

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ
СОЮЗА ССР

СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ИЗОЛЯЦИИ

ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К МЕТОДАМ УСКОРЕННЫХ ИСПЫТАНИЙ НА НАГРЕВОСТОЙКОСТЬ

ГОСТ 10518—88

Издание официальное

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР ПО СТАНДАРТАМ
Москва

gost.e-ecolog.ru

УДК 621.317.799.2.001.4.006.354 Группа Е39

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ СОЮЗА ССР

СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ИЗОЛЯЦИИ

Общие требования к методам ускоренных испытаний на нагревостойкость

Electrical insulation systems. General requirements for methods of accelerated tests for thermal endurance

ГОСТ 10518—88

ОКСТУ 5409

Срок действия с 01.01.90
до 01.01.95

Несоблюдение стандарта преследуется по закону

Настоящий стандарт распространяется на системы электрической изоляции и простые комбинации материалов (далее — системы изоляции) и устанавливает общие требования к методам проведения и обработки результатов ускоренных испытаний на нагревостойкость.

Стандарт не распространяется на системы изоляции, несодержащие органических или элементоорганических компонентов.

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Оценку нагревостойкости проводят путем определения зависимости между ресурсом системы изоляции и температурой. По результатам определения этой зависимости с требуемой доверительной вероятностью могут быть установлены:

класс нагревостойкости системы изоляции (при заданном ресурсе системы изоляции);

ресурс (средний или гамма-процентный) системы изоляции (при заданной температуре);

график нагревостойкости системы изоляции;

режим ускоренных контрольных испытаний системы изоляции при одном значении температуры.

1.2 Для предварительной ориентировочной оценки нагревостойкости комбинаций материалов допускается применять термогравиметрический метод.

Издание официальное ★ Перепечатка воспрещена

1.3. Методы обработки результатов, установленные в стандарте, рекомендуется применять для электроизоляционных материалов, экспериментальное определение нагревостойкости которых проведено по соответствующему стандарту на методы испытаний электроизоляционного материала

Пояснение терминов, встречающихся в стандарте, указаны в приложении 1.

2. МЕТОДЫ ОТБОРА ОБРАЗЦОВ

2.1 В стандартах или другой технической документации на методы испытаний конкретных систем изоляции (далее — стандартах) должны быть даны соответствующие указания по конструкции образцов для испытаний и способам их подготовки

Размеры образцов выбирают с учетом размеров реальных конструкций, где предполагают применять систему изоляции. При этом размеры испытываемых образцов должны, по возможности, приближаться к реальной конструкции (выбранной в качестве типовой для данного вида изделий).

2.2. Для испытаний систем изоляции в качестве образцов следует применять макеты или отдельные узлы изделия, если это указано в стандартах на методы испытаний конкретных систем изоляции. Допускается проводить испытания готовых изделий с оценкой отдельных узлов или изделия в целом. Для испытаний комбинаций материалов допускается применять образцы по соответствующему стандарту на методы испытаний электроизоляционного материала.

Конструкция макетов должна воспроизводить основные элементы конструкции готовых изделий или их реальных узлов.

Конструкция макетов и узлов должна позволять имитировать основные эксплуатационные воздействия, способствующие старению или его выявлению.

2.3. Если образцами являются готовые изделия и известно, что ресурс испытуемой системы изоляции выше ресурса других узлов изделия, в стандартах на методы испытаний конкретных систем изоляции должен быть указан способ повышения ресурса этих узлов с тем, чтобы ресурс этих узлов был заведомо больше ресурса системы изоляции.

2.4 В стандартах на методы испытаний конкретных систем изоляции должны быть предусмотрены контрольные испытания, которым до начала испытаний на нагревостойкость подвергают образцы для проверки их качества и идентичности.

2.5. В стандартах на методы испытаний конкретных систем изоляции должно быть указано минимально допустимое число образцов, требуемое для получения необходимой статистической достоверности результатов. При выборе числа образцов учитывают требования п 4.3.

3. ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ИСПЫТАНИЙ

3.1. Испытания проводят в камерах тепла.

В месте расположения образцов погрешность поддержания температуры в камере тепла для температур до 180 °С — ±2 °С; допускаются отдельные кратковременные (не более 15 мин за 6 ч испытаний) отклонения до ±5 °С. Перепад температуры внутри камеры в месте расположения образцов не должен превышать 2 °С.

Погрешность поддержания температуры в месте расположения образцов для температур свыше 180 °С — ±3 °С.

3.2. В испытательных камерах тепла должны быть предусмотрены устройства для перемешивания воздуха со скоростью 1—2 м/с с обновлением его состава; рекомендуется, чтобы это обновление происходило в течение 1 ч на каждый квадратный метр площади поверхности образца.

3.3. Образцы должны быть расположены так, чтобы воздух внутри камеры тепла мог свободно их обдувать.

3.4. При необходимости проведения испытаний в особых условиях внешней среды в соответствии с п. 4.6, требования к испытательным камерам — по ГОСТ 21126—75 и ГОСТ 24683—81.

4. ПРОВЕДЕНИЕ ИСПЫТАНИЙ

4.1. При определении нагревостойкости основным воздействующим разрушающим фактором внешней среды является испытательная температура.

4.2. Испытания являются циклическими с повторяющимися циклами. Каждый цикл состоит из воздействия испытательной температуры и одновременного или попеременного воздействия дополнительных испытательных факторов, являющихся разрушающими или только выявляющими произведенное разрушение (диагностическими).

При этом следует учитывать, что одинаковые факторы (например, влажность воздуха) могут либо вызвать разрушение, либо только выявить уже произведенное разрушение, в зависимости от значения и продолжительности действия фактора, его сочетания с с другими факторами и последовательности приложения испытательных воздействий.

Допускается проводить нециклические испытания в случаях, если заранее известно, что разрушение вызывают только одновременно воздействующие испытательные факторы, а остальные факторы только его выявляют.

Требования по измерению параметров-критериев отказа (в частности стадия цикла, периодичность) устанавливают в стандартах на методы испытаний конкретных систем изоляции в соответствии с ГОСТ 21126—75, разд. 4.

4.3. Испытания проводят до отказа всех образцов.

Если невозможно проводить испытания до наступления отказа, допускается проводить испытания путем определения зависимости величины и (или) распределения значений параметра (критерия отказа систем изоляции) от времени воздействия испытательных факторов, что должно быть указано в стандартах на методы испытаний конкретных систем изоляции. В частности, если математическая функция зависимости параметра-критерия отказа от продолжительности воздействия температуры может быть представлена в виде прямой линии, применяют метод по ГОСТ 21126—75, приложение 2.

Допускается проводить предварительную оценку нагревостойкости по результатам испытаний при отказе части испытываемых образцов, если методы обработки результатов с обязательной оценкой доверительных вероятностей обеспечивают необходимую статистическую достоверность (в частности проводить испытания по ГОСТ 21126—75, разд. 4). При этом необходимо учитывать, что испытания до отказа только части образцов увеличивают статистический разброс результатов.

4.4. Виды и интенсивность испытательных воздействий должны быть указаны в стандартах на методы испытаний конкретных систем изоляции.

4.5. Если готовые изделия или комбинации материалов предназначены для эксплуатации при нормальных значениях климатических факторов внешней среды по ГОСТ 15150—69, в испытательные циклы дополнительно к воздействию испытательной температуры включают также воздействия механических факторов, влажности и электрического напряжения. При испытании комбинаций материалов допускается исключать некоторые из этих воздействий.

4.6. Если готовые изделия или комбинации материалов предназначены для эксплуатации в особых условиях внешней среды по ГОСТ 15150—69, в испытательные циклы, помимо воздействия по п. 4.5, включают другие воздействия, действующие попеременно или одновременно с этими воздействиями. При этом для случая воздействия агрессивных сред испытания проводят по ГОСТ 21126—75 и ГОСТ 24683—81.

Результаты этих испытаний используют при определении нагревостойкости систем изоляции, предназначенных для работы в особых условиях окружающей среды, но не применяют для определения классов нагревостойкости по ГОСТ 8865—87.

Интенсивность других воздействий устанавливают сравнимой с их интенсивностью в условиях эксплуатации. Допускается увеличить интенсивность дополнительных воздействий по сравнению с условиями эксплуатации, если существуют установленные зависимости между интенсивностью воздействий и ресурсом.

4 7. В стандартах на методы испытаний конкретных систем изоляции должна быть оговорена последовательность приложений испытательных воздействий.

При испытании систем изоляции, предназначенных для работы при нормальных значениях климатических факторов внешней среды, применяют следующую последовательность воздействий: термическое старение, механические воздействия, увлажнение, испытательное напряжение.

4.8. Испытательные температуры и длительность их воздействия в каждом цикле приведены в приложении 2, причем табл. 2 этого приложения является предпочтительной при испытании систем изоляции, а табл. 1 — при испытании комбинаций материалов. При испытании комбинаций материалов применяют продолжительности по табл. 2 или при испытании комбинаций материалов и систем изоляции — другие продолжительности, если известно или предполагается, что при использовании этих продолжительностей могут быть выполнены требования п. 4.10.

