

**Н.П. Костарев, В.Н. Черкасов**

**УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ  
ПО ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ  
ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК**

**Н.П. Костарев, В.Н. Черкасов**

**УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ  
ПО ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ  
ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК**

Москва  
2000

## ***СОДЕРЖАНИЕ.***

Предисловие	4
Глава 1. Причины пожарной опасности электроустановок	5
1.1. Классификация электроустановок	5
1.2. Причины загораний электропроводок и кабелей	5
1.3. Причины загораний электрических двигателей	5
1.4. Причины загораний осветительных установок	6
1.5. Причины загораний в распределительных устройствах, электрических аппаратах пуска, управления и защиты	7
1.6. Причины загораний от электрических приборов	7
Глава 2. Аварийные пожароопасные режимы в электроустановках	9
2.1. Развитие аварийных пожароопасных режимов в электроустановках	9
2.2. Схемы замещения коротких замыканий электропроводок и сравнительный анализ их тепловых характеристик	11
2.3. Обеспечение пожарной опасности электроустановок	24
Глава 3. Пожарная опасность комплектующих элементов электротехнических устройств	27
3.1. Пожарная опасность резисторов	27
3.2. Пожарная опасность транзисторов	29
3.3. Пожарная опасность интегральных микросхем	31
3.4. Пожарная опасность конденсаторов	33
3.5. Пожарная опасность моточных комплектующих элементов	36
Глава 4. Пожарная опасность электроизоляционных и конструкционных материалов	39
4.1. Классификация материалов на пожарную опасность	39
4.2. Конструкционные материалы и методы их испытания	40
4.3. Испытание материалов на критический тепловой поток	42
4.4. Испытание материалов на стойкость к возгоранию от действия электрической дуги	45
4.5. Определение стойкости конструкционных материалов к воспламенению (горелка Бунзена)	48

4.6. Испытание конструкционных материалов игольчатым пламенем	50
4.7. Испытание конструкционных материалов нагретой проволокой	53
4.8. Метод термического анализа для оценки пожарной опасности конструкционных материалов	55
4.9. Оценка полученных результатов	59
Глава 5. Вероятностная оценка пожароопасных отказов в электроустановках	60
Глава 6. Требования пожарной безопасности к электроустановкам	70
6.1. Основные нормативные документы, определяющие пожарную опасность электроустановок	70
6.2. Требования пожарной безопасности к электроизоляционным и конструкционным материалам	71
6.3. Требования пожарной безопасности к комплектующим элементам электроустановок	73
6.4. Требования пожарной безопасности к узлам и блокам электроустановок	75
6.5. Программа испытаний электроустановок на пожарную опасность	76
6.6. Определение соответствия электроустановок требованиям пожарной безопасности	78
6.7. Профилактическая деятельность электрослужб предприятия	80
Глава 7. Пожарная безопасность электроустановок в помещениях	84
7.1. Классификация пожароопасных и взрывоопасных помещений	84
7.2. Электроустановки в помещениях с нормальной средой	87
7.3. Электроустановки в пожароопасных зонах	94
7.4. Электроустановки во взрывоопасных зонах	95
Глава 8. Требования пожарной безопасности при производстве электропродукции	101
8.1. Цель и задачи проверок	101
8.2. Общий порядок подготовки и проведения проверки	101
Литература	103

## ***ПРЕДИСЛОВИЕ***

Увеличение числа эксплуатируемых установок приводит к росту числа пожаров и загораний от них. Поэтому проблема противопожарной защиты электроустановок является актуальной. Решение проблемы невозможно без анализа, классификации и разработки моделей и методов оценки пожарной опасности электроустановок, и качественной подготовки работников пожарной охраны.

Опыт изучения курса «Электротехника и пожарная безопасность электроустановок» курсантами и слушателями Академии Государственной противопожарной службы МВД России показывает, что для более качественного усвоения материала необходимо подробно разъяснить такие разделы как «Пожарная опасность электроустановок» и «Пожарно-техническое обследование электроустановок». Систематизация материалов при изучении этих вопросов позволяет быстро и эффективно получить дополнительные знания в области пожарной безопасности электроустановок.

Данное пособие предназначено для курсантов и слушателей, изучающих курс «Электротехника и пожарная безопасность электроустановок», а также может использоваться работниками, которые занимаются вопросами пожарной безопасности.

Учебное пособие дополняет учебник по пожарной профилактике электроустановок и одновременно облегчает ориентирование в таких нормативных документах, как «Правила устройства электроустановок» (ПУЭ) и «Правила эксплуатации электроустановок потребителей» (ПЭЭП).

Считаю необходимым выразить признательность коллегам, которые внесли вклад в подготовку учебного пособия, а именно Набатникову А.А, и Медянику Ю.М. за предложения и конструктивную критику. Авторы благодарны Князеву П.Ю. за большую помощь при оформлении и иллюстрировании рукописи учебного пособия.

Предисловие, глава 1 параграф 1.6, главы 2-8 написаны заместителем начальника кафедры «Специальной электротехники, автоматизированных систем и связи» кандидатом технических наук Н.П. Костаревым; глава 1, параграфы 1.1.1. – 1.1.5. написаны совместно Н.П. Костаревым и профессором В.Н. Черкасовым.

# **ГЛАВА 1. ПРИЧИНЫ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК**

## **1.1. Классификация электроустановок**

Пожарная опасность электроустановок зависит от качества изготовления, конструкции, применяемых конструкционных материалов, а также условий монтажа и эксплуатации. Учитывая разнообразие электроустановок, отличающихся друг от друга как конструктивными решениями, так и эксплуатационными характеристиками, они объединяются в соответствующие классы по наиболее существенным признакам конструктивного исполнения, электрических характеристик и функционального назначения. Ниже приводятся основные классы электроустановок, которые достаточно полно охватывают практически все многообразие применяемых электроустановок:

- электропроводки и кабели;
- электродвигатели (электродвигатели и трансформаторы);
- осветительные установки;
- распределительные устройства, электрические аппараты пуска и управления, аппараты защиты;
- электронагревательные приборы и установки;
- радиоэлектронная аппаратура, ЭВМ.

## **1.2. Причины загораний электропроводок и кабелей**

1) Короткое замыкание между жилами кабеля, жилами и землей из-за:

- пробоя изоляции коммутационным или грозовым перенапряжением;
- пробоя изоляции вследствие старения, воздействия повышенной влажности, агрессивной среды, внешнего или внутреннего локального теплового и механического воздействия.

2) Перегрев и воспламенение изоляции от токовой перегрузки в результате:

- подключения потребителей завышенной мощности;
- ухудшения теплоотвода, отказ вентиляции.

3) Перегрев мест переходных соединений в результате:

- ослабления контактных соединений токопроводящих жил;
- окисления соединенных проводников.

## **1.3. Причины загораний электрических двигателей**

1) Межвитковые короткие замыкания и короткие замыкания обмоток на корпус в результате:

- межвиткового пробоя электроизоляции из-за старения обмоток, воздействия влаги, агрессивной среды, вибраций, встряски;
  - межвиткового пробоя изоляции или пробоя изоляции обмоток на корпус от внешнего или внутреннего перегрева.
- 2) Перегрев от токовой перегрузки обмоток в результате:
- завышения механической нагрузки на валу;
  - работы трехфазного двигателя в однофазном режиме;
  - работы электродвигателя при повышенном или пониженном напряжении;
  - торможения ротора из-за механического износа подшипников, загрязнения или отсутствия смазки;
  - повреждения вентиляции или охлаждения двигателя;
  - завышения частоты пусков или реверсов.

#### *1.4. Причины загораний осветительных установок*

1) Перегрев из-за появления больших переходных сопротивлений в результате:

- ослабления контактного соединения источников света: в цоколе лампы, патроне, ламподержателе;
- ослабления контактного соединения проводов;
- окисления контактируемых поверхностей в местах подсоединения источника света в цоколе, патроне, ламподержателе и питающих проводов.

2) Перегрев из-за завышения мощности источника света и ухудшения теплоотвода в результате:

- использования источников света завышенной мощности, приводящей к перегреву патрона и рассеивающей арматуры;
- ухудшения естественного охлаждения (теплоотвода) конструктивных элементов из-за загрязнения.
- образование цепей утечки тока из-за старения электроизоляционных и конструкционных материалов, загрязнения поверхностей и агрессивных воздействий.

3) Перегрев в элементах пускорегулирующей аппаратуры люминесцентных ламп и ДРЛ в результате:

- “залипания” стартера, приводящего к токовой перегрузке дросселя;
- электрического пробоя конденсатора, приводящего к токовой перегрузке дросселя;
- повышенного рассеяния мощности в дросселе из-за расслоения магнитного сердечника;
- межвиткового замыкания в дросселе или в трансформаторе;
- обрыва (перегорания) нити накала люминесцентной лампы, приводящего к токовой перегрузке дросселя или трансформатора;

### ***1.5. Причины загораний в распределительных устройствах, электрических аппаратах пуска, управления и защиты***

1) Перегрев конструктивных элементов из-за повышенного переходного сопротивления в результате:

- ослабления контактного давления в местах соединения токопроводящих проводников;
- окисления в местах подсоединения токопроводящих проводников.

2) Перегрев обмоток электромагнита в результате:

- межвиткового пробоя изоляции повышенным напряжением;
- пробоя изоляции от старения, воздействия повышенной влажности или агрессивной среды, вибраций и тряски;
- периодического недотягивания якоря сердечника при механических повреждениях конструктивных элементов устройства;
- завышенной частоты пусков.

3) Перегрев из-за повышенного искрения контактов в результате:

- механического износа;
- окисления контактных поверхностей.

4) Причины загораний от предохранителей в результате:

- нагрева в местах рабочих контактов от снижения контактного давления;
- нагрева в местах рабочих контактов из-за окисления контактных поверхностей;
- разлета частиц расплавленного металла при разрушении корпуса предохранителя или вызванного применением нестандартной плавкой вставки - “жучка”.

### ***1.6. Причины загорания от электронагревательных приборов***

1) Короткое замыкание электронагревательных элементов в результате:

- разрушения электроизоляционных конструктивных элементов от старения, воздействия влаги и агрессивной среды;
- разрушения электроизоляционных элементов от внешнего механического воздействия;
- случайного попадания токопроводящих предметов;

- ослабления контактного давления в местах подключения токопроводящих проводников и токоведущих элементов;
  - окисления в местах подсоединения токопроводящих проводников и токопроводящих элементов;
  - деформации конструктивных элементов.
- 2) Загорания от электронагревательных приборов из-за:
- соприкосновения горючих предметов и материалов с нагретыми элементами прибора;
  - теплового облучения горючих материалов.

## **ГЛАВА 2. АВАРИЙНЫЕ ПОЖАРООПАСНЫЕ РЕЖИМЫ В ЭЛЕКТРОУСТАНОВКАХ**

### **2.1. Развитие аварийных пожароопасных режимов в электроустановках**

Причины загораний в электроустановках общие. Они зависят от теплового проявления тока, и горючести электроизоляционных материалов. Нагрев изоляционных материалов токами короткого замыкания, перегрузки, утечки или рабочими токами в местах больших переходных сопротивлений приводит:

- к выделению легковоспламеняющихся продуктов при сравнительно низких температурах (табл. 2.1);
  - к воспламенению горючей изоляции при достижении температуры воспламенения (табл. 2.1);
- к тепловому пробое и к коротким замыканиям в электрических цепях.

Таблица 2.1

#### **Показатели пожарной опасности электроизоляционных материалов**

Наименование материала	Температура начала разложения, °С	Температура воспламенения, °С
Резина	50	220
Полиэтилен	70	306
Поливинилхлорид	65	560
Полистирол	65	274

Для снижения пожарной опасности электроустановок необходимо, чтобы температура их частей в нормальном режиме эксплуатации не

превышала допускаяемые нормами, а при аномальных и аварийных режимах обеспечивалось их надежное отключение аппаратами защиты.

Однако, широко используемые в настоящее время аппараты защиты (автоматические воздушные выключатели, предохранители и тепловые реле магнитных пускателей) не во всех случаях выполняют возложенные на них функции.

Характерным примером возникновения пожарной опасности при закономерном снижении сопротивления изоляции  $R_{из}$ , является случай развития короткого замыкания от теплового проявления тока утечки  $I_{ут}$  в сети с занулением. Преднамеренное надежное электрическое соединение металлических элементов электроустановок, которые могут оказаться под напряжением, с нейтралью питающего трансформатора в таких сетях создает условия для протекания тока утечки при снижении сопротивления изоляции. Протекание же тока утечки вызывает его увеличение, так как температурный коэффициент сопротивления изоляции твердых диэлектриков отрицателен, и с повышением температуры его сопротивление уменьшается. Она выдержит фазное напряжение сети  $V_{ф}$ , если при некоторой температуре установится тепловое равновесие, т.е. отдача тепла в окружающую среду сравнивается с выделением тепла током утечки. В противном случае, сила тока утечки будет возрастать до теплового пробоя изоляции с возникновением электрической дуги. При двух предельных значениях  $R_{из} = 0$  и  $R_{из} = \infty$  тепловая мощность в месте утечки равна нулю, т.к. в первом случае  $I_{ут} = 0$ , а во втором - напряжение в месте утечки равно нулю. Следовательно, некоторому определенному значению сопротивления  $R_{из}$  соответствует наибольшее возможное значение тепловой мощности в месте утечки  $P_{ут} = I_{ут}^2 R_{из}$ . Однако, особенность самого пробоя такова, что он наступает при относительно малых значениях  $P_{ут}$ , т.к. геометрические размеры зоны с большим сопротивлением  $R_{из}$  и высокой температурой имеют локальный характер, и это способствует аккумуляции тепла в месте

$$Q_{ут} = I_{ут}^2 R_{из} \tau = V_{ф} I_{ут} \tau = P_{ут} \tau,$$

где  $\tau$  - продолжительность тепловыделения в зоне утечки. Установлено, что токи утечки  $I_{ут}$  равные 200. . 300 мА - пожароопасны. При этом протекание токов утечки по проводам сети практически не нарушает их теплового режима, т.к.

$$Q_{пр} = (I_{доп} + I_{ут})^2 (R_{ф} + R_{н}) \tau, \quad \text{а} \quad I_{доп} \ll I_{ут},$$

где:  $I_{доп}$  - допустимая длительная токовая нагрузки на проводники;  $R_{ф}$  и  $R_{н}$  - активные сопротивления фазного и нулевого провода.

Продолжительность тепловыделения в зоне утечки определяется током уставки  $I_{уст}$  и временем срабатывания  $\tau_{уст}$  аппарата защиты, а при отсутствии защиты от тока утечки и достаточной тепловой мощности  $P_{ут}$  -

длительностью аварийного режима  $\tau_{a.p.}$  и временем  $\tau_{воспл}$ , необходимым для подготовки изоляции к воспламенению. При этом, если  $\tau_{a.p.} > \tau_{воспл}$ , то воспламенение практически неизбежно, а если  $\tau_{a.p.} < \tau_{воспл}$ , то воспламенение носит вероятностный характер. Воспламенению изоляции способствует также тепловой эффект электрической дуги, которая возникает в месте теплового пробоя.

В момент возникновения электрической дуги, если не происходит разрыва цепи аппаратами защиты или пережигания токоведущих жил, в цепи устанавливается ток короткого замыкания  $I_{к.з.}$ , вызывающий общий интенсивный нагрев проводов сети. Выделяющееся при этом тепло в токоведущих жилах

$$Q_{пр} = (I_{к.з.}^2 - I_{доп}^2) R_{\phi} \tau_{уст} = P_{пр} \tau_{уст}$$

ведет к перегреву изоляции сверх допустимой по нормам ПУЭ и при достижении температуры воспламенения изоляция воспламенится. Таким образом, снижение сопротивления изоляции внутри электроприемника приводит к росту пожарной опасности самих помещений. Одновременно в сети устанавливается пожароопасный режим.

Таким образом, автоматические воздушные выключатели, предохранители и тепловые реле магнитных пускателей “не чувствуют” процесса развития короткого замыкания. В соответствии с требованиями ПУЭ

$$\frac{I_{кз(к)}}{I_{н.вст.н.тепл}} \geq 3$$

время отключения однофазных к.з. этими аппаратами составляет несколько десятков секунд и определяется временем разрушения плавких вставок или срабатывания тепловых расцепителей. Например, для предохранителей типа ПН - 2 с номинальным током вставок выше 100 А оно достигает 30-60 с, а расцепителей автоматических выключателей типа А3100 с номинальными токами от 60 до 150 А - 60-90 с. Такое длительное протекание токов короткого замыкания может приводить к значительному тепловому нагреву изоляции и опасности ее возгорания. При низком качестве монтажа наблюдаются случаи, когда сопротивление “фаза-нуль” настолько велико, что вообще не обеспечивается срабатывание аппаратов защиты до возгорания изоляции.

Отмеченные закономерности развития короткого замыкания при разрушении электрической изоляции являются объективными предпосылками развития электрической и пожарной опасности, т.к. применяемые аппараты защиты не реагируют на протекание токов утечки до развития короткого замыкания.

## **2.2. Схемы замещения коротких замыканий электропроводок и сравнительный анализ их тепловых характеристик**

### 2.2.1. Короткие замыкания в электроустановках

Основной причиной возникновения пожара в кабельных изделиях являются аварийные режимы их работы, сопровождаемые превышением рабочих значений тока (сверхтока). Зачастую сверхток может быть следствием различных видов короткого замыкания (КЗ).

Под КЗ понимается не предусмотренное нормальными условиями работы замыкание через малое сопротивление токопроводящих частей, имеющих различную полярность, подключенных к различным фазам (многофазный переменный ток) или имеющих различные потенциалы замыкания на землю (заземленные предметы и нулевые провода). КЗ в кабельных изделиях, чаще всего возникает из-за нарушения изоляции токопроводящих жил вследствие ее старения, механического повреждения, неправильной эксплуатации.

Независимо от причины, вызвавшей КЗ, неизбежны: резкое увеличение тока в короткозамкнутой цепи, уменьшение напряжения системы, перерывы в электроснабжении потребителей.

При коротком замыкании образуется новая электрическая цепь или несколько электрических цепей, не предусмотренных нормальным режимом эксплуатации. Короткое замыкание представим в виде схем замещения (рис. 2.1 ÷ 2.21.).

### 2.2.2. Однофазное короткое замыкание (рис. 2.1)

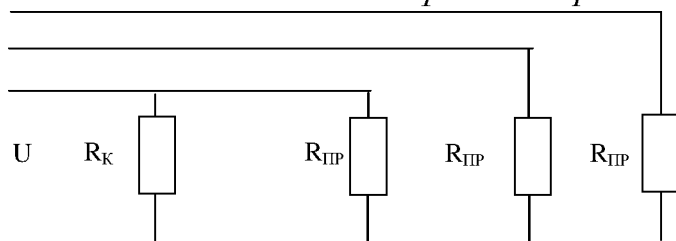


Рис. 2.1. Схема замещения однофазного короткого замыкания

$$dQ = \frac{U_c^2}{R_{КЗ}} dt = U_c^2 \left[ \frac{1}{R_{К.З.}} + \frac{1}{R_{П.П.}} \right] dt \quad (2.1)$$

где  $R_{ПР}$  – сопротивление в сети потребителей электрической энергии.

$R_{КЗ}$  – сопротивление в канале протекания электрического тока, Ом.

$U_c$  – напряжение сети, В.

$t$  – время, с.

$Q$  – тепловой эффект действия, Дж.

Учитывая то, что проводимость в сети потребителей при коротком замыкании величина значительно меньшая проводимости участка короткого замыкания, представим тепловыделение без учета малых величин.

$$dQ = \frac{U_c^2}{R_{К.З.}} dt \quad (2.2)$$

### 2.2.3. Двойное короткое замыкание (рис. 2.2)

$$dQ = 2 \frac{U_C^2}{R_{К.З.}} dt \quad (2.3)$$

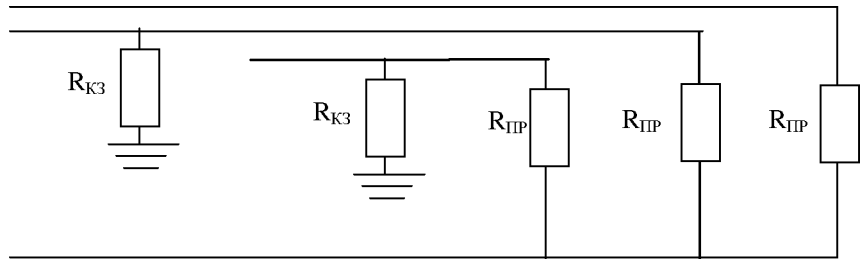


Рис.2.2. Схема замещения двойного короткого замыкания

### 2.2.4. Тройное короткое замыкание (рис. 2.3)

$$dQ = 3 \frac{U_C^2}{R_{К.З.}} dt \quad (2.4)$$

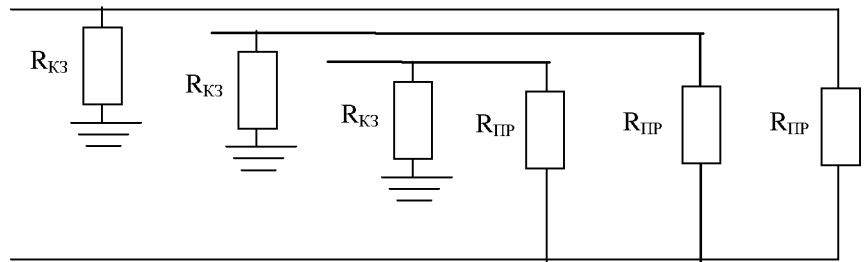


Рис.2.3. Схема замещения тройного короткого замыкания

### 2.2.5. Двухфазное короткое замыкание (рис. 2.4)

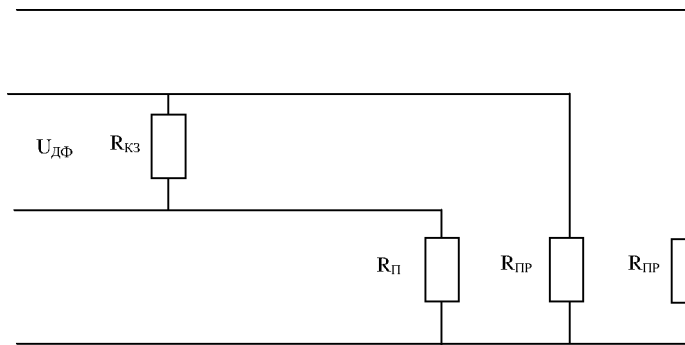


Рис.2.4. Схема замещения двухфазного короткого замыкания

Учитывая, что

$$U_{дф} = \sqrt{3}U_C \quad (2.5)$$

где  $U_{дф}$  – межфазное напряжение, В.

$$dQ = 3 \frac{U_C^2}{R_{К.З.}} dt \quad (2.6)$$

### 2.2.6. Трехфазное короткое замыкание.

При трехфазном коротком замыкании выделим два режима: короткое замыкание двух фаз через третью (рис. 2.5) и короткое замыкание всех трех фаз непосредственно (рис. 2.6). Сопротивления в месте короткого замыкания между всеми фазами считаем равными. При трехфазном коротком замыкании через одну из фаз рассмотрим как два двухфазных коротких замыкания. Тогда с учетом формулы 2.6

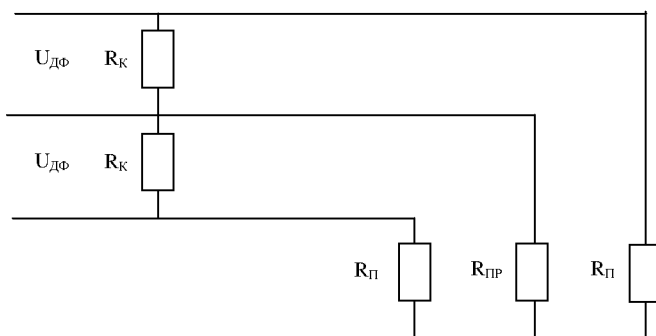


Рис.2.5. Схема замещения трехфазного короткого замыкания через одну из фаз

$$dQ = 6 \frac{U_c^2}{R_{к.з.}} dt$$

(2.7)

Рассмотрим непосредственное короткое замыкание всех трех фаз (рис. 2.6).

Тогда с учетом формулы 2.6

$$dQ = 9 \frac{U_c^2}{R_{к.з.}} dt \quad (2.8)$$

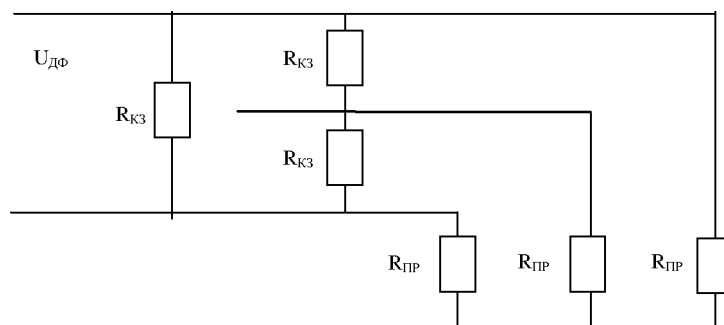


Рис.2.6. Схема замещения короткого замыкания трех фаз непосредственно

### 2.2.7. Двухфазное короткое замыкание на землю.

При двухфазном коротком замыкании на землю возникают электрические цепи между фазными проводниками и землей, а также электрическая цепь между двумя фазами. Могут существовать четыре режима двухфазного короткого замыкания на землю: с соединением фаз через землю (нулевой провод) (рис. 2.7) и с непосредственным соединением фаз между собой. Соединение с землей при этом может обеспечивать

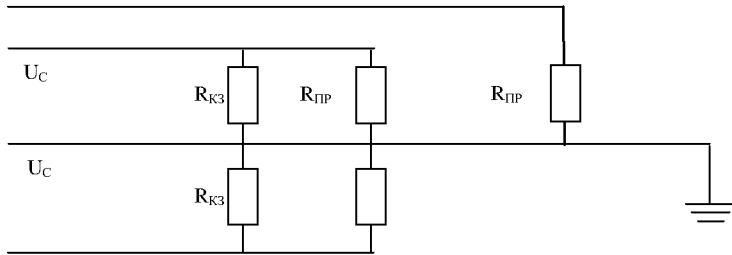


Рис. 2.7. Схема замещения двухфазного короткого замыкания на землю без непосредственного соединения фаз

электрическую цепь непосредственно между

фазами (нулевой провод) (рис. 2.8, 2.10) или исключать ее (рис. 2.9). Сопротивления вместе короткого замыкания между всеми фазами считаем равными.

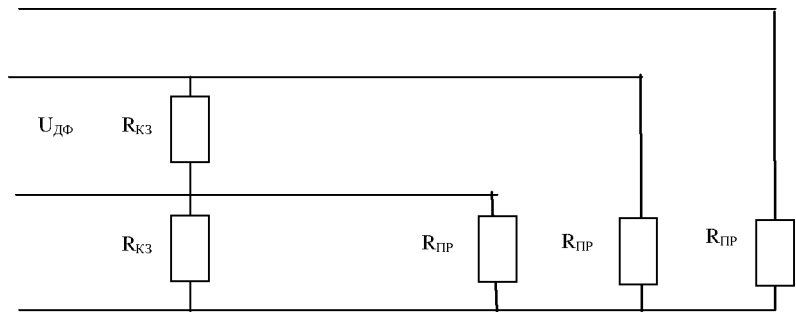


Рис.2.8 Схема замещения двухфазного короткого замыкания на землю с соединением одной фазы с землей, (нулевым проводом) через другую

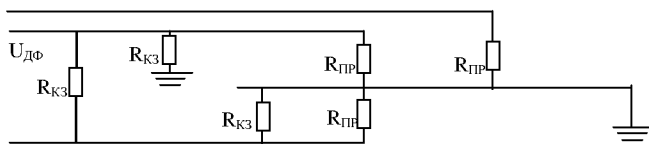


Рис.2.9. Схема замещения двухфазного короткого замыкания на землю с непосредственным соединением фаз между собой без электрической цепи между фазами через землю (нулевой проводник)

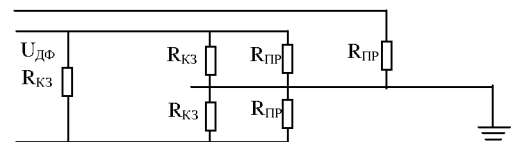


Рис.2.10. Схема замещения двухфазного короткого замыкания на землю с непосредственным соединением фаз между собой и электрической цепи между фазами через землю (нулевой проводник)

Тепловой режим короткого замыкания будет зависеть от схемы двухфазного короткого замыкания на землю.

При двухфазном коротком замыкании на землю без непосредственного соединения фаз (рис. 2.7) рассмотрим короткое замыкание как сумму двух однофазных коротких замыканий.

$$dQ = 2 \frac{U_C^2}{R_{к.з.}} dt \quad (2.9)$$

Двухфазное короткое замыкание на землю с соединением одной фазы с землей (нулевым проводом) через другую (рис. 2.8) рассмотрим как сумму одного двухфазного и одного однофазного коротких замыканий.

$$dQ = \left[ \frac{3 \cdot U_C^2}{R_{к.з.}} + \frac{U_C^2}{R_{к.з.}} \right] \cdot dt = 4 \frac{U_C^2}{R_{к.з.}} dt \quad (2.10)$$

Двухфазное короткое замыкание на землю с непосредственным соединением фаз между собой без электрической цепи между фазами через землю (нулевой проводник) (рис. 2.9) рассмотрим как сумму двух однофазных и одного двухфазного коротких замыканий.

$$dQ = \left[ \frac{2 \cdot U_C^2}{R_{к.з.}} + \frac{3 \cdot U_C^2}{R_{к.з.}} \right] \cdot dt = 5 \frac{U_C^2}{R_{к.з.}} dt \quad (2.11)$$

Двухфазное короткое замыкание на землю с непосредственным соединением фаз между собой и замкнутой электрической цепью между фазами через землю (нулевой проводник) (рис. 2.10) рассмотрим как сумму двух однофазных и одного двухфазного коротких замыканий.

$$dQ = \left[ \frac{2 \cdot U_C^2}{R_{к.з.}} + \frac{3 \cdot U_C^2}{R_{к.з.}} \right] \cdot dt = 5 \frac{U_C^2}{R_{к.з.}} dt \quad (2.12)$$

### 2.2.8. Трехфазное короткое замыкание на землю

При трехфазном коротком замыкании на землю возникают электрические цепи между фазными проводниками и землей, а также электрические цепи между тремя фазами. Сопротивления в местах короткого замыкания между всеми фазами, фазами и землей считаем равными.

Могут существовать одиннадцать режимов трехфазного короткого замыкания на землю:

- с соединением всех фаз через землю (нулевой провод) (рис. 2.11);
- с соединением трех фаз через землю (нулевой провод) и электрической цепью непосредственно между двумя фазами (рис. 2.12);
- с соединением трех фаз через землю (нулевой провод) и электрической цепью между двумя фазами через третью (рис. 2.13);
- с соединением трех фаз через землю (нулевой провод) и непосредственно (рис. 2.14);
- с соединением двух фаз через землю (нулевой провод) и двух фаз непосредственно друг с другом (рис. 2.15);
- с соединением двух фаз через землю (нулевой провод) и двух фаз через третью фазу, не связанную с землей (рис. 2.16);
- с соединением двух короткозамкнутых фаз с землей и с третьей фазой, не связанной с землей (нулевым проводом) (рис. 2.17);
- с соединением двух фаз через землю (нулевой провод) и непосредственным соединением всех фаз (рис. 2.18);
- с соединением двух фаз, одна из которых замкнута на землю, через третью (рис. 2.19);
- с соединением двух фаз через третью, замкнутую на землю (рис. 2.20);
- с непосредственным соединением трех фаз и замыкании цепи в одном месте на землю (рис. 2.21).

