

# **МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

**Учреждение образования  
«Белорусский государственный  
аграрный технический университет»**

**Кафедра электроснабжения**

## **Замена дефектных изоляторов на воздушных линиях электропередачи**

*Методические указания*

*к лабораторной работе по курсу «Монтаж, эксплуатация и ремонт  
электроснабжающих установок» для студентов специальности 74 06 05  
специализации 74 06 05 04 «Электроснабжение сельского хозяйства»*

**Минск 2007**

УДК 621.315.1

ББК 31.241

3 26

Методические указания к лабораторной работе по курсу «Монтаж, эксплуатация и ремонт электроснабжающих установок» для студентов специальности 74 06 05 специализации 74 06 05 04 «Электроснабжение сельского хозяйства» рассмотрены на заседании методической комиссии Агроэнергетического факультета и рекомендованы к изданию в редакционно-издательском отделе УО «БГАТУ»

Протокол № 3 от 14 ноября 2006 г.

Составитель: старший преподаватель Усов Г.Г. (Георгий Георгиевич)

Ответственный за выпуск Шевчик Н.Е.

Рецензенты: кафедра энергетики БГАТУ, кандидат технических наук, доцент Коротинский В.А.

## **ВВЕДЕНИЕ**

Лабораторная работа написана в соответствии с программой предмета «Монтаж, эксплуатация и ремонт электроснабжающих установок» и ставит своей целью ознакомить учащихся с оборудованием, инструментами, изделиями и материалами, применяемым в электромонтажном производстве; научить технологическим приемам монтажа, эксплуатации и ремонта, наиболее широко используемым при выполнении различных электромонтажных и наладочных работ.

Общее время занятий — 2 часа.

### **Мотивационная характеристика темы**

В практической работе встречаются задачи по замене дефектных изоляторов воздушных линий электропередачи. Электромонтажные работы в настоящее время требуют высокого уровня инженерной подготовки. Поэтому получение полного представления о технологии и технике выполнения данного вида работ с использованием современных механизмов, приспособлений, инструментов, средств малой механизации является сопутствующей задачей. Тема занятий актуальна для будущей работы инженера.

### **Цель занятия**

Ознакомление с технологией замены дефектных изоляторов натяжных и поддерживающих гирлянд при отсутствии напряжения с применением специального монтажного инструмента.

## **Задача занятия**

1. Ознакомиться с содержанием работы.
2. Ознакомиться с характеристиками изоляторов для воздушных линий.
3. Определить количество подвесных изоляторов для воздушной линии.
4. Выполнить замену дефектного изолятора в подвесной гирлянде.

## **Контрольные вопросы самоподготовки**

1. Дайте классификацию линейных изоляторов.
2. Дайте характеристику условий работы изоляторов.
3. Какой материал используется для изоляторов?

## **План занятия**

1. Ознакомиться с образцами линейных изоляторов, имеющихся в лаборатории, с их классификацией и характеристиками и условиями выбора.
2. Выполнить эскиз выбранного типа изолятора.
3. По указанию преподавателя (вариант задания содержится в таблице 1 и используя формулы) определить количество и выбрать тип подвесного изолятора (таблицы 2, 3).
4. Произвести сборку гирлянды с выбранным типом изоляторов.
5. Выполнить замену дефектного изолятора в поддерживающей гирлянде с применением специального приспособления.

## **1 КРАТКИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ**

Одним из основных элементов воздушных линий (ВЛ) электропередачи являются изоляторы, которые принято называть линейными, в отличие от аппаратных и подстанционных.

Линейные изоляторы предназначены для изоляции проводов и грозозащитных тросов от земли.

В условиях эксплуатации изоляторы ВЛ находятся под электрическим напряжением и одновременно воспринимают механическую нагрузку от массы проводов, их тяжения, гололедных отложений, атмосферных осадков в виде снега, дождя, тумана, росы, напора ветра, вибраций и «пляски», колебания температуры и т.д. Особо тяжелые условия — атмосферные загрязнения, вызванные наличием в атмосфере растворов солей, кислот, пыли и т.д. Поэтому линейные изоляторы должны обладать как электрической, так и механической прочностью, характеризуемой допустимой механической нагрузкой.

Эксплуатация линейных изоляторов отличается некоторыми особенностями: труднодоступностью их для осмотра, контроля и сложностью замены. Повреждения изоляторов вызывают длительное отключение линий и значительные убытки от простоев. Поэтому предъявляются высокие требования к надежности изоляторов, простоте монтажа и обслуживания при эксплуатации.

Конструкции линейных изоляторов развивались вместе с общим прогрессом электротехники, развитием линий электропередачи и ростом напряжения.

Изготавливают изоляторы из специального закаленного стекла, а также из электротехнического фарфора, который покрывают слоем глазури и обжигают в печах при температуре 1230–1300 °С. Механическая прочность стеклянных изоляторов выше, чем фарфоровых. Они имеют меньшие размеры и массу. На линиях напряжениях до 220 кВ применяют фарфоровые и стеклянные изоляторы. На линиях 330 кВ и выше применяются только изоляторы из закаленного стекла.

Кроме того, стеклянные изоляторы значительно меньше, чем фарфоровые, подвергаются старению. Прозрачность стекла позволяет быстро выявлять дефекты при изготовлении изоляторов. Процесс производства стеклянных

ных изоляторов может быть полностью автоматизирован и механизирован, а эксплуатация проще, чем фарфоровых, так как они не требуют периодических профилактических испытаний гирлянд под напряжением в процессе эксплуатации, поскольку при появлении дефекта стеклянная тарелка разрушается, что легко обнаруживается при очередном обходе линий электропередачи эксплуатационным персоналом. При этом механическая прочность изолятора оказывается достаточной для того, чтобы предотвратить разрушение гирлянды. В то же время перекрытие гирлянды из фарфоровых изоляторов, в которой имеется хотя бы один дефектный элемент, приводит к ее разрушению и падению провода на землю.

По способу крепления на опоре различают изоляторы штыревые, которые крепят на крюках или штырях, и подвесные, которые собирают в гирлянду и крепят к опоре специальной арматурой.

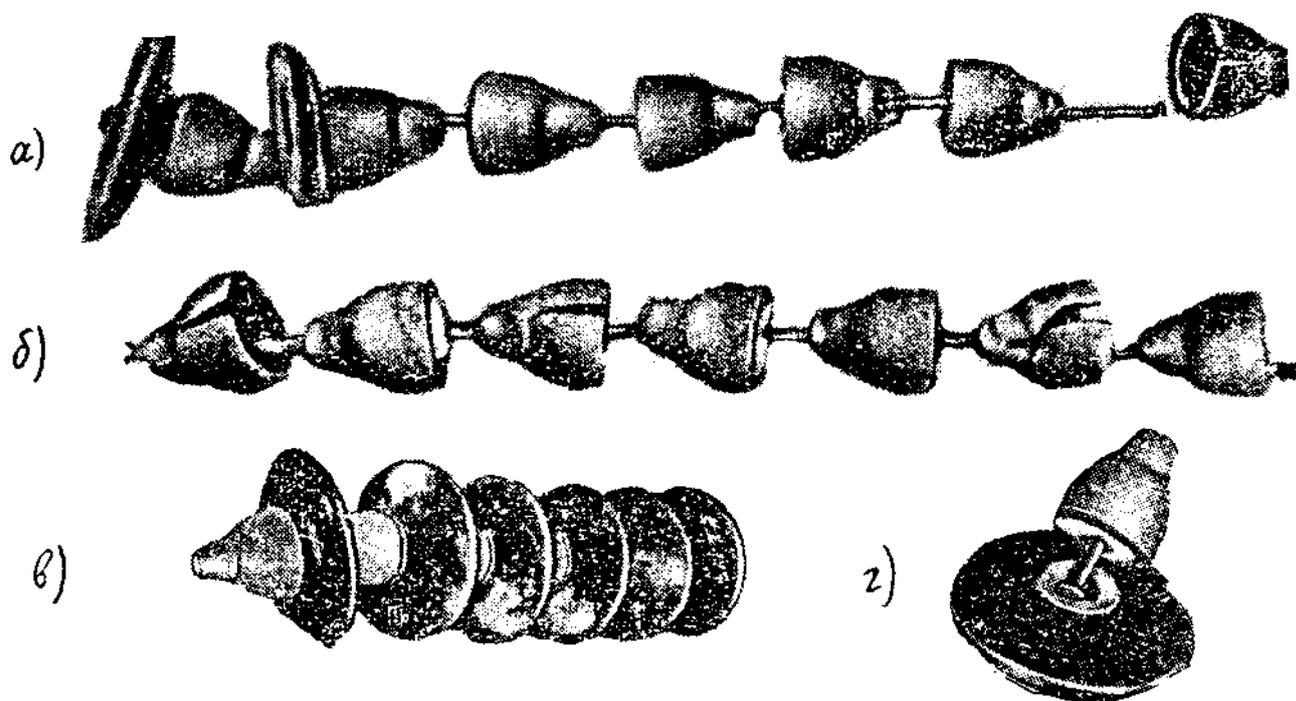


Рисунок 1 Гирлянды фарфоровых изоляторов:  
*a* — с разрывом шапки у одного из них; *б* — разрушенная силовой дугой при потере некоторыми изоляторами электрической прочности; *в* — дважды перекрытая во время грозы;  
*г* — подвесной изолятор с отколотой фарфоровой тарелкой

Штыревые изоляторы применяют на ВЛ до 35 кВ, обозначают буквами, указывающими на их конструкцию (Ш — штыревой), материал (Ф — фарфор, С — стекло), типоразмер (А, Б, В, Г), назначение (Т — телеграфный, Н — низковольтный), а также цифрами, указывающими их номинальное напряжение (10, 20, 35) или диаметр внутренней резьбы (низковольтные). На ВЛ до 1 кВ устанавливают штыревые изоляторы ТФ–20 и НС–18 (рисунок 2, а, б), на ВЛ 6–10 кВ — ШФ 10–Г, ШС10–Г (рисунок 2, в), на ВЛ 10–20 кВ — ШФ20–В (рисунок 2, г), а на ВЛ 35 кВ — составные ШФ35–Б (рисунок 2, д). Характеристики штыревых изоляторов представлены в приложении 1.

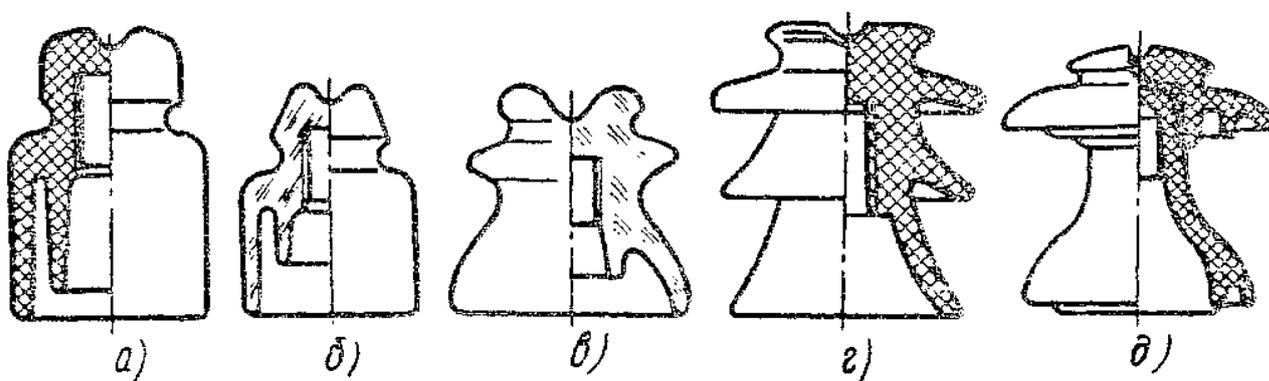


Рисунок 2 Штыревые изоляторы:  
 а — ТФ–20; б — НС–18; в — ШС10–Г; г — ШФ20–В; д — ШФ35–Б

Изоляторы для ВЛ электропередачи выбираются по электрической прочности. При выборе штыревых изоляторов мокроразрядные напряжения изоляторов должны быть не ниже следующих величин:

напряжение линии, кВ .....	6	10	20	35
мокроразрядные напряжения, кВ .....	28	34	57	80

Подвесные изоляторы применяют на воздушных линиях 35 кВ и выше, а также на ВЛ 6-10 кВ, если механическая нагрузка на провода превышает прочность штыревых изоляторов (например, на больших переходах, на анкерных опорах с тяжелыми проводами). Подвесные изоляторы (рисунок 3) состоят из фарфоровой или стеклянной изолирующей детали (тарелки) 2, шапки 1 из ковкого чугуна с прочностью на разрыв 0,4–0,6 кН/мм<sup>2</sup>, головки изолятора 3, стержня 4 (выполненного из высокопрочной конструктивной стали и имеющего прочность на 10% больше расчетной прочности изолято-

ров), цементной заделки шапки 5, цементной заделки стержня 6 (шапки и стержень скрепляют с изолирующей деталью портландцементом марки не ниже 500). Конструкции гнезда шапки и головки стержня обеспечивают сферическое шарнирное соединение изоляторов при комплектовании гирлянд.

Высокая механическая прочность арматуры изоляторов обеспечивает надежность эксплуатации и стойкость по отношению к коррозии в агрессивных средах.

