МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СОВЕТ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ, МЕТРОЛОГИИ И СЕРТИФИКАЦИИ
(МГС)

INTERSTATE COUNCIL FOR STANDARDIZATION, METROLOGY AND CERTIFICATION

(ISC)

ГОСТ 32208 —

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ

ПРУЖИНЫ РЕССОРНОГО ПОДВЕШИВАНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА.

Метод испытаний на циклическую долговечность

Издание официальное

Москва
Институт стандартизации
202__

Предисловие

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

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

Сведения о стандарте

1 РАЗРАБОТАН Акционерным обществом «Научно-исследовательский и конструкторско-технологический институт подвижного состава» (АО «ВНИКТИ»), Открытым акционерным обществом «Российские железные дороги» «ОАО» РЖД

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

3 ПРИНЯТ Евразийским советом по стандартизации, метрологии и сертификации по результатам голосования в АИС МГС (протокол от _____ г. №_____)

За принятие проголосовали:

Краткое наименование страны по МК (ИСО 3166) 004—97	Код страны по МК (ИСО 3166) 004-97	Сокращенное наименование национального органа по стандартизации
Азербайджан	AZ	Азстандарт
Армения	AM	Минэкономики Республики Армения
Беларусь	BY	Госстандарт Республики Беларусь
Грузия	GE	Грузстандарт
Казахстан	KZ	Госстандарт Республики Казахстан
Киргизия	KG	Кыргызстандарт
Молдова	MD	Институт стандартизации Молдовы
Россия	RU	Росстандарт
Таджикистан	TJ	Таджикстандарт
Туркмения	TM	Главгосслужба «Туркменстандартлары»
Узбекистан	UZ	Узстандарт
Украина	UA	Минэкономразвития Украины

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

4 ВЗАМЕН ГОСТ 32208—2013

Информация о введении в действие (прекращение действия) настоящего стандарта и изменений к нему на территории указанных выше государств публикуется в указателях национальных стандартов, 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»

© Оформление. ФБГУ «Институт стандартизации», 202__

В Российской Федерации настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

Содержание

1 Область применения……..…….....

2 Нормативные ссылки……..…….……

3 Термины, определения и обозначения ……..……

4 Требования безопасности ……..…….

5 Сущность метода ……..

6 Требования к условиям проведения испытаний ……..

7 Требования к средствам измерений и испытательному оборудованию ……...

8 Подготовка к испытаниям ……..…….

9 Порядок проведения испытаний ……..…….

10 Правила обработки и оценки результатов испытаний ……

11 Оформление результатов испытаний …….

Приложение А (обязательное) Расчет долговечности (ресурса/срока службы) пружин рессорного подвешивания

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

ПРУЖИНЫ РЕССОРНОГО ПОДВЕШИВАНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

Метод испытаний на циклическую долговечность

Springs of spring suspension of railway rolling stock.
Method of fatigue life tests

Дата введения –

1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает метод испытаний на циклическую долговечность цилиндрических винтовых пружин сжатия из стали круглого сечения, работающих при продольных и комбинированных (продольных и поперечных) нагрузках в рессорном подвешивании железнодорожного подвижного состава, включая высокоскоростной железнодорожный подвижной состав, а также порядок расчета долговечности (ресурса/срока службы) пружин рессорного подвешивания на основе результатов этих испытаний.

Требования настоящего стандарта распространяются как на одиночные пружины, так и на комплекты пружин, работающих совместно с различающимися статическими прогибами под общей нагрузкой в рессорном подвешивании железнодорожного подвижного состава, включая высокоскоростной железнодорожный подвижной состав.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие межгосударственные стандарты:

ГОСТ 12.2.003 Система стандартов безопасности труда. Оборудование производственное. Общие требования безопасности

ГОСТ 12.4.026 Система стандартов безопасности труда. Цвета сигнальные, знаки безопасности и разметка сигнальная. Назначение и правила применения. Общие технические требования и характеристики. Методы испытаний

