МКС 45.060.20

ИЗМЕНЕНИЕ № 1 ГОСТ 33211—2014 Вагоны грузовые. Требования к прочности и динамическим качествам

Принято Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол №_____ от _____)

Зарегистрировано Бюро по стандартам МГС №_____

За принятие изменения проголосовали национальные органы по стандартизации следующих государств: [коды альфа-2 по МК (ИСО 3166) 004]

Дату введения в действие настоящего изменения устанавливают указанные национальные органы по стандартизации

Предисловие. Заменить ссылки: ГОСТ 1.0—92 на ГОСТ 1.0; ГОСТ 1.2—2009 на ГОСТ 1.2;

пункт 3 дополнить абзацем в редакции:

«Евразийский совет по стандартизации, метрологии и сертификации не несет ответственности за патентную чистоту настоящего стандарта. Патентообладатель может заявить о своих правах и направить в национальный орган по стандартизации своего государства аргументированное предложение о внесении в настоящий стандарт поправки для указания информации о наличии в стандарте объектов патентного права и патентообладателе»;

исключить второй абзац пункта 4;

сведения о порядке опубликования информации о введении стандарта в действие изложить в новой редакции:

«*Информация о введении в действие (прекращении действия) настоящего стандарта и изменений к нему на территории указанных выше государств публикуется в указателях национальных, издаваемых в этих государствах, а также в сети Интернет на сайтах соответствующих национальных органов по стандартизации.*

В случае пересмотра, изменения или отмены настоящего стандарта соответствующая информация будет опубликована на официальном интернет-сайте Межгосударственного совета по стандартизации, метрологии и сертификации в каталоге «Межгосударственные стандарты».

Содержание дополнить наименованием приложения Е в редакции:

«Приложение Е (рекомендуемое) Расчет пружин рессорного подвешивания на прочность».

Раздел 2. Заменить ссылки: ГОСТ 3475—81 на ГОСТ 3475; ГОСТ 9246—2013 на ГОСТ 9246; ГОСТ 10791—2011 на ГОСТ 10791; ГОСТ 21447—75 на ГОСТ 21447; ГОСТ 32400—2013 на ГОСТ 32400; ГОСТ 32885—2014 на ГОСТ 32885;

дополнить ссылками:

«ГОСТ 25.502 Расчеты и испытания на прочность в машиностроении. Методы механических испытаний металлов. Методы испытаний на усталость

ГОСТ 26158—84 Сосуды и аппараты из цветных металлов. Нормы и методы расчета на прочность. Общие требования

ГОСТ 32208 Пружины рессорного подвешивания железнодорожного подвижного состава. Метод испытаний на циклическую долговечность

ГОСТ 33434—2015 Устройство сцепное и автосцепное железнодорожного подвижного состава. Технические требования и правила приемки

ГОСТ 33976 Соединения сварные в стальных конструкциях железнодорожного подвижного состава. Требования к проектированию и контролю качества»;

примечание изложить в новой редакции:

«Примечание – При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов и классификаторов на официальном интернет-сайте Межгосударственного совета по стандартизации, метрологии и сертификации (www.easc.by) или по указателям национальных стандартов, издаваемых в государствах, указанных в предисловии, или на официальных сайтах соответствующих национальных органов по стандартизации. Если на документ дана недатированная ссылка, то следует использовать документ, действующий на текущий момент, с учетом всех внесенных в него изменений. Если заменен ссылочный документ, на который дана датированная ссылка, то следует использовать указанную версию этого документа. Если после принятия настоящего стандарта в ссылочный документ, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение применяется без учета данного изменения. Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку».

Раздел 3. В первом абзаце исключить слова «термины по ГОСТ 9246, а также».

Пункт 4.1.1. В третьем абзаце заменить слова «согласно межгосударственному стандарту*» на «по ГОСТ 32913—2014 (пункт 4.3)»;

сноску * исключить.

Пункт 4.1.2. Третий абзац. Перечисления изложить в редакции:

«а) равномерно распределенной, действующей с внутренней стороны торцевой стены, расположенной со стороны действия силы по 4.1.1 [перечисление а)], со стороны

противоположной действию силы по 4.1.1 [перечисление б)], равной 0,35 от продольной силы инерции насыпного груза, определяемой по формуле (4.2). Для скатывающегося груза продольную силу инерции распределяют по 4.3.4 [перечисление б)];

б) равномерно распределенной, действующей с внутренней стороны боковых стен, равной произведению давления силы тяжести насыпного (скатывающегося, жидкого) груза, определяемого по формулам (4.8) и (4.8а), умноженного на коэффициент трения груза о боковую стену;

в) равномерно распределенной, действующей с внутренней стороны пола, равной разности силы инерции груза и суммарной силы, приходящейся на торцевую и боковые стены».

