

РУКОВОДЯЩИЙ ДОКУМЕНТ

МЕТОД ИСПЫТАНИИ ПРУЖИН
РЕССОРНОГО ПОДВЕШИВАНИЯ
ПОДВИЖНОГО СОСТАВА
ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ НА
ЦИКЛИЧЕСКУЮ ДОЛГОВЕЧНОСТЬ

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Научно-исследовательским институтом тепловозов
и путевых машин (ВНИТИ)

ВНЕСЕН

Главным управлением локомотивного хозяйства Министерства
путей сообщения Российской Федерации.

Главным управлением вагонного хозяйства Министерства путей
сообщения Российской Федерации.

2 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Указанием Министерства путей
сообщения Российской Федерации N

от

3 ВЗАМЕН РТМ 24.009.045-85

Настоящий руководящий документ не может быть полностью или
частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве
официального издания без разрешения МПС РФ

Содержание

1 Область применения.....	1
2 Нормативные ссылки.....	1
3 Определения и обозначения.....	1
4 Требования.....	5
5 Метод испытаний.....	6
Приложение А Выбор режима испытаний пружин на долговечность на примере тележки грузового вагона при контрольном числе циклов $N_k =$ $0,5 \cdot 10^6$	8

РУКОВОДЯЩИЙ ДОКУМЕНТ

Метод испытаний пружин рессорного подвешивания
подвижного состава железных дорог на циклическую
долговечность

Дата введения 1997-01-01

1 Область применения

Настоящий руководящий документ устанавливает метод испытаний на циклическую долговечность пружин рессорного подвешивания подвижного состава железных дорог с целью периодического контроля стабильности технологического процесса изготовления пружин.

Требования настоящего РД могут быть использованы для целей сертификации.

2 Нормативные ссылки

В настоящем руководящем документе использованы ссылки на следующие стандарты и руководящий документ:

ГОСТ 1452-86 Пружины цилиндрические винтовые тележек и ударно-тяговых приборов подвижного состава железных дорог. Технические условия

ГОСТ 9246-79 Тележки двухосные грузовых вагонов магистральных железных дорог колеи 1520 (1524) мм. Технические условия

РД 32.51-95 Методика расчета на прочность пружин рессорного подвешивания подвижного состава железных дорог при действии продольных и комбинированных нагрузок

3 Определения и обозначения

На пружины рессорного подвешивания подвижного состава железных дорог действуют продольные (по оси пружины) или комбинированные (продольные и поперечные) статические и динамические (циклические) нагрузки.

Продольные нагрузки на пружины складываются из постоянной составляющей от веса наддресорных масс экипажа (статическая продольная

нагрузка) и динамической составляющей, возникающей от вертикальных колебаний экипажа.

Поперечные (горизонтальные) составляющие комбинированных нагрузок на пружины первой и особенно второй ступени рессорного подвешивания возникают при движении экипажа в кривых участках пути (статические составляющие) и от поперечных колебаний кузова и виляния тележки (динамические составляющие).

Пружины, воспринимающие в эксплуатации как продольные, так и комбинированные нагрузки, подвергаются испытаниям продольными циклическими нагрузками со статической составляющей, равной расчетной статической продольной нагрузке.

3.1 D - наружный диаметр пружины, мм;

3.2 d - диаметр прутка пружины, мм;

3.3 n_1 - полное число витков ;

3.4 n - число рабочих витков, $n = n_1 - 1,5$;

3.5 H_0 - высота пружины в свободном состоянии, мм;

3.6 H_1 - высота пружины под нагрузкой P_1 , мм;

3.7 a - зазор между рабочими витками в свободном состоянии, мм;

3.8 P_1 - расчетная статическая нагрузка, заданная чертежом.

При недостаточном запасе хода т.е. при замыкании зазоров между витками (при P_{max} , рисунок 1) для обеспечения заданной амплитуды прогиба испытательную статическую нагрузку можно уменьшить на величину, необходимую для исключения замыкания зазоров. При этом амплитуда прогиба увеличится согласно рисунку 2 ;

3.9 P_a - амплитуда нагрузки цикла, равная наибольшему значению переменной составляющей испытательной нагрузки, кН, (рисунок 1);

3.10 P_z - максимальная нагрузка, соответствующая сжатию пружины до соприкосновения витков, но не вызывающая напряжений выше предела текучести материала ;