Наименьшая испытательная температура должна быть на 15—30 °С выше предельной допустимой температуры предполагаемого для системы изоляции класса нагревостойкости, допускается иное значение по п. 4.2.

Наибольшая испытательная температура ограничивается температурой размягчения материалов (для термопластов), температурой кипения для жидких диэлектриков или температурой, при которой один доминирующий процесс разрушения заменяется другим. В последнем случае наибольшую испытательную температуру допускается определять при помощи косвенных критериев

При этом следует учитывать, что изменение процесса разрушения, определенное по косвенному критерию, не всегда воспроизводится при определении по прямому критерию. Если наибольшая испытательная температура не известна, допускается проводить испытания по п. 5 4.

Рекомендуется, чтобы при наибольшей испытательной температуре средний ресурс составлял 100 ч или более.

Значения дополнительных испытательных факторов в каждом цикле не изменяют.

4 9. Образцы должны испытываться не менее чем при трех испытательных температурах, отличающихся друг от друга не менее чем на 20 °С. Если максимально допустимая температура испытаний, выбранная по п. 4 8, не позволяет сохранить интервал температур, допускается уменьшить его до 10 °С.

4 10 Поскольку число циклов может влиять на ресурс образцов, получаемый при данных испытаниях, достоверными можно считать испытания, при которых средние числа циклов, полученные при каждой температуре испытаний, не отличаются друг от друга

более чем в 2 раза, при этом среднее число циклов при любой из испытательных температур должно быть не менее 7 и не более 20.

Среднее число циклов вычисляют как среднее арифметическое число циклов до отказа каждого образца, включая цикл, в котором произошел отказ.

Рекомендуется, чтобы среднее число циклов при каждой температуре составляло 10. Для этого в процессе испытаний при необходимости корректируют продолжительность выдержки в цикле при соответствующей испытательной температуре или изменяют испытательную температуру.

Если время выдержки в одном цикле испытаний устанавливалось не по табл. 1 или 2, то время выдержки рекомендуется увеличивать в 2 раза. Когда предполагаемый ресурс на основе предварительной информации установить нельзя, время выдержки в каждом цикле выбирают исходя из необходимости получения достаточной информации в результате измерения параметров образцов после каждого цикла. При этом время выдержки предпочтительно устанавливать различным: меньшее на первых циклах и большее — на последующих.

4.11. Воздействие испытательной температуры при испытании комбинаций материалов и макетов обеспечивается путем помещения образцов в камеры тепла.

Образцы загружают в камеру тепла, предварительно нагретую до испытательной температуры, и выгружают без охлаждения камеры тепла в случаях, когда резкие смены температур являются требуемым испытательным воздействием, или для сокращения общей продолжительности испытаний (если резкие смены температур существенно не влияют на результаты). Если предполагается, что доминирующей причиной отказа макетов являются резкие смены температур при испытаниях, не отражающие условия эксплуатации, то макеты загружают (и соответственно выгружают) в предварительно охлажденные камеры тепла. Допускается загружать (и выгружать) образцы в предварительно охлажденные камеры тепла для удобства проведения испытаний, если резкая смена температур не является требуемым испытательным воздействием.

Если при испытании макетов необходимо учесть температурные градиенты, возникающие в реальных изделиях, или по другим причинам, предусматривают воздействие испытательной температуры путем пропускания тока через токоведущие части макета.

4.12. Способ воздействия испытательной температуры для различных типов готовых изделий указывают в стандартах на методы испытаний конкретных систем изоляции.

4.13. Термическое старение в каждом цикле должно проводиться непрерывно. При технической необходимости допускаются перерывы в испытаниях не более 24 ч за каждый период продолжительности испытаний не менее 10 сут, если известно или предпола-

гается, что изменение температуры при этих перерывах не влияет на ресурс образцов в пределах, соответствующих числу циклов, указанных в п. 4.10.

При испытании готовых изделий или макетов путем пропускания тока применяют устройства для непрерывного измерения температуры обмоток или других токоведущих частей, соприкасающихся с изоляцией, или же, если это невозможно, проводят измерение температуры обмоток не менее шести раз в сутки, при этом допускается кратковременное отключение изделия от источника тока.

4.14. Если в испытательный цикл введено увлажнение, то для образцов систем изоляции режимы увлажнения выбирают в соответствии с ГОСТ 21126—75.

Системы изоляции изделий категорий 1, 2 по ГОСТ 15150—69 испытывают по режимам, предусмотренным для категории 5.

При испытании систем изоляции изделий категорий 1, 2 и 5 по ГОСТ 15150—69 или изоляции изделий категории 3 на напряжение до 2000 В включительно относительная влажность должна быть 100% с конденсацией влаги на обмотке, а при испытаниях систем изоляции изделий категории 3 на напряжение свыше 2000 В — (93±3) % без конденсации влаги.

4.15. При включении в испытательный цикл механических воздействий в стандартах на методы испытаний конкретных систем изоляции должны быть указаны их интенсивность, направление и время действия.

Интенсивность механических воздействий при испытании должна несколько превышать интенсивность при эксплуатации. При выборе интенсивности и времени действия механических воздействий при испытании систем изоляции должны учитываться требования ГОСТ 17516—72.

Интенсивность механических воздействий может значительно превышать интенсивность механических воздействий в эксплуатации только в том случае, если известна закономерность изменения ресурса от интенсивности механических воздействий.

4.16. Для систем изоляции электротехнических изделий за критерий отказа принимают пробой при воздействии испытательного напряжения. Значение испытательного напряжения выбирают в зависимости от функции, которую материалы выполняют в конструкции и (или) исходя из напряжения, которому изоляция подвергается в изделии. Значение испытательного напряжения должно быть достаточным для установления критической степени деструкции изоляции, но не являться старящим.

При выборе испытательных напряжений при необходимости учитывают размерный фактор и величины отклонений напряжения от номинального. Если на системы изоляции в эксплуатации могут воздействовать различные виды напряжений (например, длительно

действующее рабочее напряжение и кратковременные перенапряжения), то в стандартах на методы испытаний конкретных систем изоляции могут быть указаны несколько значений испытательных напряжений различных видов.

Длительность приложения испытательного напряжения и на какой стадии цикла оно прикладывается должны быть указаны в стандартах на методы испытаний конкретных систем изоляции. В частности, если испытание напряжением проводится после таких воздействий, влияние которых изменяется во времени, должно быть оговорено время, в течение которого после указанного воздействия должно быть приложено испытательное напряжение.

Для систем изоляции неэлектротехнических изделий за критерий отказа принимают пробой при воздействии испытательного напряжения или изменение других параметров (например, удельного объемного сопротивления, волновых параметров, тангенса угла диэлектрических потерь или же механической прочности), если этими критериями в большей степени, чем приложенным напряжением, определяется работоспособность системы изоляции.

4.17. При выборе критерия отказа учитывают фиксированное значение измеряемого параметра, а не степень его изменения по отношению к исходному значению. При исследовании систем изоляции для которых в различных видах изделий критичными могут быть разные уровни измеряемого параметра, рекомендуется в качестве критерия отказа принимать несколько уровней параметра и соответственно определять разные ресурсы.

Допускается при сравнении комбинаций материалов использовать при выборе критерия степень изменения измеряемого параметра по отношению к исходному значению. При этом следует учитывать, что этот способ может привести к необоснованной отбраковке образцов с более высокими начальными значениями параметра, но с несколько большей скоростью его изменения. За исходное значение параметра при этом способе принимают (если иное не установлено в стандартах на испытания конкретных материалов) среднее арифметическое результатов испытаний не менее 10 образцов, подвергнутых термообработке при наименьшей температуре старения в течение 48 ч.

4.18. При испытании систем изоляции отказом образца считают первый отказ любого компонента системы.

Допускается продолжение испытаний образца для оценки поведения остальных компонентов. При этом принимают во внимание возможность частичного повреждения остальных компонентов при отказе первого. Ресурс этих остальных компонентов учитывают отдельно и не включают в ресурс образца.

В тех случаях, когда необходимо получить данные по одному компоненту системы изоляции, допускается усиление других ком-

понентов, не влияющих на нагревостойкость изучаемого компонента в системе изоляции.

5. ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИСПЫТАНИЯ

5.1. Результаты испытаний выражают в виде математической зависимости ресурса L от температуры T (К).

$$L=A\cdot e^{\frac{B}{T}} \qquad (1)$$

или $$\lg L=A'+\frac{B'}{T}\ , \qquad (2)$$

где A, B, A', B' — постоянные коэффициенты

Рекомендуется также выражать результаты в виде графика нагревостойкости.

Необходимо учитывать, что для каждого электроизоляционного материала или системы изоляции может быть получено более одной зависимости ресурса от температуры, при этом каждая из зависимостей определяется выбранными критериями, их уровнями, а также видами, уровнями и способами приложения испытательных воздействий.

Под ресурсом L понимают ресурс образца материала или системы изоляции или ресурс материала или системы изоляции в изделии.

