21	1502
ОКГТ-с-1-24-24,2/372	372	18600,1	24,2	2306
ОКГТ МЗ ТУ 113-18,5	368,223	18411,2	18,5	1925

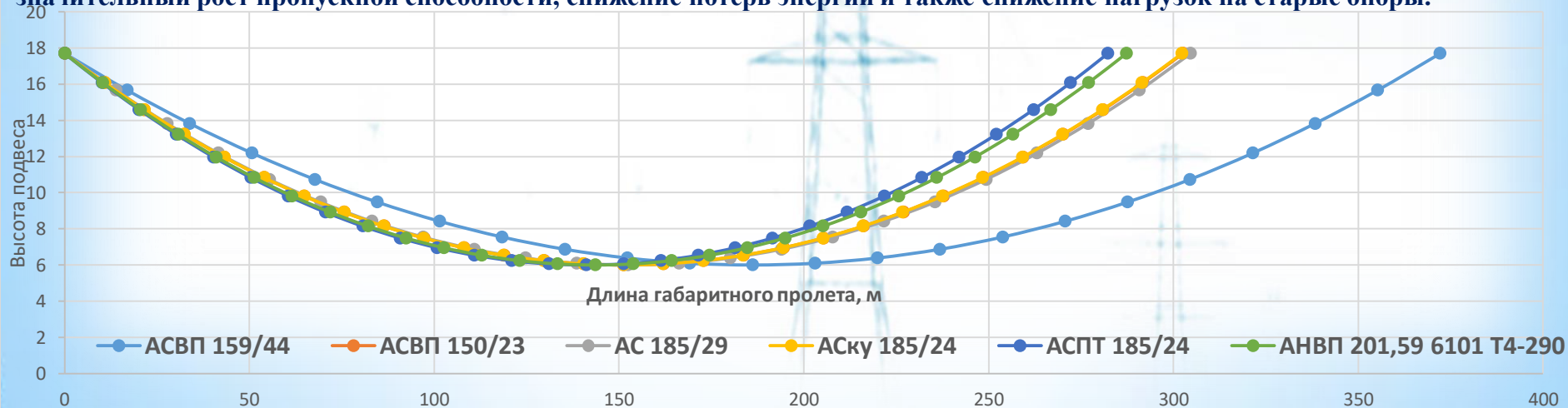


ВЛ 110 кВ Заходы Орская – КС-15 на ПС 110 кВ Левобережная

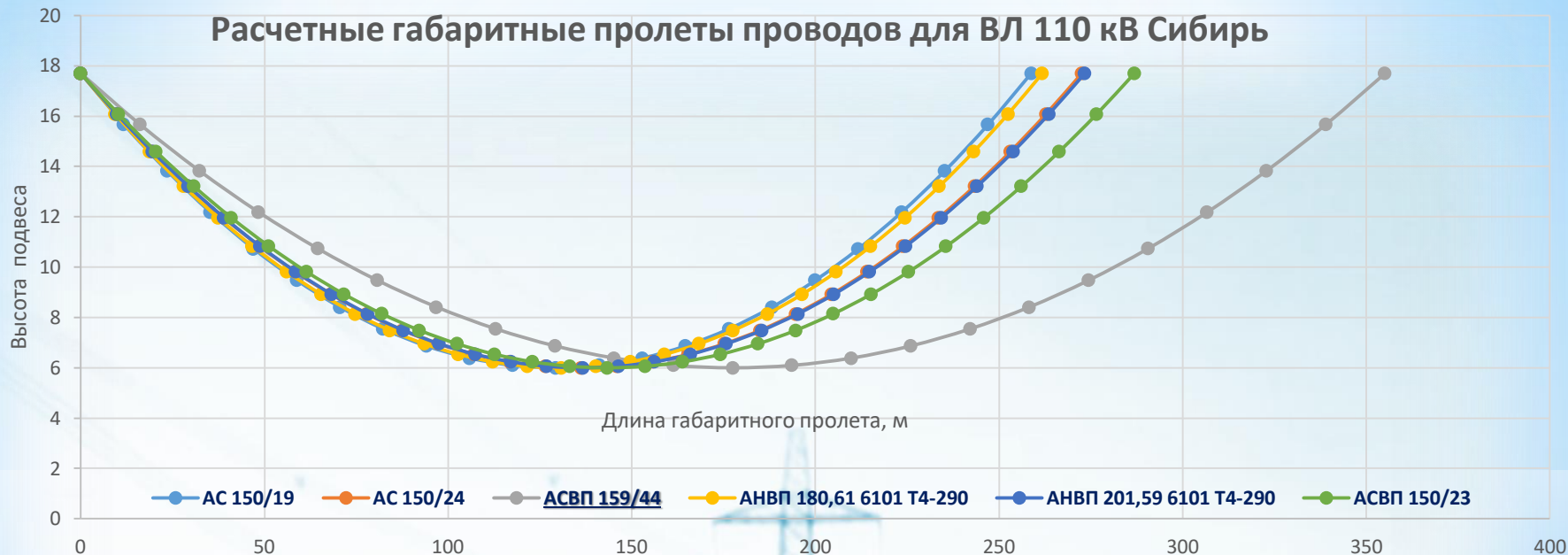
Наименование провода	Разрывная нагрузка, кН	Максимальное тяжение, даН	Макс.напряжение, Бг(Б-) даН/(мм ²)	Макс. напряжение, Бэ, даН/мм ²	Диаметр, мм	Вес 1 км, кг	Длина пролета, м
АСВП 159/44	93,198	4193,9	20,68	13,787	16,8	792,7	372
АСВП 150/23	57,4	2583,01	14,948	9,965	15,4	598	303
АС 185/29	62,055	2792,58	13,298	8,865	18,8	728	305
АСку 185/24	66,975	2678,96	12,818	9,614	17	688	302
АСПТ 185/24	59,352	2374,03	11,246	8,435	18,9	675	282
АНВП 201,59 6101 Т4-290	58,46	2338,44	11,6	8,7	17	561	287