Пункт 4.1.6. В первом абзаце заменить слова «определяют по формуле» словами «определяют для конструкций вагонов с величиной угла наклона стенки кузова к горизонтали (угол наклона стенки к горизонтали определяют с наружной стороны кузова):

- равной 90° и более, по формуле»;

После пояснений к формуле (4.8) добавить перечисление в редакции:

«- менее 90°, по формуле:

$$\overline{p}_a = \gamma g y, \qquad (4.8а)»$$

Пункт 4.3.1. Перечисление а) изложить в новой редакции:

«а) расчетного давления по 4.1.7»;

в перечислении б) заменить слова «национальными нормативными документами* государств, приведенных в предисловии» на «национальным законодательством*»;

сноску * изложить в новой редакции:

«* В Российской Федерации в соответствии с Приказом Ростехнадзора от 25.03.2014 №116 «Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности "Правила промышленной безопасности опасных производственных объектов, на которых используется оборудование, работающее под избыточным давлением» (Зарегистрировано в Минюсте России 19.05.2014 N 32326)»

Пункт 4.3.2 изложить в новой редакции:

«4.3.2 Котел вагона-цистерны, предназначенного для перевозки жидких грузов, проверяют расчетными методами на устойчивость сжатых конструкций при:

- действии внешнего избыточного давления 40 кПа при отсутствии впускного предохранительного клапана;

- действии фактического внешнего избыточного давления срабатывания клапана не менее 21 кПа при наличии впускного предохранительного клапана.

При этом необходимо учитывать минимальные толщины стенок котла допустимые конструкторскими, технологическими и эксплуатационными документами».

Пункт 4.3.4 изложить в новой редакции:

«Торцевую стену (двери) полувагона проверяют расчетными методами на прочность при действии:

а) продольной силы, определенной по 4.1.2 [перечисление а)], равномерно распределенной на нижнюю часть стены (двери) до высоты 600 мм по всей ширине, что соответствует случаю перевозки тяжелых, уложенных штабелями, грузов.

Примечание – Соответствует случаю перевозки тяжелых, уложенных штабелями, грузов.

б) продольной силы, определенной по 4.1.2 [перечисление а)], равномерно распределённой на всю поперечную площадь стены и дополнительный ограждающий щит, укрепленный над ней сверху с помощью четырех вертикальных стоек, имеющий контур габарита погрузки, что соответствует перевозке штабельных грузов с шапкой.

Примечание – Соответствует перевозке штабельных грузов с шапкой. Используется при определении расчетными методами прочности торцевой стены вагонов при перевозке леса.».

Пункты 4.3.5-4.3.7. Заменить все ссылки ГОСТ 22235 на ГОСТ 22235—2010.

Пункт 4.3.12. Заменить слова «([2], раздел 5)» на «разделу 5 строительных норм и правил [2]».

Пункт 4.3.15 дополнить словами:

«а кронштейны, рычаги и тяги стояночного тормоза – при действии момента силы M = 100 Н·м, прикладываемого к штурвалу стояночного тормоза».

Пункт 4.3.16. Пояснения к формуле (4.10) изложить в новой редакции:

«где N_y – продольная сила по 4.1.1 [перечисление а)], приложенная к вагону, Н;

$m_т$ – минимальная расчетная масса порожнего вагона, кг»;

примечание исключить;

последний абзац изложить в новой редакции:

«Для проверки отсутствия резонанса величины собственных частот колебаний подвесного и навесного оборудования, определенные расчетным методом, должны превышать значения собственных частот колебаний несущей конструкции кузова в 1,5 раза и более. При этом величина собственных частот несущей конструкции кузова, определенная расчетным методом, должна быть не менее 10 Гц».

Пункт 4.3.23. Заменить слова «национальных нормативных документах* государств, приведенных в предисловии» на «ГОСТ 33434—2015 (пункты 5.8 и 5.9)»;

сноску * исключить.

Пункт 4.4 дополнить абзацем в редакции:

«Прочность пружин рессорного подвешивания определяют при действии сил, соответствующих режимам Ia и Iв таблицы 3. Если пружины за счет конструктивных особенностей рессорного подвешивания не участвуют в передаче продольных сил, расчет проводится только под действием вертикальных и боковых сил. Расчет пружин рессорного подвешивания на прочность приведен в приложении Е».

Пункт 4.5.3 дополнить словами:

«а кронштейны, рычаги и тяги стояночного тормоза – при действии момента силы М = 100 Н·м, прикладываемого к штурвалу стояночного тормоза».

Пункт 4.6.1. Первый абзац. Заменить слова «межгосударственному стандарту*» на «ГОСТ 32913—2014 (пункт 4.3)»;

сноску * исключить.

Таблица 4. В заголовке заменить слова «Среднее значение силы в интервале, МН» на «Среднее значение размаха силы в интервале, МН»;

в первой строке заменить число приложений растягивающей силы «2432» на «2650»;

дополнить примечанием в редакции:

«Примечание – К динамическим ударным силам относят 80% числа приложений сжимающих сил с размахом в каждом из диапазонов от 0,3 до 1,8 МПа и 100% числа приложений сжимающих сил в диапазоне 2,2 МПа и более».

Таблица 5. В заголовке заменить слова «Среднее значение силы в интервале, МН» на «Среднее значение размаха силы в интервале, МН»;

дополнить примечанием в редакции:

«Примечание – К динамическим ударным силам относят 80% числа приложений сжимающих сил с размахом в каждом из диапазонов от 0,2 до 1,9 МН и 100% числа приложений сжимающих сил в диапазоне 2,1 МН и более».

Пункт 4.7 дополнить абзацем в редакции:

«Циклическую долговечность пружин рессорного подвешивания подтверждают испытаниями на циклическую долговечность в соответствии с ГОСТ 32208».

