

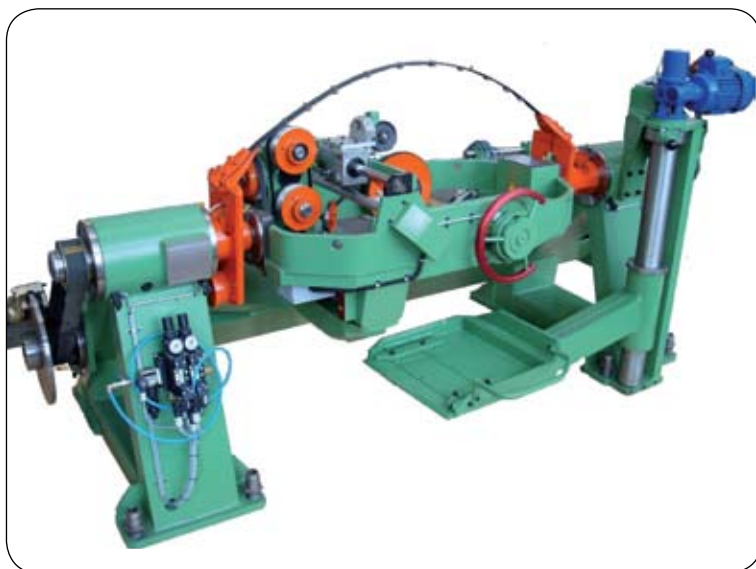
Электрическое сопротивление жил из чистой и луженой меди, скрученных на машинах двойной скрутки



Электрическое сопротивление проводников является одним из главных требований, указываемых в нормативах, которые устанавливаются соответствующими органами. В нормативах указывается максимальное электрическое сопротивление, пересчитанное на температуру 20 °С, на каждое сечение жилы.

Компанией Officine Meccaniche di Lesmo S.p.a. были проведены углубленные исследования в этой области, используя для этой цели высокоскоростные крутильные машины двойной скрутки нового поколения. Исследование было нацелено на выявление факторов, которые влияют на электрическое сопротивление скрученных жил небольшого сечения, производство которых должно осуществляться на высокой скорости из-за короткого шага скрутки.

Испытания были проведены на крутильной машине двойной скрутки модели DTO-560 BM, предназначенной для использования приемной катушки диаметром фланца 560 мм DIN (22»). В машине предусмотрен фотоэлемент, посредством которого осуществляется контроль и поддержание постоянного уровня натяжения скручиваемой жилы. Максимальная скорость этой машины — 4000 об/мин (8000 скрут/мин).



В линии с машиной DTO-560 BM были установлены моторизированные отдающие устройства, оснащенные системой контроля натяжения, а также многоканальными обводными шкивами.

Скрутка 7-и проволочных жил производилась с использованием одной отдающей катушки с одним 7-и проволочным пучком, а скрутка 19-и проволочной жилы — с использованием 2-х отдающих катушек, на одной из которых находился 7-и проволочный пучок, а на другой 12-и проволочный пучок. Проволоки каждого из пучков разъединяются посредством многоканальных шкивов, а также распределительной розетки с 19-ю глазками (1+6+12).

Электрическое сопротивление было измерено высокоточным измерительным прибором «Thompson bridge». Измеренное значение электрического сопротивления пересчитано на температуру 20 °С.

При испытаниях принимались во внимание различные параметры, поочередно изменяя только один из нижеперечисленных:

- a — Изменяя степень торможения на моторизированных отдающих устройствах.
- b — Изменяя силу тяги на внутреннем приемном устройстве.
- c — Изменяя длину шага скрутки.
- d — Изменяя скорость вращения дуги.
- e — Изменяя диаметр калибра.
- f — Изменяя входной угол проволок в калибр.
- g — Добавляя смазывающее вещество перед калибром.

В нижеприведенных графиках, величины, находящиеся в допустимых пределах, обозначены зелеными линиями, а красными линиями обозначены величины, выходящие за максимальные допустимые пределы.

За дальнейшей информацией обращайтесь в наш отдел по продажам по электронной почте: omlesmo@omlesmo.com, j.proscureacova@omlesmo.com или по телефонам +3 903 962 84 621, +3 9348 305 56 21.

