

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ОСНОВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ СИСТЕМ АВТОНОМНОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ФИТИНГОВЫХ ПЛАТФОРМ, УСТАНОВЛЕННЫХ НА ТРЕХЭЛЕМЕНТНЫХ ГРУЗОВЫХ ТЕЛЕЖКАХ

В статье представлена экспериментальная оценка параметров опытного образца системы автономного электроснабжения трехэлементной грузовой тележки, предназначенной для установки фитинговой платформы с крупнотоннажными рефрижераторными контейнерами с целью определения возможности исключения во время их перевозки дизельного топлива, применяемого для питания холодильно-отопительных установок.

Ключевые слова: система автономного электроснабжения, крупнотоннажный рефрижераторный контейнер, генератор переменного тока

EDN: GRXWKX



С.Л. Самошкин



С.Н. Науменко

Железнодорожный транспорт является одной из важнейших отраслей народного хозяйства Российской Федерации. По протяженности магистральных железных дорог Российская Федерация занимает третье место в мире, уступая только США и КНР, однако наибольшую ее протяженность составляют неэлектрифицированные железнодорожные пути. Основным видом деятельности железнодорожного транспорта является осуществление грузовых и пассажирских перевозок. Роль железнодорожного транс-

порта еще более возросла после кратного увеличения экспортно-импортных операций с государствами Азиатского и Африканского континента. Для реализации резкого увеличения объема перевозок грузов, повышения скорости доставки, выполняются работы по строительству новых и модернизации существующих железнодорожных путей по стратегическим направлениям «Восток-Запад» и «Север-Юг».

Одним из видов грузовых перевозок, объем которых значительно возрос, является перевозка скоро-

Самошкин Сергей Львович, доктор технических наук, начальник управления «Научно-технического обеспечения и развития» Акционерного общества Научная организация «Тверской институт вагоностроения» (АО НО «ТИВ»). Область научных интересов: экспериментальная и методическая база испытаний вагонов и составных частей железнодорожной техники. Автор более 200 научных работ, в том числе двух монографий и двух учебников для вузов. Имеет 10 авторских свидетельств и патентов на изобретения.

Науменко Сергей Николаевич, доктор технических наук, руководитель консультационно-аналитического центра Акционерного общества «Научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта» (АО «ВНИИЖТ»). Область научных интересов: диагностика и совершенствование изотермических транспортных комплексов, оптимизация расхода электрической и тепловой энергии в стационарном хозяйстве железных дорог, автоматизированные системы и методы учета топливно-энергетических ресурсов. Автор более 160 научных работ, в том числе четырех монографий. Имеет более 50 патентов на изобретения, полезных моделей и свидетельств на программы для ЭВМ.

Сачкова Оксана Сергеевна, доктор технических наук, профессор, заместитель директора по инновационной работе ФГУП «Всероссийский научно-исследовательский институт гигиены транспорта» (ВНИИЖГ Роспотребнадзора), профессор кафедры «Техносферная безопасность» Российского университета транспорта (РУТ (МИИТ)). Область научных интересов: исследования полимерсодержащих материалов для железнодорожного транспорта, гигиеническая сертификация подвижного состава железнодорожного транспорта. Автор более 200 научных работ, в том числе пяти монографий, четырех учебников и восьми учебных пособий. Имеет пять патентов на изобретения.

Чувашов Иван Николаевич, аспирант Акционерного общества «Научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта» (АО «ВНИИЖТ»). Область научных интересов: исследование и испытания взаимодействия составных частей железнодорожных вагонов. Автор семи научных работ.

портящихся грузов (СПГ). Перевозка СПГ по железным дорогам в настоящее время осуществляется следующими способами:

1. В пяти вагонных рефрижераторных секциях, состоящих из четырех грузовых вагонов и вагона дизель-электростанции, оснащенного двумя основными дизель-генераторными установками (ДГУ).

2. Автономными рефрижераторными вагонами (АРВ), оснащенными ДГУ.

3. В крупнотоннажных рефрижераторных контейнерах (КРК) на фитинговых платформах в составе сцепов из 8–12 единиц и вагона дизель-электростанции.