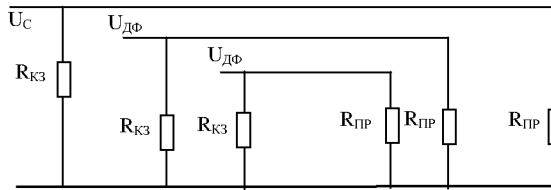


Рис.2.11. Схема замещения трехфазного короткого замыкания на землю с соединением трех фаз через землю (нулевой провод)

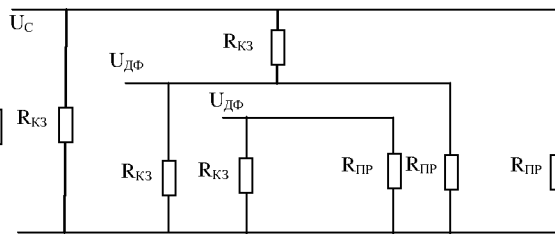


Рис.2.12. Схема замещения трехфазного короткого замыкания на землю с соединением трех фаз через землю (нулевой провод) и электрической цепью непосредственно между двумя фазами

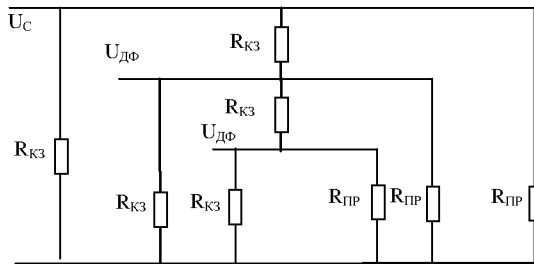


Рис.2.13. Схема замещения трехфазного короткого замыкания на землю с соединением трех фаз через землю (нулевой провод) и электрической цепью между двумя фазами через третью

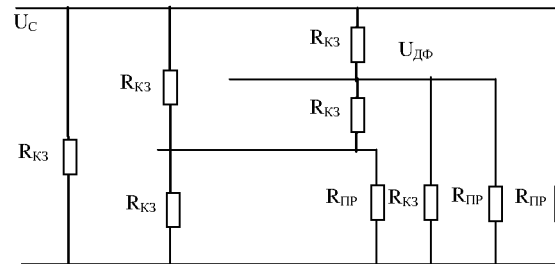


Рис.2.14. Схема замещения трехфазного короткого замыкания на землю с соединением трех фаз через землю (нулевой провод) и непосредственно

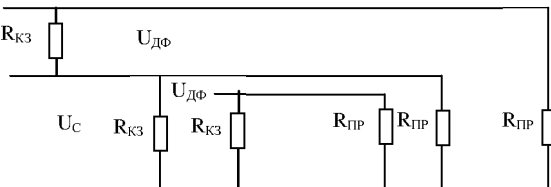


Рис.2.15. Схема замещения трехфазного короткого замыкания на землю с соединением двух фаз через землю (нулевой провод) и двух фаз непосредственно друг с другом

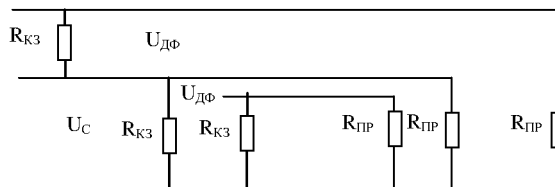


Рис.2.15. Схема замещения трехфазного короткого замыкания на землю с соединением двух фаз через землю (нулевой провод) и двух фаз непосредственно друг с другом

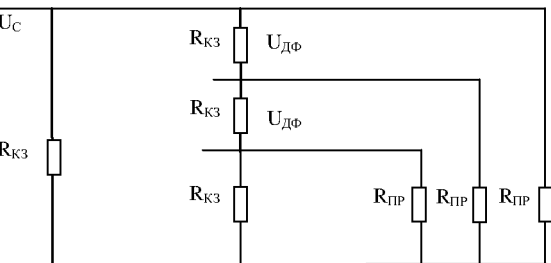


Рис.2.16. Схема замещения трехфазного короткого замыкания на землю с соединением двух фаз через землю (нулевой провод) и двух фаз через третью фазу не связанную с землей

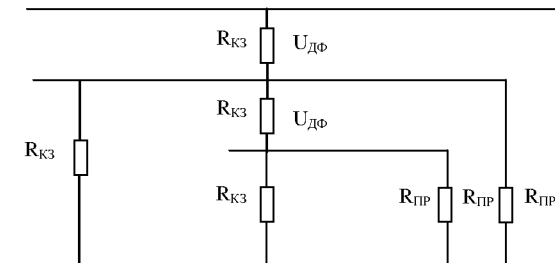


Рис.2.17. Схема замещения трехфазного короткого замыкания на землю с соединением двух короткозамкнутых фаз с землей и с третьей фазой, не связанной с землей

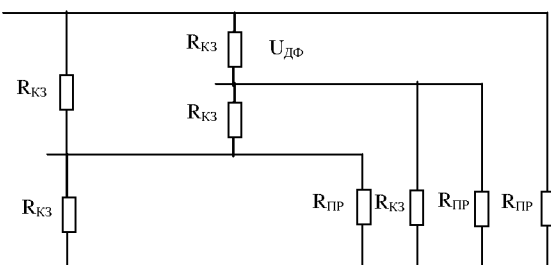


Рис.2.18. Схема замещения трехфазного короткого замыкания на землю с соединением двух фаз через землю (нулевой провод) и непосредственным соединением всех фаз

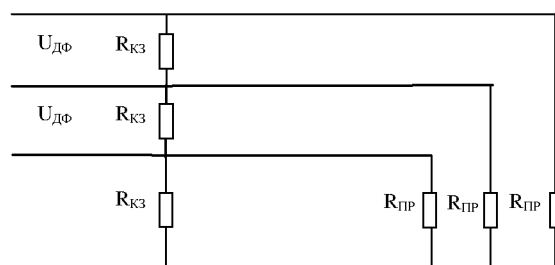


Рис.2.19. Схема замещения трехфазного короткого замыкания на землю с соединением двух фаз, одна из которых замкнута на землю, через третью

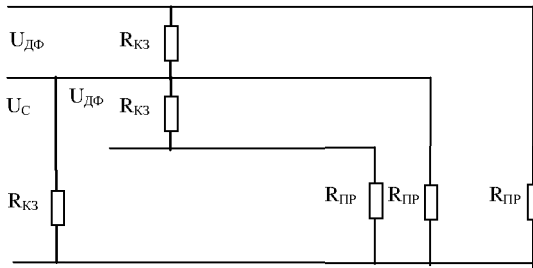


Рис.2.20. Схема замещения трехфазного короткого замыкания на землю с соединением трех фаз через третью замкнутую, на землю

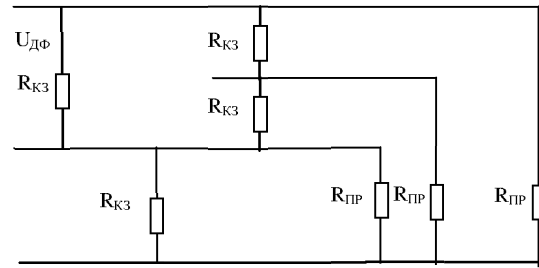


Рис.2.21. Схема замещения трехфазного короткого замыкания на землю с непосредственным соединением трех фаз и замыкании цепи в одном месте на землю

Рассмотрим тепловыделение различных вариантов трехфазного короткого замыкания на землю.

При трехфазном коротком замыкании на землю с соединением всех фаз через землю (нулевой провод) (рис. 2.11) рассмотрим короткое замыкание как сумму трех однофазных коротких замыканий.

$$dQ = 3 \frac{U_C^2}{R_{К.З.}} dt \quad (2.13)$$

При трехфазном коротком замыкании на землю с соединением трех фаз через землю (нулевой провод) и электрической цепью непосредственно между двумя фазами (рис. 2.12) рассмотрим короткое замыкание как сумму трех однофазных и одного двухфазного коротких замыканий.

$$dQ = \left[ \frac{3 \cdot U_C^2}{R_{К.З.}} + \frac{3 \cdot U_C^2}{R_{К.З.}} \right] \cdot dt = 6 \frac{U_C^2}{R_{К.З.}} dt \quad (2.14)$$

При трехфазном коротком замыкании на землю с соединением трех фаз через землю (нулевой провод) и электрической цепью между двумя фазами через третью (рис 2.13) рассмотрим короткое замыкание как сумму трех однофазных и двух двухфазных коротких замыканий.

$$dQ = \left[ \frac{3 \cdot U_c^2}{R_{к.з.}} + \frac{6 \cdot U_c^2}{R_{к.з.}} \right] \cdot dt = 9 \frac{U_c^2}{R_{к.з.}} dt \quad (2.15)$$

При трехфазном коротком замыкании на землю с соединением трех фаз через землю (нулевой провод) и непосредственно (рис. 2.14) рассмотрим короткое замыкание как сумму трех однофазных и трех двухфазных коротких замыканий.

$$dQ = \left[ \frac{3 \cdot U_c^2}{R_{к.з.}} + \frac{9 \cdot U_c^2}{R_{к.з.}} \right] \cdot dt = 12 \frac{U_c^2}{R_{к.з.}} dt \quad (2.16)$$

При трехфазном коротком замыкании на землю с соединением двух фаз через землю (нулевой провод) и двух фаз непосредственно друг с другом (рис. 2.15) рассмотрим короткое замыкание как сумму двух однофазных и одного двухфазного коротких замыканий.

$$dQ = \left[ \frac{2 \cdot U_c^2}{R_{к.з.}} + \frac{3 \cdot U_c^2}{R_{к.з.}} \right] \cdot dt = 5 \frac{U_c^2}{R_{к.з.}} dt \quad (2.17)$$

При трехфазном коротком замыкании на землю с соединением двух фаз через землю (нулевой провод) и двух фаз через третью фазу, не связанную с землей (рис. 2.16) рассмотрим короткое замыкание как сумму двух однофазных и двух двухфазных коротких замыканий.

$$dQ = \left[ \frac{2 \cdot U_c^2}{R_{к.з.}} + \frac{6 \cdot U_c^2}{R_{к.з.}} \right] \cdot dt = 8 \frac{U_c^2}{R_{к.з.}} dt \quad (2.18)$$

При трехфазном коротком замыкании на землю с соединением двух короткозамкнутых фаз с землей и с третьей фазой, не связанной с землей (нулевым проводом) (рис. 2.17) ; рассмотрим короткое замыкание как сумму двух однофазных и двух двухфазных коротких замыканий.

$$dQ = \left[ \frac{2 \cdot U_c^2}{R_{к.з.}} + \frac{6 \cdot U_c^2}{R_{к.з.}} \right] \cdot dt = 8 \frac{U_c^2}{R_{к.з.}} dt \quad (2.19)$$

При трехфазном коротком замыкании на землю с соединением двух фаз через землю (нулевой провод) и непосредственным соединением всех фаз (рис. 2.18) рассмотрим короткое замыкание как сумму двух однофазных и трех двухфазных коротких замыканий.

$$dQ = \left[ \frac{2 \cdot U_c^2}{R_{к.з.}} + \frac{9 \cdot U_c^2}{R_{к.з.}} \right] \cdot dt = 11 \frac{U_c^2}{R_{к.з.}} dt \quad (2.20)$$

При трехфазном коротком замыкании на землю с соединением двух фаз, одна из которых замкнута на землю, через третью (рис. 2.19) рассмотрим короткое замыкание как сумму одного однофазного и двух двухфазных коротких замыканий.

$$dQ = \left[ \frac{U_c^2}{R_{к.з.}} + \frac{6 \cdot U_c^2}{R_{к.з.}} \right] \cdot dt = 7 \frac{U_c^2}{R_{к.з.}} dt \quad (2.21)$$

При трехфазном коротком замыкании на землю с соединением двух фаз через третью, замкнутую на землю (рис. 2.20) рассмотрим короткое замыкание как сумму одного однофазного и двух двухфазных коротких замыканий.

$$dQ = \left[ \frac{U_c^2}{R_{к.з.}} + \frac{6 \cdot U_c^2}{R_{к.з.}} \right] \cdot dt = 7 \frac{U_c^2}{R_{к.з.}} dt \quad (2.22)$$

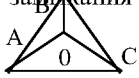
При трехфазном коротком замыкании на землю с непосредственным соединением трех фаз и замыкании цепи в одном месте на землю (рис. 2.21). рассмотрим короткое замыкание как сумму одного однофазного и трех двухфазных коротких замыканий.

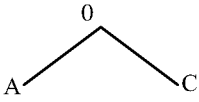
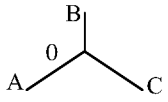
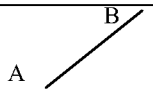
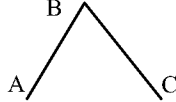
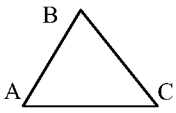
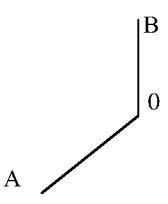
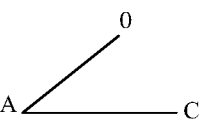
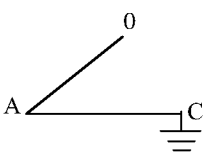
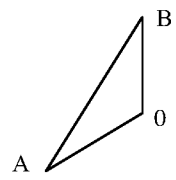
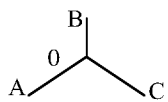
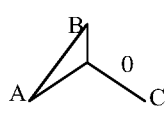
### *2.2.9. Сравнительная тепловая характеристика коротких замыканий*

Тепловой эффект различных видов коротких замыканий можно представить в виде эквивалента по отношению к однофазному короткому замыканию. Результаты сравнения сводим в таблицу (табл. 2.2.).

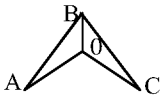
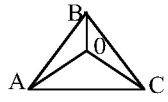
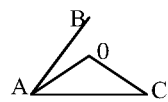
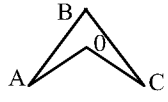
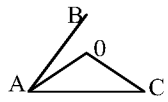
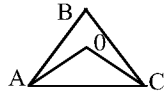
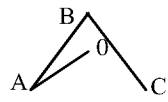
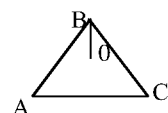
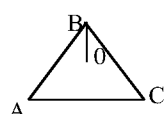
Таблица 2.2.

### ***Сравнительная тепловая характеристика коротких замыканий***

Вид короткого замыкания	Графическое изображение короткого замыкания	Условные обозначения	Тепловая характеристика (условно) $Q = \frac{U_c^2}{R} t = 1$
Однофазное короткое замыкание;		$K^{(1)}$	1

Двойное короткое замыкание на землю;		$K^{(1+1)}$	2
Тройное короткое замыкание на землю;		$K^{(1+1+1)}$	3
Двухфазное короткое замыкание;		$K^{(2)}$	3
Трёхфазное короткое замыкание двух фаз через третью;		$K^{(1)}=2K^{(1,1)}$	6
Трёхфазное короткое замыкание двух фаз через третью;		$K^{(1)}=3K^{(1,1)}$	9
Двухфазное короткое замыкание на землю с соединением фаз через землю (нулевой провод);		$K^{(1,1)}=K^{(1+1)}$	2
Двухфазное короткое замыкание на землю с соединением одной фазы с землей (нулевым проводом);		$K^{(1,1)}=K^{(1)}+K^{(2)}$	4
Двухфазное короткое замыкание на землю с соединением фаз между собой и с землей без электрической цепи между фазами через землю;		$K^{(1,1)}=2K^{(1)}+K^{(2)}$	5
Двухфазное короткое замыкание на землю с непосредственным соединением фаз между собой и электрической цепью между фазами через землю (нулевой провод);		$K^{(1,1)}=2K^{(1)}+K^{(2)}$	5
Двухфазное короткое замыкание на землю с соединением всех фаз через землю (нулевой провод);		$K^{(1,1,1)}=3K^{(1)}$	3
Двухфазное короткое замыкание на землю с соединением трех фаз через землю (нулевой провод) и электрической цепью непосредственно между двумя фазами;		$K^{(1,1,1)}=2K^{(1)}+2K^{(2)}$	6

Продолжение табл. 2.2.

<p>Двух фазное короткое замыкание на землю с соединением трех фаз через землю (нулевой провод) и электрической цепью между двумя фазами через тетью;</p>		$K^{(1,1,1)}=3K^{(1)}+2K^{(2)}$	<p>9</p>
<p>Двухфазное короткое замыкание на землю с соединением трех фаз через землю и непосредственно;</p>		$K^{(1,1,1)}=3K^{(1)}+3K^{(2)}$	<p>12</p>
<p>Двухфазное короткое замыкание на землю с соединением двух фаз через землю (нулевой провод) и двух фаз непосредственно друг с другом;</p>		$K^{(1,1,1)}=2K^{(1)}+K^{(2)}$	<p>5</p>
<p>Двухфазное короткое замыкание на землю с соединением всех фаз через землю (нулевой провод) и двух фаз через тетью фазу, не связаную с землей)</p>		$K^{(1,1,1)}=2K^{(1)}+2K^{(2)}$	<p>8</p>
<p>Двухфазное короткое замыкание на землю с соединением двух короткозамкнутых фаз с землей и с третьей фазой не связанной с землей (нулевым проводом)</p>		$K^{(1,1,1)}=2K^{(1)}+2K^{(2)}$	<p>8</p>
<p>Двухфазное короткое замыкание на землю с соединением двух фаз через землю (нулевой провод) и непосредственным соединением всех фаз</p>		$K^{(1,1,1)}=2K^{(1)}+3K^{(2)}$	<p>11</p>
<p>Двухфазное короткое замыкание на землю с соединением двух фаз одна из которых замкнута на землю через тетью</p>		$K^{(1,1,1)}=K^{(1)}+2K^{(2)}$	<p>7</p>
<p>Двухфазное короткое замыкание на землю с соединением двух фаз через третью замкнутую на землю</p>		$K^{(1,1,1)}=K^{(1)}+2K^{(2)}$	<p>7</p>
<p>Двухфазное короткое замыкание на землю с непосредственным соединением трех фаз и замыкания цепи в одном месте на землю</p>		$K^{(1,1,1)}=K^{(1)}+2K^{(2)}$	<p>7</p>

Т.к. вариант короткого замыкания в силовых и осветительных электрических сетях заранее предсказать невозможно, необходимо пользоваться критерием

$$\frac{I_{\text{к.з.}}^{(К)}}{I_{\text{н.всп.}}} \geq 3(4) \text{ для предохранителей}$$

$$\frac{I_{\text{к.з.}}^{(К)}}{I_{\text{н.тепл.}}} \geq 3(6) \text{ для автоматических выключателей}$$

*Примечание: значение в скобках дано для помещений с взрывоопасными зонами*

***Физическая сущность критерия заключается в том, что время срабатывания автоматических выключателей и предохранителей значительно увеличивается при кратности тока короткого замыкания в конце электрической цепи к току номинальной вставки предохранителя (номинальному току автоматического выключателя) меньше трех.***

Ток короткого замыкания определяется для "петли" фаза-ноль, исходя из условий максимально возможного сопротивления короткозамкнутого участка и минимально возможного напряжения.

## ***2.3. Обеспечение пожарной безопасности электроустановок***

### ***2.3.1. Пожарная опасность электропроводок и кабелей***

Обеспечение пожарной безопасности электропроводок и кабелей основано на:

- выявлении соответствия типа изоляции, способа прокладки электропроводок и кабелей;
- выявлении участков проводов и кабелей с разрушенной и обугленной изоляцией;
- контроле надежности затяжки резьбовых соединений;
- выявлении мест локальных перегревов электропроводок;
- регулярном контроле величины сопротивления изоляции в соответствии с требованиями ПЭЭП и графиком планово-предупредительного ремонта;

- контроле сроков эксплуатации проводов и кабелей в соответствии с требованиями ГОСТ и ТУ на них;
- контроле величины напряжения питания;
- выявлении подключения дополнительных электроприемников, не предусмотренных проектом;
- выявлении отсутствия предусмотренных аппаратов защиты или несоответствия номинальных характеристик или отключающей способности токов короткого замыкания и токов перегрузок в защищаемом от аварийных режимов участке электрической сети.

### *2.3.2. Пожарная опасность электродвигателей*

Обеспечение пожарной безопасности электродвигателей основано на:

- проверке соответствия проектной документации и сравнению маркировки двигателя и теплового реле с маркировками, указанными в проектной документации;
- проверке правильности установки регулятора теплового реле, который должен быть установлен в соответствии с

$$\pm N = \pm \frac{I_{\text{ном}} - I_0}{c \cdot I_0}$$

где  $I_{\text{ном}}$  - номинальный ток двигателя, А;  $I_0$  - ток нулевой установки теплового реле, А;  $c = 0,055$  для защищенных пускателей; следует помнить, что тепловое реле обеспечивает защиту двигателя только от токовых перегрузок, создаваемых превышением механической нагрузки на валу двигателя, повышением и уменьшением напряжения питания, неполнофазным режимом, незапуском и заклиниванием двигателя, но не реагирует на тепловую перегрузку, обусловленную ухудшением теплоотдачи корпуса двигателя из-за его загрязнения или неисправности вентиляции;

- контроле состояния вводов электропроводки и кабелей в двигатель и надежности затяжки вводных клемм;
- осуществлении контроля отметок в оперативном журнале о плановых ремонтах двигателей.

### *2.3.3. Пожарная опасность осветительных установок*

Обеспечение пожарной безопасности осветительных установок основано на:

- визуальном осмотре типа светильника и его соответствия классу пожаро-взрывоопасной зоны и проектной документации;
  - проверке светильника на наличие механических повреждений, комплектации защитными колпаками и сетками, отражателями и рассеивателями;
  - соответствии номинальной мощности ламп и их соответствия номинальной мощности светильника;
  - выявлении люминесцентных ламп, светящихся не полностью, мигающих ламп и ламп, светящихся только в приэлектродной области;
  - выявлении светильников с люминесцентными лампами, имеющими повышенный шумовой эффект;
  - измерении величины напряжения у наиболее удаленной лампы и лампы, ближней к осветительному щитку; напряжение не должно отклоняться более чем на  $\pm 2,5 \%$  относительно номинального значения;
  - измерении сопротивления изоляции осветительной сети, которое должно быть не менее 0,5 МОм;
  - выявлении сгораемых материалов, расположенных под светильниками;
- проверке выполнения графика чистки светильников.

### ***ГЛАВА 3. ПОЖАРНАЯ ОПАСНОСТЬ КОМПЛЕКТУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ.***

Пожарная безопасность электротехнических устройств может быть обеспечена при условии, если ко всей номенклатуре комплектующих элементов предъявляются требования пожарной безопасности.

Проверка этих требований должна осуществляться методами, обладающими объективностью, достоверностью и точностью.

Показатели пожарной опасности для электротехнических устройств в настоящее время приведены в стандартах. Например, согласно ГОСТ 20.57.406-81 , изделия электронной техники и их комплектующие элементы должны проходить испытания на пожарную безопасность при помощи двух методов.

Первый метод в соответствии с ГОСТ 20.57.406-8 это испытание на воздействие пламени. Метод характеризует пожарную безопасность комплектующих элементов при внешнем воздействии источника зажигания, в качестве которого используется пламя газовой горелки, выполненной из металлической трубки диаметром  $(0,5 \pm 0,1)$  мм. Время приложения пламени устанавливается в ТУ на изделие или в программе испытаний в зависимости от теплофизических характеристик изделия.

Комплектующий элемент считается выдержал испытание, если время его горения после удаления горелки не превышает 30 с. Этим же методом испытываются материалы, из которых изготавливается конструкция электротехнического устройства.

Второй метод, испытание на воздействие аварийных электрических перегрузок по ГОСТ 20.57.406 (409-2) применяется только для комплекующих элементов. Уровень электрической перегрузки устанавливается при помощи опытов, исходя из условий возможного пожароопасного режима работы комплекующего элемента. Оценивается возможность зажигания окружающих элементов и (или) конструкционных материалов электротехнического (электронного) устройства.

Представленные методы испытаний позволяют определить показатели пожарной опасности отдельных комплекующих элементов: резисторов, транзисторов, интегральных микросхем, конденсаторов, моточных изделий и т.д.

### 3.1. Пожарная опасность резисторов



Рис. 3. 1 Фрагмент схемы платы ПСТ-01 в блоке ВВП-01

“прилегающих” к нему комплекующих элементов. На рис. 3.1. приведен фрагмент электрической схемы блока питания электротехнического устройства. Пожарную опасность в рассматриваемой электрической схеме представляют резисторы R1-R3 типа С5, номинальная мощность рассеивания которых составляет 5 Вт и корпус которых изготовлен из полимерного материала. Резисторы стоят в цепи эмиттеров транзисторов V2-V4. При отказе типа “короткое замыкание” одного из транзисторов, к резистору R1-R3 в электрической цепи отказавшего транзистора прикладывается 10 В, в результате на резисторе выделяется мощность около 1 кВт. При таком режиме работы резистор нагревается и становится

источником зажигания. Температура корпуса резистора в аварийном режиме работы может превышать в течение длительного времени температуру воспламенения окружающих конструкционных материалов. У керамических резисторов в аварийном режиме работы происходит вспышка при выгорании краски с поверхности их корпуса. Если конструкция электротехнического устройства не является пылезащищенной, то создаются условия для поджигания пыли и возникновения вторичных источников зажигания через открытое пламя. Температура выводов резистора в аварийном пожароопасном режиме работы превышает температуру плавления припоя. Контакты разрушаются и создаются дополнительные переходные сопротивления, которые также могут стать источниками зажигания конструкционных материалов.

Наибольшую пожарную опасность в аварийном режиме работы представляют резисторы типа С-5, которые конструктивно имеют два типа исполнения. Первый тип исполнения корпуса резистора выполнен из полимерного материала. В аварийном режиме работы корпус резистора горит и обладает эффектом сильного дымообразования. Второй тип корпуса резистора С-5 выполнен из металлической оболочки. В течение длительного времени работы может рассеивать мощность до 1 кВт, разогреваясь до температуры  $(600-800)^{\circ}\text{C}$ . Температура нагрева керамического корпуса резистора

типа МЛТ2-20 от мощности, рассеиваемой на резисторе в аварийном режиме работы приведена на рис.3.2. Время зажигания материала печатной платы из фольгированного стеклотекстолита СТФ2-35-1,5 от мощности, выделяющейся на резисторе С-5 в

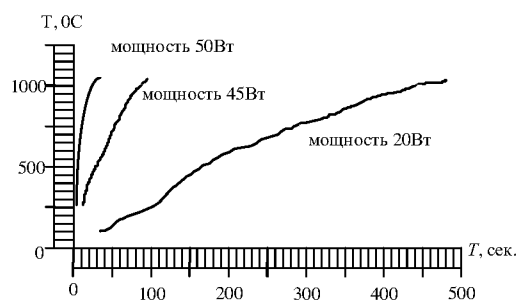


Рис.3.2. Зависимость температуры нагрева поверхности корпуса резистора МЛТ-20 от времени в аварийном режиме

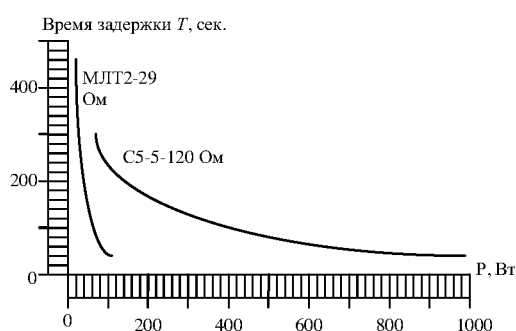


Рис.3.3 Зависимость времени зажигания материала печатной платы от мощности выделяющейся на резисторе в аварийном режиме

аварийном режиме работы приведено на рис.3.3.

При электрической перегрузке резисторов возникают также отказы типа “обрыв”, при этом температура корпуса резистора не достигает

пожароопасных значений. Пожароопасный аварийный режим работы резистора - событие вероятное.

Резисторы, имеющие номинальную мощность рассеивания (0,125÷0,5) Вт пожарной опасности для конструкционных материалов не представляют.

При возникновении на них аварийных электрических режимов происходит разогрев корпуса резистора в центральной части с образованием трещины, после чего электрическая цепь “обрывается”. Резисторы (0,125÷0,5) Вт при разогреве корпуса в аварийном режиме работы “выходят” в обрыв, в сущности, выполняя роль предохранителей. Резисторы с номинальной мощностью рассеивания 2 Вт и более в условиях аварийного электрического режима работы могут стать источниками зажигания в электрических устройствах.

### *3.2. Пожарная опасность транзисторов*

Один из режимов работы полупроводниковых приборов характеризуется максимально допустимой температурой перехода  $t^{\circ}\text{пmax}$ , лимитируемой критической температурой, при которой наступает вырождение полупроводника и электронно-дырочный переход не выполняет своих функций. При этом можно наблюдать два “крайних” варианта отказов полупроводниковых комплектующих элементов. К первому варианту отказа можно отнести “обрыв” электрической цепи, а ко второму варианту отказа возникновение “короткого замыкания” по цепи анод-катод для полупроводниковых диодов, либо “короткого замыкания” по цепи эмиттер-коллектор для полупроводниковых транзисторов. Отказ типа “обрыв” для полупроводниковых элементов пожарной опасности не представляет, так как прекращается прохождение электрического тока. При отказе полупроводникового комплектующего элемента типа “короткое замыкание” возникает как правило переходное сопротивление, на котором может выделяться значительная мощность. Отказ полупроводникового комплектующего элемента, как и любого другого комплектующего элемента, является событием случайным. Отказ типа “короткое замыкание” более редкое событие. При отказе типа “короткое замыкание” полупроводниковые комплектующие элементы, находясь в аварийном режиме работы, могут воспроизводить источники тепла в виде “нагретой поверхности” или “открытого пламени”. Источник тепла типа “нагретая поверхность” представляет корпус полупроводникового прибора выполненный из керамического материала. Источник тепла типа “открытое пламя” возникает при отказе типа “короткое замыкание” у полупроводниковых приборов, корпус которых изготовлен из полимерного материала.

Определение температуры нагрева корпуса полупроводникового комплектующего элемента и электрического режима, при котором может

возникнуть источник зажигания, является важным условием обеспечения пожарной безопасности комплектующих элементов электротехнических устройств.

В качестве примера рассматриваются аварийные режимы работы транзистора типа КТ-315, корпус которого выполнен из полимерного материала. Возможны различные варианты изменения температуры корпуса транзистора, для образовавшихся случайным образом переходных сопротивлений в результате отказа типа “короткое замыкание”.

Пламя горящего корпуса транзистора может достигать высоты (60÷70) мм, а продолжительность горения может составлять (15÷40) с.

Образовавшееся переходное сопротивление при отказе типа “короткое замыкание” и номинальная мощность переходного сопротивления имеют значительный разброс. Например, минимальная мощность, при которой начинает выделяться дым из корпуса транзистора типа КТ-315 равна 2 Вт.

Ток аварийного пожароопасного режима, при котором происходит воспламенение корпуса транзистора равен 0,8 А. Электрический режим, при котором транзистор может стать источником зажигания значительно превышает номинальные параметры. Поэтому в электрических цепях пожароопасных полупроводниковых комплектующих элементов необходимо ставить дополнительно защиту от аварийного электрического режима.