ГОСТ 25.507 Расчеты и испытания на прочность в машиностроении. Методы испытаний на усталость при эксплуатационных режимах нагружения. Общие требования

ГОСТ 1452 Пружины цилиндрические винтовые тележек и ударно-тяговых приборов подвижного состава железных дорог. Технические условия

ГОСТ 23207 Сопротивление усталости. Основные термины, определения и обозначения

ГОСТ 31539 Цикл жизненный железнодорожного подвижного состава. Термины и определения

ГОСТ 34056 Транспорт железнодорожный. Состав подвижной. Термины и определения

ГОСТ 33788-2016 Вагоны грузовые и пассажирские. Методы испытаний на прочность и динамические качества

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, издаваемым 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.

3 Термины, определения и обозначения

3.1 В настоящем стандарте применены термины и определения по ГОСТ 23207 и ГОСТ 31539, ГОСТ 34056 а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1.1 **тарирование:** Испытания пружин статическими нагрузками с целью построения зависимости величины деформации от нагрузки.

3.1.2 **расчетная статическая нагрузка пружин рессорного подвешивания:** Нагрузка, создаваемая массой надрессорного строения полностью экипированного локомотива или полностью загруженного вагона, которая воздействует на пружину в продольном (осевом) направлении с учетом числа пружин и особенностей их установки в рессорном подвешивании железнодорожного подвижного состава.

3.1.3

пробная нагрузка: Нагрузка, при которой достигается расчетное касательное напряжение кручения в материале пружин, не превышающее предела текучести, но не менее расчетной нагрузки по нормированному конструктивному запасу полного прогиба пружины до упора или до полного сжатия витков.

Примечание – Величина пробной нагрузки является показателем стабильности режимов термообработки.

[ГОСТ 1452-2011, пункт 3.3]

3.2 В настоящем стандарте применены обозначения параметров, приведенные в таблице 1.

Таблица 1

Обозначение	Единица измерений	Наименование параметра
D	мм	средний диаметр пружины
D_1	мм	наружный диаметр пружины
D_2	мм	внутренний диаметр пружины
d	мм	диаметр прутка пружины
F_1	Н	расчетная статическая нагрузка на пружину
$F_{\text{а}}$	Н	амплитуда нагрузки для циклических испытаний в зависимости от вида
$F_{\text{аи}}$	Н	амплитуда нагрузки для циклических испытаний при контрольной базе испытаний $N_{\text{к}} = 0{,}5 \cdot 10^6$ циклов

Продолжение таблицы 1

Обозначение	Единица измерений	Наименование параметра
$F_{\text{а пред}}$	Н	предельная амплитуда нагрузки для циклических испытаний с построением кривой усталости при базе испытаний $N = 6{,}0 \cdot 10^6$ циклов
$F_{\text{пр}}$	Н	пробная нагрузка на пружину
h_1	мм	высота пружины под расчетной статической нагрузкой F_1
i	-	индекс пружины
K	-	коэффициент, учитывающий упрочнение пружины
k	-	коэффициент, учитывающий кривизну витка пружины
$K_{d\text{и}}$	-	коэффициент влияния действительных размеров поперечного сечения прутка пружины на сопротивление усталости для циклических испытаний при контрольной базе испытаний $N_{\text{к}} = 0{,}5 \cdot 10^6$циклов
K_d	-	коэффициент влияния действительных размеров поперечного сечения прутка пружины на сопротивление усталости для циклических испытаний с построением кривой усталости при базе испытаний $\mathrm{N} = 6{,}0 \cdot 10^6$ циклов
K_γ	-	коэффициент влияния состояния поверхности прутка пружины и глубины обезуглероженного слоя пружины на сопротивление усталости
$k_{\text{д}}$	-	расчетный коэффициент динамики пружины
L	год (ед. наработки)	срок службы (ресурс)
m	-	показатель степени в уравнении первой (левой) ветви кривой усталости
m_2	-	показатель степени в уравнении второй ветви кривой усталости
N	цикл	число циклов нагружения (амплитуд деформаций) для циклических испытаний с построением кривой усталости при базе испытаний $N = 6{,}0 \cdot 10^6$ циклов
$N_{\text{аэ}}$	цикл/ год (ед. наработки)	число циклов нагружения пружины при эксплуатации на соответствующем типе подвижного состава за 1 год (ед. наработки)
$N_{\text{к}}$	цикл	контрольное число циклов нагружения (амплитуд деформаций) для циклических испытаний при контрольной базе испытаний $N_{\text{к}} = 0{,}5 \cdot 10^6$ циклов
$n_{\text{а}}$	-	коэффициент запаса прочности по усталости
s_1	мм	продольная деформация (прогиб) пружины под расчетной статической нагрузкой F_1
s_a	мм	амплитуда деформации для циклических испытаний в зависимости от вида испытаний