4. В КРК, оснащенных индивидуальными навесными ДГУ малой мощности на фитинговых платформах в составе контейнерных поездов.

Все перечисленные способы перевозки СПГ по магистральным железным дорогам имеют два общих недостатка:

1. Значительные затраты на постоянно растущую стоимость топлива для дизель-генераторов;

2. Слаборазвитая инфраструктура заправочных станций вдоль железных дорог и особенно на направлении «Восток-Запад» и «Север-Юг».

Последнее требует изыскания способов осуществления заправки ДГУ и привлечения сотрудников железных дорог для этой операции, что приводит к увеличению стоимости перевозки.

Кроме того, наличие на заправочных станциях одновременно работающих ДГУ на рефрижераторных секциях, 30–40 АРВ или 80–150 контейнерах с работающими навесными ДГУ создает серьезную экологическую нагрузку на небольшой территории станции, где производится заправка. А это входит в конфликт с политикой «Зеленая энергетика», которая получает все большее законодательное распространение в мире и в нашей стране.

Таким образом, разработка системы автономного электроснабжения (САЭ) с генераторно-приводной установкой (ГПУ) от колесной пары для питания холодильного оборудования КРК, перевозящих СПГ на фитинговых платформах, является актуальной научно-технической задачей. Актуальность задачи еще более возрастает в связи с общемировым движением к «Зеленой энергетике» и постепенным отказом или уменьшением от органических источников получения энергии при их сжигании.

Постановка задачи исследований

В связи с вышеизложенным, актуальной и важной задачей является создание для фитинговых платформ, перевозящих контейнеры, САЭ с ГПУ от оси колесной пары тележки. Данные САЭ получили широкое

распространение на пассажирских вагонах и их разные модификации эксплуатируются на магистральных железных дорогах всего мира и России уже более 100 лет [1–4].

В общем случае САЭ включает в себя следующие основные элементы: аккумуляторная батарея, с креплением на раме вагона в специальных ящиках; преобразователь частоты, который также крепится к раме вагона; генератор с установкой на раме вагона или тележке; привод для отбора механической энергии при движении вагона от вращающейся колесной пары и передачи ее на ротор генератора. Самым сложным элементом САЭ является привод вагонного генератора.

Это задача еще более усложняется для трехэлементных грузовых тележек по сравнению с тележками пассажирских вагонов в том, что требованиями ОАО «РЖД» запрещено в трехэлементных грузовых тележках устанавливать дополнительное оборудование методами сварки или механической обработки, что может привести к появлению дополнительных концентраторов напряжений, и отрицательно отразиться на коэффициенте запаса сопротивления усталости. Таким образом, для трехэлементных грузовых тележек, состоящих из литых несущих узлов, установка ГПУ возможна только с креплением ее элементов к оси колесной пары и раме грузового вагона или фитинговой платформы.

В результате проведения опытно-конструкторских работ была разработана конструкторская документация на САЭ с ГПУ с использованием жесткой рамы для размещения генератора, которая с одной стороны опирается на ось колесной пары, а с другой стороны шарнирно подвешена к хребтовой балке фитинговой платформы с редукторно-текстропным (РТ) приводом от средней части оси колесной пары [5;6].

Для подтверждения выбранных конструктивных решений узлов и оборудования были проведены соответствующие их испытания.

Испытания синхронного генератора переменного тока МГ-20.02.УХЛ1. Для опытной САЭ фитинговых платформ на ООО «ЭЛМАШ» был разработан и изготовлен трехфазный синхронный генератор МГ-20.02.УХЛ1 по конструкторской документации МГ1400 в соответствии с техническими условиями ТУ 3371-003-85874002-2013. В табл. 1 приведены основные параметры генератора.