Таблица 6. В заголовке заменить слова «Вероятность движения в диапазоне скорости для вагона с конструкционной скоростью, м/с (км/ч)» на «Доля времени на

эксплуатацию в диапазоне скоростей для вагона с конструкционной скоростью, м/с (км/ч)».

Пункт 6.1 дополнить словами:

«, прочность пружин рессорного подвешивания – по 6.1.7».

Пункт 6.1.3. Включить вторым абзацем текст в редакции:

«Допускаемые напряжения для сосудов и аппаратов из цветных металлов должны соответствовать ГОСТ 26158—84 (раздел 5)»;

в сноске 2) таблицы 8 заменить слова «режиме Iа» на «режимах Iа и Iб»;

таблицу 8 дополнить примечанием в редакции:

«Примечание - Напряжения, возникающие в конструкциях несущих элементов кузова, выполненных из сталей с соотношением предела текучести материала к пределу прочности менее 0,8, при испытаниях на соударение, проводимых согласно ГОСТ 33788—2016 (пункт 8.2) не должны превышать величины допускаемых напряжений, равных 0,8 от предела прочности».

Пункт 6.1.5 заменить слова «([1], пункт 6.8.2.1.16)» на «пунктом 6.8.2.1.16 соглашения [1]»;

ссылку ГОСТ 14249 заменить на ГОСТ 14249—89.

Пункт 6.1 дополнить новым подпунктом 6.1.7 в редакции:

«6.1.7 Интенсивность касательных напряжений, возникающих в сечении витков пружин в режимах Iа и Iв таблицы 3, оценивают по эквивалентным значениям, Па, по формуле

$$\tau_э = \sigma_э/\sqrt{3}, \qquad (6.6а)$$

где $\sigma_э$ – эквивалентные напряжения, Па, определяют по формуле (6.1).

Для обеспечения прочности пружин максимальные значения интенсивности касательных напряжений не должны превышать предела текучести или условного предела текучести материала при относительном остаточном удлинении 0,2 % с понижающим коэффициентом 0,65. При наличии результатов испытаний по определению механических характеристик материала пружин при кручении разрешается назначать допускаемое значение напряжений, не превышающее предела текучести материала пружины при кручении».

Пункт 6.2.2 дополнить абзацем в редакции:

«1,1 – для остальных элементов вагона при расчете на устойчивость при действии сжимающих сил, связанных с характерными особенностями эксплуатационных нагружений».

Пункт 6.3.3.1. В примечании к пункту заменить слова «национальными требованиями*» на «ГОСТ 33976»;

сноску * исключить.

Пункт 6.3.3.2. Заменить слова «межгосударственным стандартом*» на «ГОСТ 25.502»;

сноску * исключить.

Пункт 6.3.4 Заменить слова «$\overline{\sigma}_{\text{М}}$=47 МПа» на «$\overline{\sigma}_{m}$=58 МПа»;

заменить слова «межгосударственным стандартом*» на «ГОСТ 25.502»;

сноску * исключить.

Пункт 6.3.6. В пояснении к формуле (6.9) заменить слова «межгосударственному стандарту*» на «ГОСТ 33788—2016 (пункт 9.5)»;

заменить слова «$\sigma_{a,i} \geq \varphi_{a,N}$» на «$\sigma_{a,i} \geq \sigma_{a,N}$»;

сноску * исключить.

Пункт 7.1.7 Формулу (7.1) изложить в новой редакции:

$$\text{«К}_{\text{ус}} = \frac{\text{tg}\,\beta - \mu}{1 + \mu\,\text{tg}\,\beta} \cdot \frac{\langle \text{P}_{\text{в}} \rangle}{\langle \text{P}_{\text{б}} \rangle} \qquad (7.1)\text{»}$$

в пояснении к формуле (7.1) заменить слова «межгосударственном стандарте*» на «ГОСТ 33788—2016 (пункт 8.3)»; заменить слова «( )» на «⟨ ⟩»;

сноску * исключить.

Пункт 8.1. Заменить слова «требований ГОСТ 22235» словами «радиусов кривых по ГОСТ 22235—2010».

Пункт 8.4. Заменить слова «национальных нормативных документов* государств, приведенных в предисловии» на «ГОСТ 33434 и национального законодательства*»;

сноску * изложить в новой редакции:

«* В Российской Федерации – по ГОСТ Р 52916 «Упоры автосцепного устройства для грузовых и пассажирских вагонов. Общие технические условия»».

Пункт 8.5. В перечислении б) исключить слова «и более».

Раздел 9. Заменить слова «национальными стандартами государств, упомянутых в предисловии» на «национальным законодательством*».

