ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Транспорт железнодорожный

ТРЕБОВАНИЯ К ПРОЧНОСТИ КУЗОВОВ ВАГОНОВ

Часть 1. Локомотивы и пассажирский подвижной состав

СТ РК 2101-2011

EN 12663-1:2010 EN 12663-1-2000 «Railway applications. Structural requirements of railway vehicle bodies. Part 1. Locomotives and passenger rolling stock (and alternative method for freight wagons, MOD

Издание официальное

**Комитет технического регулирования и метрологии
Министерства индустрии и новых технологий Республики Казахстан
(Госстандарт)**

Астана

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1РАЗРАБОТАН И ВНЕСЕН Республиканским государственным предприятием «Казахстанский институт стандартизации» Комитета технического регулирования и метрологии и техническим комитетом по стандартизации № 53 «Сертификация машиностроительной, металлургической, строительной продукции и услуг» ТОО «Технократ плюс».

2УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Комитета технического регулирования и метрологии Министерства индустрии и новых технологий Республики Казахстан 13 сентября 2011 года № 465-од.

3 Настоящий стандарт модифицирован по отношению к EN 12663-1-2010 «Railway applications. Structural requirements of railway vehicle bodies. Part 1. Locomotives and passenger rolling stock (and alternative method for freight wagons)» (Железнодорожный транспорт. Структурные требования к вагонам. Часть 1. Локомотивы и пассажирский подвижной состав (и альтернативный метод для грузовых вагонов), путем исключения требований к грузовым вагонам, типы которых не эксплуатируются на территории Республики Казахстан.

Дополнительные слова - синонимы внесены в текст стандарта и выделены курсивом.

EN 12663-1-2000 разработан Техническим Комитетом CEN/TC 256 «Железнодорожные транспортные средства», секретариат, которого ведет DIN.

Перевод с английского языка (en).

Официальный экземпляр EN 12663-1-2000 имеется в Государственном фонде технических регламентов и стандартов РГП «КазИнСт» Комитета технического регулирования и метрологии Министерства индустрии и новых технологий Республики Казахстан.

Степень соответствия – модифицированная (MOD).

4СРОК ПЕРВОЙ ПРОВЕРКИ **2016 год**
ПЕРИОДИЧНОСТЬ ПРОВЕРКИ **5 лет**

5ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

«Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодно издаваемом информационном указателе «Нормативные документы по стандартизации Республики Казахстан», а текст изменений и поправок – в ежемесячно издаваемых информационных указателях «Государственные стандарты». В случае пересмотра (отмены) или замены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ежемесячно издаваемом информационном указателе «Государственные стандарты

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Комитета технического регулирования и метрологии Министерства индустрии и новых технологий Республики Казахстан

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Транспорт железнодорожный. ТРЕБОВАНИЯ К ПРОЧНОСТИ КУЗОВОВ ВАГОНОВ Часть 1. Локомотивы и пассажирский подвижной состав

Дата введения 2012-07-01

1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает минимальные требования к прочности кузовов железнодорожных транспортных средств (далее транспортное средство), с учетом требований указанных в [1] и [2].

Также настоящий стандарт устанавливает характеристические значения нагрузки на детали транспортного средства, которые должны выдерживать; и определяет, как должны быть использованы конструкционные материалы, а также представляет принципиальные решения, которые должны использоваться для проектирования, проверки, анализа и испытания.

Железнодорожный подвижной состав делится на категории, которые определяются только по структурным требованиям кузовов. Категории некоторых транспортных средств могут быть не определены; структурные требования для таких транспортных средств железнодорожного транспорта должны быть частью *технических требований* и быть основаны на принципиальных решениях, представленных в настоящем стандарте.

Стандарт распространяется на транспортные средства (локомотивы, пассажирские вагоны), осуществляющие перевозки на территории *Республики Казахстан*. Указанные требования предполагают условия эксплуатации, такие как приняты в *Республики Казахстан.*

В дополнение к требованиям настоящего стандарта к структурам всех транспортных средств, связанных с пассажирскими перевозками в целом могут иметь особенности, которые будут защищать *локомотивную бригаду* и пассажиров в случае столкновения при авариях по *СТ РК 2100.*

2 Нормативные ссылки

Для применения настоящего стандарта (документа) необходимы, следующие ссылочные документы. Для недатированных ссылок применяют последнее издание ссылочного документа (включая все его изменения).

СТ РК 1.9-2007 Государственная система технического регулирования Республики Казахстан. Порядок применения международных, региональных и национальных стандартов и нормативных документов по стандартизации, метрологии, сертификации и аккредитации.

СТ РК 2100-2011 «Транспорт железнодорожный. требования стойкости к ударным нагрузкам кузовов вагонов. Локомотивы и пассажирский подвижной состав».

СТ РК ЕН 15663-2011 Транспорт железнодорожный и городской электрический. Определение контрольной массы.

EN 10002-1*, Metallic materials.Tensile testing. Part 1. Method of test at ambient temperature (Материалы металлические. Испытания на растяжение. Часть 1. Метод испытания при температуре окружающего воздуха).

EN 13749,* Railway applications. Wheelsets and bogies. Methods of specifying structural requirements of bogie frames (Железнодорожный транспорт. Колесные пары и тележки. Методы определения структурных требований рам тележек).

ПРИМЕЧАНИЕ При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов и классификаторов по ежегодно издаваемому информационному указа-

телю «Указатель нормативных документов по стандартизации» по состоянию на текущий год и соответствующим ежемесячно издаваемым информационным указателям, опубликованным в текущем году. Если ссылочный документ заменен (изменен), то при пользовании настоящим стандартом следует руководствоваться замененным (измененным) документом. Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины и определения

В настоящем стандарте используются следующие термины и определения.

3.1 ***Кузов железнодорожного транспортного средства*** (railway vehicle body): *Основная несущая структура, включающая в себя все компоненты, которые прикреплены к этой структуре и непосредственно влияют на ее прочность, жесткость и устойчивость.*

ПРИМЕЧАНИЕ Механическое оборудование и другие смонтированные детали не считаются частью кузова транспортного средства, хотя связаны с ним.

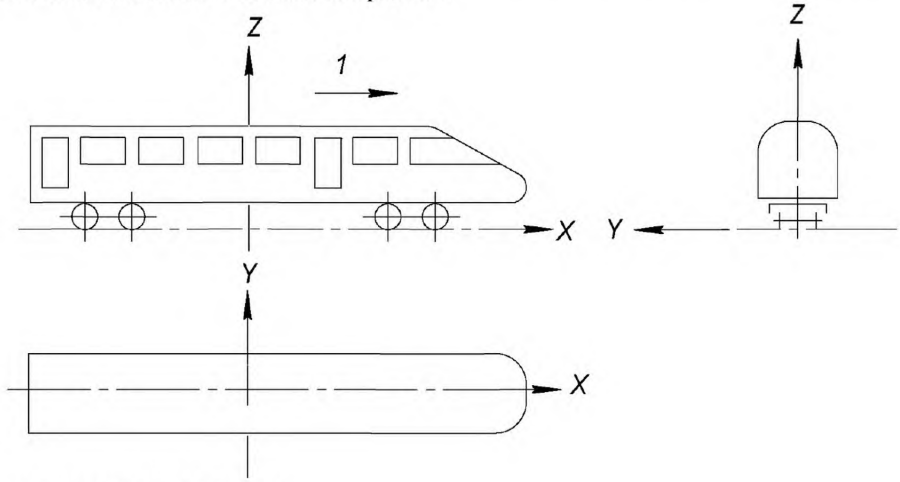
3.2 Подвижной состав (equipment attachment): *Тяговые транспортные средства (локомотивы), вагоны, самоходные и иные транспортные средства, предназначенные для перевозки по железнодорожным путям пассажиров, багажа, грузобагажа и почтовых отправлений.*

3.3 Железнодорожный транспорт: *Вид транспорта, обеспечивающий перевозки по железнодорожным путям.*

ПРИМЕЧАНИЕ Взято из [3].

4 Система координат

Система координат приведена на Рисунке 1. Положительное направление оси X (соответствует продольной оси кузова транспортного средства) находится в направлении движения. Положительное направление оси Z (соответствующие вертикальной оси кузова) указывает вверх. Ось ординат Y (соответствующая поперечной оси кузова) находится в горизонтальной плоскости системы координат.



1 - направление движения;
X - продольное направление;
Y - поперечное направление;
Z - вертикальное направление.

Рисунок 1- Система координат осей кузова транспортного средства

5 Требования к конструкции

5.1 Общие положения

Кузов железнодорожного транспортного средства должен выдерживать максимальные нагрузки в соответствии с их техническими требованиями для достижения требуемого срока службы при нормальных условиях эксплуатации с адекватной вероятностью выживания.