5.2. По результатам ускоренных испытаний проводят экстраполяцию результатов в область заданных температур эксплуатации и (или) заданных ресурсов L. Экстраполяцию следует проводить не более чем на 50 % разности между максимальным и минимальным значениями испытательных температур в масштабе $1/T$. Допускается расширять средние пределы экстраполяции, если в результате изучения механизма возникновения отказа выявлено, что в расширенных пределах не должно происходить изменения коэффициентов формул (1) или (2), или при выполнении условий п. 4.8.

5.3. Экспериментальные данные для получения аналитической зависимости между ресурсом L и температурой обрабатывают по методу наименьших квадратов с вычислением среднего логарифмического ресурса L, коэффициентов зависимостей (п. 5.1), нижних доверительных границ для среднего и, если требуется, нижних доверительных границ для гамма-процентных ресурсов, температурных индексов, и температур, характеризующих нагревостойкость.

Типовые графики зависимости от температуры среднего ресурса системы изоляции электрических машин и аппаратов приведены в приложении 3.

Метод расчетов приведен в приложениях 4, 5

Пример обработки экспериментальных данных приведен в приложении 6.

5.4. Если зависимость среднего ресурса L от температуры, определяемая по приложению 4 и вычисленная по формуле (2), резко отлична от линейной, то для окончательного установления нагревостойкости материалов или систем изоляции проводят дополнительно испытания при одной или более значениях испытательных температур, не совпадающих с прежними, причем нижнее значение испытательной температуры не должно отличаться от температуры, характеризующей предполагаемый температурный индекс или класс нагревостойкости, более чем на 20 °С (рекомендуется, чтобы дополнительные значения лежали между первоначальными). При этом рекомендуется проводить параллельные испытания материалов и систем изоляции, характер зависимости ресурса которых от температуры не вызывает сомнений.

Допускается не проводить дополнительных испытаний, если первоначальные испытания проводились не менее чем при четырех значениях испытательных температур и при соблюдении остальных требований в части общего числа и интервалов значений температуры. Экспериментальные данные в соответствии с п. 5.3 обрабатывают в этом случае по линейной части зависимости логарифма ресурса от величины обратной абсолютной температуры, причем не менее чем по трем экспериментальным точкам, поочередно исключая из рассмотрения более высокие значения температуры.

5.5. За температуру, характеризующую нагревостойкость системы изоляции, или за температурный индекс материала принимают температуру, полученную путем экстраполяции по п. 5.2 и соответствующую единому стандартному ресурсу, базовому для данной группы однотипных материалов систем изоляции. При этом для каждого электроизоляционного материала при одном и том же базовом ресурсе могут быть получены разные температурные индексы в зависимости от толщины и (или) значений критериев отказа.

Для систем изоляции базовый ресурс определяют на основании требований, предъявляемых к изделию, и результатов испытаний системы изоляции по стандартам на методы испытаний конкретного типа системы изоляции.

При определении указанного базового ресурса испытаниям подвергают систему изоляции, целиком состоящую из изоляционных материалов, нагревостойкость которых не вызывает сомнений (базовая система).

Рекомендуется, чтобы класс нагревостойкости выбранной для этой цели системы изоляции соответствовал предполагаемому классу нагревостойкости испытуемой системы изоляции, а по остальным свойствам выбранная для определения базового срока система изоляции была возможна более близка к испытуемой.

Этот базовый ресурс указывают в стандарте на испытания конкретного типа системы изоляции, за исключением случаев, указанных в пп. 5.6 и 5.7.

Для определения базового ресурса образца материала допускается применять такую же методику, как для систем изоляции.

5.6. В отдельных технически обоснованных случаях допускается в стандарте на испытания конкретного типа системы изоляции не указывать единого базового ресурса, а руководствоваться требованиями п. 5.7.

5.7. До разработки указанных в пп. 5.5 и 5.6 стандартов на методы испытаний конкретного типа систем изоляции и определения соответствующих стандартных базовых ресурсов следует определять температуру, характеризующую нагревостойкость, путем проведения сравнительных параллельных испытаний, причем для сравнения используют аналогичную систему изоляции, нагревостойкость которой однозначно установлена путем длительных испытаний или опыта эксплуатации. Тип этой системы изоляции должен быть согласован с предполагаемым заказчиком и базовой организацией по стандартизации электроизоляционных материалов и указан в программе испытаний, утвержденной в установленном порядке, рекомендуется согласовать тип этой системы с другими заинтересованными организациями.

5.8. Систему изоляции относят к данному классу нагревостойкости, если полученная согласно пп. 5.5 или 5.7 температура не ниже, чем температура данного класса, и не выше, чем температура следующего, более высокого класса за вычетом 1 °С. Под температурой класса понимают температуру, соответствующую классу нагревостойкости по ГОСТ 8865—87.

Полученные указанным методом и соответствующие данным табл. 2, приложения 2 типовые графики зависимости от температуры ресурсов систем изоляции электрических машин и аппаратов с обмоткой из круглых проводов с эмалевой, эмалево-волокнистой или волокнистой изоляцией приведены в приложении 3.

5.9. Если результаты испытаний используют для установления режима ускоренных контрольных испытаний при одном значении температуры, коэффициент ускорения испытаний определяют по ГОСТ 21126—75, при этом под $\tau_э$ понимают базовый ресурс для системы изоляции или материала.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1
Справочное

ПОЯСНЕНИЕ ТЕРМИНОВ, ВСТРЕЧАЮЩИХСЯ В СТАНДАРТЕ

Система изоляции — изоляционный материал или совокупность изоляционных материалов, рассматриваемых вместе с относящимися к ним токоведущими частями, применительно к отдельному типу, типоразмеру или части электротехнического изделия

Нагревостойкость системы изоляции — способность системы изоляции выполнять свои функции при воздействии на каждый материал, входящий в данную систему изоляции, рабочей температуры в течение времени, сравнимого с расчетным сроком нормальной эксплуатации изделии, при обусловленных (аналогичных эксплуатационным) величинах остальных эксплуатационных воздействий.

Температура, характеризующая нагревостойкость системы изоляции — предельно допустимая в наиболее нагретом месте системы температура при работе системы изоляции в нормальных для данного вида электротехнических изделий эксплуатационных условиях и при ресурсах, сравнимых с ресурсами электротехнических изделий общего применения

Ресурс материала, системы изоляции в изделии — суммарное время в течение которого материал, система изоляции могут выполнять свои функции в работающем изделии

Ресурс образца материала, системы изоляции — по ГОСТ 21126—75

График нагревостойкости систем изоляции — графическое изображение зависимости логарифма ресурса системы изоляции от обратного значения абсолютной температуры

Критерий отказа — по ГОСТ 21126—75*

Критическое значение критерия отказа — по ГОСТ 21126—75**

Коэффициент ускорения испытаний — по ГОСТ 21126—75.

---

* В некоторой нормативно-технической документации — проверяемая характеристика или характеристический показатель

** В некоторой нормативно-технической документации — критерий конечной точки.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2
Рекомендуемое

ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ ТЕРМИЧЕСКОГО СТАРЕНИЯ В КАЖДОМ ЦИКЛЕ ПРИ УСКОРЕННЫХ ИСПЫТАНИЯХ НА НАГРЕВОСТОЙКОСТЬ

Таблица 1

Температура, °С

Температура старения для диапазона температур, в которых находятся предполагаемые температуры, соответствующие ресурсу образцов 20000 ч														Длительность одного цикла, сут
От 100 до 10	От 110 до 11	От 120 до 129	От 130 до 13	От 140 до 149	От 150 до 159	От 160 до 169	От 170 до 179	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	260	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

Пример пользования таблицей 1: На основе опыта проведения испытаний с аналогичными материалами или же после проведения предварительных испытаний предполагается, что критерий конечной точки будет достигнут при температуре 145 °С после 20000 ч. Из табл. 1 выбирают температуру старения **160, 180** и 200 °С и им соответствующие длительности циклов 28,7 и 2 сут.

Таблица 2

Температуры испытаний, °С	Продолжительность термического старения, сутки, при ожидаемом классе нагревостойкости								
	90(Y)	105(A)	120(E)	130(B)	155(F)	180(H)	200*	220*	250*
310	—	—	—	—	—	—	—	—	2
300	—	—	—	—	—	—	—	—	4
290	—	—	—	—	—	—	—	—	7
280	—	—	—	—	—	—	—	2	14
270	—	—	—	—	—	—	—	4	28
260	—	—	—	—	—	—	2	7	—

Продолжение табл 2

Температуры испытаний, °С	Продолжительность термического старения, сутки, при ожидаемом классе нагревостойкости								
	90(У)	105(А)	120(Е)	130(В)	155(F)	180(Н)	200*	220*	250*
250	—	—	—	—	—	—	4	14	—
240	—	—	—	—	—	2	7	28	—
230	—	—	—	—	—	4	14	—	—
220	—	—	—	—	2	7	28	—	—
210	—	—	—	—	4	14	—	—	—
200	—	—	—	2	6	28	—	—	—
190	—	—	2	4	10	—	—	—	—
180	—	1	4	6	17	—	—	—	—
170	—	2	6	10	28	—	—	—	—
160	1	4	10	17	—	—	—	—	—
150	2	6	17	28	—	—	—	—	—
140	4	10	28	—	—	—	—	—	—
130	6	17	—	—	—	—	—	—	—
120	10	28	—	—	—	—	—	—	—
110	17	—	—	—	—	—	—	—	—
100	28	—	—	—	—	—	—	—	—

* Продолжительность равна примерно 1/10 ожидаемого ресурса при базовом ресурсе 20000 ч.