Название провода	Сечение Al, мм ²	Электрическое сопротивление, Ом/км	Ток на номинальном режиме при J=1,1 А/мм ² , А	Ток при 70 ⁰ С и v=1,5 м/с	Ток при 90 ⁰ С и v=1,5 м/с	Цена 1 км/руб
АСВП 159/44	158,8	0,181	174,7	606	716	156 500
АСВП 150/23	150,1	0,192	165	565	670	130 000
АС 185/29	181	0,1591	199	510	-	135 840
АСку 185/24	185,0	0,1525	203,5	705	827	147 895
АСПТ 185/24	186,9	0,15	205,6	488	581	236 250
АНВП 201,59 6101 Т4-290	201,6	0,1612	221	722	859	152 000

При реконструкции и замене провода АС 185/29 на действующих ВЛ **оптимален провод АСВП 150/23**. При этом снижаются ветровые, гололёдные и вибрационные нагрузки на старые опоры, что обеспечит рост надёжности и срока службы всех элементов действующих ВЛ. Провод **АНВП 201,59 6101 Т4-290**, при небольшой разнице в цене с АС 185/29, обеспечит значительный рост пропускной способности, снижение потерь энергии и также снижение нагрузок на старые опоры.



Расчетные габаритные пролеты проводов для ВЛ 110 кВ Сибирь



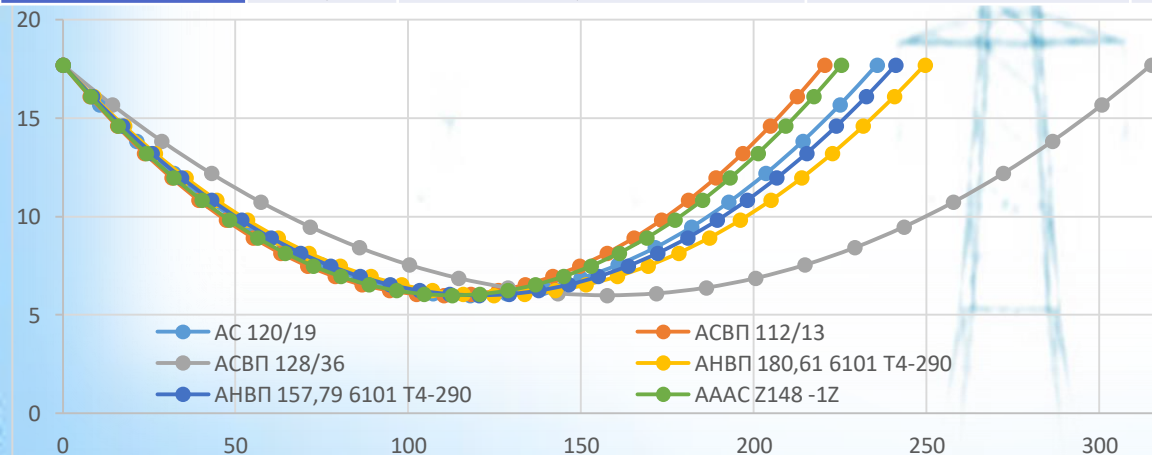
Название провода	Сечение Al, мм ²	Электрическое сопротивление при 20°C, Ом/км	Ток на номинальном режиме при J=1,1 А/мм ² , А	Ток при 70°C	Ток при 90°C
АС 150/19	148	0,2046	162,8	446	
АС 150/24	149	0,2039	163,9	472	
АСВП 159/44	158,8	0,181	174,6	492	585
АНВП 180,61	180,61	0,18	198,6	560	665
АНВП 201,59	201,59	0,161	221,7	595	708
АСВП 150/23	150,1	0,192	210,1	466	512

- Провод АСВП 159/44 эффективно заменяют провода АС 150/19 и АС 150/24 на строящихся ВЛ с увеличением длин пролетов.
- Интересно, что только два провода АСВП 159/44 и АСВП 150/23 вписываются по стрелам провиса в габарит опоры П110-5 для IV зоны по гололеду и III по ветру (280 метров).
- Очевидно, что для меньших зон по ветру и гололеду провод АС 150/19 лучше заменит проводом АНВП 180,61, а АС 150/44 проводом АНВП 201,59 с существенным выигрышем в пропускной способности и меньшими весом или проводом АНВП 150/23.

