

АНАЛИЗ НОРМАТИВНЫХ ДОКУМЕНТОВ, СОДЕРЖАЩИХ МЕТОДЫ РАСЧЕТОВ И ИСПЫТАНИЙ ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ

НТС НП «ОПЖТ»

27.08.2019

Уровни нормативной документации

В настоящее время действующими нормативными документами являются нормативные документы нескольких уровней.

Технические регламенты. В железнодорожной отрасли технические регламенты не содержат прямых требований в части динамических качеств и прочности подвижного состава и их составных частей.

Межгосударственные стандарты. В большинстве своем это общие технические условия на вагоны, а также на комплектующие. В настоящее время общие технические условия за редким исключением содержат ссылки на нормативные документы отраслевого уровня (например, нормы расчета и проектирования грузовых вагонов и др.)

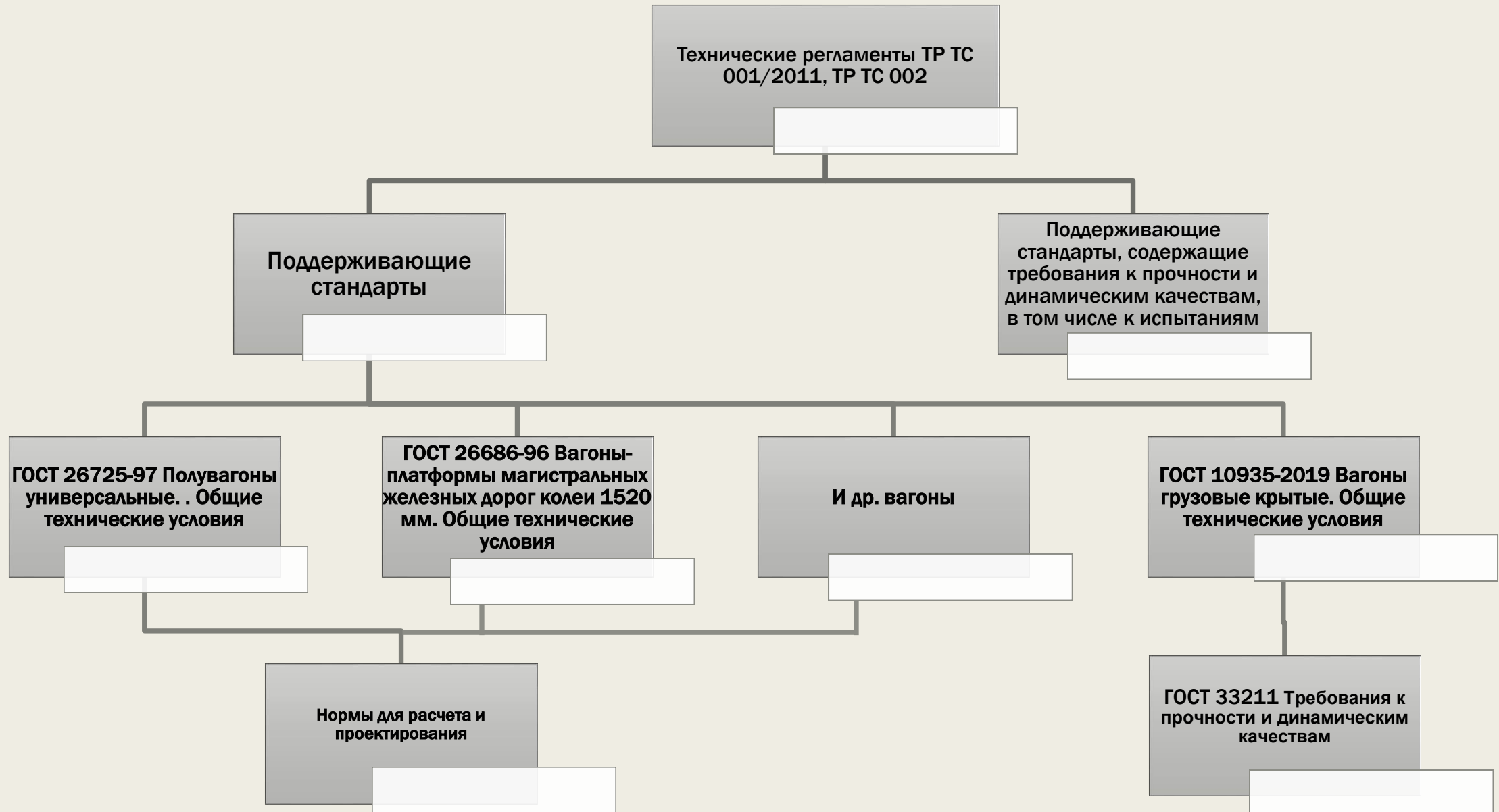
Положения Совета по железнодорожному транспорту государств – участников Содружества. Одним из важнейших документов является «ПОЛОЖЕНИЕ о системе технического обслуживания и ремонта грузовых вагонов, допущенных в обращение на железнодорожные пути общего пользования в международном сообщении» содержащий нормативы периодичности проведения плановых видов ремонта, используемые для оценки коэффициента запаса усталостной прочности.

