
**ЕВРАЗИЙСКИЙ СОВЕТ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ, МЕТРОЛОГИИ И
СЕРТИФИКАЦИИ
(EASC)**

**EURO-ASIAN COUNCIL FOR STANDARDIZATION, METROLOGY AND
CERTIFICATION
(EASC)**



**МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ
СТАНДАРТ**

ГОСТ
*(проект, RU,
первая редакция)*

ВАГОНЫ ГРУЗОВЫЕ

Метод эксплуатационных испытаний на надежность

Настоящий проект стандарта не подлежит применению до его принятия

Предисловие

Евразийский совет по стандартизации, метрологии и сертификации (ЕАСС) представляет собой региональное объединение национальных органов по стандартизации государств, входящих в Содружество Независимых Государств. В дальнейшем возможно вступление в ЕАСС национальных органов по стандартизации других государств.

Цели, основные принципы и основной порядок проведения работ по межгосударственной стандартизации установлены ГОСТ 1.0–92 «Межгосударственная система стандартизации. Основные положения» и ГОСТ 1.2–2009 «Межгосударственная система стандартизации. Стандарты межгосударственные, правила и рекомендации по межгосударственной стандартизации. Правила разработки, принятия, применения, обновления и отмены»

Сведения о стандарте

1 РАЗРАБОТАН Обществом с ограниченной ответственностью «Всесоюзный научно-исследовательский центр транспортных технологий» (ООО «ВНИЦТТ») совместно с Акционерным обществом «Тихвинский вагоностроительный завод» (АО «ТВСЗ»)

2 ВНЕСЕН Межгосударственным техническим комитетом по стандартизации МТК 524 «Железнодорожный транспорт»

3 ПРИНЯТ Евразийским советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол от _____ № _____)

За принятие стандарта проголосовали:

Краткое наименование страны по МК (ИСО 3166) 004–97	Код страны по МК (ИСО 3166) 004–97	Сокращенное наименование национального органа по стандартизации
---	------------------------------------	---

4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

Информация о введении в действие (прекращении действия) настоящего стандарта и изменений к нему на территории указанных выше государств публикуется в указателях национальных (государственных) стандартов, издаваемых в этих государствах.

Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в указателе (каталоге) «Межгосударственные стандарты», а текст этих изменений – в информационных указателях «Межгосударственные стандарты». В случае пересмотра или отмены настоящего стандарта соответствующая информация будет опубликована в информационном указателе «Межгосударственные стандарты».

Исключительное право официального опубликования настоящего стандарта на территории указанных выше государств принадлежит национальным органам по стандартизации этих государств.

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СОВЕТ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ, МЕТРОЛОГИИ И
СЕРТИФИКАЦИИ
(МГС)

INTERSTATE COUNCIL FOR STANDARDIZATION, METROLOGY AND
CERTIFICATION
(ISC)

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ
СТАНДАРТ

ГОСТ
(проект, RU,
первая редакция)

ВАГОНЫ ГРУЗОВЫЕ

Метод эксплуатационных испытаний на надежность

Настоящий проект стандарта не подлежит применению до его принятия

Предисловие

Цели, основные принципы и основной порядок проведения работ по межгосударственной стандартизации установлены ГОСТ 1.0–92 «Межгосударственная система стандартизации. Основные положения» и ГОСТ 1.2–2009 «Межгосударственная система стандартизации. Стандарты межгосударственные, правила и рекомендации по межгосударственной стандартизации. Правила разработки, принятия, применения, обновления и отмены»

Сведения о стандарте

1 РАЗРАБОТАН Обществом с ограниченной ответственностью «Всесоюзный научно-исследовательский центр транспортных технологий» (ООО «ВНИЦТТ») совместно с Акционерным обществом «Тихвинский вагоностроительный завод» (АО «ТВСЗ»)

2 ВНЕСЕН Межгосударственным техническим комитетом по стандартизации МТК 524 «Железнодорожный транспорт»

3 ПРИНЯТ Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол от №)

За принятие стандарта проголосовали:

Краткое наименование страны по МК (ИСО 3166) 004–97	Код страны по МК (ИСО 3166) 004–97	Сокращенное наименование национального органа по стандартизации
---	------------------------------------	---

4 Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от № межгосударственный стандарт ГОСТ введен в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации с

5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в годовом (по состоянию на 1 января текущего года) информационном указателе «Национальные стандарты», а официальный текст изменений и поправок – в ежемесячном издаваемом информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ближайшем выпуске ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования – на официальном сайте национального органа Российской Федерации по стандартизации в сети Интернет (www.gost.ru).

Содержание

1 Область применения	
2 Нормативные ссылки.....	
3 Термины и определения, сокращения и обозначения	
3.1 Термины и определения	
3.2 Обозначения и сокращения	
4 Общие положения	
5 Планирование испытаний	
6 Метод оценки показателей надежности.....	
6.1 Обработка статистических данных.....	
6.2 Расчет оценок и определение границ доверительного интервала	
6.3 Анализ соответствия показателей надежности заданным требованиям	
Приложение А (рекомендуемое) Особенности организации эксплуатационных испытаний на надежность и сбора статистической информации о надежности	
Приложение Б (обязательное) Таблицы для определения параметров планирования испытаний и оценок показателей надежности	
Приложение В (справочное) Примеры расчета параметров плана эксплуатационных испытаний на надежность и анализа соответствия показателей надежности заданным требованиям с использованием статистических данных, полученных в ходе испытаний	
Приложение Г (рекомендуемое) Форма учетных данных эксплуатационных испытаний.....	
Библиография	

Введение

Целью настоящего стандарта является описание метода количественной оценки надежности при реализации процесса управления ею в рамках требований международного стандарта железнодорожной промышленности IRIS (International Railway Industry Standard) и других стандартов, устанавливающих требования к надежности грузовых вагонов.

В настоящем стандарте приведен метод интервальной оценки показателей надежности, основными этапами которого являются:

- расчет точечной оценки показателя надежности с использованием статистических данных, получаемых в ходе эксплуатационных испытаний;
- расчет границ доверительного интервала;
- анализ положения рассчитанного доверительного интервала относительно требуемого значения (нормы) показателя надежности с учетом установленных рисков потребителя и поставщика.

М Е Ж Г О С У Д А Р С Т В Е Н Н Ы Й С Т А Н Д А Р Т

ВАГОНЫ ГРУЗОВЫЕ

Метод эксплуатационных испытаний на надежность

Freight cars. Method of operating reliability tests

1 Область применения

Стандарт распространяется на грузовые вагоны магистральных железных дорог колеи 1520 мм и их составные части (далее – вагоны).

Стандарт устанавливает порядок планирования эксплуатационных испытаний на надежность и статистический метод количественного анализа (оценки) единичных показателей надежности* вагонов с использованием полученных в ходе испытаний экспериментальных данных, а также особенности организации сбора и правила обработки статистической информации.

2 Нормативные ссылки

В стандарте использованы ссылки на следующие межгосударственные стандарты:

ГОСТ 2.106–96 Единая система конструкторской документации. Текстовые документы

ГОСТ 27.003–90 Надежность в технике. Состав и общие правила задания требований по надежности

ГОСТ 32192–2013 Надежность в железнодорожной технике. Основные понятия. Термины и определения

Примечание – При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов на территории государства по соответствующему указателю стандартов, составленному по состоянию на 1 января текущего года, и по соответствующим информационным указателям, опубликованным в текущем году. Если ссылочный документ заменен (изменен), то при пользовании настоящим стандартом, следует руководствоваться замененным (измененным) стандартом. Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

* Описанный в стандарте статистический метод оценки показателей надежности по данным эксплуатационных наблюдений применим не только для единичных, но и для комплексных показателей надежности вагонов

3 Термины и определения, сокращения и обозначения

3.1 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины по ГОСТ 32192, а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1.1 доверительный интервал: Интервал значений показателя надежности, одно из которых с доверительной вероятностью интервальной оценки показателя надежности равно истинному значению показателя надежности.

3.1.2 наблюдаемая выборка: Вагоны одного типа, изготовленные по одной и той же конструкторской документации, единой технологии, одним изготовителем, которые эксплуатируются на путях общего пользования по установленной типовой модели эксплуатации, обеспечивающей характерные для данного типа вагонов режимы и условия работы, а также систему технического обслуживания и ремонта.