Время зажигания корпуса транзистора зависит от тока потребления в аварийном режиме и находится в интервале (5÷30) с.

При аварийном режиме работы корпус транзистора выделяет токсичные газы и обладает сильным дымообразованием.

Пожароопасный отказ полупроводникового комплектующего элемента является событием вероятным.

### ***3.3. Пожарная опасность интегральных микросхем***

Отечественная промышленность производит большую номенклатуру интегральных микросхем. Для изготовления корпуса интегральных микросхем применяются полимерные материалы или керамика. Интегральные микросхемы могут быть малой, средней или большой интеграции, поэтому они отличаются размерами, массой, топологией электрической схемы, быстродействием и т.д. Отказ интегральной микросхемы также, как и дискретного комплектующего элемента электротехнического устройства может быть многовариантным.

Отказ интегральной микросхемы может сопровождаться образованием “новых” электрических цепей, не предусмотренных

конструкцией. Уменьшение сопротивления интегральной микросхемы по цепи питания приводит к увеличению тока потребления.

Отказ, при котором температура корпуса интегральной микросхемы достигает значения, равного или большего температуры воспламенения, представляет пожарную опасность. Зафиксированы отказы интегральных микросхем, при которых температура корпуса достигает (150-400)°С. Такая температура представляет пожарную опасность как для материала корпуса интегральной микросхемы, так и для окружающих конструкционных материалов.

Испытание интегральных микросхем на пожарную опасность проводят методом электрической перегрузки в соответствии с ГОСТ 20.57.406 метод (409-2). Зависимости, показывающие как может изменяться температура корпуса интегральной микросхемы от времени в аварийном электрическом режиме представлены на рис.3.4

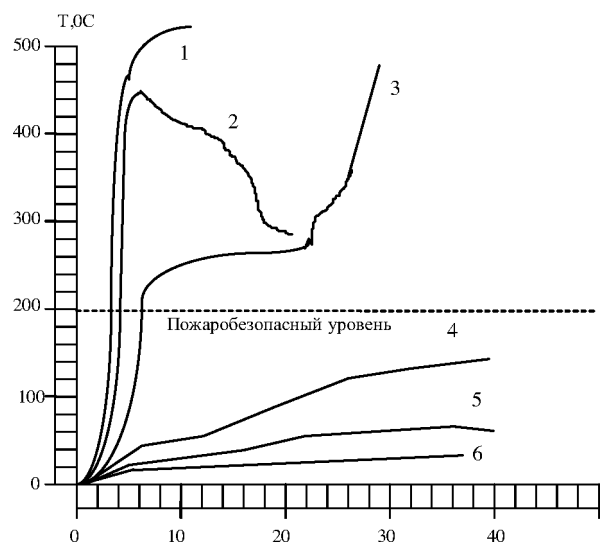


Рис.3.4 Зависимость температуры корпуса интегральной микросхемы от времени в аварийном режиме

Кривая 1 показывает изменение температуры

корпуса интегральной микросхемы в аварийном режиме, значение которой превышает пожароопасный уровень.

Кривая 2 показывает, что температура корпуса интегральной микросхемы в аварийном режиме достигла 430°С, после чего произошло увеличение переходного сопротивления по цепи питания. Ток стал меньше, вследствие чего температура тоже уменьшилась.

Кривая 3 показывает, что при аварийном режиме работы интегральной микросхемы может произойти вторичный отказ типа “короткое замыкание”. При уменьшении переходного сопротивления интегральной микросхемы по цепи питания происходит резкое увеличение температуры корпуса.

Кривые 4, 5 и 6 показывают, что после возникшего аварийного режима в интегральной микросхеме, температура корпуса увеличивается незначительно, после чего происходит обрыв электрической цепи.

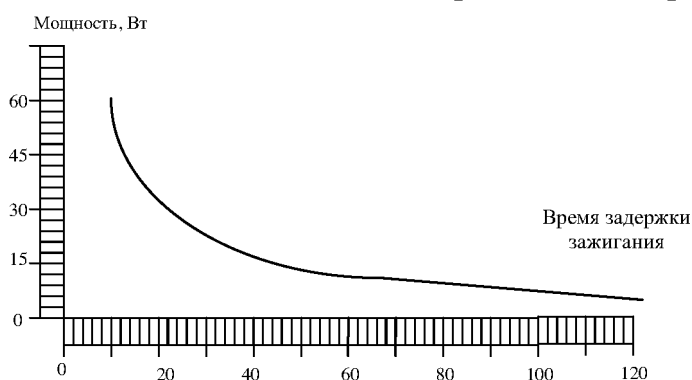


Рис.3.5 Зависимость времени зажигания корпуса интегральной микросхемы

Механизм возникновения пожароопасного отказа интегральной микросхемы в реальных условиях эксплуатации может иметь следующую модель. Интегральная микросхема

представляет совокупность транзисторных ключей, часть которых находится в “открытом”, а другая в “закрытом” состоянии. Условно транзистор в открытом состоянии можно сравнить с выключателем, который находится в состоянии “включено”. В открытом состоянии транзистор представляет проводник, обладающий небольшим сопротивлением для протекающего тока по цепи эмиттер-коллектор. В закрытом состоянии транзистор можно сравнить с выключателем, который находится в состоянии “отключено”. В закрытом состоянии ток через транзистор по цепи эмиттер - коллектор не протекает. При повышенном напряжении питания на интегральной микросхеме увеличивается потребляемый от источника ток и рассеиваемая электрическая мощность. Если напряжение питания больше предельного, происходит пробой обратно смещенных n-p и p-n переходов транзисторов, коллекторных или эмиттерных электрических цепей. При этом происходит скачкообразное нарастание тока потребления интегральной микросхемой, приводящее к нагреву кристалла.

Функциональные характеристики p-n переходов вырождаются. В зависимости от наличия ограничивающего диода или резистора ток потребления интегральной микросхемы в аварийном пожароопасном режиме может достигать  $(1\div 6)$  А.

Зависимость времени зажигания корпуса интегральной микросхемы типа К-155 от рассеиваемой мощности в аварийном пожароопасном режиме представлена на рис.3.5.

При разогревании проводников кристалла до температуры пиролиза материала корпуса интегральной микросхемы, продукты дымления обогащают углеродом окружающее пространство и ток начинает протекать по углеродным “мостикам” к внешним выводам. В интегральных микросхемах могут быть дефектные p-n переходы с уменьшенным значением пробивного напряжения. Такие переходы при нормальном напряжении питания ведут себя аналогично рассмотренным выше режимам.

Из 12 классификационных видов дефектов, приводящих к отказам полупроводниковых интегральных микросхем, 9 дефектов приводят к отказам типа “короткое замыкание” p-n и n-p переходов транзисторов или диодов при нормальном значении напряжения питания.

Время зажигания корпуса интегральной микросхемы зависит от тока потребления в аварийном пожароопасном электрическом режиме и может составлять  $(30\div 120)$ с. В раскаленном состоянии интегральная микросхема, аналогично резистору, может стать источником зажигания для окружающих комплектующих элементов и конструкционных материалов.

Пламя горячей интегральной микросхемы, под действием электрического тока, может достигать высоты  $(10\div 60)$  мм. При аварийном режиме работы из интегральной микросхемы выделяются отравляющие газы и дым.

Минимальная мощность аварийного электрического режима, при которой начинает выделяться дым из корпуса интегральной микросхемы типа К-155 равна 2,5 Вт, что соответствует температуре нагрева (250-300)°С. Активный пиролиз корпуса интегральной микросхемы начинается при токе потребления (4÷4,5) А. Ток потребления горячей микросхемы типа К-155 составляет не менее 5 А. Ток аварийного пожароопасного электрического режима интегральной микросхемы значительно превышает значение номинального тока потребления. Время горения корпуса микросхемы при пожароопасном отказе может составлять от (5÷120)с.

Обеспечить пожарную безопасность интегральных микросхем можно аппаратами защиты, либо использованием источников питания с ограничением по току.

### *3.4. Пожарная опасность конденсаторов*

Конденсаторы, корпус которых изготовлен из полимерного материала, при аварийных электрических режимах работы могут воспламеняться. Из курса физики известно, что конденсатор представляет два проводника, разделенных слоем диэлектрика, толщина которого мала по сравнению с размерами проводников. Практически все электрическое поле сосредоточено внутри конденсатора. При эксплуатации комплектующие элементы, в том числе и конденсаторы, подвергаются воздействию различных внешних факторов, например, перегрузке по напряжению. В результате воздействия внешних факторов появляются деградационные процессы, ухудшающие параметры комплектующих элементов. Наступает момент, когда происходит отказ комплектующего элемента, т.е. выход одного или нескольких параметров за пределы допуска, либо возникает полное прекращение функционирования комплектующего элемента. Из-за изменения величины проводимости утечки у конденсаторов изменяется емкость и снижается электрическая прочность. Электрические нагрузки, в случае недопустимого их изменения, приводят к нарушению температурного режима и электрическим пробоям.

При пробое в конденсаторе может возникнуть отказ типа “обрыв” или “короткое замыкание”. Пожарную опасность представляет отказ типа “короткое замыкание”, так как конденсатор “вырождается” в переходное сопротивление. Аварийный пожароопасный режим у конденсаторов развивается за единицы секунд. Возникновение аварийного пожароопасного электрического режима у конденсаторов сопровождается потрескиванием и локальным разогревом корпуса до температуры воспламенения.

Горение конденсаторов сопровождается обильным выделением дыма, сажи и отравляющих веществ. Пламя горящего конденсатора под действием электрического тока имеет высоту (30÷50) мм. Корпус каждого второго загоревшегося конденсатора под действием электрической перегрузки вследствие размягчения материала отделяется от выводов.

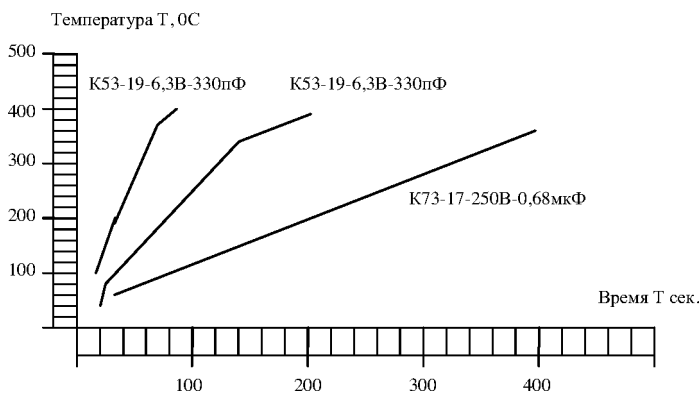


Рис.3.6 Зависимость температуры поверхности корпуса конденсатора от времени в аварийном режиме

Упавшая масса корпуса конденсатора продолжает самостоятельно гореть в течении (5÷60)с.

Максимальное время горения корпуса конденсатора типа К 73-17-63 В-1,0 мкФ под действием электрической перегрузки достигает 140 с.

Зависимость температуры поверхности корпуса

конденсатора от времени в аварийном электрическом режиме приведена на рис.3.6. Угол наклона характеристики определяется образовавшимся переходным сопротивлением в результате отказа типа “короткое замыкание”.

Зависимость времени зажигания корпуса конденсатора от потребляемой мощности при аварийном электрическом режиме

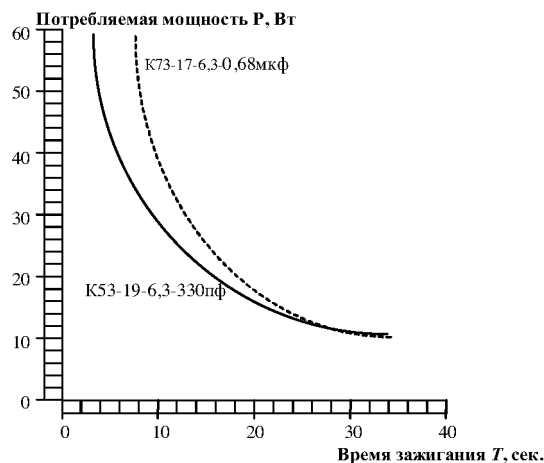


Рис. 3.7 Время зажигания

приведена на рис.3. 7.

Вероятность возникновения величины образовавшегося переходного сопротивления в конденсаторе при аварийном режиме работы приведена на рис. 3.8.

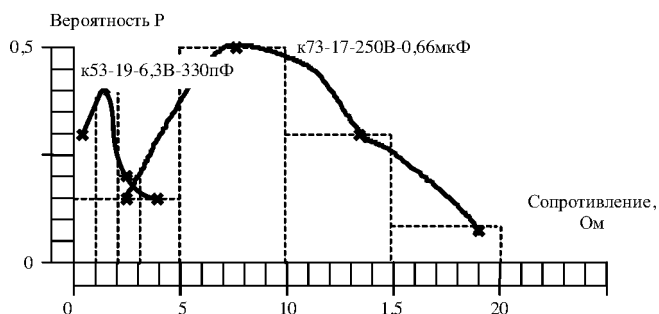


Рис.3.8 Вероятность возникновения отказа типа “КЗ” (короткое замыкание) конденсаторов типа K53-19-6,3В-330пФ, K73-17-250В-0,66мкФ

Вероятность возникновения отказа типа

“короткое замыкание” для конденсаторов типа К 73-17-1,0 мкФ от

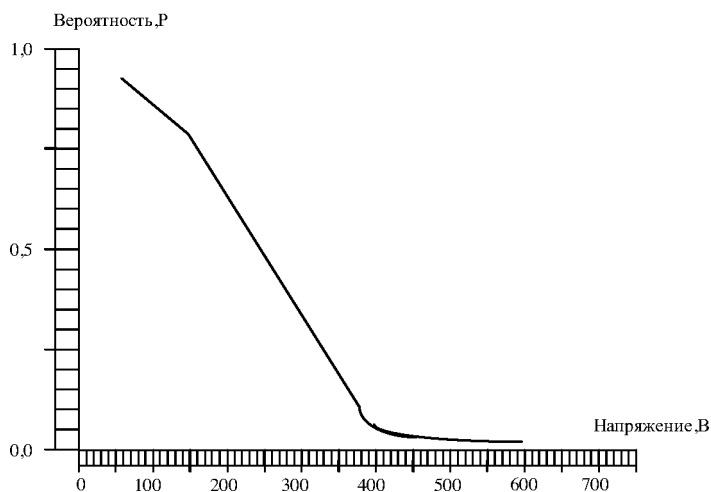


Рис.3.9 Вероятность возникновения отказа типа “короткое замыкание” для конденсаторов типа К 73-17-1,0 мкФ от номинального напряжения

номинального напряжения приведена на рис.3.9.

Воспламенение возникает у каждого четвертого конденсатора типа К 73-63В-1,0 мкФ и у каждого десятого конденсатора

типа К 73-17-250В-1,0 мкФ, находящихся в

состоянии “короткое замыкание”. Электрические режимы, при которых возникают пожароопасные отказы нестабильны. Номинальная мощность рассеивания образовавшегося переходного сопротивления и номинальное значение образовавшегося переходного сопротивления изменяются под воздействием аварийного электрического режима. Конденсаторы типа К 73-17, К 78-2, К 53-19 могут стать источниками зажигания в электротехнических устройствах, если электрическая цепь обеспечивает мощность в нагрузке больше 15 Вт. Обеспечить пожарную безопасность электротехнических устройств, в конструкции которых применяются

конденсаторы, корпус которых изготовлен из полимерного материала, можно наличием устройств защиты и экранированием.

### ***3.5. Пожарная опасность моточных комплектующих элементов***

В электротехнических изделиях, в автоматических коммутационных и защитных электрических аппаратах применяют электромагнитные механизмы, благодаря которым электрическая энергия, получаемая от источника тока, превращается в механическую, используемую для размыкания контактов. Электромагнитный механизм состоит из двух главных частей: магнитопровода и катушки. Большая роль в обеспечении пожарной безопасности принадлежит катушке, являющейся составной частью многих электротехнических изделий. Катушка состоит из каркаса, на который намотана обмотка. Для придания бескаркасной катушке монолитности, витки обмотки стягивают хлопчатобумажной лентой (бандажирование) или между рядами витков применяют электроизоляционные прокладки, обмотку пропитывают электроизоляционной жидкостью, а затем сушат.

*В зависимости от назначения электротехнического изделия в них применяют токовые катушки или катушки напряжения. Токовые катушки рассчитаны на большую силу тока. Токовые катушки изготавливают из обмоточных проводов или голых проводов (шин) сравнительно большой площади сечения. Катушки напряжения рассчитаны на работу при сравнительно высоком напряжении и небольшой силе тока. Их изготавливают, наматывая обмоточные провода на каркас (каркасные катушки) или на шаблон (бескаркасные катушки). Аналогичная технология изготовления у трансформаторов, дросселей, катушек индуктивности, обмоток двигателя и т.д.*

После сушки проверяют, нет ли обрыва в обмотке катушки и соответствует ли ее электрическое сопротивление заданным требованиям. Обмотки катушек проверяют также на отсутствие замыкания между витками. После этого катушки покрывают лаком и (или) эмалями и сушат на воздухе или в печах.

Пожарную опасность в моточных изделиях представляют горючие конструкционные материалы каркасов моточных изделий, пропиточные материалы, изоляционные материалы, применяемые для бандажа обмоток. Источником зажигания в моточных изделиях является обмоточный провод. При возникновении межвитковых замыканий температура обмоточного провода может достигать значений, достаточных для воспламенения горючих конструкционных материалов. Межвитковые замыкания

возникают в результате имеющихся дефектов у обмоточного провода. Основными дефектами, при которых возникают межвитковые замыкания, являются: некалиброванное сечение обмоточного провода, некачественное покрытие обмоточного провода лаком, разрушение изоляционного покрытия обмоточного провода при механическом воздействии, перегрузка по току и (или) напряжению обмоточного провода при эксплуатации. В результате возникновения межвиткового замыкания ток в обмоточном проводе протекает минуя короткозамкнутый виток. Из курса электротехники известно, что сопротивление проводника зависит от его длины, сечения и удельного сопротивления провода.

При межвитковом замыкании длина проводника уменьшается, при этом уменьшается и сопротивление обмоточного провода. В результате уменьшения сопротивления обмоточного провода увеличивается ток, протекающий по нему. При увеличении тока происходит дополнительный разогрев обмоточного провода, особенно в месте замыкания витков, т.к. появляются переходные сопротивления в местах замыкания. Далее процесс развивается аналогично рассмотренному, при этом число короткозамкнутых витков увеличивается, а длина обмоточного провода уменьшается. В результате аварийного электрического режима нагрев обмоточного провода может достигать температуры воспламенения конструкционных материалов. При развивающемся тепловом режиме происходит деформация каркасов моточных изделий, в результате чего возникают вторичные замыкания по цепи питания. Пожароопасный отказ моточных комплектующих элементов является событием случайным, т.к. при межвитковых замыканиях в обмоточном проводе могут развиваться электрические режимы, приводящие к обрыву электрической цепи.

Пожарную опасность моточных изделий определяют в соответствии с ГОСТ 20.57.406 метод 409-2. Уровень электрической перегрузки устанавливается исходя из условий работы конкретного моточного комплектующего элемента.

Если режим аварийной электрической перегрузки (уровень перегрузки и время ее приложения) заранее неизвестен, то для его установления электрическую перегрузку, прикладываемую к моточному комплектующему элементу, постепенно повышают от предельно допустимого значения, установленного в техническом задании на моточный комплектующий элемент, до значения, при котором выполняется одно из следующих условий:

- реализуется наибольшая перегрузка моточного комплектующего элемента, задаваемая из условий возможного пожароопасного аварийного режима работы изделия в аппаратуре;

- уровень перегрузки стабилизируется (например, дальнейшее увеличение мощности рассеивания будет практически невозможно);

- наступает отказ изделия, при котором устраняются условия перегрузки изделия (например, обрыв электрической цепи).

Пожароопасный отказ моточного комплектующего элемента событие вероятное.

Данные о пожароопасных режимах типовых комплектующих элементов представлены в табл. 2.1

Таблица 2.1

***Пожароопасные режимы типовых комплектующих элементов***

Наименование пожароопасного показателя	Транзисторы в пластмассовых корпусах (без радиатора) мощностью			Микросхемы в пластмассовых корпусах с числом выводов до 16	Резистор мощность ю	
	до 0,3 Вт	свыше 0,3 до 1,5 Вт	свыше 1,5 Вт		1Вт	2Вт
Мощность, Вт	4	7	10	12	8	16
Ток, А	0,8	2,8	4	4	-	-

***ГЛАВА 4. ПОЖАРНАЯ ОПАСНОСТЬ  
ЭЛЕКТРОИЗОЛЯЦИОННЫХ И КОНСТРУКЦИОННЫХ  
МАТЕРИАЛОВ***

***4.1 Классификация материалов на пожарную опасность***

В настоящее время разработаны и используются более 200 методов экспериментального определения горючести твердых материалов. Поэтому возникает необходимость изучения потенциальных источников зажигания в электроустановках и их воздействия на конструкционные и электроизоляционные полимерные материалы, с целью выбора обоснованных методов определения горючести.

В условиях пожара или огневых испытаний, полимерный материал воспламеняется при достижении температуры самовоспламенения .

В России твердые полимерные материалы по горючести подразделяются на три группы:

- негорючие – то есть неспособные к горению в воздухе нормального состава;
- трудногорючие – способные загораться под действием источника зажигания, но не способные гореть самостоятельно, т.е. гореть после удаления источника зажигания;
- горючие – способные к самостоятельному горению в воздухе нормального состава.

Одним из путей обеспечения пожарной безопасности электроустановок, в которых применяются конструкционные полимерные материалы, является обеспечение их пониженной горючести и неспособности распространять пламя .

Для обеспечения соответствия полимерных материалов этим требованиям, необходимы объективные методы испытания.

#### 4.2 Конструкционные материалы и методы их испытания

В электроустановках горячая нагрузка содержится в виде конструкционных и электроизоляционных материалов. Наиболее представительными материалами являются

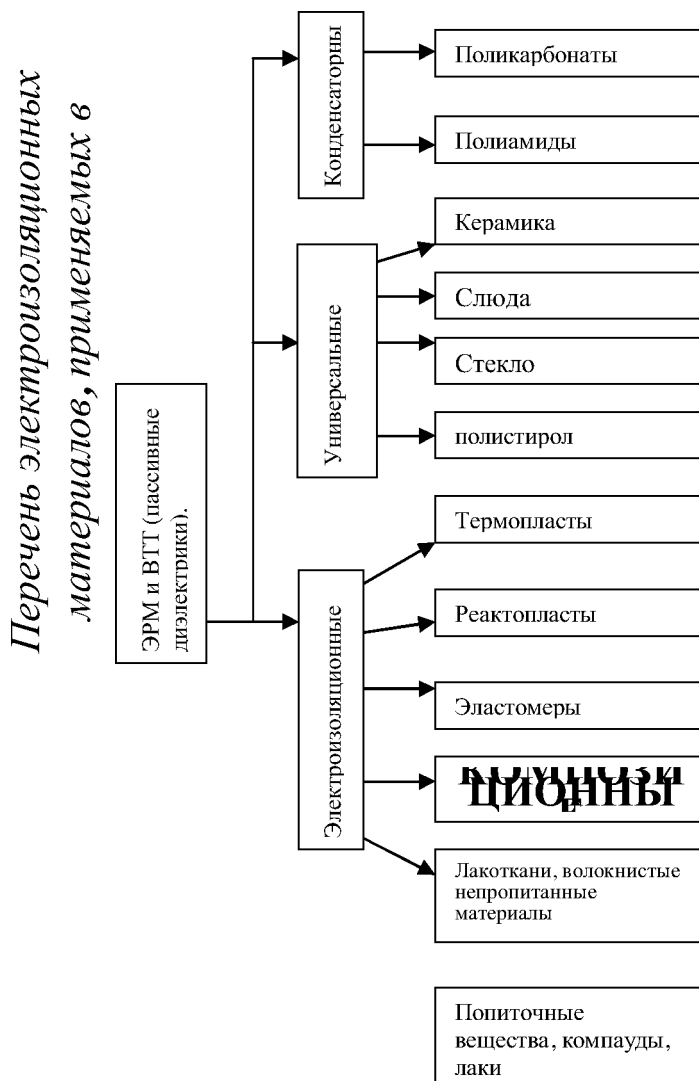


Рис. 4.1. Классификация конструкционных и

терморезистивные (изготовленные из прессованного порошка) и термопластичные материалы. Перечень материалов с учетом их особенностей и применимости, представлен на рис. 4.1. В связи с разнообразием применяемых на практике материалов, классификация, приведенная на рис. 4.1 носит условный характер.

Несмотря на то, что в мировой практике существует много методов испытаний материалов на горючесть, воспламеняемость и распространение пламени, для электроустановок наибольшее распространение получили методы, опубликованные по линии

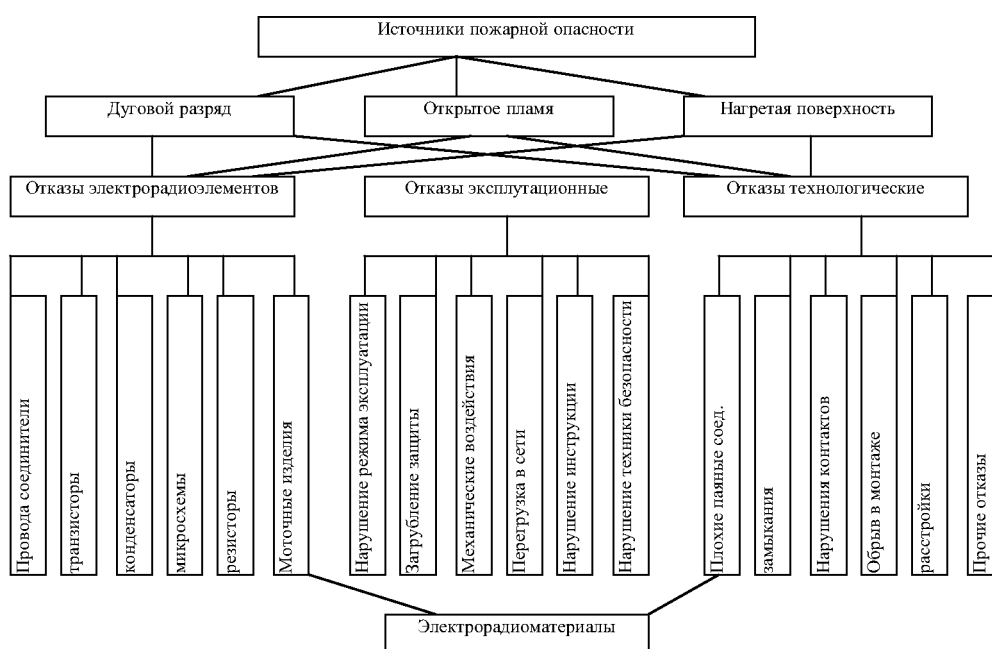


Рис.4.2. Классификация источников пожарной опасности средств вычислительной техники

Международной электротехнической комиссии (МЭК). Считается, что оптимальным методом испытаний конструкционных материалов на пожарную опасность является точное воспроизведение реальных условий встречающихся на практике, в частности, моделирование тепловых источников зажигания, эквивалентных по своей природе тем, которые возникают в аппаратуре. Тепловое воздействие на материалы в электроустановках может быть типа: «открытое пламя», «накаленная поверхность», «дуговой разряд» или «тепловой поток» рис. 4.2.

Перечисленные способы воздействия имеют разную физику зажигания материала, поэтому в учебном пособии приведены результаты испытаний на пожарную опасность материалов, применяемых в электроустановках под воздействием стандартных источников зажигания. Такими испытаниями являются:

- испытание материалов на стойкость к возгоранию от действия электрической дуги (UL-94), ГОСТ 10.345;
- испытание на вертикальное горение для классификации материалов горелкой Бунзена (UL-94), ГОСТ 12.2.006-87;
- испытание материалов на пожароопасность горелкой с игольчатым пламенем по ГОСТ 27484-87 (МЭК 695-2-2-80);
- испытание материалов нагретой проволокой ГОСТ 27483 (МЭК 695-2-1-30);
- испытание материалов на критический тепловой поток ГОСТ 12.1.044-84.

Результатом испытаний является оценка пожарной опасности применяемых конструкционных материалов по перечисленным методам и установление следующих основных показателей, характеризующих материалы: воспламенение, горючесть, скорость распространения пламени. Для сравнительной характеристики был принят наиболее распространенный класс конструкционных материалов, которые применяются в электроустановках для изготовления монтажных плат. Монтажные платы являются основным видом горючей нагрузки в электроустановках. Они представляют композиционные материалы с

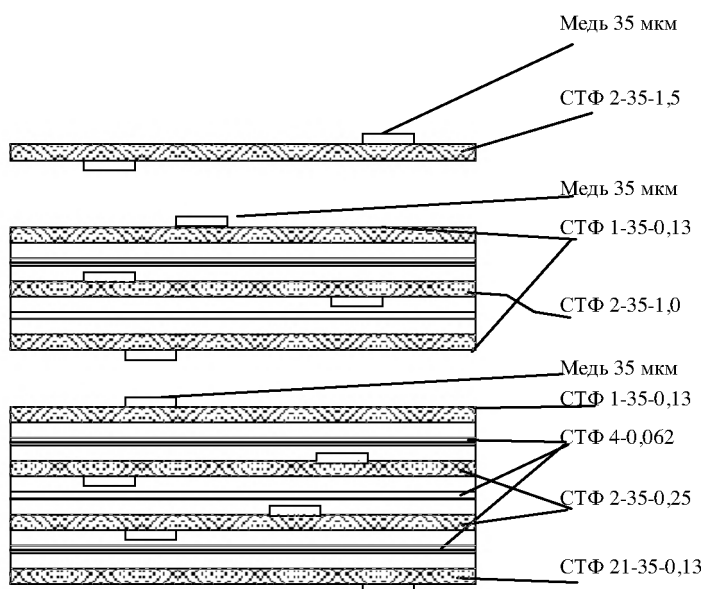


Рис. 4.3. варианты конструкций печатных плат.

армирующими добавками. В качестве наполнителей используется стеклоткань и связующие смолы, типа фенолформальдегидных и алкидно-эпоксидных с различными отвердителями.

Число слоев стеклоткани в монтажных платах зависит от конструкции (рис. 4.3.)

В электроустановках монтажные платы, для улучшения влагостойкости, в ряде случаев

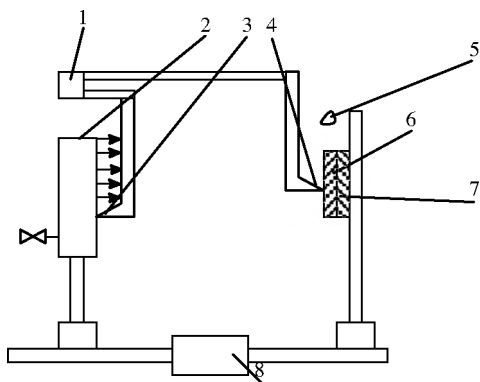
покрываются лаком. Ниже приведены данные испытаний монтажных плат на пожарную опасность, по приведенным методам.

### 4.3 Испытание материалов на критический тепловой поток

Метод позволяет определять минимальные значения плотности теплового потока, приводящего к воспламенению материала.

Если рассматривать распространение пламени, как цепь последовательных процессов воспламенения горючих продуктов пиролиза, то за предельные условия распространения пламени может быть принят критический тепловой поток  $q$ .