ПРИЛОЖЕНИЕ 3
Рекомендуемое

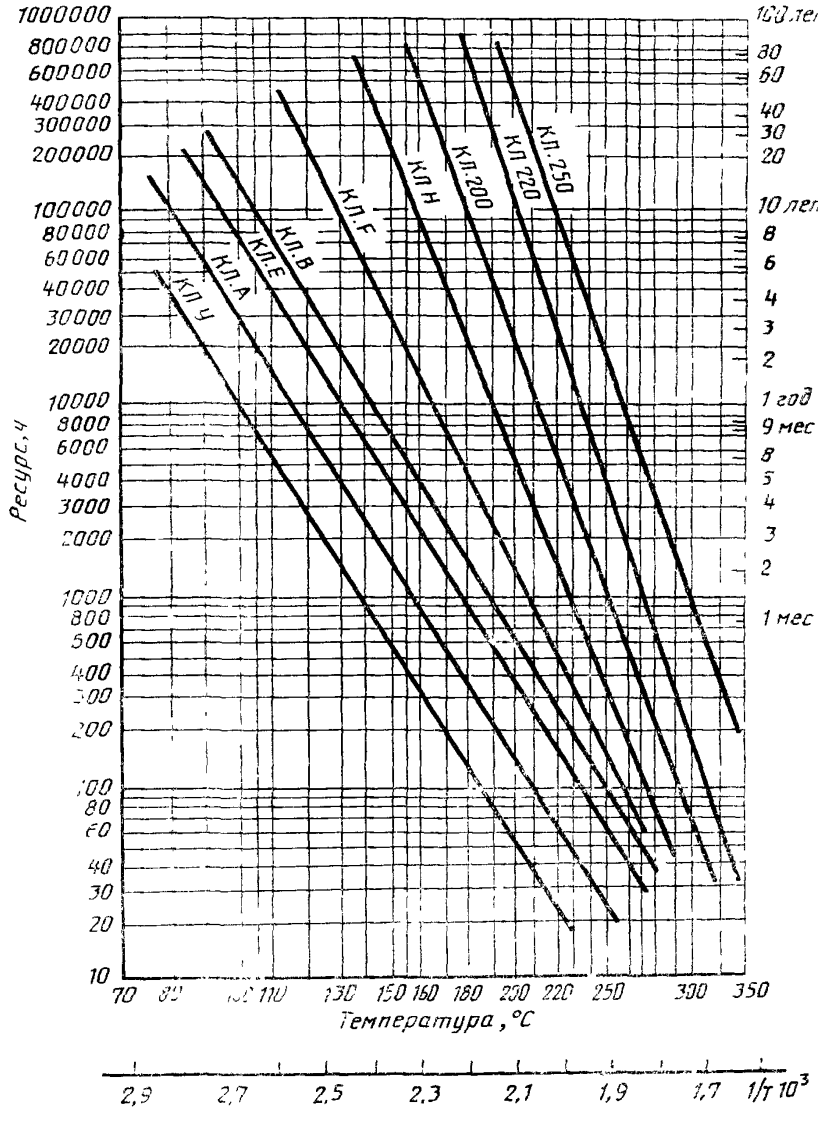
ТИПОВЫЕ ГРАФИКИ ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ СРЕДНЕГО РЕСУРСА СИСТЕМЫ ИЗОЛЯЦИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН И АППАРАТОВ С ОБМОТКОЙ ИЗ КРУГЛЫХ ПРОВОДОВ С ЭМАЛЕВОЙ, ЭМАЛЕВО-ВОЛОКНИСТОЙ И ВОЛОКНИСТОЙ ИЗОЛЯЦИЕЙ

Графики составлены в соответствии с табл. 2 приложения 2 к настоящему стандарту и представляют собой обобщение результатов испытаний материалов и систем изоляции по методикам ГОСТ 10519—76 или по другим соответствующим методикам (см черт) Графики могут быть использованы для ориентировочных расчетов допустимых превышений температуры обмоток в изделиях со средним ресурсом, отличающимся (в меньшую* или большую сторону) от среднего ресурса изделии общего назначения, а также для сравнения результатов определения нагревостойкости новых материалов и систем изоляции.

Если для конкретных систем изоляции имеются графики зависимости от температуры среднего ресурса этих систем изоляции, следует пользоваться графиками для конкретных систем изоляции.

---

* При этом должны быть учтены имеющиеся данные по ограничению наибольших температур в соответствии с п. 4 8


Ресурс, ч
1000000
800000
600000
400000
300000
200000
100000
80000
60000
40000
30000
20000
10000
8000
6000
4000
3000
2000
1000
800
500
400
300
200
100
80
60
40
30
20
10
100 лет
80
60
40
30
20
10 лет
8
6
4
3
2
1 год
9 мес
8
5
4
3
2
1 мес
КП.250
КП 220
КП.200
КП Н
КП.F
КП.В
КП.Е
КП.А
КП Ч
70
80
90
110
130
150
160
180
200
220
250
300
350
Температура, °С
2,9
2,7
2,5
2,3
2,1
1,9
1,7
1/T 10³

ПРИЛОЖЕНИЕ 4
Обязательное

ОБРАБОТКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЗАВИСИМОСТИ МЕЖДУ РЕСУРСОМ И ТЕМПЕРАТУРОЙ

1 Зависимость ресурса от температуры выражают формулой (3), полученной из формулы 2

$$u=a_1+a_2x, \qquad (3)$$

где $u=\lg L$, $x=\frac{1}{T}$

$$a_1=A',$$

$$a_2=B'.$$

2 Результаты испытаний начинают обрабатывать с вычисления ресурса, полученного при испытаниях каждого образца

Ресурс образцов, которые испытывают в лабораторных камерах тепла и у которых приложение воздействия производят после извлечения образцов из камеры вычисляют в часах как суммарное время воздействия испытательной температуры во всех циклах испытаний за вычетом половины длительности воздействия в последнем цикле, после которого наступил отказ образцов Половину длительности не вычитают, если методика определения параметров образца позволяет определить момент наступления отказа в процессе воздействия температуры (например, при испытаниях путем работы под током, при этом время воздействия испытательной температуры считают с момента включения образцов до момента отключения)

3 После того как все образцы отказали, вычисляют ресурс при каждой испытательной температуре Для предварительной оценки при испытаниях при наименьшей испытательной температуре допускается принимать значение ресурса 50 %-ного образца Для предварительной оценки результатов испытаний вычисляют средний ресурс как среднее арифметическое ресурсов всех образцов, испытывавшихся в данном режиме

После этого вычисляют логарифмы каждого ресурса u_i и среднелогарифмический ресурс в каждом испытательном режиме (среднее арифметическое логарифмов ресурсов) $\overline{u}_{ic}$

$$\overline{u}_{ic}=\frac{1}{n_{ic}}\sum_{n_{ic}} u_i, \qquad (4)$$

где n_{ic} — число образцов, испытывавшихся в каждом испытательном режиме

4 При необходимости затем результаты испытаний корректируют, исключая из рассмотрения образцы с резко выделяющимися значениями логарифмов ресурсов согласно приложению 5

Для каждого испытательного режима вычисляют среднелогарифмический корректированный ресурс (среднее арифметическое логарифмов ресурсов всех оставшихся для рассмотрения образцов) $\overline{u}_i$

5 Следующим этапом обработки данных является вычисление коэффициентов формулы (3)

Сначала определяют средние значения $\overline{u}_{xk}$ и $\overline{x}_{ik}$

$$\overline{u}_{xk}=\frac{\sum \overline{u}_i}{n_{xi}} \qquad (5)$$

$$\overline{x}_{ik}=\frac{\sum \overline{x}_{ik}}{n_{xc}}, \qquad (6)$$

где n_{xi} — число испытательных режимов (число значений температур),

$\overline{x}_{ik}$ — значения x для каждой температуры испытаний;

u_i — корректированный среднелогарифмический ресурс при каждой температуре испытаний;

$$a_2=\frac{\sum\limits_{n_{xi}} (\overline{u}_i-u_{xk})(x_{ik}-\overline{x}_{ik})}{\sum\limits_{n_{xi}} (x_{ik}-\overline{x}_{ik})^2} \qquad (7)$$

$$a_1=\overline{u}_{xk}-a_2\overline{x}_{ik}. \qquad (8)$$

При испытаниях готовых изделий путем работы под током в тех случаях, когда фактические температуры обмоток, испытывавшихся при одинаковой номинальной испытательной температуре, различаются более чем на 3 °С, коэффициент a_2' определяют по формуле

$$a_2'=\frac{\sum\limits_{N}(u_i-\overline{u}_{xk})(x-\overline{x}'_{ik})}{\sum\limits_{N}(x-\overline{x}'_{ik})^2}, \qquad (9)$$

