



Инжиниринговая компания Энергосервис



ЛУЧШИЙ РЕАЛИЗОВАННЫЙ
ИННОВАЦИОННЫЙ ПРОЕКТ

1 МЕСТО

Провода Высокопрочные (АСВП) и Высокотемпературные (АСВТ)

Простые решения сложных проблем



Patent DE102014101833

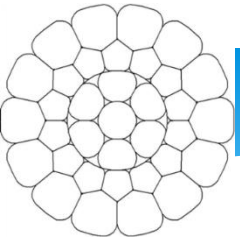




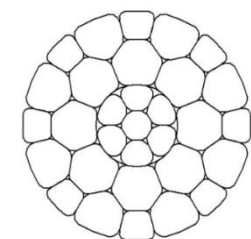
Эксплуатационные параметры АСВП/АСВТ значительно превышают стандартные АС, при этом их стоимость сопоставима с АС, в том числе в высокотемпературном исполнении.

Наиболее перспективные направления использования АСВП/АСВТ:

- **В областях со значительными ветровыми/гололёдными нагрузками.**
 - **Для нового строительства, особенно при наличии протяжённых анкерных участков.**
 - **Для протяжённых переходов.**
 - **Для ВЛ с возможностью возникновения перегрузок в период пост-аварийных режимов.**
 - **В районах с высокими температурами воздуха и солнечной радиацией, особенно рассматривая их довольно низкую стоимость. В этом случае особенно перспективно использование высокотемпературных проводов.**
 - **При увеличении пропускной способности действующих линий без их полной реконструкции (на старых опорах).**
 - **При построении кольцевых схем сети**
- ▶ **Наиболее эффективно интегрированное использование АСВП/АСВТ совместно с нашими грозотросами (или ОКГТ) с подобными механическими характеристиками.**



Три принципиальных конструкции в высокопрочном (АСВП) и высокотемпературном (АСВТ) исполнении

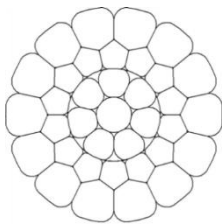


Длительно допустимый ток **АСВТ** при 150°C, температуре воздуха 20°C и скорость ветра 0,6 м/с перпендикулярно проводу, постоянная излучения 0,6.

Длительно допустимый ток **АСВП** при t воздуха 20°C и ветре 0,6 м/с перпендикулярно, при разной t провода, без учёта радиации, **A**

Номинальное сечение, мм ²	Ток, А
(128/36)-исп. I; (128/37)-исп. II	694
(133/37)-исп. I; (133/38)-исп. II	707
(139/38)-исп. I; (139/39)-исп. II	733
(159/44)-исп. I; (159/45)-исп. II	796
(162/46)-исп. I; (162/47)-исп. II	820
(168/50)-исп. I; (168/51)-исп. II	846
(174/50)-исп. I; (174/51)-исп. II	856
(190/54)-исп. I; (190/55)-исп. II	907
(197/55)-исп. I; (197/56)-исп. II	927
(197/56)-исп. I; (197/57)-исп. II	926
(214/60)-исп. I; (214/61)-исп. II	977
(218/62)-исп. I; (218/63)-исп. II	997
(258/73)-исп. I; (258/74)-исп. II	1109
(277/80)-исп. I; (277/81)-исп. II	1168
(371/108)-исп. I; (371/109)-исп. II	1427
(461/64)-исп. III	1590
(477/66)-исп. III	1625
(571/80)-исп. III	1841

Исп. III



Номинальное сечение, мм ²	$I_{дл}, 70^\circ$	$I_{дл}, 90^\circ$
(128/36)-исп. I; (128/37)-исп. II	465	496,637
(133/37)-исп. I; (133/38)-исп. II	474	512,659
(139/38)-исп. I; (139/39)-исп. II	491	528,591
(159/44)-исп. I; (159/45)-исп. II	532	581,406
(162/46)-исп. I; (162/47)-исп. II	548	590,494
(168/50)-исп. I; (168/51)-исп. II	565	608,117
(174/50)-исп. I; (174/51)-исп. II	572	621,411
(190/54)-исп. I; (190/55)-исп. II	606	659,667
(197/55)-исп. I; (197/56)-исп. II	619	677,481
(197/56)-исп. I; (197/57)-исп. II	618	678,937
(214/60)-исп. I; (214/61)-исп. II	651	717,059
(218/62)-исп. I; (218/63)-исп. II	665	725,439
(258/73)-исп. I; (258/74)-исп. II	738	819,724
(277/80)-исп. I; (277/81)-исп. II	776	861,767
(371/108)-исп. I; (371/109)-II	944	1059,9
(461/64)-исп. III	1051	1197,65
(477/66)-исп. III	1074	1229,09
(571/80)-исп. III	1214	1394,04

Технические характеристики проводов АСВП и АСВТ исполнения I

Ном. сечение мм ²	Диаметр, мм						Сечение алюминий/сталь, мм ²	Масса 1000 метров провода, кг			
	про-вода	сталь-ного сердеч-ника	провода					сталь-ного сердеч-ника	алю-мини-евой части	про-вода без смаз-ки	смазан-ного про-ва
			стального сердечника		алюминиевой части провода						
			центр. 1 шт	1-го слоя 6 шт	2-го слоя 14 шт	3-го слоя 14 шт					
(128/36)	15,20	7,27	2,70	2,55	1,95	2,80	128,0/36,3	287,2	358,7	645,9	659,5
(133/37)	15,40	7,37	2,75	2,60	2,00	2,85	133,2/37,7	298,5	373,5	672,0	686,0
(139/38)	15,67	7,45	2,80	2,60	2,05	2,90	138,6/38,0	300,1	388,6	688,7	703,2
(159/44)	16,80	8,02	3,00	2,80	2,20	3,10	158,8/44,0	347,5	445,2	792,7	809,4
(162/45)	17,10	8,17	3,05	2,85	2,20	3,15	162,3/45,5	359,9	454,9	814,8	831,0
(168/49)	17,50	8,43	3,15	2,95	2,25	3,20	168,2/48,8	385,4	471,5	856,9	875,0
(174/50)	17,73	8,50	3,15	3,00	2,30	3,25	174,3/50,2	396,5	488,4	884,9	903,5
(190/54)	18,50	8,85	3,30	3,10	2,40	3,40	190,4/53,8	425,3	535,0	960,3	980,5
(197/55)	18,80	8,95	3,35	3,15	2,45	3,45	196,8/55,5	438,9	551,6	990,5	1011,0
(197/56)	18,90	9,00	3,40	3,15	2,45	3,45	196,8/55,8	441,0	551,6	992,6	1013,5
(214/61)	19,60	9,36	3,50	3,30	2,55	3,60	214/60,9	481,3	599,6	1080,9	1103,6
(218/63)	19,82	9,50	3,55	3,35	2,55	3,65	217,9/62,7	495,9	610,8	1106,7	1130,0
(258/73)	21,60	10,30	3,85	3,60	2,80	3,95	257,7/72,7	574,3	722,2	1296,5	1323,7
(277/79)	22,40	10,75	4,00	3,75	2,90	4,10	277,3/78,8	622,6	777,0	1399,6	1429,0
(371/106)	26,00	12,48	4,70	4,35	3,35	4,75	371,4/106,5	841,0	1041,0	1882,0	1921,8

Дополнительные характеристики проводов АСВП и АСВТ исполнения I

Номинальное сечение, мм ²	Электрическое сопротивление 1 км провода постоянному току при 20°С, Ом, не более	Разрывное усилие провода, Н, не менее
(128/36)	0,2250	77067
(133/37)	0,2170	80141
(139/38)	0,2070	81170
(159/44)	0,1810	93198
(162/45)	0,1780	96146
(168/49)	0,1710	102034
(174/50)	0,1655	104886
(190/54)	0,1520	113054
(197/55)	0,1460	116750
(197/56)	0,1460	117147
(214/61)	0,1348	126672
(218/63)	0,1329	130096
(258/73)	0,1116	151533
(277/79)	0,1040	163940
(371/106)	0,0776	220403