Окончание таблицы 1

Обозначение	Единица измерений	Наименование параметра
$S_{a(P=0,95)}$	мм	амплитуда деформации, соответствующая пределу выносливости пружины при вероятности неразрушения 0,95
$S_{\text{аи}}$	мм	амплитуда деформации для циклических испытаний при контрольной базе испытаний $N_{\text{к}} = 0{,}5 \cdot 10^6$ циклов
$S_{\text{а пред}}$	мм	предельная амплитуда деформации для циклических испытаний с построением кривой усталости при базе испытаний $N = 6{,}0 \cdot 10^6$ циклов
$S_{\text{аэ}}$	мм	эквивалентная амплитуда деформации, соответствующая повреждающему воздействию на пружину при эксплуатации (эксплуатационная нагруженность) на соответствующем типе подвижного состава за срок службы пружины
τ	МПа	амплитуда напряжения в зависимости от вида испытаний
τ_1	МПа	касательное напряжение пружины под расчетной статической нагрузкой F_1
$\tau_{\text{а}}$	МПа	амплитуда напряжения (модальное значение) от динамической нагрузки в эксплуатации
$\tau_{\text{аи}}$	МПа	амплитуда напряжений для циклических испытаний при контрольной базе испытаний $N_{\text{к}} = 0{,}5 \cdot 10^6$циклов
$\tau_{\text{а пред}}$	МПа	предельная амплитуда напряжения для циклических испытаний с построением кривой усталости при базе испытаний $N = 6{,}0 \cdot 10^6$ циклов

4 Требования безопасности

4.1 Оборудование и организация рабочих мест при испытаниях пружин должны соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.003, а сигнальные цвета и знаки безопасности, информирующие и обращающие внимание обслуживающего персонала на потенциальную или действительную опасность согласно требованиям ГОСТ 12.4.026.

4.2 Зона размещения пружин на испытательном оборудовании для циклических испытаний должна быть ограждена для защиты от осколков в случае их образования при изломе пружины.

5 Сущность метода

5.1 Сущность метода заключается в нагружении продольной циклической нагрузкой пружин, предварительно сжатых расчетной статической нагрузкой F_1 до достижения заданного числа циклов нагружений (деформаций) или излома пружин (база испытаний N или $N_к$ в зависимости от вида испытаний).

5.2 Параметры цикла нагружения (амплитуда деформации s_a и/или амплитуда нагрузки F_a) для циклических испытаний устанавливают по расчётному значению амплитуды напряжений цикла с учетом действительных размеров пружин (d и D), расчетной статической нагрузки, действующей на них, а также технологии обработки прутков и упрочнения поверхности готовых пружин.

Для расчёта параметров цикла нагружения при их указании в конструкторской документации допускается использовать номинальные размеры и прогиб s_1 пружины.

5.3 Оценку долговечности (ресурса/срока службы) пружин рессорного подвешивания выполняют по результатам циклических испытаний с построением кривой усталости при базе испытаний $N = 6{,}0 \cdot 10^6$ циклов в соответствии с приложением А.

