



# Полимерные изоляторы для устройств контактной сети



Анатолий ЛУКЬЯНОВ  
Anatoly M. LUKYANOV

Юрий ЧЕПЕЛЕВ  
Yuri G. CHEPELEV



*Лукьянов Анатолий Михайлович* – доктор технических наук, профессор Московского государственного университета путей сообщения (МИИТ), Москва, Россия.

*Чепелев Юрий Георгиевич* – заведующий отделом «Системы тягового электроснабжения железных дорог» ВНИИЖТ, Москва, Россия.

## Polymer Insulators for Contact Network Devices

(текст статьи на англ. яз. – English text of the article – p. 65)

**Приведены результаты исследований разработанных конструкций полимерных – подвесных, натяжных, консольных, фиксаторных и опорных – изоляторов контактной сети. Даны рекомендации по их обслуживанию и инженерному сопровождению.**

*Ключевые слова:* железная дорога, контактная сеть, полимерные изоляторы, типы конструкций, надёжность, техническое обслуживание.

**В**ысокая загруженность электрифицированных линий заставляет повышать требования к ремонтнопригодности и надёжности её наиболее ответственных узлов, а также находить более эффективные решения, которые позволили бы максимально снизить количество отказов в работе контактной сети. Отсюда следует, что необходимо внедрять новые конструкции контактной сети, обеспечивающие более высокую надёжность, чем существующие [1].

Одним из перспективных направлений технического перевооружения и существенного повышения уровня надёжности контактной сети является создание полимерных изолирующих конструкций [2]. Это обусловлено недостатками традиционных металлофарфоровых и металлостеклянных конструкций – большой вес, высокая повреждаемость, не всегда надёжная механическая прочность [3]. Поэтому в систему изолирующих конструкций должны быть заложены материалы, которые обеспечивали бы стабильность электрофизических характеристик при длительном воздействии атмосферных факторов.

Замену традиционных узлов контактной сети на полимерные можно осуществить

**Прочностные данные стеклопластиков для полимерных изолирующих конструкций контактной сети**

Тип материала	Предел прочности, МПа			Модуль упругости, ГПа		Коэффициент долговечности $\gamma_t$
	растяжения	сжатия	изгиба	растяжения	сжатия	
СПП – П	528	242	580	28–30	19–22	2,22
СПП – ЭП	632	414	600	37–44	25–36	2,09
СПП – Ц	785	520	810	35–40	28–36	2,00
СПП – Э	850	431	890	52–53	30–38	1,85
СПП – Эв	920	660	1000	52–57	33–38	1,82
СПП – ЭИ	790	435	875	52–55	34–37,5	1,82

в два этапа. Цель каждого из них – получение значительного экономического эффекта при минимуме трудозатрат.

При реализации первого этапа полимерные изолирующие конструкции (изоляторы) по своей строительной длине адекватны стеклянным и фарфоровым. По мере исчерпания ресурса работоспособности замена традиционных изоляторов на полимерные не приводит к реконструкции устройств контактной сети. Этот вариант действует на электрифицированных линиях, его реализация осуществляется силами эксплуатационного персонала.

При капитальном ремонте устройств электроснабжения или строительстве новых линий перспективен второй вариант, когда несущие, фиксирующие и поддерживающие конструкции контактной сети выполнены целиком из полимерного материала, т.е. выполняют одновременно функции «несущая конструкция – изолятор».

Разработка конструкций контактной сети, выполненных целиком из полимерного материала, продолжает осуществляться на электрифицированных линиях. Некоторые результаты этой работы изложены в [1].

Вероятность безотказности  $P$  полимерных изолирующих конструкций контактной сети должна быть не менее значения, определяемого из выражения:

$$P(t) = 1 - 0,0003t, \quad (1)$$

где  $t$  – время с начала эксплуатации изолирующих конструкций, годы;

0,0003 – коэффициент, характеризующий годовую повреждаемость изолирующих конструкций, 1/год.

Срок службы полимерных изолирующих конструкций контактной сети должен быть не менее 25 лет.

В таблице 1 приведены прочностные данные и коэффициенты долговечности стеклопластиков, используемых для сетевых полимерных изолирующих конструкций.