3.1.3 негативный показатель надежности: Показатель надежности, значение которого уменьшается при повышении надежности.

3.1.4 позитивный показатель надежности: Показатель надежности, значение которого увеличивается при повышении надежности вагона.

3.1.5 риск поставщика: Вероятность принятия решения о несоответствии показателя надежности требованиям при условии, что истинное значение показателя надежности равно значению показателя надежности приемочного уровня.

3.1.6 риск потребителя: Вероятность принятия решения о соответствии показателя надежности требованиям при условии, что истинное значение показателя надежности равно значению показателя надежности браковочного уровня.

3.1.7 статистические данные: Получаемые за время проведения эксплуатационных испытаний сведения о наработке, количестве наступивших событий с отрицательным исходом (отказов) и их причинах и времени наступления по наработке или сроку эксплуатации, о времени восстановления работоспособности после каждого отказа, факте и времени наступления предельного состояния по наработке или сроку эксплуатации для каждого из образцов вагонов, входящих в наблюдаемую выборку.

3.1.8 типовая модель эксплуатации: Условия эксплуатации вагона, отраженные в нормативной технической и/или в конструкторской документации на вагон и содержащие сведения об основных режимах эксплуатации вагона и имеющихся ограничениях, о номинальных и предельно допустимых эксплуатационных нагрузках, действующих на вагон, климатических условиях его эксплуатации и хранения, группе механического исполнения для составных частей вагона, сведения о составе и периодичности проведения работ по техническому обслуживанию и ремонту вагона.

3.1.9 эксплуатационные испытания на надежность: Испытания вагонов, проводимые в условиях их эксплуатации, имеющие целью сбор и обработку статистической (экспериментальной) информации о надежности вагонов, образующих наблюдаемую выборку, в течение некоторого времени эксплуатации (продолжительности испытаний или наблюдений) с последующей количественной оценкой показателей надежности и анализом их соответствия требованиям, установленным в нормативной технической документации на вагоны.

3.2 Обозначения и сокращения

В настоящем стандарте применены следующие обозначения и сокращения:

ЭИ – эксплуатационные испытания на надежность;

ПН – единичный показатель или единичные показатели надежности из состава показателей безотказности, показателей долговечности, показателей ремонтпригодности и показателей сохраняемости;

НТД – нормативная техническая документация;

Примечание – Под нормативной технической документацией понимают документы по стандартизации, нормативные правовые акты органов исполнительной власти, а также нормы и правила, устанавливающие требования к производимой продукции.

ПМ – программа и методика эксплуатационных испытаний;

R – любой единичный показатель надежности;

$R_{тр}$ – норма или требуемое значение показателя надежности, установленная в нормативной технической документации;

T – единичный средний показатель надежности;

Примечание – Под единичным средним показателем надежности понимается средняя наработка на отказ, средний ресурс (срок службы), средний срок сохраняемости, среднее время восстановления и их производные.

$T_{тр}$ – норма или требуемое значение среднего показателя надежности, установленная в нормативной технической документации;

T_{γ} – единичный гамма-процентный показатель надежности;

Примечание – Под единичным гамма-процентным показателем надежности понимается гамма-процентная наработка на отказ, гамма-процентный ресурс (срок службы), гамма-процентный срок сохраняемости и их производные.

γ – вероятность того, что отказ не возникнет в течение заданной наработки, выраженная в процентах;

P – единичный вероятностный показатель надежности;

Примечание – Под единичным вероятностным показателем надежности понимается вероятность безотказной работы, вероятность восстановления и их производные.

$P_{вбр}$ – вероятность безотказной работы;

$P_{в}$ – вероятность восстановления;

q – доверительная вероятность интервальной оценки показателя надежности;

ε – предельная относительная ошибка или относительная ошибка оценки показателя надежности;

α – заданное значение риска поставщика;

β – заданное значение риска потребителя;

R_{α} – значение показателя надежности приемочного уровня;

R_{β} – значение показателя надежности браковочного уровня;

$\hat{R}$ – точечная оценка показателя надежности;

R_n – интервальная оценка показателя надежности по нижней границе доверительного интервала;

R_v – интервальная оценка показателя надежности по верхней границе доверительного интервала;

d – суммарное число учитываемых отказов всех образцов из наблюдаемой выборки за время испытаний;

d_i – число учитываемых отказов каждого i-го образца из наблюдаемой выборки за время испытаний;

$d_{пр}$ – предельное или прогнозируемое число учитываемых отказов образцов из наблюдаемой выборки за время испытаний;

N – число образцов в наблюдаемой выборке (объем выборки);

t – время (продолжительность) испытаний;

ГОСТ

(проект, RU, первая редакция)

T_{Σ} – суммарная наработка всех образцов наблюдаемой выборки за время испытаний;

t_i – наработка каждого i -го образца из наблюдаемой выборки за время испытаний;

r – суммарное число восстановлений работоспособного состояния всех образцов наблюдаемой выборки после возникновения учитываемых отказов за время испытаний;

r_i – число восстановлений работоспособного состояния каждого i -го образца из наблюдаемой выборки за время испытаний;

$T_{\Sigma\Sigma}$ – суммарное время восстановления всех образцов наблюдаемой выборки за время испытаний;

$t_{\theta j}$ – время восстановления каждого отказавшего образца из наблюдаемой выборки после возникновения j -го учитываемого отказа за время испытаний;

λ – параметр экспоненциального распределения;

$\hat{\lambda}$ – точечная оценка параметра экспоненциального распределения;

$\underline{\lambda}$ – интервальная оценка параметра экспоненциального распределения по нижней границе доверительного интервала;

$\bar{\lambda}$ – интервальная оценка параметра экспоненциального распределения по верхней границе доверительного интервала;

S – средняя наработка вагона за единицу продолжительности испытаний;

$S_{\text{ср сут}}$ – среднесуточный пробег вагона.

4 Общие положения

4.1 Основными целями и задачами ЭИ являются:

- сбор и обработка статистической информации о надежности вагонов, образующих наблюдаемую выборку, в течение установленной продолжительности наблюдений;

- расчет фактических (истинных) значений ПН вагонов с применением соответствующего математического аппарата и использованием для расчета собранных и должным образом обработанных статистических данных эксплуатационных наблюдений;

- оценка (анализ) соответствия фактических значений ПН заданным значениям, которые установлены в НТД на вагоны.

4.2 Особенности организации ЭИ и сбора статистической информации о надежности приведены в приложении А.

4.3 В настоящем стандарте сделаны следующие предположения и допущения:

- в вероятностном отношении для грузового вагона, как сложного, состоящего из множества различно функционирующих составляющих частей, изделия, суммарный поток отказов является простейшим, а промежутки наработки между отказами примерно постоянны, то есть наблюдается стационарный или постоянный во времени поток отказов;

- положения настоящего стандарта применимы для периода нормальной эксплуатации, составляющего основную долю продолжительности жизненного цикла вагона, когда интенсивность отказов постоянна во времени и наблюдаются исключительно внезапные отказы. Начальный и конечный периоды, составляющие в общей сложности не более 15% от всей продолжительности эксплуатации вагона,

с присущей им не стационарностью потока отказов, обусловленной явлениями приработки, интенсивного износа, и накопленной усталости, не рассматриваются;

- время восстановления вагона после возникновения отказа пренебрежимо мало по сравнению с временем нахождения вагона в работоспособном состоянии между двумя последовательными отказами и, с учетом указанного в первом и втором перечислениях, интенсивность восстановлений работоспособного состояния вагона также является постоянной во времени;

- если закон распределения случайной величины неизвестен (не установлен в НТД), то с учетом указанного в первом, втором и третьем перечислениях, для дальнейшей количественной оценки ПН параметрическим способом и проведения более точных математических расчетов предполагают, что закон распределения случайной величины имеет вид экспоненциального, как наиболее вероятного. Это обеспечивается частично и восстановлением ресурса в ходе проведения периодического технического обслуживания и плановых ремонтов вагона.

