ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО
ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 53176— 2008

УСТАНОВКИ ЭЛЕКТРОГЕНЕРАТОРНЫЕ С БЕНЗИНОВЫМИ, ДИЗЕЛЬНЫМИ И ГАЗОВЫМИ ДВИГАТЕЛЯМИ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Показатели надежности. Требования и методы испытаний

Издание официальное

БЗ 6—2008/130

Москва
Стандартинформ
2009

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

Цели и принципы стандартизации в Российской Федерации установлены Федеральным законом от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании», а правила применения национальных стандартов Российской Федерации — ГОСТ Р 1.0—2004 «Стандартизация в Российской Федерации. Основные положения»

Сведения о стандарте

1 РАЗРАБОТАН Федеральным государственным унитарным предприятием «Всероссийский научно-исследовательский институт стандартизации и сертификации в машиностроении» (ФГУП «ВНИИНМАШ») и открытым акционерным обществом (ОАО) «НИИЭлектроагрегат»

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 47 «Передвижная энергетика»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 18 декабря 2008 г. № 624-ст

4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодно издаваемом информационном указателе «Национальные стандарты», а текст изменений и поправок — в ежемесячно издаваемых информационных указателях «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ежемесячно издаваемом информационном указателе «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомления и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет

© Стандартинформ, 2009

Настоящий стандарт не может быть частично или полностью воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

Содержание

1 Область применения 1
2 Нормативные ссылки 1
3 Обозначения и сокращения 1
4 Требования к показателям надежности 2
5 Методы контроля показателей надежности 3
5.1 Контроль показателей надежности на этапе проектирования 3
5.2 Контрольные испытания на надежность 4
5.3 Контроль показателей надежности в ходе подконтрольной эксплуатации 9
Приложение А (обязательное) Формы первичных носителей информации о надежности электрогенераторных установок 10
Приложение Б (обязательное) Планы контроля средней наработки на отказ и среднего времени восстановления работоспособного состояния по одноступенчатому методу при $\alpha = \beta = 0{,}2$ для экспоненциального распределения 13
Приложение В (справочное) Примеры планирования и оценки результатов контрольных испытаний 14

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

УСТАНОВКИ ЭЛЕКТРОГЕНЕРАТОРНЫЕ С БЕНЗИНОВЫМИ, ДИЗЕЛЬНЫМИ И ГАЗОВЫМИ ДВИГАТЕЛЯМИ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Показатели надежности. Требования и методы испытаний

Electric generating plants with gasoline, diesel and gas internal combustion engines. Reliability indexes. Requirements and test methods

Дата введения — 2010—01—01

1 Область применения

Настоящий стандарт распространяется на электрогенераторные установки с бензиновыми, дизельными и газовыми двигателями внутреннего сгорания.

Настоящий стандарт устанавливает требования к надежности электрогенераторных установок и методы их контроля.

Стандарт не распространяется на электрогенераторные установки летательных аппаратов, наземных автотранспортных средств, локомотивов и сварочные электроагрегаты.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ Р 50783—95 Электроагрегаты и передвижные электростанции с двигателями внутреннего сгорания. Общие технические требования

ГОСТ 26363—84 Электроагрегаты и передвижные электростанции с двигателями внутреннего сгорания. Правила маркировки, упаковки, транспортирования и хранения

Примечание — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов и классификаторов в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодно издаваемому информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по соответствующим ежемесячно издаваемым информационным указателям, опубликованным в текущем году. Если ссылочный стандарт заменен (изменен), то при пользовании настоящим стандартом следует руководствоваться заменяющим (измененным) стандартом. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Обозначения и сокращения

k — количество условных составных частей электрогенераторной установки;

$K_{т.и}$ — коэффициент технического использования;

$\hat{K}_{т.и}$ — точечное значение коэффициента технического использования;

M — общее число экспериментов;

M_j — число экспериментов по j-й составной части;

N — число образцов при испытаниях на безотказность;

$R_{к.р.}$ — назначенный ресурс до капитального ремонта;

r — число отказов, полученных в процессе испытаний;

Издание официальное

$r_{пред}$ — предельное число отказов;

$S_{кон}$ — гамма-процентный срок сохраняемости в упаковке и/или консервации предприятия-изготовителя до первой переконсервации;

$S_{э0,9}$ — 90 %-ный срок сохраняемости в эксплуатации;

T_b — среднее время восстановления работоспособного состояния;

T_o — средняя наработка на отказ;

T_α — приемочное значение средней наработки на отказ;

T_β — браковочное значение средней наработки на отказ;

$T_{в\alpha}$ — приемочный уровень среднего времени восстановления;

$T_{в\beta}$ — браковочный уровень среднего времени восстановления;

$\hat{T}_в$ — точечное значение среднего времени восстановления работоспособного состояния;

$t_{вi}$ — время восстановления электрогенераторной установки при устранении i-го отказа, возникшего в ходе испытаний, ч;

$t_и$ — продолжительность испытаний одной электрогенераторной установки, ч;

t_Σ — фактическая суммарная наработка;

$t_{\Sigma пр}$ — суммарное время простоев всех электрогенераторных установок из-за плановых и неплановых текущих ремонтов;

t_{max} — планируемая суммарная наработка;

Y — требуемое значение показателя надежности;

$Y_р$ — расчетное значение показателя надежности;

δ — предельная относительная ошибка;

$\delta^{(в)}$ — предельная относительная ошибка времени восстановления;

$\delta^{(н)}$ — предельная относительная ошибка времени наработки на отказ;

Λ — суммарная интенсивность отказов электрогенераторной установки;

λ_j — интенсивность отказов j-й составной части.