6 Требования к условиям проведения испытаний

6.1 Подготовку к испытаниям и испытания пружин проводят в помещении при температуре окружающего воздуха от 10 ˚С до 40 ˚С.

6.2 Испытания пружин с учетом их геометрических и силовых параметров проводят согласно условиям эксплуатации пружин, применяемых средств измерений и испытательного оборудования.

6.3 Допускается устанавливать режим испытаний пружин как по величинам деформаций, так и по уровням нагружения (сил). Для преобразования величины деформации в силу и(или) обратно проводят тарирование пружины.

6.4 Допускается контролировать режим испытаний пружин по величинам механического напряжения в элементах испытательного оборудования, пропорциональных амплитуде нагрузки (деформации).

7 Требования к средствам измерений и испытательному оборудованию

7.1 Применяемые средства измерений должны быть утвержденных типов, поверены или калиброваны в соответствии с национальным законодательством, а испытательное оборудование должно быть аттестовано в порядке, установленном действующими нормативными документами.

7.2 Для нагружения пружин циклической нагрузкой используют испытательное оборудование (стенд) и/или средство измерения, обеспечивающее:

- режимы испытаний по статическим деформациям или нагрузкам;

- продольное циклическое нагружение одной или более предварительно сжатых расчетной статической нагрузкой пружин одновременно по асимметричному знакопостоянному циклу нагружения;

- частоту циклов нагружения от 2 до 40 Гц, при этом частота нагружения при проведении испытаний не должна приводить к появлению видимых резонансных явлений в витках пружин;

- автоматический подсчет и индикацию числа циклов нагружений (деформаций) при помощи счетного устройства, а также сохранение текущего значения числа циклов нагружений (деформаций) при отключении питания.

8 Подготовка к испытаниям

8.1 Пружина, представленная на испытания, должна сопровождаться ее рабочим чертежом и документами об ее приемке в установленном службой технического контроля организации-изготовителя порядке.

8.2 Измерение геометрических размеров, определение деформаций (прогибов) пружины под статическими нагрузками (тарирование) должно быть проведено до ее испытаний на циклическую долговечность.

Нагружение продольной статической нагрузкой проводят ступенчато до величины пробной нагрузки $F_{\text{пр}}$. Число ступеней нагружения должно быть не менее пяти. При каждом значении нагрузки проводят измерение высоты пружины. Данные заносят в таблицу и для каждой нагрузки вычисляют соответствующую деформацию пружины. Строят график зависимости деформации пружины от нагрузки $s = f(F)$ и по этому графику определяют значение фактической деформации под расчетной статической нагрузкой F_1.

8.3 Касательное напряжение τ_1 пружины под расчетной статической нагрузкой F_1 вычисляют, учитывая действительные размеры диаметра прутка d, среднего диаметра пружины D, по формуле

$$\tau_1 = \frac{8 \cdot k \cdot F_1 \cdot D}{\pi \cdot d^3}. \quad (1)$$

где k - коэффициент, учитывающий кривизну витка пружины.

8.4 Значения среднего диаметра пружины D, индекса пружины i и коэффициента k вычисляют с учетом действительных размеров пружины d, D_1 или D_2 по формулам:

$$D = D_1 - d \quad (2)$$

или

$$D = D_2 + d, \quad (3)$$

$$k = \frac{4 \cdot i - 1}{4 \cdot i - 4} + \frac{0{,}615}{i}, \quad (4)$$

$$i = \frac{D}{d}. \quad (5)$$

8.5 Амплитуду напряжения $\tau_{\text{аи}}$ для циклических испытаний при контрольной базе испытаний $N_{\text{к}} = 0{,}5 \cdot 10^6$ циклов в случае проведения периодических испытаний пружин и испытаний пружин для подтверждения их соответствия вычисляют по формуле

$$\tau_{\text{аи}} = (257 - 0{,}192 \cdot \tau_1) \cdot K_{d\text{и}} \cdot K_\gamma \quad (6)$$

где $K_{d\text{и}}$ - коэффициент влияния действительных размеров поперечного сечения прутка пружины на сопротивление усталости для циклических испытаний при контрольной базе испытаний $N_{\text{к}} = 0{,}5 \cdot 10^6$ циклов;

K_γ - коэффициент влияния состояния поверхности прутка пружины и глубины обезуглероженного слоя пружины на сопротивление усталости.