Лабораторная установка для создания и регистрации теплового потока (рис. 4.4) включает радиационную панель излучения, держатель с



**РИС.4.4. СХЕМА УСТАНОВКИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВОСПЛАМЕНЯЕМОСТИ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПО КРИТИЧЕСКОМУ ТЕПЛОВОМУ ПОТОКУ**

- 1 – прибор, регистрирующий температуру
- 2 – радиационная панель излучения
- 3 – термопара для контроля температуры панели
- 4 – термопара для контроля температуры материала
- 5 – газовая горелка, имитирующая воспламенение продуктов пиролиза
- 6 – образец материала
- 7 – держатель образца
- 8 – узел перемещения горелки

теплового потока использована радиационная панель типа ГИИБЛ, представляющая прямоугольную керамическую основу с заложенной в ней нихромовой спиралью. Газовая горелка, инициирующая воспламенение,

закрепленным на нем образцом исследуемого материала, газовую горелку, инициирующую

воспламенение и термопары. Для измерения температуры применены термопреобразователи по ГОСТ 238470-79 и прибор КСП-4 с диапазоном измерения от  $0^{\circ}$  до  $1100^{\circ}\text{C}$  с классом точности – 0,5.

В качестве источника

работает от бытового или сжиженного газа. Максимальная величина потока лучистой энергии от панели  $6 \text{ Вт/см}^2$ , что соответствует рекомендации комитета ИСО ТК/92 для проведения испытаний материалов в лабораторных условиях.

Для оценки воспламеняемости материалов, принято вертикальное расположение образца размером  $0,08 \times 0,08 \text{ м}$ . Максимальное время воздействия теплового потока на образец – 20 мин. Тарировка прибора по величине падающего потока осуществлена теплоприемником суммарного теплового потока марки ФОА-013 (БЫ 2.825.013. ТУ), основными техническими характеристиками, которого являются:

чувствительность к тепловому потоку.....  $19,6 \text{ мкВ м / кВт}$ ;  
предел измерения .....  $0 - 224 \text{ кВт / м}^2$ ;  
постоянная прибора..... не более 3;  
погрешность измерения..... не более 8%.

Сигнал от теплоприемника регистрируется с помощью микровольтнаноамперметра марки Ф 136.

Результаты испытаний приведены в табл. 4.1. и на рис. 4.5. Материалы воспламеняющиеся от теплового потока до  $(1,3 \text{ Вт/см}^2)$  относятся к группе легко воспламеняющихся. Из табл. 4.1. видно, что к этой группе можно отнести:

СТНФ2-35-1,5 ДПП (без лака)  
СТНФ 2-35-1,5 МПП (с лаковым покрытием)  
ДФС2-35-1,5 (без лака)  
СТФ-4 слойный с лаковым покрытием

К группе средневоспламеняющихся относятся материалы, у которых критический тепловой поток больше  $(1,3 \text{ Вт/см}^2)$ . К этой группе можно отнести следующие испытанные материалы:

СТНФ2-35-1,5 без лака  
СТНФ2-35-1,0 без лака  
СТНФ2-35-1,5 ДПП с лаком  
СТНФ2-35-1,5 с лаком  
СТНФ2-35-1,5 без лака  
СТНФ2-35-1,0 без лака  
СТНФ2-8 слойный с лаком  
МПБ-4 слойный с лаком

Таким образом, исходя из принятой классификации материалов по ГОСТ 12.1.004-84 по тепловому потоку ни один из испытанных образцов материалов, нельзя отнести к группе трудновоспламеняемых.

Результаты испытаний материалов по критическому тепловому потоку предоставлены на рис. 4.5.

Таблица 4.1.

**Результаты испытаний конструкционных  
материалов на тепловой поток.**

Наименование электроматериала	$T_n, ^\circ\text{C}$ , Темп. среды	$T_{кр}, ^\circ\text{C}$ , Темп. среды	$T = T_{кр} - T_n$ $^\circ\text{C}$	$\tau$ , с продолжит ельность зажиг.	$g \frac{\text{Вт}}{\text{см}}$ , тепл. поток	$\mathcal{E}, \text{Дж} \cdot 10^{-4}$ Энергия
СТНФ2-35-1,5 без лака	200	260	60	140	1,5	210
СТНФ2-35-1,0 без лака	200	260	60	120	1,5	180
СТНФ2-35-1,5ДПП без лака	130	160	30	1200	1,1	1320
СТНФ2-35-1,5МПП без лака	190	210	20	760	1,2	912
СТНФ2-35-1,5ДПП с лаком	200	20	70	293	1,4	410
СТНФ2-35-1,5МПП с лаком	165	220	55	305	1,3	396
СТФ2-35-1,5 с лаком	180	280	100	650	1,5	975

Продолжение табл. 4.1.

СТФ2-35-1,5 лака без	200	220	20	394	1,9	599
СТФ2-35-1,0 лака без	190	240	50	222	1,1	244
ДСФ2-35-1,5 лака без	190	260	70	302	1,2	362
СТФ –4слойный лаком с	190	380	190	483	1,4	676
СТФ –4слойный лаком с	190	200	10	1200	1,5	1800

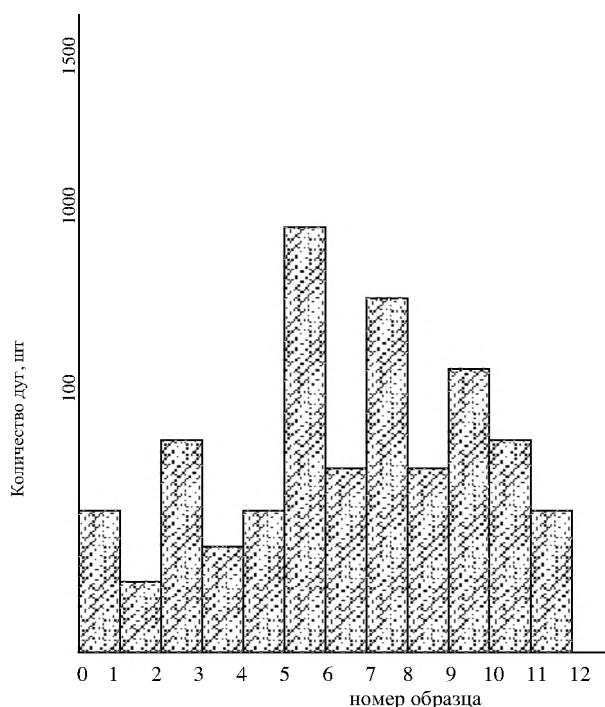


Рис.4.5. результаты испытания по методу «Электрическая дуга»

- 1 Материал СТФ2-35-1.0
- 2 Материал СТНФ2-35-1.0
- 3 Материал СТФ2-35-1.5
- 4 Материал СТНФ2-35-1.5
- 5 Материал ДФС2-35-1.5
- 6 Изделие СТНФ2-35-1.5ДПП
- 7 Изделие СТНФ2-35-1.5 ДПП\*
- 8 Изделие СТНФ2-35-1.5 МПП
- 9 Изделие СТНФ2-35-1.5 МПП\*
- 10 Изделие СТФ2-35-1.5 2СЛ\*
- 11 Изделие СТФ2-35-1.5 4СЛ\*
- 12 Изделие СТФ2-35-1.5 8СЛ\*

\* - изделие покрыто лаком

#### **4.4 Испытание материалов на стойкость к возгоранию от**

#### **действия электрической дуги**

Количественной оценкой стойкости материала к воздействию электрической дуги является число дуг, необходимое для воспламенения материала.

Источником электрической дуги является блок питания выходного каскада строчной развертки телевизора. Испытательные электроды включаются в цепь строчного трансформатора (рис. 4.6.).

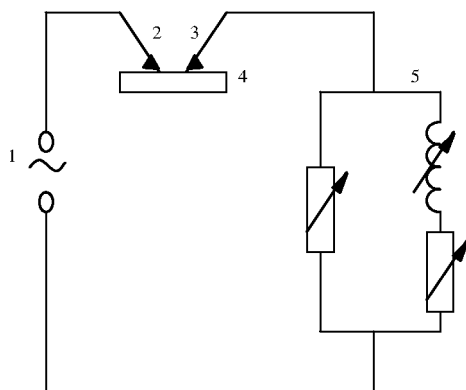


Рис.3.6. принципиальная схема установки для испытания материала на возгорание от дугового разряда  
 1 – источник питания напряжением 220 – 240 В с частотой 50 – 60 Гц  
 2, 3 – подвижный и неподвижный электроды  
 4 – испытуемый образец  
 5 – регулируемая нагрузка

Образец материала закрепляется неподвижно на непроводящей, огнеупорной и химически инертной поверхности. Подвижный электрод располагается горизонтально, при этом заостренный конец должен составлять угол 45° с горизонтом. Подвижный электрод приводится в возвратно-поступательное движение, скользя по материалу таким образом, что осуществляется циклическое возбуждение дуги, действующей

на материал. Испытание проводится до воспламенения образца.

Размеры испытываемых образцов составляют (120 x 15) мм. В табл. 4.2 приведены результаты испытаний материалов на дугостойкость. Как видно из рис. 4.7 наиболее дугостойким из испытанных материалов является стеклотекстолит марки СТНФ2-35-1,5 ДПП, покрытый лаком, имеющий среднее число дуг равное 58.

Таблица 4.2

**Результаты испытания на дугостойкость**

Наименование электрорадиоматериалов	Число дуг до воспламенения			Вывод
	средн	минимум	максимум	
СТНФ2-35-1,5 без лака	15	14	16	Горючий
СТНФ2-35-1,0 без лака	14	13	15	Горючий
СТНФ2-35-1,5ДПП без лака	18	17	20	Горючий
СТНФ2-35-1,5МПП без лака	32	29	34	Горючий

СТНФ2-35-1,5ДПП лаком	с	58	54	61	Горючий
--------------------------	---	----	----	----	---------

Продолжение табл. 4.2.

СТНФ2-35-1,5МПП лаком	с 49	47	52	Горючий
СТФ2-35-1,5 с лаком	75	68	83	Горючий
СТФ2-35-1,5 без лака	35	34	37	Горючий
СТФ2-35-1,0 без лака	23	20	25	Горючий
ДСФ2-35-1,5 без лака	25	24	26	Горючий

Графически результаты испытаний по методу электрической дуги представлены на рисунке 4.7.

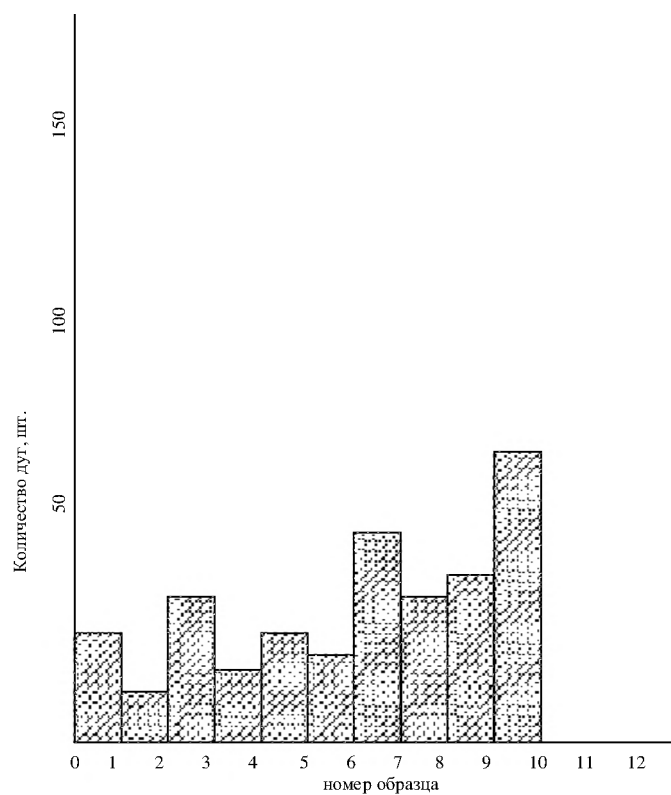


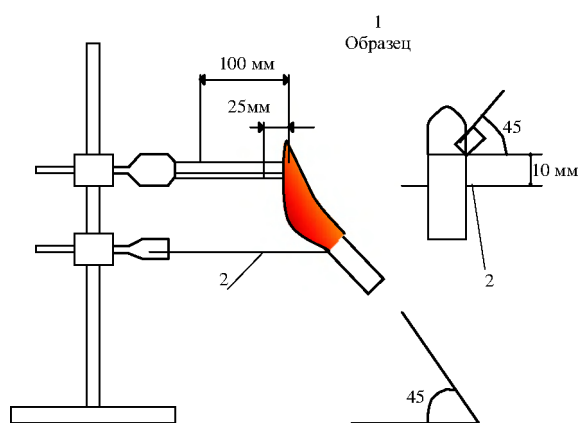
Рис.4.7. результаты испытания по методу «тепловой поток»

- 1 Материал СТФ2-35-1.0
- 2 Материал СТНФ2-35-1.0
- 3 Материал СТФ2-35-1.5
- 4 Материал СТНФ2-35-1.5
- 5 Материал ДФС2-35-1.5
- 6 Изделие СТНФ2-35-1.5 ДПП
- 7 Изделие СТНФ2-35-1.5 ДПП\*
- 8 Изделие СТНФ2-35-1.5 МПП
- 9 Изделие СТНФ2-35-1.5 МПП\*
- 10 Изделие СТНФ2-35-1.5 2СЛ\*
- 11 Изделие СТНФ2-35-1.5 4СЛ\*
- 12 Изделие СТНФ2-35-1.5 8СЛ\*

#### **4.5. Определение стойкости конструкционных материалов к воспламенению (горелка Бунзена)**

Сущность метода заключается в определении воспламеняемости вертикально закрепленного образца материала.

Испытания проводятся на 10-ти образцах размером (125 x 13) мм в камере, защищенной от воздушных потоков, снабженной вентиляцией. Образец закрепляется вертикально таким способом, чтобы его нижняя



**РИС. 4.8. УСТАНОВКА ДЛЯ ИСПЫТАНИЙ НА ВОСПЛАМЕНЯЕМОСТЬ ПРИ КЛАССИФИКАЦИИ МАТЕРИАЛОВ ПО КЛАССУ НБ.**

1 – образец

часть находилась на расстоянии 10 мм от горелки. Под образцом на расстоянии 300 мм размещалась хирургическая вата. Горелка Бунзена представляет собой трубку с внутренним диаметром (10+1) мм и длиной 100 мм (рис. 4.8). Для испытаний применяют метан или природный газ. Горелка с высотой пламени 19+1 мм помещают под нижней частью образца на 10 секунд, а потом удаляют.

Измеряют время с момента удаления горелки, до момента затухания пламени воспламенившегося образца. Сразу после затухания пламени вновь приближают горелку на 10 секунд, затем удаляют горелку и измеряют время горения образца с момента устранения пламени до его вторичного затухания. Регистрируют время зажигания образца, время самостоятельного горения, наличие горящих капель или частиц, которые зажигают хирургическую вату под образцом.

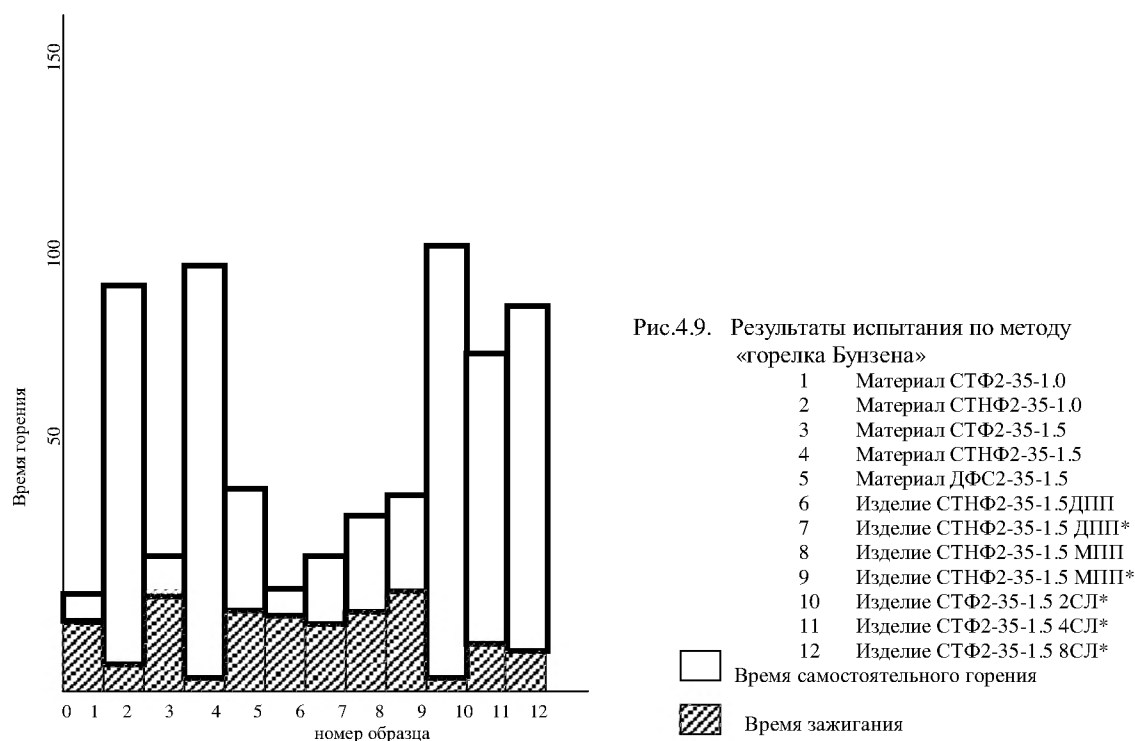
На основании испытаний проводятся классификации материалов: V-O, когда время горения не превышает 10 секунд; V-1, когда время горения не превышает 30 секунд; V-2 – аналогично, но допускается воспламенение ваты, падающими частицами вещества от поджигаемого образца.

В таблице 4.3. приведены результаты испытаний. Из рис. 4.9 видно, что имеется существенное различие по времени зажигания и времени самостоятельного горения, для испытанных материалов. Лучшие показатели имеют материалы СТНФ2-35-1,5; СТНФ2-35-1,0 и СТНФ2-35-1,5 МПП без покрытия лаком.

Таблица 4.3.

**Результаты испытаний конструкционных  
материалов электротехнических устройств горелкой Бунзена.**

Наименование электрорадиоматериалов	Продолжительность зажигания,с		Время самостоятельного горения, с		Примечание
	сред.	макс.	сред.	макс.	
СТНФ2-35-1,5 без лака	30	40	10	15	Затухающее горение
СТНФ2-35-1,0 без лака	20	30	18	12	Затухающее горение
СТНФ2-35-1,5ДПП без лака	22	30	7	10	Затухающее горение
СТНФ2-35-1,5МПП без лака	25	30	30	45	Устойчивое интенсивное горение
СТНФ2-35-1,5ДПП с лаком	20	24	25	35	Затухающее горение
СТНФ2-35-1,5МПП с лаком	30	40	40	50	Активное горение
СТФ2-35-1,5 с лаком	5	10	120	150	Активное горение с выделением копоти
СТФ2-35-1,5 без лака	5	9	112	145	Активное горение
СТФ2-35-1,0 без лака	7	12	107	140	Активное горение
ДСФ2-35-1,5 без лака	25	30	35	45	Пассивное горение с выделением копоти
СТФ –4слойный с лаком	17	25	75	94	Активное горение
СТФ –4слойный с лаком	15	20	89	115	Активное горение
МПБ – 4йный с лаком	27	34	135	147	Активное горение с выделением копоти



#### 4.6 Испытание конструкционных материалов игольчатым пламенем

Источник игольчатого пламени, моделирует пожарную опасность отказавшего комплектующего элемента. Для проведения испытаний применяется газовая горелка, выполненная из трубки длиной не менее 35 мм, внутренний диаметр которой равен  $(0,5+0,1)$  мм, а внешний диаметр не должен превышать 0,9 мм.

В горелку подается газ – бутан. Горелку крепят в вертикальном положении рис.4.10. Поступление в нее газа реализует так, чтобы высота пламени составляла 12 мм. Ниже зоны воздействия пламени размещают доску из сосны

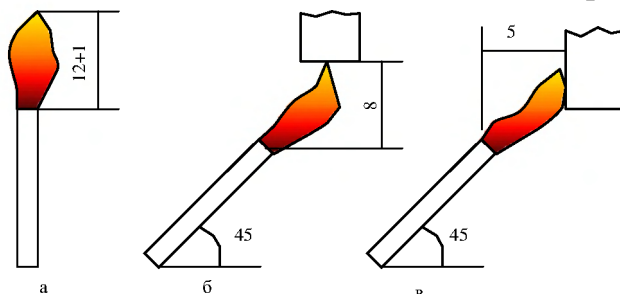


Рис. 4. 10. положение газовой горелки:  
а) – при установке высоты пламени  
б, в) – во время испытания изделия

толщиной 10 мм, покрытую слоем папиросной бумаги. Считается, что образец выдержал испытание, если:

- не воспламенился;
- пламя, горящие или раскаленные частицы, отделившиеся от образца при испытании, не способствовали распространению горения;
- продолжительность свободного горения не превышала 30 секунд;
- степень повреждения образца, оговоренная заранее, не превышена.

Результаты испытаний игольчатым пламенем конструкционных материалов, комплектующих элементов и ленточных кабелей приведены в табл. 4.4 – 4.5, на рис. 4.11 – 4.13.

Таблица 4.4.

#### **Результаты испытаний конструкционных материалов электротехнических устройств игольчатым пламенем.**

Наименование электрорадиоматериалов	Продолжительность зажигания,с		Время самостоятельного горения, с		Примечание
	сред.	макс.	сред.	макс.	
СТНФ2-35-1,5 без лака	8	10	-	-	Горит в присутствии источника
СТНФ2-35-1,0 без лака	6	8	-	-	Горит в присутствии источника
СТНФ2-35-1,5ДПП без лака	10	13	-	-	Без источника горение пассивное
СТНФ2-35-1,5МПП без лака	13	15	25	30	Без источника горение активное
СТНФ2-35-1,5ДПП лаком	15	17	15	16	Затухающе горит с выделением копоти

Продолжение табл. 4.4

СТФ2-35-1,5МПП с лаком	12	13	40	45	Без источника активного горения
СТФ2-35-1,5 с лаком	5	6	45	50	Без источника горения активного. Сильное выделение копоти
СТФ2-35-1,5 без лака	3	7	25	30	Активное горение сильное выделение копоти.
СТФ2-35-1,0 без лака	2	3	40	45	Активное горение
ДСФ2-35-1,5 без лака	5	7	10	15	Затухает, горит в присутствии источника
СТФ –4слойный с лаком	6	8	35	40	Активное горение
СТФ –4слойный с лаком	10	12	45	50	Активное горение
МПБ – 4слойный с лаком	13	15	45	50	Активное горение

Таблица 4.5.

*Результаты испытаний игольчатым пламенем транзисторов и конденсаторов применяемых в электротехнических устройствах.*

Наименование электрорадиоматериалов	Продолжительность зажигания,с		Время самостоятельного горения, с		Примечание
	сред.	макс.	сред.	макс.	
Транзистор КТ 805 А4	18	30	16	35	Активное горение
Транзистор КТ 816 Б	5	10	15	25	Активное горение
Транзистор КТ 315 В	4	6	15	19	Активное горение
Конденсатор К 73-17-250	12	18	60	70	Активное горение
Конденсатор К 73-17-160	15	20	60	80	Активное горение
Конденсатор К 73-17-400	15	30	60	80	Активное горение
Конденсатор К 73-17-250В –1,0 мкФ	10	15	60	70	Активное горение
Конденсатор К 73-17-1000В –1,0 47 мкФ	8	10	50	70	Активное горение, отделение горящих частиц
Конденсатор К 73-17-100В –1470 пФ	7	10	20	25	Активное горение

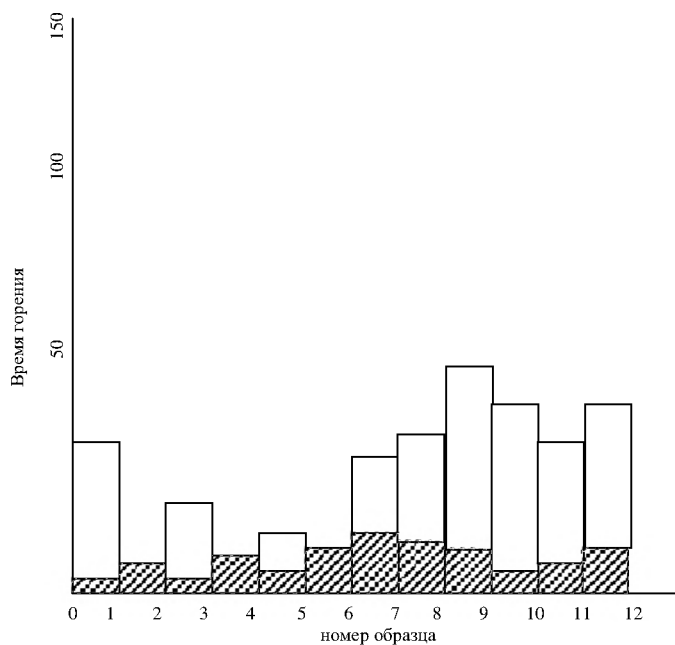


Рис. 4.11. Результаты испытания по методу «Игольчатое пламя»

- 1 Материал СТФ2-35-1.0
- 2 Материал СТНФ2-35-1.0
- 3 Материал СТФ2-35-1.5
- 4 Материал СТНФ2-35-1.5
- 5 Материал ДФС2-35-1.5
- 6 Изделие СТНФ2-35-1.5 ДПП
- 7 Изделие СТНФ2-35-1.5 ДПП\*
- 8 Изделие СТНФ2-35-1.5 МПП
- 9 Изделие СТНФ2-35-1.5 МПП\*
- 10 Изделие СТФ2-35-1.5 2СЛ\*
- 11 Изделие СТФ2-35-1.5 4СЛ\*
- 12 Изделие СТФ2-35-1.5 8СЛ\*

□ Время самостоятельного горения  
 ▨ Время зажигания

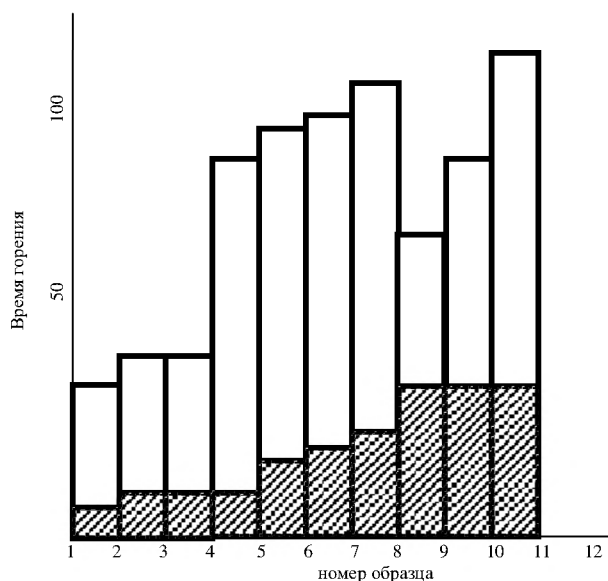


Рис. 4.12. Результаты испытаний ЭРЭ по методу игольчатое пламя

- 1 Транзистор КТ315 (6×5×3)
- 2 Конденсатор типа К-73-17(12×7×4)
- 3 Транзистор КТ-816 (10×7×2)
- 4 Конденсатор типа К-73-17 (12×10×5)
- 5 Конденсатор типа К-73-17 (22×15×10)
- 6 Конденсатор типа К-73-17 (22×15×5)
- 7 Конденсатор типа К-73-17 (22×22×9)
- 8 Транзистор КТ805 (10×10×4)
- 9 Микросхема типа К1555 РУ 2 (20×6×3)
- 10 Конденсатор типа К-73-17 (25×20×12)

□ Время самостоятельного горения  
 ▨ Время зажигания

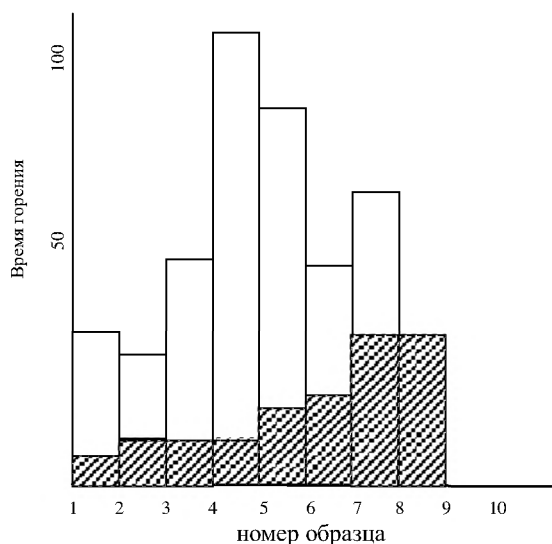


Рис. 4.13. Результаты испытаний ленточных кабелей по методу игольчатое пламя

- Ленточные кабели
- 1 ЛППЛ
  - 2 ЛСВ
  - 3 МПСВ-15Д
  - 4 ТРСК-158-239
  - 5 ПВХ
  - 6 «Северодонецк»
  - 7 КППР
  - 8 ПР-во Япония

□ Время самостоятельного горения  
 ▨ Время зажигания

#### 4.7 Испытание конструкционных материалов нагретой проволокой

Испытание конструкционных материалов нагретой проволокой, позволяет моделировать тепловые источники, причиной возникновения которых могут стать комплектующие элементы в аварийных режимах работы (проволочные резисторы, трансформаторы и другие моточные изделия).

Цель испытаний – проверить, что:

- проволока, нагретая до установленной температуры, не вызывает воспламенения образца материала;
- горючие элементы конструкции материала, которые могут быть воспламенены нагретой проволокой, имеют органическую продолжительность горения и не распространяют загорание на соседние комплектующие.

Нагретая проволока (согласно ГОСТ 27483-87) выполнена из материала, позволяющего воспроизводить температуру до 960°C (рис.4.14) Термопара, служащая для измерения температуры накала нагретой проволоки, зачеканена в отверстие диаметром 0,6 мм, высверленное в проводе канала. Проволока нагревается электрическим током (120-150) А. Испытуемый образец располагают так, чтобы конец петли находился в контакте с той частью образца, которая в обычных условиях эксплуатации подвергается воздействию тепловых нагрузок. Соприкосновение с образцом длится 30 секунд. Во время испытаний фиксируется время от начала воздействия «нагретой проволоки» до момента воспламенения образца.

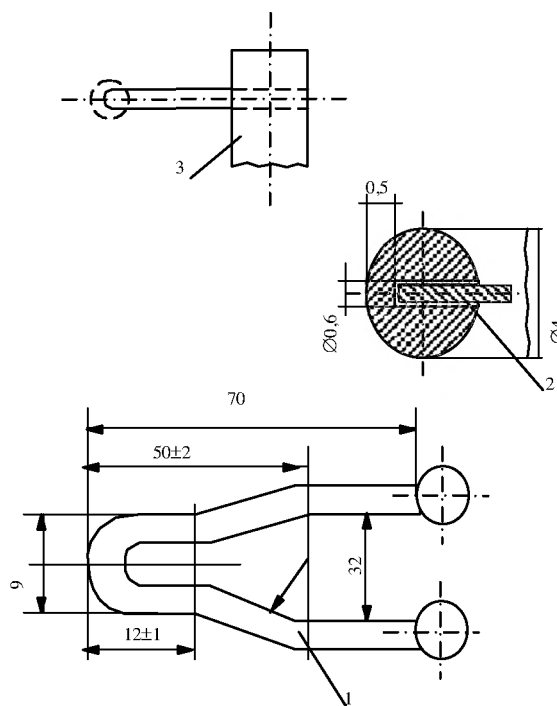


Рис. 3.14. проволочная петля.  
1 – проволока  
2 – термопара  
3 - штырь

**В таблице 4.6 и на рис. 4.15 представлены результаты испытаний конструкционных материалов нагретой проволокой.**

**Таблица 4.6.**

**Результаты испытаний конструкционных материалов электротехнических приборов методом нагретой проволоки**

Наименование материалов	электрорадио	Продолжительность зажигания при температуре, °С			Промечание
		960	850	750	

СТНФ2-35-1,5 без лака	-	-	-	Не горит. Через 180 секунд выделяется белый дым.
-----------------------	---	---	---	--

Продолжение табл. 4.6.