Приложение Г. Текст четвертого абзаца и далее до формулы (Г.14), включительно, изложить в новой редакции:

«Высоту точек контактов колесных пар, м, определяют по формуле

$$T(x) = \begin{cases} k \cdot x, \text{при } x \leq t_1 \\ k \cdot t_1 - R + \sqrt{R^2 - (x - L_{\text{г}})^2}, \text{при } t_1 \leq x \leq t_2 \\ k \cdot (2 \cdot L_{\text{г}} - x), \ \text{при } x \geq t_2 \end{cases} \qquad (\text{Г.1})$$

где x – горизонтальная координата колесной пары, м

k – уклон пути на надвижной и спускной частях горки, принимают k = 0,0275,

R – радиус сопряжения надвижной и спускной частей, принимают R = 250 м,

$L_г$ – расстояние от начала координат до горба горки, принимают $L_г$ = 50 м,

t_1 – координата сопряжения надвижной и радиусной части горки, принимают t_1 = 43,128 м,

t_2 – координата сопряжения спускной и радиусной части горки, принимают t_2 = 56,872 м.

График высоты точек контактов колесных пар, построенный по формуле (Г.1) представлен на рисунке Г.2.

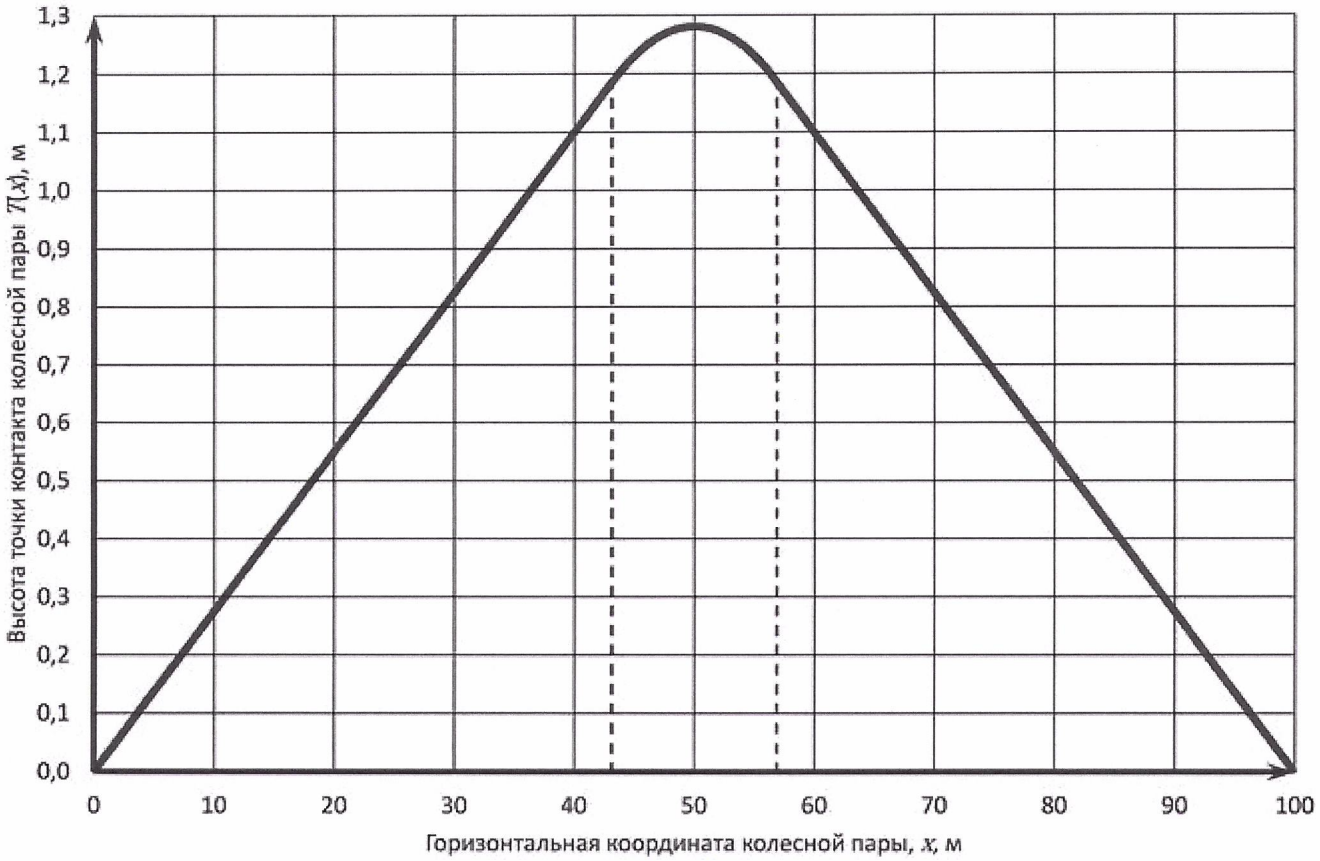


Рисунок Г.2 – График высоты точек контакта колесных пар

Горизонтальные координаты точек контакта колесных пар, м, определяют по формулам

$$X_1 = x, \quad (Г.2)$$

$$X_2 = x + 2l_T, \quad (Г.3)$$

$$X_3 = x + 2l_1, \quad (Г.4)$$

$$X_4 = x + 2l_1 + 2l_T, \quad (Г.5)$$

$$X_5 = x + 2l_1 + n_1 + n_2, \quad (Г.6)$$

$$X_6 = x + 2l_1 + n_1 + n_2 + 2l_T, \quad (Г.7)$$

$$X_7 = x + 2l_1 + n_1 + n_2 + 2l_2, \quad (Г.8)$$

$$X_8 = x + 2l_1 + n_1 + n_2 + 2l_2 + 2l_T \quad (Г.9)$$

где $2l_T$ – база тележки, м;

$2l_1$ – база первого вагона, м;

$2l_2$ – база второго вагона, м;

n_1 – длина консоли вагона от пятника до оси сцепления автосцепок первого вагона, м;

n_2 – длина консоли вагона от пятника до оси сцепления автосцепок второго вагона, м.