Способность кузова транспортного средства выдерживать необходимые нагрузки без остаточной деформации и разрыва, продемонстрирована с помощью расчетов и/или испытаний, как описано в программе проверки Пункт 9.

Оценка должна быть основана на следующих критериях:

a) *максимальная нагрузка определяется нагрузкой, которая соответствует техническим требованиям для достижения требуемого срока службы;*

b) запас прочности, как это определено в разделе 5.4.3 и 5.4.4 устанавливается такой, чтобы *максимальная* нагрузка может быть значительно превышена до катастрофического разрушения;

c) обслуживание или циклические нагрузки, которые будут выдерживаться в течение указанного срока эксплуатации без ущерба для прочности конструкции.

Данные определения ожидаемых условий эксплуатации должны быть частью *технических требований*. Исходя из этих данных нагрузка, должна быть, определена таким образом, чтобы это соответствовало критериям приемки.

ПРИМЕЧАНИЕ В случае необходимости, жесткость критериев, как это определено в 5.5, должна быть частью *технических требований при проектировании*.

Требования настоящего стандарта, основанного на использовании металлических материалов и требования, определенные в 5.4.2, 5.4.3 и 5.6, Разделов 7 и 8 конкретно применимы только к таким материалам. Если используются различные (неметаллические) материалы, то основные принципы настоящего стандарта по-прежнему применяются и полученные данные для представления производительности этих материалов должны быть использованы.

Нагрузки используются в качестве основы для проектирования кузова транспортного средства и применяются в случаях, перечисленных в Разделе 6.

Ускорение *свободного падения* - 9,81 м/с^2.

5.2 *Категории железнодорожного подвижного состава*

5.2.1 Структурные категории

Для целей настоящего стандарта все транспортные средства разделены на категории.

Классификации различных категорий транспортных средств определены только на структурных требованиях к кузову транспортного средства.

ПРИМЕЧАНИЕ Потребитель сам решает, какие категории транспортных средств должны быть разработаны. При выборе категории следует принимать во внимание условия *работы* и меры безопасности системы. Это должно соответствовать настоящему стандарту.

Из-за специфики их конструкции и различных целей проектирования существуют три основные группы: а именно локомотивы (L), пассажирские вагоны (P). Эти группы могут быть подразделены далее на категории в зависимости от их структурных требований.

Выбор категории из пунктов ниже, должен основываться на структурных требованиях, определенных в таблицах в Разделе 6.

5.2.2 Локомотивы

К этой группе относятся все типы локомотивов и *тяговых агрегатов*, единственной целью которых является обеспечение тягового движения, они не предназначены для перевозки пассажиров.

- категория L например, локомотивы и *тяговые агрегаты*.

5.2.3 Пассажирские транспортные средства

К этой группе относятся все виды транспортных средств, предназначенных для перевозки пассажиров по магистральным железнодорожным путям, пригородный железнодорожный транспорт, подвижной состав метрополитена и трамваи.

Пассажирские транспортные средства разделены на пять категорий структурного проектирования, в котором все транспортные средства могут быть выделены.

- категория P-I, например, *вагоны и пассажирские локомотивы;*
- категория P-II, например, *мотор-вагонный подвижной состав*;
- категория P-III, например, метро, *легкорельсовый трамвай*,
- категория P-IV, например, *легкий транспорт метро, скоростной трамвай*;
- категория P-V, например, трамвай.

5.2.5 Другие типы транспортных средств

Некоторые транспортные средства не могут соответствовать описаниям, связанным с вышеперечисленными категориями (например, открытые *вагоны* для перевозки автотранспортных средств, могут рассматриваться как транспортное средство P-I). Соответствующие категории структурных требований таких транспортных средств должны быть частью *технических требований*.

5.3 Неточности в параметрах железнодорожного проектирования

5.3.1 Учет неточностей

Неточности, описанные в следующих пунктах, допускаются только в отношении принятия предельных значений параметров или для учета фактора безопасности в процессе проектирования. Этот запас прочности, обозначенный S, должен быть применим при сравнении рассчитанных напряжений при допустимом напряжении, как это указано в 5.4.

ПРИМЕЧАНИЕ В процессе проектирования необходимо учитывать следующее, по отношению критичности несоответствия компонента: следствие недостаточности, избыточности, доступности для контроля, обнаружения выхода компонентов из строя, интервал обслуживания и т.д.

Значение S должно быть выбрано, включая *совокупный* эффект всех неточностей, иное не учитывается.

5.3.2 Нагрузки

Все нагрузки, используемые в качестве основы для проектирования кузова транспортных средств, включают любой необходимый учет неточностей и их значения.

Нагрузки, указанные в пункте 6, включают эти значения. Если проектирование нагрузки основано на испытании или других источниках информации, учет неточностей должен быть использован.

5.3.3 Материал

Для целей проектирования, должны использоваться материалы со *свойствами*, как это определено техническими требованиями к материалам, *где свойства материала зависят, например, от:*

- скорости *возрастания* нагрузки;
- *времени на износ материала*;
- *от окружающей среды* (поглощение влаги, температура и т.д.);
- сварки или других технологических процессов, соответствующих установленным минимальным значениям.

Кроме того, кривая *усталости S-N (кривая Велера*) используется для представления износа материала, которая должна включать наибольшее значение и нижнюю границу разброса данных, как это определено в 7.3.

5.3.4 Допуски на размеры

Как правило, приемлемы для базы расчетов номинальные размеры компонентов. Необходимо рассмотреть минимальные размеры, только если значительное сокращение толщины (из-за износа и т.д.) присуще функции компонента. Адекватная защита от коррозии является неотъемлемой частью *технических требований* транспортного средства. Потерей материала, как правило, можно пренебречь.

5.3.5 Производственный процесс

Характеристики материала конкретных элементов могут отличаться от материалов испытуемых образцов. Такие различия связаны с изменениями производственных процессов и качества изготовления, которые не могут быть обнаружены в любой процедуре контроля качества.

5.3.6 Точность анализа

Каждая аналитическая процедура включает в себя приближенные значения и упрощения. Применение аналитических процедур сознательно должно быть консервативным.

5.4 *Пределы* статической прочности и структурной стабильности

5.4.1 Требования

Должно быть продемонстрировано с помощью расчетов и / или испытания, что никакой существенной остаточной деформации или разрушения структуры в целом, любого отдельного элемента или любого оборудования, не будет иметь место при установленных случаях расчетной нагрузки. Требование должно быть достигнуто путем удовлетворения выхода или условного предела текучести (в соответствии с 5.4.2). Если проектирование ограничено пределом прочности и / или условиями устойчивости (в соответствии с 5.4.3 и/ или 5.4.4), они должны быть удовлетворены, процесс проверки описан в Разделе 9.

При сравнении рассчитанного или измеренного допустимого напряжения, использование компонентов должно быть меньше или равно *единице*, в соответствии следующей Формулой:

$$U = \frac{R_d S}{R_L} \leq 1, \qquad (1)$$

Где U - использование компонента;

R_d - это определяется в результате расчетов и испытаний;

S - является одним из факторов обеспечения безопасности конструкций (см. 5.3);

R_L - это допустимые или предельные значения.

ПРИМЕЧАНИЕ Формула в некоторых случаях иногда рассчитывается по следующей Формуле:

$$\frac{R_L}{R_d} \geq S, \qquad (2)$$

5.4.2 Выработка и условный предел текучести

Где проектирование проверяется только расчетным путем, S_1 должна быть 1,15 для каждого отдельного случая нагрузки. S_1 можно считать 1,0, где расчетная нагрузка должна быть проверена путем испытаний и / или корреляции между испытаниями и расчетами и должна быть успешно установлена.

Под статической нагрузкой, как это определено в 6.1 до 6.5, использование компонента должно быть меньше или равно *единице* и рассчитывается по следующей Формуле:

$$U = \frac{\sigma_c S_1}{R} \leq 1, \quad (3)$$

Где U –использование компонента;

S_1 - *показатель безопасной нагрузки в период эксплуатации;*

R - предел текучести материала (R_{eH}) или 0,2% предела текучести (Rp_{02}), в ньютонах на квадратный миллиметр (Н/мм^2) (как определено в EN 10002-1) и принимая во внимание любые соответствующие эффекты, как описано в 5.3.3;

σ_c - расчетное напряжение, в ньютонах на квадратный миллиметр (Н/мм^2).