Колебание электрического сопротивления при температуре 20 °С в зависимости от:

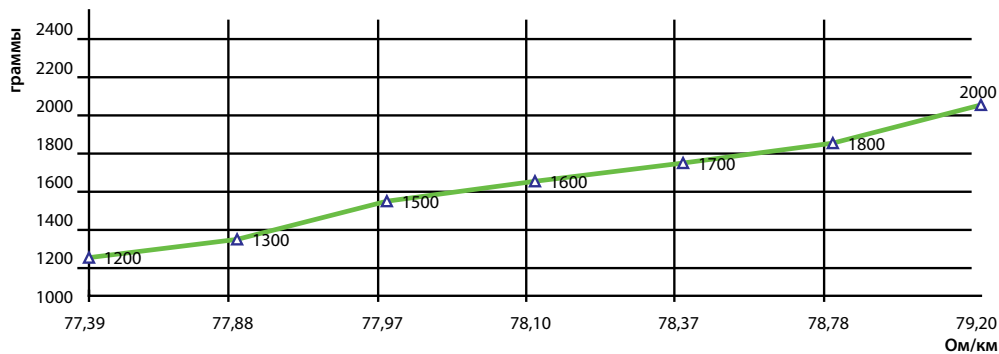
1) Электрическое сопротивление в зависимости от установленного натяжения на отдающих устройствах

Скрутка жилы 7x0,206 (луженая медь) 80,38 Ом/км

Электрическое сопротивление при max t 20 °С

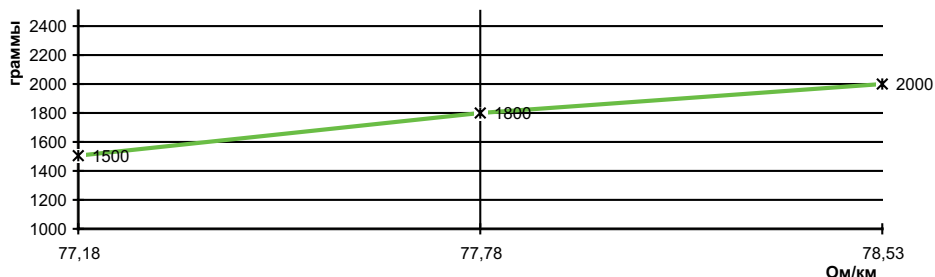
Конструкция	Электрическое сопротивление		Натяжение на отдачиках	Сила тяги катушки	Шаг скрутки	Скорость*	Ø калибра
жилы	Ом/км		гр.	гр.	мм	скрут./мин	мм
7x0,206	77,39	без смазки	1200	1400	15,84	6500	0,605
7x0,206	77,88	без смазки	1300	1400	15,84	6500	0,605
7x0,206	77,97	без смазки	1500	1400	15,84	6500	0,605
7x0,206	78,10	без смазки	1600	1400	15,84	6500	0,605
7x0,206	78,37	без смазки	1700	1400	15,84	6500	0,605
7x0,206	78,78	без смазки	1800	1400	15,84	6500	0,605
7x0,206	79,20	без смазки	2000	1400	15,84	6500	0,605

ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ



Конструкция	Электрическое сопротивление		Натяжение на отдачиках	Сила тяги катушки	Шаг скрутки	Скорость*	Ø калибра
жилы	Ом/км		гр.	гр.	мм	скрут./мин	мм
7x0,206	77,18	без смазки	1500	2000	15,84	6500	0,605
7x0,206	77,78	без смазки	1800	2000	15,84	6500	0,605
7x0,206	78,53	без смазки	2000	2000	15,84	6500	0,605

ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ

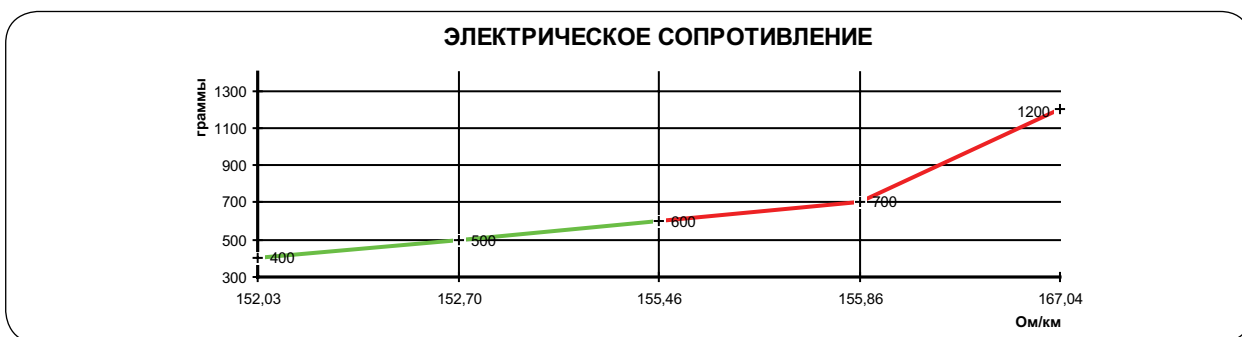


Сравнивая данные этого графика с данными предыдущего, мы замечаем, что при одинаковом натяжении на отдающих устройствах, изменяя только силу тяги приемной катушки, электрическое

сопротивление уменьшается из-за низкого трения на дуге.