4 Требования к показателям надежности

4.1 В стандартах, технических условиях (ТУ), технических заданиях (ТЗ) на разработку и модернизацию электрогенераторных установок должны быть установлены следующие показатели надежности:

- средняя наработка на отказ;
- среднее время восстановления работоспособного состояния;
- коэффициент технического использования;
- назначенный ресурс до капитального ремонта;
- гамма-процентный срок сохраняемости в упаковке и/или консервации предприятия-изготовителя до первой переконсервации;
- 90 %-ный срок сохраняемости в эксплуатации.

4.2 Показатели надежности электрогенераторных установок должны соответствовать значениям, приведенным в таблице 1.

Таблица 1

Вид двигателя внутреннего сгорания электрогенераторной установки и электростанции	Мощность, кВт	Средняя наработка на отказ T_o, ч, не менее	Среднее время восстановления $T_в$, ч, не более	Коэффициент технического использования $K_{т.и}$, не менее	90 %-ный срок сохраняемости в эксплуатации $S_{э0,9}$, год, не менее
Бензиновый	0,5	300	0,5	0,95	5
	1	750	1	0,99	
	Св. 1 до 30	850		0,97	
Дизельный	До 200	1000	2		
	Св. 200 до 500	1000		0,94	

Окончание таблицы 1

Вид двигателя внутреннего сгорания электрогенераторной установки и электростанции	Мощность, кВт	Средняя наработка на отказ $T_о$, ч, не менее	Среднее время восстановления $T_в$, ч, не более	Коэффициент технического использования $K_{т.и}$, не менее	90 %-ный срок сохраняемости в эксплуатации $S_{э0,9}$, год, не менее
Дизельный	Св. 500 до 1000	1000	2	0,92	5
	Св. 1000 до 5000	1500	3		
Газовый	До 200	1000	2	0,97	3
	Св. 200 до 500	1000		0,94	
	Св. 500 до 1000	1000	3	0,92	
	Св. 1000 до 5000	1500	4		
Газотурбинный	До 5000	800	3	0,95	2

4.3 Назначенный ресурс до капитального ремонта электрогенераторных установок должен быть не ниже назначенного ресурса до капитального ремонта двигателя, устанавливаемого ТУ на двигатель конкретного типа. По требованию заказчика допускается устанавливать двух- и трехкратное увеличение назначенного ресурса до капитального ремонта в сравнении с ресурсом двигателя с заменой в период эксплуатации двигателя, выработавшего свой ресурс.

4.4 Гамма-процентный срок сохраняемости в упаковке и (или) консервации предприятия-изготовителя до первой переконсервации электрогенераторных установок конкретных типов устанавливается при гамма, практически равной 100 %, в соответствии с ГОСТ 26363.

4.5 Показатели надежности электроагрегатов, входящих в состав электрогенераторных установок многоагрегатного состава, должны соответствовать 4.2 — 4.4.

4.6 Критерии отказов электрогенераторных установок:

- аварийная остановка;
- отклонение параметров качества вырабатываемой электроэнергии за пределы, указанные в ТУ на электрогенераторные установки конкретных типов;
- нарушение выполняемых функций по назначению.

4.7 Критерии предельного состояния электрогенераторных установок — наличие механических и (или) электрических повреждений, предельных износов и старения основных комплектующих изделий (двигатель внутреннего сгорания, генератор и т. п.), приводящих к невозможности дальнейшего использования электрогенераторной установки по назначению без проведения капитального ремонта.

4.8 Показатели надежности электрогенераторных установок должны обеспечиваться при внешних воздействиях, установленных ГОСТ Р 50783.

4.9 Показатели надежности электрогенераторных установок должны быть подтверждены:

- расчетным методом на этапе разработки ТЗ, эскизного, технического и рабочего проектирования;
- контрольными испытаниями на надежность на предварительных государственных испытаниях — для опытных образцов;
- в ходе подконтрольной эксплуатации и (или) контрольными испытаниями на надежность по отдельному договору с заказчиком на этапе серийного производства.

5 Методы контроля показателей надежности

5.1 Контроль показателей надежности на этапе проектирования

5.1.1 Контроль показателей надежности, установленных в разделе 4, на этапе проектирования следует проводить расчетным методом.

5.1.2 Контроль показателей надежности на этапах разработки ТЗ и эскизного проектирования проводят на уровне электрогенераторной установки в целом и основных составных частей (двигателя, генератора, системы управления и т. п.).

На этапе технического проектирования расчет показателей надежности проводят (на этапе рабочего проектирования корректируют) на уровне деталей, сборочных единиц и электрогенераторных установок в целом.

5.1.3 Решение о соответствии показателей надежности (Y, Y_p) электрогенераторных установок установленным нормам, ограниченным снизу, принимают, если выдерживается соотношение

$$Y_p \geq Y. \quad (1)$$

Для норм, ограниченных сверху, условие соответствия принимает вид:

$$Y_p \leq Y. \quad (2)$$

5.1.4 В результате расчета должны быть приведены:

- иерархическая структурная схема надежности электрогенераторной установки;
- расчетные значения нормируемых показателей надежности;
- выводы о соответствии расчетных значений показателей надежности установленным;
- выводы о принципиальной возможности достижения требуемого уровня надежности для принятого варианта конструкторского решения и возможности перехода к следующей стадии разработки;
- задачи отработки электрогенераторной установки на следующей стадии разработки для обеспечения требуемого уровня надежности.

5.2 Контрольные испытания на надежность

5.2.1 Общие положения

5.2.1.1 Контрольные испытания на надежность проводят с целью контроля соответствия средней наработки на отказ, среднего времени восстановления работоспособного состояния и коэффициента технического использования электрогенераторных установок требованиям настоящего стандарта.