Кратко остановимся на полимерных изоляторах [4, 5], используемых в устройствах контактной сети.

### ПОДВЕСНЫЕ ИЗОЛЯТОРЫ

Широкое применение фарфоровых и стеклянных изоляторов объясняется удобством комплектации гирлянд для любого напряжения, освоенностью технологии массового производства.

На линиях постоянного тока подвесные тарельчатые изоляторы используются практически везде, соединенные в гирлянды по два, за исключением подвески несущего троса на изолированных гибких поперечинах.

На линиях переменного тока эти изоляторы применяют в гирляндах, соединяют их по три, а в местах повышенного загрязнения – по четыре и пять.

Подвесные полимерные изоляторы предназначены заменить гирлянды фарфоровых и стеклянных изоляторов, по своим характеристикам должны быть не хуже гирлянд, применяемых на участках постоянного и переменного тока. При этом все характеристики полимерных изоляторов должны сохраняться в рабочем диапазоне температур (от  $-60^\circ$  до  $+50^\circ\text{C}$ ).

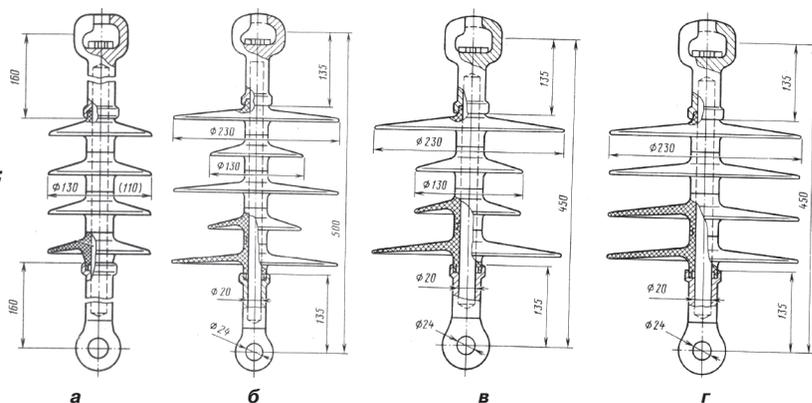
Защитная поверхность полимерных изоляторов, как правило, выполняется развитой. Такое конструктивное решение позволяет сократить строительные габаритные размеры изолирующих конструкций при сохранении удельной длины тока утечки.

Концевые захваты (оконцеватели) подвесных полимерных изоляторов рекомендуются изготавливать из оцинкованной стали,



**Рис. 1. Подвесные стержневые изоляторы:**

- а) ПСК<sub>р</sub> 70/L<sub>ут</sub> – А (Б);  
 б) ПСК<sub>р</sub> 70/L<sub>ут</sub> – В;  
 в) ПСК<sub>р</sub> 70/L<sub>ут</sub> – Г;  
 г) ПСК<sub>р</sub> 70/L<sub>ут</sub> – Д.



ковкового чугуна, алюминия или оловянистой бронзы. Оконцеватель может быть двух вариантов: под пестик или серьгу.

На электрифицированных дорогах проходят эксплуатацию несколько типов полимерных подвесных изоляторов. Первые два типа подвесных изоляторов аналогичны друг другу. У изоляторов ПСК<sub>р</sub> 70/L<sub>ут</sub> – А (см. рис. 1а) диаметр ребер 130 мм, у ПСК<sub>р</sub> 70/L<sub>ут</sub> – Б диаметр ребер 110 мм.

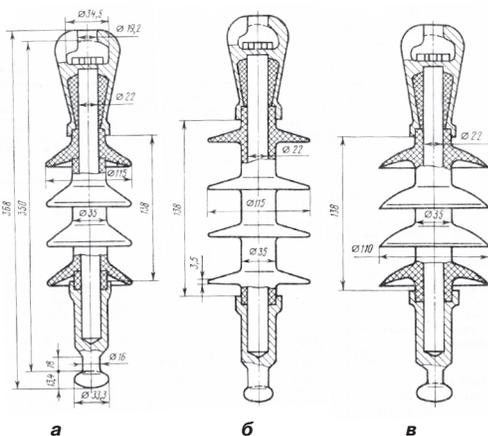
Третий тип изоляторов ПСК<sub>р</sub> 70/L<sub>ут</sub> – В (рис. 1б) собран из двух разновидностей чередующихся между собой ребер диаметром 230 и 130 мм. Отличие изоляторов ПСК<sub>р</sub> 70/L<sub>ут</sub> – Г (рис. 1в) от изоляторов ПСК<sub>р</sub> 70/L<sub>ут</sub> – В заключается в том, что ребра большего диаметра (230 мм) устанавливаются только у оконцевателей.