Скрутка жилы 7x0,15 (луженая медь) 155 Ом/км
Электр. сопротивление при max t 20 °C

Конструкция	Электрическое сопротивление		Натяжение на отдачиках	Сила тяги катушки	Шаг скрутки	Скорость*	ø калибра
жилы	Ом/км		гр.	гр.	мм	скрут./мин	мм
7x0,15	152,03	без смазки	400	530	8,12	7500	0,465
7x0,15	152,70	без смазки	500	530	8,12	7500	0,465
7x0,15	155,46	без смазки	600	530	8,12	7500	0,465
7x0,15	155,86	без смазки	700	530	8,12	7500	0,465
7x0,15	167,04	без смазки	1200	530	8,12	7500	0,465



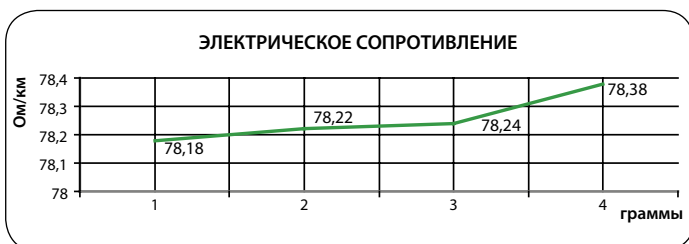
Увеличивая натяжение и сохраняя остальные параметры неизменными, электрическое сопротивление сильно увеличивается, в особенности при установке натяжения больше чем 6 кг/мм². Электрическое сопротивление изменяется также

при увеличении скорости вращения дуги. Например, в случае скрутки жилы 7x0,15 на скорости 7500 скрут./мин, натяжение должно быть не более чем 4 кг/мм², так чтобы трение на дуге не было чрезмерным.

2) При изменении силы тяги приемной катушки

Скрутка жилы 7x0,206 (луженая медь) 80,38 Ом/км
Электрическое сопротивление при max t 20 °C

Конструкция	Электрическое сопротивление		Натяжение на отдачиках	Сила тяги катушки	Шаг скрутки	Скорость*	ø калибра
жилы	Ом/км		гр.	гр.	мм	скрут./мин	мм
7x0,206	78,18	без смазки	1800	1500	15,84	6500	0,605
7x0,206	78,22	без смазки	1800	1700	15,84	6500	0,605
7x0,206	78,24	без смазки	1800	1800	15,84	6500	0,605
7x0,206	78,38	без смазки	1800	1900	15,84	6500	0,605



Изменение натяжения на приемной катушке влияет несущественно на уровень электрического сопротивления.

3) Электрическое сопротивление в зависимости от шага скрутки

Скрутка жилы 7x0,206 (луженая медь) 54,20 Ом/км

Электрическое сопротивление при max t 20 °C

Конструкция	Электрическое сопротивление		Натяжение на отдачиках	Сила тяги катушки	Шаг скрутки	Скорость*	ø калибра
жилы	Ом/км		гр.	гр.	мм	скрут./мин	мм
7x0,26	47,76	без смазки	1800	1800	19,95	6500	0,77
7x0,26	48,08	без смазки	1800	1800	15,87	6500	0,77
7x0,26	49,10	без смазки	1800	1800	9,50	6500	0,77
7x0,26	49,34	без смазки	1800	1800	8,46	6500	0,77



Чем длинней шаг скрутки, тем лучше электрическое сопротивление.

Например, увеличивая шаг скрутки с 11 до 25, электрическое сопротивление уменьшается на 3%.