где N — общее число оставшихся для рассмотрения образцов во всех испытательных режимах испытаний;

x — величина x для каждого образца;

$$\overline{x}'_{ik}=\frac{\sum x}{N}, \qquad (10)$$

$$a_1=\overline{u}_{\lambda k}-a_2\overline{x}'_{ik}. \qquad (11)$$

6. Определяют дисперсии ресурсов u

6.1 Вычисляют дисперсию для каждого испытательного режима

$$S_i^2=\frac{\sum\limits_{n_i}(u_i-\overline{u}_i)^2}{n_i-1}, \qquad (12)$$

где n_i — число образцов, оставленных для рассмотрения в каждом испытательном режиме

Если в случае измерения параметров-критериев отказа в конце цикла или в конце заданного интервала времени между измерениями (далее — цикла) все отказы в каком-либо из режимов произошли только в одном или двух циклах, то дисперсию для данного режима S_i вычисляют по ГОСТ 21126—75 (приложение 5)

6.2 Вычисляют средневзвешенную дисперсию S_{ik}^2 экспериментальных точек относительно средних для них значений $\overline{u}_i$.

$$S_{ik}^2=\frac{\sum\limits_{n_{xi}} f_i S_i}{f_{uk}}, \qquad (13)$$

где $f_i=n_i-1$ (степень свободы данного режима),

$$f_{uk}=\sum_{n_{xi}}(n_i-1). \qquad (14)$$

6.3. Проводят проверку гипотезы однородности дисперсий

Проверку проводят с использованием критерия Барлета в соответствии с ГОСТ 21126—75.

6.4. Вычисляют дисперсию $S^2_{\widehat{uk}}$ средних значений $\bar{u}_i$ относительно соответствующих значений линии регрессии $\widehat{u}_i$

$$S^2_{\widehat{uk}}=\frac{\sum n_i(\bar{u}_i-\widehat{u}_i)^2}{n_{xi}-2}. \qquad (15)$$

$\widehat{u}_i$ вычисляют по формуле 20, принимая $x_{тр}=x_i$.

Число степеней свободы здесь $f_{3k}=n_{xi}-2$.

6.5. Вычисляют общую дисперсию, то есть дисперсию всех экспериментальных точек относительно вычисленной линии регрессии (формула 3 коэффициенты a_1 и a_2 соответственно по формулам 8 или 11 и 7 или 9)

$$S^2=\frac{(f_{uk}\cdot\bar{S}^2_{ik}+f_{3k}\cdot S^2_{\widehat{uk}})}{f_c}, \qquad (16)$$

где $f_s=N-2$.

6.6. Вычисляют дисперсию средних значений линии регрессии (дисперсию, характеризующую возможное смещение генерального среднего относительно линии регрессии, которая вычислена по выборочным данным)

$$S^2_{\widehat{u}}=S^2\cdot b, \qquad (17)$$

где $b=\frac{1}{N}+\frac{(x_{тр}-\bar{x}_i)^2}{\sum_{n_{xi}} n_i(x_{ik}-\bar{x}_i)^2}$, (18)

$x_{тр}$ — значение x при требуемой температуре.

7. Проводят проверку гипотезы линейности.

Вычисляют дисперсионное отношение F

$$F=\frac{S^2_{\widehat{uk}}}{\bar{S}^2_{ik}}. \qquad (19)$$

Сравнивая это дисперсионное отношение F с $F_{табл}$ для необходимого уровня значимости, принимают или отвергают гипотезу линейности в соответствии с требованиями ГОСТ 21126—75 (приложение 5).

8. Определяют вид статистического распределения экспериментальных данных (логарифмически-нормальное распределение или распределение Вейбулла) в соответствии с ГОСТ 11.008—75 или ГОСТ 11.006—74.

Если данные могут быть описаны обоими видами распределений или вид распределения неопределенный, дальнейшую обработку проводят как для логарифмически-нормального распределения

9. Определяют ресурсы.

9.1. Определяют среднелогарифмический ресурс (математическое ожидание логарифма ресурса) при требуемой температуре

$$\hat{u}_{\text{тр}}=a_1+a_2\ x_{1\text{р}}. \qquad (20)$$

9.2. Определяют средний ресурс при требуемой температуре $\hat{L}_{\text{тр}}$ как антилогарифм $\hat{u}_{\text{тр}}$

$$\hat{L}_{\text{гр}}=10^{\hat{u}_{\text{гр}}}. \qquad (21)$$

9 3 Определяют среднее значение (математическое ожидание) гамма процентных ресурсов

9.3.1. Для логарифмически-нормального распределения отказов.

9.3.1.1. Определяют u_γ математическое ожидание логарифма гамма-процентного ресурса, соответствующее требуемой вероятности безотказной работы по формуле

$$u_\gamma=\hat{u}_{\text{гр}}-Su_\gamma\ , \qquad (22)$$

где u_γ — квантиль нормированного нормального распределения, определенная для требуемой вероятности безотказной работы (для требуемой величины γ)

9.3.1 2. Определяют математическое ожидание гамма-процентного ресурса

$$L_{\gamma\text{лч}}=10^{(u_\gamma+1{,}1513\cdot S^2)} \qquad (23)$$

9 3.1.3. Для распределения Вейбулла.

$$L_{\gamma\text{в}}=10^{(\hat{u}_{\text{тр}}-1{,}1513\cdot S^2)}\cdot 10^{\frac{0{,}1592}{b}\left[\lg\frac{1}{\gamma}\right]^{\frac{1}{b}}}\ , \qquad (24)$$

где b — параметр формы распределения Вейбулла, определяемый по таблице 3 для коэффициента вариации v_b, определяемого по формуле

$$v_b=\sqrt{\exp(5{,}3018\ S^2)-1}\ . \qquad (25)$$

10 Определяют нижние доверительные границы для ресурсов

10.1. Определяют нижнюю доверительную границу средне-логарифмических значений ресурсов при заданной доверительной вероятности P^* (или уровне значимости $\alpha=1-P^*$).

$$u_{p^*}=\hat{u}_{1\text{р}}-t\cdot S_{\hat{u}}\ , \qquad (26)$$

где u_{p^*} — нижняя доверительная граница средне-логарифмического ресурса при заданной доверительной вероятности;

t — распределение доверительных отклонений в малой выборке (распределение Стьюдента), определяемое по статистическим таблицам для заданного уровня доверительной вероятности P^* (например ГОСТ 21126—75, приложение 8) и числа степеней свободы f_s;

$\hat{u}_{\text{тр}}$ — значение среднелогарифмического ресурса при требуемом значении температуры, определенное по формуле 20 или по построенному графику нагревостойкости.

10 2. Определяют нижнюю доверительную границу среднего ресурса L_{p^*} при заданной доверительной вероятности P^* как антилогарифм u_{p^*}

$$L_{p^*}=10^{u_{p^*}} \qquad (27)$$

Таблица 3

c_b	b	c_b	b	c_b	b
15,84	0,20	0,399	2,70	0,221	5,20
5,408	0,30	0,387	2,80	0,217	5,30
3,141	0,40	0,375	2,90	0,213	5,40
2,236	0,50	0,363	3,00	0,210	5,50
1,758	0,60	0,353	3,10	0,206	5,60
1,462	0,70	0,343	3,20	0,203	5,70
1,260	0,80	0,333	3,30	0,200	5,80
1,113	0,90	0,325	3,40	0,197	5,90
1,000	1,00	0,316	3,50	0,194	6,00
0,910	1,10	0,308	3,60	0,191	6,10
0,837	1,20	0,301	3,70	0,188	6,20
0,776	1,30	0,294	3,80	0,185	6,30
0,724	1,40	0,287	3,90	0,183	6,40
0,679	1,50	0,280	4,00	0,180	6,50
0,640	1,60	0,274	4,10	0,177	6,60
0,605	1,70	0,268	4,20	0,175	6,70
0,575	1,80	0,263	4,30	0,173	6,80
0,547	1,90	0,257	4,40	0,170	6,90
0,523	2,00	0,252	4,50	0,168	7,00
0,500	2,10	0,247	4,60	0,158	7,50
0,480	2,20	0,242	4,70	0,148	8,00
0,461	2,30	0,238	4,80	0,140	8,50
0,444	2,40	0,233	4,90	0,133	9,00
0,428	2,50	0,229	5,00	0,126	9,50
0,413	2,60	0,225	5,10	0,120	10,00

10.3 Для логарифмически нормального распределения определяют u_p — логарифм ресурса, соответствующий требуемой вероятности безотказной работы, при заданной доверительной вероятности P^* (нижнюю логарифмическую доверительную границу для ресурса при заданной доверительной вероятности P^* и заданной вероятности безотказной работы P).

$$u_p = u_p \quad Su_\alpha \left(1 + \frac{z_p}{\sqrt{2(N-1)}} \right), \tag{28}$$

где u_α — квантиль нормированного нормального распределения, определенная для требуемой вероятности безотказной работы P (см, например ГОСТ 21126—75, приложение 8);

z_γ — квантиль удвоенной нормированной функции Лапласа, определенная для требуемой доверительной вероятности P^*.