СТНФ2-35-1,0 без лака	-	-	-	Не горит. Выделяется белый дым
СТНФ2-35-1,5ДПП без лака	180	-	-	Не горит.
СТНФ2-35-1,5МПП без лака	3	-	-	Горит в присутствии источника
СТНФ2-35-1,5ДПП с лаком	125	-	-	Горит в присутствии источника
СТНФ2-35-1,5МПП с лаком	15	-	-	Горит
СТФ2-35-1,5 с лаком	1	8	-	Горит. Активное горение
СТФ2-35-1,5 без лака	2	18	25	Горит, выделяется копоть.
СТФ2-35-1,0 без лака	2	18	25	Горит
ДСФ2-35-1,5 без лака	-	-	-	Не горит. Через 180 секунд сильное выделение белого дыма.
СТФ –4слойный с лаком	5	-	-	Горит
СТФ –4слойный с лаком	3	-	-	Горит
МПБ – 4слойный с лаком	123	-	-	Горит

Прочерк – «не горит»

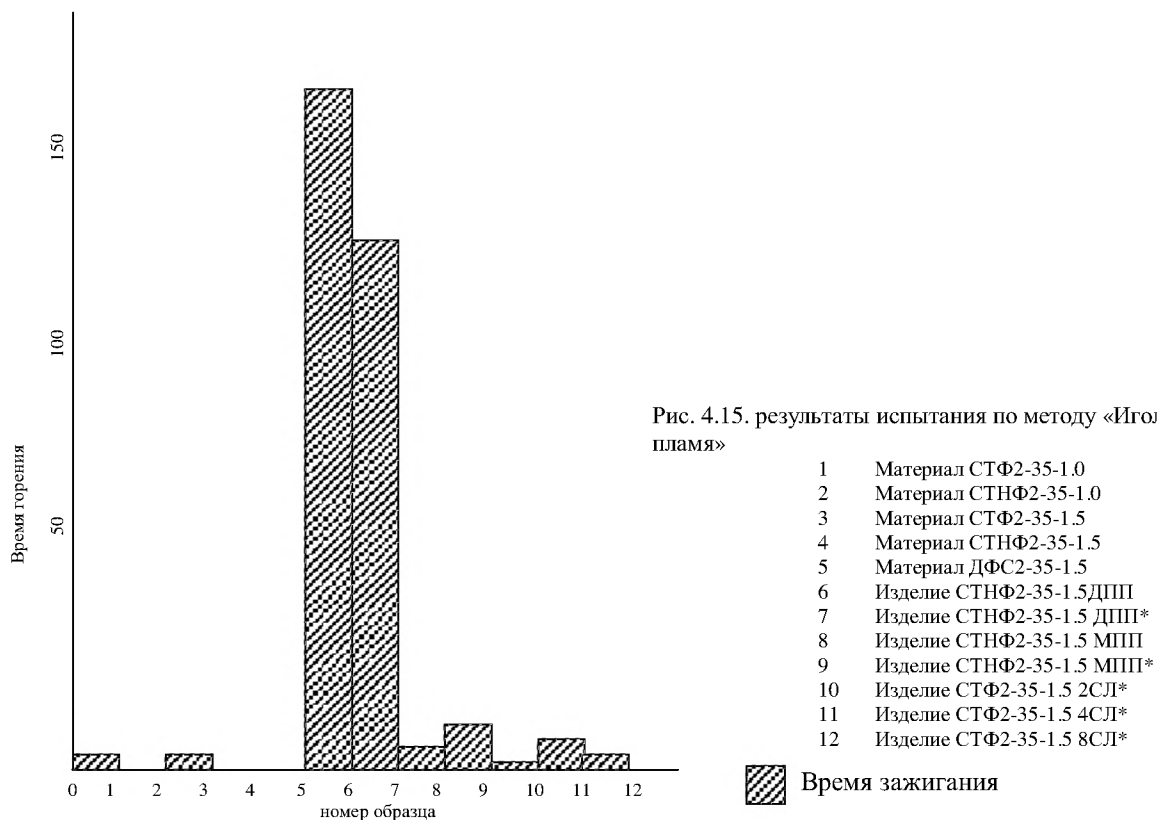


Рис. 4.15. результаты испытания по методу «Игольчатое пламя»

- 1 Материал СТФ2-35-1.0
- 2 Материал СТНФ2-35-1.0
- 3 Материал СТФ2-35-1.5
- 4 Материал СТНФ2-35-1.5
- 5 Материал ДФС2-35-1.5
- 6 Изделие СТНФ2-35-1.5ДПП
- 7 Изделие СТНФ2-35-1.5 ДПП\*
- 8 Изделие СТНФ2-35-1.5 МПП
- 9 Изделие СТНФ2-35-1.5 МПП\*
- 10 Изделие СТФ2-35-1.5 2СЛ\*
- 11 Изделие СТФ2-35-1.5 4СЛ\*
- 12 Изделие СТФ2-35-1.5 8СЛ\*

Время зажигания

Приведенная серия результатов экспериментов на 13 типах наиболее распространенных конструкционных материалах применяемых в электроустановках показывает, что методы испытаний не коррелирует, т.е. между полученными результатами наблюдаются существенные отличия.

#### 4.8. Метод термического анализа для оценки пожарной опасности конструкционных материалов

Метод позволяет судить о термостабильности испытуемых образцов материалов в начальном состоянии, и на промежуточных стадиях процесса нагрева, а также зольном остатке, если таковой имеется.

Термин «термическая стабильность» в общем случае означает способность вещества сохранять свои свойства при нагревании практически неизменным. Термостабильность следует рассматривать как способность конструкционного материала выполнять свои функции при различных окружающих условиях.

При испытаниях образцов использовался термоаналитический комплекс «DU PONT 9900» (модуль ТГА-951). Нагрев образцов осуществлялся в потоке воздуха ( $V=60$  мл/мин) со скоростями  $(5-15)$  °C в минуту до температур  $(800-1000)$  °C.

В экспериментах фиксировалась потеря массы (% массы) от температуры и времени (ТГ), скорости потери массы (ДТГ).

Характерные температурные точки процессов и соответствующие им параметры (ТГ и ДТГ) представлены на рис. 4.16

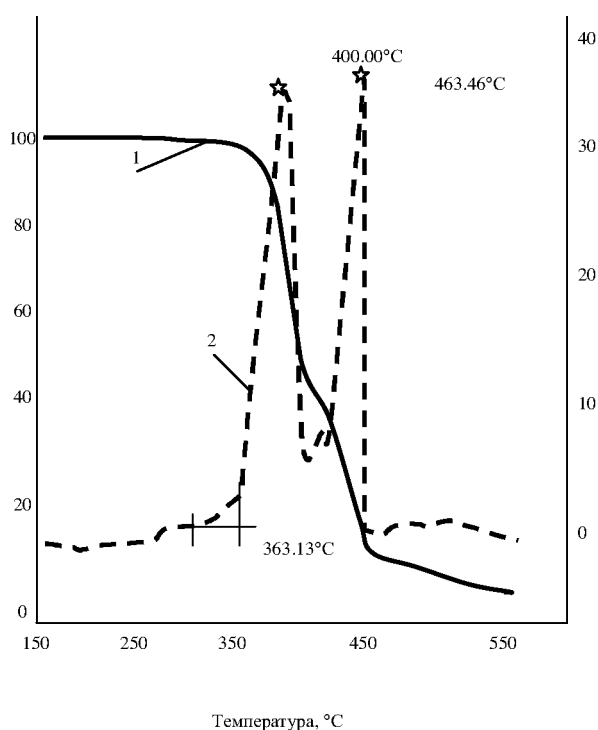


Рис. 4. 16 Термограмма хлорвинила  
1 – потеря массы  
2 – производная изменения массы от времени.

Дифференциальный термический анализ образцов материалов до температур 1000 °C проводился на модуле ДТА-1600. В экспериментах фиксировались характерные температурные точки тепловых процессов. Обработка данных проводилась на компьютере «TEXAS INSTRUMENTS».

Для характеристик, представленных на рис 4.16 можно выделить две характерные точки:

- начальную температуру или наблюдаемую температуру разложения, при которой суммарное изменение массы достигает

чувствительности термовесов;

- конечную температуру при которой суммарное изменение массы достигает максимального значения, соответствующего завершению реакции.

*Разность между конечной и начальной температурой называется интервалом реакции. «Пики» температур соответствуют максимальной скорости изменения массы образца, но указанные температуры не соответствуют началу уменьшения массы образца.*

На рис.4.16 представлена характеристика одной из марок ПВХ, отражающая изменение массы образца, в зависимости от температуры нагрева.

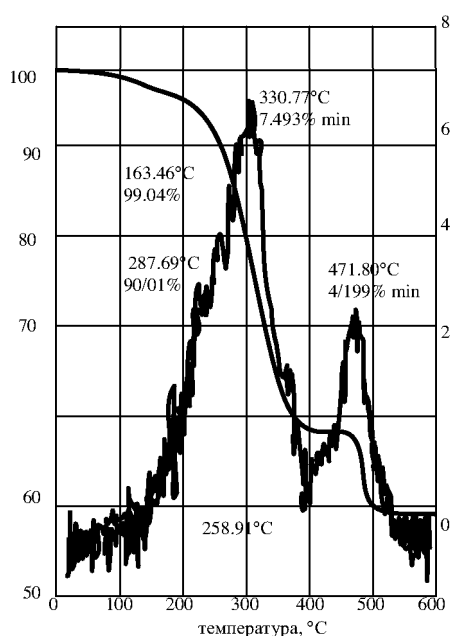
По оси ординат отложена масса образца, а по оси абсцисс – температура. Кривая 1 регистрирует изменение массы образца в зависимости от температуры. Эту кривую часто называют термограммой или термогравиметрической кривой, которая обозначается символом TG. Кривая 2 является первой производной

$$\frac{dm}{dt} = a(T),$$

которая показывает, скорость изменения массы образца и обозначается символом DTG. Из анализа кривой 1 видно, что потеря массы образца носит двухстадийный характер. До температур нагрева порядка 300 °С происходит медленное изменение массы. В интервале температур (300-400) °С идет процесс интенсивного пиролиза образца, причем излом на этом участке отражает двухкомпонентность состава, пиролиз которых происходит при различных температурах.

Пики кривой 2 соответствуют температурам, при которых происходит максимальное изменение массы исследуемого образца материала.

Таким образом можно констатировать, что испытуемый образец ПВХ, при температуре 363°С имеет максимальную скорость потери массы, а начало разложения образца наступает при температуре 260°С. Данное



значение можно принять за критическую температуру, при которой наступают необратимые физико-химические реакции, предшествующие воспламенению материала.

Третий участок кривой 1 в интервале температур (450-550°С) характеризует массу остатка.

Аналогичный анализ можно производить по рис. 4.17, где представлена

Рис.4.17. Характеристика краски применяющейся для покрытия

характеристика краски, применяющейся для покрытия монтажной палаты. По оси абсцисс отложено время, в течение которого идет пиролиз образца при скорости нагрева 20°С/мин.

С увеличением скорости нагрева наблюдается незначительное смещение характеристик влево, что мало влияет на температуру начала разложения для испытываемого образца.

На рис. 4.18 представлена термограмма для различных марок стеклотекстолитов. Из рисунка видно, что температура начала разложения соответствует примерно 230°С, однако процесс пиролиза имеет существенные различия. Так, например, стеклотекстолит СТФ-2 имеет массовый состав остатка 70%, а ДФС-2 порядка 50 %, что косвенно может характеризовать горючесть конструкционных материалов электроустановок.

Проведенные методом термогравиметрии испытания материалов позволяют:

- определить температуру начала разложения исследуемых материалов (Тн.р.);
- определить температуры стандартизованных потерь массы при нагревании на воздухе (Т1 %, Т10 %, Т50 %);
- оценить скорости термоокисления материалов в стандартизованных условиях, а также максимальные скорости окисления;
- оценить температуру, соответствующую максимальной скорости разложения в стандартизованных условиях и скорость разложения;
- производить сравнительную оценку пожарной опасности применяемых конструкционных материалов;
- определять горючую нагрузку по остатку.

*Представлен сравнительный анализ и установлены взаимосвязи получаемых, с его помощью, характеристик и показателей пожарной опасности с данными, полученными стандартными методами табл. 4.7 и табл. 4.8.*

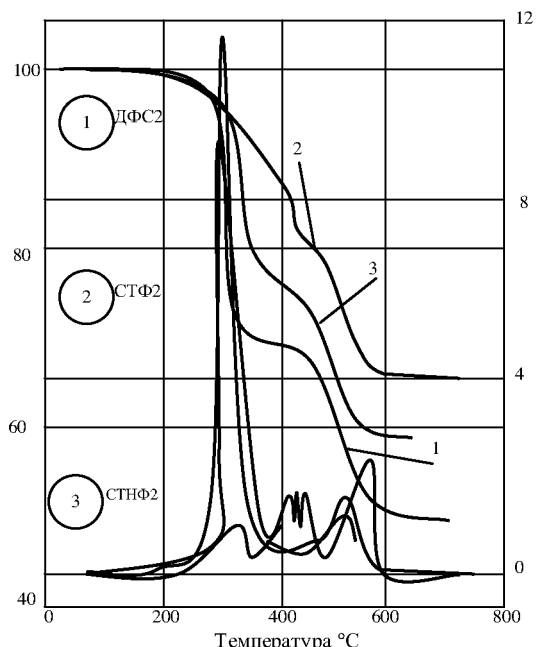


Рис.3.18 Термограммы стеклотекстолитов 1 – ДФС2;2 – СТФ2;3 – СТНФ2.

**Таблица 4.7.**

Результаты испытаний ЭРМ методом ТГА, ДТА и ГОСТ 12.1.044-01.

Материал (изделие)	Т <sub>н.р.</sub> , °С	Температура потери массы, °С				Остаток масс%/температура °С	Характеристики температурных пиков ДТГ °С				Температуры °С по ГОСТ 12.1.044-84	
		1%	10%	20%	50%		T <sup>I</sup> <sub>пmax</sub>	T <sup>I</sup> <sub>пmax</sub>	T <sup>II</sup> <sub>пmax</sub>	T <sup>II</sup> <sub>пmax</sub>	T <sub>B</sub>	T <sub>CB</sub>

Полиэтилентер ефолат (корпус конденсатора К73-17	190	225	305	325	480	35/70	320	330	455	495	340	450
Перс материал К-81-390 (корпус интегральной микросхемы)	255	305	360	415	-	63/700	345	355	450	470	340	450
Поливинилхлор ид ПВХ	250	290	370	390	410	13/600	375	400	455	470	-	-

$T_B$  – температура воспламенения,  $T_{CB}$  – время свободного горения

$T_{m_{max}}^{//}$  - температура максимума второй производной от потери массы; (на втором пике)

$T_{m_{max}}^{//}$  - температура максимальной скорости потери массы (на втором пике).

$T^I$  - температура первого пика,  $T^{II}$  - температура второго пика;

Таблица 4.8.

**Результаты термического анализа стеклотекстолитов.**

№	Вид анализа	Наименование параметра	Единицы измерения	Наименование материала		
				СТФ-2	ДСФ-2	СТНФ-2
1		$T_{н.р.}$	(°C)	250	250	250
2		$T_{m_1}^{..}$	(°C)	350	325	325
3		$m_1^{..}$	Мг/мин <sup>-1</sup>	1,91	11,4	9,1
4		$T_{m_2}^{..}$	(°C)	422	-	-
5		$m_2^{..}$	Мас%/ мин <sup>-1</sup>	1,91	-	-
6	ТГА	$T_{m_3}^{..}$	(°C)	535	500	505
7		$m_3^{..}$	Мас%/ мин <sup>-1</sup>	2,9	2,6	2
8		$m_{\text{кокс}}$	(мас%)	63	50	60
9		$T_{m_3}^{..}$	(°C)	540	500	500
10	ДТА	$J_0$	Вт/мг	4,2	2,9	2,0

$J_0$  – интенсивность тепловыделения;

$T_{m_n}^{..}$  - максимальная температура экзотермического пика (n);

$m_n^{..}$  - скорость потери массы на пике (n).

Для стеклотекстолитов СТФ, СТНФ и ДСФ показано, что тепловые характеристики ТА, а так же скорости потерь массы при окислении остатка конструкционного материала качественно коррелируют с показателями методов оценки пожарной опасности, использующих зажигание открытым пламенем, таких как «Игольчатое пламя», «Нагретая проволока». С показателями воспламеняемости конструкционных материалов по плотности падающего теплового потока, лучше

коррелирует скорость разложения на первом этапе, определяемая на термовесах. Соответствие дугостойкости конструкционных материалов и скорости разложения, соблюдается не для всех материалов.

Метод ТА можно применять в рамках одной полимерной основы для сравнительной оценки пожарной опасности материалов, а также получать количественные характеристики изменений показателей пожарной опасности при модификации этих материалов.

#### 4.9. Оценка полученных результатов

При классификации испытанных материалов по тепловому потоку (табл. 4.9) установлено, что материалы воспламеняются и горят. Результаты, представленные в таблице показывают, что конструкция материалов существенно влияет на энергию необходимую для их воспламенения. Лучшими из испытанных материалов являются 3,4,8,13.

Наиболее дугостойкими оказались материалы позиции 5,6,7. Результаты испытаний Бунзеновской горелкой (табл.4.9) показали, что лучшие показатели по времени зажигания и времени самостоятельного горения имеют материалы 1-6.

При испытании материалов игольчатым пламенем (табл. 4.9) лучшие результаты имеют ленточные кабели 2,6,7,9. Из данных табл. 4.9 следует, что наименьшее время самостоятельного горения наблюдается для образцов 1,2,3,4,10. Данные таблицы показывают, что время зажигания конструкционных материалов, применяемых в электротехнических изделиях соизмеримо со временем самостоятельного горения комплектующих элементов. Лучшими показателями по методу «игольчатое пламя» обладают материалы позиции 3,4,5 (табл.4.9).

Таблица 4.9.

#### Результаты испытаний электроизоляционных материалов.

Тип материала	Тепловой поток	Электрическая дуга	Горелка Бунзена	Игольчатое пламя	Нагретая проволока	Огневая труба	Керамическая труба
	g Вт/см <sup>2</sup>	Число дуг	$\tau_3/\tau_{сг}$	$\tau_3/\tau_{сг}$	$\tau_3/\tau_{сг}$	$\tau_{сг}/\delta m, \%$	К
1. СТНФ2-35-1,5	1,5	15	30/10	8/-	-	5/12 (Г)	0,58 (ТГ)
2. СТНФ2-35-1,0	1,5	14	20/13	6/-	-	6/12 (Г)	0,52 (ТГ)
3. СТНФ2-35-1,5 ДПП	1,1	18	22/7	10/-	180	-/6	0,6 (ТГ)
4. СТНФ2-35-1,5 МПП	1,2	32	25/30	13/25	3	33/11	0,8 (ТГ)
5. СТНФ2-35-1,5 ДПП-Л	1,4	58	20/25	15/15	125	30/8	0,8 (ТГ)
6. СТНФ2-35-1,5 МПП-Л	1,3	49	30/40	12/40	15	67/22	1,5 (ТВ)
7. СТФ 2-35-1,5-Л	1,5	75	5/120	5/15	1	103/12	1,75 (ТГ)
8. СТФ 2-35-1,5	1,9	35	5/112	3/25	2	145/27	1,63 (ТВ)
9. СТФ 2-35-1,0	1,9	23	7/107	2/40	2	126/20	1,3 (ТВ)
10. ДФС 2-35-1,5	1,1	25	25/35	5/10	-	20/13	1,16 (ТВ)
11. СТФ 4-слойный	1,2	-	17/75	6/35	5	140/14	0,48 (ТГ)
12. СТФ 3-слойный	1,4	-	15/39	10/45	3	180/16	2,2 (Г)

13. МПБ 4-слойный	1,5	-	27/135	13/45	123	205/24	2,43 (Г)
-------------------	-----	---	--------	-------	-----	--------	----------

## **ГЛАВА 5. ВЕРОЯТНОСТНАЯ ОЦЕНКА ПОЖАРООПАСНЫХ ОТКАЗОВ В ЭЛЕКТРОУСТАНОВКАХ**

В ГОСТ 12.1.004-91 условие пожаробезопасности электротехнического изделия оценивается в соответствии с выражением:

$$Q_{\Pi} = Q_{\Pi.р} \cdot Q_{\Pi.з} \cdot Q_{\Pi.з} \cdot Q_{\text{в}} \leq 10^{-6} \quad (5.1)$$

где  $Q_{\Pi.р}$  - вероятность возникновения характерного пожароопасного режима в составной части изделия (возникновения к.з., перегрузки, повышения переходного сопротивления и т.п.), 1/год;

$Q_{\Pi.з}$  - вероятность того, что значение характерного электротехнического параметра (тока, переходного сопротивления и др.) лежит в диапазоне пожароопасных значений;

$Q_{\Pi.з}$  - вероятность несрабатывания аппарата защиты (электрической, тепловой и т.п.);

$Q_{\text{в}}$  - вероятность достижения горючим материалом критической температуры или его воспламенения.

Полученные данные о фактических вероятностях возникновения пожаров сравнивают с нормативной величиной  $10^{-6}$  в год (в расчёте на одно изделие). Изделие считается пожаробезопасным, если фактическая или расчётная (для новых изделий) вероятность возникновения пожара не превышает нормативной.

От аварий и пожаров в России ежегодно погибают более 50000 человек и причиняется большой материальный ущерб. В России при техногенных авариях гибель людей в 2-5 раз выше, чем в любой другой промышленно развитой стране мира. Неблагоприятна динамика изменения гибели людей на 1 млн. населения. В начале 70-х годов в России на 1 млн. населения ежегодно погибали 175 человек в дорожно-транспортных происшествиях и 19 на пожарах, а за 1991 г. соответственно - 253 и 52. В 1994 г. и в 1995 г. на 1 млн. населения гибель людей при пожарах возросла до 85 человек в городах, до 164 - в сельской местности и до 105 человек в среднем.

Техногенная опасность начинает превосходить опасность от стихийных бедствий. Так в США на её долю приходится 15-25% преждевременной смертности и ущерб, достигающий 6% валового национального продукта, а на долю стихийных бедствий соответственно до 5% и до 1%. В России на рост техногенной опасности влияет беспрецедентное устаревание основных производственных фондов. По отдельным отраслям износ превысил 50%.

Снижение техногенной опасности частично должно обеспечиваться реализацией требований пожарной безопасности и взрывобезопасности, включая требования профилактики источников зажигания. Наиболее

критическое положение сложилось в отраслях пищевой и перерабатывающей промышленности, где на некоторых предприятиях России физический износ средств производства превысил 90%.

В развитых странах эффективность средств обнаружения и тушения пожаров достигает 96%. В России этот показатель составляет 40%, а по противоподымной защите - 20%.

В 1998 г. в России произошло около 190 тыс. пожаров, погибло 13646 человек, материальный ущерб составил 23,4 млрд.руб., уничтожено 2,5 млн. кв. м. жилых и производственных помещений. Основной причиной возникновения пожаров после неосторожного обращения с огнём является неисправность электрооборудования.

В табл. 5.1 приведены обобщённые статистические данные о пожарной опасности электрооборудования.

Таблица 5.1

**Обобщённые данные о пожарной опасности  
электрооборудования**

Показатель	1980	1981	1983	1985	1997	1998
Кол-во пожаров и загораний, %	27286 (26,6)	28262 (26,9)	29637 (28,4)	32957 (28,5)	38604 (27,8)	46174 (27,8)
Прямой ущерб, млн. руб., %	36,5 (23,5)	39,7 (25)	43,3 (27)	54,8 (28,6)	73,7 (29,9)	83,7 (31,8)
Кол-во пожаров и загораний на 1 млрд. кВт·ч выработки электроэнергии	21,8	21,31	21,68	23,28	25,85	29,88

40% пожаров от электроустановок приходится на силовые и осветительные электрические сети. 15% пожаров от электроустановок приходится на сложную электротехническую и электронную технику.

Распределение количества пожаров от электрических изделий и последствий от них представлено в табл.5.2.

Таблица 5.2

**Данные о пожарах от электротехнических изделий  
за 1981-1985 гг.**

Изделие	Количество пожаров и загораний		Последствия от пожаров, %	
	Абсолютное значение	%	Гибель людей	Ущерб (тыс. руб.)
Провод	75833	40,4	16,0	41,2
Телевизор	18509	10,6	12,6	5,4
Электрический ввод	12803	7,3	1,2	7,6
Электроплитка	8702	5,0	26,0	5,4
Вводный щит со счётчиком	6438	3,6	2,4	5,4
Светильник с лампой накаливания	6068	3,4	2,8	5,8
Электроутог	5316	3,0	2,0	1,0
Кабель	3647	2,1	Менее 1	3,2

Бытовой холодильник	3278	1,9	1,0	2,0
Штепсельная розетка	2440	1,4	1,0	1,0

Продолжение табл. 5.2

Бытовой трансформатор; стабилизатор	2208	1,3	2,0	1,0
Электрокамин	2357	1,3	5,2	1,0
Радиоприёмник	1500	Менее 1	1,0	Менее 1
Распаечная коробка	1313	Менее 1	Менее 1	1,0
Выключатель электрический	1213	Менее 1	Менее 1	1,0

Статистические данные, приведённые в табл. 5.2 даны для стабильного периода производства.

Объективным показателем оценки пожарной опасности электрических изделий является вероятность возникновения пожара, учитывающая как возникшие пожары, так и количество изделий данного вида, находящихся в эксплуатации. Как было отмечено выше, в соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.004-91 эта вероятность для одного изделия не должна превышать  $10^{-6}$  пожаров в год. Фактическая вероятность возникновения пожаров от электротехнических изделий определяется по формуле

$$Q = \frac{n}{N} \quad (5.2)$$

где  $n$  - количество пожаров в год от изделий определённого вида;  $N$  - количество изделий определённого вида, находящихся в эксплуатации.

Вероятностные показатели пожарной опасности электротехнических изделий на основе статистических данных приведены в табл. 5.3.

Таблица 5.3

**Вероятностные показатели пожарной опасности  
электротехнических изделий**

Изделия	Вероятность возникновения пожара	Вероятность возникновения загорания	Вероятность перехода загорания в пожар
Электроплитка	$7,5 \cdot 10^{-5}$	$1,35 \cdot 10^{-4}$	0,56
Телевизор	$7,5 \cdot 10^{-5}$	$1,08 \cdot 10^{-4}$	0,53
Электрокамин	$7,5 \cdot 10^{-5}$	$5,2 \cdot 10^{-5}$	0,58
Холодильник	$8,25 \cdot 10^{-6}$	$1,54 \cdot 10^{-5}$	0,53
Трансформатор регулируемый; стабилизатор напряжения	$7,86 \cdot 10^{-6}$	$1,47 \cdot 10^{-5}$	0,53

Продолжение табл. 5.3.

Электроутог	$7,80 \cdot 10^{-6}$	$1,43 \cdot 10^{-5}$	0,54
Светильник с лампой накаливания	$5,39 \cdot 10^{-6}$	$9,96 \cdot 10^{-6}$	0,54
Магнитофон	$4,15 \cdot 10^{-6}$	$7,77 \cdot 10^{-6}$	0,53
Радиоприёмник	$3,86 \cdot 10^{-6}$	$7,08 \cdot 10^{-6}$	0,55
Электровентилятор	$3,77 \cdot 10^{-6}$	$6,62 \cdot 10^{-6}$	0,57
Электродвигатель	$1,18 \cdot 10^{-6}$	$1,94 \cdot 10^{-6}$	0,61
Электропаяльник	$1,07 \cdot 10^{-6}$	$1,76 \cdot 10^{-6}$	0,61
Магнитный пускатель	$9,70 \cdot 10^{-7}$	$1,70 \cdot 10^{-6}$	0,57

Для того, чтобы электротехнические изделия не представляли пожарной опасности, необходимо иметь информацию о пожарной опасности их составных частей при разработке. При оценке пожарной опасности электротехнических изделий используются характеристики надёжности комплектующих элементов и данные об их аварийных пожароопасных режимах.

В табл.5.4 приведены значения пожароопасных режимов для комплектующих элементов электротехнических изделий.

Аварийные пожароопасные режимы определяются при имитации неисправностей комплектующих элементов в функциональных узлах электрооборудования. Выявляются комплектующие, отказ которых приводит к воспламенению материалов, находящихся в непосредственной близости, либо самих комплектующих.

Таблица 5.4

**Значения пожароопасных режимов для различных типов комплектующих элементов электрооборудования**

Наименование пожароопасных показателей	Транзисторы в пластмассовых корпусах (без радиаторов) мощностью			Микросхемы в пластмассовых корпусах с числом выводов до 16	Резисторы мощностью	
	до 0,3 Вт	от 0,3 Вт до 1,5 Вт	свыше 1,5 Вт		1 Вт	2 Вт
Мощность, Вт	4	7	10	12	8	16
Ток, А	0,8	2,8	4	4	-	-

Вероятность воспламенения электротехнического изделия определяется следующим выражением:

$$Q_{(в.э.)} = [1 - (1 - Q_э)(1 - Q_м)]Q_{н.з.}, \quad (5.3)$$

где  $Q_э$  - вероятность возникновения пожара, определяемая комплектующими элементами электротехнического изделия;  $Q_м$  - вероятность возникновения источника зажигания, обусловленная конструктивными особенностями и технологией изготовления электротехнического изделия;  $Q_{н.з.}$  - вероятность несрабатывания аппарата защиты электротехнического изделия.

Величина  $Q_3$  определяется по формуле

$$Q_3 = 1 - \prod_{i=1}^n [1 - P_i^*(\text{к.э.})] \approx \sum_{i=1}^n P_i^*(\text{к.э.}) \quad (5.4)$$

где  $P_i^*(\text{к.э.})$  - вероятность воспламенения электротехнического изделия от пожароопасного комплектующего элемента  $i$ -го типа;  $n$  - число типов элементов. Тогда вероятность воспламенения электротехнического изделия от транзисторов можно обозначить как  $P_1^*(\text{к.э.})$ , от диодов как  $P_2^*(\text{к.э.})$ ; от конденсаторов как  $P_3^*(\text{к.э.})$ ; от трансформаторов как  $P_4^*(\text{к.э.})$  и т. д.

Величина  $P_i^*(\text{к.э.})$  определяется выражением:

$$P_i^*(\text{к.э.}) = 1 - \prod_{j=1}^m (1 - P_j) \approx \sum_{j=1}^m P_j \quad (5.5)$$

где  $P_j$  - вероятность возникновения источника зажигания пожароопасного элемента типа  $i$ ;  $m$  - число пожароопасных элементов определённого вида в электротехническом изделии.