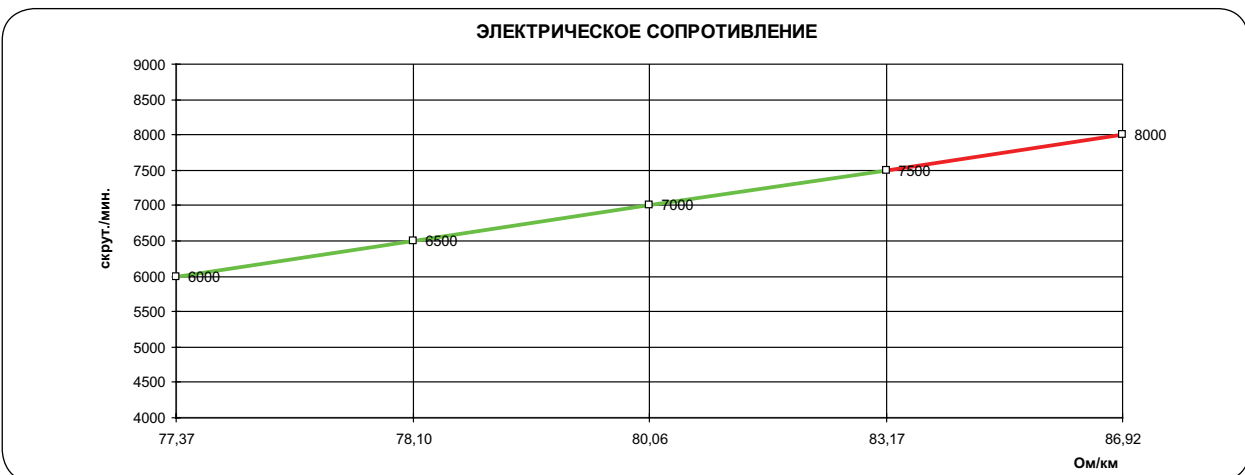
Важным фактором является также идеальная геометрия жилы.

4) Электрическое сопротивление в зависимости от скорости вращения дуги

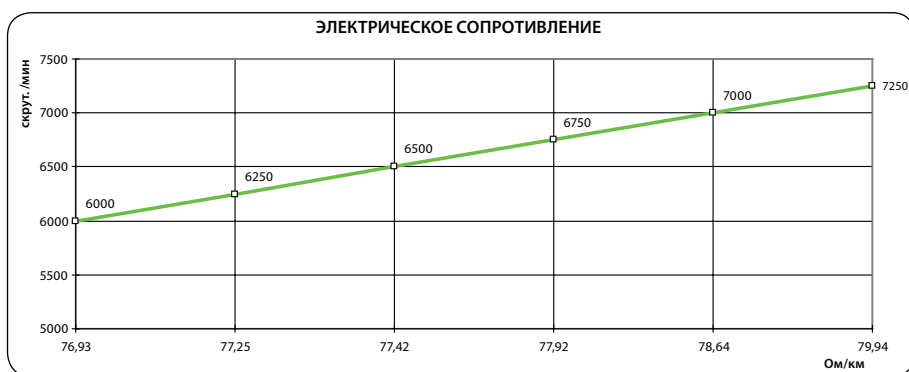
Скрутка жилы 7x0,206 (луженая медь) 80,38 Ом/км

Электрическое сопротивление при max t 20 °C

Конструкция	Электрическое сопротивление		Натяжение на отдачиках	Сила тяги катушки	Шаг скрутки	Скорость*	ø калибра
жилы	Ом/км		гр.	гр.	мм	скрут./мин	мм
7x0,206	77,37	без смазки	1800	1400	15,84	6000	0,605
7x0,206	78,10	без смазки	1800	1400	15,84	6500	0,605
7x0,206	80,06	без смазки	1800	1400	15,84	7000	0,605
7x0,206	83,17	без смазки	1800	1400	15,84	7500	0,605
7x0,206	86,92	без смазки	1800	1400	15,84	8000	0,605