Примечания

1 Гипотеза о постоянстве интенсивности отказов может быть проверена с использованием методик [1] и/или по методикам национальных стандартов при наличии необходимого объема статистических данных эксплуатации.

2 В силу сделанных предположений и допущений все расчетные формулы, приведенные в настоящем стандарте, применимы для случая экспоненциального закона распределения случайной величины с функцией $F(t) = 1 - e^{-\lambda t}$ и параметром распределения λ .

5 Планирование испытаний

5.1 ЭИ, как правило, проводят с предварительным планированием.

5.2 Планирование ЭИ предусматривает выбор плана и расчет параметров выбранного плана испытаний с целью дальнейшего вычисления оценки каждого из контролируемых ПН вагона с заданной точностью (относительной ошибкой ε) и достоверностью (доверительной вероятностью q) оценки ПН.

5.3 План ЭИ устанавливает число испытываемых образцов вагона в наблюдаемой выборке (объем выборки), стратегию испытаний, предполагающую восстановление вагонов после возникновения отказов, и продолжительность испытаний.

Продолжительность испытаний определяется критериями, по достижению которых ЭИ необходимо прекратить. К критериям прекращения испытаний относят:

- время, отведенное на испытания;
- потребная суммарная наработка всех образцов наблюдаемой выборки;
- предельно допустимое (прогнозируемое) число отрицательных исходов независимых наблюдений (отказов и предельных состояний);
- одновременно время, отведенное на испытания, и предельно допустимое число отрицательных исходов независимых наблюдений в зависимости от того, что раньше наступит.

Таким образом, для вагона должен быть установлен один из планов испытаний по 5.3.1–5.3.4.

5.3.1 План испытаний [NMt] в котором одновременно испытываются N образцов вагона наблюдаемой выборки, образцы вагона, составляющие наблюдаемую выборку, являются восстанавливаемыми и не заменяемыми в случае отказа, каждый образец испытывается до завершения времени t .

5.3.2 План испытаний $[NMT_{\Sigma}]$ согласно которому одновременно испытываются N образцов наблюдаемой выборки, образцы вагона, составляющие наблюдаемую выборку, являются восстанавливаемыми и не заменяемыми в случае отказа, испытания прекращают при достижении суммарной наработки образцов вагона в наблюдаемой выборке T_{Σ} .

5.3.3 План испытаний $[NMd_{пр}]$, согласно которому одновременно испытываются N образцов наблюдаемой выборки, образцы вагона, составляющие наблюдаемую выборку, являются восстанавливаемыми и не заменяемыми в случае отказа, испытания прекращают при достижении предельно допустимого числа отрицательных исходов независимых наблюдений $d_{пр}$.

5.3.4 План испытаний $[NM(t, d_{пр})]$, согласно которому одновременно испытываются N образцов наблюдаемой выборки, образцы вагона, составляющие наблюдаемую выборку, являются восстанавливаемыми и не заменяемыми в случае отказа, испытания прекращают в зависимости от того, какой параметр будет достигнут первым – время испытаний t или предельно допустимое число отрицательных исходов независимых наблюдений $d_{пр}$.

Примечания

1 В планах испытаний видов $[NMd_{пр}]$ и $[NM(t, d_{пр})]$ по технико-экономическим соображениям вместо $d_{пр}$ допускается использование заданного суммарного числа отказов за время испытаний d . В этом случае указанные планы ЭИ приобретают вид $[NMd]$ и $[NM(t, d)]$ соответственно. Далее по тексту необходимо иметь ввиду, что под планами видов $[NMd_{пр}]$ и $[NM(t, d_{пр})]$ следует понимать и планы видов $[NMd]$ и $[NM(t, d)]$ соответственно.

2 В случае проведения оценки показателей долговечности в планах испытаний видов $[NMd_{пр}]$ и $[NM(t, d_{пр})]$ буквой $d_{пр}$ обозначают количество только предельных состояний вагонов из наблюдаемой выборки.

5.4 Расчет параметров выбранного плана ЭИ при известной норме контролируемого ПН заключается в определении значений $d_{пр}$, T_{Σ} , N при заданном t и t при заданном N .

5.4.1 Значение $d_{пр}$ (штук), определяют в зависимости от выбранных значений q и ε в соответствии с приложением Б (таблица Б.1).

5.4.2 Значение T_{Σ} , км (или единица времени), рассчитывают по формуле

$$T_{\Sigma} \geq T_{тр} \times d_{пр}, \quad (5.1)$$

5.4.3 Значение N (штук) при заданном (располагаемом) времени ЭИ рассчитывают по формуле

$$N \geq T_{\Sigma} / (t \times S), \quad (5.2)$$

где t – задают при планировании в единицах времени;

S – устанавливают, исходя из принятой для вагона модели эксплуатации. Допускается при расчете вместо S использовать среднесуточный пробег вагона $S_{ср}$ сут.

Если в результате расчета получено дробное число, округление N проводят в большую сторону независимо от цифры после запятой.

5.4.4 Значение t (в единицах времени), при заданном (располагаемом) количестве образцов в наблюдаемой выборке рассчитывают по формуле

$$t \geq T_{\Sigma} / (N \times S), \quad (5.3)$$

где N – задают при планировании, штук;

5.4.5 Пример расчета параметров плана ЭИ приведен в приложении В (пункт В.1).

5.5 При обосновании выбора значений q и ε руководствуются изложенными ниже рекомендациями и принципами.

5.5.1 Для корректного построения оценочного доверительного интервала и последующего анализа его положения относительно интервала, ограниченного установленными в НТД браковочным и приемочным уровнями ПН, доверительная вероятность q должна коррелировать по величине с риском потребителя. Поэтому значение q устанавливают, используя заданное в НТД или конструкторской документации значение риска потребителя β , руководствуясь равенством вида

$$q = 1 - \beta.$$

5.5.2 В случаях, когда риски потребителя и поставщика не установлены и значение β неизвестно, положение оценочного доверительного интервала анализируют относительно заданного в НТД значения (нормы) ПН, а сам интервал рассчитывают для доверительной вероятности, значение которой выбирают из ряда: 0,80; 0,90; 0,95; 0,99. Минимальное и максимальное значения q из приведенного ряда соответствуют меньшей и большей степени достоверности оценки ПН.

5.5.3 Значение ε выбирают из ряда: 0,05; 0,10; 0,15; 0,20. Минимальное и максимальное значения ε из приведенного ряда соответствуют большей и меньшей степени точности оценки ПН.

5.5.4 Учитывают следующее:

- сочетание q и ε для вагона, как изделия массового (серийного) производства, принимают равным 0,90 и 0,10, соответственно;
- для вагона, как крупногабаритного и относительно сложного изделия, значение ε допускают увеличивать, а значение q – уменьшать;
- при уменьшении q доверительный интервал оценки ПН расширяется, а при увеличении – сужается;
- повышение достоверности и снижение ошибки (повышение точности) оценки ПН приводят к необходимости увеличения объема испытаний, что является причиной ограничения верхнего значения q и нижнего значения ε по технико-экономическим соображениям.

5.6 Если объем наблюдаемой выборки ограничен, например, располагаемым количеством образцов установочной серии, размером парка гарантийных вагонов, и/или ограничена продолжительность ЭИ, например, отчетным периодом времени, за который необходимо провести оценку соответствия ПН, и значения располагаемых параметров плана ЭИ меньше требуемых по расчету, допускается ЭИ проводить без предварительного планирования. При этом, выполняют оптимизацию значений доверительной вероятности q и относительной ошибки ε в оценке ПН применительно к располагаемому количеству образцов вагона и времени испытаний таким образом, чтобы выполнялось одно из условий по 6.3.3.

6 Метод оценки показателей надежности

6.1 Обработка статистических данных

6.1.1 Обработку статистических данных для формирования исходных параметров, необходимых для расчета оценок ПН, проводят для каждого вагона, входящего в наблюдаемую выборку.

6.1.2 Обработка данных об отказах сводится к анализу причин их возникновения и определению суммарного числа учитываемых для оценки ПН отказов всех образцов наблюдаемой выборки за время испытаний.

Учету подлежат только конструктивные и производственные отказы, включая отказы поставляемых сторонними организациями комплектующих изделий для вагона.