3.11 F_1 - прогиб пружины под нагрузкой P_1 , мм, (рисунок 1);

3.12 F_a - амплитуда прогиба, соответствующая P_a , мм, (рисунок 1);

3.13 τ_1 - среднее касательное напряжение цикла на внутренней поверхности витка от статической нагрузки P_1 при фактических размерах испытываемой пружины, МПа, (рисунки 1,2);

$$\sigma_i, \text{МПа} (P_i, \text{кН}, F_i, \text{мм})$$

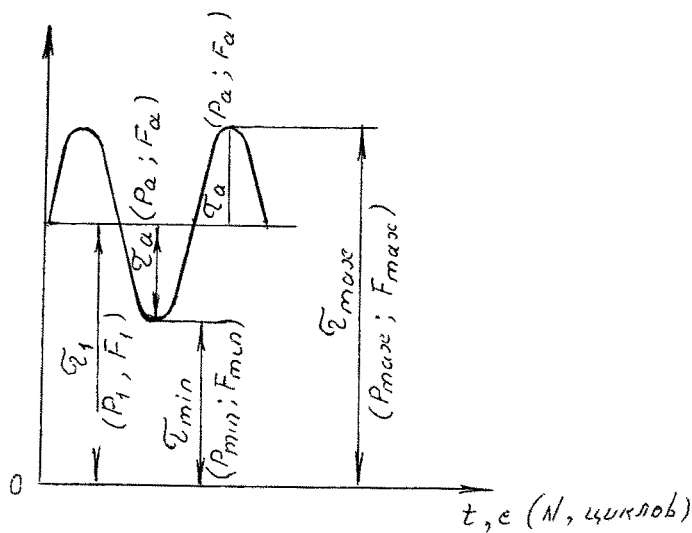
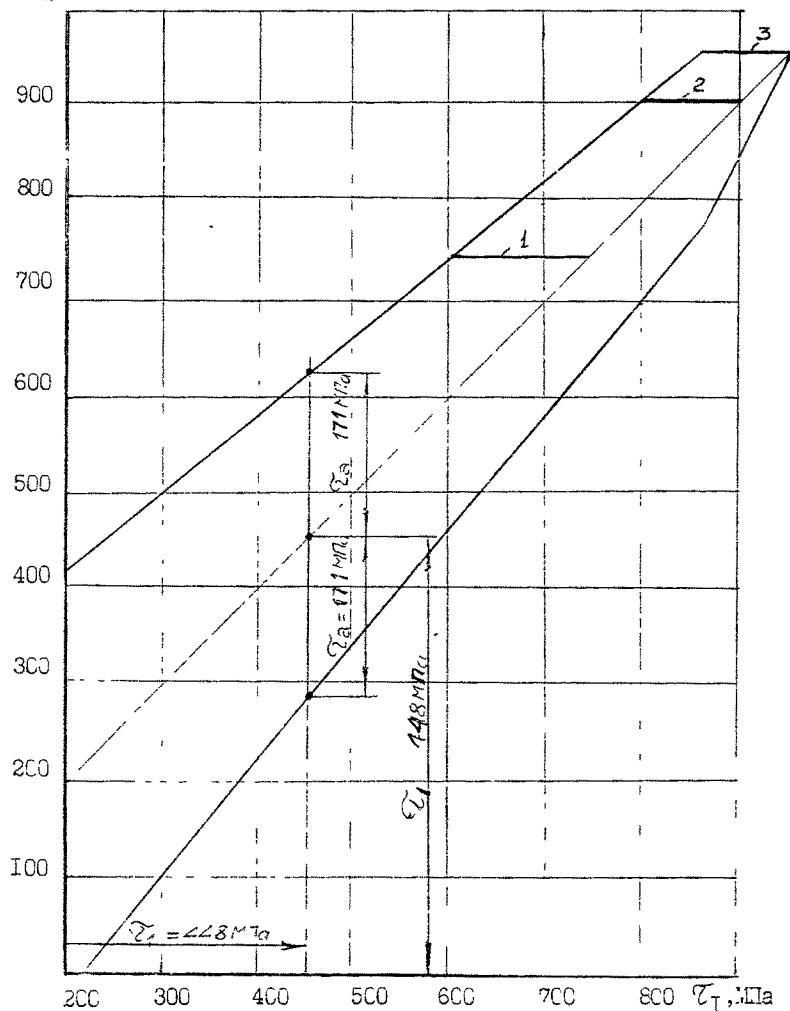


Рисунок 1 - Параметры циклов напряжений (нагрузок, прогибов) при испытаниях на циклическую долговечность

$\tau_a, \tau_{max}, \text{МПа}$ 

Ограничение по пределам текучести на кручение для пружин из сталей: 1 - 55С2 и 60С2, 2 - 60С2ХА и 60С2ХФА (РНСэ 42-45); 3 - 65С2ВА, 60С2ХФА и 60С2ХА (РНСэ 45-48); (для $d \neq 38$ мм согласно рисунку 3)

Рисунок 2 - Диаграмма напряжений при испытаниях пружин из черного проката, упрочненных дробью, из прутка диаметром $d=38$ мм, при базе испытаний $0,5 \cdot 10^6$ циклов.

