



Министерство образования и науки Самарской области  
Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение  
Самарской области  
«САМАРСКИЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ КОЛЛЕДЖ»  
(ГБПОУ «СЭК»)

В.М. Дашков

ТЕРМИТНАЯ СВАРКА  
СТАЛЕАЛЮМИНИЕВЫХ ПРОВОДОВ

Методические указания к практическому занятию  
для студентов-заочников специальности  
13.02.09 Монтаж и эксплуатация линий электропередачи

ПМ.01 Монтаж воздушных линий электропередачи  
МДК.01.02 Технология монтажа линий электропередачи

Самара 2017

Методические указания к практическому занятию *Термитная сварка сталеалюминиевых проводов* ПМ.01 *Монтаж воздушных линий электропередачи* МДК.01.02 *Технология монтажа линий электропередачи* для студентов-заочников специальности 13.02.09 *Монтаж и эксплуатация линий электропередачи* /авт. Дашков В.М. – Самара: ГБПОУ «СЭК», 2017 – 15 с.

В издании рассмотрены особенности конструкции термитных патронов. Приведена технология соединения проводов в шлейфах анкерно-угловых опор термитной сваркой. Составлено в соответствии с требованиями ФГОС СПО по специальности 13.02.09

Рассмотрено и рекомендовано к изданию методическим советом ГБПОУ «СЭК» (протокол № 6 от 22.06.2017 г.)

Рецензент:

Волков А.П. – преподаватель Государственного бюджетного профессионального образовательного учреждения Самарской области «Самарский энергетический колледж»

Замечания, предложения и пожелания направлять в ГБПОУ «Самарский энергетический колледж» по адресу: 443001, г. Самара, ул. Самарская 205-А или по электронной почте [info@sam-ek.ru](mailto:info@sam-ek.ru)

ГБПОУ «Самарский энергетический колледж», 2017 г.

# ТЕРМИТНАЯ СВАРКА СТАЛЕАЛЮМИНИЕВЫХ ПРОВОДОВ

*Цель занятия:* изучение технологии соединения сталеалюминиевых проводов в шлейфах анкерно-угловых опор воздушных линий электропередачи.

## Теоретические сведения

Важными требованиями, предъявляемыми к соединениям проводников, являются обеспечение стабильности электрического переходного сопротивления в течение длительного периода эксплуатации и достаточно малой величины переходного сопротивления.

Если монтаж проводов на воздушной линии электропередачи (ВЛ) выполняется с помощью болтовых натяжных зажимов, то конец провода, выходящий в шлейф, является продолжением линейного провода, в следующем за анкерной опорой пролете (с учетом длины петли токоведущего шлейфа на анкерно-угловой опоре). При использовании на ВЛ натяжных прессуемых зажимов их алюминиевые корпуса предварительно опрессовываются на проводах шлейфа на расстояниях, определяемых расчетом. Это позволяет избежать соединения проводов в шлейфах анкерно-угловых опор. Если при монтаже в шлейфах нельзя избежать разрезания проводов, их соединяют в шлейфе. При монтаже проводов ВЛ 300, 500 и 750 кВ невозможно точно рассчитать длину каждого провода из целого их пучка в шлейфе. Поэтому на этих линиях провода в шлейфах разрезаются и соединяются. Концы проводов, выходящие из натяжных зажимов на анкерно-угловых опорах, на их стыке соединяются так, чтобы расстояние от проводов образовавшейся петли до заземленных частей опоры было не меньше заданного в проекте. Соединение проводов шлейфа должно обеспечить надежный электрический контакт в течение всего периода эксплуатации.

Наиболее рациональным способом соединения проводов в шлейфах анкерно-угловых опор является сварка концов проводов с помощью термитных патронов. Сварка выполняется с помощью монтажных приспособлений в строго заданной последовательности [1-5].