Не учитывают отказы:

- зависимые, возникшие в результате появления других отказов;
- вызванные внешними воздействующими факторами и режимами технической эксплуатации, не установленными в НТД и в конструкторской документации на вагон;
- вызванные нарушением (невыполнением) обслуживающим и ремонтирующим вагон персоналом требований эксплуатационных и ремонтных документов на вагон;
- выявленные и предупрежденные при проведении профилактических работ, в ходе планового технического обслуживания и ремонта.

6.1.3 Значение суммарного числа отказов всех образцов наблюдаемой выборки за время испытаний d , штук, вычисляют по формуле

$$d = \sum_{i=1}^N d_i, \quad (6.1)$$

где i – номер образца в наблюдаемой выборке;

Примечание – Формулу (6.1) также используют для определения суммарного числа предельных состояний всех образцов наблюдаемой выборки за время испытаний.

6.1.4 Обработка данных о наработке заключается в подсчете суммарной наработки всех образцов наблюдаемой выборки за время испытаний.

Наработка i -го образца из объема выборки за время испытаний определяется фактическим километражем пробега исправного вагона или фактическим временем его безотказного функционирования.

В случае возникновения учитываемого отказа или отказов i -го образца из объема выборки за время испытаний его наработку получают арифметическим суммированием интервалов километража пробега или интервалов времени функционирования до первого и после последнего отказа, а также между отказами.

Значение суммарной наработки всех образцов наблюдаемой выборки за время испытаний T_{Σ} , км (или единица времени), вычисляют по формуле

$$T_{\Sigma} = \sum_{i=1}^N t_i, \quad (6.2)$$

6.1.5 Обработка данных о времени восстановления работоспособного состояния сводится к анализу отказов с точки зрения их учета для оценки ПН и

определению суммарного времени восстановления работоспособного состояния всех образцов из наблюдаемой выборки за время испытаний.

При обработке данных о времени восстановления работоспособного состояния вагона из наблюдаемой выборки используют данные хронометража времени устранения только учитываемых отказов.

Хронометраж включает также время, затраченное на поиск (выявление) отказавшего узла вагона.

Суммарное число восстановлений всех образцов наблюдаемой выборки после возникновения учитываемых отказов за время испытаний r , штук, вычисляют по формуле

$$r = \sum_{i=1}^N r_i, \quad (6.3)$$

Суммарное время восстановления всех образцов наблюдаемой выборки за время испытаний T_{Σ} , ч, вычисляют по формуле

$$T_{\Sigma} = \sum_{j=1}^r t_{sj}, \quad (6.4)$$

где j – номер восстановления работоспособного состояния вагона из наблюдаемой выборки после возникновения учитываемого отказа.

6.2 Расчет оценок и определение границ доверительного интервала

6.2.1 Исходными данными для расчета являются:

- статистические данные (t , N , t_i , d_i , r_i), полученные в ходе ЭИ по выбранному плану испытаний по 5.3.1-5.3.4;
- выбранное значение доверительной вероятности по 5.5;
- установленная в НТД или в конструкторской документации норма ПН (R_{TP}).

6.2.2 Вычисляют точечную оценку контролируемого ПН ($\hat{R}$) по одной из формул, приведенных в таблице 1, используя значение точечной оценки параметра распределения ($\hat{\lambda}$), рассчитанной по одной из формул таблицы 2 для выбранного плана испытаний.

Т а б л и ц а 1 – Формулы для вычисления точечной оценки ПН

Тип ПН	Формула для вычисления
Средняя наработка на отказ, средний ресурс/срок службы, среднее время восстановления, средний срок сохраняемости (Т)	$\hat{T} = \frac{1}{\hat{\lambda}}$
Гамма-процентная наработка, гамма-процентный ресурс/срок службы, гамма-процентный срок сохраняемости (T_{γ})	$\hat{T}_{\gamma} = \frac{1}{\hat{\lambda}} \left(-\ln \frac{\gamma}{100} \right)$
Вероятность безотказной работы, вероятность восстановления (Р)	$\hat{P}_{вбр} = e^{-\hat{\lambda}t}$
	$\hat{P}_в = 1 - e^{-\hat{\lambda}t}$
П р и м е ч а н и я 1 Значение логарифмической функции $\ln \frac{\gamma}{100}$, определяют по четырехзначным математическим таблицам в зависимости от логарифмируемого числа $\left(\frac{\gamma}{100} \right)$, в котором значение γ задано в НТД. 2 Значение экспоненциальной функции $e^{-\hat{\lambda}t}$ определяют по справочным таблицам в зависимости значения степени экспоненты ($\hat{\lambda}t$).	

Т а б л и ц а 2 – Формулы для вычисления точечной оценки параметра распределения

Вид плана испытаний	Формула для вычисления
Планирование с прекращением испытаний по достижению расчетной суммарной наработки $[NMT_{\Sigma}]$	$\hat{\lambda} = d / T_{\Sigma}$
Планирование с прекращением испытаний по истечению отведенного для испытаний времени или/и по достижению предельного числа отказов $[NMt]$, $[NMd_{пр}]$ и $[NM(t, d_{пр})]$	$\hat{\lambda} = d_{пр} / Nt$
Без предварительного планирования	$\hat{\lambda} = d / Nt$
П р и м е ч а н и е – Формулы для расчета $\hat{\lambda}$ при планировании с ограничением по t, $d_{пр}$ и без предварительного планирования даны в предположении того, что время восстановления работоспособного состояния вагона после отказа пренебрежимо мало по отношению ко времени (продолжительности) испытаний.	

6.2.3 Вычисляют интервальные оценки контролируемого ПН, определяя нижнюю и верхнюю границы доверительного интервала (R_n и R_v), по одной из формул, приведенных в таблице 3, используя значения точечных оценок ПН, рассчитанных по формулам таблицы 1, и значения интервальных оценок параметра распределения $\underline{\lambda}$ и $\bar{\lambda}$ по нижней и верхней границам доверительного интервала соответственно, рассчитанных по формулам таблицы 4 для выбранного плана испытаний.

Т а б л и ц а 3 – Формулы для вычисления интервальных оценок ПН

Тип ПН	Формула для вычисления интервальной оценки ПН	
	по нижней границе	по верхней границе
Средняя наработка на отказ, средний ресурс/срок службы, среднее время восстановления, средний срок сохраняемости (Т)	$T_H = \hat{T} \frac{1}{\lambda}$	$T_B = \hat{T} \frac{1}{\underline{\lambda}}$
Гамма-процентная наработка, гамма-процентный ресурс/срок службы, гамма-процентный срок сохраняемости (T_γ)	$T_{\gamma H} = \hat{T} \frac{1}{\lambda} (-\ln \frac{\gamma}{100})$	$T_{\gamma B} = \hat{T} \frac{1}{\underline{\lambda}} (-\ln \frac{\gamma}{100})$
Вероятность безотказной работы, вероятность восстановления (Р)	$P_{вбр H} = e^{-\bar{\lambda}t}$	$P_{вбр B} = e^{-\underline{\lambda}t}$
	$P_{BH} = 1 - e^{-\bar{\lambda}t}$	$P_{BB} = 1 - e^{-\underline{\lambda}t}$
П р и м е ч а н и е – Значение экспоненциальной функции $e^{-\bar{\lambda}t}(e^{-\underline{\lambda}t})$ определяют по справочным таблицам в зависимости от значения степени экспоненты $\bar{\lambda}t(\underline{\lambda}t)$.		

Т а б л и ц а 4 – Формулы для вычисления интервальных оценок параметра распределения

Вид плана испытаний	Формула для вычисления интервальной оценки параметра распределения	
	по нижней границе	по верхней границе
Планирование с прекращением испытаний по достижению расчетной суммарной наработки или по истечению отведенного для испытаний времени $[NMT_z]$, $[NMT]$, когда $d > 0$.	$\underline{\lambda} = \chi^2_{(1-q)}(2d) / 2d$	$\bar{\lambda} = \chi^2_q(2d+2) / 2d$
Планирование с прекращением испытаний по достижению предельного числа отказов $[NMd_{пр}]$, когда $d > 1$	$\underline{\lambda} = \chi^2_{(1-q)}(2d) / 2(d-1)$	$\bar{\lambda} = \chi^2_q(2d+2) / 2(d-1)$
П р и м е ч а н и я 1 Значения квантилей χ^2– распределения с количеством степеней свободы $(2d)$ и $(2d + 2)$ при заданных уровнях доверительной вероятности $(1 - q)$ и q соответственно определяют по справочным таблицам. 2 Применение формул для плана испытаний вида $[NM(t, d_{пр})]$ определяется параметром t или $d_{пр}$ – в зависимости от того, какой был достигнут первым.		