Значение коэффициента $K_{d\text{и}}$ выбирают по таблице 2.

Таблица 2

d, мм	$K_{d\text{и}}$	K_d	d, мм	$K_{d\text{и}}$	K_d	d, мм	$K_{d\text{и}}$	K_d
11	1,146	1,139	25	1,052	1,045	39	0,997	0,989
12	1,137	1,130	26	1,047	1,040	40	0,993	0,986
13	1,128	1,121	27	1,042	1,035	41	0,990	0,982
14	1,120	1,112	28	1,038	1,030	42	0,986	0,979
15	1,112	1,104	29	1,034	1,026	43	0,983	0,975
16	1,105	1,097	30	1,030	1,022	44	0,979	0,972
17	1,098	1,090	31	1,026	1,018	45	0,976	0,968
18	1,091	1,083	32	1,022	1,014	46	0,972	0,965
19	1,085	1,077	33	1,018	1,010	47	0,969	0,961
20	1,079	1,071	34	1,014	1,007	48	0,966	0,958
21	1,073	1,065	35	1,011	1,003	49	0,963	0,955
22	1,067	1,060	36	1,007	1,000	50	0,960	0,952
23	1,062	1,055	37	1,004	0,996	51	0,958	0,950
24	1,057	1,050	38	1,000	0,993	52	0,956	0,948

Значения коэффициента K_γ принимают, исходя из применяемой технологии обработки поверхности прутка и глубины обезуглероженного слоя:

1,0 - для пружин, изготовленных из механически необработанного прутка;

1,2 - при удалении поверхностного слоя толщиной не более 1 мм на сторону и глубины обезуглероженного слоя, предельно допускаемой по ГОСТ 1452;

1,3 - при удалении поверхностного слоя толщиной не менее 1,5 мм на сторону и глубины обезуглероженного слоя не более половины, допускаемой по ГОСТ 1452;

1,4 - при удалении поверхностного слоя толщиной не менее 1,5 мм на сторону и полном отсутствии обезуглероженного слоя.

8.6 Предельную амплитуду напряжения $\tau_{\text{а пред}}$ для циклических испытаний с построением кривой усталости при базе испытаний $N = 6{,}0 \cdot 10^6$ циклов вычисляют по формуле

$$\tau_{\text{а пред}} = (172 - 0{,}094 \cdot \tau_1) \cdot K_d \cdot K_\gamma \cdot K \qquad (7)$$

где K – коэффициент, учитывающий упрочнение пружины;

K_d – коэффициент влияния действительных размеров поперечного сечения прутка на сопротивление усталости для циклических испытаний с построением кривой усталости при базе испытаний $N = 6{,}0 \cdot 10^6$ циклов (см. таблицу 2).

Коэффициент K принимают равным:

- 1,0 — при отсутствии упрочнения пружины наклепом;

- 1,15 — при упрочнении пружины наклепом.

8.7 Циклические испытания пружин при базе испытаний $N = 6{,}0 \cdot 10^6$ циклов проводят с построением кривой усталости (Вёлера) по параметру среднего напряжения

цикла (τ_1 = const) по ГОСТ 25.507 с использованием значения $\tau_{\text{а пред}}$, рассчитанного по формуле (7).

8.8 Амплитуду деформации $s_{\text{а}}$ и амплитуду нагрузки $F_{\text{а}}$ для циклических испытаний, рассчитывают по следующим формулам:

$$s_a = s_1 \frac{\tau}{\tau_1} \quad (8)$$

$$F_a = F_1 \frac{\tau}{\tau_1} \quad (9)$$

где τ – амплитуда напряжения цикла, которую в зависимости от вида испытаний принимают равной $\tau_{аи}$ или $\tau_{a\,\text{пред}}$.