Испытание проводились на испытательном участке ООО «ЭЛМАШ» и на территории АО НО «Тверской институт вагоностроения» (АО НО «ТИВ») по программам и методикам, разработанным в соответствии с действующими стандартами [7–10]. В процессе про-

Таблица 1

Основные параметры генератора МГ-20.02.УХЛ1

№ п/п	Наименование, единица измерения	Значение
1	Номинальная мощность, кВт	22
2	Номинальное напряжение, В	3×380 (+80/–40)
3	Номинальный ток, А	33,3
4	Напряжение возбуждения, В (максимальное)	110
5	Ток возбуждения, А (максимальный)	6
6	Мощность при частоте вращения 800 мин ^{–1} , кВт	Не менее 18
7	Номинальная частота тока, Гц	76–350
8	Номинальная частота вращения, мин ^{–1}	650–3600
9	Наибольшая частота вращения, мин ^{–1}	4000
10	Коэффициент полезного действия, %	70–80
11	Соединения фаз основной обмотки	Звезда с нулевой точкой
12	Маховый момент, кг·м ²	2,1
13	Число фаз	3

Составлено авторами по материалам исследования.

ведения испытаний на испытательном участке ООО «ЭЛМАШ» были выполнены:

1. Проверка соответствия комплектности, качества изготовления, сборки и маркировки.
2. Проверка габаритных установочных присоединительных размеров.
3. Проверка массы генератора.
4. Измерение сопротивления изоляции обмоток относительно корпуса и между обмотками, а также измерения обмотки статора и обмотки возбуждения при постоянном токе в холодном состоянии.
5. Испытание на нагревание генератора в часовом режиме с холодного состояния.
6. Проверка соответствия параметров генератора номинальным данным (характеристики холостого хода, зависимость тока возбуждения от частоты вращения в режимах без нагрузки, в режиме номинальной нагрузки 20 кВт, характеристика начала приема полной нагрузки).
7. Определение коэффициента полезного действия.
8. Измерение уровней вибрации в шести точках.
9. Измерение уровня шума.

Обработка результатов испытаний трехфазного синхронного генератора МГ-20.02.УХЛ1 на испытательном участке ООО «ЭЛМАШ» подтвердила его соответствие требованиям ТУ 3371-003-85874002-2013 и нормативным документам [7–10].

Целью испытаний в АО НО «ТИВ» было:

- проверка соответствия генератора группе механического исполнения М25 по требованиям [11];
- проверка соответствия климатического исполнения УХЛ1 по требованиям [12;13].

В процессе проведения испытаний были выполнены:

- испытания на виброустойчивость и обнаружение резонансных частот;
- испытания на вибропрочность;
- испытания на воздействие от одиночных ударов;
- испытания на воздействие пониженной температуры окружающей среды;
- испытание на воздействие повышенной температуры окружающей среды;
- испытания на воздействие повышенной влажности.

При проведении испытаний кроме стандартных средств измерений использовались два уникальных:

1. Виброиспытательная система ETS-1500.320/SA15, которая может воспроизводить частоты вибрации от 5 до 30 Гц и ударную нагрузку до 75 Гц (при этом масса объекта может составлять до 300 кг);

2. Климатическая камера с модулем холода, тепла и влаги МХТВ-8, которая обеспечивает длительный период температур внутри от –70 до +90°С и влажность 95±3% при температуре от –20 до +55°С (внутренний объем камеры – 10 м³).

На основании проведенных испытаний и анализа результатов были сделаны следующие выводы:

1. Синхронный генератор переменного тока МГ-20.02.УХЛ1 изготовлен в соответствии с ТУ 3371-003-85874002-2013 и соответствует требованиям группы механического исполнения М25 по ГОСТ 15516.1.

2. Синхронный генератор переменного МГ-20.02.УХЛ1 соответствует климатическому исполнению УХЛ1 ГОСТ 15150 в части предельных рабочих температур окружающей среды от -50 до $+50^{\circ}\text{C}$.

Испытание преобразователя частоты транспортного ПЧТ-04. Для этой же САЭ в ЗАО «ЭЛСИЭЛ» разработан и изготовлен преобразователь частоты транспортный ПЧТ-04 по ТУ3456-097-42959099-2013. Он предназначен для формирования трехфазного напряжения $3 \times 380 \text{ В}$, 50 Гц при питании рефрижераторных контейнеров, устанавливаемых на фитинговых платформах. Целью испытаний являлась проверка на соответствие ПЧТ-04 техническим условиям и нормативным документам [10–13]. Испытания проводились на испытательном участке ЗАО «ЭлСиЭл» и на территории АО НО «ТИВ».