Для определения уровня напряжения в пластичных материалах, в этом нет необходимости для удовлетворения вышеуказанных критериев по особенности производства местной концентрации напряжения. Если анализ не включает локальные концентрации напряжения, то допустимые значения для теоретического напряжения превышают выработку материала или 0,2% условного предела. Области, имеющие местную деформацию пластика, связанные с концентрацией напряжения, должны быть достаточно небольшими, чтобы не вызывать никакой значительной остаточной деформации при снятии нагрузки. Методы устранения локальной концентрации напряжения при расчете и во время испытаний приведены в Приложении А, и в 8.2.2.

5.4.3 Полное разрушение

Необходимо обеспечить запас прочности между исключительными нагрузками при проектировании и нагрузками, при которых структура не выдерживает. Это достигается путем введения коэффициента безопасности S_2 таким, что использование должно быть меньше или равным *единице*, как указано по следующей Формуле:

$$U = \frac{\sigma_c S_2}{R_m} \leq 1, \quad (4)$$

Где U – использование компонента;

S_2 - *коэффициент* безопасности для окончательного разрушения;

R_m - предел прочности материала, в ньютонах на квадратный миллиметр (Н/мм^2) (как определено в EN 10002-1) и принимая во внимание любые соответствующие эффекты, как описано в 5.3.3;

σ_c -расчетное напряжение, в ньютонах на квадратный миллиметр (Н/мм^2), для исключительного случая нагрузки.

Обычно $S_2 = 1,5$, а значение $S_2 = 1,3$ может использоваться там, где расчетные нагрузки должны быть проверены испытанием и / или корреляцией между испытаниями и расчетами должны быть успешно установлены. Коэффициент безопасности S_2 может снижаться еще больше, когда есть альтернативные пути нагрузки и эти нагрузки соответствуют коэффициенту безопасности $S_2 = 1,3$.

Окончательный критерий разрушения не распространяется на части структуры, которые специально предназначены для *разрушения* в управляемом режиме (например, в соответствии с требованиями *СТ РК 2100*).

Извлечение концентрации напряжения, как указано в 5.4.2 также применяется в этом случае. Тем не менее, эффект концентрации напряжения должен быть рассмотрен более подробно для хрупких материалов, где местная текучесть пластика, как механизм перераспределения напряжения в концентрации, не происходит.

5.4.4 *Неустойчивость*

Локальная неустойчивость в виде потери упругой устойчивости, допускается при условии использования альтернативных способов нагрузки и существования доказательства соответствия критериям. Конструкция транспортного средства должна иметь запас прочности против *неустойчивости*, ведущей к всеобщему разрушению конструкции при

исключительных нагрузках. *Использование компонента* (как указано в следующей формуле) должно быть меньше или равна *единице,* когда расчетное напряжение или нагрузка по сравнению с критической потерей устойчивости при напряжении или при критической нагрузке:

$$U = \frac{\sigma_c S_3}{\sigma_{cd}} \le 1 \quad \text{или} \quad U = \frac{L_c S_3}{L_{cd}} \le 1, \tag{5}$$

Где U – использование компонента;

S_3 – безопасность при *неустойчивости*;

σ_{cd} – критическая потеря устойчивости при напряжении, в ньютонах на квадратный миллиметр (Н/мм^2);

L_{cd} - расчетное напряжение, в ньютонах на квадратный миллиметр (Н/мм^2);

L_c - расчетные нагрузки, в ньютонах (Н).

Коэффициент безопасности должен рассматриваться в качестве $S_3 = 1{,}5$.

Критерий неустойчивости не распространяется на элементы структуры, которые специально предназначены для *разрушения* контролируемым образом (например, в соответствии с требованиями *СТ РК 2100*).

5.5 *Пределы* жесткости

Пределы жесткости обеспечивают нахождение транспортного средства в пределах своего необходимого пространства и неприемлемых динамических характеристик можно избежать.

Конкретные требования и средства для представления жесткости должны быть частью *технических требований*.

ПРИМЕЧАНИЕ Требуемая жесткость может быть определена с точки зрения допустимой деформации под нагрузкой, обозначенной как минимальная частота вибрации. Требования могут применяться к *целому* кузову транспортного средства или к отдельным компонентам или узлам.

5.6 *Пределы прочности по износу*

5.6.1 Общие положения

Структура элементов железнодорожного транспорта подвергается очень большому числу динамических нагрузок различной величины в течение *всего* срока эксплуатации.

Последствия этих нагрузок наиболее очевидны в критических особенностях строения кузова транспортного средства. Примеры таких особенностей:

a) точки *приложения* нагрузки (в том числе на оборудование);

b) стыки между элементами конструкции (например, сварные швы, болтовые соединения);

c) изменения в геометрических размерах, вызывающие концентрации напряжения (например: дверь и углы окна).

Идентификация этих критических функций имеет важное значение. Подробное изучение местных особенностей должно быть необходимо.

d) Предел выносливости (см. 5.6.2.1);

e) суммарный подход к повреждениям (см. 5.6.2.2).

Оба метода могут быть применены к проектированию и / или измерению напряжения в результате анализа и испытания соответственно. Другие установленные методы проведения оценки ресурса могут быть использованы в разработке и проверке процессов, когда это необходимо.

Характер и качество имеющихся данных влияют на выбор метода, который будет использоваться, как описано в 5.6.2.

При условии, что динамические нагрузки в случаях, которые рассматриваются при анализе износа, уже включают в себя пособия для установления любой неточности и ус-

ловия использования минимальных механических свойств материала, как описано в 7.3, без дополнительных факторов безопасности, необходимых в данных расчетах.

Методы испытаний для представления износа или для проверки результатов расчетов, описаны в 8.3.

5.6.2 Методы оценки

5.6.2.1 Подход предела выносливости

Этот подход может быть использован для всех площадей, где все динамические циклы напряжения остаются ниже предела выносливости материала. При применении европейских или национальных стандартов или эквивалентных источников данных, указывается предел выносливости на уровне менее или равном 10^7 циклов, этот предел должен использоваться при работе с нагрузками, как указано в 6.6 до 6.8. При отсутствии характеристических значений предела выносливости в нормативной документации, предел выносливости определяется опытным путем и указывается более чем 10^7 циклов, допускается использование силы износа материала на 10^7 циклов, допустимое напряжение при использовании в качестве нагрузки, указанное в 6.6 до 6.8 (потому что эти нагрузки связаны с этим числом циклов).

Требуемая прочность при износе проявляется при условии, что напряжение происходит из-за всех соответствующих сочетаний нагрузок, определенных в 6.6 до 6.8 или в результате измерений в соответствии с 8.3, с), остается ниже предела выносливости.

5.6.2.2 *Суммарный подход к повреждениям*

Такой подход является альтернативой к подходу предела выносливости. *Предварительные показатели* для каждого случая источников нагрузки, как определено в 6.6 – 6.8, должны быть выражены в терминах величины и количества циклов. Особое внимание должно быть уделено комбинации нагрузок, которые действуют совместно.

Повреждения в результате каждого такого случая, в свою очередь, оцениваются, используя соответствующий материал S-N диаграммы (диаграмма Велера), а общий ущерб определяется в соответствии с установленными гипотезами накопления повреждений (например, Palmgren - Miner).

Допускается упрощение нагрузки и комбинаций, если это не влияет на действующие результаты.

Требуемая прочность при нагрузках проявляется при условии, что общий ущерб в каждой критической детали, из-за всех соответствующих комбинаций нагрузок, меньше единицы (1,0). Аналогичным образом, совокупный ущерб в таких деталях, от циклов напряжения измеряется в ходе испытаний (как определено в 8,3 с) и должен быть ниже единицы, когда продолжительность экстраполируется и представляет полноценную эксплуатация транспортного средства.

ПРИМЕЧАНИЕ Некоторые нормы или стандарты проектирования износа рекомендуют использовать совокупный лимит суммарного ущерба <1,0. Использование меньшего значения должно согласовываться с кодексом или стандартом.

6 Проектирование нагрузок

6.1 Общие положения

Это положение определяет нагрузки, которые будут использоваться для разработки деталей транспортного средства. Оно содержит статические нагрузки, представляющие исключительные условия износа, как это определено в пункте 5.1.

Номинальные значения для каждого случая нагрузки, приведены в соответствующих таблицах для каждой категории транспортного средства. Значения представляют собой нормальные минимальные требования. Масса транспортных средств, которые будут использоваться для определения расчетной нагрузки, определена в Таблице 1.