5.2.1.2 Материально-техническое и метрологическое обеспечение контрольных испытаний на надежность осуществляет предприятие — изготовитель продукции.

При проведении этих же испытаний у заказчика материально-техническое и метрологическое обеспечение проводит заказчик средствами, имеющимися в его распоряжении.

5.2.1.3 Контрольные испытания на надежность электрогенераторных установок проводят в условиях, соответствующих требованиям ГОСТ Р 50783.

5.2.1.4 Техническое обслуживание и ремонт испытуемых электрогенераторных установок проводят во время контрольных испытаний в соответствии с требованиями эксплуатационной и ремонтной документаций.

5.2.1.5 Подготовка к контрольным испытаниям на надежность включает в себя:

- разработку, согласование и утверждение программы и методик испытаний;
- подготовку лабораторно-испытательной базы (стенда нагрузок, измерительных приборов, помещений).

5.2.1.6 Программу и методики испытаний на надежность должно разрабатывать предприятие — изготовитель вида продукции и согласовывать с заказчиком.

5.2.1.7 Для проведения контрольных испытаний на надежность создают комиссию. Состав комиссии, порядок работы и обязанности определяют по согласованию между заказчиком и разработчиком в зависимости от категории испытаний.

5.2.1.8 С момента начала контрольных испытаний фиксируют:

- наработку электрогенераторной установки;
- отказы, повреждения, дефекты и моменты их обнаружения;
- время на обнаружение и устранение отказов и повреждений.

Формы учета времени работы, отказов и повреждений в процессе испытаний приведены в приложении А.

5.2.1.9 В процессе и после окончания контрольных испытаний анализируют результаты, оценивают соответствие электрогенераторных установок требованиям, установленным в настоящем стандарте, к средней наработке на отказ, среднему времени восстановления работоспособного состояния и коэффициенту технического использования.

5.2.1.10 При оценке показателей надежности все отказы электрогенераторных установок подразделяют на учитываемые и неучитываемые.

Не учитывают отказы:

- зависимые;
- вызванные воздействием внешних факторов, не предусмотренных ГОСТ Р 50783;
- вызванные нарушением обслуживающим персоналом инструкции по эксплуатации;
- устраняемые в процессе доработок, эффективность которых очевидна или подтверждена экспериментально при дальнейших испытаниях на надежность или при дополнительных испытаниях;
- не влияющие на оцениваемый показатель надежности.

5.2.1.11 Обработку результатов испытаний на надежность проводит подразделение надежности предприятия — изготовителя вида продукции.

5.2.1.12 Контрольные испытания на надежность считают законченными, если программа испытаний выполнена, результаты испытаний оформлены актом, содержащим анализ и оценку результатов испытаний, замечания, рекомендации и конкретные предложения по повышению надежности электрогенераторных установок.

5.2.1.13 При получении отрицательных результатов контрольных испытаний на надежность по одному или нескольким показателям надежности выносится решение о проведении работ по приведению показателей надежности в соответствие с требованиями настоящего стандарта и о проведении повторных контрольных испытаний.

5.2.1.14 Выводы и предложения по результатам контрольных испытаний на надежность оформляют отдельным актом.

5.2.2 Контрольные испытания на безотказность

5.2.2.1 Контрольные испытания на безотказность проводят одноступенчатым методом с восстановлением отказавших электрогенераторных установок при экспоненциальном законе распределения.

5.2.2.2 Исходные данные для планирования контрольных испытаний на безотказность:

- риск поставщика α, равный 0,2;
- риск потребителя β, равный 0,2;
- t_{max} — планируемая суммарная наработка электроагрегатов и электростанций, ч.

Планируемая суммарная наработка устанавливается по согласованию между заказчиком и разработчиком, исходя из требуемой точности и технико-экономической целесообразности.

5.2.2.3 План испытаний, предельное число отказов $r_{пред}$, приемочное T_α и браковочное T_β значения средней наработки на отказ, отношение T_α/T_β, предельную относительную ошибку $\delta^{(н)}$ определяют по приложению Б.

5.2.2.4 При испытаниях на безотказность число образцов N устанавливается в программе испытаний по согласованию заказчика и изготовителя или вычисляется по формуле

$$N = \frac{t_{max}}{t_и}. \qquad (3)$$

Допускается проводить испытания на безотказность на одном образце; при этом продолжительность испытаний устанавливается в пределах гарантийной наработки электрогенераторной установки.

5.2.2.5 Оценку соответствия электрогенераторной установки установленным требованиям к средней наработке на отказ проводят следующим образом:

а) если раньше достигается суммарная наработка (t_Σ), равная планируемой ($t_\Sigma = t_{max}$), а число отказов r, полученных в процессе испытаний, меньше предельного числа отказов ($r < r_{пред}$), то электрогенераторные установки соответствуют установленным требованиям;

б) если раньше достигается предельное число отказов $r_{пред}$, а суммарная наработка меньше планируемой ($t_\Sigma < t_{max}$), то электрогенераторные установки не соответствуют установленным требованиям.

Примечание — В ходе испытаний на безотказность необязательно, чтобы все образцы испытывались одновременно и к моменту окончания испытаний имели бы строго одинаковую наработку.

5.2.2.6 Контрольные испытания на безотказность должны состоять из испытаний, предусмотренных ТУ на электрогенераторную установку конкретного типа, и испытаний в длительном режиме с переменной нагрузкой. Состав, периодичность и последовательность испытаний устанавливают в программе испытаний на надежность. Испытания в длительном режиме с переменной нагрузкой рекомендуется проводить сменами по 8 ч. Рекомендуемый режим и характер изменения нагрузки при коэффициенте мощности от 0,8 до 1,0 в течение смены приведены в таблице 2.

