

МАТЕРИАЛЫ ЭЛЕКТРОИЗОЛЯЦИОННЫЕ

ГОСТ 27710-88

(СТ СЭВ 4127-83)

Общие требования к методу испытания на нагревостойкость

Electrical insulating materials.

**General requirement for thermal endurance; test
method.**

УДК 621.315.613.1:006.354

Группа Е39

ОКСТУ 3409

Срок действия

с 01.01.89 до 01.01.94

Несоблюдение стандарта преследуется по закону

Настоящий стандарт устанавливает основные принципы разработки методов испытаний твердых электроизоляционных материалов и их простых сочетаний для оценки нагревостойкости.

1. ОБОЗНАЧЕНИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

1.1. Температурный индекс (ТИ) - характеристика нагревостойкости электроизоляционного материала, численно равная значению температуры в градусах Цельсия, полученному из графика сроков службы при времени срока службы 20000 ч.

1.2. Диапазон нагревостойкости (ДН) - характеристика нагревостойкости электроизоляционного материала, определяемая тремя значениями температур в градусах Цельсия, соответствующими срокам службы 20000 и 5000 ч и нижнего доверительного интервала с вероятностью 95 % для температуры, соответствующей сроку службы 5000 ч.

1.3. Относительный температурный индекс (ОТИ) - температурный индекс неизвестного материала, получаемого из времени, соответствующему признанной эксплуатационной температуре известного материала, при условии, что оба материала подвергаются сравнительным испытаниям согласно принципам, установленным в настоящем стандарте.

2. СУЩНОСТЬ МЕТОДА

Метод заключается в определении изменений проверяемых характеристик материалов в процессе ускоренного теплового старения и в оценке на базе проведенных испытаний характеристик нагревостойкости.

3. ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ

3.1. Методы испытаний, приведенные в настоящем стандарте, позволяют определить изменение характеристик электроизоляционных материалов и их простых сочетаний в процессе длительного теплового старения.

Результаты испытаний позволяют проводить сравнение материалов с целью отбора их для дальнейшей оценки в изоляционной системе.

3.2. Испытание, насколько возможно, должно имитировать функцию материала в реальных условиях эксплуатации действительной работы. Свойство, контролируемое при испытании, должно соответствовать требованиям условий эксплуатации.

3.3. Испытания должны проводиться в следующей последовательности:

- 1) выбор проверяемых характеристик;
- 2) выбор критериев конечной точки для этих характеристик;
- 3) изготовление необходимых образцов;
- 4) определение исходных уровней проверяемых характеристик (при необходимости);
- 5) проведение ускоренного старения образцов, по крайней мере, при трех повышенных температурах либо

непрерывно, либо периодами - циклами, между которыми образцы охлаждаются до комнатной температуры;

6) периодический контроль состояния образцов путем определения проверяемой характеристики и изображение результатов испытаний в виде графика срока службы;

7) определение расчетным путем температурного индекса и диапазона нагревостойкости из графика срока службы.

3.4. Критерий конечной точки должен характеризовать степень разрушения материала, которая снижает его способность выдерживать нагрузки, возникающие в реальных условиях эксплуатации системы изоляции. При этом степень разрушения, определяемая критерием конечной точки, должна быть согласована с допустимым в условиях эксплуатации уровнем проверяемой характеристики. Критерий конечной точки должен быть выбран так, чтобы получались не слишком короткие (занизенные) промежутки времени до выхода материала из строя.

Критерий конечной точки определяют двумя способами:

1) процентное повышение или снижение измеряемого параметра по отношению к исходному. Этот способ позволяет сравнивать материалы, но он менее связан, чем метод 2), с допустимым уровнем свойства для обеспечения работоспособности материала*. За исходное значение параметра принимают (если особо не оговорены иные условия) среднее арифметическое результатов испытаний не менее 10 образцов, подвергнутых термообработке при наименьшей температуре старения в течение 48 ч;

*Выбор критерия конечной точки, основанный на произвольном процентном изменении измеряемого параметра, относительно его исходного значения, может привести к неправильной браковке материалов с высоким начальным значением, когда они сравниваются с материалами, имеющими более низкие исходные значения этого параметра.

2) фиксированное значение параметра выбирается исходя из требований, предъявляемых условиями эксплуатации.

Рекомендации по выбору критериев конечной точки даны в приложении 1.