8.9 Допускается при проведении периодических испытаний пружин или испытаний для подтверждения соответствия пружин устанавливать амплитуду деформации $s_{аи}$ или амплитуду нагрузки $F_{\text{аи}}$ по значениям, указанным в конструкторской документации на пружину.

При указании в конструкторской документации на пружину значений $s_{аи}$ и/или $F_{\text{аи}}$ их расчет может быть выполнен по характеристикам кривой усталости (предельной амплитуде $F_{\text{а пред}}$ и показателю степени m в уравнении первой (левой) ветви кривой усталости) с учетом величины пробной нагрузки $F_{\text{пр}}$, при этом должно выполняться условие $F_{\text{аи}} < F_{\text{пр}}$.

9 Порядок проведения испытаний

9.1 Пружину устанавливают на стенд для проведения циклических испытаний и сжимают статической нагрузкой до высоты h_1, полученной в результате тарирования пружины.

9.2 На стенде задают рассчитанную по 8.8 амплитуду деформации $s_{\text{а}}$ или амплитуд нагружений $F_{\text{а}}$.

9.3 Общее количество циклов нагружения, выполненное в ходе испытаний пружины, определяют подсчетом с нарастающим итогом.

9.4 Частота циклов нагружения по 7.2.

9.5 При проведении периодических испытаний пружин или испытаний пружин для подтверждения их соответствия после достижения контрольного числа циклов нагружения $N_{\text{к}}$ без их разрушения испытание прекращают, а стабильность качества изготовления и возможность продолжения выпуска пружин считают подтвержденными.

Число испытуемых пружин для циклических испытаний при контрольной базе испытаний $N_к = 0{,}5 \cdot 10^6$ циклов должно быть равно двум.

9.6 Приемочные или типовые испытания пружин проводят в порядке циклических испытаний при базе испытаний $N = 6{,}0 \cdot 10^6$ циклов с построением кривой усталости (метод Вёлера), соответствующей зависимости

$$\tau_{а\,пред}^{m} N = const. \qquad (10)$$

где m — показатель степени в уравнении первой (левой) ветви кривой усталости.

Циклические испытания с построением кривой усталости при базе испытаний $N = 6{,}0 \cdot 10^6$ циклов проводят в следующем порядке:

- наклонную ветвь кривой усталости строят по результатам испытаний трех-пяти пружин на двух-трех уровнях (ступенях) напряжений, получая при этом соответствующее число циклов нагружения до разрушения пружины. Значения уровней напряжений выбирают в интервале от 10% до 50% выше расчетного значения $\tau_{а\,пред.}$;

- предельную амплитуду напряжений цикла уточняют по результатам испытаний пяти-семи пружин на уровнях напряжений выше и ниже (примерно на 10 МПа) предполагаемого, рассчитанного по формуле (7) значения $\tau_{а\,пред}$. За фактическое значение $\tau_{а\,пред}$ принимают значение, полученное путем статистической обработки результатов испытаний с доверительной вероятностью 0,95.

Число испытуемых пружин для циклических испытаний с построением кривой усталости при базе испытаний $N = 6{,}0 \cdot 10^6$ циклов должно быть не менее 15.

9.7 Пружины, прошедшие испытания на циклическую долговечность без излома, подлежат утилизации, как выработавшие ресурс.

10 Правила обработки и оценки результатов испытаний

10.1 Исходные данные и результаты испытаний каждой пружины фиксируют в протоколе испытаний.

10.2 Пружины, прошедшие контрольное число циклов по 8.5 без разрушения, считаются выдержавшими испытания.

10.3 Кривую усталости по 9.6 строят в полулогарифмической координатной плоскости $\tau_a,\ lg\, N$ или $s_a,\ lg\, N$.