Национальные стандарты. (Например, ГОСТ Р 55050 Железнодорожный подвижной состав. Нормы допустимого воздействия на железнодорожный путь и методы испытаний)

Отраслевые нормативные документы. Например, Нормы для расчета и проектирования новых и модернизируемых вагонов, РД 24.050.37-95 Вагоны Методы испытаний на прочность и ходовые качества и др.

Методики испытательных центров, научно исследовательских институтов и др. Например, «Надрессорные балки и рамы литые двухосных тележек грузовых вагонов колеи 1520 мм. Методика испытаний на усталость» ВНИИЖТ, 2010г.

Структура нормативных документов определяющих требования к прочности и динамическим качествам грузовых вагонов



Сравнительная таблица основных положений по расчету вагонов согласно Стандарту и Норм

Параметр	Стандарт	Нормы	Примечание
Продольная сила удара	3,5 МН (2,5 МН – для вагонов, не подлежащих роспуску с сортировочных горок или оборудованных поглощающими аппаратами классов Т2 или Т3)	3,5 МН (3,0 МН – для вагонов, не подлежащих роспуску с горок)	Стандарт правомерно позволяет руководствоваться меньшим значением силы удара, что подтверждается результатами испытаний и должно способствовать оборудованию вагонов современными, более энергоемкими поглощающими аппаратами.
Боковая сила, действующая через автосцепное устройство для вагонов сочлененного типа	Формула (4.6)	Отсутствует	Стандарт не ограничивает создание вагонов сочлененного типа
Расчетная толщина котла вагона-цистерны	Учитывает минусовой допуск на толщину проката, утонение при изготовлении, коррозионный износ за расчетный срок службы	Учитывает минусовой допуск на толщину проката, коррозионный износ за расчетный срок службы	Более жесткие требования Стандарта позволяют адекватно оценивать прочность конструкции котла вагона-цистерны на всех этапах ее проектирования, в отличие от требований Норм, которые не учитывают возможные утонения при изготовлении, например, получаемые при прокатке днищ котлов вагонов-цистерн.
Нормативное давление ветра	360 Па	500 Па – наружу кривой 400 Па – внутрь кривой	Стандарт позволяет проектировать вагоны с улучшенными техническими характеристиками вследствие отсутствия необоснованного ограничения площади боковой проекции кузова*

Сравнительная таблица основных положений по расчету вагонов согласно Стандарту и Норм

Параметр	Стандарт	Нормы	Примечание
III расчетный режим	Отсутствует. Вынесен в справочное приложение Д для предварительной оценки сопротивления усталости несущей конструкции вагона.	Присутствует	Отсутствие обязательных требований по определению прочности конструкции вагона согласно III расчетному режиму в Стандарте обосновано недостаточной его формализацией. В Нормах одновременно существовали требования к оценке прочности конструкции по III расчетному режиму, а также оценке ее сопротивления усталости. Окончательно же решение принималось на основе результатов расчета последнего или динамических ходовых испытаний. Таким образом, III расчетный режим носил рекомендательный характер и вносил неоднозначность в оценку сопротивления усталости
Допускаемые напряжения	Определяются согласно понижающим коэффициентам таблицы 8 для предела текучести материала при относительном остаточном удлинении 0,2% (1 % - для аустенитных сталей)	Ограничены значениями таблицы 10.1	Требования Стандарта не ограничивают применение новых материалов в сравнении с Нормами; аналогичны требования международным и национальным стандартам, принятым в других отраслях. В Нормах также отсутствует методика для определения допускаемых напряжений согласно III расчетному режиму, что делает невозможным определение последних для новых материалов, используемых в вагоностроении
Вертикальная кососимметричная сила, действующая на кузов вагона	Предложено учитывать при условии замыкания зазора в боковых скользунах зазорного типа	Конкретные указания отсутствуют	Методика Стандарта позволяет более точно описать поведение конструкции кузова в эксплуатации

Сравнительная таблица основных положений по расчету вагонов согласно Стандарту и Норм