3.5. Испытываемые образцы должны подвергать действию не менее трех температур старения в достаточно широком диапазоне, необходимом для надежного определения диапазона нагревостойкости или температурного индекса. Испытательные температуры выбираются таким образом, чтобы при самой низкой температуре срок службы был не менее 5000 ч и при самой высокой температуре не менее 100 ч. Испытательные температуры выбирают обычно с интервалом 20 °C. Если это приводит при более высоких из выбранных испытательных температур к короткому времени до достижения критерия или к превышению точки плавления или размягчения материала, или к изменению механизма старения, то интервал между температурами может быть уменьшен до 10°C. Экстраполяция для определения диапазона на нагревостойкость или температурного индекса не должна превышать 25 °C.

Выбор испытательных температур предполагает знание приблизительного значения температурного диапазона, в котором находится температурный индекс испытываемого материала. Для неизвестного материала необходимо провести предварительные исследования, которые позволяют выбрать наилучшим образом температурные старения. Температурные области плавления, кристаллизации могут быть определены с помощью методов термического анализа или другим подходящим способом.

3.6. Предпочтительные температуры старения и соответствующие им длительности цикла приведены в табл. 1.

4. ОБРАЗЦЫ

4.1. Количество, форма, размеры и метод подготовки испытываемых образцов должны соответствовать установленным в стандартах на конкретный вид материала.

Методы испытаний должны содержать указания по подготовке образцов и, в случае необходимости, должны прилагаться рисунки, чертежи и фотографии образцов.

Рекомендуемые виды и размеры образцов приведены в приложении 1, табл. 3.

4.2. При определении числа испытываемых образцов следует руководствоваться заданной степенью надежности с учетом рассеяния результатов испытаний при каждой отдельной температуре старения.

Таблица 1

Температура старения для диапазона температур, в которых находятся предполагаемые температуры, соответствующие сроку службы образцов 20000 ч															Длительность одного цикла, сут.
От 100 до 109	От 110 до 119	От 120 до 129	От 130 до 139	От 140 до 149	От 150 до 159	От 160 до 169	От 170 до 170	От 180 до 189	От 190 до 199	От 200 до 209	От 210 до 219	От 220 до 229	От 230 до 239		
170	180	190	200	210	220	230	240	250	230	270	280	290	300	1	
160	170	180	190	200	210	220	230	240	250	260	270	280	290	2	
150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250	260	270	280	4	
140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250	260	270	7	
130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250	260	14	
120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250	28	
110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	49	

Примечание. На основе опыта проведения испытаний с аналогичными материалами или же после проведения предварительных испытаний, например, критерий конечной точки будет достигнут при температуре 145 °С после 20 000ч. Из табл. 1 выбирают температуру старения 160, 180 и 200 °С и им соответствующие длительности циклов 28,7 и 2 сут.

4.3. Размеры и форма испытываемых образцов должны, по возможности, соответствовать практическому использованию материала. Однако, так как электроизоляционные материалы имеют различное применение и подвергаются действию целого комплекса нагрузок и окружающих условий, часто используются образцы, применяемые при стандартных методах испытаний. Так как результаты испытаний материалов разной толщины не всегда можно сравнить, толщина образцов должна соответствовать установленной в стандарте на конкретный метод испытания.

5. АППАРАТУРА

5.1. В термостатах, применяемых для теплового старения, должна быть принудительная циркуляция воздуха. Количество и скорость циркулирующего воздуха должны быть такими, чтобы в течение 1 ч на 1 м² поверхности образцов поменялся почти весь объем воздуха. Отклонение температуры от заданного значения не должно превышать ±2°C при температурах до 180 °С включительно и ±3°C при температурах выше 180 °С. Температура воздуха в термостате должна измеряться в непосредственной близости от образцов при установленном режиме и считаться температурой образца. Для того, чтобы уменьшить влияние неравномерности распределения температуры в термостате на образцы, рекомендуется после каждого цикла или отбора менять их положение.

Примечание. Если образцы перемещаются после каждого цикла и учитываются все изменения в их расположении, это позволяет улучшить интерпретацию результатов испытаний, даже если распределение температур в термостате корректируется в процессе испытания.

5.2. Допускается проводить старение образцов, помещенных в закрытые ампулы (контейнеры), содержащие воздух, инертный газ, жидкость или другие вещества, если это устанавливает стандарт на конкретный вид материала.

6. ПРОВЕДЕНИЕ ИСПЫТАНИЯ

Тепловое старение должно проводиться при 3 и более повышенных температурах цикличности, либо непрерывно до определенного изменения проверяемой характеристики (достижения критерия конечной точки), или до разрушения образцов.

6.1. Циклическое старение.

Образцы помещают в термостат, заранее нагретый до испытательной температуры, и по истечении установленного времени старения вынимают из термостата и оставляют приблизительно на 2 ч в комнатной среде по ГОСТ 6433.1-71, если в стандарте на конкретный вид материала нет других указаний.