ВЛ 110 кВ ВЛ 110 кВ Оленья-Ямбург

Наименование провода	Разрывная нагрузка, кН	Максимальное натяжение, даН	Максимальное напряжение, Бг(Б-) даН/(мм ²)	Максимальное напряжение, Бэ, даН/мм ²	Диаметр провода, мм	Вес 1 км, кг	Длина габаритного пролета, м
АС 120/19	41,521	1868,41	13,658	9,105	15,2	471	236
АСВП 112/13	35,8	1611	12,888	8,592	13,5	404	220
АСВП 128/36	77,067	3468,04	21,108	14,072	15,2	645,9	315
АНВП 180,61 6101 Т4-290	52,38	2095,26	11,601	8,701	16	502	250
АНВП 157,79 6101 Т4-290	42,95	1932,77	12,249	8,166	15	440	241
АААС Z148 -1Z	42,96	1718,41	11,526	8,644	14,7	477,9	225

Провода	Сечение Al, мм ²	Электрическое сопротивление при 20°C, Ом/км	Ток на номинальном режиме при J=1,1 А/мм ² , А	Ток при 70°C(с учетом макс солн радиации)	Ток при 90°C(с учетом макс солн радиации)	Цена 1 км/руб без НДС
АС 120/19	118	0,2440	129,8	453		86000
АСВП 112/13	112,4	0,256	123,6	374	444	84000
АНВП 180,61	180,61	0,18	198,6	560	665	126000
АНВП 157,79	157,79	0,2060	173,5	510	606	110000
АСВП 128/36	128	0,225	140,8	431	512	130000
АААС Z148 -1Z	149,09	0,2259	164	334	504	143000



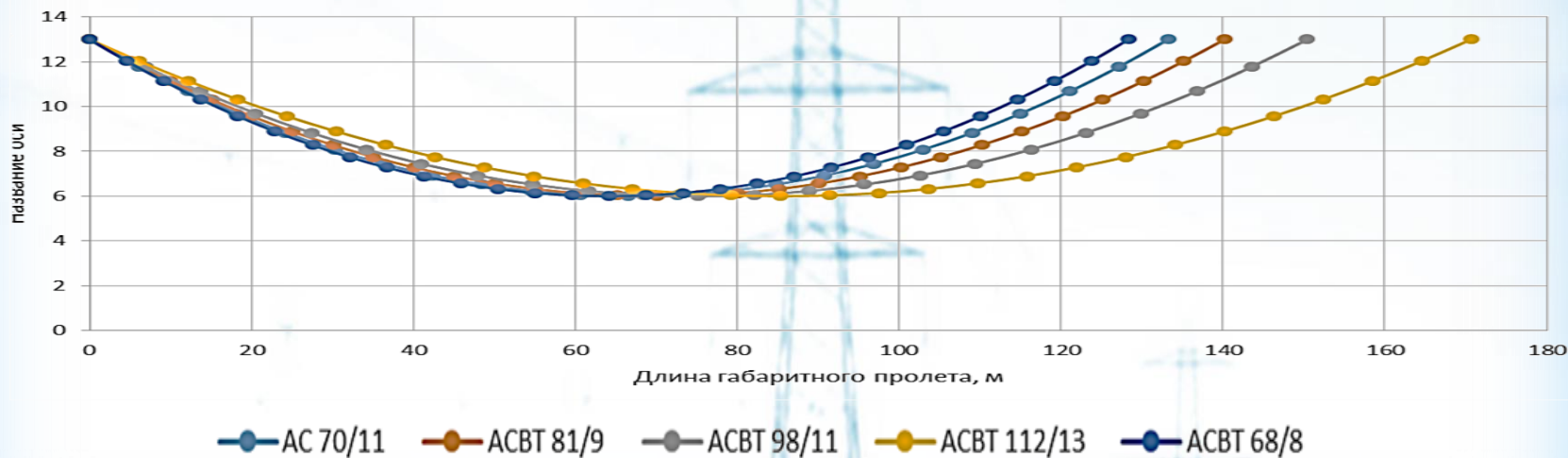
При реконструкции и замене провода АААС Z148 -1Z на действующих ВЛ оптимален провод АНВП 157,79 6101 Т4-290 или АНВП 180,61 6101 Т4-290. Снижаются ветровые, гололёдные и вибрационные нагрузки на старые опоры, увеличивая надёжность и срок службы всех элементов действующих ВЛ. При меньшей (чем АААС Z148 -1Z) цене, обеспечит значительный рост пропускной способности, снижение потерь.

При новом строительстве оптимальной альтернативой АААС Z148 -1Z является АСВП 128/36, обеспечивая снижение стоимости строительства и жизненного цикла ВЛ.

Отдельное направление – модификация сети 6 -35 кВ

Название провода	Сечение Al, мм ²	Электрическое сопротивление при 20°С, Ом/км	Ток на номинальном режиме при J=1,1 А/мм ² , А	Ток при 70°С(с учетом макс солн радиации)	Ток при 150°С(с учетом макс солн радиации)
АС 70/11	68	0,4218	74,8	278	
АСВП 81/9	81,3	0,354	89,4	304	474
АСВТ 98/11	98,17	0,293	107,9	343	546
АСВТ 112/13	112,4	0,26	123,6	374	586,6
АСВТ 68/8	67,6	0,426	74,3	271	420