Таблица 2

Нагрузка по мощности	Продолжительность испытаний электрогенераторных установок, ч			
	дизельных	бензиновых	газотурбинных	газовых
Запуск и работа на холостом ходу до принятия нагрузки	В соответствии с ТУ на электрогенераторные установки конкретного типа			
50 %	1	2	1	1
80 %	2	2,5	2	2

Окончание таблицы 2

Нагрузка по мощности	Продолжительность испытаний электрогенераторных установок, ч			
	дизельных	бензиновых	газотурбинных	газовых
100 % 110 %	4 0,75	2,5 0,75	2,5 0,75	2,5 0,75
Остановка, пересмена обслуживающего персонала, ежедневное техническое обслуживание	0,25	0,25	0,25	0,25

Для электрогенераторных установок, допускающих возможность параллельной работы, рекомендуется через каждые 200 ч наработки в течение одной смены (8 ч) проводить параллельную работу электрогенераторных установок с промышленной сетью или между собой.

5.2.2.7 Испытания на безотказность следует проводить в условиях (температура, влажность, атмосферное давление), имеющихся на испытательной станции (полигоне) и не выходящих за пределы, установленные ГОСТ Р 50783.

5.2.2.8 При проведении испытаний на безотказность в длительном режиме с переменной нагрузкой ежесменно контролируют:

а) нагрузку по мощности;

б) напряжение и ток в фазах;

в) частоту тока;

г) температуру окружающей среды;

д) атмосферное давление;

е) относительную влажность окружающей среды;

ж) давление масла в двигателе;

и) температуру охлаждающей жидкости в двигателе;

к) температуру масла в двигателе.

В начале и в конце испытаний измеряют расход топлива, потребляемого двигателем при его работе в номинальном режиме.

5.2.2.9 Во время испытаний на безотказность на каждую электрогенераторную установку заводят журнал, в который записывают:

- наименование электрогенераторной установки, ее условное обозначение, заводской номер, год, месяц выпуска, наименование предприятия-изготовителя;
- контролируемые параметры;
- состояние электроустановки (автономная работа, вид технического обслуживания, ремонта и т. д.);
- число часов работы нарастающим итогом;
- дату начала и окончания технического обслуживания, ремонта;
- трудоемкость технического обслуживания, ремонта;
- продолжительность и причину вынужденного простоя в ожидании технического обслуживания, ремонта;
- стоимость проведения технического обслуживания, ремонта (включая стоимость замененных деталей, а также отремонтированных, при этом отдельно указывают стоимость деталей, использованных из комплекта запасных инструментов и принадлежностей);
- перечень регулировочных (наладочных) работ по восстановлению электрогенераторных установок и их составных частей;
- рекомендации и предложения обслуживающего персонала по предотвращению подобных отказов и по улучшению удобства проведения технического обслуживания и ремонта.

5.2.2.10 Контрольные испытания на безотказность допускается прерывать. Основанием для перерыва может быть:

- выход из строя стендов и вспомогательного оборудования;
- отсутствие средств обеспечения;
- устранение последствий аварии;
- возникновение условий, угрожающих сохранности электрогенераторной установки и безопасности обслуживающего персонала или нарушающих установленный режим испытаний более чем на двое рабочих суток.

5.2.2.11 Контрольные испытания на безотказность могут быть досрочно прекращены. Основанием для такого прекращения может быть несоответствие надежности установленным требованиям.

5.2.3 Контрольные испытания на ремонтопригодность

5.2.3.1 Контрольные испытания на ремонтопригодность проводят для оценки соответствия электрогенераторной установки требованиям к среднему времени восстановления работоспособного состояния.

5.2.3.2 Контрольные испытания на ремонтопригодность следует проводить на вновь разрабатываемых электрогенераторных установках.

5.2.3.3 Программу и методику испытаний на ремонтопригодность допускается включать разделом в общую программу и методику испытаний на надежность.

5.2.3.4 Испытания на ремонтопригодность допускается проводить на тех же электрогенераторных установках, на которых проводят испытания на безотказность. При этом используются отказы, полученные при испытаниях на безотказность (испытания с возникающей необходимостью). Если полученного числа отказов недостаточно, то проводят искусственное введение отказов и неисправностей (испытания с искусственно создаваемой необходимостью). Необходимость искусственного введения отказов должна быть согласована между разработчиком и заказчиком.

5.2.3.5 При моделировании число отказов каждого вида должно быть пропорционально вероятности их появления. Последнюю определяют по результатам подконтрольной эксплуатации электрогенераторных установок аналогов.

Допускается определять вероятность появления отказов по каждому виду аналитически.

При проведении испытаний с искусственно создаваемой необходимостью в проведении ремонтов электрогенераторные установки следует условно разбивать на k составных частей.

Общее число экспериментов M распределяют по составным частям пропорционально плотности отказов каждой составной части:

$$r_j = M_j \frac{\lambda_j}{\Lambda}. \qquad (4)$$

5.2.3.6 При проведении испытаний на ремонтопригодность учитывают только время, затраченное на отыскание и устранение отказа.

Время простоя по организационным причинам (поиска и доставки запасных частей, материалов, инструмента и т. д.) при оценке показателей ремонтопригодности не учитывают. В случае возникновения вторичного отказа, вызванного ошибками обслуживающего персонала, время на его устранение суммируют с временем устранения основного отказа.