3.14 τ_a - амплитуда касательных напряжений цикла при испытании пружин под P_a , МПа, (рисунки 1,2):

3.14.1 $\tau_a(38)$ - при диаметре прутка $d = 38$ мм, МПа;

3.14.2 $\tau_a(d)$ - при диаметре прутка, отличающемся от $d=38$, МПа;

3.15 τ_T - предел текучести материала пружины при кручении, МПа (величины пределов текучести пружинных сталей по рисунку 3);

3.16 c - индекс пружины, $c = D_0/d$;

3.17 D_0 - средний диаметр пружины, $D_0 = D - d$, мм;

3.18 k - коэффициент, учитывающий кривизну витка; определяется по формуле

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

3.19 ξ_d - масштабный коэффициент влияния диаметра прутка на сопротивление усталости.

3.20 N_k - контрольное число циклов нагружения, которое должны выдерживать пружины без излома $N_k=0,5 \cdot 10^6$ циклов.

4 Требования

4.1 Пружины, подлежащие испытанию, должны быть изготовлены в соответствии с требованиями ГОСТ 1452.

4.2 На испытания поставляют в соответствии с ГОСТ 1452 не менее двух пружин каждого типа не реже одного раза в год.

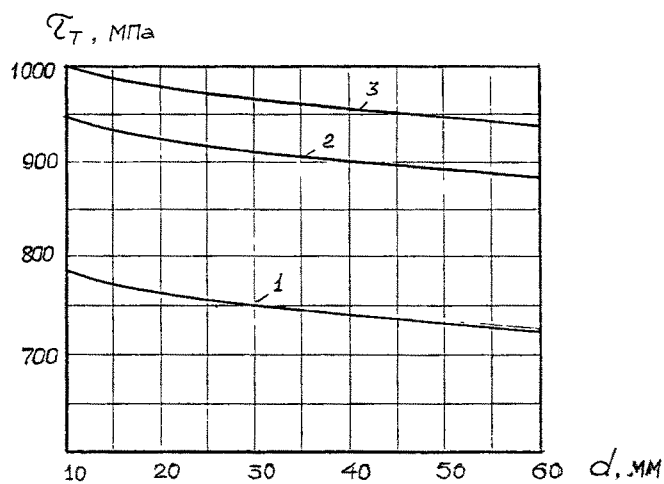
4.3 Пружины перед испытаниями должны быть подвергнуты обмеру по следующим параметрам:

- диаметру навивки(наружному или внутреннему);
- диаметру прутка;
- полному числу витков;
- высоте в свободном состоянии;
- разнице зазоров между витками.

Измеренные параметры сопоставляют с требованиями ГОСТ 1452.

Высота H_i под нагрузкой P_i , измеряется на прессе до и после испытаний (для неразрушившихся пружин).

4.4 Напряжение от статической нагрузки определяют с учетом результатов обмера пружин по 4.3 по формуле



- 1 - для сталей 55С2 и 60С2;
- 2 - для сталей 60С2ХА и 60С2ХФА при HRCэ 42-45;
- 3 - для сталей 65С2ВА, 60С2ХФА и 60С2ХА, термообработанных до HRCэ 45-48

Рисунок 3 - Зависимость предела текучести пружинных сталей при кручении от диаметра прутка

$$\tau_1 = \frac{8kP_1 D_0}{\pi \cdot d^3} \quad (2)$$

4.5 Испытания проводят на испытательных машинах, обеспечивающих:

4.5.1 Осевое циклическое нагружение пружин по асимметричному знакопостоянному циклу (рисунок 1).

4.5.2 Заданные режимы испытаний (напряжения τ_1 и τ_a , прогибы F_1 и F_a или нагрузки P_1 и P_a) с погрешностью не больше 5% от меньших значений прогиба или нагрузки. Стабильность режимов испытаний контролируют по величине амплитуды колебаний (прогибов).

4.5.3 Для предотвращения инерционной догрузки и соударения витков частота нагружения пружин рессорного подвешивания подвижного состава железных дорог не должна превышать 14-16 Гц (1/с). (Рекомендуется применять для испытаний испытательную машину резонансного типа конструкции ВНИТИ).