В процессе проведения испытаний на испытательном участке ЗАО «ЭлСиЭл» были выполнены:

- проверка внешнего вида и маркировки;
- проверка габаритных и присоединительных размеров;
- проверка массы (фактическая масса 250 кг вместо 350 кг). Это критично для АО НО «ТИВ», так как вибростенд допускает нагрузку не более 300 кг ;
- проверка сопротивления изоляции электрических цепей;
- проверка электрической прочности изоляции;
- измерение сопротивления заземления металлических частей, доступных прикосновению;
- испытания на ремонтпригодность;
- проверка функционирования.

При испытаниях преобразователя в качестве источника питания применялись:

- промышленная трехфазная сеть;
- синхронный генератор с самовозбуждением типа ЭГВ.01.10У1 по ТУ16-95ЕИАЦ.526.366.001;
- синхронный трехфазный генератор типа МГ-20.02У1 по ТУ3371-001-858-74002-2009.

В табл. 2 приведен перечень оборудования и приборов, необходимых для проведения испытания преобразователя.

Таблица 2

Перечень оборудования и приборов

Наименование оборудования	Класс точности, погрешность	Обозначение стандартов, ТУ и других документов
Линейка измерительная	0,5	ГОСТ 427-75
Весы крановые ВСК-2000	± 2	ГОСТ 29329
Секундомер механический «Слава» СОСпр-6а-1-000	1,0	ТУ 25-1819.0021-89
Мультиметр FLUKE 87	0,5	FLUKE 83-V, 87-V Мультиметры. Руководство по эксплуатации
Вольтметр Д50152	0,2	ГОСТ 8711-93
Комплект измерительный К-540	0,5	ГОСТ 8711-93 Техническое описание и инструкция по эксплуатации 3.489.012 ТО
Вольтамперметр М2044	0,2	ГОСТ 8711-93 ТУ 25-7514.106-86
Аппарат для высоковольтных испытаний GW INSTEK GPI 745 А	—	GW INSTEK GPI 745 А Руководство по эксплуатации
Клещи измерительные АРРА 30R	0,5	АРРА 30R Руководство по эксплуатации
Мост постоянного тока Р333	0,5	ТУ 25-04.118-77
Измеритель скорости (фототахометр) АТТ-6000	0,1	АТТ-6000 Руководство по эксплуатации

Составлено авторами по материалам исследования.

Предъявленный на испытания преобразователь частоты транспортный ПЧТ-04 подтвердил выполнение требований ТУ3456-097-42959099-2013 и нормативных документов [10].

В АО НО «ТИВ» испытания преобразователя ПЧТ-04 проводились с целью проверки его соответствия группе механического исполнения М25 на виброиспытательной системе ETS 1500-320/SA15 и соответствия климатического исполнения УХЛ1 в климатической камере с модулем холода, тепла и влаги МХТВ-8 [11–13]. В процессе выполнения испытаний преобразователя ПЧТ-04 виды нагрузок были аналогичными ранее проведенных испытаний генератора МГ-20.02.УХЛ1.

После каждого вида испытаний проводилась проверка на функционирование, а также измерение электрического сопротивления изоляции.

В результате проведенных исследований на территории АО НО «ТИВ» можно констатировать:

1. Преобразователь частоты ПЧТ-04, изготовленный по ТУ3456-097-42959099-2013, соответствует требованиям группы механического исполнения М25 по стандарту [13].

2. Преобразователь частоты транспортной ПЧТ-04 соответствует климатическому исполнению УХЛ1 по стандарту [14].

Испытание генераторно-приводной установки. В работах [5;6] проведены экспериментальные исследования тягово-энергетических характеристик ГПУ для трехэлементной грузовой тележки. Испытание проводилось на специальном стенде разработки ПКБ ОАО «ВНИИЖТ». Конструкция и принципы работы стенда подробно описаны в работе [6]. В работах [5;6] основное внимание уделялось тягово-энергетическим показателям ГПУ и работоспособности многоручьевой клиноременной передачи, в том числе, и ее работе в качестве упруго-предохранительной муфты в экстренных случаях.

Однако в соответствии с требованиями [15] для постановки продукции на производство необходимо было проведение еще ряда испытаний. Ниже рассмотрим основные из них.