Конструкция подвесных изоляторов ПСК<sub>р</sub> 70/L<sub>ут</sub> – В и ПСК<sub>р</sub> 70/L<sub>ут</sub> – Г позволяет создать на изоляторе свободные от загрязнения или льда зоны, что благоприятно сказывается на разрядных характеристиках.

Такие типы изоляторов хорошо работают в условиях загрязненной атмосферы (IV–VII – районы загрязнения).

На сети дорог переменного тока применяются изоляторы ПСК<sub>р</sub> 70/L<sub>ут</sub> – Д (рис. 1г). Они изготовлены из конусообразных кремнийорганических ребер диаметром 230 мм. Как нетрудно заметить, преимущество этой конструкции перед ранее рассмотренными в том, что при одинаковой длине тока утечки изолятор ПСК<sub>р</sub> 70/L<sub>ут</sub> – Д имеет малую строительную высоту. Их рекомендуется применять в местах со стесненными габаритами.

На сети дорог постоянного тока продолжается эксплуатация разработанных трех типов изоляторов (рис. 2). ПСК<sub>р</sub> 70/0,415 – Е (рис. 2а) изготовлен из ребер диаметром 110 мм, верхний оконцеватель с гнездом под пестик сделан из чугуна. У изоляторов ПСК<sub>р</sub> 70/0,45 – Ж (рис. 2б) и ПСК<sub>р</sub> 70/0,43 – З (рис. 2в) защитная оболочка сплошная, цельнолитая. Она позволяет уменьшить количество стыков, сборочных операций при изготовлении. Цельнолитая защитная оболочка требует одной, но более сложной блочной формы, а также решения вопросов совместной термообработки отформованной таким образом оболочки с остальными частями изолятора.



**Рис. 2. Подвесные стержневые изоляторы для контактной сети постоянного тока:**

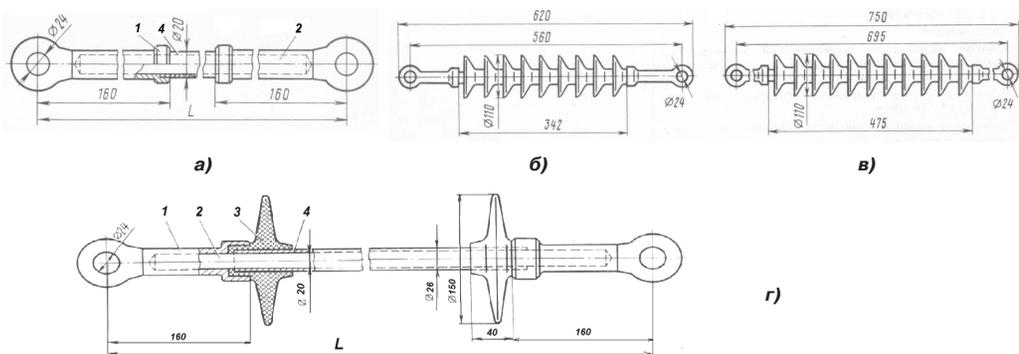
- а) ПСК<sub>р</sub> 70/0,415 – Е; б) ПСК<sub>р</sub> 70/0,45 – Ж;  
 в) ПСК<sub>р</sub> 70/0,43 – З.

У изолятора ПСК<sub>р</sub> 70/0,45 – Ж полукопучеобразная форма ребер, а у ПСК<sub>р</sub> 70/0,43 – З – куполообразная. Использование такой формы вызвано существующими трудностями получить цельнолитую конусообразную форму ребер при её формовке, однако форма таких защитных оболочек обеспечивает те же преимущества изолятору, что и конусообразная.