Величина  $P_j$  определяется в соответствии с выражением

$$P_j = \lambda_j \cdot T \cdot P(\text{к.з./отк}) \cdot Q_j(\text{к.э.}) \cdot Q_j(\text{к.м.}) \quad (5.6)$$

где  $\lambda_j$  - интенсивность отказов  $j$ -го комплектующего элемента электротехнического изделия, (1/час), (табл.1.5);  $T$  - средняя продолжительность работы электротехнического изделия, (час);  $P(\text{к.з./отк})$  - вероятность появления короткого замыкания в пожароопасном комплектующем элементе при отказе (табл.5.6);  $Q_j(\text{к.э.})$  - вероятность воспламенения  $j$ -го комплектующего элемента (табл.5.7);  $Q_j(\text{к.м.})$  - вероятность воспламенения конструкционных материалов, находящихся в непосредственной близости от пожароопасных комплектующих элементов (табл.5.8).

Для оценки интенсивности отказов пожароопасных элементов электрооборудования используются данные отраслевого стандарта ОСТ 4.202.00-78.

При оценке  $P(\text{к.з./отк})$  учитывается наиболее опасный вид отказа - короткое замыкание.

Таблица 5.5

**Распределение отказов комплектующих элементов по видам**

Группа комплектующих эл-тов	Распределение вероятностей отказов комплектующих эл-тов по видам							
	Параметрические	Обрыв	Короткое замыкание	Пробой	Отсутствие контакта	Мех. поврежд., обрыв вывода	Элим. повреждения	Нарушение технологии изгот.
Полупроводниковые диоды	0,412	0,264	0,047	0,047	-	-	-	0,23
Транзисторы	0,499	0,227	0,077	0,023	-	0,056	-	0,113
Конденсаторы	0,43	-	0,13	0,075	-	0,075	0,043	0,247
Резисторы	0,412	0,192	0,027	-	0,082	0,096	0,027	0,164
Транзисторы, дросс. линии задержки	0,324	0,353	0,058	-	-	0,147	-	0,118
Переключатели	0,045	-	-	-	0,505	0,315	-	0,135
Разъёмы	0,038	-	0,095	-	-	0,448	-	0,419
Приборы электронн. лучев.	0,25	0,031	-	0,094	-	0,494	-	0,131
Приборы газоразр.	0,715	-	0,095	0,19	-	-	-	-

Таблица 5.6

**Функциональные параметры комплектующих элементов электротехнических изделий**

№ п/п	Комплектующие элементы	$\lambda_j$ (1/час)	P(к.з./отк)
1.	Диоды	$1 \cdot 10^{-7} \div 1 \cdot 10^{-10}$	0,05÷0,19
2.	Транзисторы	$1 \cdot 10^{-6} \div 1 \cdot 10^{-8}$	0,02÷0,13
3.	Конденсаторы	$1 \cdot 10^{-6} \div 1 \cdot 10^{-9}$	0,13÷0,39
4.	Трансформаторы	$1 \cdot 10^{-4} \div 1 \cdot 10^{-9}$	0,06÷0,25
5.	Интегральные микросхемы	$1 \cdot 10^{-6} \div 1 \cdot 10^{-10}$	0,047÷0,19

Таблица 5.7

**Вероятность воспламенения комплектующих элементов электротехнических изделий  $Q_j$ (к.э.)**

Резисторы 2 Вт	Конденсаторы К73-17	Транзисторы КТ-315	ИМС К155	Трансформаторы	Диоды
$1 \cdot 10^{-1}$	$1 \cdot 10^{-2}$	$1 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-5}$

**Вероятность воспламенения конструкционных материалов  
от пожароопасных комплектующих элементов  $Q_j$ (к.м.)  
для стеклотекстолита фольгированного**

<b>Резисторы 2 Вт</b>	<b>Конденсаторы К73-17</b>	<b>Транзисторы КТ-315</b>	<b>ИМС К155</b>	<b>Трансформаторы</b>	<b>Диоды</b>
$1 \cdot 10^{-1}$	$1 \cdot 10^{-1}$	$1 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-2}$	$1 \cdot 10^{-2}$	$1 \cdot 10^{-3}$

Определим  $Q_M$  - вероятность возникновения источника зажигания электротехнического изделия, связанную с технологией изготовления:

$$Q_M = 1 - \prod_{k=1}^L [1 - P_k^*(\text{к.м.})] \approx \sum_{k=1}^L P_k^*(\text{к.м.}) \quad (5.7)$$

где  $P_k^*(\text{к.м.})$  - вероятность возникновения источника зажигания электротехнического изделия от k-го типа производственных отказов; L - число типов отказов. Тогда вероятность возникновения источника зажигания электротехнического изделия от некачественных паяных соединений можно обозначить как  $P_1^*(\text{к.м.})$ , от замыканий проводников как  $P_2^*(\text{к.м.})$ , от обрывов проводника как  $P_3^*(\text{к.м.})$ , от нарушений контактов в разъёмах как  $P_4^*(\text{к.м.})$  и т.д.

Величина  $P_k^*(\text{к.м.})$  определяется по формуле

$$P_k^*(\text{к.м.}) = 1 - \prod_{s=1}^r (1 - P_s) \approx \sum_{s=1}^r P_s \quad (5.8)$$

где  $P_s$  - вероятность возникновения источника зажигания электротехнического изделия от s-го отказа по k-му типу. отказа; r - число пожароопасных отказов по типу k.

Вероятностные показатели возникновения пожароопасных производственных отказов приведены в табл.5.9.

Таблица 5.9

**Вероятностные показатели возникновения пожароопасных  
производственных отказов**

<b>№ п/п</b>	<b>Причины возникновения отказов</b>	<b>Вероятность возникновения источника зажигания по различным видам отказов <math>P_k^*(\text{к.м.})</math></b>
1.	Некачественные паяные соединения	$4,0 \cdot 10^{-2}$
2.	Замыкания проводников	$0,19 \cdot 10^{-2}$

3.	Обрыв проводника	$0,08 \cdot 10^{-2}$
4.	Нарушение контактов	$0,7 \cdot 10^{-2}$
5.	Прочие отказы	$0,03 \cdot 10^{-2}$
Суммарная вероятность отказа		$5,02 \cdot 10^{-2}$

Величина  $P_s$  определяется зависимостью

$$P_s = \frac{n}{N} \quad (5.9)$$

где  $n$  - число пожароопасных отказов технологических элементов, определяется при имитации отказов;  $N$  - общее количество технологических элементов в электротехническом изделии.

Вероятность несрабатывания защиты электротехнического изделия вычисляется по следующей формуле:

$$Q_{н.з.} = k_1 k_2, \quad (5.10)$$

где  $k_1$  - коэффициент, характеризующий защищённость электротехнического изделия от пожароопасных режимов;  $k_2$  - коэффициент, учитывающий наличие или отсутствие в электротехническом изделии специальной системы пожаротушения. При наличии такой системы значение  $k_2 = 0,05$ , при её отсутствии  $k_2 = 1$ .

Величина  $k_1$  рассчитывается по формуле:

$$k_1 = 1 - \frac{Z}{N}, \quad (5.11)$$

где  $N$  - число пожароопасных режимов (определяется в процессе имитации неисправностей);  $Z$  - число режимов, при которых срабатывает защита электротехнического изделия (определяется в процессе имитации неисправностей).

В качестве иллюстрации изложенного материала приведён расчёт вероятности возникновения пожара от телевизора модели ЗУСЦТ.

1. Вероятность возникновения источника зажигания от транзистора:

$$P_1 = m \cdot \lambda_1 \cdot T \cdot P(\text{к.з./отк}) \cdot Q_j(\text{к.э.}) \cdot Q_j(\text{к.м.}) = \\ = 1 \cdot 1 \cdot 10^{-6} \cdot 1,5 \cdot 10^3 \cdot 2 \cdot 10^{-2} \cdot 1 \cdot 10^{-3} \cdot 1 \cdot 10^{-4} = 3 \cdot 10^{-12},$$

где  $P(\text{к.з./отк}) = 2 \cdot 10^{-2}$  вероятность, характеризующая отказ транзистора в результате внутренних коротких замыканий (справочные данные);  $T = 1,5 \cdot 10^3$  ч - средняя продолжительность работы телевизора в год;  $m = 1$  - количество пожароопасных транзисторов (табл.1.6). Для модели ЗУСЦТ таким транзистором является КТ-829Б.

Аналогично вычислена вероятность возникновения источника зажигания от других пожароопасных комплектующих элементов телевизора (табл.5.10).

**Вероятности воспламенения пожароопасных комплектующих элементов телевизора ЗУСЦТ**

Элементы	Вероятность
Транзистор P <sub>1</sub>	3·10 <sup>-12</sup>
Диод P <sub>2</sub>	2,82·10 <sup>-12</sup>
Трансформатор P <sub>3</sub>	1,74·10 <sup>-9</sup>
Конденсатор P <sub>4</sub>	9,0·10 <sup>-8</sup>
Интегральная микросхема P <sub>5</sub>	4,0·10 <sup>-12</sup>
Суммарная вероятность отказа	9,2·10 <sup>-8</sup>

Величина Q<sub>э</sub> составит

$$Q_{э} = \sum_{i=1}^n P_i^* (\text{к.э.}) = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5 = 9,2 \cdot 10^{-8} .$$

2. Вероятность возникновения источника зажигания в результате пожароопасного отказа технологического элемента:

$$Q_{м} = \sum_{k=1}^L P_k^* (\text{к.м.}) = 5,02 \cdot 10^{-2} .$$

3. Определим величину коэффициента k<sub>1</sub>.

Роль специальной защиты выполняет противопожарный резистор R<sub>26</sub>. При имитации возможных пожароопасных неисправностей резистор сработал в четырёх случаях из 18 (согласно перечню неисправностей, приведённых в методике). Таким образом, k<sub>1</sub> = 4/18 = 2,2·10<sup>-1</sup>.

4. Коэффициент k<sub>2</sub> = 1, так как в телевизоре ЗУСЦТ отсутствует специальная система пожаротушения. Следовательно, Q<sub>н.з.</sub> = k<sub>1</sub>·k<sub>2</sub> = 2,2·10<sup>-1</sup>.

5. Вероятность возникновения пожара в телевизоре:

$$Q_{(в.э.)} = [1 - (1 - Q_{э})(1 - Q_{м})] Q_{н.з.}$$

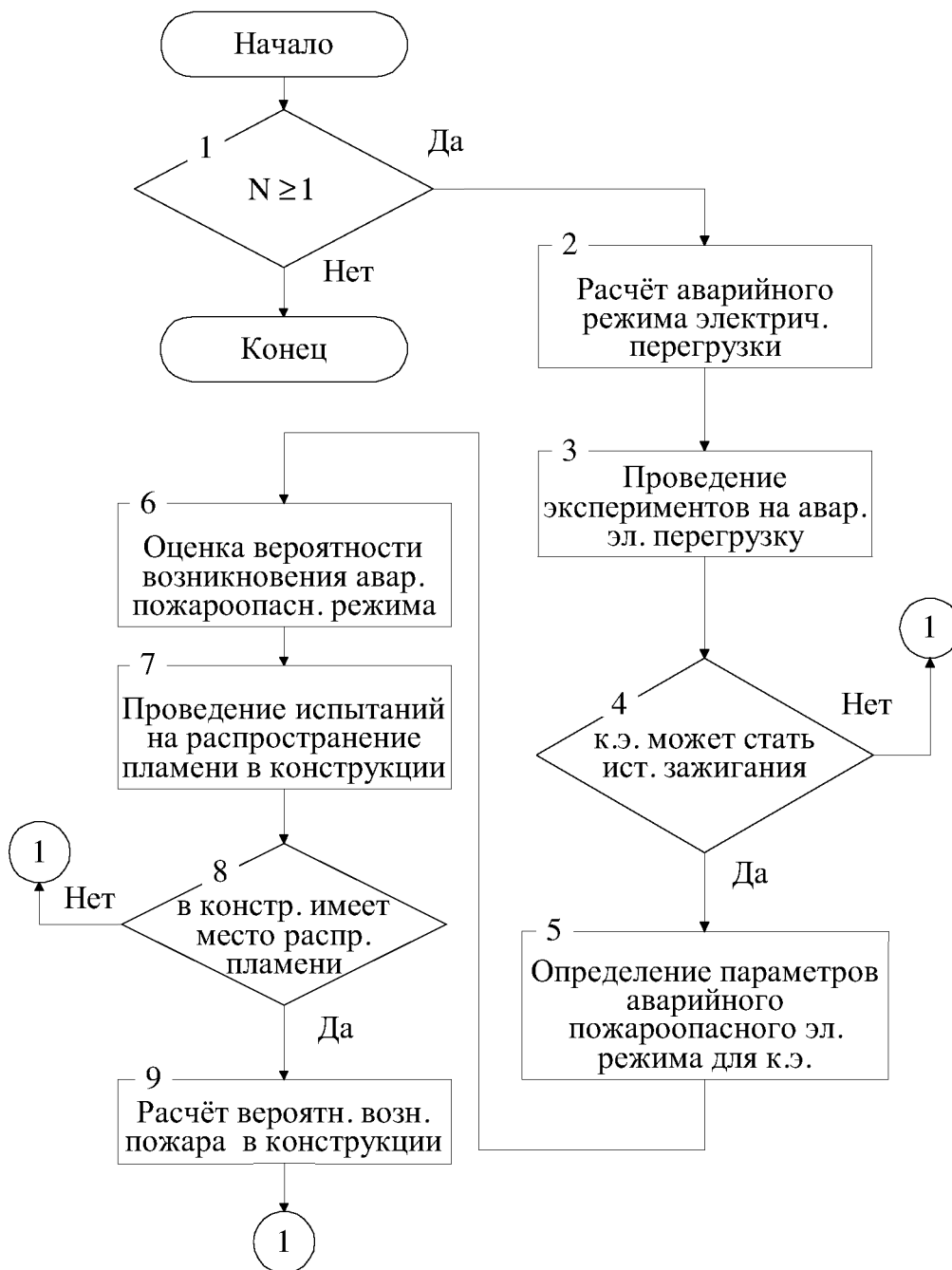
$$Q_{(в.э.)} = [1 - (1 - 9,2 \cdot 10^{-8})(1 - 5,02 \cdot 10^{-2})] 2,2 \cdot 10^{-1} \approx 1,1 \cdot 10^{-2} .$$

Расчёт показал, что модель телевизора ЗУСЦТ не удовлетворяет требованиям пожарной безопасности в соответствии с ГОСТ 12.1.004-91, так как

$$Q_{(в.э.)} = 1 \cdot 10^{-2} \text{ f } 1 \cdot 10^{-6}$$

Для оценки пожарной опасности электротехнического изделия (электроустановки) необходимо разрабатывать индивидуальную программу и методику испытаний, учитывающую типы применяемых комплектующих элементов, материалов, конструкцию изделия. Алгоритм

оценки пожарной опасности электротехнических изделий (электроустановок) приведён на рис.5.1.



к.э. - комплектующий элемент  
 N - число комплектующих элементов в электротехническом изделии

Рис. 5.1

Проведение испытаний на пожарную опасность электротехнических изделий (электроустановок) предоставлено специализированным лабораториям.

## **ГЛАВА 6. ТРЕБОВАНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ К ЭЛЕКТРОУСТАНОВКАМ**

### **6.1. Основные нормативные документы, определяющие пожарную опасность электроустановок**

Пожаро- и взрывобезопасность электроустановок регламентируется рядом норм и правил, ГОСТ и указаний. Эти нормативные положения учитываются при устройстве, проектировании и эксплуатации электроустановок.

Основным документом, регламентирующим пожарную безопасность, является ГОСТ 12.1.004-91 “Пожарная безопасность. Общие требования”. Он устанавливает общие требования к системам обеспечения пожарной безопасности объектов различного назначения при разработке нормативных документов, при проектировании, реализации проектов и эксплуатации объектов, а также при разработке проектов компенсирующих средств и систем обеспечения пожарной безопасности для неотвечающих требованиям действующих норм эксплуатируемых объектов.

Пожарная безопасность объекта должна обеспечиваться системой предотвращения пожара и системой противопожарной защиты, в том числе организационно-техническими мероприятиями.

Система пожарной безопасности должна исключать возникновение пожара и обеспечивать пожарную безопасность людей и материальных ценностей. Требуемый уровень обеспечения пожарной безопасности людей системами пожарной безопасности объекта должен быть не менее 0,999999 предотвращения воздействия опасных факторов пожара в год в расчете на каждого человека, а допустимый уровень пожарной опасности для людей должен быть не более  $10^{-6}$  воздействия превышающих предельно допустимое значение опасных факторов пожара в год в расчете на каждого человека.

Вероятность возникновения пожара от (в) электротехнического или другого изделия или оборудования не должна превышать значения  $10^{-6}$  в год.

Правила устройства электроустановок (ПУЭ) распространяются на вновь сооружаемые и реконструируемые электроустановки и решают вопросы их выбора и проектирования в различных условиях окружающей среды, в том числе, и в условиях пожароопасных и взрывоопасных зон. Они разработаны с учетом обязательности проведения в условиях эксплуатации плановопредупредительных и профилактических испытаний, ремонтов и монтажа электроустановок, обучения и проверки обслуживающего персонала в объеме “Правил эксплуатации электроустановок потребителей” (ПЭЭП). В значительной степени ПУЭ, также как и ГОСТ 12.1.004-91, регламентирует вопросы взрывной и

пожарной безопасности электроустановок при соблюдении соответствующих правил монтажа и эксплуатации.

При этом необходимо иметь ввиду, что в настоящее время в промышленности еще эксплуатируется оборудование, изготовленное по ПИВЭ-63 и ПИВРЭ-67. В маркировке по ПИВЭ-63 отсутствует знак уровня взрывозащиты электрооборудования, в соответствии с которым по ПУЭ производится выбор и экспертиза взрывозащищенного электрооборудования. Соответствие уровней и видов взрывозащиты электрооборудования, изготовленного по ПИВЭ-63, устанавливается в Приложении 3 к главе 7.3 ПУЭ “Маркировка взрывозащищенного электрооборудования по ПИВЭ”. Так, к уровню “электрооборудование повышенной надежности против взрыва” относится электрооборудование, имеющее в маркировке по взрывозащите букву Н, а также цифру 2 перед буквой И; электрооборудование с остальными маркировками по взрывозащите, выполненными по ПИВЭ, относится к уровню “взрывобезопасное оборудование”. Следует учитывать также, что в ПУЭ изменены классификации групп и категорий взрывоопасных смесей. Сравнительные характеристики групп и категорий взрывоопасных смесей по ПИВЭ-63, ПИВРЭ-67 и ПУЭ приведены в Приложении 1 к гл. 7.3.

“Правила эксплуатации электроустановок потребителей” и “Правила технической безопасности” при эксплуатации электроустановок потребителей” являются обязательными для всех потребителей электроэнергии, независимо от их ведомственной принадлежности. Они распространяются на действующие электроустановки. Решая задачи технической грамотной эксплуатации электроустановок, они одновременно решают вопросы пожаро- и взрывобезопасности при эксплуатации электроустановок. Имея в виду большие отрицательные последствия взрывов во взрывоопасных зонах, специфику и сложность эксплуатации электроустановок во взрывоопасных зонах, в ПЭЭП имеется отдельная глава 3.4 “Электроустановки во взрывоопасных зонах”.

Упомянутые документы являются основными. Однако в некоторых случаях возникает необходимость и в других нормативно-технических документах.

## ***6.2. Требования пожарной безопасности к электроизоляционным и конструкционным материалам***

6.2.1 Неметаллические материалы предназначенные для изготовления наружных частей, частей удерживающих токопроводники и поддерживающие соединения в определенном положении, должны быть теплостойкими.

6.2.2. Материалы, используемые в конструкции электротехнических устройств (ЭУ), должны быть стойкими к воспламенению и распространению горения. Они должны иметь класс V-2, V-1, V-0 или

класс НВ, в соответствии с ГОСТ Р 50377. Вспененные материалы должны иметь класс HF-2, HBF, HF-1.

Продолжительность горения образца после устранения горелки с испытательным пламенем должна быть не больше 10 секунд для класса V-0 и 30 секунд для класса V-1 или V-2.

Материалы относятся к классу НВ, если при испытании скорость распространения огня или тления ни одного из образцов не превысит: 40 мм/мин для образцов толщиной 3 мм; 70 мм/мин для образцов толщиной менее 3 мм; или если пламя или тление не достигают отметки 100 мм.

Материал относится к классу HF-2, если образцы не горят дольше 10 секунд после устранения испытательного пламени; если не один из образцов не тлеет дольше 30 секунд после устранения испытательного пламени если не один из образцов не горит (не тлеет) на расстоянии большем 60 мм от края к которому было приложено пламя.

Материал относится к классу HF-1 если он удовлетворяет требованиям к HF-2, кроме этого, вата не загорается от частиц и капель, отрывающихся от материала во время нагрева испытательным пламенем.

Материал относится к классу HBF, если:

- горят со скоростью меньше 40 мм/мин на участке 100 мм;
- прекращают гореть раньше, чем будет достигнута длина 120 мм от конца образца к которому прикладывается испытательное пламя

Данное требование не распространяется на материалы декоративных украшений, кнопок и других частей, а также на материалы составных частей, расположенных внутри цельнометаллического кожуха. Классификация материалов должна соответствовать требованиям установленным в ГОСТ Р 50377. Для деталей и узлов класс материала устанавливается в зависимости от их функционального назначения в электрическом изделии.

6.2.3. Детали не соприкасающиеся с токопроводящими частями, но способствующие передаче пламени должны иметь класс V-0.

6.2.4. Полимерные электроизоляционные и конструкционные материалы, используемые в высоковольтных составных частях ЭУ, работающих на переменном напряжении превышающем 4 кВ, должны иметь класс V-2 или лучше, а вспененные - класс HF-2 или лучше.

6.2.5. Твёрдые электроизоляционные и конструкционные материалы должны обладать стойкостью к воздействию накаливаемыми элементами. Для наружных частей из неметаллических материалов и частей из изоляционных материалов, удерживающих токопроводники в, определённом положении (кроме контактных соединений) температура воздействия накаливаемых элементов должна быть - 550 °С. Критерии пожарной безопасности должны соответствовать ГОСТ 27483.

6.2.6. Электроизоляционные и конструкционные материалы частей, поддерживающих контактные соединения, должны быть стойкими к нагреву, вызванному переходным сопротивлением в дефектном

контактном соединении. Они должны выдерживать тепловое воздействие накаливаемыми элементами, имеющими температуру 750 °С для аппаратуры работающей под надзором и 850 °С - для аппаратуры работающей без надзора. Критерии пожарной безопасности должны соответствовать ГОСТ 27483.

6.2.7. Электроизоляционные и конструкционные материалы, применяемые в высоковольтных узлах и блоках, должны быть дугостойкими. Стойкость фольгированных диэлектриков к воспламенению от высоковольтной дуги должна быть не менее 15 с.

6.2.8. Материалы элементов, блоков и узлов должны быть стойкими к образованию токопроводящих мостиков. Пять образцов должны выдерживать 50 капель раствора хлорида аммония (NH<sub>4</sub>Cl) без закорачивания цепи по поверхности материала.

### ***6.3. Требования пожарной безопасности к комплектующим элементам электроустановок***

6.3.1. Испытания проводят с целью оценки соответствия изделий требованиям по обеспечению пожарной безопасности, которые должны быть установлены в ТЗ и стандартах и ТУ на изделия испытания проводят двумя методами:

- испытание на воздействие пламени;
- испытание на воздействие аварийной электрической перегрузки;

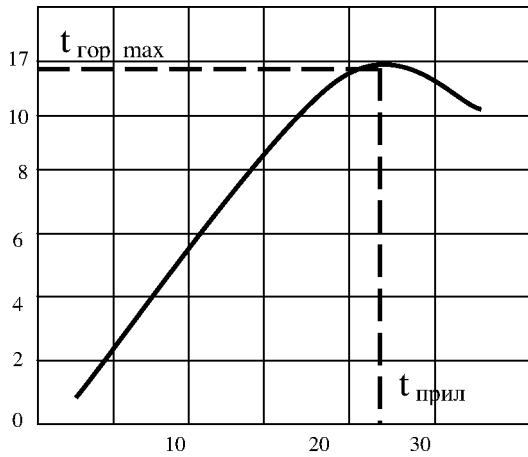
6.3.2 Испытание методом воздействия пламени проводят в вытяжном шкафу с использованием газовой горелки, обеспечивающей испытательный режим. ГОСТ 20.57.406-81. стр 122-125. Пламя горелки прикладывают к поверхности изделия первоначально в течении одной или нескольких секунд и регистрируют время самостоятельного горения изделия. Если при этом время самостоятельного горения более одной секунды, то время приложения пламени уменьшают до такого значения, при котором продолжительность самостоятельного горения равна 1 секунде.

Увеличивают постепенно время приложения пламени горелки к изделию на несколько секунд в зависимости от скорости горения изделия. После каждого приложения пламени горелки регистрируют время самостоятельного горения. Пламя прикладывают к изделию до тех пор, пока не будет зарегистрировано постоянное время самостоятельного горения изделия, или время самостоятельного горения достигнет максимального значения и начнет уменьшаться, или произойдет полное сгорание изделия за время приложения пламени.

При этом допускается несколько последовательных приложений пламени к одному и тому же изделию, если предыдущее приложение пламени не влияет на последующее. В противном случае для каждого приложения пламени следует брать другое изделие.

По полученным усредненным значениям времени самостоятельного

горения для каждого времени приложения пламени горелки строят характеристику горения изделия (зависимость времени самостоятельного горения от времени приложения пламени). (рис.6.1)



Время приложения пламени к испытываемому изделию

Рис.6.1. Время приложения пламени горелки к испытываемому изделию, с

По характеристике горения изделия определяют максимальное время самостоятельного горения изделия и время приложения пламени горелки при этом максимуме.

Изделие считают выдержавшим испытание, если не наблюдалось время самостоятельного горения изделия или если максимальное время самостоятельного горения изделия менее 30 секунд, а также отсутствуют следы

горения сосновой доски и бумаги.

Время приложения пламени горелки, при котором наблюдалась максимальная продолжительность горения изделия, следует устанавливать в ПИ, стандартах и ТУ на изделия, являющиеся конструктивно-технологическими аналогами испытанного изделия.

6.3.3. Испытание на воздействие электрической перегрузки проводят в вытяжном шкафу с использованием источников питания. ГОСТ 20.57.406-81. стр 125-126.

Если режим аварийной электрической перегрузки (уровень перегрузки и время ее приложения) заранее неизвестен, то для его установления электрическую нагрузку, прикладываемую к изделию, постепенно повышают от предельно допустимого значения, установленного в ТУ на изделие, до значения, при котором выполняется одно из следующих условий:

Реализуется наибольшая перегрузка изделия, задаваемая из условий возможного пожароопасного аварийного режима работы изделия в аппаратуре;

Уровень перегрузки стабилизируется (например, дальнейшее увеличение мощности рассеяния будет практически невозможно);

Наступает отказ изделия, при котором устраняются условия перегрузки изделия (например, обрыв токопроводящей цепи).

Фиксируют достигнутый уровень перегрузки и время ее приложения.

Время приложения электрической перегрузки рекомендуется устанавливать в стандартах и ТУ на изделия и ПИ равным времени достижения изделием теплового равновесия или времени наступления

отказа изделия, при котором устраняются условия перегрузки изделия (в зависимости от того, что меньше).

#### **6.4. Требования пожарной безопасности к узлам и блокам электроустановок**

6.4.1. Комплектующие элементы и конструкционные материалы должны быть такими, чтобы их максимальная рабочая температура в условиях нормального и аварийного режима была меньше, чем температура самовоспламенения.

6.4.1. В блоках и узлах электроустановок, предназначенных для постоянной работы под напряжением и без надзора (электронный звонок, приборы сигнализации и т.п.), детали, удерживающие электрические соединения, должны обладать стойкостью к воздействию накаливаемыми элементами, имеющими температуру 850 °С.

6.4.2. Изоляционные материалы, удерживающие в определенном положении соединения, по которым проходит ток более 0,5 А, должны обладать стойкостью к воздействию накаливаемыми элементами, имеющими температуру 750 °С. Они должны быть стойкими к возможному дефектному соединению.

6.4.3. Электронные узлы и блоки должны быть сконструированы и изготовлены таким образом, чтобы их части из неметаллических материалов обладали стойкостью к воздействию накаливаемыми элементами, имеющими температуру 550 °С.

6.4.4. Электронные блоки и узлы из неметаллических материалов должны обладать стойкостью к воспламенению при воздействии пламени и стойкостью к распространению горения. Детали конструкции, выполненные из стали должны быть защищены от коррозии.

6.4.5. Для узлов и блоков, в которых содержатся элементы электрической защиты, должны быть указаны данные по вероятности ее отказа при выполнении защитных функций. Численные значения вероятности отказа защиты должны быть приведены в технических условиях на электроустановку (блок или узел) или аппарат защиты.

6.4.6. В случае, если надежность элементов защиты не позволяет обеспечить требуемый уровень вероятности возникновения пожара в электроустановке, то блок или узел должен предусматривать дополнительную защиту или ее резервирование. В качестве дополнительных элементов защиты цепей от коротких замыканий могут быть использованы дорожки монтажных (печатных) плат.

6.4.7. При невозможности исключения из конструкции блоков и узлов комплектующих элементов, воспламеняющихся при пробое диэлектрика (конденсаторы типа К73-17, К53-19, К78-2 и др.), они должны помещаться в кожухи или ограждаться экранами из негорючих или трудногорючих материалов.

6.4.8. Резисторы мощностью до 1 Вт должны располагаться на

расстоянии 5 мм от монтажной платы. Если мощность резистора 2 Вт и более, расстояние от него до платы должно быть не менее 10 мм.

6.4.9. Жгуты монтажных проводов должны быть стойкими к воспламенению и распространению горения.

### ***6.5. Программа испытаний электроустановок на пожарную опасность***

Контроль выполнения требований пожарной безопасности должен осуществляться визуально и испытаниями.

6.5.1. Испытания на пожарную опасность материалов, комплектующих элементов, блоков, узлов и изделий должны проводиться в соответствии с требованиями стандартов на соответствующие группы изделий.

6.5.2. Материалы, комплектующие элементы, узлы, блоки и изделия испытываются в процессе их разработки и изготовления в соответствии с разработанными программами испытаний, представленными в стандартах и ТУ. Испытания проводят при нормальных климатических условиях по ГОСТ 15150 при температуре окружающей среды 15 - 35 °С; относительной влажности воздуха 45 - 80%; атмосферном давлении 84 - 166,7 кПа. (630-800мм рт. ст.), если в нормативно-технической документации на конкретный тип электроустановок нет иных указаний.

6.5.3. Образцы изделий, блоков, узлов, материалов и комплектующих элементов перед проведением испытаний подвергаются идентификации. Признаки идентификации должны быть отражены в отчете об испытаниях или (протоколе).

6.5.4. Перед проведением испытаний образцы должны быть выдержаны при нормальных климатических условиях по ГОСТ 15150 в течение 24 часов.

6.5.5. В образцах, предназначенных для испытаний в аварийных пожароопасных режимах, имитируется отказ комплектующих элементов электроустановок, в соответствии с методикой испытаний. Для испытаний изделие закрепляют в положении, предназначенном для эксплуатации.

6.5.6. Испытания изделий, снабженных терморегулятором, термовыключателем, устройством управления, положение которых может быть изменено, проводят при максимальном положении уставки. При определении вероятности возникновения пожара, аппарат защиты в процессе испытания загроубляется или обеспечивается его несрабатывание.