6.2.4 В ряде случаев не возникает необходимости вычислять обе границы доверительного интервала. Так, для интервальной оценки позитивных ПН, таких, например, как средняя наработка на отказ или гамма-процентный ресурс, строят односторонний доверительный интервал с обозначением только нижней границы (R_H), анализ положения которой относительно $R_{тр}$ (не менее) позволяет сделать вывод о соответствии или несоответствии истинного значения ПН требованиям.

Для интервальной оценки негативных ПН, таких, например, как интенсивность отказов, среднее время восстановления, строят односторонний доверительный интервал с обозначением только верхней границы (R_B), анализ положения которой относительно $R_{тр}$ (не более) позволяет сделать вывод о соответствии или несоответствии истинного значения ПН требованиям.

6.2.5 Если в ходе ЭИ отказы отсутствовали ($d = 0$), строят односторонний доверительный интервал и оценку проводят только по нижней его границе, используя для вычисления точечной оценки параметра экспоненциального распределения формулу

$$\hat{\lambda} = d_0 / T_{\Sigma}, \quad (6.5)$$

где d_0 – число, определяемое с соответствии с приложением Б (таблица Б.2) в зависимости от выбранного значения q по 5.5.

Верхняя граница доверительного интервала в этом случае является неопределенной.

6.3 Анализ соответствия показателей надежности заданным требованиям

6.3.1 Исходными данными для анализа являются:

- рассчитанный по 6.2 доверительный интервал $[R_H, R_B]$, содержащий истинное значение ПН (R);

- установленный НТД или конструкторской документацией интервал $[R_\beta, R_\alpha]$, содержащий требуемое значение ПН ($R_{тр}$) с учетом рисков потребителя (β) и поставщика (α). Интервал ограничен браковочным и приемочным уровнями ПН.

6.3.2 При использовании заданного интервала $[R_\beta, R_\alpha]$ для анализа соответствия ПН методом интервальной оценки необходимо иметь ввиду следующие условия:

- интервал $[R_\beta, R_\alpha]$ может быть задан либо значениями R_β и R_α , либо значением R_α и значением отношения R_α/R_β , которое вычисляют как отношение квантилей χ^2 –распределения $\chi^2_{(1-\beta)}(2d_{пр}) / \chi^2_\alpha(2d_{пр})$, в котором $d_{пр}$ – предельно допустимое число отказов, или выбирают из ряда: 1,5; 2,0; 3,0;

- при установлении интервала $[R_\beta, R_\alpha]$, с целью максимального удовлетворения интересов потребителя, в качестве R_β принимают значение ПН, равное или близкое к значению $R_{тр}$, заданному в НТД;

- значение β устанавливает потребитель, значение α устанавливает поставщик и принимает его равным значению β или больше него, то есть $\alpha \geq \beta$;

- вероятность приемки вагона с приемочным уровнем надежности R_α равна $1-\alpha$, а вероятность приемки вагона с браковочным уровнем надежности R_β , равна β ;

- значения рисков выбирают из ряда: 0,05; 0,10; 0,20; 0,30.

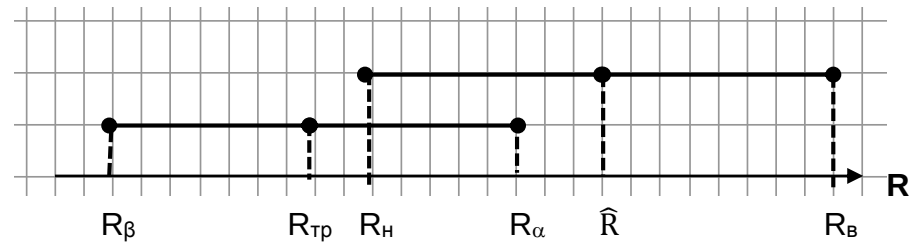
6.3.3 Откладывая интервалы $[R_\beta, R_\alpha]$ и $[R_H, R_B]$ вдоль оси R и анализируя их взаимное расположение, принимают решение о соответствии или несоответствии ПН заданным в НТД требованиям.

6.3.3.1 При оценке позитивных (ограниченных снизу) ПН руководствуются выполнением одного из следующих условий:

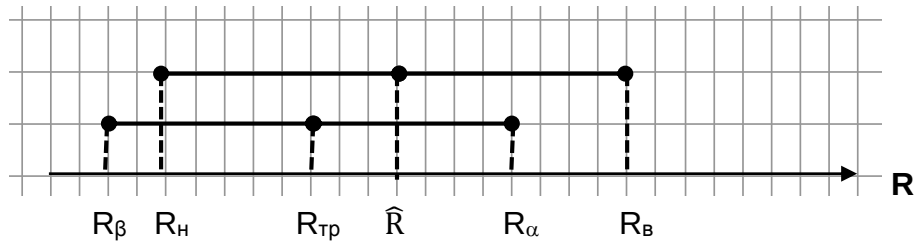
а) $R_H \geq R_\beta$; $R_B > R_\alpha$ – условие соответствия;

б) $R_B \leq R_\alpha$; $R_H < R_\beta$ – условие несоответствия.

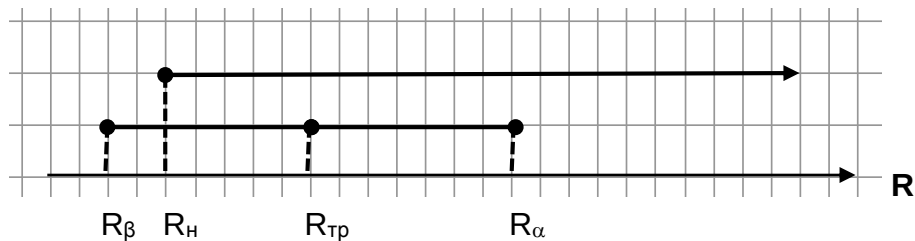
На рисунке 1 графически показаны частные случаи взаимного расположения интервалов $[R_\beta, R_\alpha]$ и $[R_H, R_B]$, в которых принимают решение о соответствии позитивного ПН заданным в НТД требованиям.



а) $R_н > R_β > R_тр$; $R_в > R_α$



б) $R_β < R_н < R_тр$; $R_в > R_α$



в) $R_β < R_н < R_тр$ при $d = 0$

Рисунок 1 – ПН соответствует заданным требованиям надежности

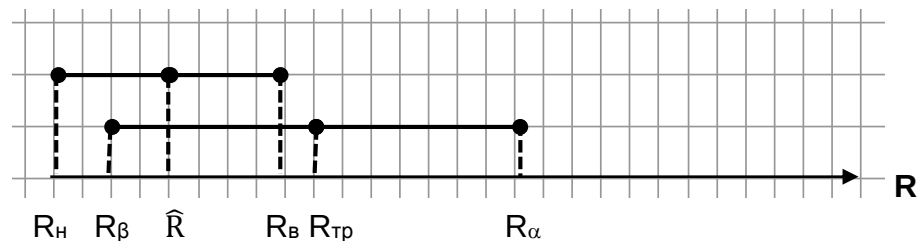
На рисунке 2 показаны частные случаи, в которых принимают решение о несоответствии позитивного ПН заданным в НТД требованиям.

С учетом 6.2.4 для позитивных ПН допускается оценку соответствия проводить только по нижней границе доверительного интервала, не строя при этом верхнюю границу и сравнивая полученное значение $R_н$ с $R_β$ (за исключением случаев по 6.3.3.3).