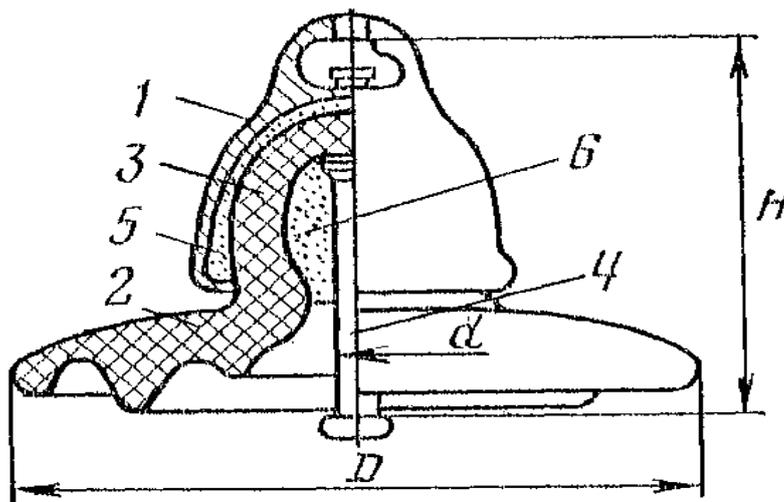


Рисунок 3 Конструкция подвесного фарфорового изолятора:  
 1 — шапка (ковкий чугун); 2 — тарелка (фарфор); 3 — головка изолятора;  
 4 — стержень (сталь); 5 — цементная заделка шапки; 6 — цементная заделка стержня

В обозначение подвесных изоляторов входят буквы: П — подвесные, Ф — фарфоровый, С — стеклянный, Г — грязестойкий), цифры 10, 20, 35 — номинальное напряжение, кВ, а также и буквы А — для условий нормальной загрязненности атмосферы; Б — для повышенной загрязненности атмосферы; В — для особо загрязненной атмосферы; Г — грязестойкого исполнения.

Указываются также их гарантированная механическая прочность в килоньютонах (кН) и типоразмер.

Подробная информация о характеристиках линейных изоляторов представлена в приложении.

Чтобы обеспечить необходимую изоляцию проводов, подвесные изоляторы собирают в гирлянды, подвешиваемые к опорам. Количество изолято-

ров в гирлянде зависит от напряжения линии, материала опор и типа изоляторов. Различают поддерживающие гирлянды (рисунок 4, *а*), несущие только массу проводов в пролете, и натяжные (рисунок 4, *б*), воспринимающие тяжение проводов и крепящие их к анкерным и угловым анкерным опорам. Гирлянды могут состоять из одной или нескольких цепочек изоляторов.

Рекомендуемое количество подвесных изоляторов в гирляндах линий до 35 кВ следующее: воздушная линия до 10 кВ — один изолятор; 20 кВ — два изолятора; 35 кВ — три изолятора. Для линий 110 кВ и выше количество подвесных изоляторов  $N$  выбирается по условиям обеспечения надежной работы при наибольшем рабочем напряжении ВЛ.

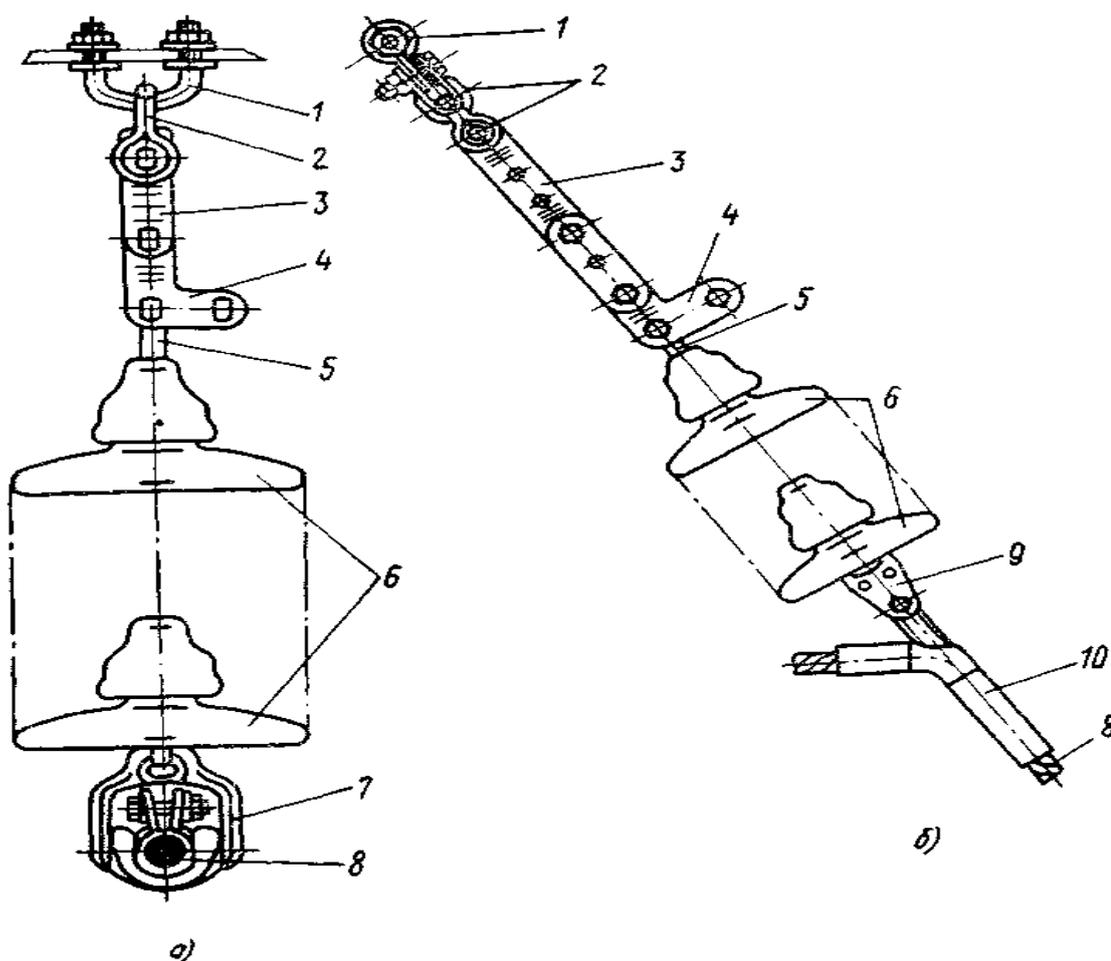


Рисунок 4 Гирлянды подвесных изоляторов:  
*а* — поддерживающая; *б* — натяжная; 1 — узел крепления; 2 — скоба;  
 3, 4 — промежуточные и монтажные звенья; 5 — серьга; 6 — изоляторы;  
 7, 10 — поддерживающий и натяжной зажимы; 8 — провода; 9 — ушко

Прежде чем приступить к расчету изоляторов, необходимо рассмотреть разрядные характеристики гирлянд. Разрядные характеристики подвесных

изоляторов, как видно из рисунка 5, происходит по линии  $ABCD^1$  обозначает разрядное расстояние гирлянды, представляющее собой наикратчайшее расстояние между электродами гирлянды, линия  $L_p$  — обозначает разрядное расстояние одного изолятора в гирлянде, линия  $L'_p$  — разрядное расстояние одиночного подвесного изолятора (вне гирлянды), линия  $L_y$  — путь утечки изолятора.

Опытным путем установлено, что длина пути утечки гирлянды изоляторов должно быть не менее  $15 \text{ мм/кВ}$  ( $L_p/H = 15$ ).

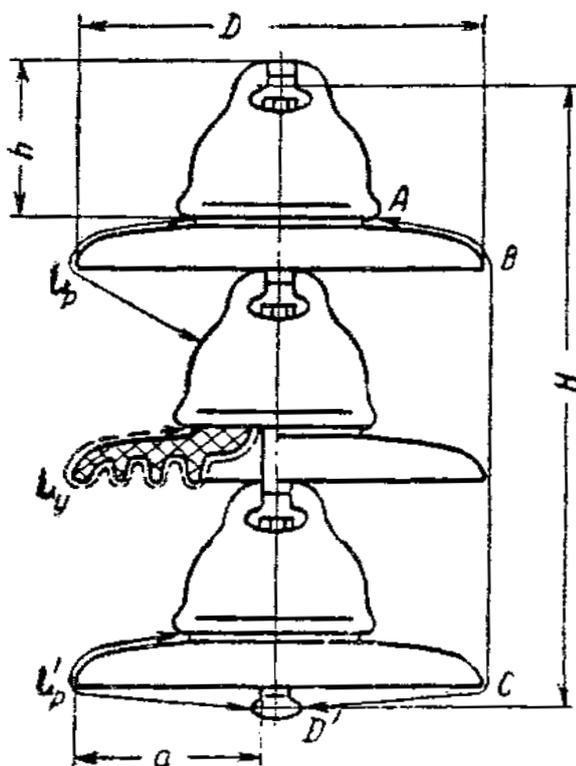


Рисунок 5 Разрядные расстояния и путь утечки штыревого стержневого изолятора

При конструировании подвесных изоляторов рекомендуется придерживаться основных зависимостей конструктивных элементов:

$$H : D \text{ не более } 0,60; L_p : H \text{ не менее } 1,5; h : a \text{ не более } 0,9,$$

где  $H$  — конструктивная высота изолятора, см;  $D$  — диаметр тарелки изолятора, см;  $L_p$  — сухоразрядное расстояние, см;  $h$  — высота спинки изолятора, см;  $a$  — высота тарелки (от края тарелки до стержня).

Тип изоляторов выбирается при проектировании на основании требований ПУЭ, определяющих необходимую механическую и электрическую прочность изоляторов. Необходимыми исходными данными являются:

- а) напряжение линии;
- б) район прохождения линии (высота над уровнем моря, наличие или отсутствия участков с загрязненной атмосферой);
- в) материал и тип опор;
- г) нормативные механические нагрузки на изоляторы. Согласно ПУЭ, коэффициенты запаса прочности изоляторов в нормальном режиме при наибольшей нагрузке должны быть не менее 2,7, а при среднегодовой температуре, отсутствии гололеда и ветра — не менее 5; в аварийном режиме для подвесных изоляторов линии 500 кВ — не менее 2, а для линий остальных напряжений — не менее 1,8.

Количество подвесных изоляторов линии 110 кВ и выше определяется по формуле:

$$N = \frac{LU_p}{L_y}, \quad (1)$$

где  $L$  — удельная длина утечки по отношению к наибольшему рабочему напряжению, принимается 15 мм/кВ;

$U_p$  — наибольшее рабочее линейное напряжение линии, кВ;

$L_y$  — длина пути утечки одного изолятора, мм (измеряется по поверхности изолятора между его шапкой и стержнем, см. рис. 5).

Количество изоляторов, рассчитанное по формуле (1), увеличивают на один изолятор (для линий 110–220 кВ с железобетонными или металлическими опорами) и на два (для линий 330–500 кВ) с целью компенсаций возможного появления поврежденных изоляторов.

По условию электрической прочности:

$$P_{\text{разруш}} > \max(P_{\text{расч}} k_{\text{зап}}), \quad (2)$$

где  $P_{\text{разруш}}$  — электромеханическая разрушающая нагрузка на изолятор;

$P_{\text{расч}}$  — расчетная механическая нагрузка на изолятор;

$k_{\text{зап}}$  — коэффициент запаса прочности изоляторов.

Соблюдая рекомендации ПУЭ, максимальную из расчетную механических нагрузок на изолятор можно найти из результатов, получаемых по формулам:

$$P_{\text{расч}} K_{\text{зап}} = \sqrt{[2,7(P_7 S L_{\text{вес}} K_{\text{пр}} + G_{\Gamma} a)]^2 + (K_{\text{зап}} \epsilon T K_{\text{пр}})^2}, \quad (3)$$

$$P_{\text{расч}} K_{\text{зап}} = \sqrt{[5(P_1 S L_{\text{вес}} K_{\text{пр}} + G_{\Gamma} a)]^2 + (K_{\text{зап}} \epsilon T K_{\text{пр}})^2}, \quad (4)$$

где  $p_1, p_7$  — удельные механические нагрузки на провод от собственного веса, гололеда и ветра, даН/м мм<sup>2</sup>;

2,7; 5 — коэффициенты запаса прочности изоляторов;

$S$  — сечение провода, мм;

$K_{\text{пр}}$  — количество проводов в фазе линии;

$L_{\text{вес}}$  — вес провода в пролете;

$G_{\Gamma}$  — масса гирлянды изоляторов (определяется умножением количества изоляторов в гирляндах  $N$  на массу одного изолятора  $G_{\text{и}}$ );

$a$  — коэффициент, учитывающий массу линейной арматуры ( $a = 1,5$  для ВЛ 35кВ;  $a = 1,3$  для ВЛ 110 кВ;  $a = 1,2$  для ВЛ 220 кВ и выше);

$k_{\text{зап}}$  — коэффициент запаса прочности изоляторов в аварийных режимах ( $k_{\text{зап}} = 2$  для ВЛ до 330 кВ и  $k_{\text{зап}} = 1,8$  для ВЛ 500 и выше);

$b$  — тяжения по проводу, приложенному к изолятору, при обрыве провода ( $b = 0,25; 0,3; 0,5$  соответственно для деревянных, железобетонных и металлических опор с проводами сечением 240 мм<sup>2</sup> и более;  $b = 0,15$  для линий 500 кВ; для линий 220–330 кВ с расцепленными проводами указанные выше значения коэффициента  $b$  снижаются на 20% при расцеплении на 2 провода, на 30% — при расцеплении на 3 провода, на 40% — при расцеплении на 4 провода);

$T$  — нормативное тяжение провода или провода одной фазы. Для тяжелых гирлянд коэффициент  $b$  принимается равным единице.

Удельная нагрузка от собственного веса провода  $p_1$  определяется по формуле:

$$p_1 = \frac{G_p}{S} \text{ даН/м мм}^2, \quad (5)$$

где  $G_p$  — масса одного метра провода, кг.