Соединение проводов методом сварки позволяет упростить и удешевить монтаж ВЛ, отказаться от соединителей при сварке проводов в шлейфах, повысить надёжность ВЛ, отказаться от эксплуатационных замеров электрического сопротивления контактов, частых наблюдений и ремонтных работ, поскольку с течением времени электрические характеристики сварного контакта не изменяются.

В таблице 1 приведены технико-экономические показатели на работы по термитной сварке одного соединения сталеалюминиевых проводов [5].

Показатели	Сталеалюминиевый провод сечением, мм <sup>2</sup>		
	120	150-240	300-600
Соединение проводов термитной сваркой:			
Трудоемкость, чел.-час.	0,94	1,2	1,6
Работа механизмов, маш.-час	0,47	0,6	0,8
Расход бензина, кг	7,5	9,6	12,8
Производительность звена за смену (8,2 часа), количество соединений	17,5	13,5	10

При сварке встык сталеалюминиевых проводов стальной сердечник не сваривается, и сварное соединение имеет прочность почти вдвое меньшую, чем целый провод. Поэтому сварка может применяться с полной надёжностью лишь там, где места сварки не будут испытывать больших механических нагрузок.

Термитный патрон для сварки проводов состоит из трубки-кокиля, изготавливаемой из листовой стали толщиной 1-1,2 мм, длиной от 60 до 125 мм. Диаметр трубки соответствует диаметру свариваемого провода, который входит в неё с небольшим зазором. В середине трубки (на стыке концов свариваемых проводов) устанавливается вкладыш из алюминия марки АД1 для сварки алюминиевых и сталеалюминиевых проводов. На трубке-кокиле напрессована термитная масса. Общий вид термитного патрона приведен на рисунке 1.