4.6 Режимы контрольных испытаний рассчитывают по формуле (3) или выбирают по диаграмме напряжений при испытаниях (рисунок 2).

5 Метод испытаний

5.1 Обе пружины перед постановкой на испытательную машину должны быть подвергнуты испытаниям статическими нагрузками с построением зависимости $F = f(P)$. Максимальная нагрузка при испытаниях должна соответствовать P_z . В процессе испытаний нагружение производят ступенчато. Каждая ступень нагружения, при которой измеряют прогиб, должна составлять примерно 20% максимальной нагрузки. По построению зависимости $F = f(P)$ определяют значение фактического прогиба F_1 , соответствующего статической нагрузке P_1 , для каждой пружины.

5.2 Для испытания на долговечность пружины устанавливают на испытательную машину, поджимают на величину прогиба F_1 , соответствующего статической нагрузке P_1 , после чего задают динамическую нагрузку.

5.3 Амплитуда напряжений τ_a от динамической нагрузки при

контрольных испытаниях определяют в зависимости от среднего напряжения цикла τ_i по формуле

$$\tau_{a(38)} = 257 - 0,192 \cdot \tau_i, \quad (3)$$

которая соответствует диаграмме напряжений при испытаниях (рисунок 2). (На диаграмме приведен пример определения $\tau_{a(30)}$ при $\tau_i = 448$ МПа).

5.4 $\tau_{a(d)}$ определяют по 5.3 с внесением поправки на диаметр прутка по зависимости

$$\tau_{a(d)} = \tau_{a(38)} \cdot G_d$$

G_d для различных диаметров прутков приведены в таблице 1.

Таблица 1

d, мм	G_d	d, мм	G_d	d, мм	G_d	d, мм	G_d	d, мм	G_d
11	1,146	19	1,085	27	1,042	35	1,011	43	0,983
12	1,137	20	1,079	28	1,038	36	1,007	44	0,979
13	1,128	21	1,073	29	1,034	37	1,004	45	0,976
14	1,120	22	1,067	30	1,030	38	1,000	46	0,972
15	1,112	23	1,062	31	1,026	39	0,997	47	0,969
16	1,105	24	1,057	32	1,022	40	0,993	48	0,966
17	1,098	25	1,052	33	1,018	41	0,990	49	0,963
18	1,091	26	1,047	34	1,014	42	0,986	50	0,960

5.5 При испытаниях пружин из механически обработанного прутка (шлифованного или обточенного) амплитуда напряжения или прогибов должна быть увеличена на 20%

$$\tau_{a_{шл.}} = 1,2 \cdot \tau_a \quad (5)$$

5.6 При испытаниях пружин амплитуду напряжений задают по амплитуде прогиба, определяемой по формуле

$$F_a = F_1 \cdot \frac{\tau_a}{\tau_1} \quad (6)$$

или по амплитуде нагрузок, определяемой по формуле

$$P_a = P_1 \cdot \frac{\tau_a}{\tau_1} \quad (7)$$

5.7 Контрольное число циклов нагружения при испытаниях пружин составляет $N_k = 0,5 \cdot 10^6$ циклов.

5.8. Для пружин тележек грузовых вагонов моделей 18-100 и 18-110 по ГОСТ 9246-79 при контрольных испытаниях может быть применен один из двух режимов испытаний:

5.8.1. По диаграмме испытательных напряжений (рисунок 2):

$\tau_1 = 448$ МПа; $\tau_{a(30)} = \pm 176$ МПа; прогиб $F_1 = 53$ мм; амплитуда прогиба $F_a = \pm 21$ мм (приложение А); контрольное число циклов $N_k = 0,5 \cdot 10^6$."

5.8.2. Прогиб $F_1 = 50$ мм, амплитуда прогиба $F_a = \pm 39$ мм, контрольное число циклов $N_k = 0,15 \cdot 10^6$.

5.9 При прохождении контрольного числа циклов без излома целесообразно продолжить испытания до разрушения одной или двух пружин для оценки характера изломов, проведения металлографического анализа и разработки рекомендаций по улучшению качества изготовления пружин.

При разрушении пружины ранее контрольного числа циклов произво-

для анализ излома для установления причин разрушения и в соответствии с ГОСТ 1452 производят повторные испытания на удвоенном количестве пружин.

В случае разрушения пружины ранее контрольного числа циклов при повторных испытаниях необходимо выявить причины пониженной прочности пружин и срочно внести корректировку в технологический процесс изготовления пружин.