Расчетные габаритные пролеты проводов для ВЛ 35 кВ



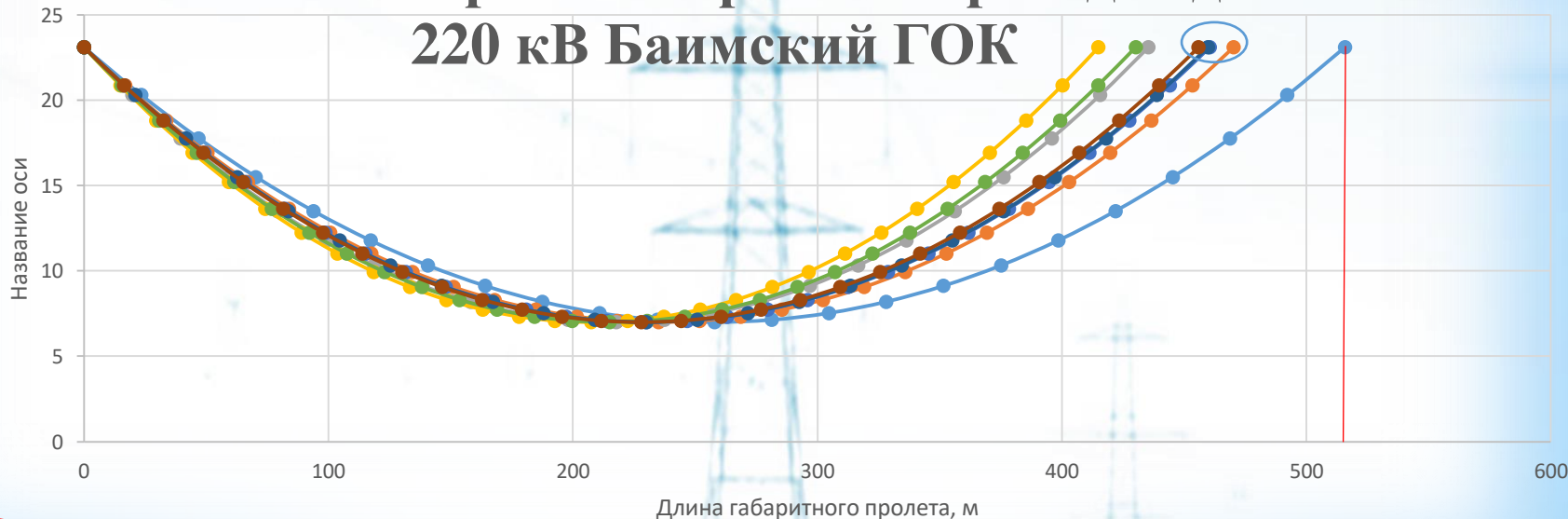
Пример внедрения инноваций: от постановки задачи до промышленного применения на нескольких ВЛ (Тамбовэнерго и Курскэнерго) в течении календарного года.

Название провода	Сечение Al, мм ²	Электрическое сопротивление при 20°С, Ом/км	Ток на номинальном режиме при J=1,1 А/мм ² , А	Ток при 70°С	Ток при 80°С	Ток при 90°С	Стоимость, Руб/км, с НДС
АСВП(Т) 477/66	477,6	0,0604	525,4	1264	1380	1483	520 000(552 000)
АСВП(Т) 461/64	461,5	0,0625	507,6	1237	1351	1452	500 000 (535 000)
АСВП(Т) 403/61	403,4	0,072	443,74	1133	1237	1329	450 000 (478 000)
АС 500/64	490,0	0,0588	539			-	490 000
АСк2У 400/93	411,9	0,069	453				
АСВП(Т) 389/59	388,6	0,075	427,5	1108	1210	1300	435 000 (460 000)
АСВП(Т) 371/106	371,4	0,077	408,5	1112	1215	1305	478 000 (504 000)
АСВП (Т) 277/79	277,3	0,104	305	912	996	1070	357 000 (376 000)

В скобках указана цена для высокотемпературного исполнения, с запасом по пропускной способности до температуры провода 150°С, что особенно оправдано при низком коэффициенте использования максимальной мощности, при этом проводимость и механическая прочность не изменны.