В таблице 2 приведены некоторые конструктивные характеристики полимерных

**Конструктивные характеристики и результаты испытаний  
подвесных полимерных изоляторов**

Параметры	Значения параметров для изоляторов типа						
	ПСК <sub>р</sub> 70/0,41 – А	ПСК <sub>р</sub> 70/0,39 – Б	ПСК <sub>р</sub> 70/0,67 – В	ПСК <sub>р</sub> 70/0,67 – Г	ПСК <sub>р</sub> 70/0,415 – Е	ПСК <sub>р</sub> 70/0,45 – Ж	ПСК <sub>р</sub> 70/0,43 – З
Разрушающая механическая сила при растяжении, кН	138	140	140	140	122	122	122
Строительная высота, мм	450	490	450	450	350	350	350
Разрядное расстояние, мм	140	200	180	180	138	138	138
Длина пути утечки, мм	410	390	670	670	415	450	430
Выдерживаемое напряжение кВ, не менее: в сухом состоянии	100	100	130	130	95	95	95
под дождем	83	90	95	95	55	55	55
50%-е разрядное напряжение грозового импульса	160	150	295	295	130	135	135
Трекинг-эрозионная стойкость, ч/цикл, не менее	182/6	182/6	182/6	182/6	182/6	182/6	182/6
Уровень радиопомех при рабочем напряжении, дБ	20	18	26	26	20	20	20
Масса, кг	1,6	1,52	2,63	2,63	2,3	2,3	2,3



**Рис. 3. Натяжные полимерные стержневые изоляторы: а) изолятор НСФт с фторопластовой защитной трубкой; б) изолятор НСКр 120/0,95; в) изолятор НСКр 120/1,2; г) изолятор НСФтКр 120/0,9 с комбинированным гладко-ребристым защитным чехлом; 1 – оконцеватель; 2 – стеклопластиковый стержень; 3 – ребра из кремнийорганической резины; 4 – фторопластовая трубка.**

изоляторов, а также результаты их испытаний.

### НАТЯЖНЫЕ ИЗОЛЯТОРЫ

Наибольшее применение в узлах контактной сети получили натяжные полимерные изоляторы [6, 7]. Для обеспечения необходимой длины пути утечки и трекингостойкости они могут быть изготовлены с гладким защитным чехлом (покрытием) (см. рис. 3а), с ребристым или комбинированным гладко-ребристым защитным чехлом (см. рис. 3б, в, г).

Изоляторы с гладким защитным чехлом имеют минимальные поперечные размеры, но большую строительную длину; ребристые изоляторы, наоборот – минимальную строительную длину, но большие попереч-

ные размеры. В отношении строительной длины промежуточное положение (при одинаковой длине пути утечки) занимают натяжные изоляторы с комбинированным защитным чехлом.

Диаметр стеклопластикового стержня натяжных изоляторов выбирают исходя из значения нормированной разрушающей силы. В таблице 3 приведены минимально допустимые диаметры стеклопластиковых стержней для полимерных изоляторов контактной сети в зависимости от выбранного коэффициента запаса.

Обычно используются стержни диаметром 20 мм. Фторопластовая трубка толщиной стенки 2–3 мм. Пространство зазора между стержнем и трубкой по всей длине гермети-





Таблица 3

Минимально допустимые диаметры стеклопластиковых стержней для полимерных изоляторов контактной сети в зависимости от выбранного коэффициента запаса  
 $K = 2,7-5,5$

Тип стеклопластика	Тип изолятора			
	Натяжной (подвесной) класс 120 кН	Фиксаторный	Консольный	Опорный
СПП – Э	20–33,6	26–41,2	36,0–55,2	36,0–52,0
СПП – Эв	20–32,0	26–39,8	36,0–53,4	36,0–52,0
СПП – ЭИ	20–34,5	26–42,0	36,0–56,3	36,0–53,0

зировано, т.е. заполнено под давлением кремнийорганическим вазелином и пастой.