Технические характеристики проводов АСВП и АСВТ исполнения II

Номинальное сечение, мм ²	Диаметр, мм						Сечение алюминий/сталь, мм ²	Масса 1000 метров провода, кг			
	провода	стального сердечника	провода					стального сердечника	алюминиевой части	про-вода без смаз-ки	смазанного про-вода
			стального сердечника		алюминиевой части провода						
			центр. 1 шт	1-го слоя 7 шт	2-го слоя 14 шт	3-го слоя 14 шт					
(128/37)	15,20	7,27	3,20	2,30	1,95	2,80	128/37,1	293,2	358,7	651,9	665,6
(133/38)	15,40	7,37	3,25	2,35	2,00	2,85	133,2/38,6	305,3	373,5	678,8	693,0
(139/39)	15,67	7,45	3,30	2,35	2,05	2,90	138,6/38,9	307,3	388,5	695,8	710,5
(159/45)	16,80	8,02	3,55	2,55	2,20	3,10	158,8/45,6	360,5	445,1	805,7	822,6
(162/47)	17,10	8,17	3,60	2,60	2,20	3,15	162,3/47,3	373,9	454,9	828,8	846,2
(168/51)	17,50	8,43	3,70	2,70	2,25	3,20	168,2/50,8	401,5	471,5	873,0	891,4
(174/51)	17,73	8,50	3,75	2,70	2,30	3,25	174,3/51,1	403,8	488,4	892,2	911,0
(190/55)	18,50	8,85	3,90	2,80	2,40	3,40	190,4/55,0	435,0	535,0	970,0	990,3
(197/56)	18,80	8,95	3,95	2,85	2,45	3,45	196,8/56,9	449,5	551,6	1001,1	1022,2
(197/57)	18,90	9,00	4,00	2,85	2,45	3,45	196,8/57,2	451,9	551,6	1003,5	1024,5
(214/61)	19,60	9,36	4,15	2,95	2,55	3,60	214/61,3	484,7	599,6	1084,3	1107,0
(218/63)	19,82	9,50	4,20	3,00	2,55	3,65	217,9/63,3	500,2	610,8	1111,0	1134,0
(258/74)	21,60	10,30	4,55	3,25	2,80	3,95	257,7/74,3	587,1	722,2	1309,3	1337,0
(277/81)	22,40	10,75	4,75	3,40	2,90	4,10	277,3/81,2	642,0	777,0	1419,0	1449,0
(371/109)	26,00	12,48	5,50	3,95	3,35	4,75	371,4/109,5	865,2	1041,0	1906,2	1946,0

Дополнительные характеристики проводов АСВП и АСВТ исполнения II

Номинальное сечение, мм ²	Электрическое сопротивление 1 км провода постоянному току при 20°С, Ом, не более	Разрывное усилие провода, Н, не менее
(128/37)	0,2288	79221
(133/38)	0,2170	81461
(139/39)	0,2070	82547
(159/45)	0,1810	95691
(162/47)	0,1780	98824
(168/51)	0,1710	105119
(174/51)	0,1655	10283
(190/55)	0,1520	114897
(197/56)	0,1460	116846
(197/57)	0,1460	119262
(214/61)	0,1348	127332
(218/63)	0,1329	130940
(258/74)	0,1116	153997
(277/81)	0,1040	167655
(371/109)	0,0776	225001

Провод АСВТ имеет значительно более высокую прочность и пропускную способность, чем у АС и АЕРО-Z, а также чем у целого ряда других типов проводов тех же диаметров.

Из этого следует, что новые провода АСВП и АСВТ расширяют рамки проектирования ВЛ и позволяют решить задачи, которые раньше решить было нельзя или решение которых было связано с большими затратами.

Технические характеристики проводов АСВП и АСВТ исполнения III

Номинальное сечение, мм ²	Электрическое сопротивление 1 км провода постоянному току при 20°С, Ом, не более	Разрывное усилие провода, Н, не менее
(461/64)	0,0625	170507
(477/66)	0,0604	175910
(571/80)	0,0504	211994

Ном. сечение мм ²	Диаметр, мм							Сечение алюминий/сталь, мм ²	Масса 1000 метров провода, кг			
	про- вода	сталь - ного серд еч- ника	проволоки						сталь- ного серд еч- ника	алю- мини- евой части	про- вода без смаз-ки	смазан- ного про- вода
			стального сердечника		алюминиевой части провода							
			центр. 1 шт	1-го слоя 6 шт	2-го слоя 8 шт	3-го слоя						
боль ш диам 8 шт	мень ш диам. 8 шт											
(461/64)	26,91	9,70	3,65	3,40	5,70	5,15	3,80	461,5/64,9	512,0	1290,0	1802,0	1840,0
(477/66)	27,50	9,85	3,70	3,45	5,80	5,25	3,85	477,6/66,8	526,0	1334,0	1860,0	1900,0
(571/80)	30,00	10,83	4,05	3,80	6,35	5,75	4,20	571,9/80,9	638,0	1598,0	2236,0	2283,0

Технические характеристики проводов АСВП/АСВТ

(Дополнение 2016)

Позволяют эффективно заменять провода АС 300/39 и АС 400/51

(I-II районы по гололёду) и АС 300/66 и АС 400/93 (III-IV районы), а также АС185/43 (200/32, 205/27) как при реконструкции ВЛЭП 220, 330, 500 кВ, так и при замене без реконструкции ВЛЭП (на старых опорах). Снижаются потери, в т.ч. на корону (за счёт конструкции), риски гололёдообразования (на 20-40%), аэродинамические нагрузки (до 40%), при одновременном повышении пропускной способности и срока службы

Ном. сечение, мм ²	I _{дл.доп} АСВП, При t-70°C	I _{дл.доп} АСВТ, При t-150°C	Расчетные параметры проводов марок АСВП**					Вес 1000м, кг
			Сечение алюминий/сталь, мм ²	Диаметр, мм		Электрическое сопротивление 1км провода постоянному току при 20 °С, Ом, не более	Разрывное усилие, Н, не менее	
				провода	стального сердечника			
216/33	639	958	216,3/32,9	18,5	6,7	0,1334	89500*	870
150/23	503	750	150,1/22,7	15,40	5,60	0,192	61140	598
295/44	784	1178	294,8/43,9	21,50	7,80	0,098	116800	1183
317/47	821	1234	317,3/47,3	22,30	8,08	0,091	125400	1267
389/59	941	1418	388,6/58,8	24,75	8,99	0,074	154400	1558
403/61	961	1452	403,4/61,0	25,20	9,17	0,072	160380	1617

*- Разрывное усилие указано фактическое в реальных испытаниях системы «провод-зажим».

** - Провода могут быть изготовлены в высокотемпературном исполнении (АСВТ, tраб=150°, tmax=210°).

***- Провод, изготовленный по СТО 71915393-ТУ 120-2013 (Дополнение) ОАО «Северсталь-Метиз», испытан в системе «провод-арматура», с натяжными зажимами НС18,4/18,7-32(100) (ТУ344900227560230-06), АО ЭССП

****Токи указаны без учёта солнечной радиации, ветер 0,6 м/с перпендикулярно, постоянная излучения 0,6

• Модуль упругости – $0,79 * 10^5$ Н/мм², против $0,63 * 10^5$ Н/мм² - у АС.

• Коэффициент линейного расширения $\times 10^{-6}$, 1/°С - 19,6

• Линейка проводов АСВП «Дополнение 2016» позволяет увеличить энергоэффективность ВЛЭП при плановых заменах, особенно учитывая возможность стыковки с проводами АС, практически равные нагрузки на опоры (с учётом аэродинамики и гололёда даже меньше).

Технические характеристики проводов для распределительных сетей 6-35кВ

сечение, мм ²	Расчетные параметры проводов марок АСВП								
	Сечение алюминий/сталь, мм ²	Диаметр, мм		Электрич. сопротивление 1км провода постоянному току при 20 °С, Ом, не более	Разрывное усилие, Н, не менее	Масса 1 км провода, кг			смазанного провода
		провода	сердечника			сердечника	АL-части	про-вода без смазки	
50/8,0	48,0/6,15	8,90	2,80	0,600	18860	49	133	182	186
49/6	49,5/5,51	8,90	2,65	0,582	17680	43	135	178	182
57/6	56,7/6,37	9,60	2,85	0,508	20360	50	154	204	209
68/8	67,6/7,54	10,40	3,10	0,426	24180	59	184	243	248
81/9	81,3/9,07	11,40	3,40	0,354	29077	71	221	292	299
98/11	98,2/11,0	12,60	3,75	0,293	34150	87	267	354	361
112/13	112,4/12,6	13,50	4,00	0,256	38960	98	306	404	413
Провод	I _{дл.доп} , АСВП, t-70°С		I _{дл.доп} , АСВТ, t-150°С		Коеф. линейного расширения x10-6, 1/°С		Модуль упругости - * 10 ⁵ Н/мм ²		
50/8,0	247		364		19,98		0,75		
49/6	237		351		20,28		0,75		
57/6	259		384		20,26		0,75		
68/8	290		430		20,28		0,75		
81/9	327		485		20,27		0,75		
98/11	370		550		20,26		0,75		
112/13	404		602		20,27		0,75		

*- Сечение выбрано наиболее технологичное и может быть иным, в соответствии с потребностями ПАО «Россети».