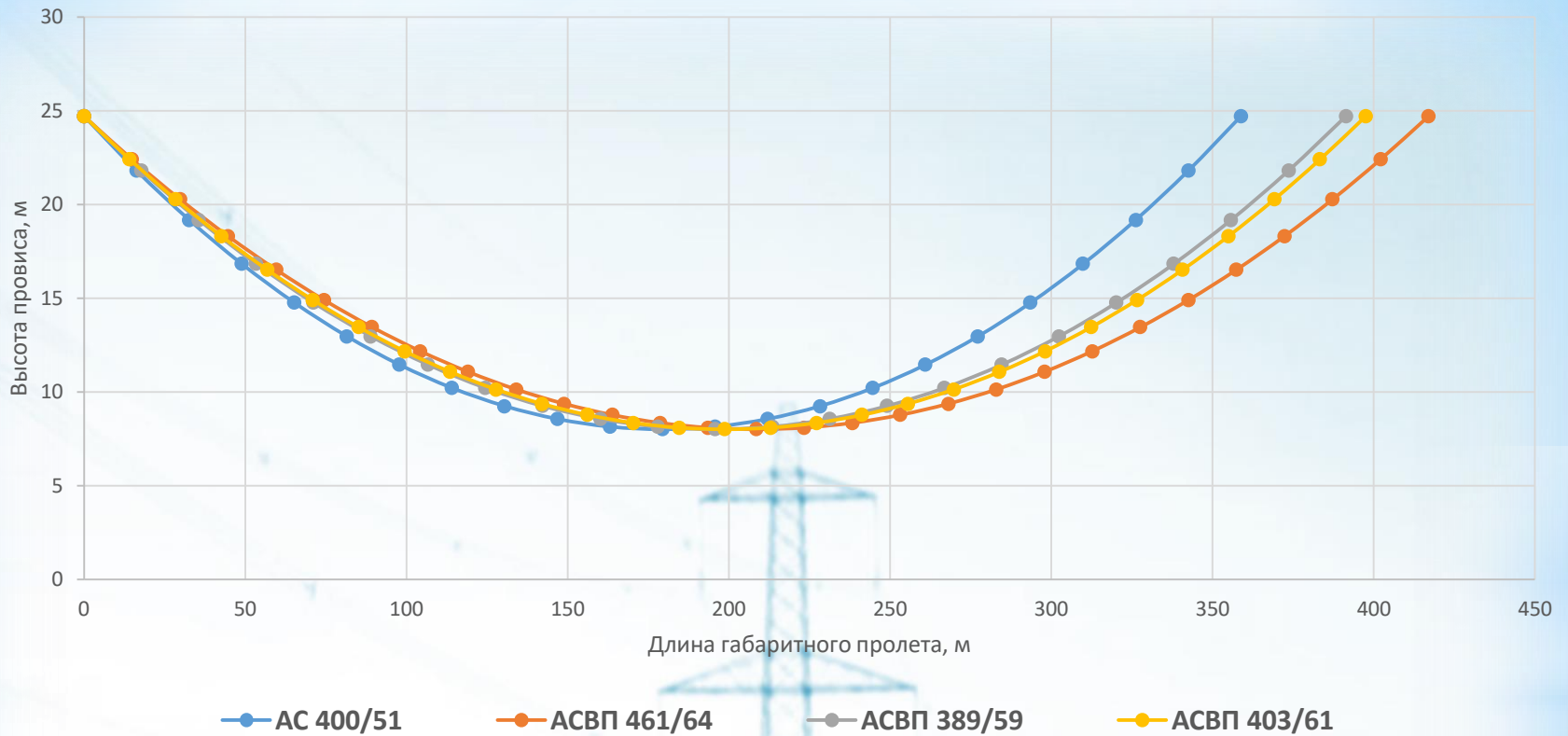
Расчетные габаритные пролеты проводов для ВЛ

220 кВ Баймский ГОК



АСВП 371/106
АСВП 461/64
 АСВП 277/79 АСВП 403/61 АС 500/64 АСк2У;400/93 АСВП 389/59 АСВП 477/66

Расчетные габаритные пролеты проводов для ВЛ 500 кВ



Название провода	Сечение Al, мм ²	Электрическое сопротивление при 20°C, Ом/км	Ток на номинальном режиме при J=1,1 А/мм ² , А	Ток при 70°C(с учетом макс солн радиации)	Ток при 90°C(с учетом макс солн радиации)	ЦЕНА 1 км/руб. Без НДС
АС 400/51	394	0,0733	428,12			387 753
АСВП 461/64	461,5	0,0625	461,5	954	1145	410 000
АСВП 403/61	403,4	0,071	443,74	874	1048	367 000
АСВП 389/59	388,6	0,074	427,5	857	1026	353 000

Провода для протяжённых переходов

На примере ВЛ 220 кВ переход (пролет) 1800 м.

Провода	Сечение Al, мм ²	Сечение серд, мм ²	Вес 1 км, кг	Ø провода, мм	Разрыв. усилие, даН	Приведенная нагрузка от собственного веса, $\gamma_1 \cdot 10^3$, даН/м*мм ²	Модуль упруг. расчетн, $E \cdot 10^{-3}$, даН/мм ²	Временное сопротивление разрыву, даН/мм ²	даН/мм ²	
									при Макс. нагрузке и t_{min} , БГ	при сред. Год. t , БЭ
АС 500/336	490	336	4005	37,5	46664	4,849	11,873	56,495	25,423	16,949
АСВТ 520/354	520	354,3	4184	35,32	67000	4,786	11,2444	76,6327	34,485	22,990
АСВТ 500/240	500	240,72	3239	32,51	47658	4,373	10,2650	64,3401	28,953	19,302
TACSR/ACS-521-A20SA	112	409,3	3512	29,7	69884	6,737	15,7004	134,0572	60,326	40,217

Провод	Температура провода, °С		
	70	90	150
	Длительно допустимый ток, I, А		
АС 500/336	1172	1413	-
АСВТ 520/354	1179	1422	1981
АСВТ 500/240	1117	1347	1877
TACSR/ACS-521-A20SA	510	615	856

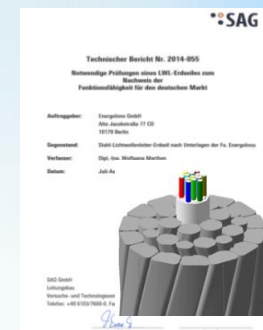
- ▶ Прямая замена АС 500/336 на АСВП 500/240 может существенно почти на 20% снизить вес провода при том же тяжении и пропускной способности. Провод
- ▶ Исполнение АСВТ эту пропускную способность при этом может увеличить почти на 60%.
- ▶ Для переходов с большими расстояниями между опорами также целесообразно использование АСВТ с максимальным значением разрывной нагрузки на растяжение. В частности, для заданного перехода применением провода АСВТ вместо АС уменьшит со 143 м до 104 м (на 40 м) и, соответственно снизить высоту опор и уменьшить их стоимость.
- ▶ В сравнении с TACSR/ACS-521-A20SA провод АСВТ существенно выигрывает в пропускной способности (более чем в два раза), практически при той же длине пролёта.