Удельная нагрузка  $p_7$  находится по формуле:

$$p_7 = \sqrt{\left[ p_1 + 0,00283 \frac{C(d + C_{\text{л.сопр}})}{S} \right]^2 + \left[ \frac{aC_{\text{л.сопр}}(d + 2C)V^2}{4 \times 16 \times 10^3 \times S} \right]^2}, \quad (6)$$

где  $C$  — толщина стенки гололеда, мм;

$d$  — расчетный диаметр провода, мм;

$a$  — коэффициент, учитывающий неравномерность скоростного напора ветра по пролету линии ( $a = 0,85$  при  $V = 25$  м/с;  $a = 0,75$  при  $V = 30$  м/с;  $a = 0,7$  при  $V = 35$  м/с и более);

$C_{\text{л.сопр}}$  — коэффициент лобового сопротивления, принимается 1,2;

$V$  — скорость ветра, м/с.

После выбора типа изолятора уточняется их количество по формуле (1).

## 2 ЗАМЕНА ДЕФЕКТНЫХ ИЗОЛЯТОРОВ

Большое разнообразие причин, приводящих к повреждению линейных изоляторов и сокращению срока их службы, делает замену дефектной изоляции одной из массовых повседневных работ. На отдельных линиях дефектность достигает 3–6% и более, а это уже большой объем работ.

Замена дефектных изоляторов на линиях может выполняться с применением обычного монтерского инструмента, автомашин и такелажа. Работа выполняется как с опор, так и с помощью автовышек. Вследствие больших нагрузок от массы и тяжения провода приходится применять специальные приспособления — лестницы или ваймы, обеспечивающие крепление в нуж-

ном положении гирлянд, на которых заменяются дефектные изоляторы после снятия с них механических нагрузок.

Для восприятия больших тяжений проводов используются стяжные болты с комплектом инвентарных тяг и захватов, обеспечивающие крепление в нужном положении гирлянд, на которых заменяются дефектные изоляторы, после снятия с них механической нагрузки.

Замену дефектных изоляторов, особенно в натяжных гирляндах, проводят, не опуская гирлянд на землю. На рисунке 6 приведена схема замены изоляторов натяжной гирлянды без поддерживающей лестницы. При использовании лестницы необходимо подвести ее под натяжную гирлянду, чтобы гирлянда при снятии с нее тяжения свободно могла ложиться на конструкцию и не провисала.

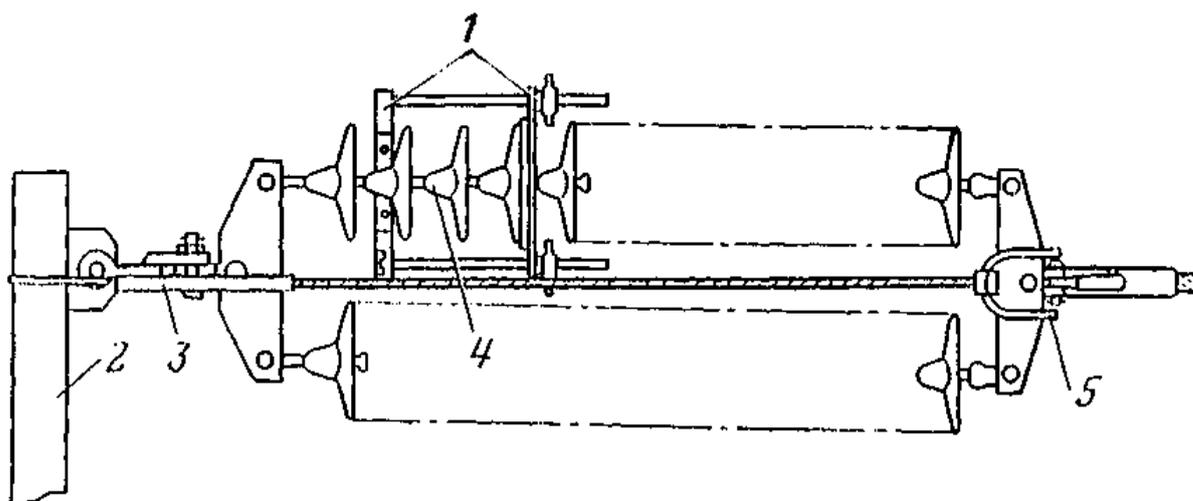


Рисунок 6 Схема работ по смене дефектных изоляторов натяжных гирлянд с применением стяжных устройств без поддерживающей лестницы

На рисунке 7 приведена схема работ по замене отдельных дефектных изоляторов натяжной гирлянды при ее переводе в вертикальное положение.

К проводу электромонтер поднимается по изолирующей лестнице. Двумя изолирующими канатами поднимает изолирующую тягу (рисунок 8), которую одним концом соединяют с арматурой у провода, а другим — с домкратом на опоре. С помощью домкрата ремонтируемая гирлянда освобождается от тяжения. Электромонтер на опоре отцепляет от арматуры конец гирлянды, соединенный предварительно с изолирующим канатом, и плавно

опускает гирлянду в вертикальное положение. Электромонтер на лестнице спускается от провода к дефектному изолятору и с помощью приспособления для замены дефектных изоляторов (стяжного устройства) производит его замену.

На рисунке 9 приведены приспособления для замены изоляторов в поддерживающих гирляндах. Могут применяться специальные ваймы по схеме, изображенной на рисунке 10. Преимуществом указанной схемы является то, что она позволяет поднимать и опускать гирлянды с проводом без механических дефектов изоляторов.

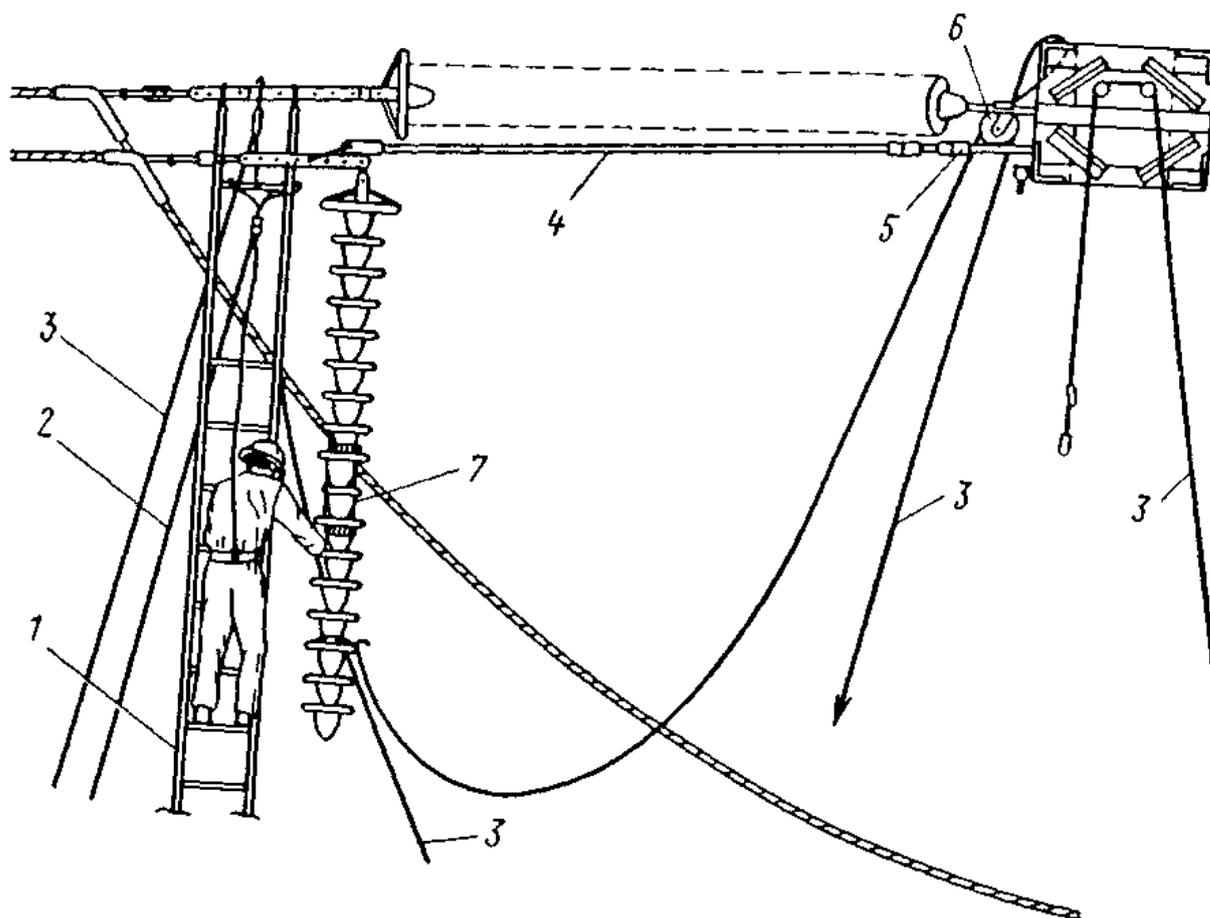


Рисунок 7 Замена дефектных изоляторов с изолирующей лестницы:  
 1— изолирующая лестница; 2 — страховочный изолирующий канат; 3 — изолирующие канаты; 4 — изолирующая тяга; 5 — домкрат; 6 — блок; 7 — приспособление для замены дефектных изоляторов

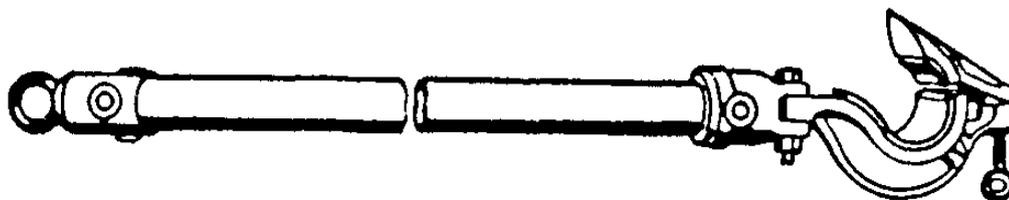


Рисунок 8 Изоляционная тяга с индивидуальным узлом крепления к приводу

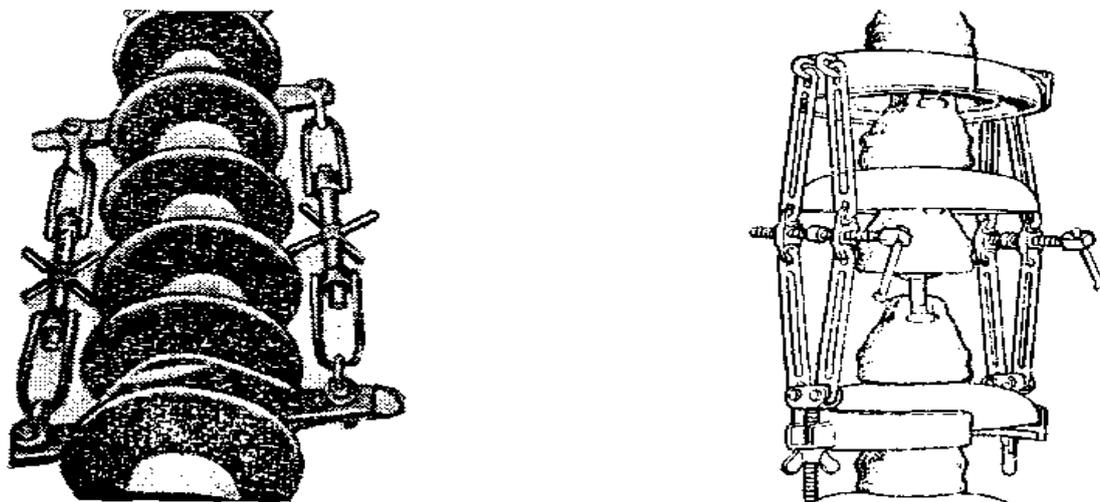


Рисунок 9 Приспособления для замены дефектных изоляторов на воздушной линии

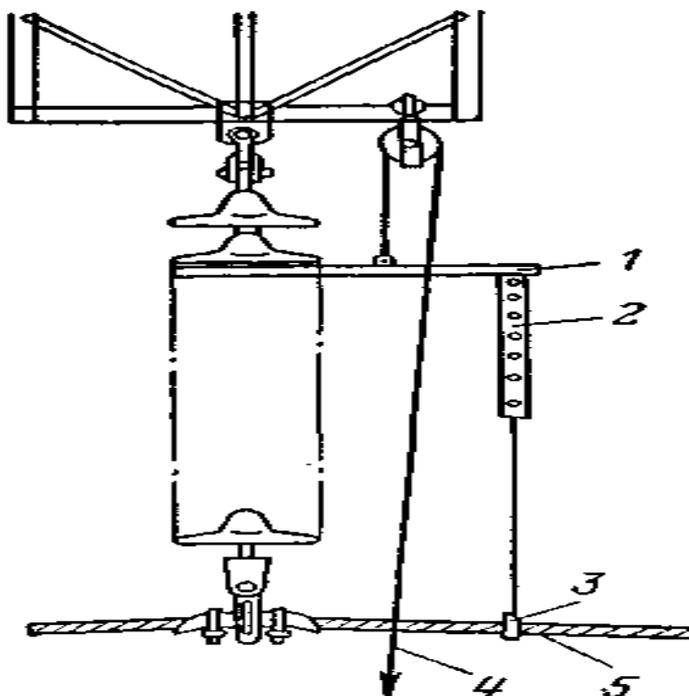


Рисунок 10 Схема работ по замене дефектных изоляторов поддерживающих гирлянд с использованием специальной ваймы:

1 — вайма; 2 — талреп; 3 — крюк для захвата провода; 4 — ходовой трос; 5 — провод

При необходимости замену дефектных изоляторов и гирлянд можно организовать на линиях без снятия с них напряжения. Для этого должны использоваться изолирующие лестницы, тяги, штанги, приспособления и телескопические вышки с изолирующим звеном.