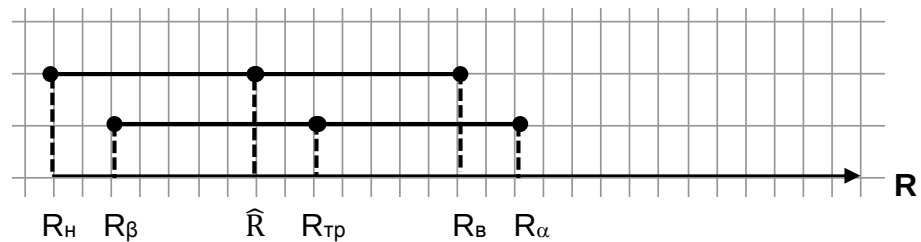
6.3.3.2 При оценке негативных (ограниченных сверху) ПН руководствуются выполнением одного из следующих условий:

- а) $R_н < R_β$; $R_в \leq R_α$ – условие соответствия;
- б) $R_в > R_α$; $R_н \geq R_β$ – условие несоответствия.

С учетом 6.2.4 для негативных ПН допускается оценку соответствия проводить только по верхней границе доверительного интервала, не строя при этом нижнюю границу и сравнивая полученное значение $R_в$ с $R_α$ (за исключением случаев по 6.3.3.3).



а) $R_в < R_{тр} < R_α$; $R_н < R_β$



б) $R_{тр} < R_в < R_α$; $R_н < R_β$

Рисунок 2 – ПН не соответствует заданным требованиям надежности

6.3.3.3 В случае взаимного расположения интервалов $[R_β, R_α]$ и $[R_н, R_в]$, когда один из интервалов перекрывает полностью другой, провести анализ и принять решение о соответствии или несоответствии ПН заданным требованиям невозможно. В таких случаях необходимо увеличение объема статистических данных о надежности ($T_Σ, d$) и продолжение эксплуатационных наблюдений до тех пор, пока не будет обеспечено выполнение условий соответствия или несоответствия, либо проведение мероприятий по смещению границ интервала $[R_н, R_в]$, например, за счет изменения q и $ε$.

На рисунке 3 графически показаны частные случаи взаимного расположения интервалов $[R_β, R_α]$ и $[R_н, R_в]$, в которых провести анализ и принять решение невозможно.

6.3.4 Если риски $α$ и $β$ поставщиком и потребителем не определены и не установлены в НТД, например, в случае инициативной разработки, когда неизвестны изготовитель и (или) потребитель (заказчик) вагонов, допускается интервальную оценку проводить:

а) устанавливая интервал $[R_β, R_α]$ равным интервалу с границами, рассчитанными по формулам таблицы 3 и таблицы 4, подставив вместо $\hat{R}$ и d значения $R_{тр}$ и $d_{пр}$ соответственно, для доверительной вероятности q , равной выбранному значению доверительной вероятности интервальной оценки ПН либо больше него;

б) без учета указанных рисков. При этом, приняв во внимание условие 6.3.2 (второе перечисление), вместо интервала $[R_β, R_α]$ использовать единственное значение $R_{тр}$, относительно которого и проводить анализ расположения границ доверительного интервала $[R_н, R_в]$.

Условия 6.3.3.1 для позитивных ПН в этом случае принимают вид:

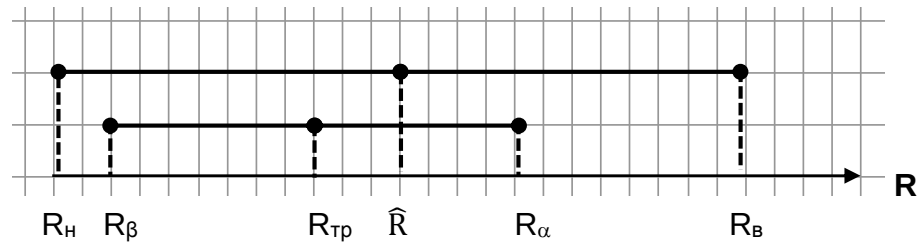
- $R_н \geq R_{тр}$ – условие соответствия;
- $R_н < R_{тр}$ – условие несоответствия;

Условия 6.3.3.2 для негативных ПН в этом случае принимают вид:

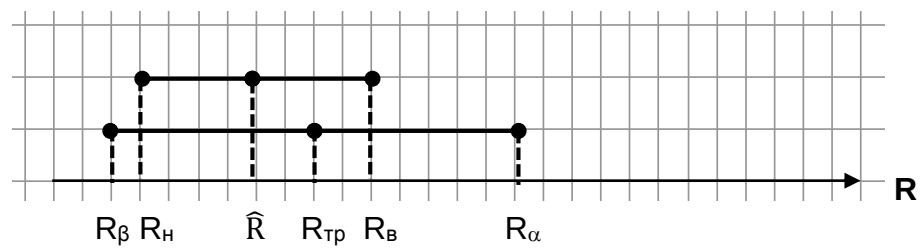
- $R_в \leq R_{тр}$ – условие соответствия;

- $R_B > R_{Tp}$ – условие несоответствия.

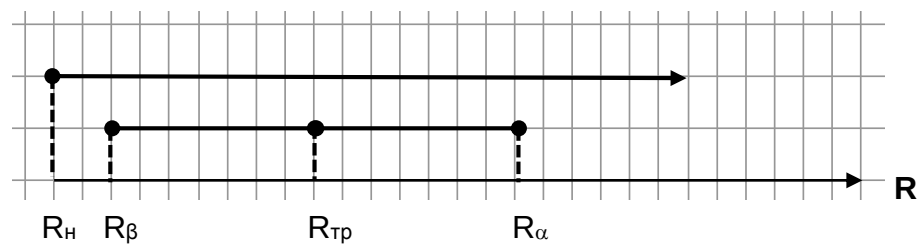
6.3.5 Примеры анализа соответствия ПН заданным требованиям с использованием статистических данных, полученных в ходе испытаний, приведены в приложении В (пункты В.2 и В.3).



а) $R_H < R_\beta$; $R_B > R_\alpha$



б) $R_H > R_\beta$; $R_B < R_\alpha$



в) $R_H < R_\beta$ при $d = 0$

Рисунок 3 – Анализ соответствия ПН невозможен

Приложение А
(рекомендуемое)

Особенности организации эксплуатационных испытаний на надежность и сбора статистической информации о надежности

А.1 Инициатором и организатором ЭИ на различных стадиях жизненного цикла вагона может выступать:

- разработчик/держатель подлинников конструкторской документации на вагон, если необходимо проверить конструкторские, и, в первую очередь, инновационные, решения, влияющие на надежность;
- изготовитель вагонов, если необходимо обеспечить соответствие вагона заданным требованиям по надежности производственно-технологическими решениями и повышением качества его изготовления.

По поручению инициатора ЭИ может проводить испытательная организация.

А.2 ЭИ проводят, как правило, по разработанной инициатором ЭИ в соответствии с ГОСТ 2.106 и утвержденной в установленном порядке рабочей программе и методике ЭИ.

Рабочую программу и методику ЭИ согласовывают с организацией (организациями), эксплуатирующей (эксплуатирующими) вагоны из наблюдаемой выборки, на базе которой (которых) инициатор планирует проведение ЭИ.

А.3 С целью учета влияния на фактические значения ПН внешних воздействующих факторов, квалификации обслуживающего и проводящего ремонт персонала наблюдения выборочной совокупности осуществляют, по возможности, на вагонах, приписанных к различным депо и эксплуатирующихся в различных климатических условиях.

А.4 Эксплуатацию и ремонт вагонов из наблюдаемой выборки осуществляют в соответствии с НТД и эксплуатационными и ремонтными документами, входящими в комплект поставки вагона (партии вагонов).

А.5 Требования к ПН, критерии отказов и предельных состояний, другие исходные данные, необходимые для оценки ПН, задают в НТД и/или устанавливают в конструкторских документах на вагоны. В зависимости от целей ЭИ допускается устанавливать дополнения и детализировать исходные данные в рабочей ПМ.

А.6 Характер необходимых статистических данных для вагонов наблюдаемой выборки зависит от номенклатуры оцениваемых ПН, установленных в НТД.

Характер статистических данных, порядок их сбора и единицы измерения конкретизируют в рабочей ПМ.

