ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**ГОСТ Р 54326— 2011**

# ПРУЖИНЫ РЕССОРНОГО ПОДВЕШИВАНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

## Метод испытаний на циклическую долговечность

**Издание официальное**

Москва
Стандартинформ
2011

gost.e-ecolog.ru

## Предисловие

Цели и принципы стандартизации в Российской Федерации установлены Федеральным законом от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании», а правила применения национальных стандартов Российской Федерации — ГОСТ Р 1.0—2004 «Стандартизация в Российской Федерации. Основные положения»

**Сведения о стандарте**

1 РАЗРАБОТАН Открытым акционерным обществом «Научно-исследовательский и конструкторско-технологический институт подвижного состава» (ОАО «ВНИКТИ»)

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 45 «Железнодорожный транспорт»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 2 июня 2011 г. № 111-ст

4 В настоящем стандарте полностью реализованы требования технических регламентов «О безопасности железнодорожного подвижного состава» и «О безопасности высокоскоростного железнодорожного транспорта» в части метода проверки подтверждения показателей циклической долговечности применительно к объекту технического регулирования — пружинам рессорного подвешивания железнодорожного подвижного состава

5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

*Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодно издаваемом информационном указателе «Национальные стандарты», а текст изменений и поправок — в ежемесячно издаваемых информационных указателях «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ежемесячно издаваемом информационном указателе «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет*

© Стандартинформ, 2011

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

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

# ПРУЖИНЫ РЕССОРНОГО ПОДВЕШИВАНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

## Метод испытаний на циклическую долговечность

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

**Дата введения — 2012—01—01**

## 1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает метод испытаний на циклическую долговечность пружин.

Требования настоящего стандарта распространяются на цилиндрические винтовые пружины сжатия (далее — пружины) из стали круглого сечения, работающие при продольных и комбинированных (продольных и поперечных) нагрузках в рессорном подвешивании железнодорожного подвижного состава.

## 2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ Р 12.4.026—2001 Система стандартов безопасности труда. Цвета сигнальные, знаки безопасности и разметка сигнальная. Назначение и правила применения. Общие технические требования и характеристики. Методы испытаний

ГОСТ Р 52944—2008 Цикл жизненный железнодорожного подвижного состава. Термины и определения

ГОСТ 8.050—73 Государственная система обеспечения единства измерений. Нормальные условия выполнения линейных и угловых измерений

ГОСТ 8.051—81 Государственная система обеспечения единства измерений. Погрешности, допускаемые при измерении линейных размеров до 500 мм

ГОСТ 12.2.003—91 Система стандартов безопасности труда. Оборудование производственное. Общие требования безопасности

ГОСТ 25.507—85 Расчеты и испытания на прочность в машиностроении. Методы испытаний на усталость при эксплуатационных режимах нагружения. Общие требования

ГОСТ 1452—2011 Пружины цилиндрические винтовые тележек и ударно-тяговых приборов подвижного состава железных дорог. Технические условия

ГОСТ 23207—78 Сопротивление усталости. Основные термины, определения и обозначения

ГОСТ 25346—89 Основные нормы взаимозаменяемости. Единая система допусков и посадок. Общие положения, ряды допусков и основных отклонений

Примечание — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодно издаваемому информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по соответствующим ежемесячно издаваемым информационным указателям, опубликованным в текущем году. Если ссылочный стандарт заменен (изменен), то при пользовании настоящим стандартом следует руководствоваться заменяющим (измененным) стандартом. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

**Издание официальное**

## 3 Термины, определения и обозначения

В настоящем стандарте применены термины и определения по ГОСТ Р 52944, ГОСТ 1452, ГОСТ 23207 и ГОСТ 25346, а также следующий термин с соответствующим определением:

3.1 **тарирование:** Испытание пружин статическими нагрузками с целью построения зависимости величины деформации от нагрузки.