Высоту точек контактов колесных пар T_i, м, определяют, подставляя горизонтальные координаты колесных пар X_i, м, рассчитанные по формулам (Г.2 – Г.9) в формулу (Г.1), где i – порядковый номер колесной пары.

Высоту пятников тележек, P_i, м, определяют по формуле

$$P_i = 0{,}5(T_{2i-1} + T_{2i}) \quad (Г.10)$$

где i – порядковый номер пятника, м.

Углы наклона оси хребтовой балки к горизонтали первого α_1 и второго α_2 вагонов определяют по формуле

$$\alpha_1 = arctg\left(\frac{P_2 - P_1}{2l_1}\right) \quad (Г.11)$$

$$\alpha_2 = arctg\left(\frac{P_4 - P_3}{2l_2}\right) \quad (Г.12)$$

где P_1 – высота первого пятника (первый вагон), м;

P_2 – высота второго пятника (первый вагон), м;

P_3 – высота третьего пятника (второй вагон), м;

P_4 – высота четвертого пятника (второй вагон), м.

Вертикальные координаты точек осей взаимодействующих автосцепок, S_2, м, и S_3, м, определяют по формулам

$$S_2 = P_2 + n_1 \cdot tg(\alpha_1) \quad (Г.13)$$

$$S_3 = P_3 - n_2 \cdot tg(\alpha_2) \quad (Г.14)$$

Текущее значение разности высот автосцепок, м, определяют по формуле

$$\Delta S = S_2 - S_3 \quad (Г.15)»;$$

в предпоследнем абзаце изменить номер формулы на «(Г.16)».

Приложение Д. В пояснении к формуле (Д.2) заменить слова «формуле (4.8)» на «4.1.6».

Стандарт дополнить приложением Е:

«Приложение Е

(рекомендуемое)

Расчет пружин рессорного подвешивания на прочность

Е.1 Цилиндрические пружины рессорного подвешивания трехэлементных тележек с клиновым гасителем колебаний проверяют на прочность методом конечных элементов при действии на рессорное подвешивание сил, указанных в таблице Е.1.

Таблица Е.1 – Силы, действующие на рессорное подвешивание

Силы	Обозначение	Значение силы в режиме I	
		а	в
Вертикальные: - сила тяжести; - составляющая силы инерции	$P_{\text{в}}^{\text{ресс}}$	По 4.4.2 По 4.4.3	По 4.4.2 По 4.4.3*
Боковые	$P_{\text{б}}^{\text{ресс}}$	–	По 4.4.5*
* С коэффициентом 0,5			

Е.2 Для расчета прочности пружины вертикальную силу, действующую на пружину, определяют по Е.2.1–Е.2.3.

Е.2.1 Для каждой отдельной пружины рессорного подвешивания определяют вертикальную силу пропорционально ее вертикальной жесткости и прогибу при действии вертикальной силы на рессорное подвешивание по таблице Е.1, Н, по формуле

$$P_{\text{в}}^{\text{пр}} = \left(\frac{P_{\text{в}}^{\text{ресс}}}{\text{C}_{\text{в}}^{\text{ресс}}} - \Delta\right) \cdot \text{C}_{\text{в}}^{\text{пр}}, \quad \text{(Е.1)}$$

где $P_{\text{в}}^{\text{ресс}}$ – суммарная вертикальная сила, действующая на рессорное подвешивание, Н, принимают по таблице Е.1;

$\text{C}_{\text{в}}^{\text{ресс}}$ – суммарная вертикальная жесткость пружин рессорного подвешивания, Н/м;

Δ – разность высот (в свободном состоянии) между самой высокой пружиной рессорного подвешивания и пружиной, для которой определяют вертикалью силу, м;

$\text{C}_{\text{в}}^{\text{пр}}$ – вертикальная жесткость пружины, Н/м, определяют по формуле

$$\text{C}_{\text{в}}^{\text{пр}} = G\frac{d^4}{8D^3n}, \quad \text{(Е.2)}$$

где G – модуль сдвига материала пружины, Па, для пружин из стального прутка при отсутствии результатов испытаний по определению механических характеристик материала пружин при кручении принимают $80 \cdot 10^9$ Па;

D – средний диаметр пружины, м;

d – диаметр прутка пружины, м;

n – число рабочих витков пружины.

Е.2.2 Для каждой отдельной пружины рессорного подвешивания определяют вертикальную силу, приводящую к смыканию ее рабочих витков, Н, по формуле

$$P_{\text{см}}^{\text{пр}} = \text{C}_{\text{в}}^{\text{пр}} \cdot f_{\text{см}}, \quad \text{(Е.3)}$$

где $\text{C}_{\text{в}}^{\text{пр}}$ – вертикальная жесткость пружины, Н/м, определяют по формуле (Е.2);

$f_{\text{см}}$ – прогиб пружины до смыкания ее рабочих витков, м, определяют по формуле

$$f_{\text{см}} = l_0 - l_{\text{см}}, \quad \text{(Е.4)}$$

где l_0 – высота пружины в свободном состоянии, м;

$l_{см}$ – высота пружины при смыкании ее рабочих витков с учетом неравномерности шага, м, определяют по формуле

$$l_{см} = (n + 1{,}1) \cdot d, \quad (Е.5)$$

где n – число рабочих витков пружины;

d – диаметр прутка пружины, м.