10.4 Для логарифмически нормального распределения определяют нижнюю границу гамма-процентного ресурса при заданной доверительной вероятности P^*

$$L_{p\gamma\text{лн}} = 10^{(u_p + 1{,}1513 \cdot S^2)}. \tag{29}$$

10.5. Для распределения Вейбулла определяют нижнюю границу гамма-процентного ресурса при заданной доверительной вероятности P^*.

$$L_{p\gamma\text{в}} = 10^{\left(u_p \ 1{,}1513 \cdot S^2\right)} \cdot 10^{\frac{0{,}1592}{b}} \left[\ln \frac{1}{\gamma} \right]^{\frac{1}{b}}. \tag{30}$$

ПРИЛОЖЕНИЕ 5
Обязательное

МЕТОД ИСКЛЮЧЕНИЯ РЕЗКО ВЫДЕЛЯЮЩИХСЯ ЗНАЧЕНИЙ РЕЗУЛЬТАТОВ ИСПЫТАНИЙ

Метод исключения основан на критерии Ирвина. Метод применим для случая, когда испытательные температуры образцов, испытывающихся при одной и той же температуре испытаний, различаются в пределах ±3 °С.

1. Определяют некорректированную дисперсию логарифмов ресурсов при каждом испытательном режиме S^2_{ic}

$$S^2_{ic} = \frac{1}{n_{ic}-1}\Sigma(u_i - \overline{u}_{ic})^2 , \qquad (31)$$

где n_{ic}, u_i, $\overline{u}_{ic}$ — то же, что в формуле 4.

2. Все полученные значения располагают в ряд u_1, u_2, u_3 ... u_{ni} по степени возрастания величин (вариационный ряд).

3. Проверяют сомнительные значения на одном или двух краях ряда, составленного по п. 2. Проверку начинают от края ряда и проверяют поочередно каждое следующее (по направлению к середине ряда) сомнительное значение.

4. Для проверки вычисляют функцию λ_{kc}

$$\lambda_{kc} = \frac{u_{kc} - u_{(k-1)c}}{S_{ic}} ,$$

где u_{kc} — вызывающее сомнение значение ресурса;

$u_{(k-1)c}$ — следующее от края ряда значение ресурса;

k — номер по порядку от края ряда.

5. Сравнивают полученные значения λ_{kc} с приведенными в таблице 4 значениями $\lambda_{табл}$. Если хотя бы для одного вызывающего сомнение значения ресурса λ_{kc} больше $\lambda_{табл}$, в расчет не принимают все вызывающие сомнение значения ресурса от края ряда до u_{kc} включительно.

6. Проверку продолжают до тех пор, пока не будут получены значения $\lambda_{kc} \leqslant \lambda_{табл}$.

Таблица 4

$П_{ic}$	λ табл. при доверительных границах		$П_{ic}$	λ табл. при доверительных границах	
	95%	99%		95%	99%
5	1,9	2,4	30	1,2	1,7
10	1,5	2,0	50	1,1	1,6
20	1,3	1,8	100	1,0	1,5
			400	0,9	1,3
			1000	0,8	1,2

ПРИЛОЖЕНИЕ 6
Справочное

ПРИМЕР РАСЧЕТА ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАГРЕВОСТОЙКОСТИ

Для примера использованы данные испытаний в макетах витковой изоляции с проводом ПЭТД-180 диаметром 1,18 мм и пропиточным лаком УР-9144. Испытания проведены при температурах 180, 200 и 220 °С с длительностью циклов соответственно 17, 6 и 2 сут. Обработка экспериментальных данных проводилась по формулам приложения 4, пункты приложения приведены ниже в скобках.

1. Определение среднелогарифмического ресурса $\overline{u}_i$ (пп. 3 и 5) и его дисперсии S_i^2 (п. 6.1) для каждого испытательного режима.

Исходные данные и результаты вычислений приведены в табл. 5—7. При каждой температуре испытаний получено 20 значений Однако при температуре 180 °С одно значение, равное 1836 ч, исключено (п. 4) в соответствии с приложением 5, так как

$$\lambda_{kc}=\frac{3,63185-3,26387}{0,13352}=2,8>1,8$$

Поэтому при температуре 180 °С для вычислений осталось 19 значений.

Таблица 5

Определение $\overline{u}_1$ и S_1^2 для $T=453$ К (180 °С)

Количество значений	L_i	$u_i=\lg L_i$	$\overline{u}_1$	$(u_i-\overline{u}_1)$	$(u_i-u_1)^2$
1	4284	3,63185		—0,15566	0,02423
4	5100	3,70757		—0,07994	0,00639
1	5508	3,74099		—0,04652	0,00216
3	6324	3,80099	3,78751	0,01348	0,00018
8	6732	3,82814		0,04063	0,00165
1	7140	3,85370		0,06619	0,00438
1	7548	3,87783		0,09032	0,00816

$\Sigma n=n_i=19$

$$\Sigma u_1 n=3,63185\cdot 1+3,70757\cdot 4+3,74099\cdot 1+3,80099\cdot 3+3,82814\cdot 8+$$
$$+3,85370\cdot 1+3,85783\cdot 1=71,96274$$

$$\overline{u}_1=\frac{\Sigma u_1\cdot n}{\Sigma n_i}=\frac{71,96274}{19}=3,78751$$

$$\Sigma(u_i-u_1)^2 n=0,02423\cdot 1+0,00639\cdot 4+0,00216\cdot 1+0,00018\cdot 3+0,00165\cdot 8+$$
$$+0,00438\cdot 1+0,00816\cdot 1=0,07823$$

$$S_1^2=\frac{\Sigma(u_i-\overline{u}_1)_n^2}{n_i-1}=\frac{0,07823}{18}=0,004346.$$

Таблица 6

Определение $\overline{u_2}$ и S_2^2 для $T=473$ К (200 °С)

Количество значений	L_i	$u_i=\lg L_i$	$\overline{u_2}$	$(u_i-\overline{u_2})$	$(u_i-\overline{u_2})^2$
6	1224	3,03778	3,15775	—0,06997	0,00490
1	1368	3,13609		—0,02166	0,00047
9	1512	3,17955		0,02180	0,00048
4	1656	3,21906		0,06131	0,00376

$\Sigma n=n_i=20$ $\Sigma u_i=63,15496$ $\Sigma(u_i-\overline{u_1})n=0,04923$

$$\overline{u_2}=\frac{63,15496}{20}=3,15775 \qquad S_2^2=\frac{0,04923}{19}=0,002591.$$

Таблица 7

Определение $\overline{u_3}$ и S_3^2 для $T=493$ К (220 °С)

Количество значений n_i	L_i	$u_i=\lg L_i$	$\overline{u_2}$	$(u_i-\overline{u_2})$	$(u_i-\overline{u_2})^2$
3	360	2,55630	2,65345	—0,09715	0,00944
7	408	2,61066		—0,04279	0,00183
2	456	2,65896		0,00551	0,00003
5	504	2,70243		0,04898	0,00240
2	552	2,74194		0,08849	0,00783
1	648	2,81158		0,15813	0,02501

$\Sigma n=n_i=20$ $\Sigma u_i n=53,06905$ $\Sigma(u_i-\overline{u_2})^2 n=0,0938$

$$\overline{u_3}=\frac{53,06905}{20}=2,65345 \qquad S_3^2=\frac{0,09386}{19}=0,004940.$$

2. Определение коэффициентов линии регрессии (формула 3) п. 5

Промежуточные данные для расчета приведены в табл. 8 и 9.

Таблица 8

T_{ik}, °С	$x_{ik}=\frac{1}{273-t}$	$\overline{x}_{ik}$	$x_{ik}-\overline{x}_{ik}$	$(x_{ik}-\overline{x}_{ik})^2$
180	$2,2075\cdot10^{-3}$	$2,1167\cdot10^{-3}$	$0,0908\cdot10^{-3}$	$8,2446\cdot10^{-9}$
200	$2,1142\cdot10^{-3}$		$-0,0025\cdot10^{-3}$	$0,0063\cdot10^{-9}$
220	$2,0284\cdot10^{-3}$		$-0,883\cdot10^{-3}$	$7,7969\cdot10^{-9}$

$\Sigma=16,0478\cdot10^{-9}$

Таблица 9

t, °С	$\bar{u}_t$	$\bar{u}_{xk}$	$(\bar{u}_t-\bar{u}_{xk})$	$(\bar{x}_{tk}-\bar{x}_{tk})(\bar{u}_t-\bar{u}_{xk})$
180	3,78751	3,19957	0,58794	$53,385\cdot10^{-6}$
200	3,15775		—0,04182	$0,1046\cdot10^{-6}$
220	2,65345		—0,54612	$48,2224\cdot10^{-6}$

$\Sigma=101,712\cdot10^{-6}$

По формуле (7) определяем

$$a_2=\frac{101,712\ 10^{-6}}{16,0478\ 10^{-6}}=6338.$$

По формуле (8) определяем

$$a_1=3,19957-6338\ 2,1167\ 10^{-3}=-10,21608.$$

3 Проверка гипотезы однородности дисперсий (п 6 3).