А.7 Наблюдения выборки вагонов и регистрацию первичной информации в процессе проведения ЭИ осуществляет специально подготовленный и обученный персонал организации, проводящей ЭИ, или организации, эксплуатирующей вагоны из наблюдаемой выборки и согласовавшей ПМ. К проведению ЭИ может быть привлечен персонал той или иной железнодорожной администрации/владельца инфраструктуры, предоставляющий информацию об отказах, выявленных в ходе осмотра вагонов на станциях по маршруту следования поезда.

А.8 Сбор статистических данных осуществляет организация, проводящая ЭИ.

А.9 Организация, проводящая ЭИ, до начала испытаний передает эксплуатирующей организации следующую информацию:

- дату (день, месяц и год) начала и окончания эксплуатационных наблюдений;
- количество подлежащих наблюдению образцов, входящих в объем выборки и их идентификационные признаки (тип, модель, год постройки, изготовитель вагонов, бортовые/сетевые номера вагонов – если известны, и другие);
- характер статистических данных и необходимые единицы измерения параметров, образующих статистические данные;
- критерии отказа и предельного состояния, установленные в НТД на вагон или в ПМ;
- способ передачи и вид передаваемой учетной документации с данными статистики наблюдений, рекомендуемая форма которой приведена в приложении Г.

А.10 В случае возникновения в процессе наблюдений события с отрицательным исходом (отказ, предельное состояние) эксплуатирующая организация:

- извещает организацию, проводящую ЭИ, о факте возникновения и дате регистрации события на образце (образцах) вагона из наблюдаемой выборки и предоставляет первичную информацию по ее запросу;
- уведомляет изготовителя вагона о необходимости и сроках прибытия его представителей для выполнения работ по рекламации (при возникновении события на гарантийном вагоне);
- заполняет учетную документацию.

А.11 Наблюдаемую выборку могут образовывать, например, только образцы вагона, составляющие гарантийный парк. При этом данные для количественного анализа ПН могут быть взяты из оформленных рекламационных документов, получаемых у изготовителя вагонов.

А.12 При устранении отказа ведут хронометраж времени восстановления работоспособного состояния вагона, состоящего из времени, затраченного на поиск отказавшего узла, и непосредственно времени его восстановления или замены.

Не учитывают время, затраченное на выполнение подготовительных работ по обеспечению доступа к отказавшему узлу вагона, включая время, уходящее на отцеп и транспортировку вагона в депо (при необходимости).

Порядок проведения хронометража конкретизируют в рабочей ПМ.

В единичных случаях, при отсутствии возможности проведения или в случае потери данных хронометража, допускается для оценки показателей ремонтпригодности использовать установленные эксплуатирующей организацией/владельцем инфраструктуры нормы времени восстановления вагона после возникновения того или иного отказа.

А.13 Учет параметров, образующих статистические данные, эксплуатирующая организация ведет в требуемых единицах измерения и представляет организации, проводящей ЭИ, сводную информацию по согласованной форме на дату окончания ЭИ.

А.14 Организация, проводящая ЭИ, обобщив информацию о фактической суммарной наработке всех образцов наблюдаемой выборки, сравнивает полученное значение со значением суммарной наработки, полученным в результате предварительного расчета при планировании.

Если значение фактической суммарной наработки меньше спланированного значения, принимают одно из решений:

- об увеличении времени (продолжительности) испытаний наблюдаемой выборки;
- об увеличении количества испытываемых образцов (объема выборки);
- об увеличении продолжительности испытаний и объема наблюдаемой выборки одновременно;
- о корректировке параметров q и ε для имеющегося значения фактической суммарной наработки/срока эксплуатации таким образом, чтобы выполнялось одно из условий по 6.3.3.

А.15 При проведении ЭИ без предварительного планирования на ограниченном количестве испытываемых образцов и/или в ограниченный контрольный период времени собранных статистических данных может не хватить для состоятельности количественной оценки ПН с требуемой доверительной вероятностью q и точностью ε . В этом случае принимают решение об увеличении одного из нелимитированных параметров испытаний и/или варьируют подбором значений q и ε .

А.16 Результаты ЭИ оформляют в виде отчета. Отчет должен содержать:

- наименование и обозначение объекта испытаний;
- наименование изготовителя вагона и обозначение технических условий (стандарта), по которым вагон изготовлен;
- ссылку на программу и методику испытаний, по которой проводились ЭИ;
- дату начала и окончания ЭИ;
- количество и идентификационные данные образцов вагона в наблюдаемой выборке;

ГОСТ

(проект, RU, первая редакция)

- статистические данные, полученные в ходе ЭИ, о суммарной наработке образцов наблюдаемой выборки, количестве учтенных отказов/предельных состояний, времени восстановления вагонов и другую использованную для оценки ПН статистическую информацию;
- расчет оценок и определение границ доверительных интервалов для контролируемых ПН;
- данные из технических условий (стандарта) о нормах ПН и другая исходная информация, использованная при анализе соответствия вагона требованиям по надежности;
- выводы о соответствии или несоответствии вагона требованиям по надежности, установленным в технических условиях (стандарте);
- перечень наиболее часто повторяющихся отказов и основные причины их возникновения;
- рекомендации о разработке комплекса конструктивно-производственных мероприятий по обеспечению (повышению) надежности (при необходимости).

Приложение Б (обязательное)

Таблицы для определения параметров планирования испытаний и оценок показателей надежности

Б.1 Число отказов $d_{пр}$ в зависимости от значений q и ε

Таблица Б.1

ε	$d_{пр}$ при q			
	0,80	0,90	0,95	0,99
0,05	331/251	>500/>500	>500/>500	>500/>500
0,10	88/57	217/139	346/231	>500/468
0,15	56/21	114/55	170/94	358/191
0,20	29/10	59/28	116/48	232/98
Примечание – В числителе приведены значения $d_{пр}$, используемые при контроле позитивных ПН, в знаменателе – значения $d_{пр}$, используемые при контроле негативных ПН				

Б.2 Число d_0 в зависимости от значения q при отсутствии отказов ($d = 0$)

Таблица Б.2

q	d_0
0,8000	1,61
0,9000	2,30
0,9500	3,00
0,9750	3,69
0,9900	4,61
0,9950	5,30
0,9975	6,00
0,9990	6,91

Приложение В
(справочное)

Примеры расчета параметров плана эксплуатационных испытаний на надежность и анализа соответствия показателей надежности заданным требованиям с использованием статистических данных, полученных в ходе испытаний

В.1 Рассчитать параметры плана испытаний вида $[NMT_{\Sigma}]$ для оценки с выбранными значениями $q = 0,90$ и $\varepsilon = 0,15$ средней наработки на отказ полувагона при заданном в НТД значении (норме) показателя $T_{тр} = 250\,000$ км пробега. Время, отведенное для проведения испытаний, должно составлять не более 365 суток.

Решение.

По приложению Б (таблица Б.1) при заданных $q = 0,90$ и $\varepsilon = 0,15$ для позитивного ПН определяют $d_{пр} = 114$.

Достаточное для состоятельности оценки значение T_{Σ} рассчитывают по формуле (5.1), подставляя в неё значения $T_{тр}$ и $d_{пр}$:

$$T_{\Sigma} \geq 250\,000 \times 114 = 28\,500\,000 \text{ км}$$

Достаточное для состоятельности оценки значение N рассчитывают по формуле (5.2), подставляя в неё значения T_{Σ} , времени, отведенного для проведения испытаний равным 365 сут и среднесуточного пробега полувагона $S_{ср\,сут} = 192,4$ км/сут, полученного из периодического источника статистической информации:

$$N \geq 28\,500\,000 / (365 \times 192,4) = 405,8 \approx 406 \text{ шт.}$$

Таким образом, в результате расчета получены следующие параметры плана ЭИ:

$T_{\Sigma} \geq 28\,500\,000$ км общего пробега вагонов;

$N \geq 406$ образцов вагона.