** - Из-за повышенной механической прочности (на 10-76%), позволяет снизить стрелы провеса или уменьшить количество опор ВЛ.

***- Для реконструкции ВЛЭП, разрывное усилие может быть снижено, для сохранения проектных усилий на опоры.

****- Провода могут быть изготовлены в высокотемпературном исполнении (АСВТ, t_{раб}=150°, t_{max}=210°).

•Провод при одинаковом диаметре и практически одинаковом весе обладает меньшим электрическим сопротивлением (на 14-29%), что позволяет снизить потери в распределительных сетях.

•Провод позволяет повысить пропускную способность при реконструкции распределительных сетей, без замены опор.

•Способность выдерживать большие ветровые нагрузки из-за более обтекаемой (гладкой) формы провода, и снижение, по той же причине гололёдообразования (15-20%).

Сравнение проводов по величине расчетных габаритных пролетов для ВЛ 110кВ

Провод	Разрывная нагрузка, кН	Тяжение, кН	Макс. напряжение, Бг кН/мм кв	R при 20С, ом/км	Ø провод а, мм	Вес 1 км, кг	Ток, А (75С)	Длина габаритного пролета, м	Стрела провеса, м								Max
									Температура, С								
									-45	-5	4	15	45	70	90	150	
АС 120/19	41,521	18,68	0,1305	0,244	15,2	471	399	212	9,904	11,581	10,669	10,716	11,272	11,626	11,901	12,695	
АСВП 128/37	79,221	35,65	0,2159	0,225	15,2	651,9	431	294	7,439	11,667	8,973	9,244	10,129	10,787	11,29	12,699	
АС 150/24	52,279	23,53	0,122	0,203	17,1	599	473	227	9,748	11,558	10,628	10,725	11,316	11,718	12,03	12,924	
АСВП 159/44	93,198	41,94	0,2068	0,18	16,8	792,7	492	314	7,132	11,64	8,847	9,168	10,144	10,879	11,441	13,006	
АСВП 197/55	58,075	26,13	0,1237	0,154	18,9	705	531	250	9,444	11,699	10,549	10,703	11,4	11,892	12,273	13,355	

Условия для расчётов: Высота подвеса проводов -17,7 м, Наименьшее допустимое расстояние до земли - 6 м

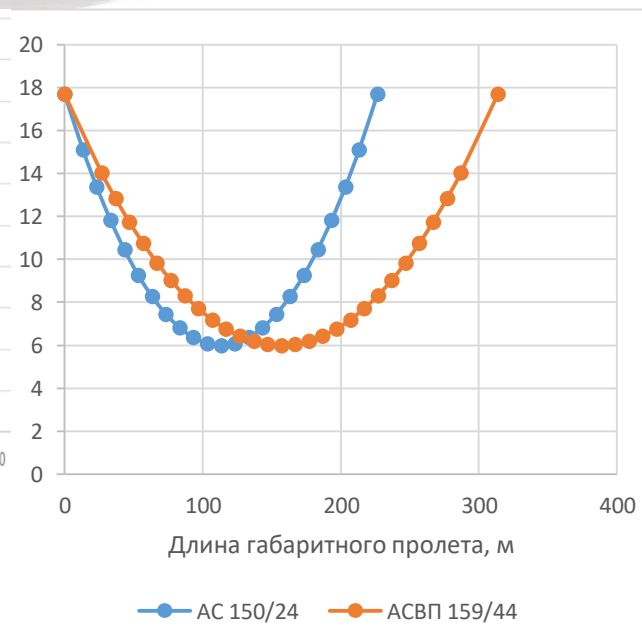
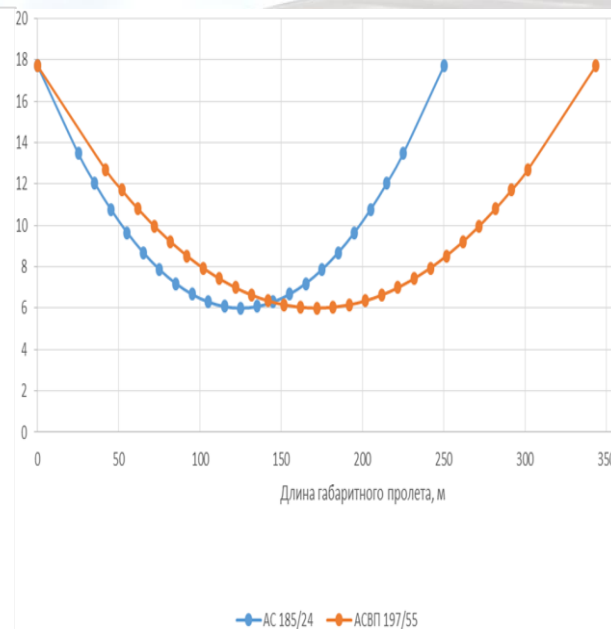
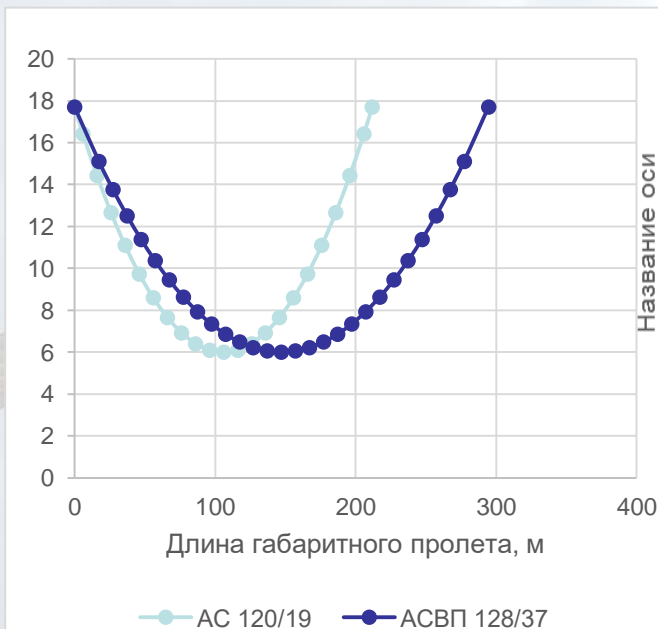
Климатические условия: ветер - 80даН/мм.кв, при гололеде - 20 даН/мм.квг, гололед 30 мм