Полимерные изоляторы в несколько раз дороже фарфоровых, выпуск их ограничен. Поэтому изоляторы типа НСФ рекомендуется применять рационально, в первую очередь в таких конструкциях и узлах контактной сети, где высокая ударная прочность полимерных изоляторов повысит надежность контактной сети (в местах боя фарфоровых изоляторов посторонними лицами); малая масса и поперечные размеры изоляторов окажут благоприятное воздействие на динамические характеристики конструкции (например, изолирующие сопряжения анкерных участков); большая длина гладкостержневых изоляторов будет способствовать повышению надежности изолированных консолей (уменьшается возможность перекрытия птицами изоляции в растянутых тягах); в тех случаях, когда применение фарфоровых изоляторов является либо вообще невозможным (в узлах с ограниченными габаритами), либо малоэффективным (например, в районах с сильным загрязнением атмосферы).

Грязестойкость фторопласта в несколько раз выше фарфора и других полимерных материалов, из которых может быть изготовлен защитный трекинговой чехол для стеклопластикового стержня. Поэтому в этом отношении гладкостержневые натяжные полимерные изоляторы с фторопластиковой защитной трубкой имеют бесспорное преимущество по сравнению с фарфоровыми и стеклянными.

Вероятность безотказной работы полимерных изоляторов НСФ<sub>т</sub> со стеклопластиковым стержнем 20 мм высока, не ниже чем у изолирующих элементов и составляет  $1,1 \cdot 10^{-7}$ . Однако на линиях, где скорость движения поездов достигает 200 км/ч, реко-

мендуется применять сдвоенные изоляторы НСФ<sub>т</sub>.

Полимерные натяжные изоляторы с развитой поверхностью (ребрами, колпаками, дисками) интенсивно разрабатываются в последние годы. Этот изолятор состоит из стеклопластикового стержня 22 мм, защитного чехла в виде втулок с конусными ребрами 110 мм. Изолятор НСК<sub>р</sub> 120/0,95 (рис. 3б) предназначен для применения в районах со степенью загрязненности атмосферы I–IV. Для районов со степенью загрязненности V–VII рекомендуется натяжной изолятор НСК<sub>р</sub> 120/1,2 с длиной пути утечки 1200 мм (рис. 3в). Основные параметры и характеристики натяжных изоляторов приведены в таблице 4.

На российских дорогах разработаны полимерные натяжные изоляторы с комбинированным защитным чехлом типа НСФ<sub>т</sub>К<sub>р</sub> 120 (рис. 3г).

Изолятор состоит из стеклопластикового стержня диаметром 20 мм, защитного чехла из фторопластовой трубки и двух втулок из кремнийорганической резины с дисковыми ребрами 150 мм, двух оконцевателей типа «ушко». В комбинированном защитном чехле основную роль играет фторопластовая защитная трубка. На концы её насажены «втулки-ребра», с одной стороны они имеют форму кольца и являются уплотняющими в оконцевателях, исключая проникновение влаги под чехол.

Два ребра из кремнийорганической резины диаметром 150 мм общей длиной пути утечки 265 мм позволяют изготавливать изоляторы НСФ<sub>т</sub>К<sub>р</sub> 120 примерно на 200 мм короче (20–30% с меньшим расстоянием между оконцевателями) одинаковых по длине пути утечки изоляторов типа НСФ<sub>т</sub> 70.

Наличие ребер благоприятно сказывается и на повышении условий электробезопасности при работах на контактной сети. Это до-

**Конструктивные характеристики и результаты испытаний натяжных полимерных изоляторов**

Параметры	Значения параметров для изоляторов типа						
	НСФ <sub>т</sub> 70 (120)/0,4	НСФ <sub>т</sub> 70 (120)/0,6	НСФ <sub>т</sub> 70 (120)/0,8	НСФ <sub>т</sub> 70 (120)/1,0	НСФ <sub>т</sub> 70 (120)/1,2	НСК <sub>р</sub> 120/0,95	НСК <sub>р</sub> 120/1,2
Строительная длина, мм	720	920	1120	1320	1500	1000	1200
Длина пути утечки, мм	400	600	800	1000	1200	950	1200
Разрядные напряжения кВ, не менее: в сухом состоянии	95	145	>200	>200	>200	140	150
под дождем	82	100	150	185	215	100	110
50%-е разрядное напряжение грозового импульса	150	220	296	>300	>300	200	220
Трекинг-эрозионная стойкость, ч/цикл, не менее	182/6	182/6	182/6	182/6	182/6	182/6	182/6
Уровень радиопомех при рабочем напряжении, дБ	5	5	10	10	10	10	10

стигается тем, что «втулка-ребро» является как бы психологическим барьером опасности.