В тех случаях, когда на линиях провод не может быть опущен, замену поддерживающих гирлянд выполняют с применением лестниц, вышки, площадки (рисунки 11, 12), изолирующих тяг и поворотного крана (рисунок 13). Изолирующие тяги временно воспринимают массу провода, а для вывода дефектной гирлянды изоляторов из рабочего положения и перемещения ее к стойке опоры применяется поворотный кран. Эта работа выполняется в такой последовательности.

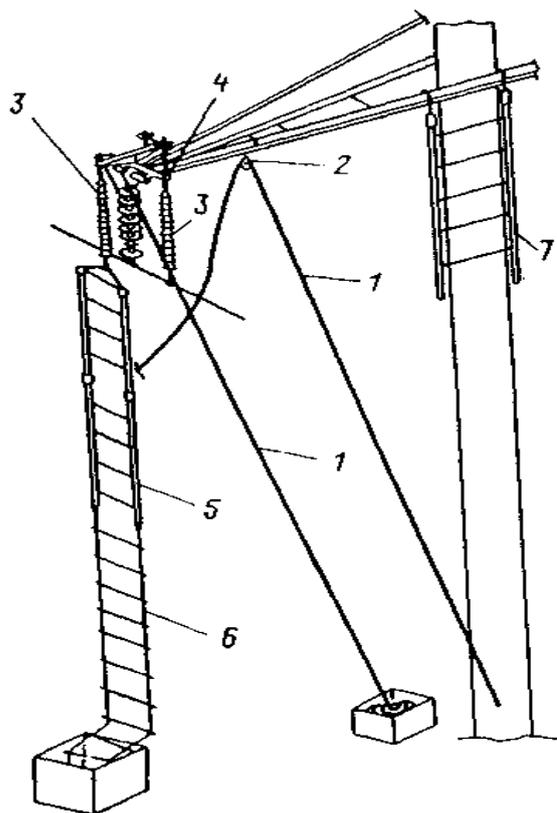


Рисунок 11 Ремонт поддерживающей гирлянды нижней фазы 110 кВ с помощью изолирующей лестницы:  
 1 — изолирующие канаты; 2 — переносной блок; 3 — полимерные изоляторы;  
 4 — стяжной винт; 5 — жесткая изолирующая лестница; 6 — гибкая изолирующая лестница; 7 — лестница для подъема на траверсу

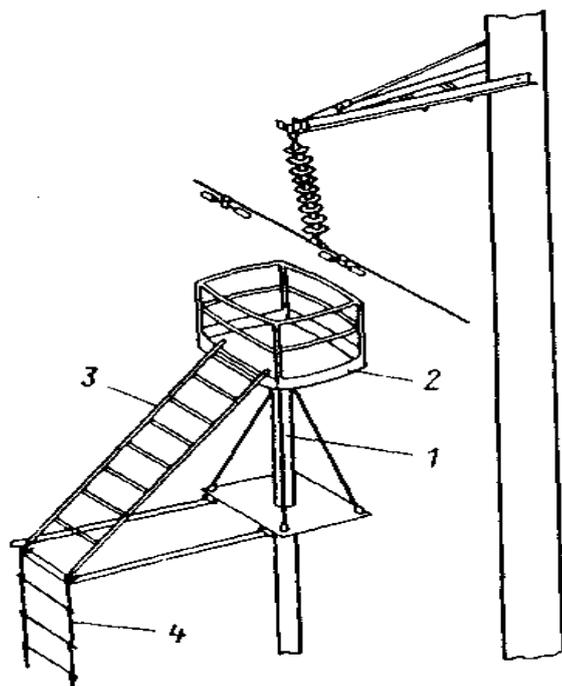


Рисунок 12 Работа на ВЛ 110 кВ с применением телескопической вышки с изолирующим звеном:  
 1 — изолирующая вставка; 2 — изолирующая корзина; 3 — жесткая изолирующая лестница; 4 — гибкая изолирующая лестница

С помощью бесконечного каната на траверсу поднимают и устанавливают две изолирующие тяги и поворотный кран. Электромонтер после размещения в изолирующем устройстве и переноса потенциала укрепляют на проводе захваты изолирующих тяг, при помощи винтовых устройств переводит массу провода с гирлянды изоляторов на изолирующие тяги (рисунок 14), отцепляют от гирлянды изоляторов поддерживающий зажим. Электромонтер, работающий в устройстве, опускается на землю.

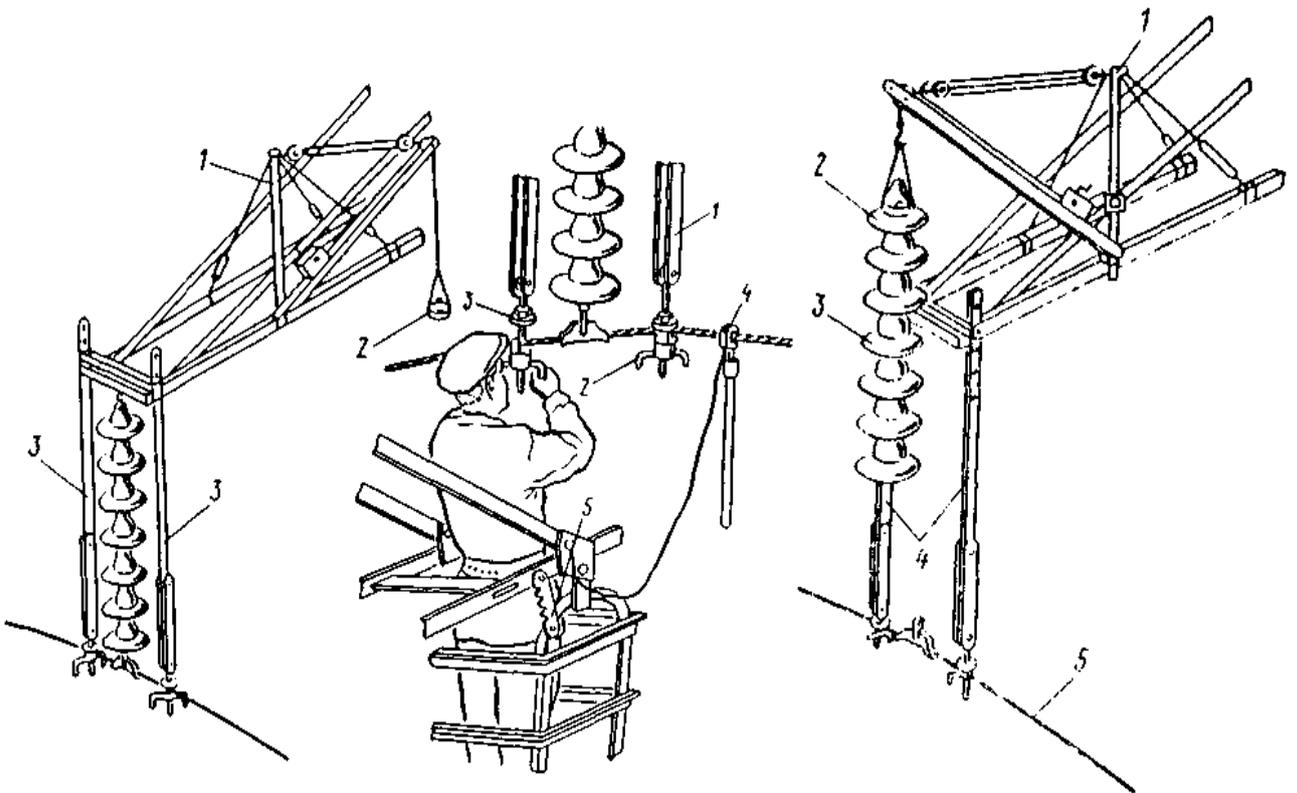


Рисунок 13 Размещение приспособлений на металлической опоре при замене поддерживающей гирлянды:  
1 — поворотный кран;  
2 — хомут; 3 — изолирующие тяги

Рисунок 14 Отцепка от гирлянды провода, подвешенного на изолирующих тягах:  
1 — тяга; 2 — винтовое устройство с захватом; 3 — запорная шайба; 4 — штанга для переноса потенциала;  
5 — гребенка

Рисунок 15 Перенос гирлянды к стойке опоры при помощи поворотного крана:  
1 — поворотный кран;  
2 — хомут; 3 — гирлянда;  
4 — изоляционные тяги;  
5 — провод

Электромонтеры, работающие на траверсе, располагают поворотный кран над дефектной гирляндой, прикрепляют хомут к шапке верхнего изолятора, затем лебедкой поворотного крана приподнимают гирлянду изоляторов и отцепляют ее от траверсы, после поворотным краном переносят ее к стойке

опоры. При помощи бесконечного каната опускают на землю дефектную гирлянду изоляторов. Подъем и установка отремонтированной гирлянды производится в обратной последовательности.

При работах на металлических опорах, траверсы которых дают электромонтерам возможность удобно разместиться и укрепить приспособления, поворотный кран может быть заменен лебедкой, установленной над дефектной гирляндой или на траверсе.

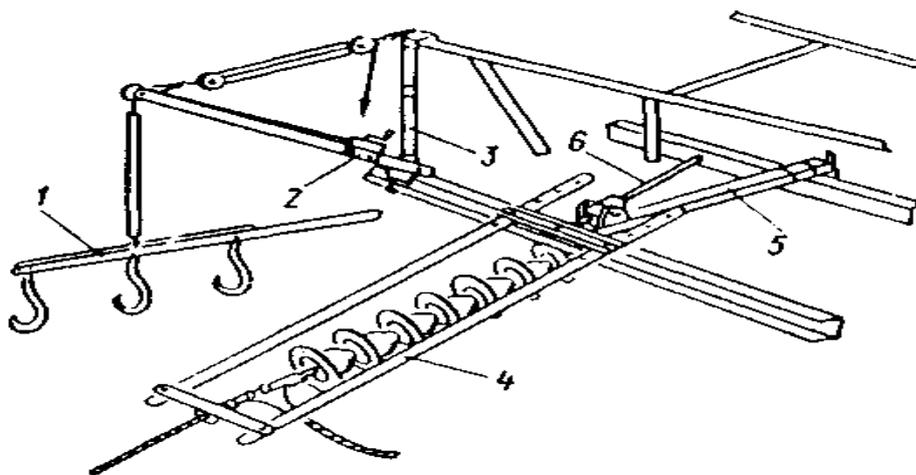


Рисунок 16 Размещение приспособлений на металлической опоре при замене одинарной натяжной гирлянды:

1 — захват; 2 — лебедка; 3 — поворотный кран; 4 — изолирующие тяги для замены одинарной натяжной гирлянды; 5 — приспособление для крепления изоляционных тяг; 6 — натяжной винт

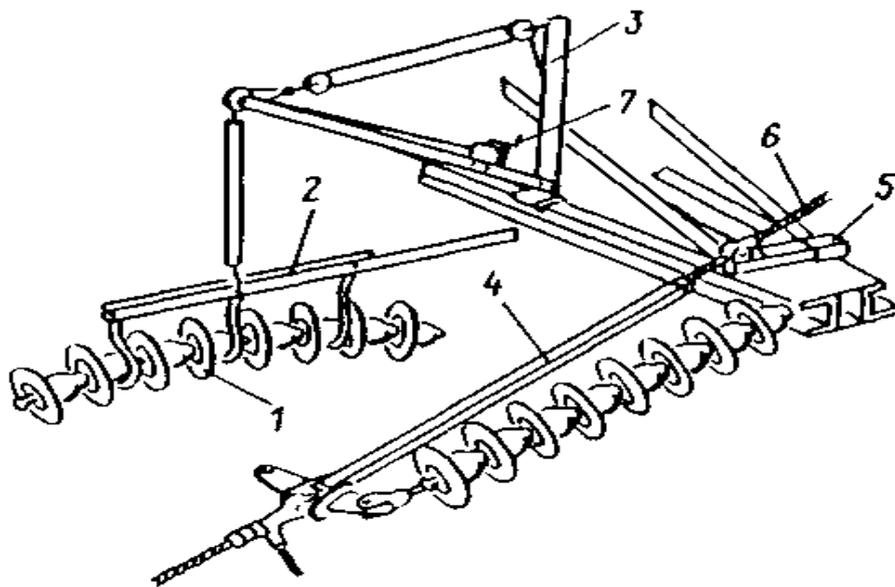
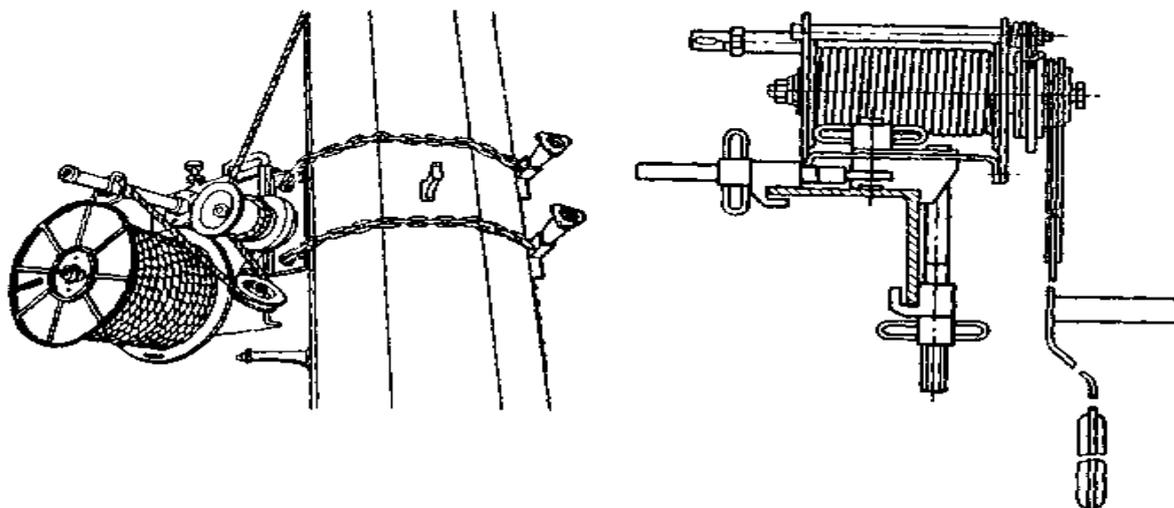