Наиболее эффективно интегрированное использование АСВП/АСВТ совместно с нашими грозотросами (или ОКГТ)

из-за сопоставимости механических характеристик

Пластически деформированный, оцинкованный, грозозащитный трос марки Г(МЗ)-В-ОЖ-МК-Н-Р для защиты воздушных линий электропередач от прямых ударов молнии воздушных линий электропередачи по СТО 71915393-ТУ062-2008, устойчив к последовательному воздействию молнии 147 Кулон и последующего вибрационного воздействия 10^8 . После тестов разрывное усилие составляло 100% начального значения. Тесты несколько раз выполнялись с тем же результатом.



- Единая конструкция прошедшая последовательные испытания к Техническому Совету ПАО «ФСК ЕЭС» 3.04.13г
- Единая конструкция сохраняющая исходные характеристики после всех последовательных воздействий
- Достаточность испытаний и параметров ОКГТ требованиям DIN и IEC подтверждены SAG Deutschland - Versuchs- und Technologiezentrum

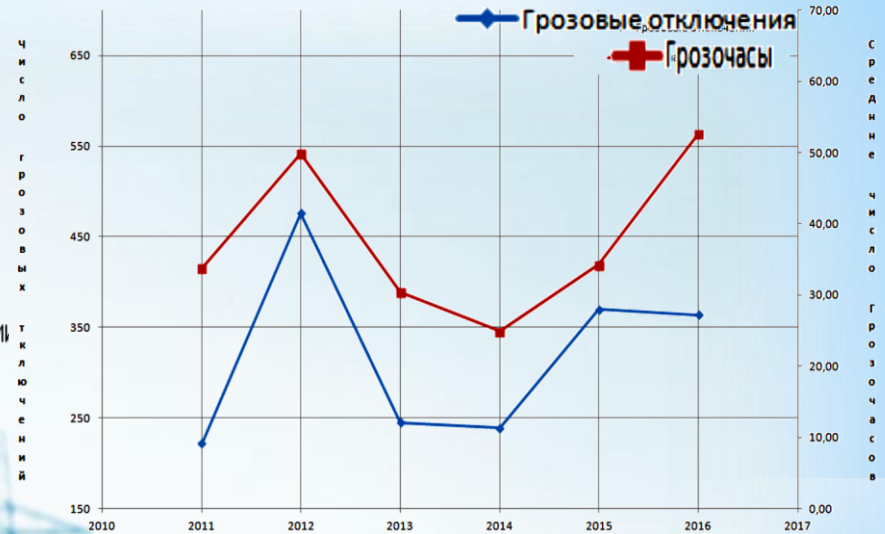
Применение - 18 000км ВЛ, напряжением 110 - 500кВ, с 2008г.

- Эксплуатационная вытяжка проводников - одно из важных требований для линий. Снижение вытяжки пластически деформированного, оцинкованного грозотроса **в 4 раза**, ОКГТ - в 3, подтверждено экспериментально НТЦ «ФСК ЕЭС»
- ✓ Продукт, плакированный алюминием, потерял механическую прочность сразу после воздействия молнии в 85 Кл; фактическое разрывное усилие упало до 32.8 кН (до 49.6% разрывной нагрузки)





Распределение причин технологических нарушений ВЛ ОЭС Северного Кавказа



Прослеживается четкая корреляция между интенсивностью грозовой деятельности от года к году (2011-2015) и числом грозовых отключений вне зависимости от энергосистемы

Север и Урал - анализ отключений ВЛ, с неуспешным и успешным АПВ (РПВ)



1. Грозовые отключения.
2. Ветровые воздействия.
3. Гололёдно-ветровые воздействия.
4. Пляска проводов (тросов).
5. Посторонние воздействия.
6. Дефекты конструкции.
7. Дефекты строительства и монтажа.
8. Воздействие птиц.
9. Морозное пучение грунтов.
10. Пожар.
11. Старение и износ оборудования ВЛ.
12. Причина не установлена.

