

## ОБ ИЗЛОМАХ ПРУЖИН РЕССОРНОГО КОМПЛЕКТА ТИПОВЫХ ТЕЛЕЖЕК ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ И РЕКОМЕНДАЦИЯХ ПО УВЕЛИЧЕНИЮ ИХ РАВНОПРОЧНОСТИ

В данной статье проведено исследование причин изломов пружин рессорного комплекта типовых тележек грузовых вагонов и разработаны рекомендации по увеличению их равнопрочности. В течение последних десятилетий в Украине интенсивно ведутся работы по совершенствованию отдельных узлов и элементов тележек модели 18-100, при этом немодернизированным узлам уделяется все меньше внимания. Цель данной статьи заключается в исследовании рессорного подвешивания типовой тележки, анализе статистики изломов пружин и разработке рекомендаций по их уменьшению. Задача решается путем применения статистических методов исследования с использованием компьютерного моделирования. Анализ статистических данных изломов пружин показал, что изломов внутренних пружин оказалось в 4 раза больше, чем наружных. В результате расчетов получено, что напряжения во внутренней пружине на 25% больше, чем в наружной, что может служить одной из причин изломов пружин. На основании проведенных исследований и расчетов пружин на допустимые напряжения предложены два варианта изменения геометрических параметров пружин: увеличение количества рабочих витков наружной и внутренней пружин с 5,5 до 7, увеличение внешнего диаметра внутренней пружины со 100 мм до 110 мм. По результатам моделирования колебаний грузового вагона сделан вывод, что лучшим является вариант по увеличению внешнего диаметра внутренней пружины, так как при этом улучшаются показатели динамических качеств вагона. Результаты исследования показывают необходимость более детального исследования статистики изломов пружин, а также эффективность изменения геометрии внутренних пружин. Данное исследование представляет ценность для железнодорожного транспорта и в первую очередь для Укрзалізничці, так как уменьшение количества изломов пружин позволит значительно уменьшить затраты на депоовской ремонт вагонов.

У даній статті проведено дослідження причин зламів пружин рессорного комплексу типових візків вантажних вагонів та розроблено рекомендації щодо збільшення їх рівномірності. Протягом останніх десятиліть в Україні інтенсивно ведуться роботи з удосконалення окремих вузлів та елементів візків моделі 18-100, при цьому немодернізованим вузлам приділяється все менше уваги. Мета даної статті полягає в дослідженні рессорного підвішування типових візків, аналізі статистики зламів пружин та розробки рекомендацій щодо їх зменшення. Задача вирішується шляхом застосування статистичних методів дослідження з використанням комп'ютерного моделювання. Аналіз статистичних даних зламів пружин показав, що зламів внутрішніх пружин виявилось в 4 рази більше, ніж зовнішніх. В результаті розрахунків отримано, що напруження у внутрішній пружині на 25% більше, ніж у зовнішній, що може служити однією з причин зламів пружин. На підставі проведених досліджень і розрахунків пружин на допустимі напруження запропоновано два варіанти зміни геометричних параметрів пружин: збільшення кількості робочих витків зовнішньої і внутрішньої пружин з 5,5 до 7, збільшення зовнішнього діаметра внутрішньої пружини з 100 мм до 110 мм. За результатами моделювання коливань вантажного вагона зроблено висновок, що кращим є варіант збільшення зовнішнього діаметра внутрішньої пружини, тому що при цьому поліпшуються показники динамічних якостей вагона. Результати дослідження показують необхідність більш детального дослідження статистики зламів пружин, а також ефективність зміни геометрії внутрішніх пружин. Дане дослідження представляє цінність для залізничного транспорту і в першу чергу для Укрзалізничці, тому що зменшення кількості зламів пружин дозволить значно зменшити витрати на депоовський ремонт вагонів.

The paper relates to causes of fractures of springs of the spring group for typical freight car bogies and recommendations to enhance their equal strength. In recent decades, intensive efforts are underway to improve the individual assemblies and elements of bogies of the 18-100 model. In so doing, unretrofitted assemblies are received little attention. The purpose of this paper is to study the typical spring suspension bogie, to analyze statistics in fractures of springs and to make recommendations for their diminutions. The problem is solved by the application of statistical methods using computer simulations. The statistical analysis of spring fractures demonstrated that inner fractures of springs were 4 times more than the outer ones. The calculations demonstrated that stresses in an inner spring are 25% higher than in an outer spring, which may be one reason of spring fractures. Based on these studies and calculations of permissible stresses, two versions of variations in geometrical parameters of springs are proposed: an increase in the number of working coils of inner and outer springs from 5.5 to 7, an increase in an outer diameter of the inner spring from 100 mm to 110 mm. In accordance with the results of the simulation of freight car vibrations we can make the conclusion that the best option is to increase the outer diameter of the inner spring, as it improves the dynamic properties of the car. The research results demonstrate the need for more detailed studies of statistics of spring fractures as well as the effectiveness of variations in geometry of inner springs. This study is valuable for rail transport, primarily for the Ukrainian Railways, as reducing the number of fractures of springs will significantly cut the cost of car shed repair.