В зависимости от степени опасности оборудования и устройств контактной сети полимерные изоляторы могут быть изготовлены с различной цветовой гаммой.

При испытаниях на растяжение изоляторы НСФ<sub>т</sub> К<sub>р</sub> 120 разрушились (отрыв ушка оконцевателя от его цилиндрической части по сварке, сползание оконцевателя со стеклопластикового стержня) при нагрузке 130–150 кН.

### КОНСОЛЬНЫЕ ИЗОЛЯТОРЫ

Полимерные консольные изоляторы предназначены для установки в подкосы изолированных консолей. Они находятся под действием сложной системы нагрузок, которые всегда приводятся к продольной, поперечной силам и изгибающему моменту. Поперечная сила несущественно влияет на напряженное состояние изолятора. Поэтому основной нагрузкой, определяющей напряженное состояние изолятора, являются продольная сила и изгибающий момент.

Основными требованиями, предъявляемыми к консольным полимерным изоляторам, с механической точки зрения является то, что разрушающая механическая нагрузка при растяжении должна быть не менее 70 кН, при изгибе в плоскости ушка – не менее 5 кН, а разрушающий изгибающий момент – не менее 2,5 кН • м. Для изготовления консольных стержневых изоляторов рекомендуется использовать стеклопластиковые стержни диаметром не менее 35 мм.

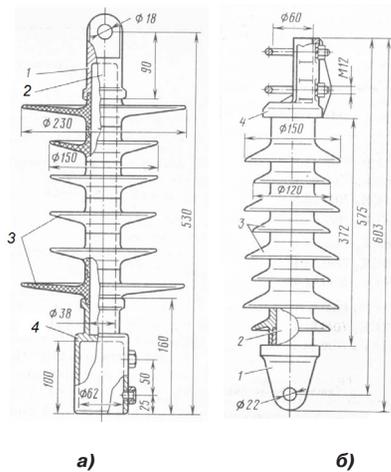
Изоляторы, работающие в условиях загрязненной атмосферы, должны иметь ребристое защитное покрытие из фторопласта или кремнийорганической резины.

Разработанные в России полимерные стержневые консольные изоляторы имеют конусообразные ребра из кремнийорганической резины. Конструктивное исполнение защитной оболочки консольных изоляторов идентично защитной оболочке подвесных изоляторов.

Изоляторы КСК<sub>р</sub> 70/L<sub>ут</sub> – А собраны из ребер диаметром 130 мм, а изоляторы КСК<sub>р</sub> 70/L<sub>ут</sub> – Б – из ребер диаметром 150 мм. Полимерные стержневые консольные изоляторы КСК<sub>р</sub> 70/L<sub>ут</sub> – В собраны из двух разновидностей чередующихся между собой ребер диаметром 230 и 150 мм, у изоляторов КСК<sub>р</sub> 70/L<sub>ут</sub> – Г ребра большего диаметра установлены только у оконцевателей. Изоляторы КСК<sub>р</sub> 70/L<sub>ут</sub> – Д, как и изоляторы ПСК<sub>р</sub> 70/L<sub>ут</sub> – Д, собраны из ребер диаметром 230 мм. Эти конструкции имеют различную длину пути утечки. Оконцеватели таких типов изоляторов (рис. 4а) изготавливают из стали. Соединение со стеклопластиковым стержнем оконцевателей осуществляется клееобжимным способом.

Особого внимания заслуживает конструкция полимерного консольного изолятора КСК<sub>р</sub> 70/0,9 – Е. Он собран (рис. 4б) из двух чередующихся ребер диаметром 150 и 120 мм, причем два ребра у оконцевателей смонтированы на их металлическую часть с целью увеличения длины изоляционной части. Оконцеватели изготовлены из чугуна.