В.2 По статистическим данным, полученным в ходе ЭИ по плану вида $[NMT]$, оценить средний срок службы полувагона до деповского ремонта с выбранными значениями доверительной вероятности $q = 0,90$ и относительной ошибки $\varepsilon = 0,10$ при заданных в НТД значениях:

- нормы показателя $T_{тр} \geq 4$ лет;

- рисках $\alpha = \beta = 0,2$;

- браковочного уровня $T_{\beta} = 3,25$ года;

- приемочного уровня $T_{\alpha} = 4,5$ года.

Данные статистики:

$N = 27$ полувагонов;

$t = 3,25$ года;

$d = 19$ – суммарное число отказов 27 полувагонов за 3,25 года, связанных с наступлением предельного состояния тележек, требующего текущего ремонта полувагонов в условиях депо;

$T_{\varepsilon\,\Sigma} = 2$ месяца = 0,17 года – суммарное время восстановления работоспособного состояния полувагонов после возникновения 19 отказов.

Решение.

Значение суммарной наработки 27 полувагонов за 3,25 года рассчитывают по формуле

$$T_{\Sigma} = (N \times t) - T_{\varepsilon\,\Sigma} = (27 \times 3,25) - 0,17 = 87,58 \text{ года.}$$

Точечную оценку среднего срока службы полувагона до деповского ремонта рассчитывают, используя формулы таблицы 1 и таблицы 2:

$$\hat{T} = \frac{1}{\hat{\lambda}} = T_{\Sigma} / d = 87,58 / 19 = 4,61 \text{ года.}$$

Интервальную оценку среднего срока службы полувагона до деповского ремонта по нижней границе доверительного интервала вычисляют, используя формулы таблицы 3 и таблицы 4:

$$T_n = \hat{T} \times 2d / \chi_{0,9}^2 (2d+2) = 4,61 \times 38 / \chi_{0,9}^2 (40) = 4,61 \times 38 / 51,805 = 3,38 \text{ года,}$$

где $\chi_{0,9}^2 (40) = 51,805$ – квантиль χ^2 – распределения при заданном уровне доверительной вероятности 0,90.

Интервальную оценку среднего срока службы полувагона до деповского ремонта по верхней границе доверительного интервала вычисляют, используя формулы таблицы 3 и таблицы 4:

$$T_b = \hat{T} \times 2d / \chi_{0,1}^2 (2d) = 4,61 \times 38 / \chi_{0,1}^2 (38) = 4,61 \times 38 / 27,343 = 6,41 \text{ года,}$$

где $\chi_{0,1}^2 (38) = 27,343$ – квантиль χ^2 – распределения при заданном уровне доверительной вероятности (1,00 – 0,90).

Позиционируют вычисленный доверительный интервал [3,38; 6,41], содержащий истинное значение T , относительно интервала [3,25; 4,50], содержащего норму $T_{тр}$ с учетом рисков потребителя и поставщика, получая в результате выполнение условия соответствия по 6.3.3.1.

Таким образом, делают вывод о соответствии среднего срока службы полувагона до деповского ремонта (T) требованиям НТД, так как $T_n > T_{\beta}$; $T_b > T_{\alpha}$.

В.3 По статистическим данным, полученным в ходе ЭИ по плану вида $[NMd]^1$, оценить среднее время восстановления вагона-хоппера с выбранными значениями доверительной вероятности $q = 0,90$ и относительной ошибки $\varepsilon = 0,10$ при заданном в НТД значении нормы показателя $T_{тр} \leq 4$ ч.

Данные статистики:

$N = 20$ – располагаемое количество вагонов-хопперов;

$d = 8$ – заданное число учитываемых отказов вагонов-хопперов, по достижению которого ЭИ прекращают;

$r = 7$ – суммарное число восстановлений работоспособного состояния 20 вагонов-хопперов после возникновения семи учитываемых отказов за время испытаний без направления вагонов на текущий ремонт в депо;

$T_{\Sigma} = 20$ ч – суммарное время восстановления работоспособного состояния вагонов-хопперов после возникновения семи отказов.

Решение.

Точечную оценку среднего времени восстановления вагона-хоппера рассчитывают по формуле

$$\hat{T} = T_{\Sigma} / r = 20 / 7 = 2,86 \text{ ч.}$$

С учетом 6.2.4 и 6.3.3.2, интервальную оценку среднего времени восстановления вагона-хоппера по нижней границе доверительного интервала не вычисляют.

Интервальную оценку среднего времени восстановления вагона-хоппера по верхней границе доверительного интервала вычисляют, используя формулы таблицы 3 и таблицы 4:

¹ В планах испытаний видов $[NMd_{пр}]$ и $[NM(t, d_{пр})]$ по технико-экономическим соображениям вместо $d_{пр}$ допускается использование заданного суммарного числа отказов за время испытаний d . В этом случае указанные планы ЭИ приобретают вид $[NMd]$ и $[NM(t, d)]$ соответственно. Далее по тексту необходимо иметь ввиду, что под планами видов $[NMd_{пр}]$ и $[NM(t, d_{пр})]$ следует понимать и планы видов $[NMd]$ и $[NM(t, d)]$ соответственно

ГОСТ

(проект, RU, первая редакция)

$T_v = \hat{T} \times 2(d-1) / \chi_{0,1}^2(2d) = 2,86 \times 14 / \chi_{0,1}^2(16) = 2,86 \times 14 / 9,312 = 4,45$ ч,
где $\chi_{0,1}^2(16) = 9,312$ – квантиль χ^2 – распределения при заданном уровне доверительной вероятности (1,00 – 0,90).

Сравнивают значения $T_{тр}$ и T_v , получая в результате выполнение условия несоответствия по 6.3.3.2.

Таким образом, делают вывод о несоответствии среднего времени восстановления вагона-хоппера (T) требованиям НТД, так как $T_v > T_{тр}$.

Приложение Г
(рекомендуемое)

Форма учетных данных эксплуатационных испытаний

Объект испытаний _____ (тип, модель вагона)			
Данные эксплуатирующей организации (заполняется эксплуатирующей организацией)		Данные изготовителя (заполняется изготовителем)	
Заводской № вагона		Причина отказа (неисправности)	
Сетевой № вагона			
Дата возникновения отказа (неисправности)			
Внешнее проявление отказа (неисправности)		Фактическое время восстановления (без учета времени на подготовительные работы) гарантийного вагона	
Фактическая наработка с начала эксплуатации			
Фактическая наработка с даты начала эксплуатационных испытаний		Фактическая дата ввода в эксплуатацию восстановленного по гарантии вагона	
Фактическое время восстановления (без учета времени на подготовительные работы)			
Фактическая дата ввода в эксплуатацию восстановленного вагона		Оценка отказа (учитываемый или не учитываемый при анализе надежности)	

Представитель эксплуатирующей организации:

(Должность, подпись, Ф.И.О)

Представитель изготовителя:

(Должность, подпись, Ф.И.О)

Рисунок Г.1

Библиография

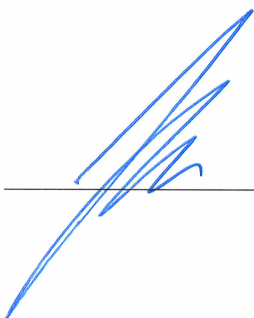
- [1] IEC 60605-6:2007 «Equipment reliability testing - Part 6: Tests for the validity and estimation of the constant failure rate and constant failure intensity» (МЭК 60605-6:2007 «Испытания оборудования на надежность. Часть 6. Критерии проверки постоянства интенсивности отказов и параметра потока отказов и методы их оценки»)

УДК 656.2

МКС 45.060

Ключевые слова: метод испытаний, надежность, эксплуатация, подконтрольная эксплуатация, вагоны грузовые

Генеральный директор
ООО «ВНИЦТТ»



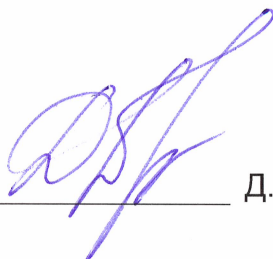
_____ К.В. Кякк

Заместитель генерального конструктора
АО «ТВСЗ»



_____ Ю.А. Чумаков

Руководитель отдела стандартизации
ООО «ВНИЦТТ»



_____ Д.Е. Абрамов

Инженер по стандартизации
ООО «ВНИЦТТ»



_____ М.О. Власенкова