**Ключевые слова:** *изломы пружин, рессорный комплект, тележки грузовых вагонов, изменение геометрии пружин, равнопрочность, грузовые вагоны.*

© Резник Д. О., 2015

Одним из основных направлений улучшения конструкции ходовых частей для грузовых вагонов, по которому в течение последних десятилетий в Украине интенсивно ведутся работы, является совершенствование отдельных узлов и элементов тележек модели 18-100.

На протяжении нескольких десятилетий в Украине и странах СНГ в грузовых вагонах используются тележки модели 18-100 с линейным рессорным подвешиванием. Как правило, в грузовых вагонах разных моделей устанавливаются по одному комплекту пружин на каждую сторону тележки. В пружинный комплект входят 7 наружных и 7 внутренних пружин. Схема их расположения на боковине тележки 18-100 в плане приведена на рис. 1.

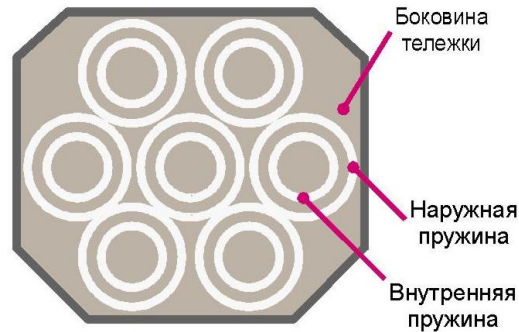


Рис. 1 – Схема расположения одного комплекта пружин на боковине тележки модели 18-100

Анализ статистических данных об изломах пружин в рессорном подвешивании тележек модели 18-100 грузовых вагонов по сведениям депо показал, что процент изломов внутренних пружин существенно выше, чем наружных: 80% и соответственно 20%. На каждый вагон приходится 2–3 пружины с изломом.

Пружины линейного рессорного подвешивания были рассчитаны на допускаемые напряжения по приведенной ниже формуле [1]. Наружная и внутренняя пружины изготавливаются из сталей марок 55С2 и 60С2, которые имеют модуль сдвига  $G=8 \cdot 10^4$  МПа. Основная формула, применяемая для определения напряжений в прутках пружин с учётом кривизны витков, имеет вид:

$$\tau = \frac{8 \cdot P \cdot D}{\pi \cdot (d)^3} \cdot \zeta ; \quad (1)$$

где  $P$  – максимальная динамическая сила, действующая на пружину, Па;  $d$  – диаметр прутка пружины, м;  $D$  – диаметр витка пружины, м;  $\zeta$  – коэффициент, учитывающий кривизну витков пружины [2].

В результате расчетов линейного рессорного подвешивания на допускаемые напряжения определены максимальные значения напряжения в прутках пружин, которые для внутренних оказались на 25% больше, чем для наружных. При этом они не превышали допускаемых значений. Следовательно, напряжения в прутках даже в пределах допустимых величин могут привести к излому пружины. Однако такое большое количество изломов пружин может быть и следствием наличия дефектов в металле прутков, допущенных заводом-изготовителем.

Основные показатели статистики изломов пружин рессорного подвешивания типовых тележек модели 18-100 приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Данные об изломанных пружинах в тележках модели 18-100 грузовых вагонов за 2010 год

	Данные депо
Всего вагонов, поступивших в деповской ремонт	791
Количество вагонов с изломанными пружинами	358
Процент вагонов с изломанными пружинами	45,0
Количество изломанных пружин	1603
Процент изломанных пружин от их общего количества	3,6

Отметим, что в серийных тележках чаще выходят из строя внутренние пружины, чем наружные (рис. 2). Количество изломов пружин в зависимости от места их расположения в тележке модели 18-100 приведено в таблице 2.