Ветер со скоростью 0,6 м/с перпендикулярно

Интенсивность солнечной радиации 1041 Вт/мкв, чистый воздух

Постоянная поглощения - 1, излучения - 0,6

Увеличение пролёта на 38% при увеличении пропускной способности



Сравнение проводов по величине расчетных габаритных пролетов

для ВЛ 220 кВ

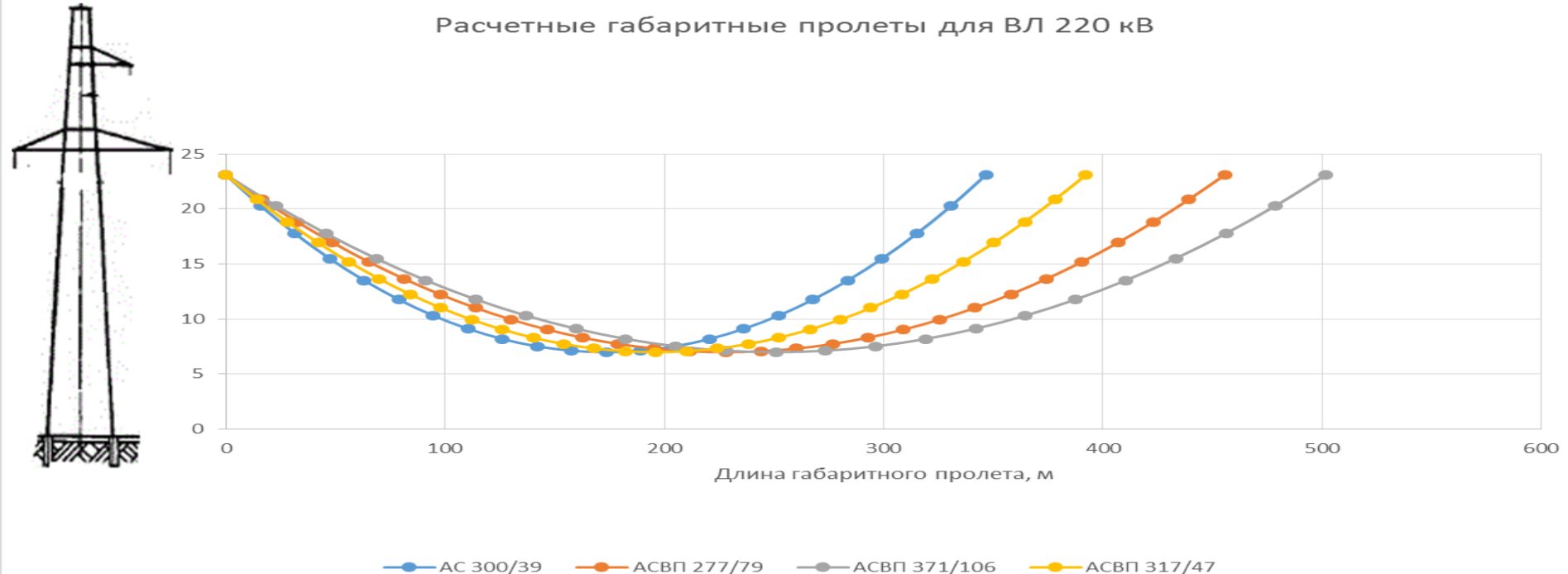
Стрела провеса, м

Температура, С

провода	Разрыв. нагрузка, кН	Тяжение кН	Макс. напряжение Бг кН/мм ²	R при 20С, ом/км	Диаметр провода мм	Вес 1км, кг	I _{дл.доп} , А	Длина габарит. Пролета м	Стрела провеса, м							
									Температура, С							
									t _{min}	t _r	t _э	t _{max}				
-45	-5	4	15	45	70	90	150									
АС 300/39	90,6	40,8	0,120	0,096	24	1132	725	347	13,2	16	14,7	15,0	15,9	16,6	17,1	18,6
АСВП 277/79	163,9	73,8	0,207	0,104	22,4	1400	711/1168*	456	10,4	16	12,7	13,2	14,5	15,5	16,3	18,6
АСВП 371/106	220,4	99,2	0,208	0,078	26	1882	861/1427*	502	10,1	16	12,6	13,2	14,7	15,8	16,8	19,3
АСВП 317/47	119,1	53,6	0,147	0,091	22,3	1294	750/1234*	392	12,1	16	14,0	14,4	15,5	16,3	17,0	18,8

* - высокотемпературное исполнение (провод АСВТ)

Расчетные габаритные пролеты для ВЛ 220 кВ



Сравнение проводов по величине расчетных габаритных пролетов

ВЛ 500 кВ

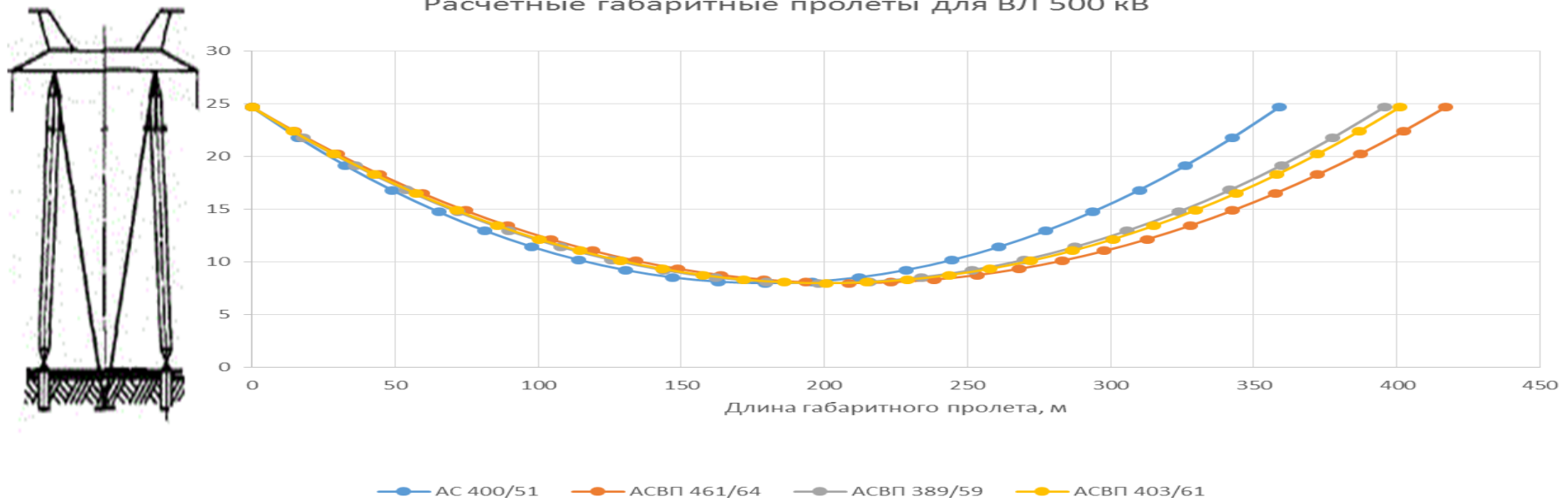
Стрела провеса, м

Температура, С

Наименование провода	Разрыв нагрузк кН	Тяжение кН	Макс. напряже ние, Бг кН/мм ²	R при 20С, ом/км	Диаметр провода, мм	Вес 1 км, кг	I _{дл.доп} , А	Длина габарит. пролета м	Стрела провеса, м							
									Температура, С							
									t _{min}	t _r	t _э	t _{max} x		Max		
-45	-5	4	15	45	70	90	150									
АС 400/51	120,5	54,2	0,122	0,073	27,64	1490	877	359	13,7	16,7	15,2	15,5	16,4	17,1	17,7	19,2
АСВП 461/64	170,5	76,7	0,146	0,063	26,91	1802	954/1590*	417	12,4	16,6	14,5	14,9	16,1	17,0	17,7	19,7
АСВП 389/59	146,7	66,0	0,148	0,074	24,75	1591	857/1418*	396	12,7	16,7	14,6	15,0	16,1	16,9	17,5	19,4
АСВП 403/61	152,4	68,6	0,148	0,072	25,2	1651	874/1452*	401	12,7	16,7	14,6	15,0	16,1	16,9	17,6	19,5

*- высокотемпературное исполнение (провод АСВТ)

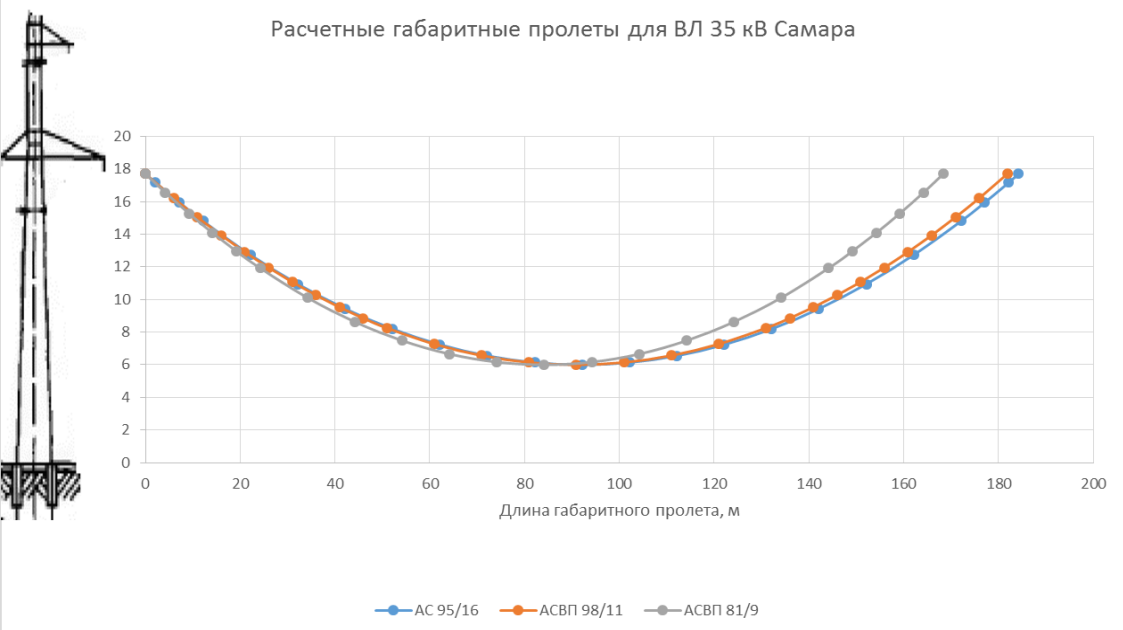
Расчетные габаритные пролеты для ВЛ 500 кВ