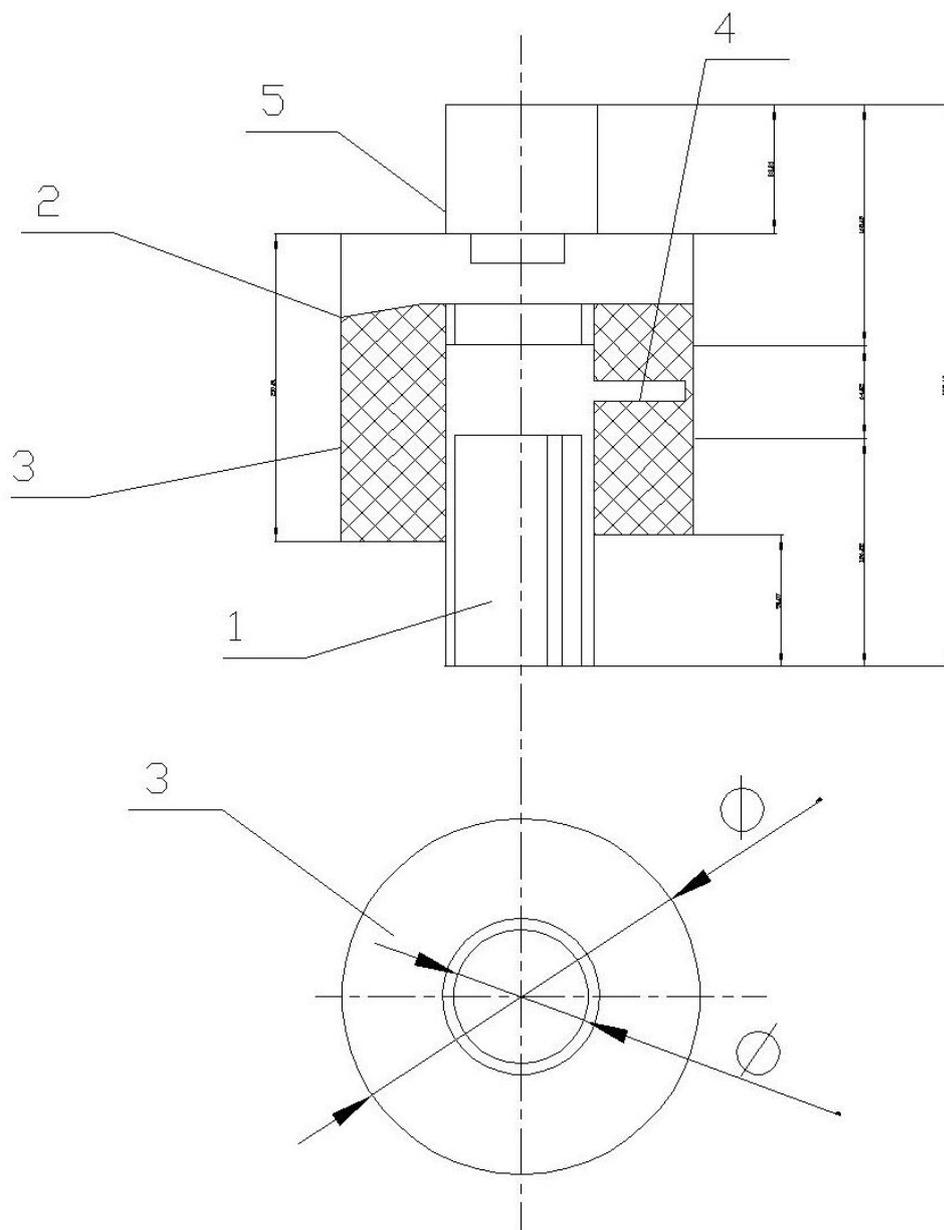


Рис. 1 Конструкция термитного патрона для сварки  
сталеалюминиевых проводов:

1-кокиль, 2-вкладыш, 3-термитная масса, 4-отверстие 3-4 мм (высверливается для  
выхода газа при термосварке), 5-этикетка

Размеры термитных патронов должны соответствовать сечению свариваемых проводов (см. табл. 2).

Сварочные приспособления состоят из корпуса (рамы), на котором смонтированы два зажимных устройства для фиксации и направления движения концов свариваемых проводов. Для обеспечения необходимого качества соединения в процессе сварки по мере расплавления алюминия концы проводов, введенные встык в кокиль термитного патрона, необходимо подавать навстречу друг другу.

В существующих устройствах для термитной сварки применяются две конструкции механизма подачи. В сварочных клещах типа ПСП (рис.2) предусмотрен механизм подачи *пружинного типа* на шарнирной раме. В сварочном приспособлении, приведенном на рис. 3, используется механизм

подачи *винтового типа*.

Для защиты сварщика от ожогов при сварке патрон закрывается защитным кожухом, так как температура сварки превышает  $2500^{\circ}\text{C}$ . Сварочное приспособление имеет дополнительную струбцину для крепления на конструкциях опоры или на ограждении кабины подъемной вышки.

Следует отметить, что сварочное приспособление марки ПСП-2 предназначено для сварки проводов сечением до  $240\text{ мм}^2$ , а приспособление марки ПСП-3 — для сварки проводов сечением до  $600\text{ мм}^2$ .

При термитной сварке происходит расплавление в трубке-кокиле алюминиевой вставки термитного патрона и алюминиевых повивов на концах проводов. Для исключения пористости и для обеспечения достаточной прочности сварного соединения концы проводов перед сваркой тщательно зачищаются стальной щеткой от смазки и загрязнений, вызывающих обильное выделение газов при сгорании.