5.2.3.7 До начала ремонта сведения о месте и виде отказа не следует доводить до обслуживающего персонала.

5.2.3.8 Испытания на ремонтопригодность с искусственно создаваемой необходимостью должны проводить две бригады испытателей, состав которых должен соответствовать расчету, обслуживающему электрогенераторную установку. Одна бригада подготавливает электрогенераторную установку к проведению испытаний (вводит отказы по заранее принятому плану), другая бригада занимается поиском и устранением отказов.

При проведении ремонта следует применять инструменты и принадлежности одиночного комплекта запасных инструментов и принадлежностей (ЗИП).

5.2.3.9 Контрольные испытания на ремонтопригодность проводят одноступенчатым методом, исходя из экспоненциального закона распределения времени восстановления работоспособного состояния.

5.2.3.10 Исходные данные для планирования испытаний на ремонтопригодность:

риск поставщика α, равный 0,2;

риск потребителя β, равный 0,2;

предельное число отказов $r_{пред.}$

Предельное число отказов $r_{пред}$ устанавливают по согласованию между заказчиком и разработчиком, исходя из требуемой точности и технико-экономической целесообразности.

5.2.3.11 План испытаний, приемочный ($T_{в\alpha}$) и браковочный ($T_{в\beta}$) уровни среднего времени восстановления, отношение $\left(\frac{T_{в\beta}}{T_{в\alpha}}\right)$, предельную относительную ошибку ($\delta^{(в)}$) определяют по приложению Б.

5.2.3.12 Для оценки результатов испытаний на ремонтопригодность точечное значение среднего времени восстановления работоспособного состояния ($\hat{T}_в$) вычисляют по формулам:

- в случае проведения испытаний с возникающей необходимостью:

$$\hat{T}_{\text{в}} = \frac{1}{r_{\text{пред}}} \sum_{i=1}^{r_{\text{пред}}} t_{\text{в}i}, \tag{5}$$

- в случае проведения испытаний с искусственно создаваемой необходимостью:

$$\hat{T}_{\text{в}} = \frac{1}{\Lambda} \sum_{j=1}^{k} t_{\text{в}j} \lambda_j, \tag{6}$$

где $t_{\text{в}j}$ — среднее время восстановления составной j-й части электрогенераторной установки, ч;

$$t_{\text{в}j} = \frac{1}{r_i} \sum_{i=1}^{r_j} t_{\text{в}i,j}, \tag{7}$$

где $t_{\text{в}i,\,j}$ — время восстановления электрогенераторной установки при устранении i-го отказа j-й составной части, ч.

5.2.3.13 Электрогенераторная установка соответствует требованиям к среднему времени восстановления работоспособного состояния $T_{\text{в}}$, установленным в настоящем стандарте, если

$$\hat{T}_{\text{в}} \le T_{\text{в}}. \tag{8}$$

5.2.3.14 Электрогенераторная установка не соответствует требованиям к среднему времени восстановления работоспособного состояния $T_{\text{в}}$, установленным в настоящем стандарте, если

$$\hat{T}_{\text{в}} > T_{\text{в}}. \tag{9}$$

5.2.4 Оценка коэффициента технического использования

5.2.4.1 Оценку коэффициента технического использования проводят по результатам испытаний на безотказность и ремонтопригодность сравнением его точечного значения $\hat{K}_{\text{т.и}}$ с нормированным $K_{\text{т.и}}$, установленным в настоящем стандарте.

5.2.4.2 Электрогенераторная установка требованиям к коэффициенту технического использования $K_{\text{т.и}}$ соответствует, если

$$\hat{K}_{\text{т.и}} \ge K_{\text{т.и}}. \tag{10}$$

При $\hat{K}_{\text{т.и}} < K_{\text{т.и}}$ выносят решение о несоответствии электрогенераторной установки указанным требованиям.

5.2.4.3 Точечное значение коэффициента технического использования $\hat{K}_{\text{т.и}}$ определяют экспериментально за все время испытаний по формуле

$$\hat{K}_{\text{т.и}} = \frac{t_{\Sigma}}{t_{\Sigma} + t_{\Sigma_{\text{пр}}}}. \tag{11}$$

5.2.4.4 При оценке коэффициента технического использования $K_{\text{т.и}}$ используют хронометражные наблюдения за выполнением всех операций по техническому обслуживанию и ремонту (см. форму 2, приложение А).

5.2.4.5 Началом каждой операции является прикасание инструментов к гайке, винту, паяному соединению, концом операции — отрыв от них.

5.2.4.6 Время между точками начала и конца хронометража будет основным временем проведения операции. Время между отдельными приемами данной операции, а также время подхода к обслуживаемой детали — вспомогательное время данной операции. В конце хронометража проводят суммирование основного и вспомогательного времени.

5.2.4.7 Используя хронокарты, определяют оперативную продолжительность каждого вида ремонта и технического обслуживания, вычисляют число ремонтов и обслуживаний каждого вида за время суммарной наработки t_{Σ}, суммарное время простоев всех электрогенераторных установок $t_{\Sigma_{\text{пр}}}$ и коэффициент технического использования $\hat{K}_{\text{т.и}}$.

5.3 Контроль показателей надежности в ходе подконтрольной эксплуатации

5.3.1 Контроль показателей надежности в ходе подконтрольной эксплуатации заключается в получении необходимых статистических данных о надежности электрогенераторных установок путем организации соответствующей системы сбора и обработки информации.

5.3.2 Сбор и обработку информации о надежности осуществляет ежегодно с начала эксплуатации подразделение предприятия — изготовителя электрогенераторных установок.