Определяем средневзвешенную дисперсию $\bar{S}^2_{tk}$ экспериментальных точек относительно средних для них значений $\bar{u}_t$ (п 6 2) по формуле (13)

$$\bar{S}^2_{tk}=\frac{18\ 0,004346+19\cdot0,002591+19\ 0,004940}{18+19+19}=0,003952.$$

Вычисляем критерий Бартлета (п 6.3)

$$Б=\frac{2,303[56\lg0,003952-18\lg0,004346-19\lg0,004940]}{1+\frac{1}{3(3-1)}\left(\frac{1}{18}+\frac{1}{19}+\frac{1}{19}-\frac{1}{18+19+19}\right)}=$$

$$=\frac{2,303\cdot0,88693}{1,02383}=1,99506.$$

Полученное значение Б=2,0 меньше табличного $\lambda^2_{табл}=6,0$.

Поэтому дисперсии однородны.

4 Проверка гипотезы линейности (п. 7).

Определяем средние значения $\hat{u}_t$ на линии регрессии для испытательных температур x_t (п. 6 4) из выражения (формула 20).

$$\hat{u}_t=-10,21608+6338\cdot x.$$

$$\hat{u}_1=3,77506,\qquad \hat{u}_2=3,18372;\qquad \hat{u}_3=2,63992.$$

Вычисляем дисперсию средних значений относительно соответствующих линий регрессии $S^2_{\hat{u}k}$ (п. 6 4) по формуле (15).

$$S^2_{\hat{u}k}=\frac{19(3,78751-3,77506)^2+20(3,15775-3,18372)^2-20(2,65345-2,63992)^2}{(3-2)}=$$

$$=0,020095.$$

Вычисляем дисперсионное отношение F

$$F=\frac{S^2_{uk}}{S^2_{tk}}=\frac{0,020095}{0,003952}=5,08.$$

Условие линейности выполняется для уровня значимости, равного 0,025, так как 5,08 меньше табличного значения, равного 5,29.

5. Определение вида статистического распределения.

По критерию ω^2 получено в соответствии с ГОСТ 11.006—74, что эмпирические данные могут быть описаны как логарифмически нормальным распределением, так и распределением Вейбулла.

6. Определение среднего ресурса при требуемой температуре $t_{тр}=155$ °С (пп. 9.1 и 9.2).

По формулам (20 и 21) определяем

$$u_{тр}=\frac{1}{273+155}=0,0023364$$

$$\hat{u}_{155}=-10,21608+6338\cdot 0,0023364=4,59233$$

$$\hat{L}_{155}=99113\ \text{ч}\approx 39000\ \text{ч}.$$

7. Определение среднего значения гамма-процентного ресурса для логарифмически нормального распределения (п. 9.3.1).

Определяем общую дисперсию (п. 6.5) по формуле (16).

$$S^2=\frac{56\cdot 0,003952+1\cdot 0,020095}{57}=0,004235$$

$$S=0,065078.$$

Определяем u_γ (п. 9.3.1.1) по формуле (22) для $\gamma=0,9$

$u_\alpha=1,282$ для $\gamma=0,9$ (по таблицам)

$$=u_{0,9}=4,59233-0,065078\cdot 1,282=4,512154.$$

Определяем математическое ожидание гамма-процентного ресурса (п. 9.3.1.2) для $\gamma=0,9$ по формуле (23).

$$L_{0,9лн}=10(4,512154+1,1513\cdot 0,004235)=32887\ \text{ч}\approx 33000\ \text{ч}.$$

8. Определение среднего значения гамма-процентного ресурса для распределения Вейбулла (п. 9.3.2).

Определяем коэффициент вариации по формуле (25).

$$v_в=\sqrt{\exp(5,3018\cdot 0,004235)-1}=0,151.$$

По таблице 3 для $v_в=0,1507$ параметр формы b распределения Вейбулла равен 7,85.

Определяем математическое ожидание гамма-процентного ресурса по формуле (24) для $\gamma=0,9$.

$$L_{0,9в}=10^{(4,59233+1,1513\cdot 0,065057)}\cdot 10^{\frac{0,1592}{7,85}\left[\ln\left(\frac{1}{0,9}\right)\right]\frac{1}{7,85}}=31115\ \text{ч}\approx$$

$$\approx 31000\ \text{ч}.$$

9. Определение нижних доверительных границ для ресурсов.

Заданная доверительная вероятность $P^*=90$ %.

Определяем дисперсию средних значений линии регрессии (п 6 6) для требуемой температуры по формулам (17) и (18)

$$S^2_{\hat{u}} = 0{,}004235\left[\frac{1}{59} + \frac{(2{,}3364\ \ 10^{-3} - 2{,}1167\ 10^{-3})^2}{(19\ \ 8{,}2446 + 20\ \ 0{,}0063 + 20\ 7{,}7969)10^{-9}}\right] =$$

$$= 0{,}004235\ 0{,}1713 = 0{,}0007255$$

$$S_{\hat{u}} = 0{,}02693.$$

Определяем нижнюю доверительную границу среднелогарифмического ресурса для 90%-ной доверительной вероятности по формуле (26)

$$u_{p^*} = 4{,}59233 - 1{,}67\ 0{,}02693 = 4{,}54736.$$

Определяем нижнюю доверительную границу среднего ресурса (п. 10.2) по формуле (27).

$$L_{90^*} = 10^{4{,}54736} = 35266 \text{ ч} \approx 35000 \text{ ч}.$$

Для логарифмически нормального распределения определяем логарифм ресурса, соответствующий вероятности безотказной работы 0,9 при 90 % доверительной вероятности (п. 10 3) по формуле (28).

$$u_p = 4{,}54736 - 0{,}065078 \cdot 1{,}282\left(1 + \frac{1{,}645}{2\sqrt{59-1}}\right) = 4{,}45^{\circ}9.$$

Для логарифмически нормального распределения определяем нижнюю границу 90%-ного ресурса при 90 %-ной доверительной вероятности (п. 10.4) по формуле (29)

$$L_{0{,}9\ 0{,}9\ \text{лн}} = 10^{4{,}4539 + 1{,}1513 \cdot 0{,}004235} = 28760 \text{ ч} \approx 29000 \text{ ч}$$

Для распределения Вейбулла определяем нижнюю границу 90 %-ного ресурса при 90%-ной доверительной вероятности по формуле (30).

$$L_{0{,}9\ 0{,}9\ \text{в}} = 10^{4{,}54736 + 1{,}1513 \cdot 0{,}004235}\ \ 10^{\frac{0{,}1542}{7{,}85}}\left[\ln\left(\frac{1}{0{,}9}\right)\right]^{\frac{1}{7{,}85}} =$$

$$= 28055 \text{ ч} \approx 28000 \text{ ч}.$$

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ДАННЫЕ

1. РАЗРАБОТАН И ВНЕСЕН п/я М—5266

ИСПОЛНИТЕЛИ

М. Л. Оржаховский, В. М. Гуликова, А. Ф. Лопатин, В. В. Веселов

2. УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 28.03.88 № 820

3. Срок первой проверки — IV квартал 1993 г.
Периодичность проверки — 5 лет.

4. В стандарт введен международный стандарт МЭК 611—78
Стандарт соответствует международному стандарту МЭК 493—1—74

5. ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

6. ССЫЛОЧНЫЕ НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ДОКУМЕНТЫ

Обозначение НТД, на который дана ссылка	Номер пункта, подпункта, приложения
ГОСТ 11 006—74	Приложение 4
ГОСТ 11 008—75	Приложение 4
ГОСТ 8865—87	4 6, 5 8
ГОСТ 10519—76	Приложение 3
ГОСТ 15150—69	4 5, 4 6
ГОСТ 17516—72	4 15
ГОСТ 21126—75	3 4, 4 6, 5 9, Приложение 1, Приложение 4
ГОСТ 24683—81	3 4, 4 6

Редактор *Т. П. Шашина*
Технический редактор *М. И. Максимова*
Корректор *О. Я. Чернецова*

Сдано в наб. 19 04 88 Подп. в печ. 22 06.88 2,0 усл. п. л. 2,0 усл. кр отт 1,70 уч изд л.
Тир. 14000 Цена 10 коп.

Ордена «Знак Почета» **Издательство стандартов**, 123840, Москва, ГСП,
Новопресненский пер., 3
Калужская типография стандартов, ул. Московская, 256 Зак 1168

Изменение № 1 ГОСТ 10518—88 Системы электрической изоляции. Общие требования к методам ускоренных испытаний на нагревостойкость

Принято Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол № 41 от 24.05.2012)

Зарегистрировано Бюро по стандартам МГС № 6598

За принятие изменения проголосовали национальные органы по стандартизации следующих государств: AZ, AM, BY, GE, KZ, KG, MD, RU, TJ, TM, UZ, UA [коды альфа-2 по МК (ИСО 3166) 004]

Дату введения в действие настоящего изменения устанавливают указанные национальные органы по стандартизации*

На обложке и первой странице наименование стандарта после слов «**Системы электрической изоляции**» дополнить словами: «**и другие полимерные системы**».