Рисунок 17 Размещение приспособлений на металлической опоре при замене двойной натяжной гирлянды:

1 — отцепленная гирлянда; 2 — захват; 3 — поворотный кран; 4 — двойная изолирующая тяга; 5 — приспособление для крепления тяг; 6 — натяжной винт; 7 — лебедка



а)

б)

Рисунок 18 Конструкции лебедок:

а — лебедка с ручным приводом; б — лебедка с электроприводом

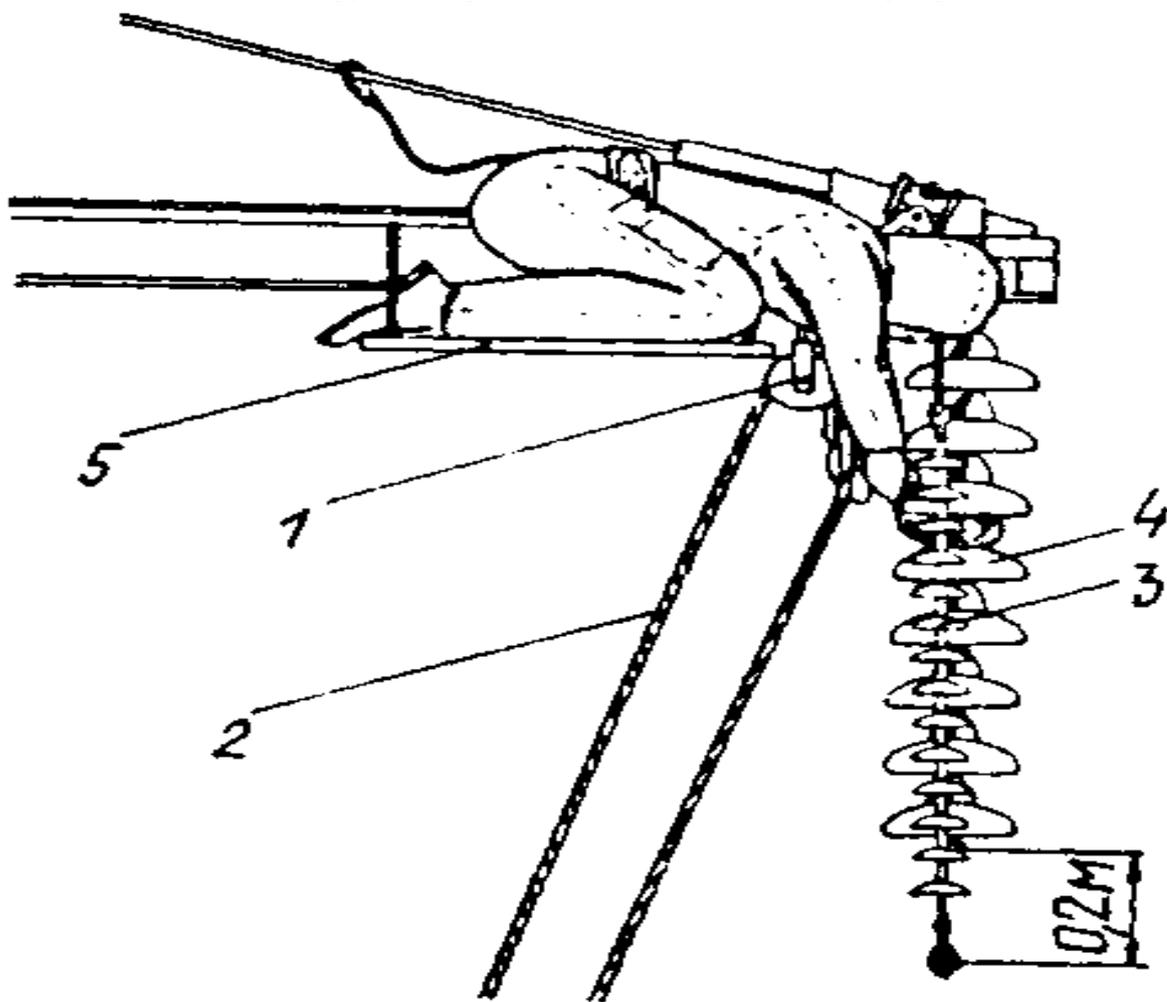


Рисунок 19 Демонтаж гирлянды изоляторов:

1 — блок; 2 — бесконечный изолирующий канат; 3 — полимерный изолятор;  
4 — ремонтируемая гирлянда; 5 — вспомогательный трап

### **3 ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ РАБОТ ПРИ ЗАМЕНЕ ДЕФЕКТНЫХ ИЗОЛЯТОРОВ**

С помощью изолирующих лестниц, вышек с изолирующим звеном и изолирующих тяг воспринимается тяжесть или масса провода, производят отсоединение гирлянды от провода, предварительно зафиксировав положение натяжной гирлянды (в случае смены поддерживающей гирлянды провод отводится от нее вниз), дефектную гирлянду снимают, а ее место занимает новая. Следует отметить, что указанная работа связана с повышенной опасностью, поэтому организация ее должна быть тщательно продумана, персонал должен иметь допуск к выполнению указанных работ без снятия напряжения, инструмент и приспособления должны быть испытаны механической нагрузкой и электрическим напряжением. Работы могут проводиться только в сухую погоду.

### **4 ЗАДАНИЕ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ**

1. Ознакомиться с классификацией и характеристиками линейных изоляторов, образцами представленных в лаборатории изоляторов и устройствами, применяемыми для выполнения работ.
2. Изучить краткие теоретические сведения.
3. По указанию преподавателя (вариант задания содержится в таблице 1 и используя формулы) определить количество и выбрать тип подвешенного изолятора (таблицы 2, 3).

### **5 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ**

1. Выполнить эскиз выбранного типа изолятора.
2. Произвести сборку подвесной гирлянды с выбранным типом изоляторов.
3. Выполнить замену дефектного изолятора в гирлянде с применением специального приспособления.

Таблица 1 Варианты заданий для расчета выбора количества изоляторов

№ варианта	Номинальное напряжение, кВ	Материал опор	Сечение провода, мм		Диаметр провода, мм		Масса 1 км провода, кг		Длина пролета, м	Толщина стенки гололеда, мм	Скорость ветра, м/с	Тяжение по проводам, T, кг
			A	АС	A	АС	A	АС				
1	110	желе-	185	-	17,5	-	502	-	200	5	28	1500
2	110	зобе-	240	-	20	-	655	-	250	10	25	1900
3	110	тон	300	-	22,1	-	794	-	250	15	30	2200
4	110	желе-	-	150	-	17,5	-	723	250	5	25	2700
5	110	зобе-	-	185	-	23,1	-	1626	250	10	35	2400
6	220	тон	-	240	-	22,4	-	1184	300	25	40	3000
7	220	желе-	-	300	-	24,5	-	1408	300	20	35	3200
8	220	зобе-	350	-	24,2	-	952	-	250	15	27	3000
9	220	тон	400	-	25,2	-	1072	-	250	25	20	2200
10	330	желе-	-	2×300	-	29,2	-	2592	350	15	29	4700
11	330	зобе-	-	2×330	-	24,4	-	1218	350	25	25	4200
12	330	тон	-	2×400	-	26,6	-	1394	350	20	33	5000
13	500	металл	-	3×400	-	27,5	-	1490	350	10	27	5100
14	500	металл	-	3×450	-	28,8	-	1640	370	10	30	4800
15	500	металл	-	3×500	-	30,6	-	1850	370	15	35	5300

Таблица 2 Технические характеристики линейных изоляторов тарельчатого типа для районов с чистой и слабозагрязненной атмосферой

Обозначение типа изолятора		Разрушающая электро-механическая нагрузка, кН, не менее	Размеры, мм			$l/H$	$H/D$	Поправочный коэффициент $K$ на эффективность использования длины пути утечки	Расчетный мокроразрядный градиент, кВ/м	Напряжение по уровню радиопомех от короны, не менее, кВ	Масса, кг, не более
новое	старое		Строительная высота, $H$	диаметр тарелки, $D$	длина пути утечки $l$ , мм, не менее						
<b>Фарфоровые изоляторы</b>											
ПФ6	ПМ-4,5	60	140	270	275	1,96	0,52	1,0	250	-	6,0
ПФ6-А	П-4,5	60	167	270	285	1,71	0,62	1,0	210	-	6,5
ПФ6-В	ПФЕ-4,5	60	140	270	324	2,31	0,52	1,1	250	35	5,25
-	ПФЕ-11	115	183	320	384	2,10	0,57	1,1	240	40	9,0
ПФ16-А	-	160	173	280	365	2,11	0,62	1,2	240	-	8,6
ПФ20-А	ПФЕ-16	200	194	350	420	2,16	0,55	1,1	240	-	12,8
<b>Стекланные изоляторы</b>											
ПС6-А	ПС-4,5	60	130	255	255	1,96	0,51	1,0	260	28	4,2
ПС12-А	-	120	140	260	325	2,32	0,54	1,2	230	35	5,7
ПС16-Б	-	160	170	280	387	2,28	0,60	1,2	230	40	8,0
ПС22-А	-	220	200	320	390	1,96	0,63	1,1	230	40	10,8
ПС30-А	-	300	190	320	425	2,24	0,60	1,1	200	45	10,5
ПС40-А	-	400	190	330	445	2,34	0,58	1,1	200	50	12,0

Таблица 3 Технические характеристики линейных изоляторов тарельчатого типа для районов с загрязненной атмосферой

Обоснование типа изоляторов		Разрушающая электрическая нагрузка, кН, не менее	Размеры, мм			$l/H$	$H/D$	Масса, кг, не более
новое	старое		строительная высота $H$	диаметр тарелки $D$	длина пути утечки $l$ , мм, не менее			
<b>Фарфоровые изоляторы</b>								
ПФГ-5А	ПР-3,5	50	194	250	450	2,32	0,785	10,4
ПФ6-1	-	60	132	330	310	2,35	0,400	
ПФГ-6	НС-2	60	198	270	455	2,29	0,735	5,0
ПФГ-8	НЗ-6	80	214	300	490	2,29	0,715	13,5
ПФГ-12-Г	-	120	175	350	560	3,20	0,500	
ПФГ-12	-	120	172	330	560	3,25	0,525	
<b>Стекланные изоляторы</b>								
ПСГ-1-В	ПСГ-4,5	60	130	255	352	2,71	0,510	5,0
ПСГ16- А	-	160	160	320	480	3,00	0,500	9,3
ПСГ16-Б	-	160	180	350	600	3,34	0,515	12
ПСГ-22	-	215,5	185	370	570	1,54	0,500	13

## 6 СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Цель работы.
2. В соответствии с планом и порядком выполнения лабораторной работы дать краткое описание выполняемых работ на воздушных линиях. Оценить достоинства и недостатки технологии проведения ремонтных работ.
3. Выполнить расчет количества и выбор типа изолятора (для заданного варианта).
4. Вычертить схему работ по замене дефектного изолятора.
5. Описать технологию выполнения работы по замене дефектного изолятора (в подвесной гирлянде).

## 7 КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Каковы электрические характеристики изоляторов?
2. Какие типы изоляторов применяются в воздушных линиях?
3. Как производится выбор линейной изоляции?
4. Назовите электрические и механические характеристики штыревых и подвесных изоляторов.
5. Дайте характеристику стержневым изоляторам.
6. Достоинства полимерных изоляторов.
7. Как выполнить замену дефектного изолятора?
8. Как производится замена гирлянды изоляторов?
9. Достоинства стеклянных изоляторов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Андриевский, В.Н. Эксплуатация воздушных линий электропередачи / В.Н. Андриевский, А.Т. Голованов, А.С. Зеличенко. — М.: Энергия, 1976. — 348 с.
2. Барг, И.Г. Воздушные линии электропередачи / И.Г. Барг, В.И. Эдельман. — М.: Энергоатомиздат, 1985.
3. Гусев, Ю.Н. Средства и устройства безопасности для работы в электроустановках / Ю.Н. Гусев, В.П. Ушанов, Н.М. Чесноков. — М.: Энергоатомиздат, 1988.
4. Справочник по ремонту и техническому обслуживанию электрических сетей / под ред. К.М. Антипова, И.Е. Бандуилова. — М.: Энергоатомиздат, 1987.
5. Правила устройства электроустановок. — М.: Энергоатомиздат, 2000.