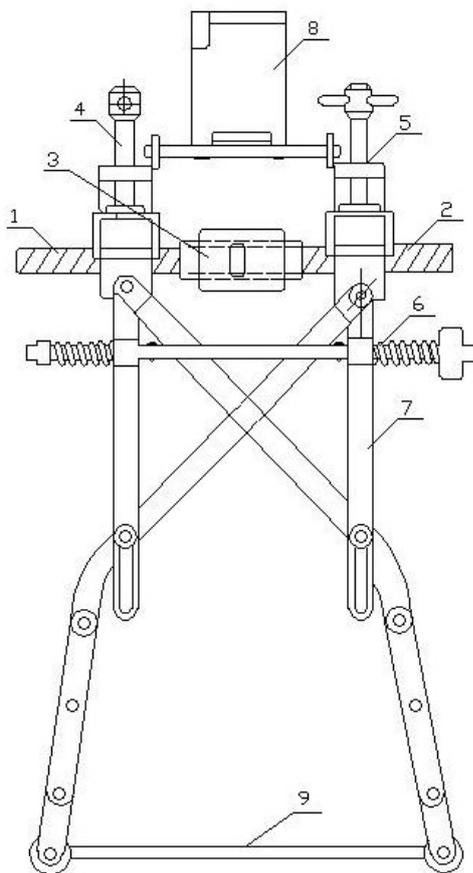


Рис.2 Клещи типов ПСП-2 и ПСП-3 для термитной сварки проводов:

- 1, 2- концы свариваемых проводов;
- 3- термитный патрон;
- 4,5- винтовые устройства для зажатия концов проводов;
- 6-пружины;
- 7-соединительная рама;
- 8-защитный кожух;
- 9-крючок-фиксатор

Таблица 2

Характеристики термитных патронов для сварки многопроволочных сталепалюминиевых проводов.

Марка патрона	Сраци- ваемые провода	Кокиль						Вкладыш	Термитная масса		Вес патрона, г
		Размеры, мм <sup>2</sup>							В	D	
		L	D	H1	H2	H	d				
АС-120	АС-120	65	16,2	15	24	17	23	35	43	140	
АС-150	АС-150	80	18,2	15	31	18	26	50	43	155	
АС-185	АС-185	100	20,3	20	37	26	28	60	50	300	
АС-240	АС-240	100	22,1	20	37	26	31	60	60	360	
АСУ-300	АС-300	120	26,1	25	47	26	35	70	60	440	
АСУ-400	АС-400	125	30,5	22,5	49	27	40	80	65	580	
АСО-500	АСО-500	125	31,7	22,5	49	27	41	80	65	580	
АСО-600	АСО-600	130	34,8	20	52,5	25	48	90	70	750	