3.2 В настоящем стандарте применены следующие обозначения:

$d$ — диаметр прутка пружины, мм;

$D$ — средний диаметр пружины, мм;

$D_1$ — наружный диаметр пружины, мм;

$D_2$ — внутренний диаметр пружины, мм;

$l_1$ — высота пружины под расчетной статической нагрузкой от массы надрессорного строения единицы железнодорожного подвижного состава, мм;

$l_{пр}$ — минимальная высота, соответствующая максимальной продольной (осевой) деформации (прогибу) пружины под пробной нагрузкой, мм;

$n$ — число рабочих витков пружины;

$F_1$ — расчетная статическая нагрузка на пружину, кН;

$F_{пр}$ — пробная нагрузка, кН;

$F_a$ — амплитуда нагрузки при циклических испытаниях, кН;

$s_1$ — продольная деформация (прогиб) пружины под расчетной статической нагрузкой $F_1$, мм;

$s_a$ — амплитуда деформации цикла при испытаниях пружины, мм;

$\tau_1$ — касательное напряжение кручения на внутренней поверхности витка пружины, возникающее при приложении силы $F_1$, МПа;

$\tau_{a\,и}$ — амплитуда напряжений цикла при испытаниях на базе $0{,}5 \cdot 10^6$ циклов нагружения, МПа;

$\tau_{a\,пред}$ — предельная амплитуда напряжений цикла при испытаниях на базе $6 \cdot 10^6$ циклов нагружения, МПа;

$\tau_{a\,i}$ — текущее значение амплитуд напряжений цикла при испытаниях на базе $6 \cdot 10^6$ циклов, МПа;

$\tau_a$ — амплитуда напряжений (модальное значение) от динамической нагрузки в эксплуатации;

$i$ — индекс пружины;

$k$ — коэффициент, учитывающий кривизну витка;

$K_d$ — коэффициент влияния действительных размеров поперечного сечения прутка на сопротивление усталости при числе циклов нагружения $N_к$;

$K_{d\,и}$ — коэффициент влияния действительных размеров поперечного сечения прутка на сопротивление усталости при числе циклов нагружения $N$;

$K_\gamma$ — коэффициент влияния состояния поверхности прутка и глубины обезуглероженного слоя на сопротивление усталости;

$K_v$ — коэффициент влияния поверхностного упрочнения пружины на сопротивление усталости;

$k_д$ — расчетный коэффициент динамики пружины;

$n_a$ — коэффициент запаса прочности по усталости;

$N_к$ — контрольное число циклов нагружения (деформаций); $N_к = 0{,}5 \cdot 10^6$. Применяется при периодических и сертификационных испытаниях;

$N$ — число циклов нагружения (деформаций); $N = 6 \cdot 10^6$ с построением кривой усталости. Применяется при приемочных и типовых испытаниях.

## 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, — ГОСТ Р 12.4.026.

4.2 Освещенность помещения при испытаниях должна быть не менее 400 лк.

4.3 Зона размещения пружин на испытательной установке для циклических испытаний должна быть оборудована ограждением, защищающим 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, до достижения определенного числа циклов напряжений (деформаций) или излома пружины (база испытаний $N_к$ или $N$).

5.2 Параметры цикла нагружения (амплитуды напряжения или деформации) рассчитывают, исходя из действительных размеров пружин ($d$, $D$), статической нагрузки, действующей на них, а также технологии обработки прутков и упрочнения поверхности готовых пружин.

## 6 Требования к условиям проведения испытаний

Перед измерениями размеров, перед статическими и циклическими испытаниями пружины должны быть размещены в помещении с температурой от 15 °С до 30 °С в течение четырех часов. Измерения размеров пружин проводят при одинаковой температуре пружины и измерительных средств. Отклонения размеров пружины от номинальных не должны превышать установленных в конструкторской документации на допуски при условии, что измерения проводят при нормальных условиях проведения линейных и угловых измерений в соответствии с ГОСТ 8.050, а погрешности измерений не превышают значений, установленных в ГОСТ 8.051.

## 7 Требования к испытательной установке

7.1 Определение деформаций (прогибов) пружин под статическими нагрузками проводят на испытательной установке (прессе), конструкция которой (го) должна обеспечивать продольное сжатие пружины статической нагрузкой в диапазоне от нуля до пробной нагрузки $F_{пр}$ с пределами допускаемой относительной погрешности не более ± 2 %.