10.4 Полученное в результате испытаний по 8.6 фактическое значение $\tau_{\text{а пред}}$ сравнивают с рассчитанным по формуле (7). Полученное фактическое значение $\tau_{\text{а пред}}$ не должно быть меньше его расчетного значения.

10.5 Заключение о соответствии пружин по показателю циклической долговечности делают с учетом коэффициента запаса прочности по усталости $n_{\text{а}}$, который определяется исходя из фактического значения $\tau_{\text{а пред}}$ и эксплуатационной нагруженности пружин по формуле

$$n_{\text{а}} = \frac{\tau_1 + \tau_{\text{а пред}}}{\tau_1 + \tau_{\text{а}}} \geq 1{,}0. \qquad (11)$$

При отсутствии результатов ходовых динамических испытаний соответствующего типа подвижного состава $\tau_{\text{а}}$ определяется из соотношения

$$\tau_{\text{а}} = k_{\text{д}} \cdot \tau_1 \qquad (12)$$

где $k_{\text{д}}$ - расчетный коэффициент динамики пружины, принимают равным:

0,30 — для пружин буксовой ступени подвешивания локомотивов;

0,20...0,25 — для пружин кузовной ступени подвешивания локомотивов и центральной ступени подвешивания вагонов;

0,35 — для пружин буксовой ступени подвешивания вагонов и тяжелонагруженных путевых машин.

10.5.1 Для пружин, работающих в комплекте рессорного подвешивания с различающимися статическими прогибами под общей нагрузкой, рассчитывают индивидуальный коэффициент динамики составляющих комплект пружин на основании расчетной силовой характеристики комплекта.

10.5.2 Допускается значение $k_{\text{д}}$ определять по результатам ходовых динамических испытаний соответствующего типа подвижного состава или результатам математического моделирования движения соответствующего типа подвижного состава, результатам аналитического расчета пружины соответствующего типа подвижного состава.

10.6 Если в ходе испытаний пружин при базе испытаний N= 6,0·10^6 циклов не получено по меньшей мере одного излома пружины на минимум трех различных уровнях повышения амплитуды нагружения (три точки для кривой усталости), то за фактическое значение $s_{a(P=0{,}95)}$ принимают наиболее вероятное значение из результатов при вероятности неразрушения 0,95, а показатель степени в уравнении первой (левой) ветви кривой усталости принимают равным 6.

11 Оформление результатов испытаний

По результатам проведенных испытаний составляют протокол, содержащий:

- обозначение и количество пружин, представленных на испытания;

- наименование предприятия-изготовителя пружин;

- рабочий чертеж пружины с указанием ее категории, типоразмера, сортамента и марки стали исходного проката, а также вида термообработки, параметров изготовления, маркирования и другие данные согласно ГОСТ 1452;

- вид испытаний;

- условия проведения испытаний;

- основные технические характеристики испытательного оборудования, его заводской и (или) инвентарный номер, номер свидетельства аттестации и дату его выдачи;

- тип, марку средств измерения, основные технические характеристики, заводской и (или) инвентарный номер, номер свидетельства и дату последней поверки;

- параметры нагружения $s_{\text{аи}}$ и $s_{\text{а пред}}$;

- число циклов до разрушения пружин или до окончания испытаний;

- при испытаниях на базе N приводят график кривой усталости.

- даты начала и окончания испытаний;

- заключение о соответствии пружин по показателю циклической долговечности;

- подписи исполнителей и ответственных за испытания, а в случае испытаний пружин с целью сертификации – подпись руководителя испытательного центра (лаборатории).

Приложение А
(обязательное)

Расчет долговечности (ресурса/срока службы) пружин рессорного подвешивания

А.1 Расчет долговечности (ресурса/срока службы) пружин рессорного подвешивания с учетом их нагруженности в эксплуатации выполняют для оценки значения назначенного срока службы пружин и его установления в технической документации.