Проверка геометрических и присоединительных размеров РТ привода проводилась универсальным измерительным инструментом с использованием метода, изложенного в ГОСТ 8.563. Измерения показали соответствие размеров требованиям конструкторской документации и руководству по эксплуатации [16;17].

Контроль массы РТ привода без масла в редукторе (подготовленный к транспортировке) производился на специальной площадке, опорами которой являлись три датчика силоизмерительных тензорезисторных М70КН-С3, подключенных к усилителю MGCplus.

Масса определялась трехкратным взвешиванием, среднее значение составило 828 кг, что не превышало величину по конструкторской документации (не более 830 кг).

Проверка пятна контакта зубчатой пары проводилась универсальным измерительным инструментом по высоте и ширине зуба. В соответствии с конструкторской документацией размеры пятна контакта должны быть не менее:

- по высоте зуба — 45%;
- по длине зуба — 60%.

Измерения проводились после предварительной обкатки РТ привода на стенде (7 часов) по завершении тягово-энергетических испытаний. Результаты испытаний показали, что по высоте зуба пятно контакта составило от 48 до 52%, а по длине зуба — более 65%. Таким образом, зубчатая передача соответствует 7 степени точности, что отвечает требованиям конструкторской документации.

Оценка уровня шума при обкатке РТ привода. Измерение уровня шума производилось при испытаниях по определению скольжения клиноременной передачи на расстоянии одного метра от РТ привода со стороны генератора. Результаты испытаний во всем скоростном диапазоне при одновременном включении двух рефрижераторных контейнеров приведены в табл. 3.

Как видно из результатов испытаний, эквивалентный уровень звука при скорости вращения генератора, соответствующей скорости движения платформы от 30 до 120 км/ч, не превышает 97 дБ(А). Это значение не превышает требования ТЗ, где величина данного показателя установлена значением — не более 100 дБ. Учитывая, что уровень шума определяется качеством изготовления шестерни зубчатых колес редуктора, а также параллельностью валов их установки, можно отметить, что опытный образец соответствует нормативным требованиям.

Оценка температурного режима работы РТ привода. Измерение температуры элементов РТ привода и корпуса генератора производилась после завершения тягово-энергетических испытаний, продолжительность которых составила около 5 часов. Проведенные измерения показали, что максимальное превышение температуры (по отношению к температуре окружающей среды на участке испытания) составило:

- корпус генератора — 54°C;
- корпус подшипников опорного вала — 52°C;
- подшипниковые узлы редуктора — 50°C.

Таким образом, превышение температуры после 5 часов работы РТ привода соответствует требованиям ТЗ.

Таблица 3

**Уровни звука и звукового давления при различных частотах вращения
генератора под нагрузкой 16 ± 1 кВт**

Частота вращения генератора, об/мин	Октавные полосы частот, Гц									Эквивалентный уровень звука дБ(А)
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
	Уровни шума, дБ									
901	67	70	60	62	70	79	70	46	35	80
1033	65	67	68	63	74	81	72	49	38	81
1187	68	66	61	64	70	82	75	48	37	83
1484	65	61	63	67	71	80	84	76	40	87
2067	69	63	66	68	72	79	85	79	42	88
2962	62	64	69	68	63	64	86	88	71	92
3551	64	62	60	64	65	67	87	90	74	94
3895	67	64	65	63	67	70	89	94	76	97

Составлено авторами по материалам исследования.

Обсуждение и заключение

Железнодорожный транспорт является одним из главных перевозчиков СПГ. Перевозка СПГ по железным дорогам осуществляется следующими способами:

1. В пятивагонных рефрижераторных секциях, состоящих из четырех грузовых вагонов и вагона дизель-электростанции, оснащенного двумя основными ДГУ.
2. АРВ, оснащенными ДГУ.
3. В КРК на фитинговых платформах в составе сцепов из 8–12 единиц и вагона дизель-электростанции.
4. В КРК, оснащенных индивидуальными навесными ДГУ малой мощности на фитинговых платформах в составе контейнерных поездов.

Все перечисленные способы перевозки СПГ по магистральным железным дорогам имеют два общих недостатка: значительные затраты на постоянно растущую стоимость топлива для ДГУ и слабо развитая инфраструктура заправочных станций вдоль железных дорог, особенно на вновь построенных.