## ПРИЛОЖЕНИЯ

### Приложение 1

#### Характеристики штыревых линейных изоляторов

Тип	Основные размеры, мм		Длина пути утечки, мм	Испытательное одноминутное напряжение при 50 Гц, кВ, не менее		Масса изолятора, кг, не более
	Конструктивная высота $H$	Диаметр изолятора $D$		сухоразрядное	мокроразрядное	
ШФ6-А	94	126	250	50	28	0,97
ШФ10-А	110	147	215	60	34	1,4
ШФ10-Б	120	212	315	75	40	2,8
ШФ10-В	122	225	320	80	45	3,2
ШФ20-А	190	185	410	86	57	3,4
ШФ-20-Б	196	230	460	100	70	4,85
ШС-10-А	110	150	210	55	30	1,4

### Приложение 2

#### Технические характеристики полимерных изоляторов

Наименование	Значения	
	ОСК4-35-В-4УХЛ1; ОСК4-35-Г-4УХЛ1; ОСК4-35-Д-4УХЛ1	ЛК-70/35-03-1VУХЛ1
Номинальное напряжение, кВ	35	35
Наибольшее рабочее напряжение, кВ	40,5	40,5
Испытательное напряжение полного грозового импульса, кВ	190	190
Кратковременное испытание напряжением промышленной частоты, кВ (пятиминутное — в сухом состоянии, одноминутное — под дождем)	95/80	95/80
50%-ное разрядное напряжение промышленной частоты в загрязненном и увлажненном состоянии, при удельной проводимости слоя загрязнения, кВ/мм · См 50%	42/30	42/30
Минимальное разрушающее усилие на изгиб, кН, не менее:		
- нормируемый параметр	4	-
- фактически по результатам испытаний	11	-
Минимальное разрушающее усилие на растяжение, кН	3	70
- фактически по результатам испытаний	-	117
Длина пути утечки, см, не менее	116	116
Диапазон рабочих температур, °С	-60 ... +50	-60 ... +50
Масса, кг, не более	6,8; 6,8; 5,6	3,5

Количество изоляторов в поддерживающих (натяжных) гирляндах ВЛ на металлических и железобетонных опорах

Обозначение типа изолятора		Количество изоляторов, шт., при номинальном напряжении ВЛ, кВ				
новое	старое	35	110	220	330	500
ПФ6-А	П-4,5	3(4)	7(8)	13(13)	19	-
ПФ6-Б	ПМ-4,5	3(4)	7(8)	14(14)	20	27
ПФ6-В	ПФЕ-4,5	3(4)	7(8)	13(14)	19	26
-	ПФЕ-11	3(4)	6	11	16	21
ПФ12	-	3(4)	7(8)	12(13)	17	23
ПФ16-А	-	3(4)	6(7)	11(13)	17	23
ПФ20-А	ПФЕ-16	3(4)	-	10(13)	14	20
-	П-4,5	3(4)	6	11	16	22
-	П-11	3(4)	6	11	15	21
ПС6-А и ПС6-Б	ПС-4,5	3(4)	8(9)	14(14)	21	20
ПС-11	ПС-8,5	3(4)	7(8)	12(13)	17	24
ПС12-А	ПС-8,5	3(4)	7(8)	13(13)	19	26
ПС16-А	-	-	6(7)	11(12)	16	22
ПС16-Б	-	-	6(7)	12(13)	17	24
ПС22-А	-	-	-	10(11)	15	21
ПС30-А	-	-	-	11(12)	16	22

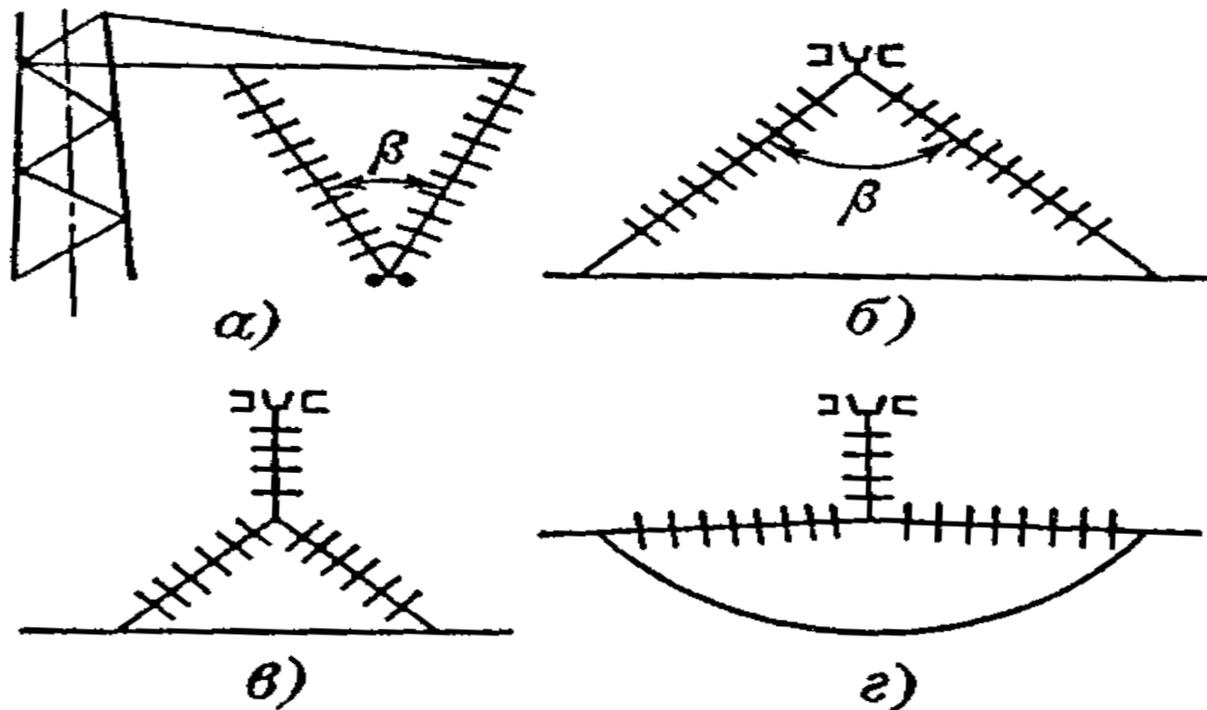


Рисунок П.3.1 Схемы подвески гирлянд изоляторов:  
*a* — Y-образная гирлянда; *б* — полуанкерное крепление гирлянды;  
*в* — комбинированное полуанкерное крепление гирлянды; *г* — комбинированное анкерное крепление гирлянды

Наименьшие изоляционные расстояния по воздуху между токоведущими и заземленными частями по атмосферным перенапряжениям

Тип изолятора	Расстояние, см, для класса напряжения					
	10	35	110	220	330	500
Штыревые изоляторы	15	35	-	-	-	-
Подвесные изоляторы серии П	20	45	115	200	260	320
Подвесные изоляторы серии ПМ и ПС	20	40	100	200	260	320

Краткая дополнительная информация

Для линий, трасса которых проходит в районах с чистой или слабозагрязненной атмосферой, предназначены изоляторы, представленные на рисунках П.4.2, П.4.3, у которых в отношении  $l/H$  находится в пределах 1,6–2,3. К этой категории относятся все изоляторы, характеристики которых приведены в таблицах 2, 3.

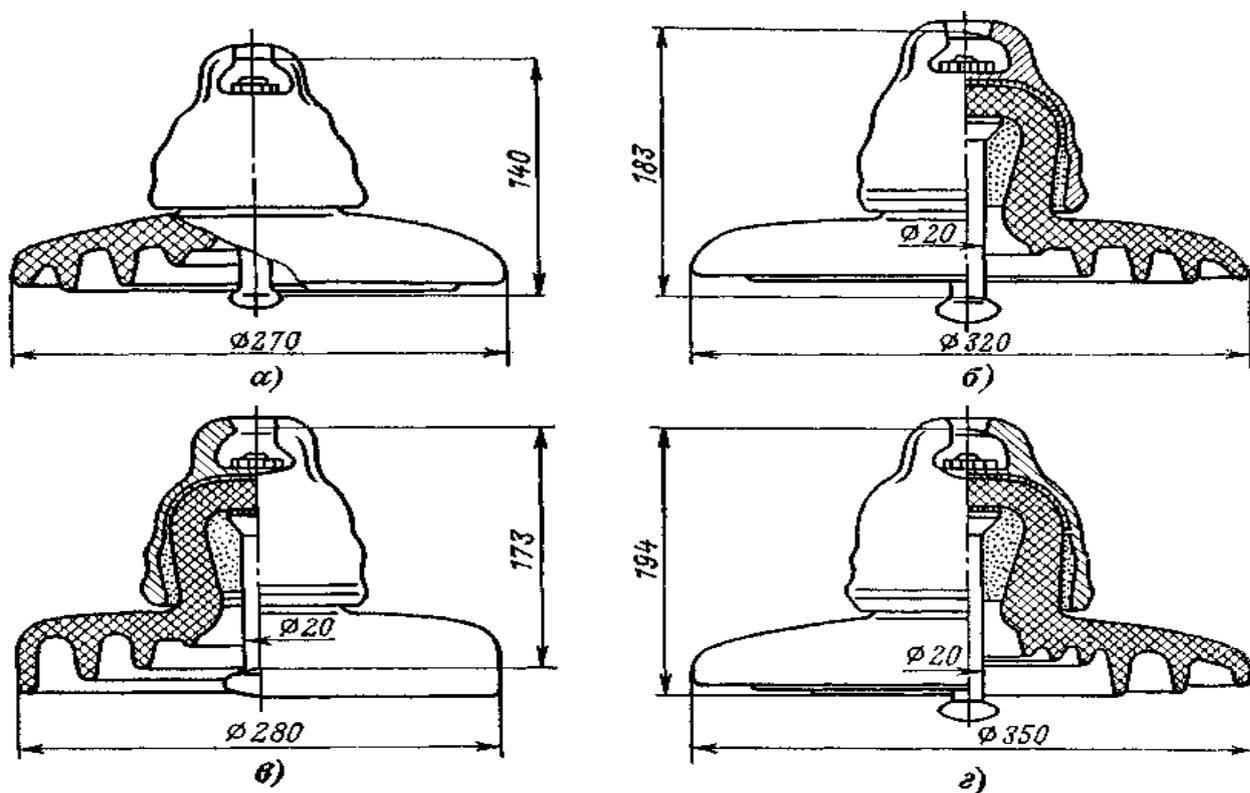


Рисунок П.5.1 Подвесные фарфоровые изоляторы для районов с чистой и слабозагрязненной атмосферой:

а — ПФ6-В; б — ПФЕ11; в — ПФ16-А; з — ПФ20-А

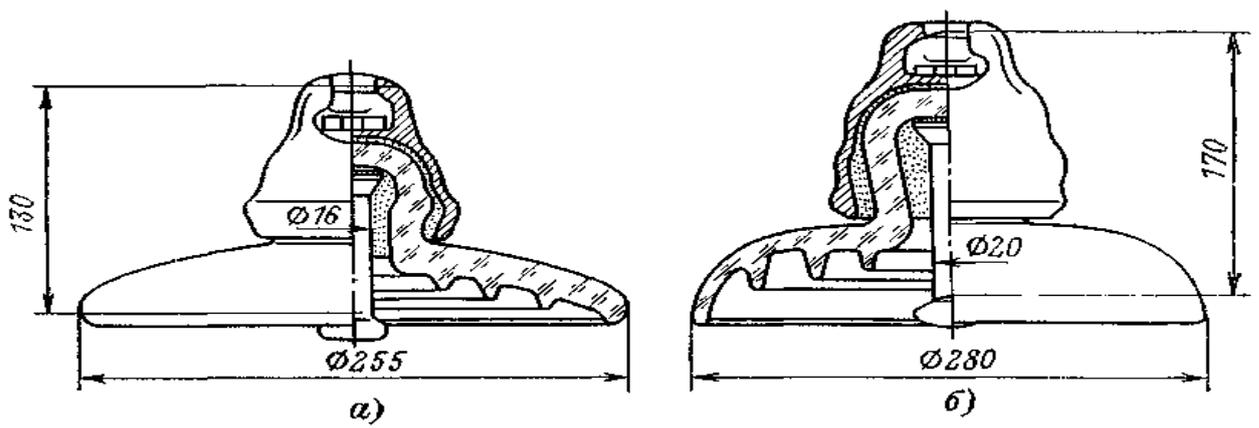


Рисунок П.5.2 Подвесные изоляторы из закаленного стекла  
для районов с чистой и слабозагрязненной атмосферой:  
*a* — ПС6 – А; *б* — ПС16 – Б

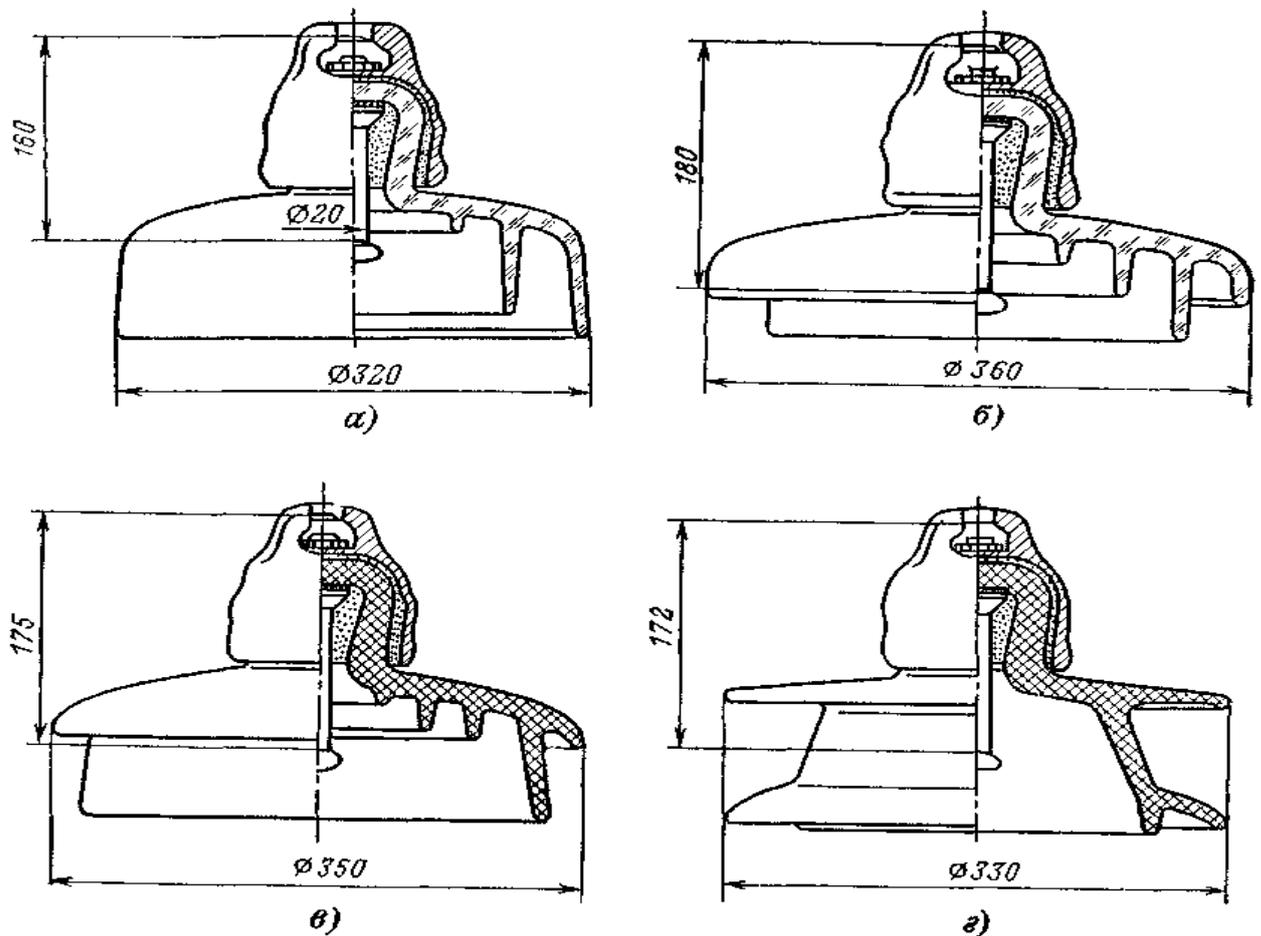


Рисунок П.5.3 Подвесные изоляторы из закаленного стекла и фарфора  
для районов с загрязненной атмосферой:  
*a* — ПСГ16–А; *б* — ПС16–Б; *в* — ПФГ–12Г; *г* — ПФГ–12