Сравнение проводов по величине расчетных габаритных пролетов для ВЛ 35 кВ

Наименование провода	Разрывная нагрузка, кН	Тяжение, кН	Максимальное напряжение, Бг кН/мм кв	R при 20С, ом/км	Диаметр провода мм	Вес 1 км, кг	Ток, А (70С)	Длина габаритного пролета, м	Стрела провеса, м							
									Температура, С							
									tmin -45	tr -5	tэ 4	15	tmax 45	70	90	Max 150
АС 95/16	33,369	15,02	0,1199	0,3007	13,5	385	347	184	10,296	11,513	10,866	10,849	11,322	11,592	11,804	12,42
АСВП 98/11	32,4425	14,6	0,1188	0,293	12,6	361	370	184	10,207	11,494	10,798	10,787	11,27	11,549	11,768	12,402
АСВП 81/9	27,62315	12,43	0,1223	0,354	11,4	298	327	168	10,317	11,458	10,824	10,767	11,231	11,472	11,662	12,216

Условия для расчётов: Высота подвеса проводов -17,7 м, Наименьшее допустимое расстояние до земли - 6 м
 Климатические условия: ветер - 80 даН/мм.кв, при гололеде - 20 даН/мм.квг, гололед 30 мм
 Ветер со скоростью 0,6 м/с перпендикулярно
 Интенсивность солнечной радиации 1041 Вт/мкв, чистый воздух
 Постоянная поглощения - 1, излучения - 0,6



✓ **Меньший вес, диаметр и конструкция АСВП 98/11 обеспечивает снижение вибрационных нагрузок на опоры. АСВП 98/11 обеспечивает большую пропускную способность и меньшие потери. АСВП 81/9 обеспечивает повышение пропускной способности на старых опорах**

Исследование коронного разряда

ИСПЫТАТЕЛЬНАЯ ЛАБОРАТОРИЯ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ
 ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ ПО ТРЕБОВАНИЯМ
 ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ
 (ИЛ ВЭС ЭМС).

115201, г. Москва,
 Каширское шоссе, 22, корп. 3
 Тел: (499)613-37-09
 факс: (499)613-43-88

Аттестат аккредитации
 № RA.RU.21 МЭ 51
 Зарегистрирован в
 Едином реестре 06.04.2015



УТВЕРЖДАЮ
 Начальник ИЛ ВЭС ЭМС
 Тимашова Л.В.
 ноябрь 2016 г.

ПРОТОКОЛ № В013-112016

Сравнительных испытаний на коронный разряд неизолированного провода марки АСВП 197/55 производства ООО «Энергосервис» и проводов марок АС 150/19, АС 185/29, АС 240/32 изготовленных по ГОСТ 839-80.

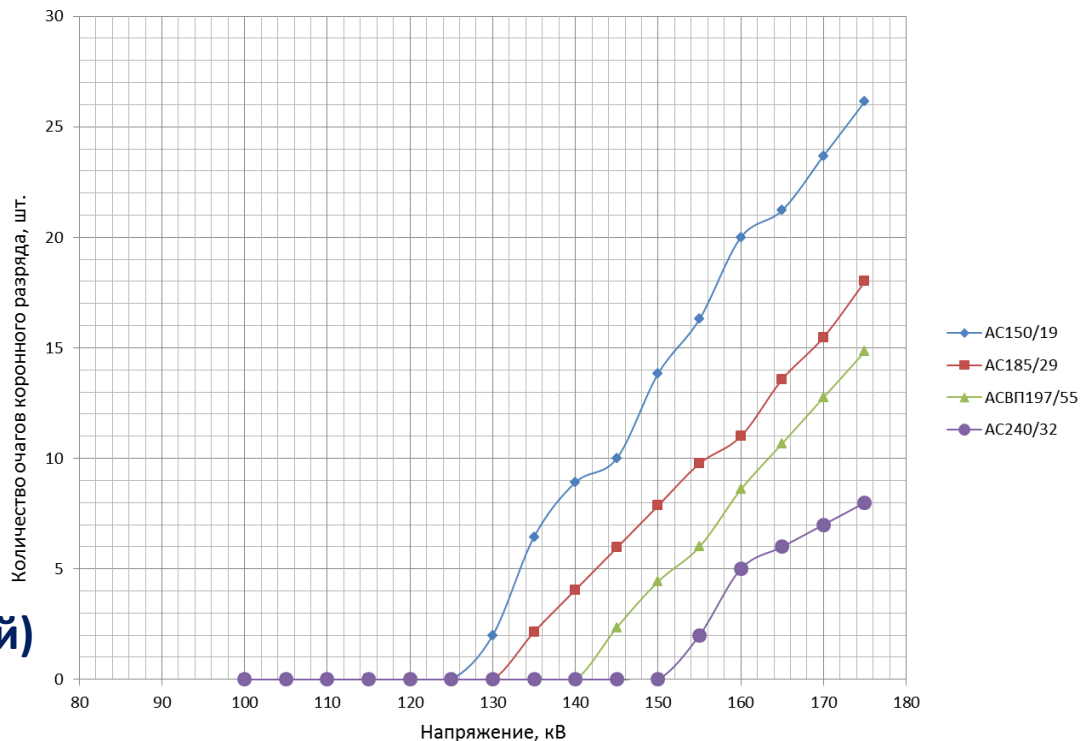
Протокол касается только образцов, подвергнутых испытаниям.

Частичная перепечатка протокола без разрешения начальника ИЛ ВЭС ЭМС запрещена.

г. Москва
 2016 г.

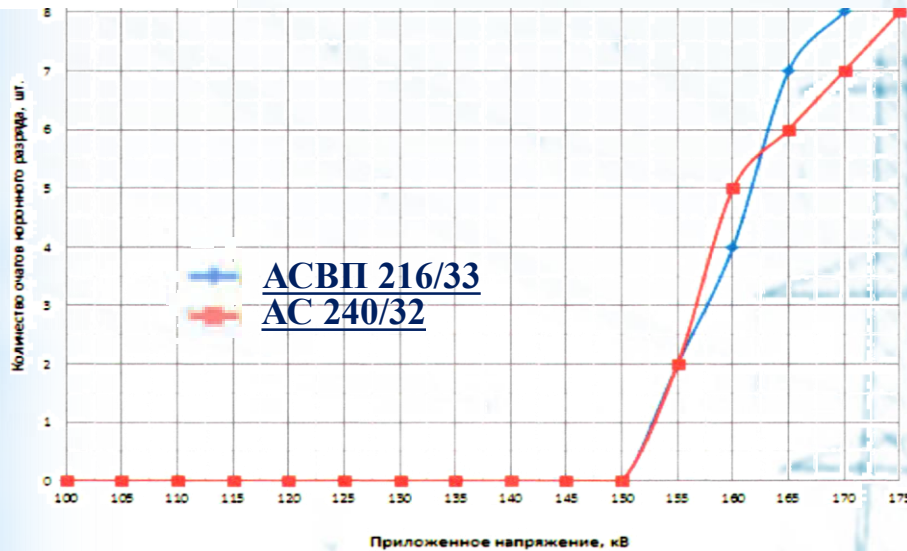
При этом длительно допустимый ток
 сравниваемых проводов:
АС 185/29 - 510А
АСВП/АСВТ 197/55
 – 561 А (t=70°C, высокопрочный)
 – 943 А (t=150°C, высокотемпературный)

По результатам проведенных сравнительных испытаний установлено, что, для проводов **одинакового диаметра (Ø18,8 мм)** напряжение возникновения коронного разряда на проводе АСВП/АСВТ производства ООО «Энергосервис» выше напряжения возникновения коронного разряда на проводе марки АС



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%.