5.3.3 Сбор информации о надежности проводят следующими методами:

а) постоянного наблюдения (подконтрольная эксплуатация);

б) эпизодического обследования;

в) анкетирования.

5.3.4 Формами сбора информации о надежности электрогенераторных установок должны быть:

а) «Информационная карта эксплуатационной надежности» (форма 4, приложение А);

б) ремонтные и эксплуатационные документы;

в) акты рекламаций;

г) «Карточки учета повреждений и аварий электротехнических средств»;

д) «Акты расследования аварий»;

е) отчеты результатов анализа технического состояния и надежности электрогенераторных установок, находящихся в эксплуатации.

5.3.5 Объем информации о надежности должен быть достаточным для определения вида закона распределения рассматриваемой случайной величины с использованием критериев согласия ω^2 или χ^2.

В случае известного вида закона распределения случайной величины планирование наблюдений в условиях эксплуатации проводят по планам [NUN], [NMR], [NMT] в соответствии с [1] при однородной доверительной вероятности 0,8 или 0,9 и предельной относительной ошибке δ, выбираемой по согласованию с заказчиком из ряда: 0,05; 0,10; 0,15; 0,20.

5.3.6 Целесообразность организации подконтрольной эксплуатации электрогенераторных установок устанавливается по согласованию между предприятием-изготовителем с эксплуатирующей организацией.

Порядок проведения подконтрольной эксплуатации устанавливается соответствующими инструкциями, разрабатываемыми на электрогенераторные установки конкретных типов и утвержденными в установленном порядке.

5.3.7 Оценка параметров законов распределения — в соответствии с [1]. Расчет показателей надежности и их доверительных границ — в соответствии с [1].

5.3.8 Оценку соответствия показателей эксплуатационной надежности электрогенераторных установок установленным нормам проводят в соответствии с 5.1.3. При этом за значение Y_p принимают точечное значение показателя надежности.

При получении отрицательного результата хотя бы по одному из показателей надежности, установленных 4.1, предприятие-изготовитель совместно с предприятиями — поставщиками комплектующих изделий разрабатывает и внедряет мероприятия по повышению надежности. Эффективность мероприятий должна быть подтверждена результатами контрольных испытаний, проводимых в соответствии с 5.2.

5.3.9 Обработка эксплуатационной информации о надежности электрогенераторных установок завершается техническим отчетом, составляемым подразделением надежности.

Отчет согласовывается с заказчиком и утверждается руководством предприятия-изготовителя.

Приложение А
(обязательное)

Формы первичных носителей информации о надежности электрогенераторных установок

Форма 1

Карта учета отказов и неисправностей при испытаниях

_____

наименование, тип, заводской номер электрогенераторной установки

Дата		Номер испытаний	Наработка от начала испытаний, ч	Наименование отказавшей неисправной части	Внешнее проявление отказа, неисправности	Причина возникновения отказа, неисправности	Время восстановления, ч (без учета организационного времени)		Время поиска отказа, неисправности	Время устранения отказа, неисправности	Общее время простоя, ч	По характеру изменения основного параметра		По возможности использования источника электроэнергии после возникновения отказа		По связи с другими отказами		По причине возникновения				По трудоемкости и стоимости его устранения		Устойчивость неработоспособности		
Возникновение отказа, неисправности	Устранение отказа, неисправности	Номер отказа, неисправности от начала испытаний	Наработка от начала испытаний, ч	Наименование отказавшей неисправной части	Внешнее проявление отказа, неисправности	Причина возникновения отказа, неисправности	Время поиска отказа, неисправности	Время устранения отказа, неисправности	Общее время простоя, ч	Неисправность (Н)	Неучитываемый (Ну)	Учитываемый (У)	Внезапный (В)	Постепенный (Пс)	Полный (Пл)	Частичный (Ч)	Независимый (Нз)	Зависимый (З)	Конструкционный (К)	Производственный (П)	Естественный износ, старение (Е)	Комплектующий элемент (Кэ)	I группа	II группа	Устойчивый (У)	Сбой (Сб)	Перемежающийся
Замечания и предложения обслуживающего персонала о предотвращении подобных отказов																											

Карта заполнена _____ _____

личная подпись расшифровка подписи

Форма 2

Хронокарта _____

вид технического обслуживания и ремонта

Наименование операции	Время выполнения операции, ч, мин		Продолжи-тельность, мин	Число рабочих	Трудоемкость, чел. -ч	Примечание
	Начало	Конец				

Карта заполнена _____ _____

личная подпись расшифровка подписи

Форма 3

Лист журнала испытаний

Дата, температура, атмосферное давление, относительная влажность окружающего воздуха	Время	Нагрузка по мощности, кВт	Напряжение, В	Токи в фазах	Частота тока, Гц	Давление масла	Температура охлаждающей жидкости	Температура масла	Наработка от начала испытаний	Примечание

Карта заполнена _____ _____

личная подпись расшифровка подписи

Форма 4

Информационная карта эксплуатационной надежности

_____

наименование и заводской номер электрогенераторной установки

Дата _____ наработка, ч _____ на начало квартала

Наработка, ч _____ на конец квартала

Нагрузка
по мощности, % 0—20 20—40 40—80 60—80 80—100 100—110

Наработка, ч, за квартал _____

Температура окружающей среды, °С (–50)—(–20) (–20)—0 0—10 10—20 20—30 30—50

Наработка, ч, за квартал _____

Сведения о технических обслуживаниях (ТО)