После охлаждения на всех образцах проводят измерение проверяемой характеристики и неповрежденные образцы возвращают в термостат для дальнейшего старения. При соответствующих указаниях в

стандарте на конкретный вид материала образцы после охлаждения, перед измерением проверяемой характеристики, могут подвергаться механическим или электрическим нагрузкам, воздействию влаги и других факторов. Такие циклы повторяют до достижения критерия конечной точки проверяемой характеристики.

Продолжительность отдельных циклов выбирают так, чтобы при каждой температуре старения число циклов до достижения критерия конечной точки было приблизительно одинаковым. В этом случае образцы подвергаются при каждой температуре старения приблизительно одному количеству испытательных воздействий.

Рекомендуется выбирать температуру и продолжительность циклов старения так, чтобы образцы подвергались приблизительно 10 циклам.

6.2. Непрерывное старение Образцы помещают в термостат, нагретый до испытательной температуры. По истечении установленного времени определенное количество образцов извлекают из термостата и 2 ч выдерживают в комнатной среде по ГОСТ 6433.1-71, если в стандарте на конкретный вид материала не указано иначе. После охлаждения на образцах проводят измерение проверяемой характеристики. При необходимости после охлаждения, перед измерением проверяемой характеристики, образцы могут подвергаться механическим и электрическим нагрузкам, воздействию 'влаги или другим нагрузкам. Проверенные образцы не подвергают дальнейшему старению. Этот способ старения особенно целесообразен, когда измерение проверяемой характеристики сопровождается разрушением образцов.

Если испытанию подвергают неизвестный материал, не имея о нем предварительных информации, процесс следует начинать старением половины количества образцов при каждой температуре, и проводить измерения проверяемой характеристики после удлинения интервала времени старения, например, после каждого второго или третьего цикла по табл. 1. После получения нескольких результатов при различных сроках старения помещают оставшиеся образцы в термостат и старение этих образцов определяют по кривой старения, дополняя результатами их испытаний в зоне критерия конечной точки с целью надежного определения срока службы.

Интервалы старения образцов следует выбирать так, чтобы получить максимальное количество информации. Во многих случаях целесообразно, чтобы продолжительность старения возрастала в линейной прогрессии в соответствии с табл. 1.

Если целью испытаний является показать, что время разрушения материала превышает заданное, то следует применять только этот способ. Если целесообразно использовать геометрический закон распределения интервалов старения, рекомендуется исходить из ряда: 1, 2, 4, 7, 14, 28, 56, 112 и 182 сут.

7. ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИСПЫТАНИЯ

7.1. Определение времени достижения критерия конечной точки из графика сроков службы

7.1.1. При непрерывном измерении проверяемой характеристики время до разрушения каждого образца получают прямо из зарегистрированных величин в виде времени, за которое проверяемая характеристика достигает критерия конечной точки.

7.1.2. При циклическом старении, когда значение проверяемой характеристики определяют с помощью неразрушающих испытаний, через определенные интервалы времени старения, зависимость проверяемой характеристики от времени старения изображают графически. Время до разрушения каждого образца определяют по графику, как время, за которое проверяемая характеристика этого образца достигает критерия конечной точки.

7.1.3. Время до разрушения каждого образца определяют как среднее из двух времен старения, после которого образец впервые не выдерживает проверочного испытания, и времени старения до непосредственно предшествующего разрушенного контрольного испытания, то есть за время до разрушения принимают среднюю точку последнего цикла, воздействию которого подвергают образец.

7.1.4. В случае одного определения на каждом образце строится график зависимости характеристик от времени старения для каждой температуры и проводят линию наилучшего совпадения со всеми экспериментальными точками в четырех сроках старения, после которых результаты испытаний близки к точке пересечения линии наилучшего совпадения с линией критерия конечной точки. Через точки, соответствующие результатам испытаний отдельных образцов, проводят линии, параллельные линии наилучшего совпадения. Абсциссы точек пересечения этих линий с линией критерия конечной точки принимают за периоды времени до разрушения образцов.

7.1.5. После циклического старения по п. 6.1 для построения графика сроков службы применяют медиану M значений времени t до разрушения отдельных образцов, которую определяют:

1) при четном числе образцов - как среднее арифметическое значение до достижения критерия конечной точки образцов с порядковыми номерами $n/2$ и $n/2+1$;

2) при нечетном числе образцов - как время до достижения критерия образца порядковым номером $(n+1)/2$, где n -общее количество образцов при одной температуре старения в соответствии с черт. 1.