Таблица 1 – Определение проектируемой массы

Определение	Обозначение	Описание
Проектируемая масса кузова транспортного средства в рабочем состоянии	m_1	Проектирование массы кузова в рабочем состоянии с *СТ РК ЕН 15663* без массы тележки
Проектируемая масса одной тележки или ходового механизма	m_2	Масса всего нижнего оборудования, и в том числе подвески. Масса связей между элементами кузова и тележки или ходовой части, распределяется между m_1 и m_2
Проектирование нормальной полезной нагрузки	m_3	Проектируемая масса нормальной полезной нагрузки, как указано в *СТ РК ЕН 15663*
Максимальная полезная нагрузка	m_4	Масса *максимальной* полезной нагрузки, как указано в *СТ РК ЕН 15663*

Там, где включены нагрузки, которые распределены по структуре, они должны применяться в анализе и испытании таким образом, чтобы были представлены реальные условия нагрузки, в точности соответствующие приложениям и критическим особенности структуры.

Если есть доказательства того, что различные грузы или нагрузки подходят по сравнению приведенными в данном стандарте, они будут использоваться вместо значений настоящего стандарта. Например, если считается, что более высокое значение необходимо для достижения безопасной работы в системе, то это должно быть указано.

Для конкретных условий эксплуатации и конструктивных особенностей, более низкое значение является приемлемым, если представлено техническое обоснование.

В дополнение к нагрузкам, указанным в Таблице 2 и Таблице 18, и в любых дополнительных требованиях или изменениях, приведенных в *технических требованиях*, конструкция должна выдержать любые другие соответствующие статические или динамические нагрузки, которые возникают (например, от *вращающего момента*, *при торможении транспортного средства*).

6.2 Продольная статическая нагрузка для кузова

6.2.1 Общие положения

Нагрузки, определенные в Таблице 2 и Таблице 8 рассчитываются в сочетании с нагрузкой 1g при вертикальном ускорении массы m_1.

6.2.2 Продольные силы в буфере или в области сцепления

Таблица 2 – *Сжатие на уровне буферов/автосцепки*

в Килоньютонах

Локомотивы	Пассажирский железнодорожный транспорт				
Категория L	Категория P-1	Категория P-II	Категория P-III	Категория P-IV	Категория P-V
2000	2000	1500	800	400	200

Таблица 3 – *Сжатие силой ниже уровня буферов/автосцепки*

в Килоньютонах

Локомотивы	Пассажирский железнодорожный транспорт				
Категория L	Категория P-1	Категория P-II	Категория P-III	Категория P-IV	Категория P-V
-	-	-	-	-	-

[a] На 50 мм ниже осевой линии буфера.

Когда сжимающая сила прикладывается к буферам, то половина величины должна действовать на каждый буфер.

Таблица 4 - *Сжатие силой, приложенной диагонально на уровне буферов/автосцепки (если буферы установлены в одном или обоих концах одного транспортного средства)*

в Килоньютонах

Локомотивы	Пассажирский железнодорожный транспорт				
Категория L	Категория P-1	Категория P-II	Категория P-III	Категория P-IV	Категория P-V
500 [a]	500 [a]	500 [a]	-	-	-

[a] Данная нагрузка применяется в тех случаях, если стороны буферов работают нормально.

Таблица 5 - *Сила тяги на уровне автосцепки*

в Килоньютонах

Локомотивы	Пассажирский железнодорожный транспорт				
Категория L	Категория P-1	Категория P-II	Категория P-III	Категория P-IV	Категория P-V
1000 [a]	1000 [a]	1000	600 [b]	300 [b]	150 [b]

[a] Верхние силы (например, 1500 кН), могут быть необходимы для некоторых видов сцепления.

[b] Эти значения могут быть скорректированы, но должны охватывать максимальную силу, которая может развиваться в нормальных условиях или в последствии чрезвычайных ситуаций.

6.2.3 *Сила сжатия на боковую конструкцию кузова*

Сила сжатия, указанная в Таблицах 6 - 8, должна применяться к *автосцепке* или буферу на противоположном конце кузова.

Если структура включает в себя ударопрочную конструкцию, в соответствии с *СТ РК 2100*, это предполагает применение нагрузки на стены транспортного средства или *торцевой* части конструкции впереди или сзади отведенных для этого мест.

Таблица 6 - *Сжимающая сила на 150 мм выше уровня пола в головном вагоне или локомотиве*

в Килоньютонах

Локомотивы	Пассажирский железнодорожный транспорт				
Категория L	Категория P-1	Категория P-II	Категория P-III	Категория P-IV	Категория P-V
400 [a]	400	400	-	-	-

[a] Применяется только для *конечной торцевой части.*

Таблица 7 – *Сжимающая сила в конечной торцевой части*

в Килоньютонах

Локомотивы	Пассажирский железнодорожный транспорт					
Категория L	Категория P-1	Категория P-II	Категория P-III	Категория P-IV	Категория P-V	
300 [a) b)]	300 [a) b)]	300 [b)]	300 [b)]	-	-	

[a)] Применяется только для *конечной торцевой части.*

[b)] *Данная нагрузка должна быть приложена* к подоконному поясу кабины машиниста.

Таблица 8 – *Сжимающая сила на корпус*

в Килоньютонах

Локомотивы	Пассажирский железнодорожный транспорт				
Категория L	Категория P-1	Категория P-II	Категория P-III	Категория P-IV	Категория P-V
-	300	300	150	-	-

6.3 Вертикальные статические нагрузки для кузова

6.3.1 Максимальная оперативная нагрузка

Максимальная оперативная нагрузка приведена в Таблице 9, соответствует исключительной полезной нагрузке транспортного средства.

Таблица 9 - Максимальная оперативная нагрузка

в Ньютонах

Локомотивы	Пассажирский железнодорожный транспорт				
Категория L	Категория P-1	Категория P-II	Категория P-III	Категория P-IV	Категория P-V
$1,3 \times g \times m_1$	$1,3 \times g \times (m_1+m_4)$				

[a] *Если приложение нагрузки выше (например, из-за динамических эффектов или погрузки), то более высокое значение должно быть определено в спецификациях*

6.3.2 *Подъем и транспортировка*

Сила, указанная в Таблицах 10 и 11 *представляет усилие, необходимое для поднятия* массы транспортного средства *при сходе или смене тележек.* Уравнения даны для двутележных транспортных средств. Тот же принцип должен использоваться для железнодорожного транспорта с другими конфигурациями подвески.

Масса для подъема основана на массе транспортного средства без нагрузки. Она не может включать в себя тележки или полную загрузку в некоторых оперативных случаях. В таких случаях величины m_2 и / или m_3 в следующих таблицах должны быть нулевыми или сведены к указанному значению. Когда нужно поднять транспортные средства с класса P-I по P-V с полезной нагрузкой, это должно быть частью *технических требований.*

Таблица 10 – *Подъем и транспортировка за концевую часть транспортного средства на определенные позиции*

в Ньютонах

Локомотивы	Пассажирский железнодорожный транспорт				
Категория L	Категория P-1	Категория P-II	Категория P-III	Категория P-IV	Категория P-V
$1{,}1 \times g \times (m_1 + m_2)$					

ПРИМЕЧАНИЕ Другой *концевая часть транспортного средства должна быть поддержана* в нормальном рабочем состоянии.

Таблица 11 - *Подъем и транспортировка* всего транспортного средства на указанные позиции

в Ньютонах

Локомотивы	Пассажирский железнодорожный транспорт				
Категория L	Категория P-1	Категория P-II	Катего-рия P-III	Категория P-IV	Категория P-V
$1{,}1 \times g \times (m_1 + 2 \times m_2)$					

6.3.3 Подтягивание и подъем с перемещением опоры

Нагрузки, приведенные в Таблице 11 считаются одними из подъемных точек, перемещающихся по вертикали относительно плоскости остальных трех точек опоры. Для этого анализа количество вертикального смещения четвертой подъемной точки относительно трех других точек подъема, считается равным 10 мм или равным смещению, которое только порождает подъем одной из подъемных точек, которые имеют меньшую степень. При необходимости, более высокая степень смещения должна быть частью *технических требований*.

6.4 *Приложенная* статическая нагрузка к кузову

Для того чтобы продемонстрировать удовлетворительную статическую прочность, должно быть рассмотрено, как минимум, *приложение* статической нагрузки, как указано в Таблице 12.

Каждая часть структуры должна удовлетворять критериям 5.4, при наихудшем сочетании нагрузок, указанных в 6.2 и в Таблице 12.