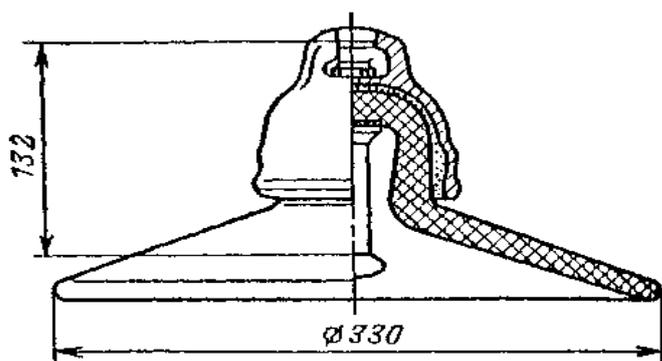


Рисунок П.5.4 Подвесной фарфоровый изолятор ПФ6–1 с гладкой поверхностью для районов с загрязненной атмосферой

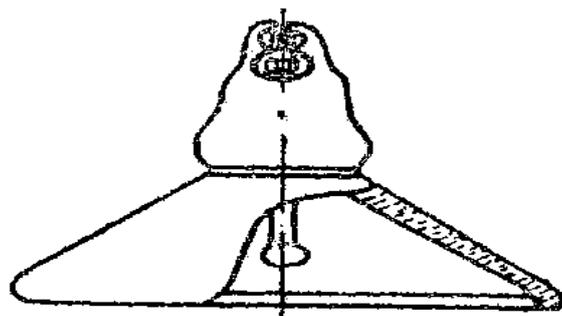


Рисунок П.5.5 Стекланный изолятор тарельчатого типа с улучшенными аэродинамическими характеристиками

В таблице 3 приведены основные характеристики изготавливаемых и разрабатываемых в настоящее время новых типов изоляторов (рисунки П.5.4, П.5.5), предназначенных для районов с загрязненной атмосферой или неблагоприятными климатическими или почвенными условиями, с поправочным коэффициентом  $K$  на эффективность использования длины пути утечки в условиях интенсивных загрязнений, равным 1,1.

Разработка изоляторов с гладкой конической формой изолирующей детали (рисунок П.5.5) для линий напряжений 330 кВ и выше обусловлена необходимостью исключения участков, шунтируемых разрядом по воздуху, во время перекрытия изолятора. Увеличение длины пути утечки за счет выступающих ребер на нижней поверхности тарелки изоляторов (рисунки П.5.1–П.5.3) неэффективно использованию изоляционных характеристик изоляторов в условиях обычной незагрязненной атмосферы. При незагрязненной поверхности изолятора электрический разряд во время перекрытия развивается не строго вдоль поверхности изолирующей детали, а на участках между ребрами, проходит по воздуху, шунтируя значительную часть поверхности изолятора.

Стержневые линейные изоляторы (рисунок П.5.6) изготавливаются фарфоровыми на напряжение 110 кВ и выше. Выпускаются в нормальном и

грязестойком исполнении, отличающемся количеством ребер. Высота изолятора на напряжение 110 кВ — 1270 мм, электромеханическая разрушающая нагрузка 58,8 кН.

Грязестойкие изоляторы типа VKLS 75/21 и VKLS 85/21 имеют соответствующую высоту 1240 и 1270 мм, массу 39 и 47 кг и разрушающую нагрузку 120 и 160 кН. Электрическая прочность при чистой поверхности стержня зависит от электрической прочности воздуха, разряд или перекрытие будет проходить по линии ABCDE (рисунок П.5.7).

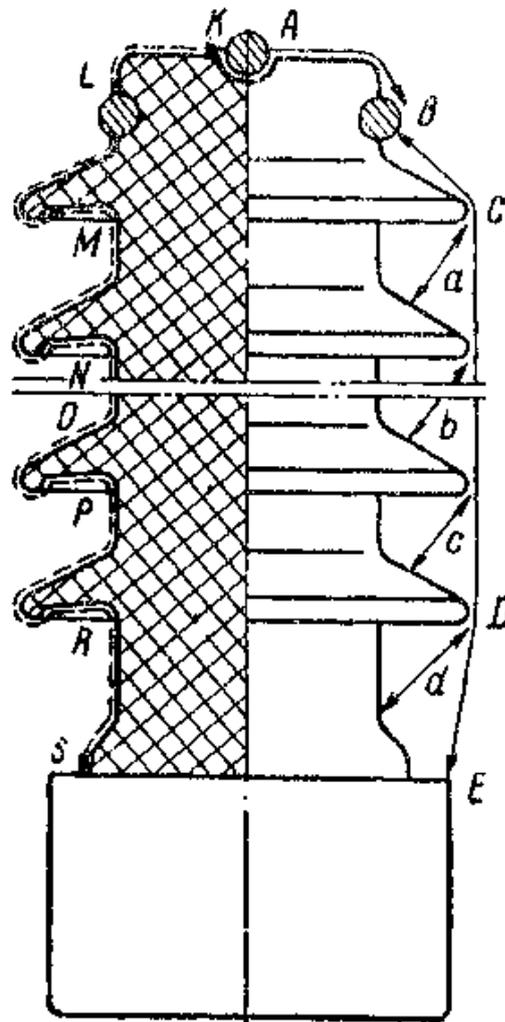


Рисунок П.5.6 Разрядные расстояния и путь утечки штыревого стержневого изолятора:  
*ABCDE* или *BCDE* — сухоразрядное расстояние ( $l_p$ )  
 в зависимости от места крепления провода;  
*KLMNOPRS* — путь утечки по поверхности изолятора;  
*a, b, c, d* — линия направления дождя, ограничивающая  
 несмачиваемые поверхности изолятора

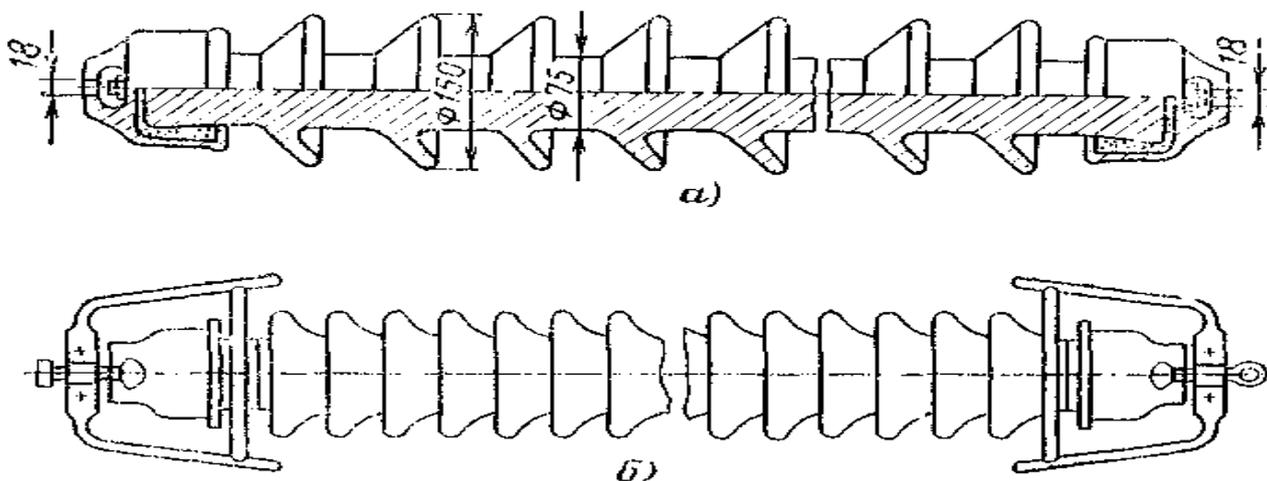


Рисунок П.5.7 Стержневые изоляторы:  
*a* — СП-110; *б* — VKLS

При увлажнении или загрязнении поверхности стержневого изолятора разрядное напряжение резко снижается и разряд пойдет по линии  $B + a + b \dots$ . Ребра главным образом предназначены для обеспечения мокро-разрядного напряжения. Изоляторы на ВЛ 110 кВ устанавливаются по 1 шт. на фазу, а на ВЛ 220 кВ — по 2 шт. на фазу. На каждом изоляторе с двух сторон устанавливают защитные кольца (рисунок П.5.7). Их преимущества: практическая невозможность электрического пробоя, меньший расход металла. При повреждении изолирующей детали может вести к разрушению изолятора и отказу линии.

Перспективны стержневые изоляторы из синтетических изоляционных материалов (высокопрочные стеклопластики, резина и т.д.). Изоляторы типов ОСК4-35-В-4УХЛ1, ОСК4-35-Г-4УХЛ1, ОСК4-35-Д-4УХЛ1 и ЛК-70/35-03-IVУХЛ1 (рисунки П.5.8, П.5.9, П.5.10, П.5.11) предназначены для использования в составе траверс линий электропередач 10-35 кВ.

Условия эксплуатации — районы с умеренным, холодным и тропическим климатом. Высокая гидрофобность ребристой оболочки из кремнийорганической композиции обеспечивает превосходные электрические характеристики изоляторов в условиях загрязнения и увлажнения.

Изоляторы изготавливаются на базе стеклопластикового стержня с электрической прочностью не менее  $4 \text{ кВ} \cdot \text{эф/мм}$  с монолитной внешней оболочкой из кремнийорганической композиции, выполненной способом заливки в форме стержня с запрессованными на его концах фланцами. Фланцы изоляторов стальные с защитным покрытием горячим цинком толщиной не менее  $100 \text{ мкм}$ .