6.5.7. Напряжение питания при испытаниях в аварийных пожароопасных режимах должно быть равным 1,1 от номинального напряжения питания, если иное значение не установлено в методике испытаний.

6.5.8. Методика определения вероятности возникновения пожара должна предусматривать испытания электроустановок со следующими возможными отказами комплектующих элементов, приводящими к пожароопасным аварийным режимам:

короткому замыканию токоведущих частей, находящихся под разным потенциалом; коротким замыканиям элементов; пробоем конденсаторов и полупроводниковых приборов; короткому замыканию обмоток трансформаторов; перегрузке или коротком замыкании выхода блока. Перечень имитируемых пожароопасных отказов элементов определяется на основе анализа конструкции электроустановки, электрической схемы, а при необходимости на основании исследовательских испытаний. Перечень пожароопасных отказов элементов, порядок их имитации указываются в стандартах, ТУ или рабочих методиках испытаний на конкретные типы электроустановок.

6.5.9. Расчетно-экспериментальное определение вероятности возникновения пожара в электроустановках должно проводиться с учетом особенностей конструкции и электрической схемы.

6.5.10. Температура и ее превышение на элементах электроустановок при нормальной и аварийной работе должны определяться с помощью термоэлектрических преобразователей и измерительных приборов, обеспечивающих погрешность измерения не более  $\pm 5$  °С.

6.5.11. Испытания электроустановок на пожарную опасность должны проводиться на образцах, прошедших приемку, упакованных в соответствии с технической документацией и предназначенных для отправки потребителю. Отбор образцов осуществляется с участием представителя территориального органа Госстандарта России методом случайной выборки и оформляется соответствующим актом.

6.5.12. Перечень аварийных пожароопасных режимов испытаний, необходимых для определения вероятности возникновения пожара в электроустановках, должен быть приведен в методиках испытаний на конкретные изделия.

6.5.13. Аварийные пожароопасные режимы в комплектующих элементах, блоках, узлах и изделиях имитируется повышением напряжения, снижением эффективности теплоотвода, пропусканием тока больше номинального, увеличением переходного сопротивления в контактных соединениях, созданием нагрева, возможного в аварийном пожароопасном режиме, пробоем диэлектрика в конденсаторах и р-п перехода в комплектующих элементах.

6.5.14. Комплектующий элемент, блок, узел и изделие считают выдержавшим испытание, если полученные значения показателей пожарной безопасности соответствуют требованиям стандартов.

6.5.15. В программе испытаний на пожарную безопасность должны быть приведены пункты требований и методов, установленные Нормами.

6.5.16. Вероятность возникновения пожара от электроустановок

должна определяться по разделу 7. стр. 10 ССПБ раздел 5.

### ***6.6. Определение соответствия электроустановок требованиям пожарной безопасности***

1. На основе анализа технологического процесса устанавливаются пожароопасные свойства веществ, материалов и изделий, обращающихся в технологическом процессе, а также возможность образования газозвушных, парозвушных или пылевоздушных взрывоопасных смесей при нормальном технологическом процессе или в результате аварий и неисправностей технологического оборудования.

2. По табл. 7.3.3. и 7.3.4.(ПУЭ) определяют категории и группы взрывоопасных газо- и парозвушных смесей, а также нижние концентрационные пределы воспламенения пылевоздушных смесей, их температуры тления, воспламенения и самовоспламенения.

3. Определяют классы взрывоопасных или пожароопасных зон и их размеры для производственных и смежных с ними помещений, а также классы взрыво- и пожароопасных зон в помещениях вытяжных и приточных вентиляторов.

4. Из спецификации электрооборудования и установочных изделий выявляют маркировку взрывозащиты силового и осветительного электрооборудования или степени защиты оболочек от воздействия окружающей среды, и проводят оценку соответствия запроектированного электрооборудования требованиям ПУЭ. Этой проверке подлежат электропроводки, силовое и осветительное электрооборудование, аппараты и приборы, силовые щиты и шкафы.

Электропроводки. Проверяются:

- материал жилы проводника, изоляция, материал оболочки и наружных покрытий - пп. 7.3.93, 7.3.102, 7.3.108, 7.4.36;
- способы прокладки проводов и кабелей - табл. 7.3.14, п. 7.4.39;
- наличие транзитных прокладок через взрыво- и пожароопасные зоны - пп. 7.3.115, 7.4.37;
- сечение проводников по допустимому тепловому нагреву и потере напряжения - табл. 1.3.4. - 1.3.12.

В помещениях с нормальной средой выбор видов электропроводок и кабелей осуществляется в соответствии с табл. 2.1.2, а прокладка проводов и кабелей по условиям пожарной безопасности должна удовлетворять требованиям табл. 2.1.3.

Аппараты защиты проверяются по номинальным характеристикам и отключающей способности токов КЗ и токов перегрузки по п.п. 7.3.139, 1.7.79.

При этом, во взрывоопасных зонах любого класса могут применяться провода с резиновой и поливинилхлоридной изоляцией и кабели с резиновой, поливинилхлоридной и бумажной изоляцией в

резиновой, поливинилхлоридной и металлической оболочках. В зонах классов В-1 и В-1а должны применяться провода и кабели с медными жилами. В зонах классов В-1б и В-1г, В-II и В-IIа могут применяться провода с алюминиевыми жилами (п. 7.3.93). Проводники силовых, осветительных и вторичных цепей в сетях напряжением до 1 кВ в зонах классов В-1, В-1а, В-II и В-IIа должны быть защищены от перегрузок и коротких замыканий. В зонах класса В-1б и В-1г защита проводов и кабелей и выбор сечений проводов должны проводиться как для невзрывоопасных установок (7.3.94). Проводники ответвлений к электродвигателям с короткозамкнутым ротором на напряжение до 1 кВ должны быть во всех случаях (кроме находящихся в зонах классов В-1б и В-1г) защищены от перегрузок, а сечения их должны допускать длительную нагрузку не менее 125 % номинального тока электродвигателя (7.3.97).

Электродвигатели (электрические машины). Для взрывозащищенных электродвигателей с маркировкой взрывозащиты по ПУЭ-86 или для невзрывозащищенных двигателей, применяемых во взрывоопасных зонах, проверяются;

- допустимый уровень взрывозащиты или степень защиты оболочки в зависимости от класса взрывоопасной зоны - табл. 7.3.10- 7.3.12;
- соответствие наивысших (наиболее опасных) категорий и групп взрывоопасных смесей, обращающихся в производстве, категориям и группам взрывоопасных смесей, в которых данный электродвигатель может быть применен - п. 7.3.37.

Для взрывозащищенных электродвигателей с маркировкой взрывозащиты по ПИВРЭ-67 проверка допустимого уровня взрывозащиты проводится так же, как для электродвигателей с маркировкой по ПУЭ-86. Соответствие категорий и групп взрывоопасных смесей по ПУЭ, ПИВРЭ и ПИВЭ проверяются по табл. П 1.4, П 1.5 Приложения 1 к главе 7.3. ПУЭ.

Для взрывозащищенных электродвигателей с маркировкой по ПИВЭ-63 (Приложение 3 к гл. 7.3) проверка соответствия требованиям ПУЭ проводится аналогично двигателям с маркировкой по ПИВРЭ-67 с учетом того, что к уровню “электрооборудование повышенной надежности против взрыва” относится электрооборудование, имеющее в маркировке по взрывозащите букву Н, а также цифру 2 перед буквой И, а электрооборудование с остальными маркировками по взрывозащите, выполненными по ПИВЭ, следует отнести к уровню “взрывобезопасное электрооборудование” (Приложение 3 к гл. 7.3).

В пожароопасных зонах минимальные допустимые степени защиты оболочек электрических машин в зависимости от класса пожароопасной зоны определяются по табл. 7.4.1 - 7.4.3.

Электрические аппараты и приборы. Допустимый уровень взрывозащиты или степень защиты оболочки электрических аппаратов и приборов в зависимости от класса взрывоопасной зоны определяется по табл. 7.3.11; для пожароопасных зон - по табл. 7.4.2; в табл. 7.4.2

приведены также допустимые степени защиты оболочек шкафов для размещения аппаратов и приборов.

Осветительное электрооборудование. Допустимый уровень взрывозащиты или степень защиты оболочки электрических светильников в зависимости от класса взрывоопасной или пожароопасной зоны проверяется по табл 7.3.12 и 7.4.3. Соответствие категории и группы взрывоопасной смеси, с которыми светильник может использоваться, проводится аналогично проверке для двигателей. Предохранители и выключатели осветительных цепей должны быть установлены вне взрывоопасных зон (п. 7.3.71).

Проверка аварийного и эвакуационного освещения на соответствие требованиям ПУЭ - по пп. 6.1.12, 1.2.10.

По окончании проверки запроектированного электрооборудования требованиям пожарной безопасности и ПУЭ осуществляется контроль документации, отражающей профилактическую деятельность электрослужб предприятия.

### ***6.7. Профилактическая деятельность электрослужб предприятия***

Результаты профилактической деятельности электрослужб предприятия необходимо использовать органам пожарной безопасности при подведении результатов обследования объекта. На каждом предприятии (организации) должна храниться технологическая документация, в соответствии с которой электроустановки предприятия допущены к эксплуатации.

В ее состав входят:

- утвержденная проектная документация (чертежи, пояснительные записки и др.) со всеми последующими изменениями;
- акты испытаний и наладки электрооборудования;
- акты приемки скрытых работ;
- технические паспорта основного электрооборудования;
- инструкции по обслуживанию электроустановок;
- должностные инструкции по каждому рабочему месту;
- график планово-предупредительных работ и др.

Все изменения в электроустановках, вносимые в процессе эксплуатации, должны отражаться в схемах и чертежах немедленно за подписью лица, ответственного за электрохозяйство с указанием его должности и даты внесения изменения (п.1.8.3 ПЭЭП). В случае изменения состояния или условий эксплуатации электрооборудования в инструкции заносятся соответствующие дополнения, о чем сообщается работникам, для которых обязательно знание этих инструкций, с подписью в оперативном журнале. Инструкции пересматриваются не реже 1 раза в 3

года (П.1.8.10 ПЭЭП). Оперативную документацию периодически (в установленные на предприятии сроки, но не реже 1 раза в месяц) должен просматривать вышестоящий электротехнический или административно-технический персонал, который обязан принимать меры к устранению дефектов и нарушений в работе электрооборудования (п.1.8.12 ПЭЭП).

Для взрывоопасных зон, кроме того, должны быть в наличии:

- расчеты или техническое обоснование возможности образования концентраций горючих газов, паров, ЛВЖ, пыли или волокон с указанием применяемых или получаемых в процессе производства веществ, на основании которых определены классы взрывоопасных зон, категории и группы газо- или паровоздушных смесей или наименование горючих пылей (волокон), для которых выбирается электрооборудование;
- спецификация электрооборудования и установочной аппаратуры с указанием их маркировки по взрывозащите или степени защиты оболочки;
- расчет токов короткого замыкания; при этом должна быть проверена кратность токов КЗ номинальному току плавкой вставки ближайшего предохранителя или расцепителя автоматического выключателя для сетей с глухозаземленной нейтралью в соответствии с пп. 7.3.139, 1.7.79;
- перечень мероприятий (устройство вентиляции, сигнализации и др.), которые могут предотвратить образование взрывоопасной концентрации;
- оперативный (специальный) журнал осмотра электропроводок, электрических машин, осветительного и др. электрооборудования, который должен периодически производиться в зависимости от местных условий, но не реже 1 раза в 3 месяца (3.4.8.ПЭЭП).

Осмотры и испытания электрооборудования в сетях в глухим заземлением нейтрали (ГЗН) напряжением до 1000 В производится в следующие сроки.

Измерение сопротивления изоляции:

- кабелей - в сроки ППР,<sup>1</sup> но не реже 1 раза в 5 лет при капитальных ремонтах (К); (Прил. 1, п.6.3.2 ПЭЭП);
- силовых и осветительных электропроводок - в сроки ППР, но не реже: К - 1 раз в 12 лет; при текущих ремонтах (Т) или межремонтном обслуживании (М) - 1 раз в 6 лет; в цепях освещения от групповых щитков до светильников допускается не измерять сопротивление

---

<sup>1</sup> ППР - планово-предупредительные работы;

К - испытания при капитальном ремонте оборудования;

Т - испытания при текущем ремонте электрооборудования;

М - межремонтные испытания, т.е. профилактические испытания, связанные с выводом электрооборудования в ремонт.

[ Пр. Э ... ] - пункты Приложения к соответствующим разделам ПТЭ и ПТБ-86.

изоляции, если для проверки изоляции требуется значительный объем работ по демонтажу электрооборудования и эти цепи защищены предохранителями или обратно зависящими расцепителями на ток, не более 16 А; проверка состояния таких цепей, приборов и аппаратов должна производиться путем тщательного внешнего осмотра не реже 1 раза в год (Прил. 1, п.2.6.1, табл.40, ПЭЭП);

- обмоток электродвигателей - в сроки ППР при К и Т; для двигателей ответственных механизмов - не реже 1 раза в 2 года (Прил.1 п.21.2 ПЭЭП); для обеспечения нормальной работы электродвигателей напряжение на шинах поддерживается в пределах (100-105)% номинального значения. При необходимости допускается работа электродвигателя при отклонении напряжения от -5 до +10 % номинального значения напряжения (п.2.5.10 ПЭЭП). Для контроля наличия напряжения на групповых щитках и сборках размещаются вольтметры или сигнальные лампы (п.2.5.11 ПЭЭП).
- измерение нагрузок - не менее 2 раз в год, в том числе 1 раз в период максимальной нагрузки (Прил.1, п.6.9 ПЭЭП).

Проверка срабатывания защиты:

- электропроводок - в сроки ППР, но не реже: К - 1 раз в 12 лет, Т или М - 1 раз в 6 лет (Прил.1, п.6.4 ПЭЭП);
- кабельных линий - в сроки ППР, но не реже: К - 1 раз в 5 лет, М - 1 раз в 3 года (Прил.1, п.6.11 ПЭЭП);
- электродвигателей переменного тока - в сроки ППР при К, М, Т; для двигателей ответственных механизмов - не реже 1 раза в 2 года (Прил.1, п.21.14 ПЭЭП);
- измерение полного сопротивления петли фаза-ноль в установках напряжением до 1000 В с глухозаземленной нейтралью; сопротивление проверяется во всех взрывоопасных зонах с проверкой кратности тока однофазного короткого замыкания номинальному току ближайшей плавкой вставки предохранителя или автоматического выключателя - в соответствии с пп. 7.3.139, 7.3.140.

Проверка состояния элементов заземляющего устройства электроустановок - в сроки ППР при К,Т,М, но Т - не реже 1 раза в 3 года; осмотр элементов, находящихся в земле со вскрытием грунта производится выборочно, остальных - в пределах доступности осмотру (Прил.1, п.24.2,2 ПЭЭП);

Определение сопротивления заземляющего устройства электроустановок - в сроки ППР при К,Т,М, но не реже 1 раза в 3 года (Прил.1., п.24.3.3 ПЭЭП);

Проверка наличия цепи между заземлителями (рис.5) и заземляемыми элементами - в сроки ППР при К,Т; Т - не реже 1 раза в 3 года (Прил.1, п.24.4 ПЭЭП).

Кроме того, проверяются протоколы:

- измерения избыточного давления или расхода воздуха в трубах электропроводок, предусмотряваемого ПУЭ, в помещениях подстанций, распределительных устройств, а также в помещениях с электродвигателями, валы которых пропущены через стену в смежное взрывоопасное помещение - пп. 7.3.67, 7.3.85;
- испытания давлением распределительных уплотнений в трубах электропроводок - пп. 7.3.107, 7.3.113.

Результаты проверок позволяют сделать вывод о качестве работы электрослужб предприятия и уровне пожарной опасности электрооборудования.

## **ГЛАВА 7. ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК В ПОМЕЩЕНИЯХ**

### **7.1. Классификация пожароопасных и взрывоопасных помещений**

Помещения с нормальной средой - невзрывоопасные и непожароопасные - классифицируются на

- сухие, с относительной влажностью воздуха до 60 %;
- влажные, с относительной влажностью воздуха до 75 %;
- сырые, с относительной влажностью воздуха до 100 %;
- особо сырые, с относительной влажностью воздуха, близкой к 100 %, в которых потолок, стены и пол постоянно покрыты влагой;
- пыльные, с обильным постоянным или временным выделением негорючей пыли;
- с химически активной средой, разрушающей электрооборудование.

Пожароопасные зоны (помещения) содержат горючие жидкости с температурой вспышки выше 61°С или горючую пыль и волокна с нижним концентрационным пределом воспламенения более 65 г/м<sup>3</sup>, а также большое количество твердых горючих веществ и материалов;

Взрывоопасные зоны (помещения), в которых по условиям технологического процесса выделяются горючие газы или пары ЛВЖ с температурой вспышки меньше 61°С, а также горючие пыль и волокна с нижним концентрационным пределом воспламенения 65 г/м<sup>3</sup> или менее.

Пожароопасной зоной называется пространство внутри или вне помещения, в пределах которого постоянно или периодически обращаются горючие (сгораемые) вещества или горючие материалы. Пожароопасные зоны классифицируются на зоны классов П-I, П-II, П-IIa и П-III.

Зоны класса П-I - зоны, расположенные в помещениях, в которых обращаются горючие жидкости с температурой вспышки выше 61°С.

Зоны класса П-II - зоны, расположенные в помещениях, в которых выделяются горючие пыль или волокна с нижним концентрационным пределом воспламенения более 65 г/м<sup>3</sup> к объему воздуха.

Зоны класса П-Па - зоны, расположенные в помещениях, в которых хранятся или обращаются твердые горючие вещества.

Зоны в помещениях вытяжных вентиляторов, а также в помещениях приточных вентиляторов (если приточные системы работают с применением рециркуляции воздуха), обслуживающих помещения с пожароопасными зонами класса П-П, относятся также к пожароопасным зонам класса П-П. Зоны в помещениях вентиляторов местных отсосов относятся к пожароопасным зонам того же класса, что и обслуживаемая зона. Для вентиляторов, установленных за наружными ограждающими конструкциями и обслуживающих пожароопасные зоны класса П-П и пожароопасные зоны любого класса при наличии местных отсосов, электродвигатели выбираются как для пожароопасной зоны класса П-П.

Определение границ и класса пожароопасных зон должно производиться технологами совместно с электриками проектной или эксплуатационной организации. В помещениях с производствами (и складами) категории В электрооборудование должно удовлетворять, требованиям главы 7.4 к электроустановкам в пожароопасных зонах соответствующего класса.

Пространство внутри или вне взрывоопасных помещений, в пределах которого постоянно или периодически обращаются взрывоопасные вещества, образует взрывоопасные зоны. Взрывоопасные зоны классифицируются на зоны классов В-І, В-Іа, В-Іб, В-Іг, В-ІІ, В-ІІа.

Зоны класса В-І - зоны, расположенные в помещениях, в которых выделяются горючие газы или пары ЛВЖ в таком количестве и с такими свойствами, что они могут образовывать с воздухом взрывоопасные смеси при нормальных режимах работы, например, при загрузке или разгрузке технологических аппаратов, хранении или переливании ЛВЖ, находящихся в открытых емкостях и т.п.

Зоны класса В-Іа - зоны, расположенные в помещениях, в которых при нормальной эксплуатации взрывоопасные смеси горючих газов, независимо от нижнего концентрационного предела воспламенения, или паров ЛВЖ с воздухом не образуется, а возможно только в результате аварии или неисправностей.

Взрывоопасные зоны, содержащие легкие несжиженные горючие газы или ЛВЖ, при наличии признаков класса В-І, допускается относить к классу В-Іа при условии выполнения следующих мероприятий:

- устройства системы вентиляции с установкой нескольких вентиляционных агрегатов; при аварийной остановке одного из них остальные агрегаты должны полностью обеспечить требуемую производительность системы вентиляции, а также достаточную равномерность действия вентиляции по всему объему помещения, включая подвалы, каналы и их повороты;
- устройства автоматической сигнализации, действующей при возникновении в любом пункте помещения концентрации горючих газов или паров ЛВЖ, не превышающей 20 % нижнего концентрационного

предела воспламенения, а для вредных взрывоопасных газов - при приближении их концентрации к предельно допустимой по ГОСТ 12.1.005-76. Количество сигнальных приборов, их расположение, а также система их резервирования должна обеспечить безотказное действие сигнализации.

Зоны класса В-Іб - зоны, расположенные в помещениях, в которых при нормальной эксплуатации взрывоопасные смеси горючих газов или паров ЛВЖ с воздухом не образуются, а возможны только в результате аварии или неисправностей и которые отличаются одной из следующих особенностей:

- горючие газы в этих зонах обладают высоким нижним концентрационным пределом воспламенения - 15 % и более, и резким запахом при предельно допустимых концентрациях по ГОСТ 12.1.005-76 (например, машинные залы аммиачных компрессорных и холодильных абсорбционных установок);
- помещения производств, связанных с обращением газообразного водорода, в которых по условиям технологического процесса исключается образование взрывоопасной смеси в объеме, превышающем 5 % свободного объема помещения, имеют взрывоопасную зону только в верхней части помещения; взрывоопасная зона условно принимается от отметки 0,75 общей высоты помещения, считая от уровня пола, но не выше кранового пути, если таковой имеется (например, помещения электролиза воды, зарядные станции тяговых и стартерных аккумуляторных батарей). Это положение не распространяется на электромашинные помещения с турбогенераторами с водородным охлаждением при условии обеспечения электромашинного помещения вытяжной вентиляцией с естественным побуждением; эти электромашинные помещения имеют нормальную среду.

К классу В-Іб относятся также зоны лабораторных и других помещений, в которых горючие газы и ЛВЖ имеются в небольших количествах, недостаточных для создания взрывоопасной смеси в объеме, превышающем 5 % свободного объема помещения, и в которых работа с горючими газами и ЛВЖ производится без применения открытого пламени. Эти зоны не относятся к взрывоопасным, если работа с горючими газами или ЛВЖ производится в вытяжных шкафах или под вытяжными зонтами.

Зоны класса В-Іг - пространства у наружных технологических установок, содержащих горючие газы или ЛВЖ, надземных или подземных резервуаров с ЛВЖ или горючими газами, эстакад для слива или налива ЛВЖ, открытых нефтеловушек, прудов-отстойников с плавающей нефтяной пленкой и т.п.

К зонам класса В-Іг также относятся: пространства у проемов за наружными ограждающими конструкциями помещений со взрывоопасными зонами классов В-І, В-Іа и В-ІІ (исключение - проемы

окон с заполнением стеклоблоками); пространства у наружных ограждающих конструкций, если на низ расположены устройства для выброса воздуха из систем вытяжной вентиляции помещений со взрывоопасными зонами любого класса или если они находятся в пределах наружной взрывоопасной зоны; пространства у предохранительных клапанов емкостей и технологических аппаратов с горючими газами и ЛВЖ.

Зоны класса В-II - зоны, расположенные в помещениях, в которых выделяются переходящие во взвешенное состояние горючие пыли или волокна в таком количестве и с такими свойствами, что они способны образовывать с воздухом взрывоопасные смеси при нормальном режиме работы, например, при загрузке и разгрузке технологических аппаратов.

Зоны класса В-IIa - зоны, расположенные в помещениях, в которых опасные состояния не имеют места при нормальной эксплуатации, а возможны только в результате аварий или неисправностей.

Зоны в помещениях вытяжных вентиляторов, обслуживающих взрывоопасные зоны любого класса, относятся к взрывоопасным зонам того же класса, что и обслуживаемые ими зоны. Для вентиляторов, установленных за наружными ограждающими конструкциями и обслуживающих взрывоопасные зоны классов В-I, В-Ia, В-II, электродвигатели применяются как для взрывоопасной зоны класса В-Iг, а для вентиляторов, обслуживающих взрывоопасные зоны классов В-Iб, В-IIa - согласно табл 7.3.10 для этих классов.

Зоны в помещениях приточных вентиляторов, обслуживающих взрывоопасные зоны любого класса, не относятся к взрывоопасным, если приточные воздуховоды оборудованы самозакрывающимися обратными клапанами, не допускающими проникновение взрывоопасных смесей в помещения приточных вентиляторов; в противном случае, они имеют взрывоопасные зоны того же класса, что и обслуживаемые ими зоны.

В производственных помещениях, отделенных стенами с проемами или без них от взрывоопасной зоны смежных помещений, следует принимать взрывоопасную зону, класс которой определяется в соответствии с табл 7.3.9; размер зоны до 5 м по горизонтали и вертикали от проема двери.

**Класс взрывоопасной зоны, в соответствии с которым производится выбор электрооборудования, определяется технологами совместно с электриками проектной или эксплуатирующей организации.**

## *7.2. Электроустановки в помещениях с нормальной средой*

В помещениях с нормальной средой электрооборудование должно соответствовать требованиям глав 1.1 - 1.4; 2.1; 3.1; 5.3; 6.1 - 6.5 ПУЭ-86 с учетом условий окружающей среды и требований электробезопасности, пожарной безопасности и архитектурных особенностей.

В помещениях с нормальной средой и пожароопасных зонах, а также некоторых взрывоопасных зонах (например, В-Іб, В-ІІ) применяется электрооборудование общего назначения с необходимой степенью защиты оболочки от воздействия окружающей среды и взрывозащищенное электрооборудование.

Степени защиты электрооборудования от воздействия окружающей среды обозначаются двумя начальными буквами английских слов “International Protection” - IP. Следующие за ними две цифры характеризуют: первая цифра - степень защиты персонала от соприкосновения с токоведущими и движущимися частями и от проникновения внутрь оболочки твердых тел и пыли; вторая цифра обозначает степень защиты от проникновения воды.

Защита от проникновения внутрь электрооборудования посторонних твердых тел и пыли имеет следующие семь градаций, обозначаемых: 0 - отсутствие защиты; 1 - защиту от попадания крупных тел диаметром не менее 50 мм; 2 - защиту от попадания тел диаметром не менее 12,0 мм; 3 - защиту от попадания мелких тел размером не менее 2,5 мм; 4 - защиту от попадания тел размером не менее 1 мм; 5 - защиту от пыли, которая не может проникать в изделие в количестве нарушающем его работу; 6 - полную защиту от проникновения пыли.

Защита электрооборудования от проникновения воды имеет девять градаций, обозначаемых: 0 - отсутствие защиты от попадания воды; 1 - защиту от вертикально падающих капель воды; 2 - защиту от капель падающих под углом 15°; 3 - защиту от дождя, падающего на оболочку под углом 60°; 4 - защиту от брызг любого направления; 5 - защиту от водяных струй; 6 - защиту от морской воды; 7 - защиту от погружения в воду; 8 - защиту при длительном погружении в воду.

Если в данных условиях окружающей среды отсутствует необходимость в одном виде защиты, вместо ее обозначения проставляется знак X, например, IP5X. Для разных видов электрооборудования стандартами установлены предпочтительные сочетания степени защит от проникновения внутрь оболочки пыли и воды. Этим достигается целесообразное сокращение номенклатуры изделий по степени защиты от воздействия окружающей среды. Обозначение защиты по системе IP заменяет устаревшую терминологию исполнения электрооборудования: защищенное, закрытое, уплотненное и т.п.

В систему обозначения светильников по ГОСТ 14254-80 внесены дополнения, вызванные тем, что этот стандарт распространяется на одинаковую степень защиты от пыли всех частей электрооборудования и им не учтены особенности конструкций светильников с открытыми лампами или лампами, закрытыми неуплотненными светопропускающими оболочками при разной степени уплотнения их корпусов. В связи с этим в ГОСТ 17677-82 введены дополнительные обозначения, в которых отсутствуют буквы IP, а у первой цифры, обозначающей степень защиты от пыли проставляется знак “штрих”, например, 5'3.

Выбор видов электропроводки, проводов и кабелей и способа их прокладки следует осуществлять в соответствии с табл.2.1.2 и 2.1.3.

В помещениях всех видов и наружных установках допускаются:

- открытые электропроводки: непосредственно по поверхности стен, потолков, на струнах, полосах и других несущих конструкциях, в лотках и коробах с открытыми крышками и в глухих стальных коробах, на тросах, в металлических гибких рукавах, стальных тонкостенных и обыкновенных трубах, в неметаллических трубах и неметаллических глухих коробах из трудносгораемых материалов, в изоляционных трубах с металлической оболочкой - незащищенными и защищенными одно и многожильными проводами и кабелями в неметаллической и металлической оболочках;
- скрытые электропроводки: в неметаллических трубах из сгораемых материалов, замкнутых каналах строительных конструкций; под штукатуркой, в металлических гибких рукавах, стальных трубах и глухих коробах из трудносгораемых материалов, в изоляционных трубах с металлической оболочкой - незащищенными и защищенными одно и многожильными проводами и кабелями в неметаллической оболочке.

В сухих помещениях допускается также открытые электропроводки на роликах и клицах незащищенными одножильными и скрученными двужильными проводами, а во влажных помещениях - на роликах и клицах незащищенными одножильными проводами. В сухих, влажных и сырых помещениях допускаются скрытые электропроводки замоноличенно в строительных конструкциях при их изготовлении незащищенными проводами.

В сырых и особо сырых помещениях и наружных установках запрещаются открытые и скрытые электропроводки в изоляционных трубах с металлической оболочкой и применение стальных труб и стальных глухих коробов с толщиной стенок 2 мм и менее.

В помещениях и наружных установках с химически активной средой все элементы электропроводки должны быть стойкими по отношению к среде либо защищены от ее воздействия.

По условиям пожарной безопасности допускаются:

- открытые электропроводки по основаниям и конструкциям из несгораемых материалов;
- на роликах, изоляторах или с подкладкой несгораемых материалов незащищенными и защищенными проводами и кабелями в оболочке из сгораемых материалов;
- непосредственно защищенными проводами и кабелями в оболочке из несгораемых и трудносгораемых материалов;
- открытые электропроводки по основаниям и конструкциям из несгораемых и трудносгораемых материалов, прокладываемые непосредственно в трубах и коробах из несгораемых и трудносгораемых материалов;

- в трубах и коробах из несгораемых материалов незащищенными и защищенными проводами и кабелями в оболочках из сгораемых и трудносгораемых материалов;
- скрытые электропроводки по основаниям и конструкциям из несгораемых материалов - непосредственно незащищенными проводами, а также защищенными проводами и кабелями в оболочке из сгораемых материалов;
- по сгораемым материалам - с подкладкой несгораемых материалов и последующем оштукатуривании или защитой со всех сторон сплошным слоем других несгораемых материалов - незащищенными проводами и защищенными проводами и кабелями в оболочке из сгораемых материалов;
- непосредственно защищенными проводами и кабелями в оболочке из несгораемых материалов;
- в трубах и коробах из трудносгораемых материалов с подкладкой под трубы и короба несгораемых материалов и последующим заштукатуриванием - незащищенными проводами и кабелями в оболочке из сгораемых, несгораемых и трудносгораемых материалов;
- непосредственно в трубах и коробах из несгораемых материалов незащищенными проводами и кабелями в оболочке из сгораемых, несгораемых и трудносгораемых материалов;
- в трубах и коробах: из сгораемых, несгораемых и трудносгораемых материалов - замоноличенно, в бороздах и т.п., в сплошном слое несгораемых материалов - незащищенными проводами и кабелями в оболочке из сгораемых, несгораемых и трудносгораемых материалов.