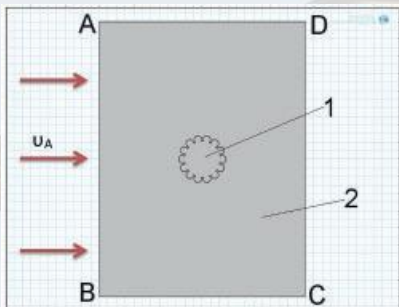
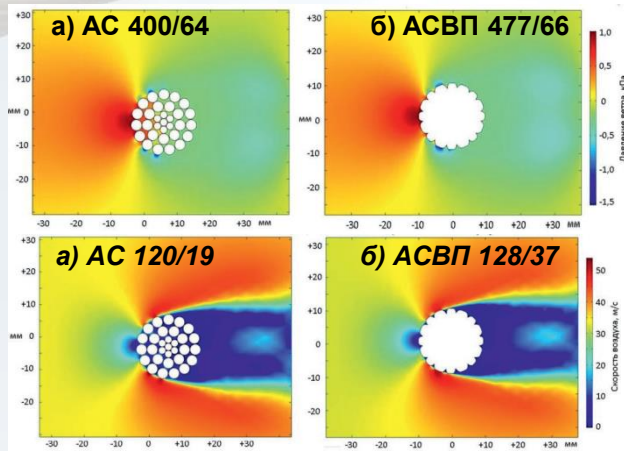


Рис. 2. Геометрия использованной модели: 1 — сечение, 2 — воздушный поток



V, м/с	Ветровая нагрузка на провода, Н/м					
	АСВП 128/37	АС 120/19	АСВП 216/32	АС 240/34	АСВП 277/79	АС 240/56
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.

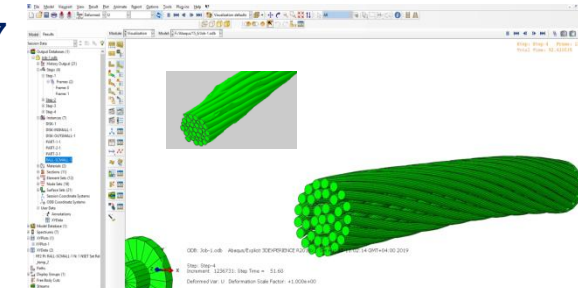
Фактором, влияющем на развитие интенсивной вибрации и ее опасность, является тяжение провода. При небольших тяжениях, когда в процессе вибрации при периодических изгибах провода возможно смещение проволок друг относительно друга, потери на трение между проволоками существенно ограничивают развитие вибрации. При больших тяжениях силы сжатия препятствуют относительному смещению проволок, потери на трение (самодемпфирование) резко уменьшаются, что приводит к заметному увеличению амплитуд 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). Достаточно развитая площадь поверхности контактов между проволоками компактных проводов приводит к интенсификации потерь на трение при смещении проволок друг относительно друга, что позволяет существенно ограничивать развитие вибрации за счет демпфирования.

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.





УТВЕРЖДАЮ
Научный руководитель
ОАО «НТЦ ФСК ЕЭС»



Ю.Г. Шакарян
2015 г.

ОТЧЕТ

по договору №2-501/15 от 26 января 2015г.
«Анализ целесообразности применения в качестве растяжек опор ВЛ,
пластически деформированных стальных канатов по
СТО 71915393-ТУ062-2008»

Этап 2

Проведение сравнительных механических испытаний образцов растяжек: образцы
традиционно применяемых растяжек; образцы растяжек по СТО 71915393-ТУ062-
2008. Проведение анализа целесообразности применения в качестве растяжек,
пластически деформированных стальных канатов по СТО
71915393-ТУ062-2008

Руководители работы
Заместитель научного
начальник Центра эле
оборудования, к.т.н., т

ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
«НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА»

УТВЕРЖДАЮ:

Заместитель Генерального
директора ОАО «ВНИИЖТ»



А.В. Косарев

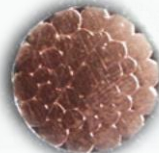
ПРОТОКОЛ ИСПЫТАНИЙ
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО КОМПАКТИРОВАННОГО
НЕСУЩЕГО ТРОСА МК-120
после опытной эксплуатации (6 месяцев)

ИСПЫТАНИЯ НА ОПРЕДЕЛЕНИЕ
ОТНОСИТЕЛЬНОЙ СКОРОСТИ УДЛИНЕНИЯ

Заведующий отделом
«Контактная сеть и токосъем»



П.Г. Тюрнин



**Пластическая деформация не
только значительно повышает
механическую прочность но и в
несколько раз снижает
вытяжку (удлинение)
процессе эксплуатации,
вне зависимости от металла,
от стали до меди.**

**Технология практически
обеспечивает конечную вытяжку,
в процессе производства**

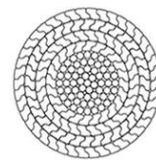
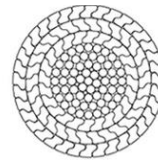
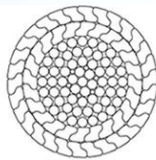
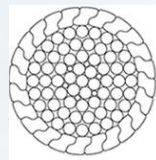
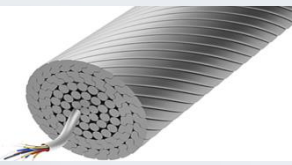


Параметры новых проводов АСВП/АСВТ в комплексе с грозотросом МЗ или ОКГТ могут быть крайне эффективны при строительстве протяженных переходов.

Применение новых проводов, может позволить **уменьшить высоту концевых анкерных опор перехода до 25–30 %** относительно стандартных размеров опорных мачт, что приведет к снижению стоимости всего перехода



При выборе оптимальных технических решений для конкретных переходов мы готовы предложить многолетний опыт создания новых сложнейших конструкций

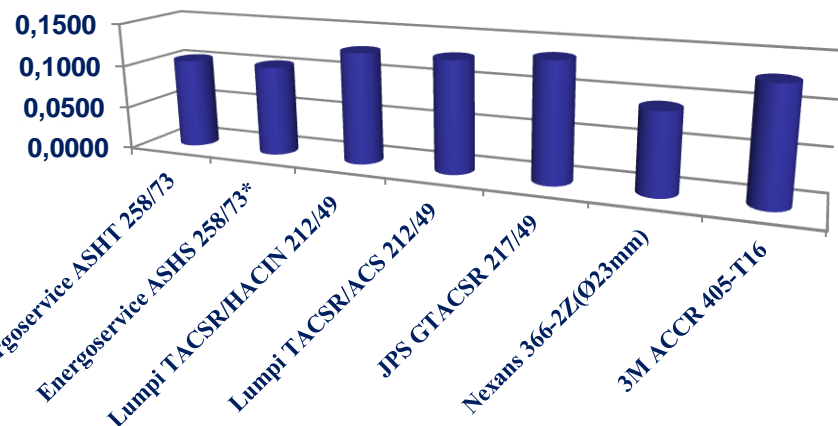
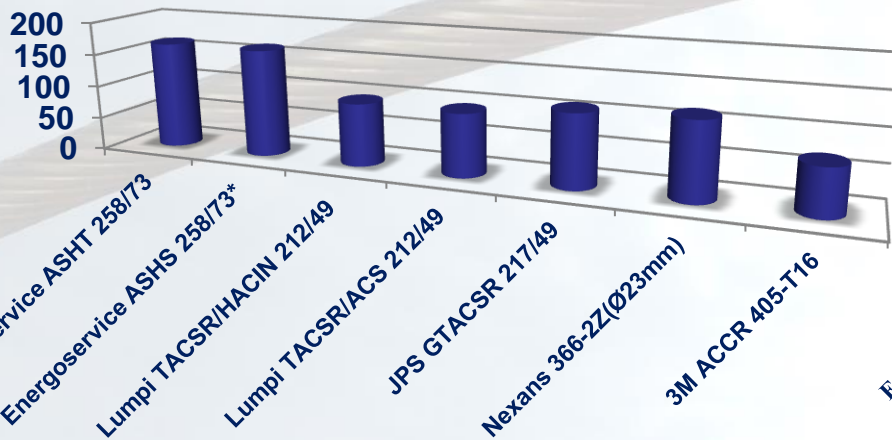
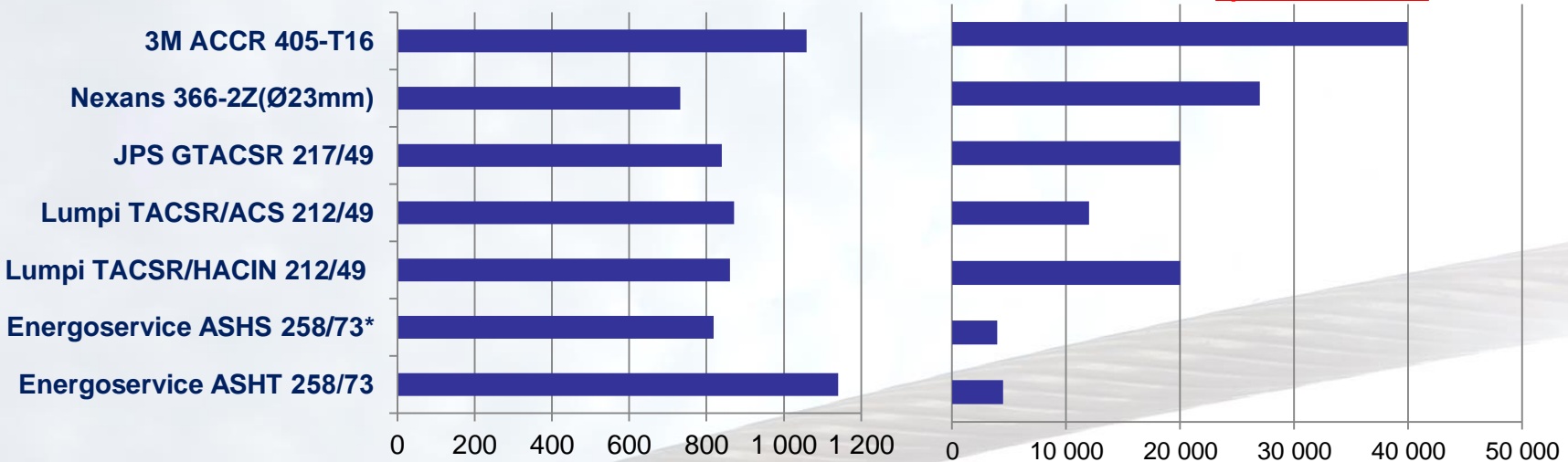