Е.2.3 При выполнении условия $P_{в}^{пр} < P_{см}^{пр}$ прочность пружины оценивают при действии силы $P_{в} = P_{в}^{пр}$ по Е.2.1. Если $P_{в}^{пр} \geq P_{см}^{пр}$, то прочность пружины оценивают при действии силы $P_{в} = P_{см}^{пр}$ по Е.2.2.

Е.3 Для расчета прочности пружины боковую силу, действующую на пружину в режиме I в, определяют по Е.3.1–Е.3.2.

Е.3.1 Рессорное подвешивание проверяют на отсутствие замыкания боковых зазоров между боковой рамой и надрессорной балкой по условию

$$P_{б}^{ресс} < P_{б}^{зам}, \quad (Е.6)$$

где $P_{б}^{ресс}$ – боковая сила, действующая на рессорное подвешивание, Н, по таблице Е.1;

$P_{б}^{зам}$ – боковая сила, действующая на рессорное подвешивание и приводящая к замыканию боковых зазоров между боковой рамой и надрессорной балкой, Н, определяют по формуле

$$P_{б}^{зам} = С_{г}^{ресс} \cdot \Delta_2, \quad (Е.7)$$

где $С_{г}^{ресс}$ – суммарная горизонтальная жесткость пружин рессорного подвешивания, Н/м, определяют методом конечных элементов по Е.4;

Δ_2 – боковое одностороннее перемещение из центрального положения надрессорной балки относительно боковой рамы тележки, м (значение принимают средним вероятным в соответствии с конструкторской документацией, эксплуатационными и ремонтными документами).

Е.3.2 Для каждой отдельной пружины рессорного подвешивания определяют боковую силу пропорционально ее горизонтальной жесткости и прогибу при действии боковой силы на рессорное подвешивание, Н, по формуле

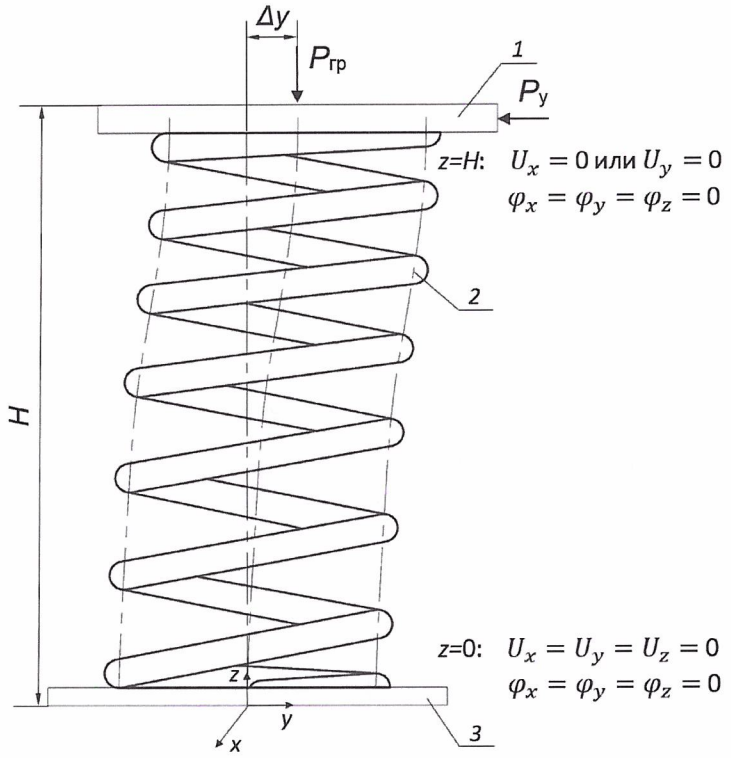
$$P_{б} = С_{г}^{пр} \cdot \frac{P_{б}^{ресс}}{С_{г}^{ресс}}, \quad (Е.8)$$

где $С_{г}^{пр}$ – горизонтальная жесткость пружины, Н/м, определяют методом конечных элементов по Е.4;

$С_{г}^{ресс}$ – суммарная горизонтальная жесткость пружин рессорного подвешивания, Н/м, определяют методом конечных элементов по Е.4;

$P_{б}^{ресс}$ – боковая сила, действующая на рессорное подвешивание, Н, принимают по таблице Е.1 при выполнении условия (Е.6); принимают $P_{б}^{ресс} = P_{б}^{зам}$ при невыполнении условия (Е.6).

Е.4 Горизонтальную жесткость пружины рессорного подвешивания определяют методом конечных элементов. Расчетная схема для определения горизонтальной жесткости пружины с двумя опорными телами приведена на рисунке Е.1.