Кроме того, наличие на заправочных станциях одновременно работающих ДГУ на АРВ или на контейнерах создают большую экологическую нагрузку, что входит в противоречие с «Зеленой энергетикой», которая получает все большее распространение.

В связи с этим, авторами совместно с рядом промышленных предприятий и ПКТБ Л ОАО «РЖД» разработана и изготовлена система автономного электроснабжения фитинговых платформ, устанавливаемая на трехэлементные грузовые тележки и предназначенная для электроснабжения КРК.

Проведенные исследовательские работы по всем элементам САЭ подтвердили функциональную работоспособность РТ привода, его тягово-энергетические характеристики и соответствие нормативным документам [12].

Результаты испытаний САЭ фитинговых платформ для перевозки КРК, установленных на трехэлементных грузовых тележках, рассмотрены на техническом совещании представителей всех причастных организаций, где было принято решение об оснащении партии фитинговых платформ САЭ для проведения дальнейших эксплуатационных испытаний.



Литература

1. Аумюллер, Э. Электрическое освещение железнодорожного подвижного состава / Э. Аумюллер ; Пер. с нем. инж. Г. М. Боркуновского. - Москва : Трансжелдориздат, 1958. - 168 с. - Текст : непосредственный.
2. Загорский, Ф. Н. Новые типы безременной передачи для вагонов электростанций / Ф. Н. Загорский. - Текст : непосредственный // Техника железных дорог. - 1946. - № 4. - С. 6-7.
3. Суслин, П. П. Применение жесткого привода при осевой системе поездного освещения в Америке / П. П. Суслин - Текст : непосредственный // Железнодорожное дело. - 1930. - № 2. - С. 40-42. - № 3. - С. 43-45.
4. Шиманский, С. В. Освещение железнодорожных поездов : Лекции, чит. на Высш. техн. курсах НКПС / Инж. С. В. Шиманский, препод. Высш. техн. курсов НКПС им. Октябрьск. революции. - Москва : Транспечать НКПС, 1924. - VIII. - 323 с. - Текст : непосредственный.
5. Экспериментальные исследования тягово-энергетических характеристик генераторно-приводной установки для трехэлементных грузовых тележек фитинговых платформ / В. Г. Каргин, С. Н. Науменко, В. В. Буров, И. Н. Чувашов, С. Л. Самошкин. - Текст : непосредственный // Вестник ВНИИЖТ. - 2016. - № 6. - С. 45-49.
6. Науменко, С. Н. Определение основных тягово-энергетических и климатических характеристик генераторно-приводных установок фитинговых платформ для перевозки крупнотоннажных рефрижераторных контейнеров / С. Н. Науменко, С. Л. Самошкин, И. Н. Чувашов. - Текст : непосредственный // Труды ВНИИЖТ «Вопросы развития железнодорожного транспорта». - Москва : ООО «РАС», 2017. - С. 103-109.
7. ГОСТ 10169-77. Машины электрические трехфазные синхронные. Методы испытаний (с изменениями № 1-4) = 3-phase synchronous machines. Test methods : издание официальное: введен в действие Постановлением Государственного комитета стандартов Совета Министров СССР от 28 января 1977 г. № 233 : взамен ГОСТ 10169-68 : дата введения 1978-01-01. - Москва : Издательство стандартов, 1984. - 85 с. - Текст : непосредственный.
8. ГОСТ 11929-87. Машины электрические вращающиеся. Общие методы испытаний. Определение уровня шума = Rotating electrical machinery. General test methods. Noise level determination : издание официальное : введен в действие Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 23 января 1987 г. № 88 : взамен ГОСТ 11929-81 : срок действия с 01.01.88 до 01.01.93. Ограничение срока действия снято постановлением Госстандарта России от 29.10.92 № 1465 (ИУС № 1, 1993 год). - Москва : Издательство стандартов, 1987. - 35 с. - Текст : непосредственный.
9. ГОСТ 11828-86. Машины электрические вращающиеся. Общие методы испытаний (с Изменениями № 1, 2) = Rotating electrical machines. General test methods : издание официальное : утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 15.08.86 № 2403 : взамен ГОСТ 11828-75 (кроме разд. 6), ГОСТ 25000-81: дата введения 1987-07-01. - Москва : Издательство стандартов. - 35 с. - Текст : непосредственный.
10. ГОСТ 20.57.406-81. Комплексная система контроля качества. Изделия электронной техники, квантовой электроники и электротехнические методы испытаний (с Изменениями № 1-10) = Complex quality control system. Electronic, quantum electronic and electrotechnical components. Test methods : издание официальное : утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 13.11.80 № 169 : введен впервые : дата введения 1982-01-01. - Москва : Издательство стандартов, 2005. - 133 с. - Текст : непосредственный.
11. ГОСТ 17516-90. Изделия электротехнические. Общие требования в части стойкости к механическим внешним воздействующим факторам (с Изменениями № 1, 2) = Electrical articles. General requirement for environment mechanical stability : издание официальное : утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета СССР по управлению качеством продукции и стандартам от 23.05.90 № 1265 : дата введения : для вновь разрабатываемых и модернизируемых электротехнических изделий 1991-01-01 для разработанных до 01.01.91 электротехнических изделий 1993-01-01. - Москва : Издательство стандартов, 1990; Стандартиформ, 2007. - 60 с. - Текст : непосредственный.
12. ГОСТ 15150-69. Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды (с Изменениями № 1, 2, 3, 4, 5) = Machines, instruments and other industrial products. Modifications for different climatic regions. Categories, operating, storage and transportation