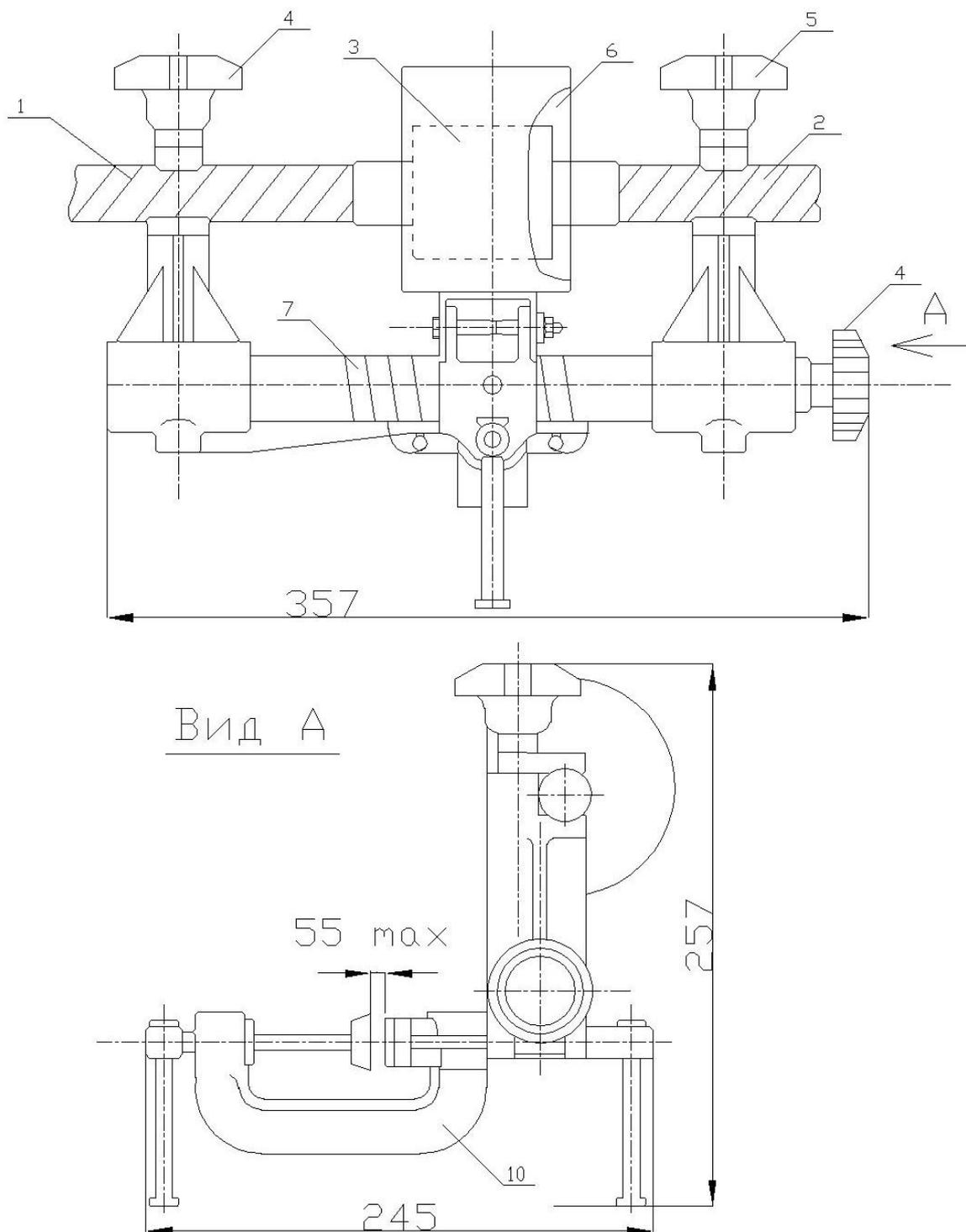


Рис.3 Сварочное приспособление для термитной сварки проводов сечением до  $240 \text{ мм}^2$ :

- 1, 2 – концы свариваемых проводов; 3 – термитный патрон;  
 4,5– винтовые устройства для зажатий концов проводов;  
 6 – механизм подачи проводов; 7 – соединительная рама; 8- защитный кожух;  
 9-струбцина для крепления сварочного устройства на опорной конструкции

На концы проводов накладываются бандажи, торцы проводов зашлифовываются для обеспечения плотного прилегания к плоскости вставки термитного патрона. Концы проводов вставляются в патрон до упора во вкладыш и закрепляются вместе с патроном в сварочном приспособлении так,

чтобы патрон был посередине между зажимными устройствами и разрезом кокиля кверху. Затем у торцов кокиля накладываются бандажи из асбестового шнура, препятствующие вытеканию из кокиля расплавленного металла [4].

Термитный патрон (см. рис. 1) перед использованием проверяется. В термитных патронах, предназначенных для сварки алюминиевых и сталеалюминиевых проводов сечением 120 мм<sup>2</sup> и более, просверливают вертикальное отверстие диаметром 6-16 мм по центру термитной массы на всю глубину, включая металлический кокиль, до алюминиевого вкладыша. Сверление патронов производят осторожно, чтобы не произошло растрескивания термитной массы.

Для обеспечения хорошего качества места сварки, высокой производительности труда, безопасных условий труда разработана технологическая карта К-V-19-8[5].

Работы по соединению термитной сваркой сталеалюминиевых проводов в шлейфах анкерно-угловых опор выполняются в процессе монтажа проводов на воздушных линиях электропередачи звеном электролинейщиков в составе:

- электролинейщик V разряда - 1 чел;
- электролинейщик III разряда – 1 чел;
- машинист телескопической вышки V разряда — 1 чел.