U_x, U_y, U_z – перемещение опорных тел вдоль осей *x*, *y* и *z* соответственно;

φ_x, φ_y, φ_z – угол поворота опорных тел относительно осей *x*, *y* и *z* соответственно;

$P_{гр}$ – вертикальная сила, действующая на пружину; P_y – боковая сила, действующая на пружину и возвращающая ее в исходное положение; *Δy* – отклонение пружины в боковом направлении при действии на нее вертикальной силы; *H* – общая высота пружины, нижнего и верхнего опорных тел в свободном состоянии;

1 – верхнее опорное тело; *2* – пружина; *3* – нижнее опорное тело

Рисунок Е.1 – Расчетная схема пружины для определения горизонтальной жесткости

Размеры опорных тел выбирают таким образом, чтобы толщина каждого из них была не менее диаметра прутка пружины, а остальные размеры – не менее наружного диаметра пружины.

Для описания граничных условий в расчетной схеме на рисунке Е.1 принимают декартову систему координат, расположенную в основании нижнего опорного тела, центр которой совпадает с осевой линией пружины. Ось *z* системы координат совпадает с осью пружины, ось *x* принадлежит плоскости, образованной основанием нижнего опорного тела, а ось *y* перпендикулярна осям *x* и *z*. Пружину ориентируют таким образом, чтобы окончание ее нижнего опорного витка при проекции на плоскость, образованную осями *x* и *y*, совпадало с осью *x*.

В расчетной схеме на рисунке Е.1 устанавливают следующие кинематические граничные условия:

- для нижнего опорного тела

$$U_X = U_y = U_z = 0; \quad \text{(Е.9)}$$

$$\varphi_X = \varphi_y = \varphi_z = 0; \quad \text{(Е.10)}$$

- для верхнего опорного тела

$U_X = 0$ (первый расчетный случай) или $U_y = 0$ (второй расчетный случай); (Е.11)

$$\varphi_X = \varphi_y = \varphi_z = 0, \quad \text{(Е.12)}$$

где U_x, U_y, U_z – перемещение опорных тел вдоль осей *x*, *y* и *z* соответственно;

φ_x, φ_y, φ_z – угол поворота опорных тел относительно осей *x*, *y* и *z* соответственно.

Между опорными поверхностями витков пружины и опорными телами учитывают контактное взаимодействие, для которого реализуют граничные условия

$$U_{\text{z виток}} = U_{\text{z опора}}; \quad \text{(Е.13)}$$

$$\tau_{\text{ху виток}} - \tau_{\text{ху опора}} \leq \mu P, \quad \text{(Е.14)}$$

где $U_{\text{z виток}}$, $U_{\text{z опора}}$ – перемещения на контактных поверхностях опорного тела и опорного витка пружины соответственно, м;

$\tau_{\text{ху виток}}$, $\tau_{\text{ху опора}}$ – касательные напряжения на контактных поверхностях опорного тела и опорного витка пружины соответственно, Па;

μ – коэффициент трения, принимают $\mu = 0{,}3$;

P – контактное давление, Па, определяют методом конечных элементов.

Для пружин из стального прутка при отсутствии результатов испытаний по определению механических характеристик материала пружин принимают модуль Юнга $208 \cdot 10^9$ Па, коэффициент Пуассона 0,3. Модуль Юнга материала опорных тел принимают на два порядка больше, чем для материала пружины.

Силовые граничные условия прикладывают к верхнему опорному телу в два этапа:

1) Прикладывают вертикальную силу $P_{\text{гр}}$, Н, (верхняя поверхность тела), соответствующую вагону с максимальной расчетной массой и определяемую по 4.4.2. Пружина при приложении вертикальной силы деформируется в боковом направлении на величину Δy или Δx, м, в зависимости от расчетного случая для кинематических граничных условий (Е.11);

2) К торцевой поверхности верхнего опорного тела (направление вдоль оси *y* или *x*) пружины, деформированной при действии на нее вертикальной силы $P_{\text{гр}}$, прикладывают боковую силу P_y или $P_{\text{х}}$, Н, в зависимости от расчетного случая кинематических граничных условий (Е.11), которая соответствует силе, возвращающей пружину в исходное положение относительно вертикальной оси.

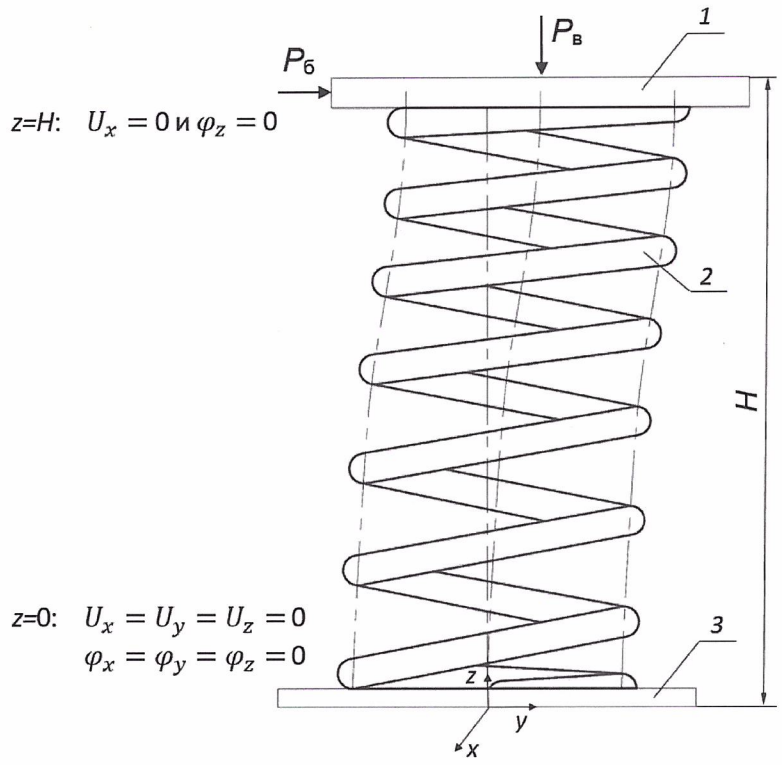
Горизонтальную жесткость пружины $C_{\text{г}}^{\text{пр}}$, Н/м, рассчитывают по определенным значениям боковых сил P_y и $P_{\text{х}}$ с учетом расчетных случаев кинематических граничных условий (Е.11) по формуле