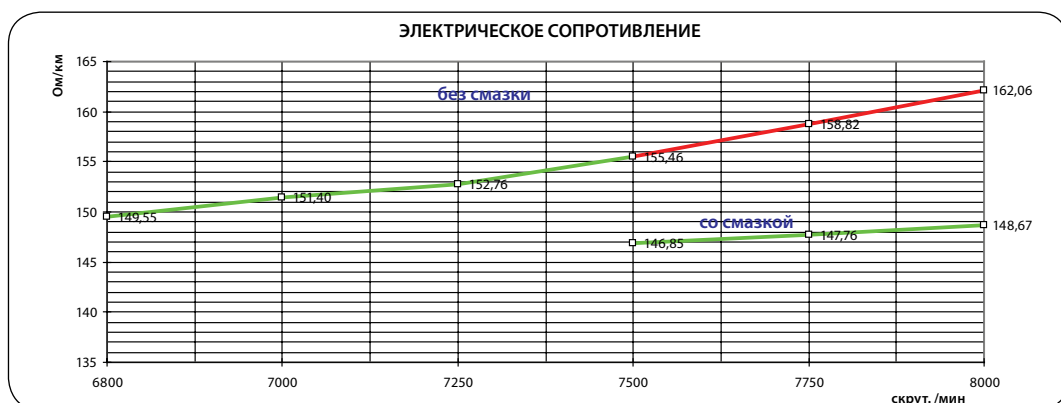
Конструкция	Электрическое сопротивление		Натяжение на отдачиках	Сила тяги катушки	Шаг скрутки	Скорость*	Ø калибра
жилы	Ом/км		гр.	гр.	мм	скрут./мин	мм
7x0,206	76,93	без смазки	1600	1400	15,84	6000	0,605
7x0,206	77,25	без смазки	1600	1400	15,84	6250	0,605
7x0,206	77,42	без смазки	1600	1400	15,84	6500	0,605
7x0,206	77,92	без смазки	1600	1400	15,84	6750	0,605
7x0,206	78,64	без смазки	1600	1400	15,84	7000	0,605
7x0,206	79,94	без смазки	1600	1400	15,84	7250	0,605



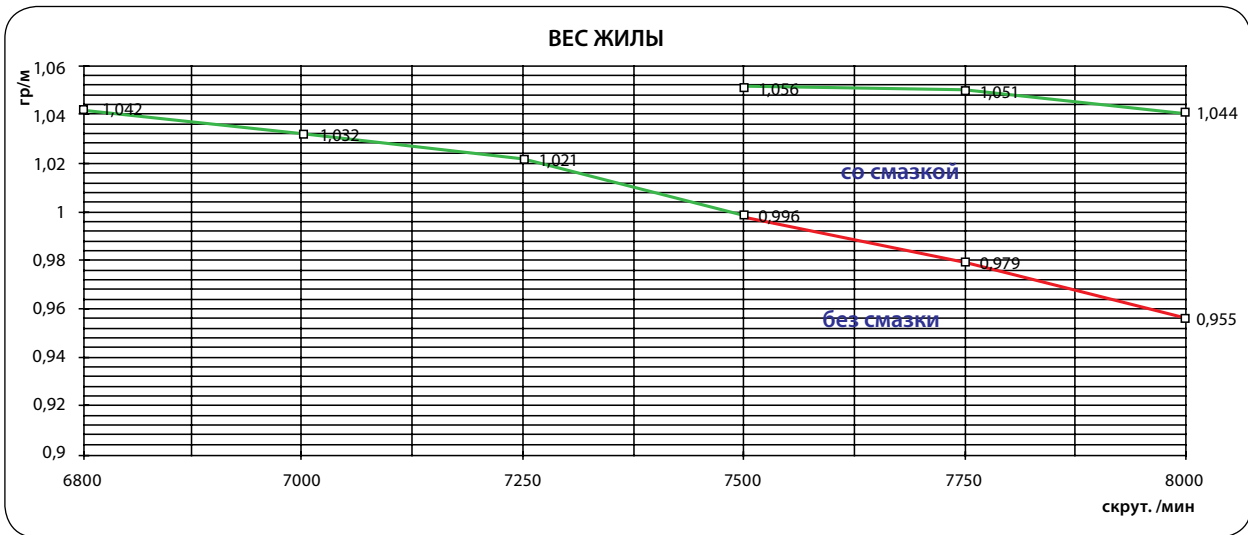
Из двух последних графиков видно, что уменьшая натяжение на отдающих устройствах, электрическое напряжение увеличивается даже при работе на повышенной скорости.

Скрутка жилы 7x0,15, с удлинением 25% (луженая медь) с/без смазки скручиваемой жилы 7x0,15. Электр. сопротивление при max t 20 °C 155 Ом/км

Конструкция	Скорость*	Ø калибра	Шаг скрутки	Натяжение на отдачиках	Сила тяги катушки	Присутствие смазки	Электрическое сопротивление	Вес	Присутствие смазки	Электрическое сопротивление	Вес
жилы	скрут./мин	мм	мм	гр.	гр.		Ом/км	гр/метр		Ом/км	гр/метр
7x0,15	6800	0,465	8,12	600	530	без смазки	149,55	1,042			
7x0,15	7000	0,465	8,12	600	530	без смазки	151,40	1,032			
7x0,15	7250	0,465	8,12	600	530	без смазки	152,76	1,021			
7x0,15	7500	0,465	8,12	600	530	без смазки	155,46	0,998	смаз.	146,85	1,056
7x0,15	7750	0,465	8,12	600	530	без смазки	158,82	0,979	смаз.	147,76	1,051
7x0,15	8000	0,465	8,12	600	530	без смазки	162,06	0,955	смаз.	148,67	1,044