Таблица 12 - *Приложение* статической нагрузки к кузову

в Ньютонах

Совмещение	Локомотивы категории L	Пассажирский железнодорожный транспорт
Сжатие силой и вертикальная нагрузка	-	Таблица 2 и $g \times (m_1 + m_4)$
Сила тяги и вертикальная нагрузка	-	Таблица 5 и $g \times (m_1 + m_4)$

6.5 *Статическая нагрузка на соединения кузова*

6.5.1 *Устойчивая нагрузка на кузов*

Соединение кузова тележки должно *выдерживать* нагрузку в соответствии с 6.3.1 и 6.3.2. Оно также должно поддерживать вертикальное ускорение кузова массой m_1 при нагрузке 1g, возникающие от:

a) максимальное ускорение тележки в направлении оси X, соответствующей категории Таблицы 13, в случае железнодорожных тележек, минимальное ускорение для категории P-I -3 g.

b) боковые силы тележки, соответствующие исключительной поперечной силе, как это определено в EN 13749 или 1g нагружают тележку массой m_2 в зависимости от того, что больше.

6.5.2 *Устойчивые нагрузки для встроенного оборудования*

Для того чтобы рассчитать силы на *встроенное* оборудование в процессе эксплуатации транспортного средства, массы компонентов должны быть умножены на указанное ускорение в Таблицах 13 - 15, нагрузки применяются в индивидуальном порядке.

Как минимум, дополнительные требования к нагрузке в результате ускорения, определены в Таблицах 13 - 15 должны быть отдельно рассмотрены в сочетании с максимальной нагрузкой, которую оборудование может создать само по себе.

Ускорение, определенное в Таблицах 13 и 14 не может рассматриваться в сочетании с нагрузкой 1g при вертикальном ускорении. Нагрузки, определенные в Таблице 15, включают в себя собственный вес оборудования. Если масса оборудования, или его метод монтажа, такова, что она может изменить динамическое поведение транспортного средства, то проводится исследование на пригодность указанных ускорений.

Таблица 13 - Ускорения в направлении по оси X

В метрах на секунду в квадрате

Локомотивы	Пассажирский железнодорожный транспорт				
Категория L	Категория P-I	Категория P-II	Категория P-III	Категория P-IV	Категория P-V
± 3g	± 5g	± 3g	± 3g	± 2g	± 2g

Таблица 14 - Ускорения в направлении по оси Y

В метрах на секунду в квадрате

Локомотивы	Пассажирский железнодорожный транспорт				
Категория L	Категория P-I	Категория P-II	Категория P-III	Категория P-IV	Категория P-V

Таблица 15 - Ускорения в направлении по оси Z

В метрах на секунду в квадрате

Локомотивы	Пассажирский железнодорожный транспорт				
Категория L	Категория P-I	Категория P-II	Категория P-III	Категория P-IV	Категория P-V

6.5.3 *Устойчивые нагрузки между деталями транспортного средства*

Максимальные нагрузки между деталями транспортного средства, должны распределятся равномерно, при продольных, боковых и вертикальных перемещениях.

Нагрузки должны быть получены путем интерпретации нагрузок *данной детали*, в соответствии с характером *их распределения* и *способом* поддержки кузова.

Приложение В содержит примеры случаев нагрузки.

Для того чтобы продемонстрировать удовлетворительную статическую прочность *распределения* механизмов, должны быть рассмотрены, как минимум, суперпозиции статических нагрузок, указанных в Таблице 12.

Для каждого случая должны быть проанализированы две из наихудших ситуаций *(размещение механизмов в передней и задней части транспортного средства).*

Силы и моменты, *возникающие* в конструкциях транспортного средства при движении в кривых, должны изучаться. Движение транспортного средства в кривой при испытаниях должно соответствовать кривой минимального радиуса при эксплуатации. Движение транспортного средства на уклонах должно быть принято во внимание.

6.6 *Общий износ кузова от нагрузки*

6.6.1 *Источники нагрузки*

Все источники циклической нагрузки, которые могут вызывать повреждения при износе, должны быть *названы*.

Специфические нагрузки должны быть рассмотрены при проведении аварийной оценки при износе транспортного средства.

6.6.2 Диапазон грузоподъемности

Там, где полезная нагрузка существенно не изменяется, нормальное проектирование полезной нагрузки m_3 может быть использовано в течение всего срока службы для категорий P-I - P-V.

Там, где полезная нагрузка существенно меняется, полезные нагрузки и доля времени, проведенного на каждом уровне, должны быть определены в *технических требованиях* и будут доступны в соответствующей форме для расчетов.

Изменения в полезной нагрузке, вероятно, будут значительными в *скоростных* перевозках / метро. В таких случаях может быть необходимо, указать более одного *проекта* полезной нагрузки (на базе m_3 / или m_4), отвечающего отдельным различным периодам эксплуатации. Для других типов транспортных средств, как правило, достаточно, чтобы постоянная полезная нагрузка в течение всего срока эксплуатации оставалась неизменной.

Грузоподъемность уровней должна быть выражена в терминах m_3 / или m_4 в случае необходимости. Изменения в распределении полезной нагрузки при различных массах должны быть учтены в соответствующих случаях.

6.6.3 Циклы нагрузки / разгрузки

Циклы загрузки/разгрузки должны быть определены и представлены соответствующим образом для анализа. Повреждения при износе из-за циклов загрузки / разгрузки, будут значительными, если транспортные средства имеют высокую полезную нагрузку при соотношение веса и есть частые изменения полезной нагрузки.

6.6.4 *Возникающая нагрузка*

Вертикальные, боковые и от неровности пути возникающие нагрузки могут быть определены как:

a) динамические модели (из данных, относящихся к геометрии пути и её неровности);

b) измерение данных по *представительному участку пути*;

или представлены

c) эмпирическими данными (ускорение, перемещение и т.д.).

Характер данных будет отличаться в зависимости от того, какой подход проектирования используется: совокупный ущерб или подход предельной выносливости при износе.

Если нагрузки при износе оказались успешными для конкретного типа транспортного средства и в предыдущих *показаниях*, то эти нагрузки должны рассматриваться как отправная точка в последующем проектировании. Альтернативные нагрузки должны быть использованы только при наличии четкого обоснования для изменения.

Таблица 16 и Таблица 17 дает эмпирическое, вертикальное и боковое ускорение уровня, пригодного для подхода предела выносливости, в соответствии с нормальными

европейскими мерами, которые должны быть приняты, если нет более подходящих (как указано выше) имеющихся данных. В некоторых случаях более высокие значения, могут быть *представлены* в *технических требованиях* и *необходимо учитывать эффект от прохождения кривых*.

ПРИМЕЧАНИЕ В случае транспортных средств класса P-IV и P-V (в частности, с проектированием низкого пола с ограниченными подвесками), нагрузки при износе, действующие на конструкции кузова транспортного средства, могут значительно отличаться от значений, приведенных в настоящем стандарте. Это рекомендуется, чтобы значения ускорения и сил поверхности между кузовом транспортного средства и тележкой являются производными от *многократного* моделирования, следовало использовать предыдущий опыт или контрольные измерения для условий эксплуатации. Проверка проектирования прочности при износе *в пути*, рекомендуется проведение испытаний, описанных в 9.2.3.4 или 9.3.3.4.

Эквивалентная динамическая нагрузка в совокупном анализе повреждений, может быть представлена соответственно, принимая ускорение уровней в Таблице 16 и Таблице 17, и предполагая, что они действуют в течение 10^7 циклов каждая.

Таблица 16 - Ускорение в направлении по оси Y

В метрах на секунду в квадрате

Локомотивы	Пассажирский железнодорожный транспорт				
Категория L	Категория P-1	Категория P-II	Категория P-III	Категория P-IV	Категория P-V
± 0,2g	± 0,15g				

Таблица 17 - Ускорения в направлении по оси Z

В метрах на секунду в квадрате

Локомотивы	Пассажирский железнодорожный транспорт				
Категория L	Категория P-1	Категория P-II	Категория P-III	Категория P-IV	Категория P-V
(1 ± 0,2g) × g	(1 ± 0,15g) × g			(1 ± 0,15g) × g [a)]	

[a)] (1 ± 0,18) × g для работы на *изношенном* рельсе.

6.6.5 Аэродинамическая нагрузка

Значительные аэродинамические нагрузки возникают в следующих случаях:

a) *движение* на высокой скорости;

b) движение в туннеле;

c) воздействие розы ветров;

d) актуальность таких нагрузок рассматривается и для анализа должны быть разработаны соответствующие *меры*, при необходимости.

6.6.6 Тяга и торможение

Общее число и масштабы циклов нагрузки за счет пуска / остановки, определяется в *технических требованиях*. Внеплановые остановки должны быть приняты во внимание. Если конкретные данные имеются, ускорение, указанное в Таблице 18, действующее в течение 10^7 циклов, должно быть использовано.

Когда транспортное средство, оснащено магнитными тормозами, максимальные значения ускорения возникают при экстренном торможении.

Наличие продольных ускорений из-за динамического взаимодействия транспортного средства должно быть оценено и их эффекты включены, если есть значительный вклад нагрузки.