Примечание. Приведенный способ позволяет сократить испытания после достижения критерия конечной точки с порядковым номером $n/2 + 1$ или $(n+1)/2$. Испытания заканчивают, потому что время достижения критерия конечной точки других образцов не оказывает влияния на построение графика сроков службы.

Способ определения медианы срока службы образцов М при циклическом старении образцов

Черт. 1

7.1.6. При непрерывном старении по п. 62, где испытание имеет характер деструкции, для построения графика срока службы применяют среднее значение сроков службы образцов t в соответствии с черт. 2, которое определяют из кривой старения, построенной по средним величинам.

Способ определения среднего срока службы образцов t_1-t_4 , из кривых старения при непрерывном старении

Черт. 2

7.2. Определение температурного индекса

7.2.1. Температурный индекс (ТИ) для 20000 ч определяют из графика сроков службы в соответствии с черт. 3 и записывают в форме ТИ: ϑ_{20} (например, ТИ: 132).

Если ТИ устанавливают для другого срока службы, то его записывают в форме ТИ₅₀₀₀/ ϑ_5 (например, ТИ₅₀₀₀/148, где 5000 - срок службы 5000 ч, для которого ТИ установлен).

7.2.2. Для определения относительного температурного индекса (ОТИ) проводят сравнительные испытания нового и известного в эксплуатации материала при старении в одних термостатах, строят графики сроков службы обоих материалов на одном листе. На графике известного материала определяют время, соответствующее его признанной эксплуатационной температуре, и относительно этого времени определяют температурный индекс второго материала. Относительный температурный индекс записывают в форме ОТИ/ ϑ ,(например, ОТИ/141).

График срока службы эмаль-проводка

Черт. 3

7.3. Определение диапазона нагревостойкости.

7.3.1. Перед расчетом диапазона нагревостойкости (ДН) необходимо проверить статистическую однородность результатов с помощью коэффициента вариации (C_v), в процентах, соответствующего точке на линии со сроком службы 5000 ч по формуле:

$$C_v = \frac{S_y \cdot 100}{\lg 5000} = \frac{S_y}{3,7} \cdot 100$$

где S_y^2 - дисперсия (рассеяние) величины логарифма времени, соответствующего на графике срока службы температуре со сроком службы 5000 ч;

7.3.2. Если величина C_v более 1,5%, она может быть снижена с использованием результатов дополнительных испытаний, проведенных при одном из следующих условий:

- 1) увеличить количество испытываемых образцов при каждой из испытательных температур;
- 2) провести дополнительные испытания при одной или нескольких температурах, которые должны быть ниже температур, использованных для старения в начале испытаний;
- 3) уточнить обработку экспериментальных результатов посредством высшей степени регрессионного анализа

Если величина коэффициента вариации C_V более 1,5 %, ДН не определяют. Определяют только ТИ и значение C_V вносят в протокол.

Диапазон нагревостойкости определяют из графика сроков службы в соответствии с черт. 3 и записывают в форме ДН: $\vartheta_{20}/\vartheta_5$ (ϑ_c), например, ДН: 132/148 (140).

7.3.3. Методы расчетов диапазонов нагревостойкости приведены в приложении 2.

Температура, соответствующая сроку службы 5000 ч (ϑ_5), является основной для сравнения экспериментальных данных без экстраполяции. Температура, соответствующая сроку службы 20000 ч (ϑ_{20}), является основной для сравнения данных экстраполяции.

Значение температуры, соответствующее сроку службы 5000 ч на нижней границе ее доверительного интервала с вероятностью 95 % рассеяния, дает представление о рассеянии измеренных величин.

ДН является главной информацией нагревостойкости, а величина ТИ - лишь дополнительной сокращенной формой.

8. ПРОТОКОЛ ИСПЫТАНИЯ

Протокол испытания должен содержать:

- 1) маркировку материалов, описание образца, описание испытываемого материала (в том числе эталонного материала - если определяется ОТИ);
- 2) проверяемую характеристику;
- 3) метод проверочных испытаний;
- 4) критерий конечной точки;
- 5) график сроков службы в координатах логарифма времени и величины, обратной температуре ($\lg t; 1/T$);
- 6) способ определения ТИ и его величины,
- 7) способ определения ДН и его величины,
- 8) количество испытываемых образцов,
- 9) время достижения критерия конечной точки,
- 10) уравнение регрессии в виде

$$\lg t = a + \frac{b}{T} c$$

с приведением коэффициентов a, b ;

- 11) коэффициент вариации C_V .

Приложение 1

Обязательное

Перечень материалов и испытаний, применяемых для определения нагревостойкости

Приложение 2

Обязательное

Расчет диапазонов нагревостойкости

Приложение 3

Обязательное

Статистические методы определения характеристик нагревостойкости