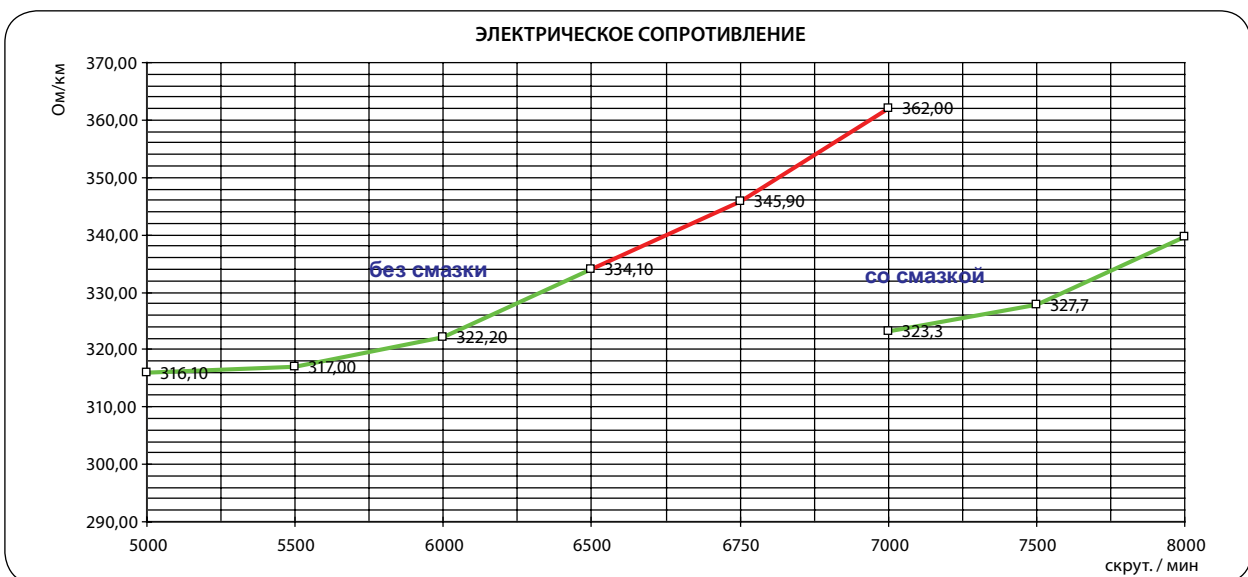


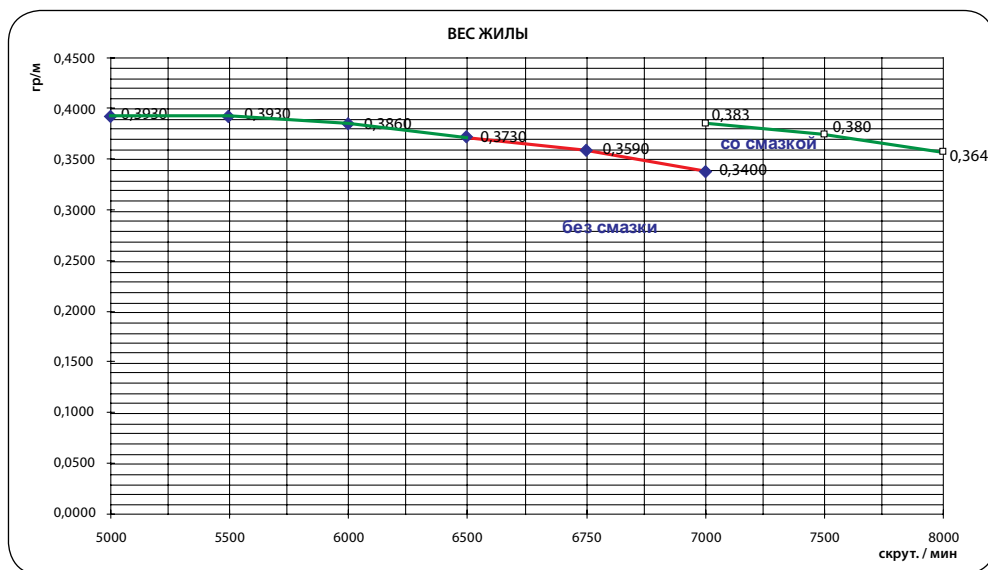
Изменение веса жилы 7x0,15 в зависимости от скорости, а также присутствия/отсутствия смазывающего вещества.