Исполнение электродвигателей в помещениях с нормальной средой должно соответствовать условиям окружающей среды. Для привода механизмов, не требующих регулирования частоты вращения, независимо от их мощности, рекомендуется применять синхронные или асинхронные электродвигатели с короткозамкнутым ротором. Для привода механизмов, имеющих тяжелые условия пуска или работы, либо требующих изменения частоты вращения, следует применять электродвигатели с наиболее простыми и экономичными методами пуска или регулирования частоты вращения, возможными в данной установке. Электродвигатели, устанавливаемые в электромашиных помещениях с нормальной средой, как правило, должны иметь исполнение IP00 или IP20. Электродвигатели, устанавливаемые в местах сырых или особо сырых, должны иметь исполнение не менее IP43 и изоляцию, рассчитанную на действие влаги и пыли (со специальной смазкой, влагостойкую и т.п.). Электродвигатели, устанавливаемые в помещениях, где возможно оседание на их обмотках пыли и других веществ, нарушающих естественное охлаждение, должны иметь исполнение не менее IP44 или продуваемое с подводом чистого воздуха. Корпус продуваемого электродвигателя и все сопряжения и стыки должны быть уплотнены для предотвращения подсоса воздуха в систему

вентиляции. При продуваемом исполнении электродвигателя рекомендуется предусматривать задвижки для предотвращения всоса окружающего воздуха при останове электродвигателя; подогрев наружного (холодного) воздуха не требуется. Электродвигатели, устанавливаемые в местах с химически активными парами или газами, должны иметь исполнение не менее IP44 или продуваемое с подводом чистого воздуха. Допускается также применение электродвигателей исполнения не менее IP33, но с химически стойкой изоляцией и с закрытием открытых неизолированных токоведущих частей колпаками или другим способом. Электродвигатели, устанавливаемые на открытом воздухе, должны иметь исполнение не менее IP44 или специальное, соответствующее условиям их работы (например, для открытых химических установок, для особо низких температур). Электродвигатели и аппараты, за исключением имеющих степень защиты не менее IP44, а резисторы и реостаты всех исполнений, должны быть установлены на расстоянии не менее 1 м от конструкций зданий, выполненных из сгораемых материалов. Электродвигатели должны быть выбраны и установлены таким образом, чтобы была исключена возможность попадания на их обмотки и токосъемные устройства воды, эмульсии и т.п., а вибрация оборудования, фундаментов и частей здания не превышала допустимых значений. Кабели и провода, присоединяемые к электродвигателям, устанавливаемые на вибрирующих основаниях на участке между подвижной и неподвижной частями основания должны иметь гибкие медные жилы.

Для защиты электродвигателей от КЗ должны применяться предохранители или автоматические выключатели. Защита электродвигателей от перегрузки должна устанавливаться в случаях, когда возможна перегрузка по технологическим причинам, а также когда при особо тяжелых условиях пуска или самопуска необходимо ограничить длительность пуска при понижении напряжения. Защита должна выполняться с выдержкой времени и может быть осуществлена тепловым реле или другими устройствами. Защита от перегрузки должна действовать на отключение, на сигнал или на разгрузку механизма, если разгрузка возможна. Применение защиты от перегрузки не требуется для электродвигателей с повторно-кратковременным режимом работы. Каждый аппарат защиты должен иметь надпись, указывающую значение номинального тока аппарата, уставки расцепителя, и номинального тока плавной вставки, требующееся для защиты им сети. Надписи рекомендуется наносить на аппарате или схеме, расположенной вблизи места установки аппаратов защиты. Аппараты защиты должны устанавливаться непосредственно в местах присоединения защищаемых проводников к питающей линии. Допускается в случаях необходимости принимать длину участка между питающей линией и аппаратом защиты ответвления до 6 м. Проводники на этом участке могут иметь сечение меньше, чем сечение проводников питающей линии, но не менее сечения

проводников после аппарата защиты. Для ответвлений, выполняемых в труднодоступных местах, (например, на большой высоте), аппараты защиты допускается устанавливать на расстоянии до 30 м от точки ответвления в удобном для обслуживания месте (например, на вводе в распределительный пункт, в пусковом устройстве электроприемника и т.п.). Прокладка проводников ответвлений должна производиться при горючих наружных оболочках или изоляции проводников - в трубах, металлорукавах или коробах; в остальных случаях, кроме кабельных сооружений, пожароопасных и взрывоопасных зон, - открыто на конструкциях при условии их защиты от возможных механических повреждений. При защите сетей предохранителями последние должны устанавливаться на всех нормально незаземленных полюсах или фазах. Установка предохранителей в нулевых рабочих проводниках запрещается. При защите сетей с ГЗН автоматическими выключателями расцепители в нулевых проводниках допускается устанавливать лишь при условии, что при их срабатывании отключается от сети одновременно все проводники, находящиеся под напряжением. Аппараты защиты допускается не устанавливать, если это целесообразно по условиям эксплуатации, в местах:

- ответвления проводников от щита к аппаратам, установленным на том же щите; при этом проводники должны выбираться по расчетному току ответвления;
- снижения сечения питающей линии по ее длине и на ответвлениях от нее, если защита предыдущего участка линии защищает участок со сниженным сечением проводников или если незащищенные участки линии или ответвления от нее выполнены проводниками, выбранными с сечениями не менее половины сечения защищенного участка линии;
- ответвления от питающей линии к электроприемникам малой мощности, если питающая их линия защищена аппаратом с уставкой не более 25 А для силовых электроприемников и бытовых электроприборов;
- ответвления от питающей линии проводников цепей измерений, управления и сигнализации, если эти проводники не выходят за пределы соответствующих машин или щита или если эти проводники выходят за их пределы, но электропроводка выполнена в трубах или имеет негорючую оболочку.

Не допускается устанавливать аппараты защиты в местах присоединения к питающей линии таких цепей управления, сигнализации и измерения, отключение которых может повлечь за собой опасные последствия (отключение пожарных насосов, вентиляторов, предотвращающих образование взрывоопасных смесей, некоторых механизмов собственных нужд электростанций и т.п.). Во всех случаях такие цепи должны выполняться проводниками в трубах или иметь негорючую оболочку. По условиям механической прочности сечения этих цепей должно быть не менее  $1,5 \text{ мм}^2$  для меди и  $2,5 \text{ мм}^2$  для алюминия; для токовых цепей -  $2,5 \text{ мм}^2$  для меди и  $4 \text{ мм}^2$  для алюминия; для

неответственных вторичных цепей и цепей контроля и сигнализации допускается присоединение под винт кабелей с медными жилами сечением 1 мм<sup>2</sup>. Присоединение однопроволочных жил под винт или пайкой допускается осуществлять только с неподвижными элементами аппаратуры (вторичным соединителям, выемным блокам и др.), а присоединения к панелям и аппаратам, подверженным вибрации, следует выполнять гибкими (многопроволочными) жилами.

Для электрического освещения должны применяться газоразрядные лампы (люминесцентные, ртутные высокого давления с исправленной цветностью типов ДРЛ, ДРИ, ксеноновые) и лампы накаливания. Конструкция и вид исполнения светильников должны соответствовать номинальному напряжению сети и условиям окружающей среды. Светильники следует располагать по возможности в местах, удобных и безопасных для обслуживания. Светильники с люминесцентными лампами на напряжение 127 - 220 В допускается устанавливать на высоте менее 2,5 м от пола при условии недоступности их токоведущих частей для случайных прикосновений.

Питание светильников местного освещения без понизительного трансформатора допускается осуществлять при помощи ответвления от главной электрической цепи механизма или станка, обслуживаемого этим светильником; при этом, если номинальный ток плавкой вставки или расцепителя аппарата защиты главных цепей не более 25 А, установка отдельного аппарата защиты для осветительной цепи необязательна. Электропроводка к светильникам местного освещения напряжением выше 42 В должна выполняться в пределах рабочего места в трубах или гибких рукавах. Светильники, применяемые в установках, подверженных вибрациям и сотрясениям, должны иметь конструкцию, не допускающую самоотвинчивания и выпадения ламп. Винтовые токоведущие гильзы патронов ламп накаливания, ДРЛ, ДРИ и натриевых ламп в сетях ГЗН должны быть присоединены к нулевому проводнику. Это требование не распространяется на переносные электроприемники и светильники, не требующие заземления и зануления. Если патрон имеет нетоковедущую винтовую гильзу, нулевой рабочий проводник может присоединяться к любому контакту патрона. Патроны, независимо от напряжения, на которое они рассчитаны, должны иметь такую конструкцию, чтобы токоведущие части лампы были недоступны для прикосновения, а при ввертывании лампы ее цоколь мог оказаться под напряжением сети только после того, как прикосновение к нему будет невозможно. Проводники должны вводиться в осветительную арматуру так, чтобы в месте ввода они не подвергались механическим повреждениям, а контакты патронов были разгружены от механических усилий. Осветительную арматуру допускается подвешивать непосредственно на питающих ее проводах при условии, что они предназначены для этой цели и изготавливаются по специальным техническим условиям.

Аппараты, применяемые при открытой электропроводке, должны устанавливаться на подкладках из непроводящего материала толщиной не менее 10 мм. Эти подкладки могут являться конструктивными частями аппаратов. Металлические корпуса аппаратов должны быть снабжены специальными винтами диаметром не менее 4 мм для присоединения к заземляющей сети. Аппараты, предназначенные для стационарной установки, должны иметь контактные зажимы для присоединения к ним проводов с медными и алюминиевыми жилами. Аппараты, устанавливаемые скрыто, должны быть заключены в коробки или специальные кожухи. Аппараты, устанавливаемые вне зданий, в помещениях сырых, особо сырых, со средой, вредно действующей на контакты, должны быть защищены от воздействия среды или иметь исполнение, соответствующее условиям окружающей среды. Эти требования распространяются на аппараты (выключатели, переключатели и втычные соединения) для номинального тока 10 А и напряжения до 250 В, а также на втычные соединения с заземляющим или нулевым защитным контактом для номинального тока до 63 А и напряжения до 380 В.

### *7.3. Электроустановки в пожароопасных зонах*

В пожароопасных зонах любого класса могут применяться электрические машины с классами напряжения до 10 кВ, электрические аппараты, приборы, шкафы и сборки зажимов и светильники, имеющие минимальные степени защиты оболочек, приведенные в табл. 7.4.1 - 7.4.3.

При этом в пожароопасных зонах электрические машины с частями, нормально искрящими по условиям работы (например, электродвигатели с контактными кольцами), должны располагаться на расстоянии не менее 1 м от мест размещения горючих веществ или отделяемые от них несгораемым экраном.

Конструкции светильников с лампами ДРЛ должна исключать выпадение из них ламп. Светильники с лампами накаливания должны иметь сплошное силикатное стекло, защищающее лампу. Они не должны иметь отражателей и рассеивателей из сгораемых материалов. В пожароопасных зонах любого класса складских помещений светильники с люминесцентными лампами не должны иметь отражателей и рассеивателей из горючих материалов. Электропроводки внутри светильников с лампами накаливания и ДРЛ до места присоединения внешних проводников должны выполняться термостойкими проводами.

Щитки и выключатели осветительных сетей рекомендуется выносить из пожароопасных зон любого класса, если это не вызывает существенного удорожания и расхода цветных металлов. Электроустановки запираемых складских помещений, в которых есть пожароопасные зоны, должны иметь аппараты для отключения извне силовых и осветительных сетей, независимо от наличия отключающих аппаратов внутри помещений. Отключающие аппараты должны быть

установлены в ящике из негорячего материала с приспособлением для пломбирования на ограждающей конструкции из негорячего материала, а при ее отсутствии - на отдельной опоре. Отключающие аппараты должны быть доступными для обслуживания в любое время суток.

В пожароопасных зонах любого класса рабочие части нагревательных приборов должны быть защищены от соприкосновения с горючими веществами, а сами приборы установлены на поверхности из негорючего материала. Для защиты от теплового излучения электронагревательных приборов необходимо устанавливать экраны из негорячих материалов. В пожароопасных зонах любого класса складских помещений, а также в зданиях архивов, музеев, галерей, библиотек (кроме специально предназначенных помещений, например, буфетов) применение электронагревательных приборов запрещено.

Токопроводы подъемных механизмов (кранов, талей и т.п.) в пожароопасных зонах классов П-I и П-II должны выполняться переносным гибким кабелем с медными жилами с резиновой изоляцией в оболочке, стойкой к окружающей среде. В пожароопасных зонах классов П-IIa и П-III допускается применение троллеев и троллейных шинопроводов, но они не должны быть расположены над местами размещения горючих веществ.

В пожароопасных зонах любого класса кабели и провода должны иметь покров и оболочку из материалов, не распространяющих горение. Применение кабелей с горючей полиэтиленовой изоляцией не допускается. Через пожароопасные зоны любого класса, а также на расстояниях менее 1 м от горизонтали и вертикали от пожароопасной зоны запрещается прокладывать не относящиеся к данному технологическому процессу (производству) транзитные электропроводки и кабельные линии всех напряжений. В пожароопасных зонах любого класса разрешаются все виды прокладок кабелей и проводов. Расстояние от кабелей и изолированных проводов, прокладываемых открыто непосредственно по конструкциям, на изоляторах, лотках, тросах и т.п. до мест открыто хранимых (размещаемых) горючих веществ должно быть не менее 1 м. Прокладка незащищенных изолированных проводов запрещается. Соединительные и ответвительные коробки, применяемые в электропроводках в пожароопасных зонах любого класса, должны иметь степень защиты оболочки не менее IP43. Они должны изготавливаться из стали или другого прочного материала, а их размеры должны обеспечить удобство монтажа и надежность соединения проводов. Части коробок, выполненные из металла, должны иметь внутри изолирующую вкладку или надежную окраску. Пластмассовые части, кроме применяемых в групповой сети освещения, должны быть изготовлены из трудногорючей пластмассы. Ответвительные коробки к коммутационным и защитным аппаратам, а также разъемные контактные соединения допускается применять в пожароопасных зонах всех классов. При этом осветительные коробки, установленные на шинопроводах, включая места вводов кабелей, проводов

и места соприкосновения с шинопроводами, должны иметь степень защиты IP44 и выше для пожароопасных зон классов П-I и П-IIа и IP54 и выше - для зон класса П-II.

#### *7.4. Электроустановки во взрывоопасных зонах*

Классификация и маркировка взрывозащищенного электрооборудования осуществляется по трем документам: “Правила изготовления взрывозащищенного и рудничного электрооборудования” - ПИВРЭ-67, “Правила изготовления взрывозащищенного электрооборудования” - ПИВЭ-63 и по ГОСТ 12.2.020-76 (ПУЭ).

В маркировку взрывозащищенного электрооборудования по ПИВЭ-63 (Приложение 3 к гл. 7.3 ПУЭ) входят

- обозначение вида взрывозащиты - Н, В, М и т.п.;
- обозначение наивысшей категории взрывоопасной смеси, для которой оборудование является взрывозащищенным - 1, 2, 3, 4;
- обозначение наивысшей группы взрывоопасной смеси, для которой оборудование является взрывозащищенным, - А, Б, Г, Д.

Обозначение уровня взрывозащиты в маркировке по ПИВЭ-63 отсутствует. Однако, оборудование, имеющее в маркировке по взрывозащите букву Н, относится к уровню “электрооборудование повышенной надежности против взрыва”; электрооборудование с остальными маркировками по взрывозащите, выполненными по ПИВЭ-63, относятся к уровню “взрывобезопасное электрооборудование”.

В маркировку взрывозащищенного электрооборудования по ПИВРЭ-67 (Приложение 2 к гл. 7.3 ПУЭ) входят:

- обозначение уровня взрывозащиты - Н, В, О;
- обозначение наивысшей категории взрывоопасной смеси, для которой электрооборудование является взрывозащищенным - 1, 2, 3, 4;
- обозначение наивысшей группы взрывоопасной смеси, для которой оборудование является взрывозащищенным T1, T2 . . . T5;
- обозначение вида взрывозащиты - Н, В, М и т.п.

В маркировку взрывозащищенного электрооборудования по ПУЭ-86 входят:

- обозначение уровня взрывозащиты - 2, 1, 0;
- знак Ex, указывающий на соответствие электрооборудования стандартам на взрывозащищенное электрооборудование;
- обозначение вида взрывозащиты - d, o, i и т.п.;
- обозначение наивысшей категории, для которой оборудование является взрывозащищенным, - IIА, IIВ, IIС;
- обозначение наивысшей группы, для которой оборудование является взрывозащищенным - T1 . . . T6.

ПУЭ-86 устанавливает следующие уровни и виды взрывозащиты.

Уровни взрывозащиты электрооборудования:

- “электрооборудование повышенной надежности против взрыва” - оборудование, в котором взрывозащита обеспечивается только в признанном нормальном режиме работы; знак уровня - 2 (Н)\*;
- “взрывобезопасное электрооборудование” - оборудование, в котором взрывозащита обеспечивается как при нормальном режиме работы, так и при признанных вероятных повреждениях, определяемых условиями эксплуатации, кроме повреждений средства взрывозащиты; знак уровня - 1 (В);
- “особовзрывобезопасное электрооборудование” - взрывозащищенное электрооборудование, в котором по отношению к взрывобезопасному электрооборудованию приняты дополнительные средства взрывозащиты, предусмотренные стандартами на виды взрывозащиты; знак уровня - 0 (О).

Виды взрывозащиты:

- “защита вида “е” (повышенная надежность против взрыва) - е (Н);
- “взрывонепроницаемая оболочка” - d (В);
- “масляное заполнение оболочки” - 0 (М);
- “искробезопасная электрическая цепь” - i (И);
- “заполнение или продувка оболочки под избыточным давлением защитных газов” - p (П);
- “кварцевое заполнение оболочки с токоведущими частями” - q (К);
- “специальный вид взрывозащиты” - s (С).

Соотношение между классификациями категорий и групп взрывоопасных смесей по ПИВЭ- 63, ПИВРЭ-69 и ПУЭ приводится в таблицах П1.4 и П1.5 Приложения к гл. 7.3 ПУЭ.

Выбор электрооборудования для работы во взрывоопасных зонах производится по табл. 7.3.10 . . . 7.3.12. При этом допускается обоснованная замена электрооборудования, указанного в таблицах, электрооборудованием с более высоким уровнем взрывозащиты и более высокой степенью защиты оболочки. В зонах, взрывоопасность которых определяется горючими жидкостями, имеющими температуру вспышки выше 61 °С и нагретых в условиях производства до температуры вспышки и выше, относящиеся к взрывоопасным, может применяться любое взрывозащищенное электрооборудование для любых категорий и групп, с температурой нагрева поверхности, не превышающей температуру самовоспламенения данного вещества.

Во взрывоопасных зонах любого класса электрические соединители должны быть взрывозащищенными, а в зонах классов В-Іб и В-Іа допускается применять соединители в оболочке со степенью защиты IP54 при условии, что разрыв у них происходит внутри закрытых розеток. Установка соединителей допускается только для включения периодически

---

\* В скобках приведены обозначения уровней взрывозащиты по ПИВРЭ-67 и видов взрывозащиты по ПИВЭ-63 и ПИВРЭ-67.

работающих электроприемников, например, переносных светильников. Число соединителей должно быть ограничено необходимым минимумом, и они должны быть расположены в местах, где образование взрывоопасных смесей наименее вероятно. Искробезопасные цепи могут коммутироваться штепсельными соединениями общего назначения. Сборки зажимов рекомендуется выносить за пределы взрывоопасной зоны. Предохранители и выключатели осветительных цепей рекомендуется устанавливать вне взрывоопасных зон.

При применении аппаратов и приборов с видом взрывозащиты “искробезопасная электрическая цепь” следует руководствоваться следующим:

- индуктивность и емкость взрывобезопасных цепей, в том числе и присоединительных кабелей (емкость и индуктивность которых определяются по характеристикам расчетом или измерением), не должны превосходить максимальных значений, оговоренных в технической документации на эти цепи; если документацией предписывается конкретный тип кабеля (провода) и его максимальная длина, то их изменение возможно только при наличии заключения испытательной организации по ГОСТ 12.2.021-76;
- в искробезопасные цепи могут включаться изделия, которые предусмотрены технической документацией на систему и имеют маркировку “В комплекте . . .” допускается включать в эти цепи серийно выпускаемые датчики общего назначения, не имеющие собственного источника тока, индуктивности и емкости; к таким датчикам относятся серийно выпускаемые общего назначения термометры сопротивления, термопары, термисторы, светодиоды и подобные им изделия, встроенные в защитные оболочки;
- цепь, состоящая из серийно выпускаемых общего назначения термопары и гальванометра (милливольтметра), является искробезопасной для любой взрывоопасной среды при условии, что гальванометр не содержит других электрических цепей, в том числе подсветки шкалы;
- в искробезопасные цепи могут включаться серийно выпускаемые общего назначения выключатели, ключи, сборки зажимов и т.п.

Во взрывоопасных зонах любого класса применение неизолированных проводников, в том числе токопроводов к кранам, таям и т.п., запрещается. Запрещается также применение кабелей с алюминиевой оболочкой во взрывоопасных зонах классов В-I и В-Ia. Применение проводов и кабелей с полиэтиленовой изоляцией или оболочкой запрещается во взрывоопасных зонах всех классов.

Ввод проложенных в трубе проводов в машины, аппараты, светильники и т.д. должен выполняться совместно с трубой, при этом в трубе на вводе должно быть установлено разделительное уплотнение, если в вводном устройстве машины, аппарата или светильника такое уплотнение отсутствует. При переходе труб электропроводки из помещения с зоной класса В-I или В-Ia в помещение с нормальной средой

или во взрывоопасную зону другого класса, с другой категорией или группой взрывоопасной смеси или наружу труба с проводами в местах прохода через стену должна иметь разделительное уплотнение в специально для этого предназначенной коробке. В зонах классов В-Iб, В-II и В-IIа установка разделительных уплотнений не требуется. Разделительные уплотнения, установленные в трубах электропроводок, должны испытываться избыточным давлением воздуха 250 кПа (2,5 ат) в течение 3 мин. При этом допускается падение давления не более чем до 200 кПа (2 ат).

Кабели, прокладываемые во взрывоопасных зонах любого класса открыто (на конструкциях, стенах, в каналах, туннелях и т.п.), не должны иметь наружных покровов и покрытий из горючих материалов (джут, битум, хлопчатобумажная оплетка и т.п.). Во взрывоопасных зонах любого класса запрещается устанавливать соединительные и ответвительные кабельные муфты, за исключением искробезопасных цепей. Вводы кабелей в электрические машины и аппараты должны выполняться при помощи вводных устройств. Места вводов должны быть уплотнены. Ввод трубных электропроводок в машины и аппараты, имеющие вводы только для кабелей, запрещается. Через взрывоопасные зоны любого класса по примыкающим к ним стенам, а также на расстояниях менее 5 м по горизонтали и вертикали от взрывоопасной зоны запрещается прокладывать не относящиеся к данному технологическому процессу (производству) транзитные электропроводки и кабельные линии всех напряжений.

Для электрического освещения в зонах класса В-I должны применяться двухпроводные линии. В этих зонах должны быть защищены от токов короткого замыкания фазный и нулевой рабочий проводники. Для одновременного отключения фазного и нулевого рабочего проводников должны применяться двухполюсные выключатели. Нулевые рабочие проводники и нулевые защитные проводники должны иметь изоляцию, равноценную изоляции фазных проводников.

В осветительных сетях в помещениях со взрывоопасной зоной класса В-I прокладка групповых линий запрещается. Разрешается прокладывать только ответвления от групповых линий. В помещениях с зонами классов В-I, В-Iб, В-II и В-IIа групповые осветительные линии рекомендуется прокладывать также вне взрывоопасных зон.

Во взрывоопасных зонах любого класса подлежит занулению и заземлению:

- электроустановки при всех напряжениях переменного или постоянного тока;

- электрооборудование, установленное на зануленных (заземленных) металлических конструкциях; это требование не относится к электрооборудованию, установленному внутри зануленных (заземленных) корпусов шкафов и пультов. В качестве нулевых защитных (заземленных) проводников должны быть использованы проводники, специально предназначенные для этой цели.

В электроустановках до 1 кВ с ГЗН зануление электрооборудования должно осуществляться:

- в силовых сетях во взрывоопасных зонах любого класса отдельной жилой кабеля или провода;
- в осветительных сетях во взрывоопасных зонах любого класса, кроме класса В-І на участке от светильника до ближайшей ответвительной коробки отдельным проводником, присоединенным к нулевому рабочему проводу в ответвительной коробке;
- в осветительных сетях в зоне класса В-І - отдельным проводником, проложенным от светильника до ближайшего группового щитка.

Нулевые защитные проводники во всех звеньях сети должны быть проложены в общих оболочках, трубах, коробах, пучках с фазными проводами.

## ***ГЛАВА 8. ТРЕБОВАНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ЭЛЕКТРОПРОДУКЦИИ***

### ***8.1. Цель и задачи проверок***

Целью проведения проверок и экспертизы пожарной безопасности электроустановок является государственная защита прав потребителей и интересов государства в области пожарной безопасности.

Основной задачей проверки является:

- контроль за соблюдением правил обязательной сертификации выпускаемой продукции по показателям пожарной опасности.

Объектами проверок являются:

- техническая документация, определяющая порядок проведения испытаний продукции на пожарную опасность;
- выпускаемая продукция.

Проверки осуществляются должностными лицами Государственной противопожарной службы в пределах охраняемых и обслуживаемых ими объектов и населенных пунктов.

Проверки должны осуществляться на стадиях разработки, подготовки продукции к производству, ее изготовлению и эксплуатации. В

соответствии с Законом “О пожарной безопасности” руководители субъектов хозяйственной деятельности при проведении проверки обязаны обеспечивать государственным пожарным инспекторам:

- свободный доступ в служебные и производственные помещения;
- использование технических средств и специалистов, предоставление необходимых документов и сведений;
- отбор проб и образцов продукции для контроля их соответствия противопожарным требованиям.

## **8.2. *Общий порядок подготовки и проведения проверки***

Проверки осуществляются выборочно с учетом:

Информации потребителей и других обстоятельств, требующих проверки конкретного субъекта хозяйственной деятельности.

Проверка объектов проводится одним государственным пожарным инспектором или комиссией, возглавляемой государственным пожарным инспектором, ответственным за проведение проверки (руководителем проверки).

Состав комиссии определяется приказом территориального органа управления Государственной противопожарной службы МВД России.

При подготовке к проверке:

- анализируются статистические данные о пожарах от электроустановок (изделий), являющихся предметом проверки;
- анализируются результаты предыдущих проверок, в том числе проведенных другими контрольными органами;
- анализируется нормативная документация, относящаяся к предмету проверки;
- изучаются сведения о субъекте хозяйственной деятельности и его продукции;
- изучаются результаты работы, проводимой субъектом хозяйственной деятельности за соблюдением требований пожарной безопасности;
- разрабатывается программа (план) проверки.

Перед началом проверки, руководителю субъекта хозяйственной деятельности:

- предъявляется уведомление о проведении проверки и знакомят его с задачей проверки;
- распределяется работа между участниками проверки - государственными пожарными инспекторами и привлеченными специалистами;
- определяется перечень необходимых материалов и документов, предоставляемых субъектом хозяйственной деятельности, для проведения проверки.

Примерный перечень материалов и документов:

- основной стандарт;
- стандарт на однородную группу продукции;
- стандарт на конкретную продукцию;
- технические условия на конкретную продукцию;
- сертификат соответствия требованиям безопасности;
- аттестат аккредитации испытательной лаборатории;
- конструкторская документация на продукцию;
- образцы проверяемой продукции;
- протоколы испытаний электроустановок на пожарную безопасность.

### *ЛИТЕРАТУРА*

1. Кашолкин Б.И., Поединцев И.Ф. Статистика пожаров от электроприборов. Вопросы экономики в пожарной охране. Вып. 3.-М.: ВНИИПО, 1974, с.68-72.
2. Смелков Г.И., Кашолкин Б.И., Поединцев И.Ф., Справочник по пожарной безопасности электропроводок и электронагревательных приборов. - М.: Стройиздат, 1977, с. 193.
3. Смелков Г.И., Кашолкин Б.И., Поединцев И.Ф., Пожарная опасность коротких замыканий в открытых электропроводах. - М.: Промышленная энергетика, № 4, 1974, с. 7-9.
4. Кашолкин Б.И. О некоторых результатах анализа материалов пожарно-технических станций по исследованию пожаров от электрических причин. Труды ВНИИПО. Пожарная профилактика, вып. 15, 1979, с. 82-101.
5. Смелков Г.И., Кашолкин Б.И., Шестаков В.А., Анализ статистических данных по пожарам от электроустановок. В кн. Горение и проблемы тушения пожаров. - М.: ВНИИПО, 1977, с. 3-6.
6. Благинин В.А., Вилесов Д.В. и др. Пожаробезопасность при однофазных коротких замыканиях на корпус. : Судостроение, 1975, № 1 с. 30-32.
7. Смелков Г.И., Калашкин Б.И., Томашпольский Ю.Я. А.с.421919 (СССР). Способ определения причины оплавления проводников. Оpubл. в Б.И., 1974, № 12.
8. ГОСТ 12.1004-91.; Пожарная безопасность. Общие требования;
9. Правила устройства электроустановок (ПУЭ), - М.: Энергоатомиздат, 1986;
10. Смелков Г.Н., Александров А.А., Пехотиков В.А. Методы определения причастности к пожарам аварийных режимов в электротехнических устройствах. - М.: Стройиздат, 1980;
11. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей. - М.: Энергоатомиздат, 1990.
12. Определение категорий помещений и зданий по взрывоопасной и пожарной опасности, НПБ-105-95.

13. Правила изготовления взрывозащищенного и рудничного электрооборудования (ПИБРЭ), - М.: Энергия, 1969.
14. Инструкция по монтажу электрооборудования, силовых и осветительных сетей взрывоопасных зон (ВСН 332-74), -М.: Энергия 1976.
15. Инструкция по монтажу электрооборудования пожароопасных установок напряжением до 1000 В, (ВСН 294-72), Энергия 1974.
16. Правила пожарной безопасности в РФ, М., 1994.
17. Черкасов В.Н. “Пожарно-техническая экспертиза электрической части проекта, - М.: Стройиздат, 1987.
18. Анисимов Ю.Н., Набатников А.А. универсальное устройство защиты. Промышленная энергетика, № 12, 1985.
19. Анисимов Ю.Н., Набатников А.А., Белов Г.К. А.с. 1359846 от 26.07.1985 (СССР). Устройство для защиты трехфазного электродвигателя со встроенными в обмотку статора позисторами от аварийного режима.
20. Тубис Я.Б., Белов Г.К. Температурная защита асинхронных двигателей в сельскохозяйственном производстве. - М.: Энергия, 1977, с. 104.
21. Алиханян К.А., Костанян В.Д., Шмавонян Э.А., Температурная защита асинхронных двигателей. - Промышленность Армении, 1973, № 3, с. 65-67.
22. Грундулис А.О. Защита электродвигателей в сельском хозяйстве. - М.: Колос, 1982.
23. Шипунов Н.В. Защитное отключение. - М.: Энергия, 1968.
24. Нейдфельд М.Р. Заземление и другие защитные меры, - М.: Энергия, 1975.
25. Ксенофонтов А.П. Устройство защитного отключения от однофазного замыкания. Промышленная энергетика, № 1, 1979.
26. Реле утечки дифференциальное серии РУД-02, Информация на изделие электротехнической промышленности, Информэлектро, УДК 621.318.562.2, ТИ.07.23.12-70.
27. Лабораторные работы по курсу “Электротехника и пожарная профилактика электроустановок”, раздел II ”Пожарная профилактика электроустановок, - М.: изд-во ВИПТШ МВД СССР, 1990.