$$C_{\text{г}}^{\text{пр}} = \frac{1}{2}\left(\frac{P_y}{\Delta y} + \frac{P_x}{\Delta x}\right), \quad \text{(Е.15)}$$

где P_y, P_x – боковая сила, действующая на пружину, приложенная вдоль оси *y* и x соответственно в зависимости от расчетного случая кинематических граничных условий (Е.11) и возвращающая пружину в исходное положение относительно вертикальной оси, Н;

Δy, Δx – боковое отклонение пружины вдоль оси *y* и x соответственно в зависимости от кинематических граничных условий (Е.11) при действии на нее вертикальной силы $P_{гр}$, м.

Е.5 Прочность пружины определяют методом конечных элементов при действии на нее сил по Е.2 – Е.3. Расчетная схема с граничными условиями для определения напряженно-деформированного состояния пружины приведена на рисунке Е.2.



U_x, U_y, U_z – перемещение опорных тел вдоль осей *x*, *y* и *z* соответственно;

φ_x, φ_y, φ_z – угол поворота опорных тел относительно осей *x*, *y* и *z* соответственно;

$P_в$, $P_б$ – вертикальная и боковая силы, действующие на пружину; *H* – общая высота пружины, нижнего и верхнего опорных тел в свободном состоянии;

1 – верхнее опорное тело; *2* – пружина; *3* – нижнее опорное тело

Рисунок Е.2 – Расчетная схема пружины для оценки напряженно-деформированного состояния

Для описания граничных условий в расчетной схеме на рисунке Е.2 принимают декартову систему координат аналогично требованиям Е.4.

В расчетной схеме на рисунке Е.2 устанавливают следующие граничные условия:

- для нижнего опорного тела

$$U_X = U_y = U_z = 0; \quad (Е.16)$$

$$\varphi_X = \varphi_y = \varphi_z = 0; \quad (Е.17)$$

- для верхнего опорного тела

$$U_X = 0; \quad \text{(Е.18)}$$

$$\varphi_z = 0, \quad \text{(Е.19)}$$

где U_x, U_y, U_z – перемещение опорных тел вдоль осей *x*, *y* и *z* соответственно;

φ_x, φ_y, φ_z – угол поворота опорных тел относительно осей *x*, *y* и *z* соответственно.

Между опорными поверхностями витков пружины и опорными телами учитывают контактное взаимодействие с граничными условиями по (Е.13) – (Е.14).

Для пружин из стального прутка при отсутствии результатов испытаний по определению механических характеристик материала пружин принимают модуль Юнга $208 \cdot 10^9$ Па, коэффициент Пуассона 0,3. Модуль Юнга материала опорных тел принимают на два порядка больше, чем для материала пружины.

Силовые граничные условия прикладывают к верхнему опорному телу в виде вертикальной силы $P_{\text{в}}$, Н, (верхняя поверхность тела) по Е.2 и боковой $P_{\text{б}}$, Н, (торцевая поверхность тела вдоль оси *y*) по Е.3.

Оценку напряженно-деформированного состояния пружины проводят по 6.1.7.»

УДК 625.24:006.354 МКС 45.060.20 ОКП 31 8035
31 8036
31 8037
31 8210
31 8220
31 8230
31 8250
31 8260
31 8270
31 8381
31 8382
31 8383

Ключевые слова: грузовой вагон, несущая конструкция, кузов, тележка, автосцепное устройство, прочность, сопротивление усталости, динамические качества

Исполнительный директор
ООО «ВНИЦТТ» А. М. Орлова

Заместитель исполнительного директора по науке – директор научно-исследовательской дирекции
ООО «ВНИЦТТ» Д. В. Шевченко

Руководитель направления «Прочность конструкций вагонов» научно-исследовательской дирекции
ООО «ВНИЦТТ» М.Р. Тохчукова

Руководитель отдела комплексных исследований
динамики взаимодействия экипажа и пути, ведущий научный сотрудник
ООО «ВНИЦТТ» Е. А. Рудакова

Научный сотрудник
отдела комплексных исследований
динамики взаимодействия экипажа и пути
ООО «ВНИЦТТ» А.В. Гусев

Руководитель отдела стандартизации
ООО «ВНИЦТТ» Д.Е. Абрамов