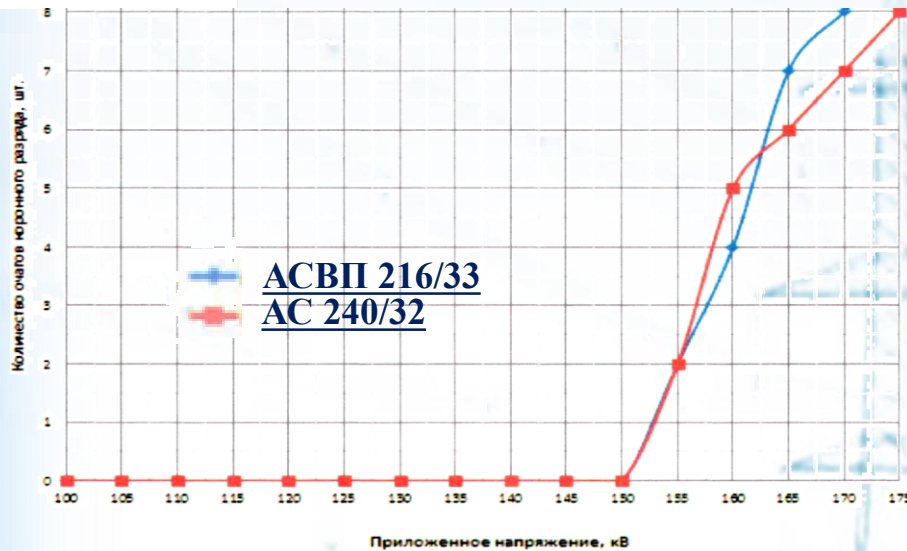
ПРОТОКОЛ № 22-06-2018
 Сравнительных испытаний на коронный разряд неизолированного провода
 марки АСВП 216/33 производства ООО «Метобаттерис» и провода марки
 АС 240/32 изготовленного по ГОСТ 839-80.

Протокол касается только образцов, подвергнутых испытанию.
 Частичная переписка протокола без разрешения ИЛ ВЭС ЭМС запрещена.

г. Москва
 2018 г.

Сравнительное исследование коронного разряда проводов разных диаметров

По условиям короны
АСВП/АСВТ 216/33 - Ø 18,5 мм,
 сопоставим с
АС-240/32(39;54) – Ø 21,6 мм
 по результатам испытаний АО
НТЦ ФСК ЕЭС



Для АС 240/32 (Ø21,6 мм) и АСВП 216/33 (18,5мм) напряжение возникновения короны одинаково.
 При этом их длительно допустимый ток отличается значительно: АС 240/32 - 510А, а АСВП/АСВТ 216/33
 ► 689 А (t=70 °С, высокопрочное исполнение), и
 ► 1040 А (t=150 °С, высокотемпературное исполнение)

Результаты подтверждены и испытаниями в ЕЭС CESI - FGH

Расчетные удельные потери на корону
 в хорошую погоду
 СО 153-34.20.172; РД 34.20.172
 Руководящие указания по учету потерь на корону и помех от
 короны при выборе проводов воздушных линий электропередачи
 переменного тока 330-750 кВ и постоянного тока 800-1500 кВ.
ВЛ 220 кВ

Конструкция фазы (число и марка провода; радиус провода r_0 , см)	Среднегодовые потери, изменение %
АС 240/32 Ø 21,6 мм	+ 26,67%
АС 300/39 Ø 24,0 мм	0,00%
АС 330/43 Ø 25,2 мм	-13,33%
АСВП 317/47 Ø 22,3 мм	-13,33%
АСВП 295/44 Ø 21,5 мм	-6,67%

ВЛ 330 кВ

(при расщепленной фазе на 2 провода с шагом 40 см).

Конструкция фазы (число и марка провода; радиус провода r_0 , см)	Среднегодовые потери, изменение %
2 x АС 300/39 Ø 24,0 мм	+ 18,52%
2 x АС 400/51 Ø 27,5 мм	0,00%
2 x АСВП 317/47 Ø 22,3 мм	-7,41%
2 x АСВП 295/44 Ø 21,5 мм	3,70%

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЕТРОВОГО ДАВЛЕНИЯ

Проводилось сравнение взаимодействия ветра различной скорости с проводами с различным контуром поперечного сечения, но близкого диаметра. Рассчитанная ветровая нагрузка отличается от нормативной ветровой нагрузки на провода и тросы P_{HW} , определяемой по ПУЭ-7, так как не учитываются изменение ветрового давления по высоте в зависимости от типа местности, влияние длины пролета на ветровую нагрузку, неравномерность ветрового давления по пролету ВЛ. Использование такого, «очищенного» от влияния различных, не зависящих от конструкции провода факторов, позволяет более четко определить вклад контура провода в изменение ветровой нагрузки. Контур проводов после обжатия получали моделированием процесса пластического деформирования проводов в модуле Abaqus/Explicit программного комплекса SIMULIA/Abaqus компании Abaqus, Inc. (USA). Ветровое давление, действующее на провода, и распределение скорости в воздушном потоке после обтекания проводов типов АС по ГОСТ 839 и АСВП (СТО 71915393–ТУ120–2012) с сечением алюминия около 230 мм² показано на рисунках 3 и 4. Более гладкий контур и меньший диаметр проводов типа АСВП позволяет уменьшить зону повышенного давления перед проводом (рисунок 3б) и застойную зону за проводом (рисунок 4б). Максимальное давление на провод типа АСВП меньше на 3,5%, при этом зона с повышенным давлением имеет меньшую площадь по сравнению с аналогичными характеристиками для проводов типа АС. На выступающих витках алюминиевой проволоки провода АС поверхности, обращенной к фронту воздушного потока, значительно более выражено формирование нескольких локальных участков торможения воздуха с пониженным давлением.

Как видно из приведенных данных, ветровая нагрузка на провода АСВП с более обтекаемой геометрией в среднем ниже на 33%.