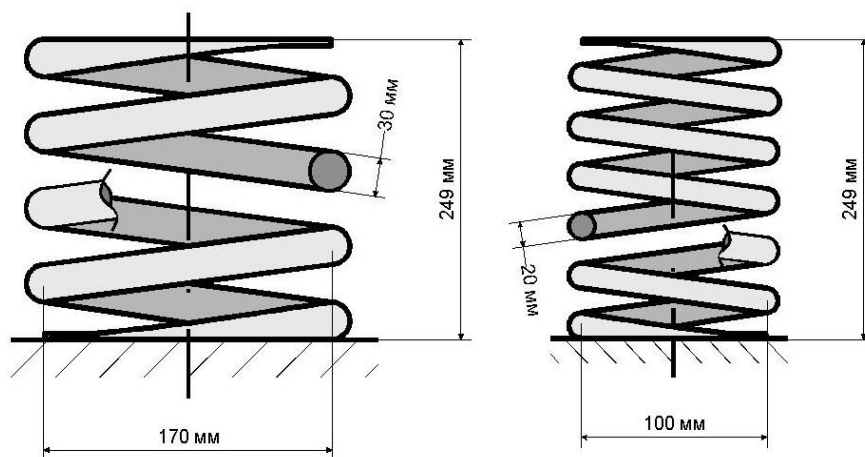


Рис. 2 – Основные размеры наружной (слева) и внутренней (справа) пружин линейного рессорного подвешивания

Согласно расчётам, проведенным для пружин линейного рессорного подвешивания, можно сделать вывод, что для скоростей движения полувагона до 120 км/ч напряжения, которые возникают во внутренней и наружной пружинах, не превышают максимально допустимых значений.

Однако, как уже отмечалось, напряжения во внутренней пружине больше, чем в наружной. Так, при скорости 120 км/ч в наружной пружине возникают максимальные касательные напряжения, равные 470 МПа, тогда как во внутренней – 595 МПа, то есть примерно на 25% больше. Следовательно, это и может быть одной из причин изломов внутренних пружин.

Таблица 2 – Данные об изломанных пружинах в зависимости от места их расположения в тележке модели 18-100

Место расположения пружин		Количество изломанных пружин	
		наружных	внутренних
под клином	шт.	101	385
	%	6,3	24,0
в центре	шт.	82	270
	%	5,1	16,8
с наружной стороны комплекта	шт.	81	285
	%	5,1	17,8
с внутренней стороны комплекта	шт.	89	306
	%	5,6	19,1

Для того чтобы примерно уравнивать напряжения в прутках наружных и внутренних пружин, были проведены расчёты по выбору рациональных параметров пружин. Предложены два варианта выравнивания напряжений в прутках внутренней пружины: путём уменьшения жёсткости за счет увеличения внешнего диаметра или усиления пружины за счет увеличения количества ее рабочих витков.

Так, при увеличении количества рабочих витков внутренней пружины с 5,5 до 7 напряжения в прутках наружной и внутренней пружин равны соответственно 512 МПа и 509 МПа. А при увеличении внешнего диаметра внутренней пружины со 100 мм до 110 мм напряжения в наружной и внутренней пружине соответственно будут равны 519 МПа и 530 МПа. Кроме того, в этом случае расстояние между внутренней и наружной пружиной в комплекте уменьшается с 20 мм до 10 мм, приближаясь к рекомендованным значениям 3 – 5 мм [1].

Эти изменения приведут к изменению жесткости всего комплекта пружин. В связи с этим было проведено моделирование колебаний порожнего грузового вагона для оценки влияния данного изменения на показатели динамических качеств.

В результате моделирования получено, что показатели динамических качеств вагонов с типовыми пружинами и вагонов с геометрически измененными пружинами отличаются незначительно. Однако в тележках, оборудованных комплектами пружин с диаметром внутренней 110 мм, показатели вертикальной динамики несколько лучше, чем в тележках, оборудованных пружинами с увеличенным количеством витков.

По результатам выполненной работы можно сделать следующие выводы:

- анализ статистических данных осмотров пружин рессорного подвешивания типовых тележек модели 18-100 грузовых вагонов показал значительное количество изломов пружин. При этом количество изломов внутренних пружин оказалось в 4 раза больше, чем наружных. В результате расчетов получено, что напряжения во внутренней пружине на 25% больше чем в наружной, что может служить одной из причин изломов пружин;

- на основании проведенных исследований и расчетов пружин на допускаемые напряжения предложены два варианта изменения геометрических

параметров пружин с целью уравнивания напряжений во внутренней и наружной пружинах:

– увеличение количества рабочих витков наружной и внутренней пружин с 5,5 до 7;

– увеличение внешнего диаметра внутренней пружины со 100 мм до 110 мм;

– лучшим является вариант с увеличением внешнего диаметра внутренней пружины, так как при этом улучшаются показатели динамических качеств вагона.

1. Вагоны / *Л. Д. Кузьмич, А. В. Кузнецов, Б. А. Ржавинский* и др. // Под ред. *Л. Д. Кузьмича*. – М. : Машиностроение, 1978. – 376 с.

2. *Пономарёв С. Д.* Расчёт упругих элементов машин и приборов / *С. Д. Пономарёв, Л. Е. Андреева*. – Москва : Машиностроение, 1980. – 326 с.

Институт технической механики  
Национальной академии наук Украины и  
Государственного космического агентства Украины,  
Днепропетровск

Получено 13.10.14  
в окончательном варианте 06.03.15