**Рис. 4. Полимерные стержневые консольные изоляторы:**  
**а) КСК<sub>р</sub> 70 /0,94 – Г; б) КСК<sub>р</sub> 70 /0,9 – Е;**  
 1 – оконцеватель; 2 – стеклопластиковый стержень;  
 3 – ребра из кремнийорганической резины;  
 4 – оконцеватель под трубу консоли.

Характеристики некоторых полимерных консольных изоляторов приведены в таблице 5.

### ФИКСАТОРНЫЕ ИЗОЛЯТОРЫ

На линиях постоянного тока для всех фиксаторных, кроме гибких, применяют тарельчатые фарфоровые изоляторы ПТФ-70 со специальной шапкой, имеющей внутрен-

нюю резьбу для закрепления трубы диаметром 1".

Для гибких фиксаторов используют изоляторы ПР-70.

На линиях переменного тока (а иногда и при постоянном токе) в качестве фиксаторных применяют стержневые изоляторы типов ИФС и VKL. Поэтому электрохимические характеристики полимерных фиксаторных изоляторов должны быть не ниже характеристик соответствующих фарфоровых.

Полимерные стержневые фиксаторные изоляторы по конструктивному исполнению изолирующей части аналогичны полимерным консольным модификаций ФСК<sub>р</sub> 70/L<sub>ут</sub> – А (Б, В, Г и Д). Отличие заключается лишь в том, что используются специальные оконцеватели (рис. 5а). Оконцеватели изготавливают из стали, они посажены на стеклопластиковый стержень клееобжимным способом.

У изоляторов ФСК<sub>р</sub> 70/0,9 – Е (рис. 5б) защитная оболочка изготовлена из ребер диаметром 120 мм. Одно (расположенное у оконцевателя типа «ушко»), как и у консольного изолятора, с целью увеличения длины изоляционной части смонтировано на металлическую часть оконцевателя.

Конструктивные характеристики некоторых типов фиксаторных изоляторов и данные испытаний приведены в таблице 6.

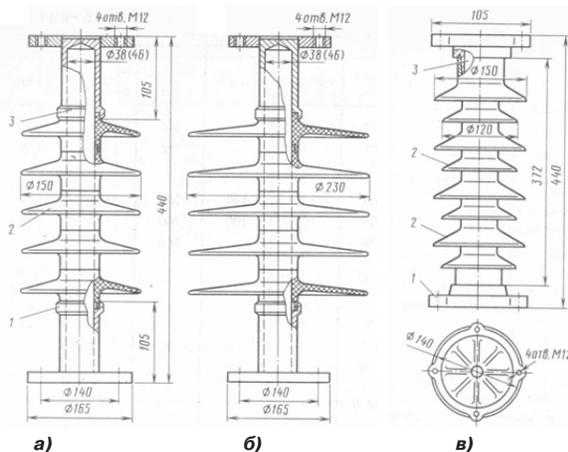
**Таблица 5**

### Конструктивные характеристики и результаты испытаний консольных полимерных изоляторов

Параметры	Значения параметров для изоляторов типа					
	КСК <sub>р</sub> 70/0,84 – Г	КСК <sub>р</sub> 70/0,94 – Г	КСК <sub>р</sub> 70/0,9 – Е	КСК <sub>р</sub> 70/1,09 – Д	КСК <sub>р</sub> 70/0,62 – А	КСК <sub>р</sub> 70/1,18 – Б
Строительная длина, мм	375	425	574	440	464	650
Длина пути утечки, мм	840	940	912	1090	592	778
Разрядные напряжения кВ, не менее: в сухом состоянии	170	180	160	160	130	163
под дождем	140	150	120	125	118	118
50%-е разрядное напряжение грозового импульса	250	260	225	245	206	275
Механическая разрушающая сила, кН при растяжении при изгибе	148 8	150 8	150 8	150 8	150 8	150 8
Трекинг-эрозионная стойкость, ч/цикл, не менее	182/6	182/6	182/6	182/6	182/6	182/6
Уровень радиопомех при рабочем напряжении, дБ	5	5	5	10	18	20
Масса, кг	4,08	4,32	6,82	4,02	1,43	2,03



**Рис. 6. Полимерные опорные изоляторы:**  
 а) ОСК<sub>р</sub> 70/0,66 – Б;  
 б) ОСК<sub>р</sub> 70/1,09 – Д;  
 в) ОСК<sub>р</sub> 70/0,8 – Е;  
 1 – оконцеватель;  
 2 – ребра из кремнийорганической резины;  
 3 – стеклопластиковый стержень.