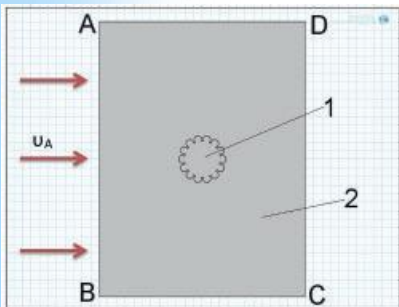
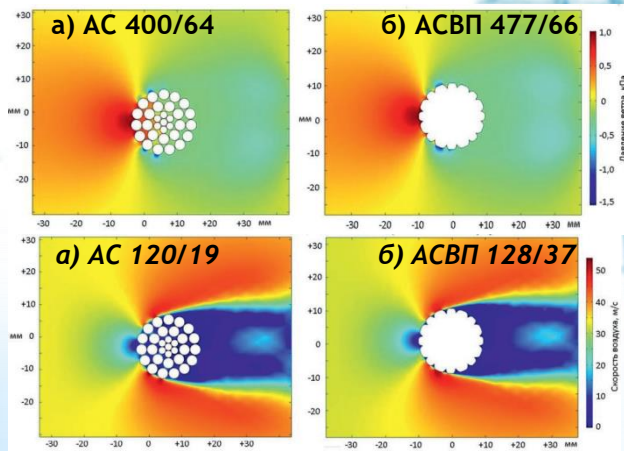


Рис. 2. Геометрия использованной модели: 1 – сечение, 2 – воздушный поток



V, м/с	Ветровая нагрузка на провода, Н/м					
	АСВП	АС	АСВП	АС	АСВП	АС
	128/37	120/1	216/32	240/34	277/79	240/56
		9				
25	3.6	4.8	4.9	6.9	5.2	7.0
32	5.9	7.9	7.8	11.4	8.4	11.5
60	20.8	28.5	28.4	41.5	29.8	41.6

Сравнительное исследование вибрации и самодемпфирования АС и АСВП(Т)

Проведено моделирование вибрации проводов двух вариантов конструкции (традиционной (АС) и после кругового пластического обжатия (АСВП)) с близкими площадями алюминиевых проволок после импульсного изгибающего воздействия и определены параметры возникающих колебаний.

На развитие интенсивной вибрации и ее опасность, влияет тяжение провода. При небольших тяжениях, при вибрации и периодических изгибах провода возможно смещение проволок друг относительно друга, потери на трение между проволоками ограничивают развитие вибрации. При больших тяжениях силы сжатия препятствуют относительному смещению проволок, потери на трение (самодемпфирование) резко уменьшаются, резко увеличивая амплитуду вибрации провода стандартной конструкции (АС).

Снижению вибрации в компактных проводах способствуют несколько факторов:

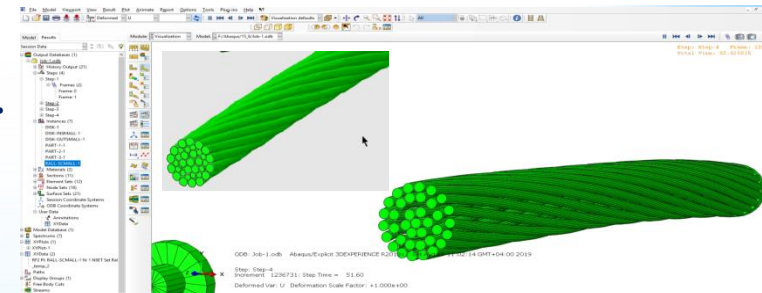
- 1). Уменьшение наружного диаметра при той же пропускной способности, что способствует снижению ветровых нагрузок на компактные провода на 30-35%.
- 2). Сглаженность наружного контура и меньший диаметр компактных пластически обжатых проводов типа АСВП уменьшает зону повышенного давления перед проводом и застойную зону за проводом. Максимальное давление на провод типа АСВП меньше на 3,5%, при этом зона с повышенным давлением имеет меньшую площадь по сравнению с аналогичной для АС. Сглаживание изменения давления в ветровом потоке вокруг пластически обжатых проводов снижает вероятность возникновения вибрации и ее интенсивность.
- 3). Развитая площадь поверхности контактов между проволоками компактных проводов интенсификации потерь на трение при смещении проволок друг относительно друга, что существенно ограничивает развитие вибрации, демпфируя их.

Выводы:

▶ В процессе колебаний для традиционных проводов типа АС характерно значительное нарушение структурной целостности с формированием больших промежутков между проволоками, а также нарушение равномерности нагружения проволок.

▶ У провода АСВП 128/36 начальная амплитуда и период колебания примерно в 1,7 раза меньше, чем у провода АС120/27 при той же скорости изгибаемого провода в точке контакта с изгибающим роликом в момент отрыва.

▶ Контакт между большинством проволок пластически обжатого провода АСВП сохраняется даже в точках экстремумов.



Полное импортозамещение



От интеллектуальной собственности и сырья до производства (25 Патентов РФ и Германии)



Наши проекты

2001г



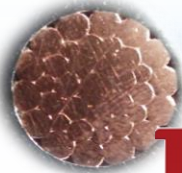
2013г



2011г



2002г



РЖД Российские железные дороги 2012г



Deutsches Patent- und Markenar



РОСПАТЕНТ