5.9.1 Следует различать три типа изломов:

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

Причину излома уточняют при металлографическом и химическом анализе;

б) излом опорного витка или первого рабочего витка от контакта с опорным - имеет место некачественное изготовление оттянутых концов пружины, малый зазор между рабочим витком и концом опорного (волнистая поверхность или увеличенная толщина опорных витков) или прижоги при шлифовании опорных торцев;

в) начало разрушения от дефектов металлургического и технологического происхождения. В этом случае необходимо усилить контроль качества прутков.

5.9.2 Допускается в случае необходимости прерывать испытания пружин не более, чем на двое суток.

Приложение А
(справочное)

Выбор режима испытаний пружин на долговечность
на примере тележки грузового вагона при
контрольном числе циклов $N_k = 0,5 \cdot 10^6$ (5.8.1)

Размеры по чертежу 100.30.002-0 (Уралвагонзавод)
 $d = 30$ мм; $D_0 = 170$ мм;

$$c = D_0/d = 5,67 \quad (A.1)$$

Режим выбирают при величине статического прогиба $F_s = 53$ мм.
Нагрузка, вызывающая этот прогиб, составит $P_s \approx 22$ кН.

Напряжение кручения под статической нагрузкой находят по формуле (2).

$$\tau_s = \frac{8kP_s D_0}{\pi \cdot d^3} = 448 \text{ [МПа]}. \quad (A.2)$$

Амплитуду напряжений τ_a для прутка диаметром $d = 38$ мм определяют по формуле (3)

$$\tau_{a(38)} = 257 - 0,192\tau_s = 171 \text{ [МПа]} \quad (A.3)$$

Поправку на диаметр прутка $d = 30$ мм определяют по таблице 1

$$\varepsilon_d = 1,03$$

$$\tau_{a(30)} = \tau_{a(38)} \cdot \varepsilon_d = 171 \cdot 1,03 = \pm 176 \text{ [МПа]} \quad (A.4)$$

Амплитуду прогиба находят по 5.6

$$F_a = F_s \frac{\tau_a}{\tau_s} = 53 \frac{176}{448} \approx \pm 21 \text{ [мм]} \quad (A.5)$$

Таким образом, испытания пружин на долговечность проводят по режиму:

- статический прогиб

$$F_d = 53 \text{ мм};$$

- размах колебаний (прогиба)

$$F_A = 2 \cdot F_d \approx 42 \text{ [мм]}; \quad (A.6)$$

- контрольное число циклов

$$N_k = 0,5 \cdot 10^6.$$

ЧДК 625.2.012.8

ОКСТУ

Ключевые слова: руководящий документ, пружины рессорного
подвешивания, метод испытаний, циклическая долговечность

Научно-исследовательский институт тепловозов и путевых
машин (ВНИТИ) МПС РФ

Зам.директора, к.т.н.



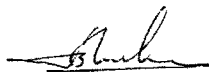
Э.И.Нестеров

Зав.отделом
стандартизации, сертификации
и комплексных нормативно-
технических исследований, к.т.н.



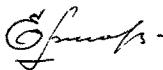
А.А.Рыбалов

Ведущий конструктор



Л.В.Ширкаев

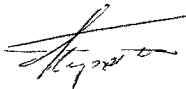
Инженер-конструктор
1 кат.



Н.А.Ершова

Отдел прочности

Зав.отделом, к.т.н.



Э.С.Оганьян

Ст.научный сотрудник, к.т.н.



В.И.Романов

Отдел материалов

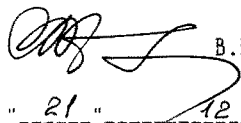
Зав. отделом



А.А.Пономарев

СОГЛАСОВАНО

/Начальник Главного управления
локомотивного хозяйства



В.Н.Титов

" 21 " 12 1995г.

СОГЛАСОВАНО

/Начальник Главного управления
вагонного хозяйства

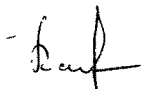


С.С.Барбарич

" 7 " 12 1995г.

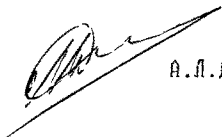
Главное управление локомотивного хозяйства

Начальник отдела
новых тепловозов



А.В.Кабаков

Начальник отдела
новых электровозов



А.Л.Донской

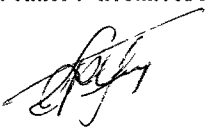
Начальник отдела
электропоездов



В.С.Зубов

Главное управление вагонного хозяйства

Главный специалист



Г.И.Федосеев

ВНМД

Согласовано письмом № РД-47/51 от 21.12.95