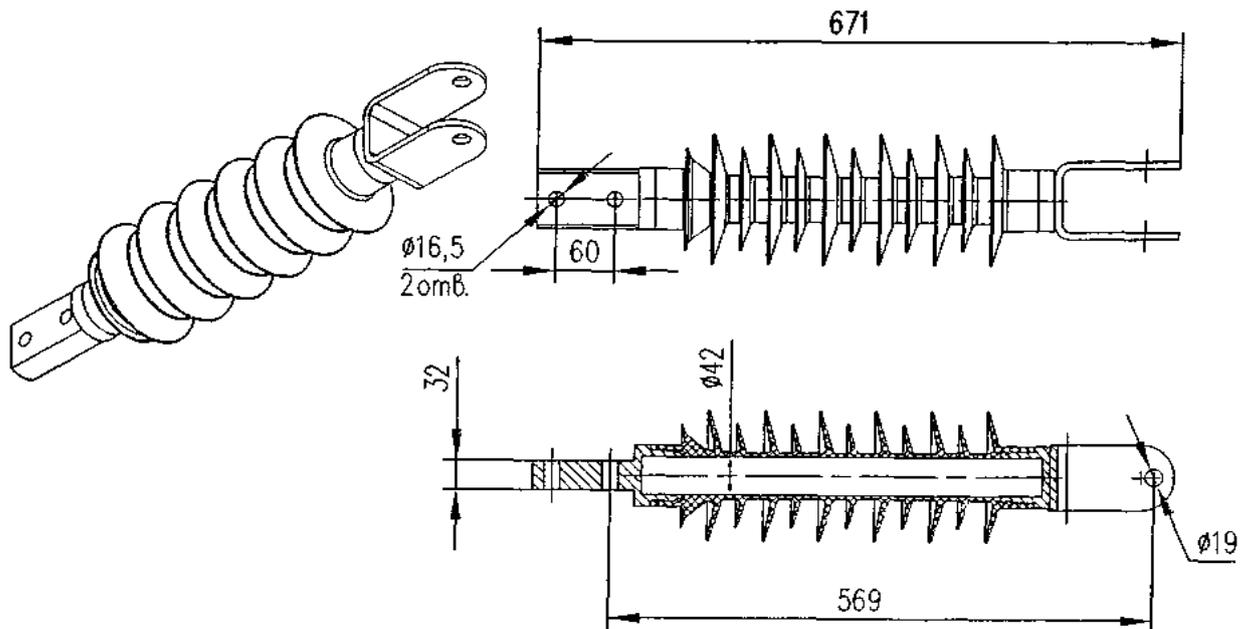


Рисунок П.5.8 Стержневой изолятор ОСК4–35–В–4УХЛ1

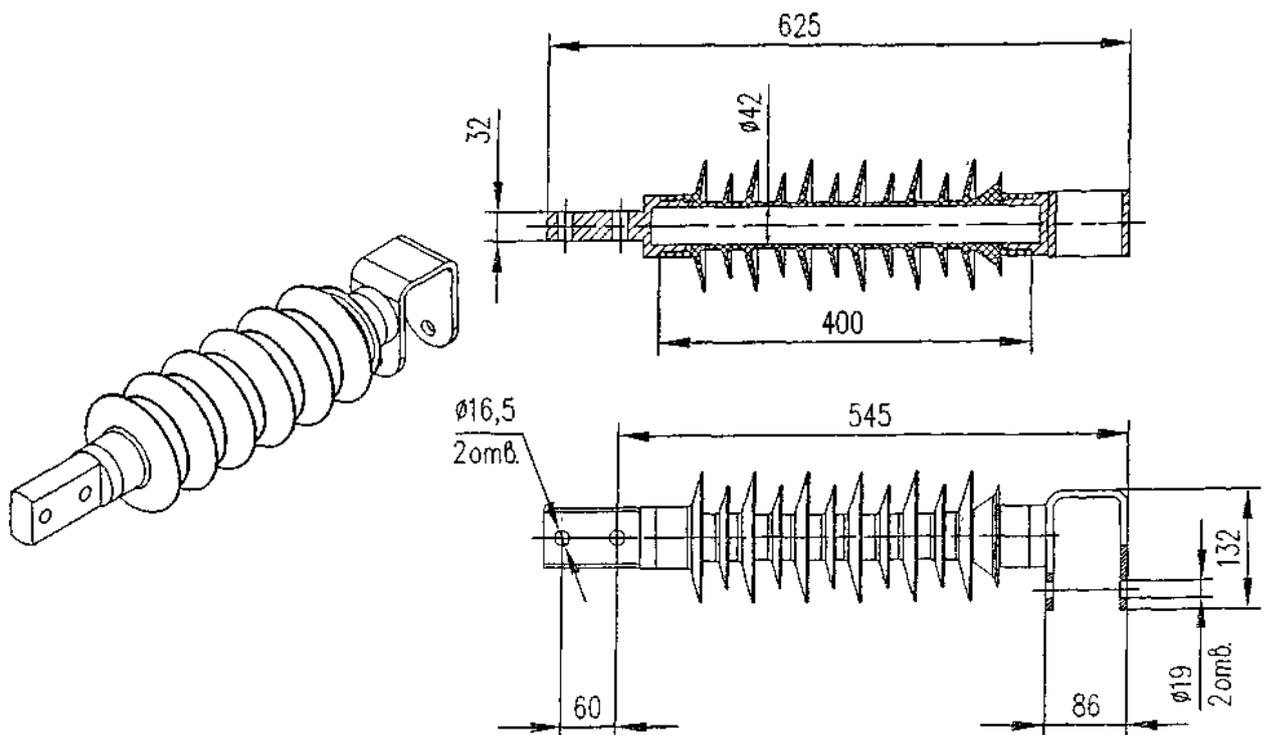


Рисунок П.5.9 Стержневой изолятор ОСК4–35–Г–4УХЛ1

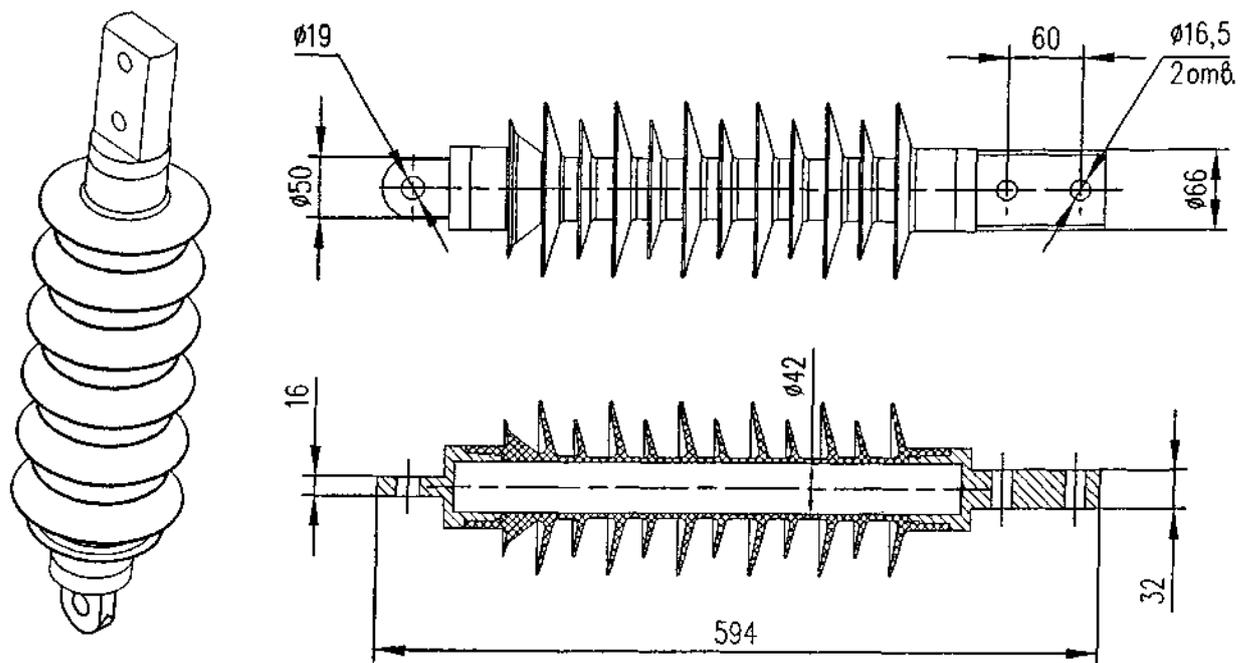


Рисунок П.5.10 Стержневой изолятор ОСК4-35-Д-4УХЛ1

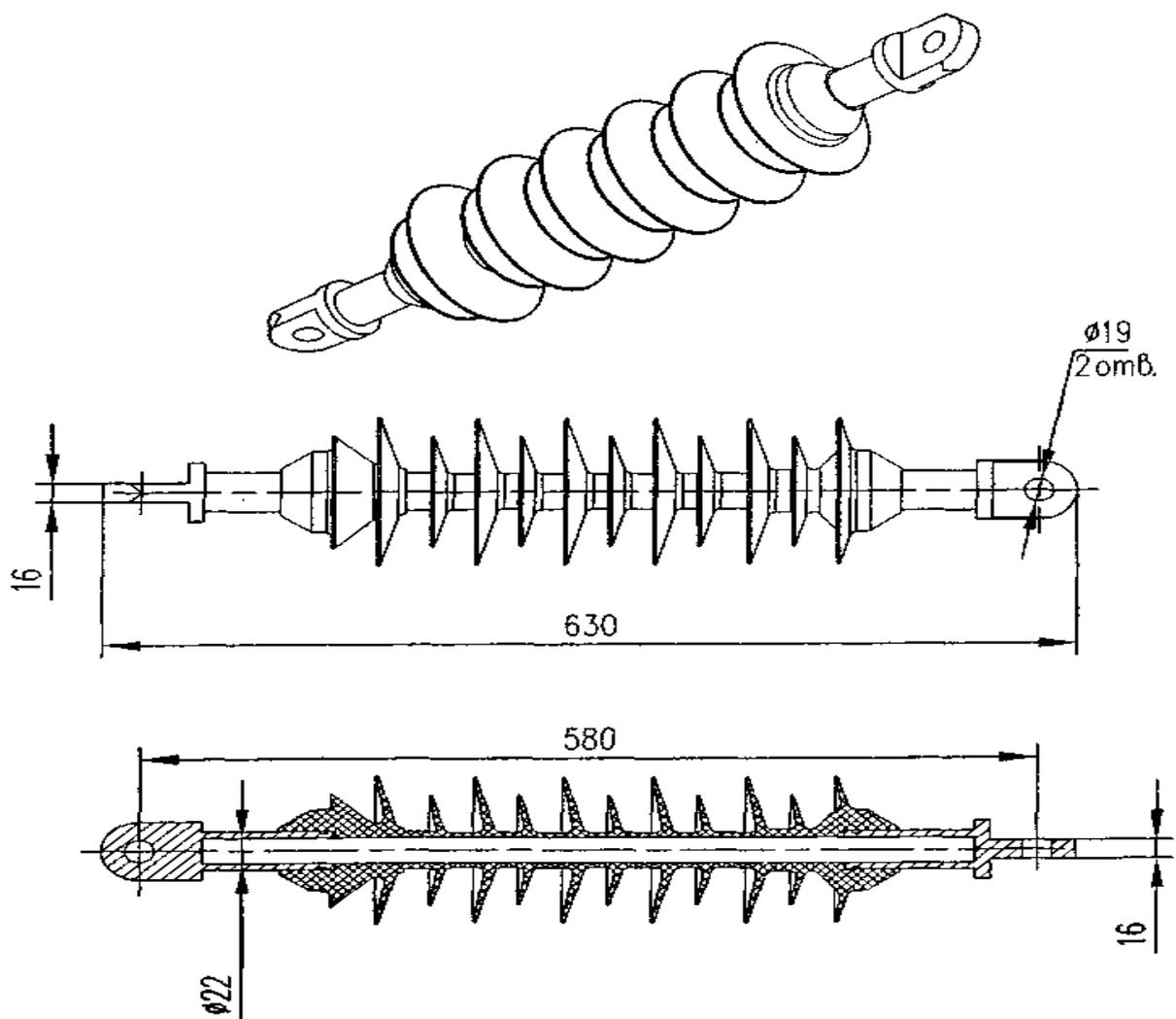


Рисунок П.5.11 Стержневой изолятор ЛК-70/35-03-IVУХЛ1

Преимущества полимерных изоляторов: высокая прочность при изгибе и кручении, существенно меньший вес (чем у фарфоровых), высокие разрядные характеристики, превосходные характеристики в условиях загрязнения, высокая сопротивляемость актам вандализма, высокая сейсмостойкость, отсутствие боя при транспортировке, низкие расходы при монтаже и незначительные эксплуатационные расходы. Конструкция не допускает хрупкого излома и падения. Технические характеристики представлены в приложении 2.

При эксплуатации часто приходится решать вопросы выбора линейной изоляции вследствие замены на новые. Воздушные линии могут подвергаться реконструкции в связи с заменой проводов и повышением номинального напряжения.

Последовательное изменение толщины оболочки для защиты более напряженных областей

Самая чувствительная зона — стык — защищена силиконом

Прочная адгезия горячей вулканизации обеспечивает герметизацию стыка в течение всего срока эксплуатации

Оптимальная геометрия ребер

Улучшенное распределение эл. поля в заделке с традиционной схемой

Оконцеватель с фланцем, спроектированным для наибольшего снижения напряженности.

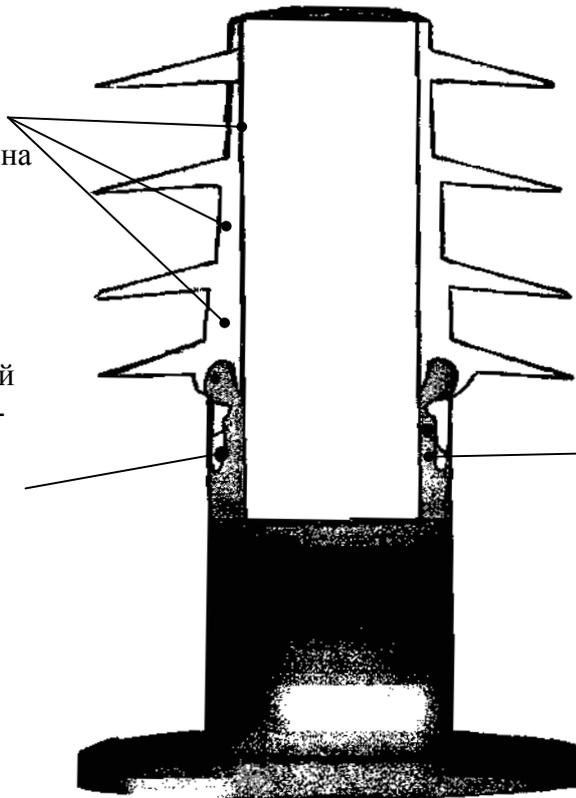


Рисунок П.5.12 Конструктивное решение стыка оконцевателя и оболочки

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение .....	3
1 Краткие теоретические сведения .....	4
2 Замена дефектных изоляторов .....	13
3 Последовательность работ при замене дефектных изоляторов .....	21
4 Задание для выполнения лабораторной работы .....	21
5 Порядок выполнения работы .....	21
6 Содержание отчета .....	24
7 Контрольные вопросы .....	25
Литература .....	25
Приложения .....	26

Учебное издание

### ЗАМЕНА ДЕФЕКТНЫХ ИЗОЛЯТОРОВ НА ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЯХ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

*Методические указания к лабораторной работе  
по курсу «Монтаж, эксплуатация и ремонт электроснабжающих  
установок» для студентов специальности 74 06 05 специализации  
74 06 05 04 «Электроснабжение сельского хозяйства»*

Составитель  
**Усов** Георгий Георгиевич

Ответственный за выпуск *Н.Е. Шевчик*  
Редактор *Н.Ф. Крицкая*

Подписано в печать 02.05.2007 г. Формат 60×84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>  
Бумага офсетная. Гарнитура Times New Roman. Усл. печ. л. 2,09.  
Уч.-изд. л. 1,64. Тираж 70 экз. Заказ 254.

Издатель и полиграфическое исполнение  
Белорусский государственный аграрный технический университет  
ЛИ № 02330/0131734 от 10.02.2006. ЛП № 02330/0131656 от 02.02.2006.  
220023, г. Минск, пр. Независимости, 99, к. 2