Последовательность и способы выполнения основных операций:

1. очистить провода от грязи, выпрямить их, наложить на каждом конце бандаж и ровно обрезать;
2. обезжирить соединяемые концы проводов в длине 150 мм с тщательной промывкой в бензине;
3. просверлить в термитном патроне вертикальное отверстие по центру термитной массы на всю глубину, включая металлический кокиль, до алюминиевого вкладыша;
4. вставить провода в термитный патрон до упора, предварительно очистить алюминиевый вкладыш патрона от оксидной плёнки, концом напильника или отверткой;
5. установить на провода ограничители подачи (бандажи) на расстоянии 10-16 мм от концов кокиля термитного патрона [4].
6. установить в зажимы сварочных приспособлений концы проводов вместе с патроном. Для того, чтобы расплавленный при сварке металл не вытекал, необходимо наложить на провода у концов кокиля уплотнение из 3-4 витков шнурового асбеста, а разрез кокиля должен быть кверху. С этой же целью во время сварки и до полного остывания металла необходимо сохранять горизонтальное расположение свариваемых проводов;
7. зажигать термитный патрон специальной спичкой со стороны рыхлой части термитной массы, отмеченной краской или наклейкой.

В процессе сварки необходимо строго следить за равномерной двухсторонней подачей (сближением) проводов под действием пружин сварочного приспособления (или вручную). Ни в коем случае не допускать

односторонней подачи, которая приводит к дефектности сварочного соединения.

После сгорания термитного патрона в вертикальное отверстие раскаленного шлака вводится алюминиевая присадка. В качестве присадки применяются пруток или отдельные проволоки провода из электротехнического алюминия, предварительно очищенные от грязи и обезжиренные. Присадка под воздействием температуры остывающего шлака плавится, и жидкий алюминий поступает в зону сварки. Кроме того, присадкой производят перемешивание жидкого металла в зоне сварки, что способствует выходу наружу образующегося шлака. Перемешивание металла в зоне сварки производят в течение всего времени, при котором алюминий находится в жидкой фазе, т.е. практически до полного потемнения шлака патрона. Благодаря применению присадки усадочная раковина в зоне сварки практически не образуется;

8. закончив сварку, не менять горизонтального положения проводов и сварочного приспособления до тех пор, пока не остынет металл. После полного потемнения шлака сгоревшей термитной массы, сбить шлак легкими ударами, а сам кокиль снять при помощи отвертки и кусачек. Сварное соединение проводов зачистить кардощеткой.

Проверить качество сварного соединения.

Соединение считается удовлетворительным, если:

1. нет пережога проволок наружного повива;
2. при перегибании провода отдельные проволоки не выламываются;
3. глубина усадочной раковины не превышает  $1/3$  диаметра провода (но не более 6 мм для проводов АС-150-АС-600 и не более 2мм для проводов до 20мм [3, табл.8.15; 5]).

Можно так же чувствительным микроомметром замерить электрическое сопротивление участка целого провода (длиной, равной пяти диаметрам) и сопротивление участка такой же длины со сварным соединением.

Отношение второй величины к первой называется коэффициентом дефектности. Этот коэффициент не должен превышать 1,2. При замерах с провода удаляются грязь и оксидная пленка и на очищенные места накладываются бандажи, к которым присоединяются проводники прибора.

Сварное соединение может оказаться некачественным вследствие несоблюдения технологии работ, в частности недостаточно тщательной подготовки проводов, т.е. плохого выпрямления, неровного отреза, плохой зачистки и обезжиривания.