А.2 Расчет долговечности (ресурса/срока службы) пружин рессорного подвешивания проводят по результатам испытаний по 9.6 с построением кривой усталости.

А.3 Расчет долговечности (ресурса/срока службы) пружин рессорного подвешивания выполняют на основе гипотезы линейного суммирования повреждений.

А.4 Необходимыми исходными данными для расчета долговечности являются:

- эксплуатационная нагруженность пружины за календарный период (наработку), например, за 1 год работы (за ед. наработки);

Примечание – В качестве наработки подвижного состава используют: км пробега – для локомотивов (кроме маневровых) и вагонов; часы работы (для маневровых локомотивов и специального подвижного состава).

- параметры кривой усталости (предел выносливости, показатель степени в уравнении кривой усталости).

А.5 Значение эксплуатационной нагруженности пружины получают по результатам ходовых динамических испытаний опытного образца подвижного состава, математического моделирования, аналитического расчета или с использованием расчетного коэффициента динамики пружины по 10.5. Допускается использовать результаты испытаний, полученные для подвижного состава, имеющего аналогичные назначение и конструкцию экипажной части.

А.6 Для расчета долговечности (ресурса/срока службы) пружин рессорного подвешивания при вероятности неразрушения $P = 0{,}95$, используют параметры кривой усталости (предел выносливости, показатель степени в уравнении кривой усталости), полученные методами статистической обработки в соответствии с документами, действующими на территории государства, принявшего стандарт.

Примечание – Допускается статистическую обработку результатов испытаний выполнять по ГОСТ 33788-2016 (пункт 9.5.2).

А.7 Предел выносливости и эксплуатационную нагруженность допускается определять по амплитуде деформации или амплитуде нагрузки (силы).

А.8 Если эквивалентная амплитуда деформации $s_{\text{аэ}}$, соответствующая эксплуатационной нагруженности пружины по А.5, ниже значения $s_{a(P=0{,}95)}$, то расчет выполняют относительно второй наклонной ветви.

А.9 Значение срока службы (ресурса) L, в годах (ед. наработки) оценивают решением уравнения:

$$L = \left(\frac{S_{a(P=0,95)}}{S_{\text{аэ}}}\right)^{m_2} \cdot \frac{N}{N_{\text{аэ}}} \qquad \text{(А.1)}$$

где $S_{a(P=0,95)}$ – амплитуда деформации, соответствующая пределу выносливости пружины при вероятности неразрушения 0,95;

$S_{\text{аэ}}$ – эквивалентная амплитуда деформации, соответствующая повреждающему воздействию на пружину при эксплуатации (эксплуатационная нагруженность) на соответствующем типе подвижного состава за срок службы пружины;

m_2 – показатель степени в уравнении второй ветви кривой усталости, может быть рассчитан согласно $m_2 = 2 \cdot m - 1$;

$N_{\text{аэ}}$ – число циклов нагружения пружины при эксплуатации на соответствующем типе подвижного состава за 1 год (ед. наработки);

N – число циклов нагружения (амплитуд деформаций) для циклических испытаний с построением кривой усталости при базе испытаний $\mathrm{N} = 6{,}0 \cdot 10^6$ циклов.

УДК 629.4.027.31:006.354 МКС 45.040

Ключевые слова: железнодорожный подвижной состав, пружины рессорного подвешивания, метод испытаний, цикличная долговечность

Научно-исследовательский и конструкторско-технологический
институт подвижного состава (АО «ВНИКТИ»)

Заместитель генерального директора
по научной работе и цифровой
трансформации, к.т.н. А.А. Лунин

Руководитель испытательного центра Г.И. Гаджиметов

Заведующий отделом, к.т.н. А.С. Гасюк

Заведующий лабораторией
испытаний на усталость, к.т.н. С.В. Чунин

Главный специалист, к.т.н. Ю.В. Мещерин

Начальник научного центра
стандартизации и методологии
технического регулирования, к.т.н. Е.Е. Белова

Инженер 1 категории Л.В. Есипова