Примечание — Величина пробной нагрузки, являющаяся показателем стабильности режимов термообработки, должна быть указана в чертеже. Минимальную высоту полностью сжатой пружины с учетом неравномерности шага $l_{пр}$, мм, вычисляют по формуле

$$l_{пр} = (n + 1{,}1)\, d. \qquad (1)$$

7.2 Циклическое нагружение пружин осуществляют на испытательной установке, обеспечивающей:

- осевое циклическое нагружение одной или более пружин одновременно по асимметричному знакопостоянному циклу напряжений, приведенному в приложении А;
- режимы испытаний по статическим деформациям $s_1$ (до 150 мм) или нагрузкам $F_1$ (до 70 кН) с относительной погрешностью не более ± 2 % и амплитуды деформации $s_a$ (до 75 мм) или нагрузки $F_a$ (до 35 кН) с относительной погрешностью не более 5 %;
- частоту циклов нагружения в соответствии с 9.3;
- автоматический подсчет и индикацию числа циклов при помощи счетного устройства с числом декад не менее семи и сохранением текущего значения числа циклов для электронного исполнения устройства при отключении его питания.

Испытательная установка должна быть аттестована в соответствии с законодательством Российской Федерации об обеспечении единства измерений.

## 8 Подготовка к испытанию

8.1 Пружина, подлежащая испытанию, должна быть принята службой технического контроля предприятия-изготовителя в установленном 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 статистической нагрузкой проводят ступенчато до величины пробной нагрузки $F_{пр}$. 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 $s_1$ под статической нагрузкой $F_1$.

8.3 Напряжение $\tau_1$, МПа, вычисляют, учитывая действительные размеры диаметра прутка, среднего диаметра пружины, по формуле

$$\tau_1 = \frac{8 \cdot 10^3 k F_1 D}{\pi d^3}. \quad (2)$$

8.4 Значения $D$, мм, $i$ и $k$ вычисляют с учетом действительных размеров пружины $d$, $D_1$ или $D_2$ по формулам:

$$D = D_1 - d \text{ или} \quad (3)$$

$$D = D_2 + d, \quad (4)$$

$$k = \frac{4i - 1}{4i - 4} + \frac{0{,}615}{i}, \quad (5)$$

$$i = \frac{D}{d}. \quad (6)$$

8.5 Амплитуду напряжения цикла $\tau_{а\,и}$, МПа, на базе $N_к = 0{,}5 \cdot 10^6$ в случае проведения периодических и сертификационных испытаний вычисляют на основании диаграммы, приведенной в приложении Б, по формуле

$$\tau_{а\,и} = (257 - 0{,}192\,\tau_1)\,K_{d\,и}\,K_\gamma. \quad (7)$$

Значение $K_{d\,и}$ выбирают по таблице 1.

Таблица 1

| $d$, мм | $K_{d\,и}$ | $K_d$ | $d$, мм | $K_{d\,и}$ | $K_d$ | $d$, мм | $K_{d\,и}$ | $K_d$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 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 $K_\gamma$ 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 Амплитуду напряжений цикла $\tau_{а\,и}$, МПа, допускается задавать по:

- амплитуде деформаций цикла $s_а$, мм, вычисляемой по формуле

$$s_а = s_1 \frac{\tau_{а\,и}}{\tau_1}; \quad (8)$$

- по амплитуде циклической нагрузки $F_а$, кН, вычисляемой по формуле

$$F_а = F_1 \frac{\tau_{а\,и}}{\tau_1}. \quad (9)$$

Примеры расчета режимов нагружения по параметру амплитуды деформации цикла $s_а$ при испытаниях буксовых пружин рессорного подвешивания тепловоза и пружин тележки грузового вагона приведены в приложениях В и Г.

8.7 Предельную амплитуду напряжения цикла $\tau_{а\,пред}$, МПа, на базе $N = 6 \cdot 10^6$ с построением кривой усталости вычисляют на основании диаграммы, приведенной в приложения Д, по формуле

$$\tau_{а\,пред} = (172 - 0{,}094\,\tau_1)\,K_d\,K_\gamma\,K_v. \quad (10)$$

Коэффициент $K_v$ принимают равным:

1,0 — при отсутствии упрочнения пружины наклепом;

1,15 — при упрочнении пружины наклепом.