Параметр	Стандарт	Нормы	Примечание
Коэффициент запаса устойчивости конструкции котла вагона-цистерны	1,5	1,1	Собственные значения (масштабные множители приложенных нагрузок) согласно Стандарту учитывают возможные отклонения формы котлов вагонов-цистерн
Распределение продольных сил, действующих на несущую конструкцию кузова для вагонов, не подлежащих к роспуску с горок или оборудованных поглощающими аппаратами класса Т2 или Т3	Таблица 5	Отсутствует	Снижение средних значений продольных сил пропорционально изменению максимальной ударной силы позволяет получить более адекватные коэффициенты запаса сопротивления усталости несущих конструкций вагона
Вероятность определения показателей динамических качеств	0,9985	0,97	Требования Стандарта аналогичны требованиям европейских стандартов, а также совпадают с требованиями к методу обработки при ходовых испытаниях согласно ГОСТ 33788-2016. В Нормах аналогичная величина вероятности составляла согласно РД 24.050.37 – 0,999 и приводила к невозможности определения случайного выброса при испытаниях от непосредственного интересующего сигнала

Внесен ряд дополнительных требований по расчету составных частей тележек нового поколения, например, площадки надрессорной балки для размещения бокового скользуна [5], а также частей тормозного оборудования, например, штурвала стояночного тормоза. В обязательном приложении Г приведен метод определения прохода вагоном горба сортировочной горки и аппарели парома.

К вопросу об оценке сопротивления усталости несущей конструкции кузова

В Стандарте указаны следующие положения по оценке сопротивления усталости несущей конструкции вагона (введен новый подход с учетом требований документов Международного института сварки [4]:

- требования как для сталей, так и для алюминия (последние в Нормах отсутствовали);
- минимальные амплитуды напряжений, которые допускается не учитывать при расчетах и испытаниях (10 МПа для сталей, 3 МПа для алюминиевых сплавов);
- пределы выносливости по амплитуде базового материала (листа, проката, литой детали) заданы с учетом несимметричности амплитуд напряжений (47 МПа для сталей, 23,5 МПа для алюминиевых сплавов) и независимо от класса прочности, в отличие от Норм;
- приведены таблицы с коэффициентами снижения предела выносливости как для различных сварных соединений так и для литых деталей;
- коэффициенты снижения учитывают действие остаточных напряжений и локальных концентраторов напряжений в сварных швах, наличие допустимых осевых или угловых смещений свариваемых кромок (в Нормах данные величины были заданы неоднозначно (таблица 3.3);
- приведенная амплитуда динамического напряжения определяется с учетом изменения наклона кривой выносливости при количестве циклов свыше базового, а также пяти спектров эксплуатационного нагружения (удар, рывок, растяжение, сжатие, вертикальная нагрузка); Нормы предписывают обязательный учет только ударных нагружений и вертикальной силы.

С учетом снижения в Стандарте допускаемых коэффициентов запаса результирующие значения допускаемой эквивалентной приведенной амплитуды напряжения имеют близкие значения к применявшимся ранее. В итоге требования Стандарта не ниже требований «Норм...» и позволяют в своей основе учитывать подходы и данные, апробированные и верифицированные в международной научной среде.

Апробация требований Стандарта

На протяжении пяти лет вагоностроителями, ведутся работы по апробации требований Стандарта с целью объективной оценки их правомерности и сравнения с требованиями Норм. Получен положительный опыт, подтверждающий, что требования Стандарта не ниже требований Норм, позволяют корректно оценивать показатели статической и циклической прочности, а также показатели динамических качеств, содержат в своей основе данные, апробированные и верифицированные в международной научной среде.

Проекты выполненные на протяжении 2014 – 2019 гг.	Количество проектов		
	ООО «ВНИЦТТ»	АО «Алтайвагон»	ООО «УКБВ»
Вагоны			
Крытый вагон	3	4	13 вновь разработанных + 27 серийно изготавливаемых для нужд сертификации в РС ФЖТ
Полувагон	16	3	
Вагон-платформа, включая сочлененного типа	11		
Вагон-цистерна, включая сочлененного типа	12	1	
Вагон-хоппер, включая сочлененного типа	9		
Вагон-самосвал	2		
Кузов железнодорожный сменный (включая проектируемые)	8		
Комплектующие			
Тележка грузовая	19	2	
Автосцепное устройство	2	1	
Тормозное оборудование	7		

Сравнительная таблица основных положений по испытаниям вагонов согласно ГОСТ 33788 и РД 24.050.37-95