Принципиально новая технология обеспечивает затраты на провода и реконструкцию ВЛ с этими проводниками практически в том же объёме, как и аналогичные затраты при использовании проводов АС, при не сопоставимых характеристиках АСВП/АСВТ с АС.

Сравнение проводников $\varnothing 21\text{mm}$, с сопоставимыми характеристиками*

Длительно допустимый ток, А

Цена, EUR/км



Разрывное усилие, кН

Электрическое сопротивление, Ом/км

Усовершенствование методов прокладки проводов НА воздушных ЛЭП и применимость новых проводов АСВП, АСВТ

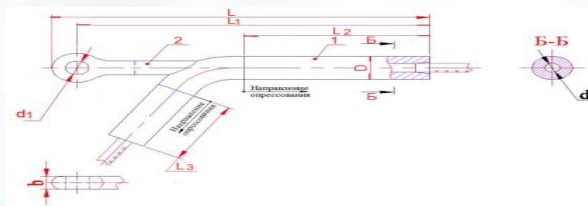
Традиционный метод (использование тракторов, провода ослаблены)	Новый метод (прокладка проводов с натяжением)
	
<p>При использовании первого метода барабаны проводов жестко крепятся на платформах с защитным покрытием. Протяжка проводов осуществляется с помощью тягового механизма (обычно трактора), передвигающегося по ходу ЛЭП. Мало внимания уделялось свободному вращению провода в процессе его разматывания и протяжки. Использование проводов однонаправленной скрутки повивов находится под вопросом.</p>	<p>Второй метод прокладки предписывает использование шарниров при протяжке проводов вдоль линии. Эта мера обеспечивает лучшее балансирование провода для защиты от скручивания после завершения процесса. Натяжение при протяжке составляет приблизительно 10 % от рабочего натяжения (см. стандарт STD IEEE 524-2003). Использование проводов однонаправленной скрутки повивов можно допустить.</p>
<p>СТАНДАРТНЫЕ ПРОВОДА. Эксплуатация стандартных проводов протяженностью многие миллионы километров на воздушных ЛЭП в разных странах – обычная практика. Некоторые недостатки, характерные для этих стандартных проводов:</p> <ul style="list-style-type: none"> ⊖ 1. Низкая плотность потока мощности и прочность; ⊖ 2. Высокая чувствительность (низкая устойчивость к усталостным напряжениям) к изгибным усилиям в случае многослойной алюминиевой части; ⊖ 3. Недостаточная устойчивость к ударам молнии; ⊖ 4. Недостаточная устойчивость к коррозии проводов (в агрессивной атмосфере). 	<p>НОВЫЕ ПРОВОДА. Их широкое применение очень ограничено к настоящему моменту. При этом в проводах, основанных на новом принципе, может использоваться много улучшений, важных для эксплуатации, а именно:</p> <ul style="list-style-type: none"> ⊕ 1. Повышенная плотность потока мощности и прочность; ⊕ 2. При одинаковой плотности потока мощности, существенно меньший вес; ⊕ 3. Более высокие характеристики усталостной прочности при изгибе по сравнению со стандартными проводами; ⊕ 4. Высокая устойчивость к ударам молнии;

Пластическая деформация с коэффициентом заполнения 0,95-0,97, предотвращает раскручивание провода, взаимное смещение его элементов под действием растягивающих сил, также существенно снижаются величины удлинений. Из-за механического упрочнения прочность алюминиевых проводов увеличивается в 1,5–2 раза.

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

Прессуемая



Спиральная



Также разработаны и гасители вибрации

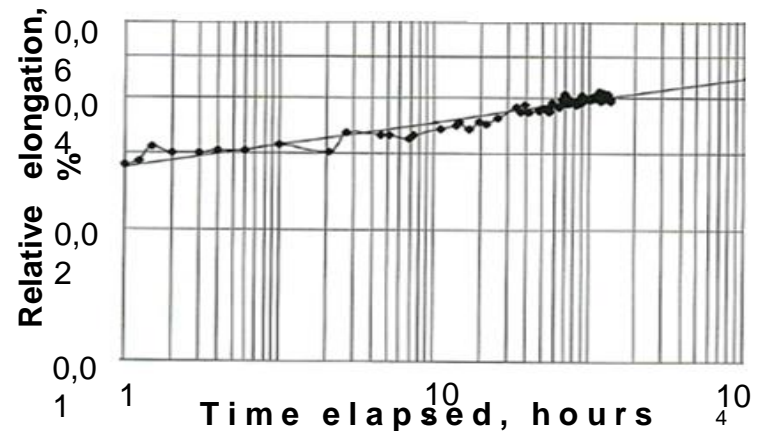
Грозозащитный трос & ОКГТ

Пластически деформированный, оцинкованный, грозозащитный трос, 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.

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

✓ **Продукт, плакированный алюминием, потерял механическую прочность сразу после воздействия молнии в 85 Кл; его фактическое разрывное усилие во время теста упало до 32.8 кН (49.6% номинальной разрывной нагрузки)**

- **Эксплуатационная вытяжка проводников - одно из важных требований для линий. Снижение вытяжки **в 3 раза** пластически деформированного, оцинкованного ОКГТ подтверждено экспериментально НТЦ «ФСК ЕЭС»**



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 AAACZ2 42 A3F	AERO-Z AACSR25 1 A3F	AERO- T ACSS T 278	AAAC-Z 177-1Z	GZTACS R 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 Удельная 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	70	150
9 Стоимость, руб/км с НДС	177 775	660 000	720 000	750 000	258 042	794 848	173 460	<u>170 000</u>

Сравнение характеристик АСВП и АСВТ со стандартным проводом диаметром 17,1 мм

Важная задача: определить, где использование новых проводников будут наиболее эффективны