8.8 Циклические испытания пружин проводят с построением кривой усталости (Велера) по параметру среднего напряжения цикла ($\tau_1$ = const) по ГОСТ 25.507 с использованием значения $\tau_{а\,пред}$, рассчитанного по формуле (10).

## 9 Порядок проведения испытаний

9.1 Пружину устанавливают на испытательную установку и сжимают статической нагрузкой до высоты $L_1$, полученной в результате тарирования пружины.

9.2 На испытательной установке задают рассчитанную по 8.5 (8.7) амплитуду напряжений цикла $\tau_{а\,и}$ ($\tau_{а\,пред}$) (по величине амплитуды деформаций $s_а$ или амплитуды нагрузки $F_а$, рассчитанным по 8.6). С начала испытаний должен проводиться подсчет общего числа циклов нагружения.

9.3 Частота циклов нагружения должна быть в пределах от 2 до 17 Гц.

9.4 После достижения контрольного числа циклов нагружения $N_к$ при периодических испытаниях пружин без их разрушения испытание прекращают, а стабильность качества изготовления и возможность продолжения выпуска пружин считают подтвержденными. Допускается испытания продолжить до разрушения пружины с целью проведения оценки характера излома, металлографического анализа и разработки мероприятий по результатам испытания. Характеристики изломов пружин приведены в приложении Е.

Число испытуемых пружин на базе $N_к$ должно быть равно двум.

9.5 Приемочные испытания пружин на базе $N = 6 \cdot 10^6$ проводят методом Велера с построением кривой усталости, соответствующей зависимости

$$\tau^m_{а\,пред} N = \text{const}, \quad (11)$$

где $m$ — показатель степени наклона кривой усталости.

Испытания методом Велера проводят в следующем порядке:

- наклонную ветвь кривой усталости определяют по результатам испытаний трех-пяти пружин на двух-трех уровнях напряжений $\tau_{а\,i}$, получая при этом соответствующее значение долговечности $N_i$. Значения $\tau_{а\,i}$ 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 расчетного (по формуле 9) значения $\tau_{а\,пред}$. За фактическое значение $\tau_{а\,пред}$ принимают значение $\tau_{а\,i}$, полученное путем статистической обработки результатов испытаний.

Без применения статистической обработки за фактическое значение $\tau_{а\,пред}$ принимают максимальную амплитуду напряжений при которой пружина выдержала установленное число циклов нагружения $N$.

Число пружин для испытаний должно быть не менее 15.

9.6 Допускается прерывать испытания пружин на время не более двух суток.

## 10 Правила обработки и оценки результатов

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

10.2 Пружины, прошедшие контрольное число циклов по 8.5 (8.7) без разрушения, считаются выдержавшими испытания.

10.3 Кривые усталости по 8.7 строят в полулогарифмических координатах $\tau_a$; lg$N$.

10.4 Полученное в результате испытаний по 8.8 фактическое значение $\tau_{a\,пред}$ сравнивают с рассчитанным по формуле (10). Полученное фактическое значение $\tau_{a\,пред}$ 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, который определяется с учетом эксплуатационной нагруженности пружин по формуле

$$n_a - \frac{\tau_1 + \tau_{a\,пред}}{\tau_1 + \tau_a} \geq 1{,}0. \qquad (12)$$

При отсутствии экспериментальных данных определяется из соотношения

$$\tau_a = k_д \tau_1, \qquad (13)$$

где $k_д$ = 0,3 — для пружин буксовой ступени подвешивания локомотивов;

$k_д$ = 0,2…0,25 — для пружин кузовной ступени подвешивания локомотивов и центральной ступени подвешивания вагонов;

$k_д$ = 0,35 — для буксовой ступени подвешивания вагонов и тяжелонагруженных путевых машин.

Примечание — Кривая усталости может быть использована для расчета долговечности (срока службы) пружин с учетом нагруженности их в эксплуатации.