Таблица 18 - Ускорение в направлении по оси X

В метрах на секунду в квадрате

Локомотивы	Пассажирский железнодорожный транспорт				
Категория L	Категория P-I	Категория P-II	Категория P-III	Категория P-IV	Категория P-V
± 0,15g	± 0,15g			± 0,15g [a)]	± 2g

[a)] Если транспортные средства передвигаются на определенных участках наравне с автомобильным транспортом, то они должны быть направлены на ± 0,2 g.

6.7 Износ от нагрузки на *соединениях*

6.7.1 Общие требования

Должно быть обеспечено, чтобы все соответствующие нагрузки на соединения регистрировались, в том числе соответствующее количество циклов. Следующие пункты определяют наиболее важные нагрузки на *соединениях.*

6.7.2 *Взаимодействие на соединения*

Основной износ при нагрузке возникает из тяги и торможения транспортного средства, и динамических взаимодействий. Нагрузки должны быть определены с помощью методов 6.6.4 и эксплуатационных характеристик подвески деталей (например, амортизаторы, стабилизаторы поперечной устойчивости).

6.7.3 *Встроенное* оборудование

Встроенное оборудование должно выдерживать нагрузки, вызванные ускорением динамики транспортного средства плюс любые дополнительные нагрузки в результате работы самого оборудования. Уровни ускорения могут быть определены, как описано в разделе 6.6.4. *Для нормальной работы транспортного средства*, эмпирический уровни ускорения единицы техники, которые следует за движением структуры, приведены в Таблице 16 - 18.Число циклов нагрузки должно быть 10^7 каждый.

6.7.4 *Сцепные приборы*

Циклические нагрузки на сцепные приборы при эксплуатации должны оцениваться, при повреждении из-за усталости металла или износа.

6.7.5 Износ при нагрузке на механизмы соединенных единиц

Для того, чтобы проанализировать прочность при износе стыков между кузовами транспортных средств, все случаи износа при нагрузке, рассматриваются, как указано в 6.6 и 6.8.

В дополнение к нагрузкам определенным выше, силы и моменты, генерирующиеся на поверхности *деталей*, должны быть применены к шарнирным соединениям, *при движении в кривых*, между соседними транспортными средствами.

ПРИМЕЧАНИЕ *В случае аварийных ситуаций при типичных условиях эксплуатации, степень износа может быть получена из измерений, выполненных на подобных транспортных средствах и маршрутах, динамическом моделировании, или из оценки других соответствующих данных.*

6.8 Комбинация случаев износа от нагрузки

Соответствующие комбинации износа от нагрузок, должны быть идентифицированы, и это должно быть обеспечено, чтобы в этих случаях были достигнуты требования к проектированию. В некоторых приложениях может быть необходимым включение глобальных нагрузок циклов тяги и торможения (см. 6.6.6) и других грузов продольного (X-направлении) индуцированного ускорения с теми, которые действуют по вертикали (Z-направлении) и поперечно (Y-направлении).

Анализ предела выносливости включает нагрузки, представляющие комбинации отдельных нагрузок, определенных в 6.6 и 6.7. Если рассматривать в совокупности, вели-

чина отдельных нагрузок может уменьшаться от значений, приведенных в Таблицах16 и 18.

ПРИМЕЧАНИЕ Методы определения соответствующих сочетаний нагрузок для конкретных приложений, приводятся в действующих нормативных документах.

6.9 Режим вибрации

6.9.1 Кузов транспортного средства

Собственная вибрация кузова в рабочем состоянии (см. Таблицу 1) должны быть отделены от подвески, с тем, чтобы избежать возникновения нежелательных реакций и для достижения приемлемого качества движения.

6.9.2. Оборудование

Основные колебания элементов оборудования, их креплений во всех условиях эксплуатации, должны быть отделены от форм колебаний конструкции кузова и подвески, чтобы избежать нежелательных реакций.

7 Допустимое напряжение для материалов

7.1 ***Определения напряжения***

Определения напряжений по сравнению с нормами проектирования должны быть совместимы с данными материалами, представленными в национальных стандартах. Должное внимание должно быть обращено на то, каким образом напряжение определяется из методов конечных элементов или из интерпретации изменений деформации (например, номинальное или геометрические напряжений в зоне температурного максимума).

7.2 Статическая прочность

Ограничение статического свойства материала, составляет минимум прочности / выработки и окончательной силы, как указано в технических требованиях к материалам. Используемые значения должны быть взяты из соответствующих европейских, международных и национальных стандартов. Там, где такие стандарты не существуют, должны быть использованы наиболее подходящие альтернативные источники данных.

7.3 Прочность при износе

Данные, описывающие поведение материалов при нагрузке, должны быть основаны на действующих нормативных документах или альтернативных источниках информации, где такие источники доступны. Должны быть найдены достоверные данные и, если это невозможно, то они должны быть разработаны путем проведения соответствующих испытаний.

Силы при износе должны оцениваться с использованием S-N-кривых, полученных в соответствии со следующим:

- вероятность выживания, по крайней мере, 97,5 %;
- классификация деталей по компоненту или совместной геометрии (в том числе концентрации напряжений);
- интерпретация предельных значений небольших образцов за счет использования техники, испытания и предыдущего опыта, чтобы обеспечить применимость к полным размерам компонента.

Практический *опыт* и процедура контроля производства, должны отслеживать качество продукции в соответствии с проектными данными.

8 Требования испытания на прочность

8.1 Цели

Испытания проводятся в соответствии с *техническими требованиями*, чтобы обеспечить представление силы и стабильности в соответствии с требованиями 5.1. Не стоит проводить испытания, если есть доступ к соответствующим данным проверки из преды-

дущих испытаний на аналогичную структуру, которые могут по-прежнему применяться, корреляции между методами испытания не должно быть установлено.

Испытания проводятся с целью:

- проверки прочности конструкции при действии максимальных нагрузок;
- чтобы убедиться, что никаких существенных остаточных деформаций не присутствует после удаления максимальных нагрузок;
- определить прочность конструкции под полезной нагрузкой;
- определить жесткость структуры.

Испытания должны включать в себя:

- статическое моделирование отдельных случаев расчетной нагрузки;
- измерения деформаций / напряжений с помощью электрических датчиков деформации и сопротивления или другой подходящей техники;
- измерения структурной деформации под нагрузкой.

8.2 *Испытания различными нагрузками*

8.2.1 Приложенная нагрузка

Для новой конструкции транспортного средства, следующие испытания проводятся с целью проверки, наличия остаточной деформации в кузове транспортного средства или отдельных элементах при воздействии следующей нагрузки:

a) сжимающие нагрузки в соответствии с Таблицей 2;

b) напряжение нагрузки в соответствии с Таблицей 5;

c) вертикальные нагрузки в соответствии с Таблицей 9;

d) грузоподъемность в соответствии с Таблицей 10 и в Таблице 11;

e) худшее сочетание нагрузок, как это приведено в Таблице 12.

Это допустимо для проверки этих нагрузок, комбинируя результаты отдельных испытаний по мере необходимости.

Любые требования дополнительных испытаний должны быть частью *технических требований.*

Для других случаев нагрузки проверка может быть выполнена на основе анализа или испытания, или комбинация обоих.

8.2.2 Процедура испытания

Требования для статических испытаний:

- испытания проводятся на испытательном стенде, который позволяет применение испытательных сил в точках, где они будут возникать в процессе эксплуатации;
- кузов транспортного средства должен быть оборудован измерительными приборами для измерения напряжения на всех напряженных точках, в частности, в районах концентрации напряжений;
- позиционирование тензодатчиков должно быть совместимо с методом оценки напряжения (например, номинальное или геометрическое напряжение в максимальных температурных точках).

Следующие параметры измеряются в предварительных испытаниях, и во время испытаний:

- в критических точках, таких как нижний обвязочный брус, передняя обвязка, углы, *проемы для доступа к дверям и окнам*;
- отклонения между опорными точками;
- любой возможный остаточный прогиб;
- любая возможность остаточной деформации.

Рекомендуется нагрузка на кузов, чтобы стабилизировать общую структуру, максимальное прикладывание силы должно быть постепенным, по крайней мере, два раза, при заключительном испытании показатели приборов сбрасываются до нуля, перед за-

ключительным испытанием, результаты финального испытания должны быть приняты во внимание при проверке.

Напряженно-деформированное поведение при измерении показывает линейное *смещение*. Поэтому измеряемая остаточная деформация после разгрузки ε_{res} должна рассчитываться по следующей формуле:

$$\varepsilon_{res} \leq 0{,}5 \times \frac{R}{E}, \quad (6)$$

Где ε_{res} - остаточная деформация;

R - предел текучести материала (R_{eH}) или 0,2 % предела текучести (R_{p02}), в ньютонах на квадратный миллиметр ($Н/мм^2$) (в соответствии с EN 10002-1) и принимая во внимание любые соответствующие эффекты, описанные в 5.3.3;

E - модуль упругости.