conditions as to environment climatic aspects influence : издание официальное : утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 29.12.69 № 1394 : введен впервые : дата введения 1971-01-01. - Москва : ИПК Издательство стандартов. - 84 с. - Текст : непосредственный.

13. ГОСТ 15543.1-89. Изделия электротехнические и другие технические изделия. Общие требования в части стойкости к климатическим внешним воздействующим факторам = Electrical and other industrial products. General requirements for resistance to environment climatic factors : издание официальное : утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 14.07.89 № 2381 : взамен ГОСТ 15543-70, ГОСТ 16962-71 в части требований к электротехническим изделиям народнохозяйственного назначения по климатическим воздействиям : переиздание : Август 2004 г. - Москва : Издательство стандартов. 1989; ИПК Издательство стандартов. 2004. - 34 с.

14. Вращатель привода генератора стенды испытаний системы электроснабжения вагонов-платформ. Руководство по эксплуатации ПКБ АО «ВНИИЖТ». 1305.01.000РЭ. - Москва, 2014. - 19 с. - Текст : непосредственный.

15. ГОСТ 15.902-2014. Система разработки и постановки продукции на производство. Железнодорожный подвижной состав. Порядок разработки и постановки на производство = System of development and launching into manufacture. Railway rolling stock. Procedure of development and launching into manufacture : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 10 ноября 2014 г. № 1494-ст в качестве национального стандарта Российской Федерации : введен впервые : дата введения 2015-03-01. Приказом Росстандарта от 12.03.2015 № 131-ст дата введения в действие для добровольного применения в Российской Федерации перенесена на 01.01.2016. - Москва : Стандартинформ, 2019. - 40 с. - Текст : непосредственный.

16. ГОСТ 8.010-2013. Государственная система обеспечения единства измерений. Методы выполнения измерений. Основные положения = State system for ensuring the uniformity of measurements. Procedures of measurements. Main principles : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 22 ноября 2013 г. № 2122-ст межгосударственный стандарт ГОСТ 8.010-2013 введен в действие в качестве национального стандарта с 1 марта 2015 г.: введен впервые : дата введения 2015-03-01. - Москва : Стандартинформ, 2019. - 18 с. - Текст : непосредственный.

17. ГОСТ 1643-81 Основные нормы взаимозаменяемости. Передачи зубчатые цилиндрические. Допуски = Basic requirements for interchangeability. Cylindrical gearings. Tolerances : издание официальное : введен в действие Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 21 апреля 1981 г. № 2046 : взамен ГОСТ 1643-72 : дата введения : 1981-07-01. - Москва : Издательство стандартов, 1981. - 75 с. - Текст : непосредственный.