Вид ТО _____ Дата проведения _____

Наработка, ч, от начала эксплуатации _____

Продолжительность ТО, мин _____

Сведения об отказах и ремонтах

Номер отказа (неисправности) от начала эксплуатации _____

Дата возникновения отказа _____

Наработка, ч, от начала эксплуатации до момента возникновения отказа _____

_____ Дата устранения отказа _____

Перечень отказавших (замененных) деталей _____

Внешнее проявление отказа _____

Причина возникновения отказа _____

Время поиска отказа, мин _____ Время устранения отказа _____

Время простоя, ч _____ Где и кем устранен отказ _____

_____ Трудоемкость ремонта, чел.-ч _____

С использованием ЗИП, без использования ЗИП (нужное подчеркнуть)

Рекомендации и предложения обслуживающего и ремонтного персонала по предотвращению отказов, удобству проведения ремонтов и ТО

_____

_____

_____

Карта заполнена _____ _____

личная подпись расшифровка подписи

Приложение Б
(обязательное)

Планы контроля средней наработки на отказ и среднего времени восстановления работоспособного состояния по одноступенчатому методу при $\alpha = \beta = 0{,}2$ для экспоненциального распределения

Таблица Б.1

t_{max}	$r_{пред}$	$\frac{T_\alpha}{T_\beta}, \frac{T_{в\beta}}{T_{в\alpha}}$	$\frac{T_\alpha}{T_{в\beta}}$	$\frac{T_\beta}{T_{в\alpha}}$	$\delta^{(н)}$	$\delta^{(в)}$
1	2	3,67	1,21	0,33	0,67	0,21
2	3	2,77	1,30	0,47	0,53	0,30
3	4	2,43	1,31	0,54	0,46	0,31
4	5	2,17	1,30	0,60	0,40	0,30
5	6	2,03	1,28	0,63	0,37	0,28
6	7	1,92	1,27	0,66	0,33	0,27
7	8	1,84	1,25	0,68	0,32	0,25
8	9	1,77	1,24	0,70	0,30	0,24
9	10	1,71	1,23	0,72	0,28	0,23
10	11	1,67	1,22	0,73	0,27	0,22
11	12	1,63	1,22	0,75	0,25	0,22
12	13	1,60	1,20	0,75	0,25	0,20
13	14	1,59	1,19	0,75	0,25	0,19
14	15	1,55	1,19	0,76	0,23	0,19

Примечание — Значения приемочных и браковочных уровней показателей надежности вычислены по формулам:

$$T_\alpha = r_5 T_о;\ T_\beta = r_4 T_о;\ T_{в\alpha} = r_4 T_в;\ T_{в\beta} = r_5 T_в.$$

Коэффициенты r_4 и r_5 вычислены по формулам:

$$r_4 = \frac{2(r_{пред} - 1)}{\chi^2_\beta(2r_{пред})};$$

$$r_5 = \frac{2(r_{пред} - 1)}{\chi^2_{1-\alpha}(2r_{пред})},$$

где $\chi^2_\beta(2r_{пред})$ и $\chi^2_{1-\alpha}(2r_{пред})$ — квантили распределения $\chi^2 c 2r_{пред}$ степенями свободы, отвечающие соответственно вероятностям: $\beta = 0{,}2$ и $1 - \alpha = 0{,}8$

$$\frac{T_\alpha}{T_\beta} = \frac{T_{в\beta}}{T_{в\alpha}} = \frac{r_5}{r_4} = \frac{\chi^2_\beta(2r_{пред})}{\chi^2_{1-\alpha}(2r_{пред})};$$

$$t_{max} = \frac{1}{2} T_\alpha \chi^2_{1-\alpha}(2r_{пред}) = \frac{1}{2} r_5 T_о \chi^2_{1-\alpha}(2r_{пред}) = T_о(r_{пред} - 1).$$

Отсюда:

$$r_{пред} = \frac{t_{max}}{T_о} + 1.$$

Предельная ошибка δ вычислена по формулам:

$$\delta^{(н)} = \frac{T_о - T_\beta}{T_о} = 1 - r_4;\quad \delta^{(в)} = \frac{T_{в\beta} - T_в}{T_в} = r_5 - 1,$$

где $\delta^{(н)}$ и $\delta^{(в)}$ — соответственно нижняя и верхняя предельные относительные ошибки при оценке показателей «средняя наработка на «отказ» и «среднее время восстановления».

Значения t_{max}, T_α, T_β даны в таблице 3 в относительных единицах $T_о$; $T_{в\alpha}$, $T_{в\beta}$ — в относительных единицах $T_в$.

Приложение В
(справочное)

Примеры планирования и оценки результатов контрольных испытаний

Пример 1. Для контроля безотказности электрогенераторных бензиновых установок мощностью 0,5 кВт заданы: планируемая суммарная наработка $t_{max} = 10T_o$, риски поставщика и потребителя $\alpha = \beta = 0,2$; продолжительность испытаний одного образца 600 ч; требование стандарта к наработке на отказ $T_o > 300$ ч. Определить план контроля по одноступенчатому методу.

Решение. По таблице Б.1 приложения Б по данным t_{max}, α и β находят: предельное число отказов $r_{пред} = 11$, приемочное значение наработки на отказ $T_\alpha = 1,22T_o = 366$ ч; браковочное значение $T_\beta = 0,73T_o = 219$ ч;

отношение $T_\alpha/T_\beta = 1,67$; ожидаемая предельная ошибка $\delta^{(н)} = 0,27\ T_o = 81$ ч. Число испытуемых образцов

$$N = \frac{t_{max}}{t_и} = \frac{10 \cdot 300}{600} = 5.$$

Условия приемки: при наработке пяти электрогенераторных установок в течение 3000 ч фактическое число отказов r должно быть меньше 11.