В районах *локальной* концентрации напряжения, что допустимо для напряжения, происходит максимальное измеренное напряжение, чтобы быть выше, чем R, при условии, что поведение остается линейным.

В некоторых случаях это нецелесообразно применять полную нагрузку конструкции. В этом случае корректировки результатов испытания необходимо сделать и представить правильные результаты. Это должно достигаться путем умножения значений испытания на отношение между значением при проектировании нагрузки и значением нагрузки, которую фактически применили.

В приведенном выше случае, и в тех случаях, когда результаты испытаний выводятся из комбинации отдельных нагрузочных испытаний, должны быть продемонстрированы случаи выполнения текучести и нестабильности.

8.3 ***Эксплуатационные испытания на износ***

При испытании на износ к кузову транспортного средства или структурным частям применяются динамические нагрузки, если расчет содержит критические неопределенности или не существует данных о производительности для этой детали, могут *быть применены следующие виды испытаний*:

a) *лабораторные испытания нагрузкой, в которых нагрузки, соответствуют полному сроку службы,* применяются к корпусу транспортного средства, критическим компонентам или деталям. *Не допускается появление трещин, которые могут повлиять на структурную безопасность;*

b) измерения деформации с последующей оценкой износа, используя данные из доказательства или других статических испытаний;

c) *оценка срока службы с помощью записи деформаций, сделанная в соответствии с представленными условиями эксплуатации.*

Оценки b) и c) должны соответствовать требованиям 5.6.

8.4 Испытание на изгиб при ударе

Эти испытания служат для демонстрации, что транспортные средства могут оставаться полностью исправными при нормальных условиях эксплуатации. Испытания не являются обязательными и должны быть включены в технические требования, если требуется.

9 Программа проверок

9.1 Цели

Целью программы проверок является установление доказательств того, что конструкция кузова транспортного средства способна выдержать максимальные нагрузки в соответствии с эксплуатационными требованиями и сможет достичь требуемого срока

службы при нормальных условиях эксплуатации с адекватной вероятностью выживания. Она должна продемонстрировать, что с помощью расчетов или испытания, или сочетания того и другого, никаких существенных остаточных деформаций или разрушения целостности структуры, или какого-либо отдельного элемента, не будет происходить в установленных случаях нагрузки на структуру. Содержание программы проверок зависит от степени оригинальности в проекте и изменения его применения. Результаты программы проверки приведены в Таблице 19.

Таблица 19 - Результаты программы проверок

Полный структурный анализ		Локальный или глобальный сравнительный структурный анализ	Статическое испытание	Износ и/или эксплуатационные испытания
Новый проект	Да	Настоящим стандартом не устанавливается	Да	Требования, если другие методы не показывают достаточной безопасности
Разработка или новое приложение к проекту Идентичный проект или новое применение	Нет	Да	отсутствие или снижение испытательной программы	Требования, если другие методы не показывают достаточной безопасности
Разработанный проект, аналогичное применение	Нет	Да	отсутствие или снижение испытательной программы	Нет
ПРИМЕЧАНИЕ Новый проект, транспортного средства или составная его часть, который недавно создан и не имеет никакой прямой связи с любыми существующими подобным продуктом. *Идентичный* проект (транспортного средства или составной части), который основан на существующих аналогичных продуктах и имеет прямую связь с существующим продуктом.				

9.2 Программа проверок *для новых проектов* транспортных средств

9.2.1 Общие положения

Для того чтобы доказать структурную целостность новой конструкции структуры кузова, два основных этапа являются значимыми:

a) структурный анализ;

b) испытание.

9.2.2 Структурный анализ

Цифровые методы, такие как анализ конечных элементов, используются и могут быть дополнены по мере необходимости с помощью ручных расчетов. Анализы должны быть основаны на нагрузке в соответствии с требованиями настоящего стандарта.

На основе результатов структурного анализа, транспортное средство может быть освобождено от статических испытаний, *эксплуатационных испытаний на износ*. Вполне допустимо, что структурный анализ результатов областей структуры не отвечают требованиям настоящего стандарта, если доказано, на основе последующих испытаний, что требования настоящего стандарта являются достигнутыми в этих районах, находящихся при *определенных* эксплуатационных условиях.

9.2.3 Испытание

9.2.3.1 Общие требования

Испытания проводятся для всех вновь разработанных структур кузова, как это определено в 8.1.

9.2.3.2 Статическое испытание

Характерные структуры кузова транспортного средства должны быть проверены на квазистатических нагрузках, определенных в настоящем стандарте (см. 8.2.1). Тензометры применяются *в необходимом количестве* и во всех критических областях в соответствии с результатами структурного анализа. Результаты испытания при нагрузках должны соответствовать требованиям, приведенным в настоящем стандарте.

9.2.3.3 Испытание износа

Это не нормальная практика для проведения лабораторных динамических испытаний на износ полной структуры кузова транспортного средства, но в некоторых случаях это может быть целесообразно. Испытания на износ могут быть выполнены на конкретных структурных деталях, продемонстрировав соответствие требованиям настоящего стандарта.

9.2.3.4 Эксплуатационные испытания

Для оценки прочности при износе в эксплуатации могут быть использованы измерения операционных напряжений для проверки пригодности, когда анализ и статические испытания не показали характеристики соответствующие настоящему стандарту, или выявили неопределенности в соответствующих динамических нагрузках. Тензометры применяются в необходимом количестве полностью оборудованных транспортных средств (с нормальным проектом полезной нагрузки m_3) на весь срок эксплуатационных испытаний. Эти положения распространяются на все критические области в соответствии с результатами структурного анализа и / или статических испытаний.

На основании этих измерений оценка прочности при износе в значительной позиции измерения и критической области, осуществляется в соответствии с 5,6 в качестве последнего шага доказательства пригодности для конкретной цели.

9.3 Программа проверок выделенного *проекта* структуры кузова транспортного средства

9.3.1 Общие положения

Если новая структура кузова транспортного средства *спроектирована на основе* проверенной конструкции, общий процесс применяется, но с изменениями, как указано ниже.

9.3.2 Структурные анализы

Если кузов транспортного средства спроектирован по ранее используемому *проекту*, для которого безопасность была *исследована* и применялись аналогичные условия эксплуатации, то более ранние данные могут быть использованы для поддержки сравнительных данных. Существенное изменение *деталей* должно быть повторно проанализировано.

Если нагрузки остаются ниже допустимых пределов, достаточно проведение анализа для принятия решения о дальнейшей эксплуатации.

Вполне допустимо, что результаты структурного анализа некоторых областей структуры не отвечают требованиям настоящего стандарта, если это доказано испытаниями достаточной безопасности, приведенной в этих районах, при определенных условиях эксплуатации.

9.3.3 Испытание

9.3.3.1 Общие положения

Испытания проводятся, если не было возможности проверить работоспособность, как указано в 9.3.2.

9.3.3.2 Статическое испытание

Статические испытательные программы проводятся на областях структурных изменений и связанных нагрузок.

9.3.3.3 Испытание износа

Испытание износа может быть выполнено, как указано в 9.2.3.3.

9.3.3.4 Выводы по результатам эксплуатационных испытаний

Если кузов транспортного средства является развитием ранее используемого *проекта,* для которого безопасность была *исследована* и аналогичные условия службы применены, то более ранние данные могут быть использованы при поддержке сравнительных данных. Существенное изменение *деталей* должно быть повторно проанализировано.

Если нагрузки остаются ниже допустимых пределов, достаточно проведение анализа для принятия решения о дальнейшей эксплуатации.

На основании этих измерений, оценка прочности при износе и измерения в критической области осуществляются в соответствии с 5.6 в качестве последнего шага доказательства пригодности для конкретной цели.