Скрутка жилы 7x0,10 из чистой отожженной меди 345 Ом/км
 Электр. сопротивление при max t 20 °C

Кон-струкция	Ско-рость*	ø кали-бра	Шаг скрутки	Натяже-ние на от-дачиках	Сила тяги катушки	При-сутствие смазки	Электриче-ское сопро-тивление	Вес	При-сутствие смазки	Электриче-ское сопро-тивление	Вес
жилы	скрут./мин	мм	мм	гр.	гр.		Ом/км	гр/метр		Ом/км	гр/метр
7x0,10	5000	0,3027	11,13	300	300	без смазки	316,10	0,3930			
7x0,10	5500	0,3027	11,13	300	300	без смазки	317,00	0,3930			
7x0,10	6000	0,3027	11,13	300	300	без смазки	322,20	0,3860			
7x0,10	6500	0,3027	11,13	300	300	без смазки	334,10	0,3730			
7x0,10	6750	0,3027	11,13	300	300	без смазки	345,90	0,3590			
7x0,10	7000	0,3027	11,13	300	300	без смазки	362,00	0,3400	смаз.	323,3	0,383
7x0,10	7500	0,3027	11,13	300	300				смаз.	327,7	0,380
7x0,10	8000	0,3027	11,13	300	300				смаз.	339,7	0,364

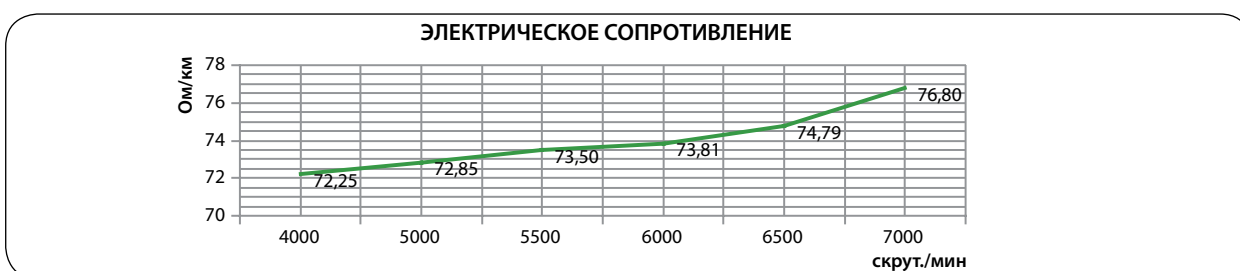




В сравнении с остальными факторами, заметно, что скорость вращения дуги значительно влияет на электрическое сопротивление, так как при увеличении скорости, значительно возрастает трение. Благодаря добавлению смазывающего вещества, работая на высоких скоростях, электрические и механические характеристики улучшаются. Пробное испытание скрутки жилы на скорости в 7500 и 8000 скрут./мин. без добавления смазывающего вещества не принесло положительных результатов.

Скрутка жилы 19x0,127 (луженая медь) 77 Ом/км. Электр. сопротивление при max t 20 °C

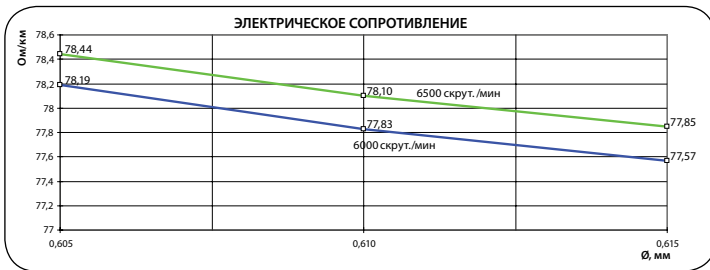
Конструкция	Скорость*	ø калибра	Шаг скрутки	Натяжение на отдачиках	Натяжение на катушке	Электрическое сопротивление	Присутствие смазки
жилы	скрут./мин	мм	мм	гр. п.7- п.12	гр.	Ом/км	
19x0,127	4000	0,607	8,2	1100/1100	1900	72,25	без смазки
19x0,127	5000	0,607	8,2	1100/1100	1900	72,85	без смазки
19x0,127	5500	0,607	4:48	1100/1100	1900	73,50	без смазки
19x0,127	6000	0,607	8,2	1100/1100	1900	73,81	без смазки
19x0,127	6500	0,607	8,2	1100/1100	1900	74,79	без смазки
19x0,127	7000	0,607	8,2	1100/1100	1900	76,80	без смазки