Ограничители подачи устанавливаются таким образом, чтобы обеспечить во всех случаях двустороннюю подачу, без которой качественной сварки может не получиться. Установка ограничителей контролируется по нониусу, имеющемуся на его задней стороне. Ограничители должны находиться на одинаковом расстоянии от концов кокиля, причём расстояние равно половине длины вкладыша плюс 2-3 мм на толщину уплотнительного асбестового бандаж: если обозначить расстояние ограничителя до конца кокиля через  $X$ , а высоту вкладыша -  $H$ , то для проводов сталеалюминиевых и алюми-ниевых

сечением до 185 мм<sup>2</sup>  $X=N/2+5$  мм, а для проводов сталеалюминиевых сечением от 240 мм<sup>2</sup> до 700 мм<sup>2</sup> и всех медных проводов расстояние  $X=N/2+2$  мм. Величина  $X$  в первом случае учитывает возможное перемещение концов проводов в зоне сварки относительно друг друга за счёт расплавления концов проволок при сварке алюминиевых проводов и расхождения, стальных проволок вследствие теплового действия при сварке сталеалюминиевых проводов небольших сечений, что создаёт условия для дополнительной подачи концов проводов в процессе сварки;

### Организация и методы труда рабочих

1. Работы по термитной сварке проводов в шлейфах анкерно-угловых опор выполняются специально обученными электролинейщиками V и III разрядов из состава монтажной бригады, занятой на монтаже проводов и грозозащитных тросов на воздушных линиях электропередачи.
2. Работы по термитной сварке проводов в шлейфах анкерно-угловых опор производятся с телескопической вышки с помощью специальных приспособлений (клещей).

Перечень материально-технических ресурсов, необходимых для выполнения работ по термитной сварке сталеалюминиевых проводов приведен в табл.3.

На смонтированное соединение составляется журнал по установленной форме [5].

Значительное внимание при выполнении работ по термитной сварке проводов должно уделяться вопросам техники безопасности.

Термитная сварка проводов должна производиться согласно «Инструкции по термитной сварке проводов воздушных линий электропередачи», утвержденной Союзглавэнерго.

К работе по термитной сварке проводов могут быть допущены лица, обученные приёмам сварки, которые могут выполнять сварку самостоятельно.

Термитную сварку следует производить в тёмных защитных очках. Во время сварки лицо работающего должно находиться на расстоянии не менее 0,5 м от места сварки.

Запрещается трогать или поправлять рукой горящий термитный патрон. Сгоревший и остывший шлак следует сбивать в направлении от себя и только после полного его охлаждения.

При выполнении работ по термитной сварке на деревянных опорах или порталах в жаркую сухую погоду следует обеспечить все меры против возгорания опоры, портала или сухой травы от случайного попадания неостывшего шлака.

Несгоревшую термитную спичку следует бросать на заранее намеченную земляную площадку или в металлический ящик, около которого не должно быть легковоспламеняющихся предметов.

При перекладке и переноске ящиков с термитными патронами и спичками нужно избегать сильных сотрясений и бросков.

## Инструменты и материалы, необходимые для термитной сварки проводов

№ п.п.	Наименование	Ед. измерений, шт	Количество	Примечание
1	Сварочные клещи ПСП-2 или ПСП-8	шт.	1	
2	Стальная рулетка 10 м	шт.	1	
3	Ножовка по металлу	шт.	2	
4	Полотна ножовочные	шт.	20	
5	Штангенциркуль	шт.	2	
6	Пассажиги универсальные 250 мм	шт.	2	
7	Кусачки	шт.	2	
8	Щетки из кардоленты	шт.	2	
12	Напильник личной длиной 300 мм	шт.	1	
13	Напильник драчевый плоский длиной 300 мм	шт.	1	
14	Проволока мягкая, вязальная	шт.	1	
15	Термитные пагоны и спички к ним	комплект	20	Подбираются на сечение объединяемых проводов
16	Бензин (или другой растворитель)	кг.	5	
17	Очки защитные с синими стеклами	пар.	2	
18	Ветошь	кг.	1	
19	Асбест шнуровой	кг.	1	

Термитные спички следует хранить в отдельных коробах, в заводской упаковке.

Ящики с термитными патронами должны складироваться отдельно от ящиков с термитными спичками и храниться в штабелях на полу крышками вверх. Высота штабеля не должна превышать 2м.

Хранилище для термитных патронов и спичек должно быть сухим, негорячим и соответствовать установленным требованиям к хранилищам пожароопасной продукции. Разрешается хранить термитные патроны и спички в закрытых металлических шкафах.