Приложение А
(информационное)

Обработка локальной концентрации напряжений путем анализа

Оценка может быть основана на одном из следующих методов:

Метод А. Линейный *упругий* анализ

Для пластичных материалов линейный упругий анализ показывает, что следующий критерий диапазона напряжения выполнен для каждой локальной концентрации напряжений:

$$|\sigma_{max} - \sigma_{min}| \le 2x \times \frac{R}{S_1}, \quad (A.1)$$

где σ_{max} - максимальное рассчитанное напряжение всех случаев статической нагрузки;

σ_{min} - минимальное рассчитанное напряжение всех случаев статической нагрузки;

σ_{max} и σ_{min} - ориентация в одном направлении;

R - предел текучести материала (R_{eH}) или 0,2% предела текучести (Rp02), в ньютонах на квадратный миллиметр (Н/мм^2) (как определено в EN 10002-1) и принимая во внимание любые соответствующие эффекты, описанные в 5.3.3;

S_1 - фактор безопасности, как описано в 5.4.2

Для хрупких материалов максимальное локальное σ_c напряжение должно рассчитываться по следующей формуле, основанной на законе Неуберга:

$$\sigma_{c,loc} \le \frac{(R \cdot E \cdot \varepsilon_{end})^{1/2}}{S_1}, \quad (A.2)$$

Где R - предел текучести материала (R_{eH}) или 0,2% предела текучести (Rp02), в ньютонах на квадратный миллиметр (Н/мм^2) (как определено в EN 10002-1) и принимая во внимание любые соответствующие эффекты, описанные в 5.3.3;

E - модуль упругости;

ε_{end} - переносимое общее удлинение;

S_1 - фактор безопасности, как описано в 5.4.2

Переносимое общее ε_{end} удлинение зависит от предельной деформации (как определено в EN 10002-1) и рассчитываться следующим образом:

$$\varepsilon_{end} = 0{,}667 \cdot A - 0{,}033 \text{ forA} < 12{,}5\ \%; \quad (A.3)$$

$$\varepsilon_{end} = 0{,}05 \text{ forA} \ge 12{,}5\ \%. \quad (A.4)$$

Метод В. Нелинейный упруго-пластический анализ.

Нелинейный упруго-пластический анализ, основанный на последовательном применении двух крайних статических нагрузок, имеющих отношение к местной концентрации напряжений, увеличился на S_1 фактор безопасности и показывает, что переменная пластическая деформация не происходит, и остаточные деформации не превышают значений, указанных в 8.2.2.

Приложение В
(информационное)

Примеры доказательства нагрузки на соединительные механизмы

При удовлетворении требований 6.5.3 следующие случаи нагрузки являются примерами, которые могут быть пригодны для *простого распределения* механизмов:

a) Продольные F_x нагрузки рассчитываются следующим образом:

b)

$$F_x = a_x (m_1 + nm_2),$$

где a_x - ускорение в направлении оси x в соответствии с Таблицей 13;

m_1 - разработка массы кузова в рабочем порядке рассматриваемого транспортного средства;

n - это количество тележек, связанных с m_1 кузова транспортного средства;

m_2 - разработка массы тележки или ходовой части связанной с m_1 кузова транспортного средства;

c) Боковая нагрузка Fy рассчитывается по следующей Формуле:

$$F_y = a_y p^2 m_1 + \frac{\varpi J_{zz}}{l}, \qquad (A.5)$$

где a_y - исключительное боковое ускорение, действующее на движение, как правило, принимается за 1 g;

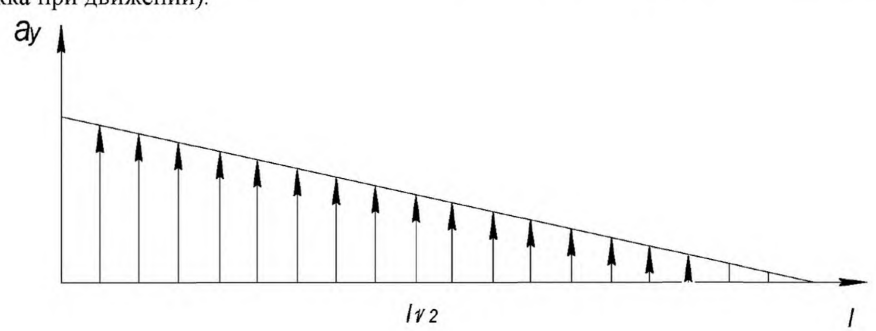
p – доля массы m_1, которая эффективно поддерживается при движении;

m_1 – разработка массы кузова в рабочем порядке рассматриваемого транспортного средства;

$\acute{\omega}$ – угловые ускорения, которые должны быть рассчитаны исходя из предположения, что поперечное ускорение при движении a_y и 0 g на следующей боковой поддержки (тележка в движении) на расстоянии L (см. рисунок В.1);

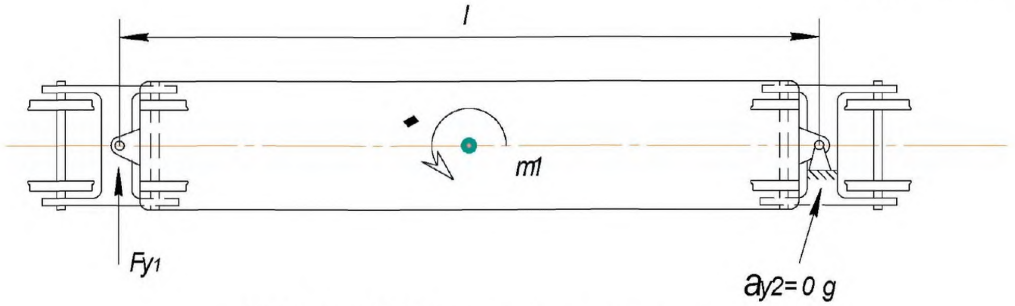
Jzz – инерция вращения вокруг оси;

l - это расстояние от соединительного механизма к следующей боковой поддержке (тележка при движении).

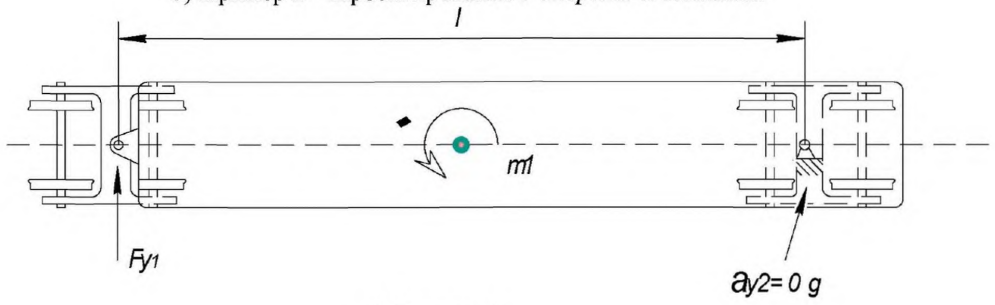


a) Пример 1- Проектирование с двумя *опорами*

Рисунок В.1 – Определение поперечной нагрузки



b) Пример 2 – Проектирование *с опорами* и тележкой



c) Пример 3

a_y - поперечное ускорение;
F_y - поперечная сила ;
l - расстояние между шарнирами;
ω - угловая скорость;
m_1 - задействованная масса.

Рисунок В.1 *(продолжение)*

c) Вертикальная Fz нагрузка рассчитывается следующим образом:

$$Fz = 1{,}3g\,(m_1 + m_2)$$

Где m_1 – разработка массы кузова в рабочем порядке рассматриваемого транспортного средства;

m_4 масса исключительной полезной нагрузки.

Худшим случаем считается случай, когда второй сочлененный кузов считается *порожним*.

d) Вертикальные нагрузки подъема, если необходимо поднять тело с тележками и соответствующими смежными деталями транспортного средства, в соответствии с 6.3.2.

Библиография

[1] Нормы для расчета и оценки прочности несущих элементов, динамических качеств и воздействия на путь экипажной части локомотивов железных дорог МПС РФ колеи 1520 мм. Утверждены Министерством путей и сообщения Российской Федерации 12.01.1998 г.*

[2] Нормы для расчета и оценки прочности несущих элементов и динамических качеств экипажной части мотор-вагонного подвижного состава железных дорог МПС РФ колеи 1520 мм. Утверждены Министерством путей и сообщения Российской Федерации 10.02.1997 г.*

[3] Закон Республики Казахстан «О железнодорожном транспорте» от 8 декабря 2001 года № 266-II (с изменениями и дополнениями по состоянию на 06.01.2011 г.).

УДК **МКС 45.060.20** **MOD**

Ключевые слова: подвижной состав, железнодорожное транспортное средство, локомотивы, пассажирские вагоны, проектирование нагрузок, износ кузова, тяга и торможение, режим вибрации, процедура испытания, структурный анализ.

Басуға _____ж. қол қойылды. Пішімі 60х84 1/16 Қағазы офсеттік.
Қаріп түрі «Times New Roman»
Шартты баспа табағы 1,86. Таралымы ____ дана.
Тапсырыс ____ _____
«Қазақстан стандарттау және сертификаттау институты» республикалық мемлекеттік кәсіпорны
010000, Астана қаласы Орынбор көшесі, 11 үй
«Эталон орталығы» ғимараты
Тел.: 8(7172) 240074, 793324

gost.e-ecolog.ru