Параметр	АС 150/24	АСВП/АСВТ 162/47	
	значение	значение	Изменение относительно АС, %
Сечение, мм ²	24,2	47,3	+90
Сечение алюминия, мм ²	149	162,3	+8,9
Диаметр, мм	17,1	17,1	0,0
Номинальная Прочность на разрыв, daN	5227,9	9882,4	+89,0
Длительно допустимый рабочий ток, А	473	548 (820)	+ 15,9 (+ 73,8)
Длина пролёта с одинаковым провесом, m	280	364	+ 30
Количество опор на 10км Линии	37	27	- 27
Электрические потери при одинаковой нагрузке(150 А), MWh/km в год	41,7	36,4	- 12,7
Коэффициент расширения , 10 ⁻⁶ 1/ °С	19,2	16,7	- 13
Модуль упругости, E*10 ⁻³ , N/mm ²	82,5	88	+ 6,7
<u>Стрела провеса при температуре воздуха (+40 °С), m, пролёт:250 m</u>	6,29	3,32	- 47,2
<u>300 m</u>	9,26	4,87	
Стрела провеса при температуре воздуха (- 5 ° С) в 3-м ветровом и гололёдном районе, m: пролёт 250/300м	6,66	4,41	- 33,8
	9,63	6,04	
Электрическое поле начала короны в сухой погоде, kV/cm	34,04	40,0	+17,5
Сопротивление (20 °С), Ом/km	0,2039	0,1780	-12,7
Оценка относительных затрат на сам провод без учёта экономии за счёт уменьшения количества и высоты опор	100 %	100-115 %	



Оценка стоимости замены проводов на примере проекта ВЛ 220 кВ Обнинск-Созвездие

Наименование стоимости	Марка провода		
	АС	АСВП	АСВП
	400/51	371/109	461/64
Стоимость провода, млн. руб	45,76	62,56	77,57
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= 212 А), млн. руб.	-	-14,70	20,93
Стоимость с экономией на потерях (I=212 А), млн. руб.	320,78	311,63	308,42

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.**

Комплекс предлагаемых продуктов для ВЛЭП, прошёл не менее двух полных циклов

испытаний совместно с прессуемой и спиральной арматурой, обеспечивающей эффективную эксплуатацию в любых, в т.ч. экстремальных условиях. Все изделия аттестованы.

Технология пластической деформации обеспечивает увеличение коэффициента заполнения до 92-97%, что приводит к значительному увеличению прочности и площади сечения, без увеличения диаметра, снижению аэродинамической нагрузки (20-35%), гололёдообразования (25-40%). Закрытая конструкция обеспечивает рост напряжения возникновения короны и дополнительную защиту внутренних слоёв стали (у провода-сердечника) от коррозии.

Сама технология проще, а значит значительно дешевле, чем у любой аналогичной продукции, при этом достигаются, как минимум те же характеристики. Максимальная эффективность (в т.ч. увеличение пролётов до 30%) достигается комплексным использованием наших проводов и грозотросов (или ОКГТ) при новом строительстве. И при других вариантах использования (переходы, увеличение пропускной способности старых ВЛ и т.п.), каждый из продуктов обеспечивает решение целого ряда проблем.

- Сталеалюминевый провод высокопрочный (АСВП, используется Al обычных марок). Повышенная механическая прочность и компактность конструкции позволяет: использовать провода значительно меньших диаметров и веса в одинаковых по длине пролетах ВЛ или увеличить расстояния между опорами (при одинаковых сечениях проводов) до 40% без изменения пропускной способности ВЛ, а также повысить предельно допустимое значение тока при одинаковых максимально допустимых температурах. При одинаковой механической прочности пропускная способность выше на 15 -25%. При одинаковых электро-механических характеристиках АСПВ имеет сопоставимую цену с АС.
- Сталеалюминевый провод высокотемпературный (АСВТ). Сплав, увеличивающий предельно допустимую температуру проводов с 90°С до 210°С.), разработанный совместно с РУСАЛ и конструкция провода позволяют без изменения сопротивления провода (относительно АСПВ), достичь роста пропускной способности (до 100%), без значительного удорожания.
- Грозотрос МЗ по ТУ-062 (эксплуатируется с 2008г, поставлено 17 000км) – Единственный, выдерживающий полный цикл последовательных испытаний одного образца, на воздействие тока молнии, золовую вибрацию, пляску, а также на стойкость к токам короткого замыкания, сохраняя исходные механические свойства после всех воздействий.
- ОКГТ – сохраняет те же свойства, что и МЗ. Количество оптических волокон в серийных изделиях до 96.

Наш высокотемпературный провод повысит надёжность ВЛ особенно в южных районах без увеличения затрат при строительстве.

- Длительно допустимый ток и пропускная способность снижается, с ростом температуры провода. В связи с этим возникает необходимость применять провод большего сечения. Провод в южных районах перегревается только за счёт воздействия солнца до предаварийных температур. При высокой плотности тока возможны аварийные режимы работы линии в летний период.
- *Происходит значительное температурное удлинение провода.* При этом возможны повреждение или обрывы проводов; перекрытия на деревья, препятствия и другие ВЛ при провисании проводов в пролёте; отключение потребителей при снижении пропускной способности линий в результате нагрева провода особенно на ВЛ Уном ≤ 220 кВ. Например, в пролёте 300 м у провода с соотношением сечений алюминия и стали - 6, при температуре 40°C , допустимая температура нагрева провода лежит в диапазоне $58 - 62^{\circ}\text{C}$ (в среднем 60°C). Температура вполне достижимая на юге при слабом ветре.
- **Снижение длительно допустимого тока** при 40°C -14%, при 50°C -30%
- ✓ Для компенсации этих факторов технически необходимо применять провода с избыточными сечениями и увеличивать количество опор, из-за крайне высокой стоимости известных высокотемпературных проводов.
 - ❖ Провод конструкции Энергосервис (АСВТ) из сплава, специально разработанного ОК РУСАЛ, позволяют повысить рабочие нагрузки и температуры, снизив стрелы провеса и их зависимость от всех атмосферных воздействий (солнце, гололёд и ветер), без дополнительных затрат.



Полное импортозамещение

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

ОКГТ с молниестойкостью и свойствами грозотроса МЗ

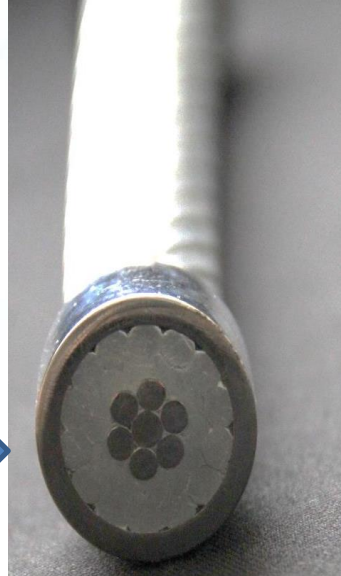
Патентный приоритет:
Элементы конструкции с 2008г.
Изделие и технология – с 2010г.

Грозозащитный трос МЗ

Опыт эксплуатации с 2008г
Использование – 15 000 км ВЛ
Патентный приоритет на
изделие и технологию с 2008г.



← Аттестация 2014г →



Deutsches
Patent- und Markenar

Patent DE102014101833

Провода высокопрочные (АСВП) и высокотемпературные (АСВТ)

Патентный приоритет:
Элементы конструкции с 2008г.
Провод в целом – с 2011г.
Технология - с 2008г.

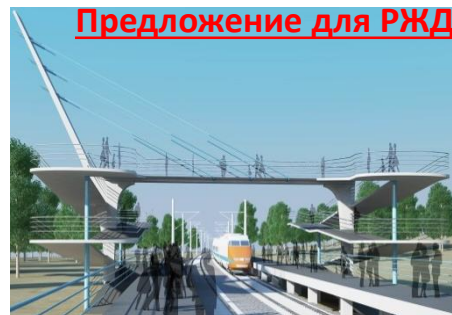
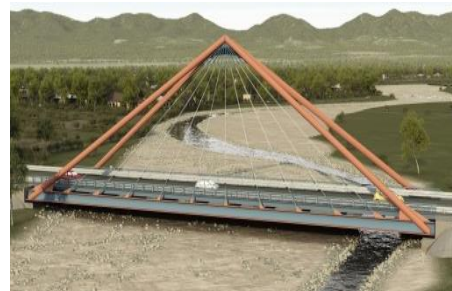




Инжиниринговая компания ООО «Энергосервис»

Некоторые реализованные проекты для крупнейших компаний

Программа реконструкции Мостовых переходов в СКФО



2001г



Предложение для РЖД

Первый мост РФ-Череповец-1979г

(Канаты не менялись никогда! как и в Киеве (1963,1976 г.), в Риге (1981)

РЖД
Russian Railways Несущий трос

контактной сети РЖД



НОРИЛЬСКИЙ НИКЕЛЬ



Реализация полного
импортозамещения



АВТОДОР
ГОСУДАРСТВЕННАЯ КОМПАНИЯ

ВПЕРВЫЕ! Российские
Тросовые ограждения



*Мы предлагаем Вам снижение
затрат при строительстве
и эксплуатации
с повышением надёжности!*