## 11 Оформление результатов испытаний

По результатам испытаний составляют протокол, содержащий:

- обозначение пружины, наименование предприятия-изготовителя, сортамент проката и марку стали прутка, вид термообработки;
- вид испытаний;
- основные технические характеристики испытательной машины, ее заводской и (или) инвентарный номера, номер свидетельства аттестации и дату его выдачи;
- тип, марку средств измерения, основные технические характеристики, заводской и (или) инвентарный номера, номер свидетельства и дату последней поверки или калибровки;
- параметры нагружения $F_1$, $s_1$, $s_a$, частоту циклов нагружения;
- число циклов до разрушения пружины или до конца испытания;
- даты начала и окончания испытания;
- заключение о соответствии пружин по показателю циклической долговечности;
- подписи исполнителей и ответственных за испытания, а в случае испытаний с целью сертификации — подпись руководителя испытательного центра (лаборатории).

**Приложение А**
**(справочное)**

## Параметры цикла напряжений (нагрузок, прогибов)

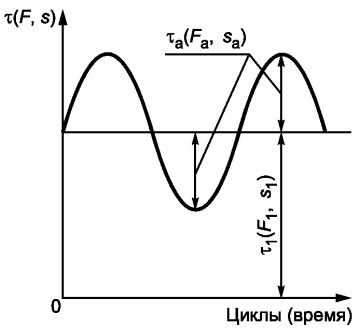
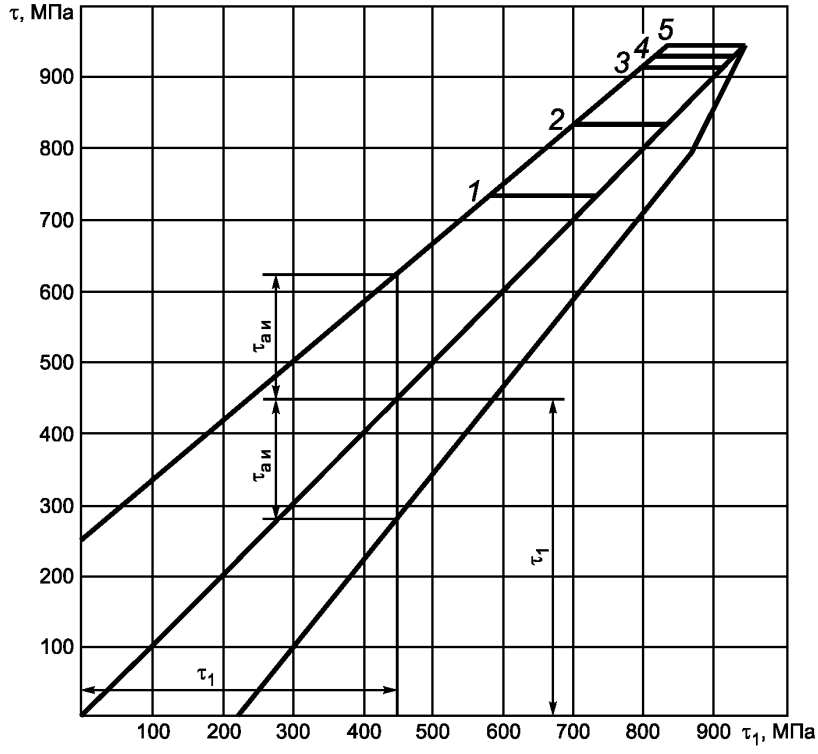



Рисунок А.1

**Приложение Б**
**(справочное)**

## Диаграмма амплитуд испытательных напряжений при испытаниях пружин (при $N_к = 0{,}5 \cdot 10^6$) из катаного прутка диаметром $d$ = 38 мм, упрочненных дробью




*1—5* — ограничение по пределам текучести для пружин из сталей: *1* — 55С2, 60С2; *2* — 60С2А; *3* — 60С2ХА; *4* — 60С2ХФА; *5* — 65С2ВА

Рисунок Б.1

**Приложение В**
**(справочное)**

## Выбор режима испытаний на примере буксовых пружин грузового тепловоза 2ТЭ25А при $N_к = 0{,}5 \cdot 10^6$

Размеры пружины, измеренные в соответствии с 8.1:
$d$ = 42 мм;
$D_1$ = 278 мм.
В соответствии с чертежом статическая нагрузка на пружину $F_1$ = 45,5 кН.
По формулам (3), (4), (5) рассчитывают значения $D$, мм, $i$ и $k$:

$$D = D_1 - d = 278 - 42 = 236 \text{ мм}; \quad (В.1)$$

$$i = \frac{D}{d} = \frac{236}{42} = 5{,}619; \quad (В.2)$$

$$k = \frac{4i - 1}{4i - 4} + \frac{0{,}615}{i} = \frac{4 \cdot 5{,}619 - 1}{4 \cdot 5{,}619 - 4} + \frac{0{,}615}{5{,}619} = 1{,}272. \quad (В.3)$$