Фиксаторные полимерные изоляторы могут быть использованы для крепления разрядников переменного и постоянного тока контактной сети.

### ОПОРНЫЕ ИЗОЛЯТОРЫ

В первую очередь предназначены для изоляции и механического крепления токоведущих частей в электрических аппаратах и для монтажа токоведущего провода (шин) распределительных устройств электроснабжения.

В процессе эксплуатации опорные изоляторы подвергаются воздействию изгибающих нагрузок, обусловленных электродинамическими силами при коротких замыканиях, которые создают усилия, нормальные к оси изолятора. В некоторых случаях опорные изоляторы испытывают усилия на растяжение, сжатие или кручение.

Полимерные опорные изоляторы контактной сети преимущественно удобны для секционных разъединителей и разрядников. Некоторые типы полимерных опорных изоляторов можно использовать в основных защитных средствах, применяемых при работах под напряжением на контактной сети, в частности, на изолирующих вышках, дрезинах ДМ, автомотрисах АГВ. С механической точки зрения основным требованием, предъявляемым к опорным полимерным изоляторам, является то, что разрушающая нагрузка при растяжении (сжатии) должна быть не менее 70 кН, при изгибе – 8 кН, а разрушающий изгибаю-

щий момент – не менее 4 кН • м. Полимерные опорные изоляторы по исполнению изолирующей части аналогичны полимерным консольным изоляторам. Как видно из рис. 6, отличительной чертой изоляторов ОСК<sub>р</sub> 70/0,66 – Б и ОСК<sub>р</sub> 70/1,09 – Д является наличие специальных оконцевателей, изготовленных из стали. В изоляторах ОСК<sub>р</sub> 70/0,8 – Е используются чугунные оконцеватели (рис. 6в)

Характеристики некоторых типов опорных изоляторов приведены в таблице 7, там же даны и характеристики традиционных фарфоровых изоляторов ОНС-35–500 и КО-400С.

Сделанный анализ говорит о надёжности, масштабности и перспективности применения полимерных материалов в конструкциях контактной сети.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Лукьянов А. М., Чепелев Ю. Г., Бардин А. Н. Разрабатываем полимерные консоли // Мир транспорта. – 2016. – №3. – С. 60–71.
2. Горошков Ю. И., Ильин В. Н., Лукьянов А. М., Чепелев Ю. Г. Применение полимерных изоляторов в устройствах контактной сети электрифицированных железных дорог. – М.: Транспорт, 1987. – 48 с.
3. Горошков Ю. И., Бондарев Н. А. Контактная сеть. – М.: Транспорт, 1981. – 400 с.
4. Janick J. Elektrischer Zugbetrieb/ J. Janicki // Der Eisenbahningenieur. – 2015. – № 1. – Pp. 17–20.
5. Oberleitung Sicut SX – Zulassung und Betriebserfahrung in Ungarn. Kőkenyesi Miklós, Kunz Dietmar. Elek. Bahnen. 2013. 111, № 6–7, pp. 440–444.
6. Chen Shaokuan, Wang Xiu-dan, Bai Yun, Liu Haidong, Mao Bao-huo. Tiedao xuebao = J. China Railway Soe. 2013. 35, № 12, pp. 37–42.
7. Wienerwaldtunnel – Montage der Oberleitung. Hofbauer Gerhard. Elek. Bahnen 2013. 111, № 6–7, pp. 425–429. ●

Координаты авторов: **Лукьянов А. М.** – (495) 684–2470, **Чепелев Ю. Г.** – yuriychepelev@yandex.

Статья поступила в редакцию 05.04.2016, принята к публикации 18.07.2016.