Тушить загоревшийся термитный патрон следует только песком или пенным огнетушителем. Применять для этих целей воду запрещается.

### Описание лабораторного стенда

В шкафу с инструментами, приспособлениями и материалами имеются отрезки сталеалюминиевого провода, ножовки по металлу, проволока вязальная и другие материалы, необходимые для выполнения работ по соединению проводов термитной сваркой.

В специальном закрытом металлическом шкафу хранятся термитные патроны.

### Порядок выполнения работы

1. Изучить по данному руководству и рекомендуемой литературе особенности технологического процесса термитной сварки проводов в шлейфах анкерно-угловых опор.
2. Ознакомиться с образцами термитных патронов, проводов и инструментов, которые используются при соединении проводов с помощью термитной сварки.
3. Произвести соединение отрезков сталеалюминиевого провода термитной сваркой.

### Содержание отчета

1. Цель работы (занятия).
2. Краткое изложение технологического процесса термитной сварки сталеалюминиевых проводов.
3. Эскиз термитного патрона.
4. Эскизы сварочных приспособлений.

## Контрольные вопросы

1. Укажите основные преимущества соединения проводов методом сварки.
2. Почему термитную сварку сталеалюминиевых проводов запрещается применять при соединении проводов в пролетах?
3. Объясните устройство термитного патрона, применяемого для сварки сталеалюминиевых проводов?
4. Какие основные элементы имеются в сварочных клещах типа ПСП?
5. Какой тип механизма подачи свариваемых концов проводов применен в клещах типа ПСП?
6. Какие основные элементы имеются в сварочном приспособлении с винтовым типом механизма подачи свариваемых проводов?
7. Какие подготовительные операции выполняются перед термитной сваркой сталеалюминиевых проводов?
8. Для каких целей при термитной сварке проводов применяется алюминиевая присадка?
9. Объясните последовательность выполнения основных операций при соединении сталеалюминиевых проводов термитной сваркой.
10. Каким образом производится контроль сварного соединения, выполненного термитной сваркой?
11. Объясните основные правила техники безопасности при производстве работ по термитной сварке проводов.
12. Каким образом складываются ящики с термитными патронами?
13. Объясните структуру журнала, заполняемого при соединении проводов термитной сваркой в шлейфах анкерно-угловых опор.
14. На каком расстоянии от места термитной сварки должно находиться лицо электромонтажника, выполняющего сварку?
15. Объясните особенности операций, выполняемых при установке проводов с патроном в сварочном приспособлении.
16. Объясните последовательность операций, выполняемых непосредственно в процессе термитной сварки проводов.
17. Какие операции выполняются после окончания процесса термитной сварки после полного остывания шлака?

## ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

1. Гологорский Е.Г. Справочник по строительству и реконструкции линий электропередачи напряжением 0,4-500 кВ / Е.Г. Гологорский, А.Н. Кравцов, Б.М. Узелков. – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2003. – 334 с.
2. Справочник по электрическим установкам высокого напряжения / под ред. И.А. Баумштейна. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 767 с.
3. Справочник по сооружению линий электропередачи напряжением 35-750кВ: Справочник мастера/ Сост.: С.В. Крылов и др.; под ред. М.А. Реута. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 496 с.
4. Технология сооружения линий электропередачи/ С.В. Крылов, И.А.Мерман, М.А. Реут и др.; под ред. М.А. Реута. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 427 с.
5. Типовая технологическая карта К-V-19-8. Термитная сварка сталеалюминиевых проводов сечением 120-700 мм<sup>2</sup>. – М.: Оргэнергострой, 1978.

## Содержание

Теоретические сведения .....	3
Организация и методы труда рабочих .....	11
Описание лабораторного стенда .....	13
Порядок выполнения работы .....	13
Содержание отчета .....	13
Контрольные вопросы .....	14
Информационное обеспечение .....	15