Параметр	ГОСТ 33788	РД 24.050.37-95	Примечание																																	
Величины испытательных нагрузок при статических испытаниях	В соответствии с ГОСТ 33211	Форсированные	Применение форсированных нагрузок не дает оценить корректно отсутствие текучести, или форсирование нагрузок давало запас прочности.																																	
Места наклейки тензорезисторов на границах сварных швов	На расстоянии от 1,0 до 1,5t, где t - толщина листа	-	В ГОСТе появляются понятия местные и общие напряжения, однако отсутствуют критерии оценки отдельно для местных и общих напряжений																																	
Количество соударений при скорости вагона-бойка более 10 км/ч	3	7+3 с максимальной нормативной нагрузкой	Для оценки прочности вагона достаточно 3-х соударений, однако в ГОСТе отсутствует фраза «не менее» в таблице с количеством соударений																																	
Количество ударных продольных нагрузок в год при проведении испытаний на ресурс при соударении	<table border="1" style="display: none;"> <caption>Количество ударных сил в 1 год</caption> <thead> <tr> <th>Уровень силы</th> <th>ГОСТ 33788</th> <th>РД 24.050.37</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0,25</td><td>2540</td><td>3174</td></tr> <tr><td>0,6</td><td>5760</td><td>7201</td></tr> <tr><td>1</td><td>5660</td><td>7076</td></tr> <tr><td>1,4</td><td>3700</td><td>4624</td></tr> <tr><td>1,8</td><td>1554</td><td>1942</td></tr> <tr><td>2,2</td><td>725</td><td>725</td></tr> <tr><td>2,6</td><td>202</td><td>202</td></tr> <tr><td>3</td><td>48</td><td>48</td></tr> <tr><td>3,4</td><td>6</td><td>6</td></tr> <tr><td>3,8</td><td>2</td><td>2</td></tr> </tbody> </table>		Уровень силы	ГОСТ 33788	РД 24.050.37	0,25	2540	3174	0,6	5760	7201	1	5660	7076	1,4	3700	4624	1,8	1554	1942	2,2	725	725	2,6	202	202	3	48	48	3,4	6	6	3,8	2	2	На основании многочисленных исследований ВНИИЖТ проведена модификация распределения по количеству соударений, с целью более точного соответствия условиям эксплуатации.
Уровень силы	ГОСТ 33788	РД 24.050.37																																		
0,25	2540	3174																																		
0,6	5760	7201																																		
1	5660	7076																																		
1,4	3700	4624																																		
1,8	1554	1942																																		
2,2	725	725																																		
2,6	202	202																																		
3	48	48																																		
3,4	6	6																																		
3,8	2	2																																		

Сравнительная таблица основных положений по испытаниям вагонов согласно ГОСТ 33788 и РД 24.050.37-95

Параметр	ГОСТ 33788	РД 24.050.37-95	Примечание
Определение количества циклов при ресурсных испытаниях на соударение	Содержит методику расчета	Методика расчета отсутствует	
Определение коэффициента запаса усталостной прочности	Расчет производится в соответствии с ГОСТ 33211	Расчет производится в соответствии с Нормами	Ключевым отличием является использование двух показателей степени кривой усталости, что при достаточно низких пределах выносливости ведет к расчету только по одной ветви.
Определение центральной эффективной частоты	$f_{\text{э}} = \sqrt{\int_{0,1 \text{ Гц}}^{20 \text{ Гц}} f^2 g(f) df}$	$f_{\text{э}} = \sqrt{\int_0^{\infty} f^2 g(f) df}$	Определение центральной частоты по результатам испытаний носит справочный характер, поскольку в расчете учитываются количества циклов с заданным уровнем напряжений. Т.е. по гистограммам (количествам циклов) определяется частота, что бы в последствии ее умножить на время действия этих напряжений и получить количество циклов. Предлагается отказаться от использования этой характеристики при расчетах коэффициента запаса сопротивления усталости по результатам ходовых динамических испытаний.

**Сравнительная таблица основных положений по испытаниям вагонов
согласно ГОСТ 33788 и РД 24.050.37-95**

Параметр	ГОСТ 33788	РД 24.050.37-95	Примечание
Параметры для определения коэффициента запаса сопротивления усталости	Среднесуточный пробег – согласно ТЗ или ПТОР; Средняя техническая скорость – 81 км/ч; Распределение скоростей движения; Коэффициент использования порожнего пробега		От этих параметров в значительной степени зависит результат. В большинстве случаев среднесуточный пробег определяется из условия 210 тыс. км пробега за 3 года эксплуатации, что соответствует движению 2,4 часа в сутки! Согласно распределению скоростей движения движение со средней скоростью 100 км/ч занимает 9% времени

ВЫВОДЫ

- Апробация ГОСТ 33211-2014 «Вагоны грузовые. Требования к прочности и динамическим качествам» продолжается на протяжении последних пяти лет на всех типах грузовых вагонов. Вагоностроители вынуждены с 2014 года выполнять «двойные» расчеты и испытания. Необходимо отменять документы МПС, в том числе и «Нормы для расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных)».
- На основании первого опыта применения ГОСТ 33788 подготовлена окончательная редакция изменений №1. В настоящее время проводится экспертиза подкомитетами.
- В настоящее время скорость грузового движения ограничена до 90 км/ч, в то время как конструкционная скорость (усталостная прочность) большинства грузовых вагонов составляет 120 км/ч. Уменьшение конструкционной скорости до 100 км/ч должно привести к уменьшению массы тары и увеличению провозной способности.