5) Электрическое сопротивление в зависимости от диаметра калибра

Электр. сопротивление при max t 20 °C, 80,38 Ом/км, теоретический ø 0,618 мм

Конструкция	ø калибра	Электрическое сопротивление	Электрическое сопротивление	Натяжение на отдачиках	Сила тяги катушки	Шаг скрутки	Скорость*
жилы	мм	Ом/км	Ом/км	гр.	гр.	мм	скрут./мин
7x0,206	0,605	78,19	78,44	2000	2000	15,84	6000
7x0,206	0,610	77,83	78,10	2000	2000	15,84	6000
7x0,206	0,615	77,57	77,85	2000	2000	15,84	6000
		6000 скрут./мин	6500 скрут./мин				

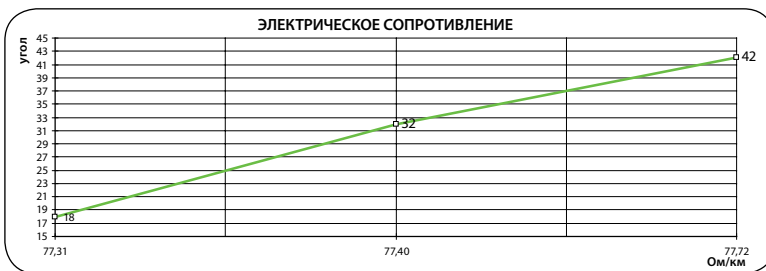


В этих двух примерах демонстрируется, что при увеличении диаметра калибра, электрическое сопротивление уменьшается. Тем не менее, диаметр калибра должен быть немного меньше чем теоретический диаметр жилы.

6) Электрическое сопротивление в зависимости от входного угла проволок в калибр

Электр. сопротивление при max t 20 °С, 80,38 Ом/км, теоретический Ø 0,618 мм

Конструкция	Электрическое сопротивление	Входной угол	Натяжение на отдачаках	Сила тяги катушки	Шаг скрутки	Скорость*	Ø калибра
жилы	Ом/км	градусы	гр.	гр.	мм	скрут./мин	мм
7x0,206	77,31	18	1600	1400	15,84	6000	0,605
7x0,206	77,40	32	1600	1400	15,84	6000	0,605
7x0,206	77,72	42	1600	1400	15,84	6000	0,605



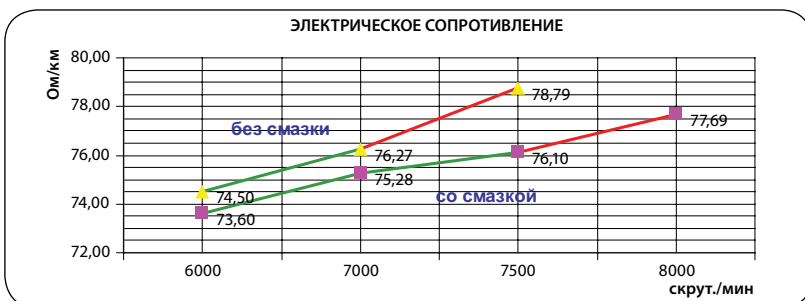
Увеличивая расстояние между распределительной розеткой и калибром, тем самым уменьшая входной угол проволок в калибр, электрическое сопротивление немного снижается. Тем не менее, рекомендуемым входным углом остается 30/32°.

7) Электрическое сопротивление в зависимости как от присутствия/отсутствия смазывающего вещества, так и в зависимости от скорости вращения дуги

Скрутка жилы 7x0,211 (луженая медь), 5% уплотнение

Электр. сопротивление при max t 20 °С, 77,10 Ом/км

Конструкция	Ø калибра	Натяжение на отдачаках	Сила тяги катушки	Электрическое сопротивление	Присутствие смазки	Электрическое сопротивление	Присутствие смазки	Скорость*
жилы	мм	гр.	гр.	Ом/км		Ом/км		скрут./мин
7x0,211	0,620	1800	1500	73,60	смаз.	74,50	без смазки	6000
7x0,211	0,620	1800	1500	75,28	смаз.	76,27	без смазки	7000
7x0,211	0,620	1800	1500	76,10	смаз.	78,79	без смазки	7500
7x0,211	0,620	1800	1500	77,69	смаз.			8000



* Для машин двойной скрутки 6000 скрут./ мин = 3000 об./мин.