* Дата введения в действие на территории Российской Федерации — 2013—01—01.

(Продолжение см. с. 334)

(Продолжение Изменения № 1 к ГОСТ 10518—88)

Наименование на английском языке после слов «Electric insulation systems» дополнить словами: «and other polymer systems».

Пункты 3.4, 4.6. Заменить ссылку: ГОСТ 21126—75 на ГОСТ 30630.3.0, ГОСТ 24683—81 на ГОСТ 30630.3.1.

Пункты 4.2, 4.3. Заменить слова: «ГОСТ 21126—75, приложение 2» на «ГОСТ 30630.3.0, п. Б.1» (1 раз), «ГОСТ 21126—75, разд. 4» на «ГОСТ 30630.3.0, п. 4.4» (2 раза).

Пункт 4.5. Заменить слова: «и электрического напряжения» на «для электротехнических изделий и систем электрической изоляции — электрического напряжения, а также нижнего значения температуры воздуха (для электротехнических и других изделий или полимерных систем категорий размещения 1, 2, 3 исполнений У и УХЛ по ГОСТ 15150, если это указано в стандартах и ТУ на изделия)».

Пункты 4.6, 5.8. Заменить ссылку ГОСТ 8865—87 на ГОСТ 8865.

Пункт 4.11. Третий абзац после слов «через токоведущие части макета» дополнить словами: «(для систем электрической изоляции) или других способов обеспечения имитации эксплуатационного нагрева изделий (для других полимерных систем)».

Пункт 4.12 дополнить словами: «или других полимерных систем».

(Продолжение см. с. 335)

Пункт 4.13. Второй абзац. Заменить слова: «При испытании готовых изделий» на «При испытании готовых электротехнических изделий»;

дополнить словами: «Для других видов изделий, для которых нагрев осуществляется в соответствии с п. 4.11, применяют аналогичные приемы измерения температуры в точках, критических к воздействию температуры».

Пункты 4.14, 5.9, приложение 1. Заменить ссылку: ГОСТ 21126—75 на ГОСТ 30630.3.0.

Пункт 4.14. Первый и второй абзацы. Заменить слова: «систем изоляции» на «систем электрической изоляции (или других полимерных систем)».

Пункт 4.15. Заменить слова и ссылку: «систем изоляции» на «систем электрической изоляции (или других полимерных систем)», ГОСТ 17516—72 на ГОСТ 30631.

Пункт 4.16. Последний абзац. Заменить слова: «неэлектротехнических изделий» на «неэлектротехнических изделий (или других полимерных систем)».

Пункты 4.17, 4.18 после слов «систем изоляции» дополнить словами: «(или других полимерных систем)» (4 раза).

Пункт 5.2 дополнить абзацем:

«При экстраполяции до заданного ресурса L в качестве заданного ресурса может быть установлен условный ресурс 20000 ч (при этом определяется температурный индекс или класс нагревостойкости материала) или базовый ресурс по пп. 5.5 и 5.7 (при этом определяется относительный температурный индекс)».

Пункт 5.7 дополнить примечанием:

«Примечание. Методика по пп. 5.5, 5.7 соответствует методике определения относительного температурного индекса».

Пункт 5.8. Первый абзац. Заменить слова: «согласно пп. 5.5 или 5.7» на «согласно п. 5.2».

Пункт 5.9 дополнить примечанием:

«Примечание. В некоторых НД вместо термина «ускоренные контрольные испытания» применяют термин «ускоренные сокращенные испытания».

Приложение 1 дополнить терминами:

«Температурный индекс — числовое значение температуры в градусах Цельсия, при которой условный ресурс полимерного материала или системы материалов, определяемый нагревостойкостью, составляет 20000 ч.

Относительный температурный индекс — числовое значение температуры в градусах Цельсия, при которой ресурс испытуемого материала равен ресурсу эталонного материала при температуре, определяемой его нагревостойкостью.

Примечание. В настоящем стандарте указанный ресурс в пп. 5.5 и 5.7 называется базовым ресурсом».

Приложение 2. Таблицу 1 изложить в новой редакции:

(Продолжение см. с. 336)

(Продолжение см. с. 337)

(Продолжение Изменения № 1 к ГОСТ 10518—88)

Таблица 1

Диапазоны температурных индексов, °С	Испытательная температура, °С На пересечении — длительность одного цикла, сут																								
	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250	260	270	280	290	300	310	320	330	340	360
95—104	28		14		7		3		1															
105—114		28		14		7		3		1														
115—124			28		14		7		3		1													
125—134				28		14		7		3		1												
135—144					28		14		7		3		1											
145—154						28		14		7		3		1										
155—164							28		14		7		3		1									
165—174								28		14		7		3		1								
175—184									28		14		7		3		1							
185—194										28		14		7		3		1						
195—204											28		14		7		3		1					
205—214												28		14		7		3		1				
215—224													28		14		7		3		1			
225—234														28		14		7		3		1		
235—244															28		14		7		3		1	
245—254																28		14		7		3		1

Примечание. Таблица 1 соответствует таблице 1 МЭК 60216-1.

после таблицы 1 «Пример пользования» исключить.

Приложение 4. Пункт 8. Первый абзац. Заменить слова: «в соответствии с ГОСТ 11.008—75 или ГОСТ 11.006—74» на «по статистическим справочникам»;

приложение дополнить пунктом — 11:

«11. Для вида нормального распределения экспериментальных данных вычисления проводят по требованиям ГОСТ 30630.3.0.

Если гипотеза линейности отвергнута (см. п. 7 настоящего приложения), то рекомендуется проводить вычисления для одного из вариантов эксперимента в соответствии с А.3, ГОСТ 30630.3.0».

Стандарт дополнить приложением — 7:

«Приложение 7
Информационные данные о соответствии
ГОСТ 10518—88 и стандартов МЭК серии 60216

1. Общая характеристика

Методика ГОСТ 10518 в принципе соответствует методике стандартов МЭК серии 60216.

2. В ГОСТ 10518 сохранена система оценки нагревостойкости по классам нагревостойкости электрической изоляции, а не только по температурным индексам или относительным температурным индексам. Это позволяет связывать ранее применявшиеся и современные методы оценки нагревостойкости.

3. Изменения к настоящему стандарту устанавливают возможность определения нагревостойкости не только полимерных электроизоляционных систем, но и других полимерных систем материалов, что отсутствует в методиках МЭК.

4. Таблица 1 ГОСТ 10518 соответствует таблице 1 МЭК 60216-1.

5. Таблица 2 ГОСТ 10518, составленная на основании опыта испытаний полимерных систем электрической изоляции и являющаяся предпочтительной при испытании этих систем, в МЭК 60216 отсутствует.

6. В ГОСТ 10518, приложение 3, приведены типовые графики нагревостойкости систем электрической изоляции электрических машин и аппаратов различных классов нагревостойкости, отсутствующие в МЭК 60216. По этим графикам возможно проводить предварительное определение соотношения ресурсов систем электрической изоляции при разных эксплуатационных температурах.

7. Методика обработки результатов по ГОСТ 10518 соответствует методике обработки результатов по МЭК 60216-1, однако в МЭК отсут-

(Продолжение см. с. 338)

ствует методика нахождения диапазона перегиба графика нагревостойкости при резком отличии этого графика от линейности».

Информационные данные. Пункт 1. Заменить слова: «Разработан и внесен п/я М-5266» на «Разработан и внесен Всесоюзным научно-исследовательским институтом электромеханики (ВНИИЭМ)»;

пункт 4 изложить в новой редакции:

«Настоящий стандарт соответствует серии международных стандартов МЭК 60216 «Электроизоляционные материалы. Свойства нагревостойкости» («Electrical insulating materials. Thermal endurance properties») и выполнен в форме неэквивалентного изложения. Степень соответствия указана в приложении 7»;

пункт 5 изложить в новой редакции:

«5. Взамен ГОСТ 10518—63»;

пункт 6. Таблицу ссылочных нормативно-технических документов изложить в новой редакции:

Обозначение НТД, на который дана ссылка	Номер пункта, приложения
ГОСТ 8865—93	4.6, 5.8
ГОСТ 10519—76	приложение 4
ГОСТ 15150—69	4.5, 4.6
ГОСТ 30630.3.0—2001*	3.4, 4.6, 5.9, приложение 1, приложение 4
ГОСТ 30630.3.1—2002**	3.4, 4.6
ГОСТ 30631—99	4.15

(ИУС № 2 2013 г.)

* Разработан на основе действующего в Российской Федерации ГОСТ Р 51372—99.

** Разработан на основе действующего в Российской Федерации ГОСТ Р

gost.e-ecolog.ru