По результатам тарировки пружины определяют прогиб $S_1$ = 60 мм.
По формуле (2) рассчитывают $\tau_1$:

$$\tau_1 = \frac{8 \cdot 10^3 k F_1 D}{\pi d^3} = \frac{8 \cdot 10^3 \cdot 1{,}272 \cdot 45{,}5 \cdot 236}{3{,}14 \cdot 42^3} = 470 \text{ МПа}. \quad (В.4)$$

По таблице 1 определяют значение $K_d$: для $d$ = 42 мм $K_d$ = 0,979.
Пружины изготовлены из прутка с механически обработанной поверхностью, следовательно, принимают $K_\gamma$ = 1,2.
По формуле (7) рассчитывают амплитуду напряжений цикла $\tau_{а\,и}$:

$$\tau_{а\,и} = (257 - 0{,}192\tau_1)\, K_d\, K_\gamma = (257 - 0{,}192 \cdot 470)\, 0{,}986 \cdot 1{,}2 = 197{,}3 \text{ МПа}. \quad (В.5)$$

По формуле (8) рассчитывают амплитуду деформаций (прогибов) $s_а$:

$$s_а = s_1 \frac{\tau_{а\,и}}{\tau_1} = 60 \frac{197{,}3}{470} = 25{,}2 \text{ мм}. \quad (В.6)$$

## Приложение Г
## (справочное)

### Выбор режима испытаний на примере наружной пружины тележки модели 18-194 грузового вагона при $N_к = 0,5 \cdot 10^6$

Размеры пружины, измеренные в соответствии с 8.1:
$d$ = 27 мм;
$D_1$ = 198 мм.
В соответствии с чертежом статическая нагрузка на пружину $F_1$ = 18,27 кН.
По формулам (3), (4), (5) рассчитывают значения $D$, мм, $i$ и $k$:

$$D = D_1 - d = 198 - 27 = 171 \text{ мм}; \quad (Г.1)$$

$$i = \frac{D}{d} = \frac{171}{27} = 6,333; \quad (Г.2)$$

$$k = \frac{4i - 1}{4i - 4} + \frac{0,615}{i} = \frac{4 \cdot 6,333 - 1}{4 \cdot 6,333 - 4} + \frac{0,615}{6,333} = 1,238. \quad (Г.3)$$

По результатам тарировки пружины определяют прогиб под статической нагрузкой $S_1$ = 75,5 мм.
По формуле (2) рассчитывают значение $\tau_1$:

$$\tau_1 = \frac{8 \cdot 10^3 k F_1 D}{\pi d^3} = \frac{8 \cdot 10^3 \cdot 1,238 \cdot 18,27 \cdot 171}{3,14 \cdot 27^3} = 501 \text{ МПа}. \quad (Г.4)$$

По таблице определяют $K_d$: для $d$ = 27 мм $K_d$ = 1,042.
Пружины изготовлены из прутка с механически обработанной поверхностью, следовательно, принимают $K_\gamma$ = 1,2.
По формуле (7) рассчитывают амплитуду напряжений цикла $\tau_{а\,и}$:

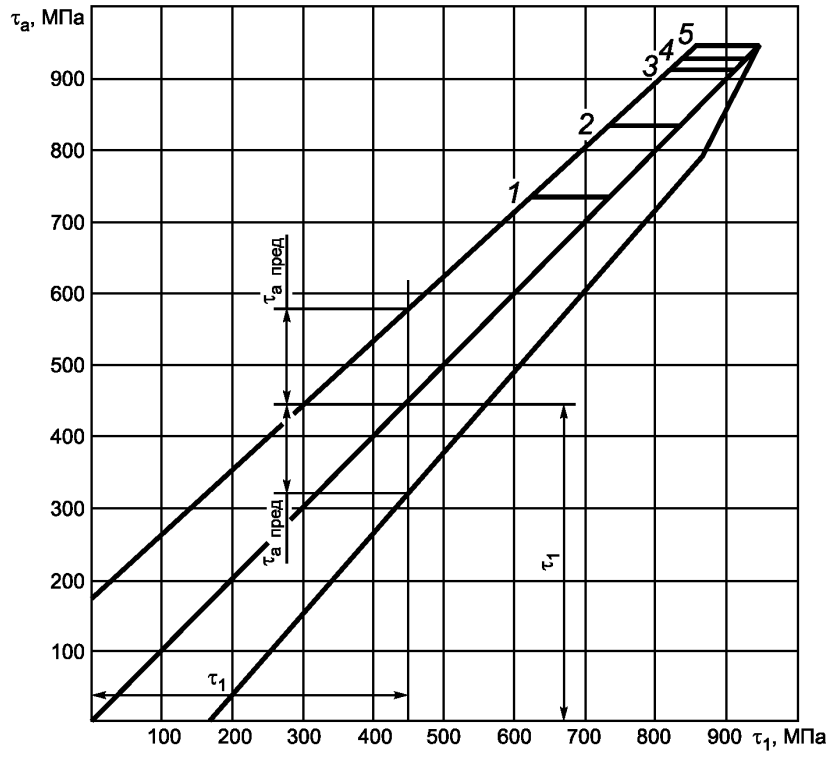
$$\tau_{а\,и} = (257 - 0,192\,\tau_1)\,K_d\,K_\gamma = (257 - 0,192 \cdot 501)\,1,042 \cdot 1,2 = 201,1 \text{ МПа}. \quad (Г.5)$$

По формуле (8) рассчитывают амплитуду деформаций (прогибов) $s_а$:

$$s_а = s_1 \frac{\tau_{а\,и}}{\tau_1} = 75,5 \frac{201,1}{501} = 30,3 \text{ мм}. \quad (Г.6)$$

**Приложение Д**
**(справочное)**

## Диаграмма предельных амплитуд напряжений цикла на базе испытаний $6 \cdot 10^6$ циклов для пружин из катаного прутка диаметром $d$ = 36 мм, не упрочненных дробью




*1—5* — ограничение по пределам текучести для пружин из сталей:
*1* — 55С2, 60С2; *2* — 60С2А; *3* — 60С2ХА; *4* — 60С2ХФА; *5* — 65С2ВА

Рисунок Д.1

**Приложение Е**
**(справочное)**

## Характеристики изломов

При изломе пружин определяют:

- усталостный излом — начало разрушения с внутренней стороны рабочего витка под углом примерно 45° к оси прутка без видимых дефектов в месте зарождения трещины;

- излом первого рабочего витка от контактного давления между ним и опорным витком — при некачественном изготовлении оттянутых концов пружины. Высокое контактное давление между витками возникает при малом зазоре между рабочим витком и концом опорного витка, увеличенной толщине конца опорного витка, острых или волнистых выступах на поверхности опорного витка, обращенной к рабочему витку;

- излом опорного витка — происходит из-за изогнутости его в вертикальной плоскости выше допускаемой и прижогов от шлифовального круга на опорной поверхности;

- начало разрушения от дефектов металлургического и технологического происхождения — при неудовлетворительном качестве прутков или нарушениях режимов термообработки.

УДК 625.2.012.8:006.354 ОКС 45.060 Д59 ОКП 31 8000

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

Редактор *В.Н. Копысов*
Технический редактор *В.Н. Прусакова*
Корректор *Р.А. Ментова*
Компьютерная верстка *А.Н. Золотаревой*

Сдано в набор 29.09.2011. Подписано в печать 24.10.2011. Формат 60 × 84 1/8. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 1,86. Уч.-изд. л. 1,15. Тираж 124 экз. Зак. 991.

ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 123995 Москва, Гранатный пер., 4.
gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru
Набрано во ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ» на ПЭВМ.
Отпечатано в филиале ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ» — тип. «Московский печатник», 105062 Москва, Лялин пер., 6.

gost.e-ecolog.ru