Условие браковки: получение 11 отказов до достижения наработки пятью электрогенераторными установками совместно 3000 ч.

Пример 2. Для контроля ремонтопригодности дизельных электрогенераторных установок мощностью 100 кВт заданы: предельное число отказов $r_{пред} = 5$; риски поставщика и потребителя $\alpha = \beta = 0,2$; требование стандарта к среднему времени восстановления $T_в \le 2$ ч; отказы моделируются. Определить план контроля по одноступенчатому методу и смоделировать искусственно вводимые отказы.

Решение. По таблице Б.1 приложения Б по данным α, β, $r_{пред}$ находят:

$$T_{в\alpha} = 0,60T_в = 0,60:2 = 1,2 \text{ ч.}$$

Перечень моделируемых отказов определяют по результатам обработки эксплуатационных данных. Для электрогенераторных установок мощностью 100 кВт 232 отказа распределились следующим образом:

165 — по двигателю; 55 — по генератору; 11 — по системе управления; 1 — по соединительной муфте.

Интенсивность отказов электрогенераторной установки, двигателя, генератора, системы управления, соединительном муфты составляет соответственно:

$$\Lambda = 147 \cdot 10^{-5}\frac{1}{r};\ \lambda_д = 104 \cdot 10^{-5}\frac{1}{r};\ \lambda_в = 35 \cdot 10^{-5}\frac{1}{r};$$

$$\lambda_{с.у} = 7 \cdot 10^{-5}\frac{1}{r};\ \lambda_{с.м} = 0,7 \cdot 10^{-5}\frac{1}{r}.$$

При заданном числе экспериментов (M = 5) по формуле (4) отказы должны быть распределены следующим образом:

- по двигателю:

$$r_j = 5\frac{104 \cdot 10^{-5}}{147 \cdot 10^{-5}} \approx 4;$$

- по генератору:

$$r_j = 5\frac{35 \cdot 10^{-5}}{147 \cdot 10^{-5}} \approx 1;$$

- по системе управления:

$$r_j = 5\frac{7 \cdot 10^{-5}}{147 \cdot 10^{-5}} \approx 0;$$

- по соединительной муфте:

$$r_j = 5\,\frac{0{,}7\cdot 10^{-5}}{147\cdot 10^{-5}} \approx 0.$$

Следовательно, необходимо смоделировать четыре отказа по двигателю и один отказ по генератору.

С учетом наибольшей вероятности появления для моделирования выбраны следующие отказы:

- пробой выпрямителя в генераторе;

- выход из строя водяного насоса (замена);

- обрыв лопастей вентилятора;

- замена электродвигателя;

- замена реле КРД-2.

По каждому отказу методом хронометража определяют время восстановления $t_{вij}$. Затем по формуле (7) определяют среднее время восстановления $t_{вj}$ двигателя.

Среднее время восстановления ($\hat{T}_в$) электрогенераторной установки вычисляют по формуле (6).

Условие приемки: $\hat{T}_в \le 2$ ч.

Условие браковки: $\hat{T}_в > 2$ ч.

Пример 3. Провести оценку соответствия требованиям стандарта коэффициента технического использования электрогенераторной установки мощностью 100 кВт методом предполагаемой необходимости в проведении технических обслуживаний:

Решение. Оценку точечного значения коэффициента технического использования $\hat{K}_{т.и}$ проводят по формуле (10). Учитывая, что суммарное время простоев электрогенераторных установок обусловлено проведением ремонтов при отказах и проведением технических обслуживаний ТО-1 и ТО-2, формула (6) после преобразований примет вид:

$$K_{т.и} = \left[1 + \frac{T_в}{T_о} + \frac{\tau_{то-2}}{\tau_{то-2}} + \tau_{то-1}\left(\frac{1}{T_{то-1}} - \frac{1}{T_{то-2}}\right)\right]^{-1},$$

где $T_{то-1}$, $T_{то-2}$ — периодичность проведения технических обслуживаний ТО-1 и ТО-2 (устанавливается инструкцией по эксплуатации);

$\tau_{то-1}$, $\tau_{то-2}$ — *продолжительность проведения соответствующих технических обслуживаний (определяется в ходе испытаний путем хронометража).*

Значение $\hat{K}_{т.и}$, вычисленное по формуле (10), сравнивают со значением $K_{т.и}$, устанавливаемым настоящим стандартом.

Условие приемки: $\hat{K}_{т.и} \ge K_{т.и}$.

Условие браковки: $\hat{K}_{т.и} < K_{т.и}$.

Библиография

[1] РД 50-690—89 Методические указания. Надежность в технике. Методы оценки показателей надежности по экспериментальным данным.

УДК 621.311.28:658.562:006.354 ОКС 27.020 Е62 ОКП 33 7500
33 7800

Ключевые слова: электрогенераторная установка, дизельный двигатель, газовый двигатель, бензиновый двигатель, надежность, требования, методы контроля

Редактор *Р.Г. Говердовская*
Технический редактор *Н.С. Гришанова*
Корректор *Т.И. Кононенко*
Компьютерная верстка *Л.А. Круговой*

Сдано в набор 23.03.2009. Подписано в печать 26.05.2009. Формат 60 × 84 1/8. Бумага офсетная. Гарнитура Ариал.
Печать офсетная. Усл. печ. л. 2,32. Уч.-изд. л. 1,70. Тираж 176 экз. Зак. 324.

ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 123995 Москва, Гранатный пер., 4.
gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru
Набрано во ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ» на ПЭВМ.
Отпечатано в филиале ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ» — тип. «Московский печатник», 105062 Москва, Лялин пер., 6.

gost.e-ecolog.ru