

**ИнфоМайн** 

**исследовательская группа**

Объединение независимых экспертов в области минеральных ресурсов,  
металлургии и химической промышленности

---

# Обзор рынка пружин для тележек грузовых вагонов в СНГ

*Демонстрационная версия*

*Москва  
апрель, 2009*

**Содержание**

|  |    |
|--|----|
| Аннотация .....  | 7  |
| Введение .....   | 8  |
| 1. Общие сведения о вагонных тележках и рессорном подвешивании ..... | 9  |
| 2. Сырье, применяемое для производства пружин .....                  | 16 |
| 3. Производство пружин .....   | 19 |
| 3.1. Производство пружин в России в 2003-2008 гг. ....               | 19 |
| 3.1.1. Производство грузовых вагонов .....                           | 20 |
| 3.1.2. Ремонт грузовых вагонов .....                                 | 21 |
| 3.1.3. Экспортные поставки пружин .....                              | 26 |
| 3.1.4. Сводные показатели производства пружин по России .....        | 28 |
| 3.2. Производство пружин на Украине .....                            | 30 |
| 3.2.1. ОАО «Крюковский вагоностроительный завод» .....               | 30 |
| 3.2.2. ОДО «Попаснянский вагоноремонтный завод» .....                | 31 |
| 3.2.3. ОАО «Днепровагонмаш» .....                                    | 32 |
| 3.2.4. Сводные показатели производства пружин по Украине .....       | 34 |
| 4. Характеристика основных производителей пружин в России .....      | 36 |
| 4.1. ЗАО «Белорецкий завод рессор и пружин» .....                    | 36 |
| 4.2. ОАО «НПК «Уралвагонзавод» .....                                 | 41 |
| 4.3. ЗАО «УК «Брянский машиностроительный завод» .....               | 44 |
| 4.4. ОАО «Алтайвагон» .....  | 47 |
| 4.5. ОАО «Волгоградский завод тракторных деталей и нормалей» .....   | 52 |
| 5. Потребление пружин .....  | 55 |
| 5.1. Основные потребители пружин в России .....                      | 55 |
| 5.2. Потребление пружин в странах СНГ .....                          | 58 |
| 5.2.1. Украина .....   | 62 |
| 5.2.2. Казахстан .....   | 65 |
| 5.2.3. Белоруссия .....  | 67 |
| 5.2.4. Узбекистан .....  | 70 |
| 6. Внутренние и внешние цены на пружины .....                        | 73 |
| 7. Оценка емкости и прогноз развития российского рынка пружин .....  | 75 |
| Приложение. Контактная информация предприятий .....                  | 80 |

### Список таблиц

- Таблица 1. Химический состав наиболее применяемых сталей для производства пружин рессорного подвешивания (ГОСТ 14959-79)
- Таблица 2. Требования к механическим свойствам рессорно-пружинных сталей (ГОСТ 14959-79)
- Таблица 3. Основные поставщики металла производителям пружин в странах СНГ
- Таблица 4. Распределение причин отцепок вагонов в текущий ремонт по основным неисправностям узлов тележек
- Таблица 5. Структура экспорта железнодорожных пружин по типам в 2003-2008 гг., тыс. пар, %
- Таблица 6. Основные экспортеры железнодорожных пружин, тыс. пар
- Таблица 7. Динамика экспорта пружин, установленных в тележках, в 2003-2008 гг., тыс. пар
- Таблица 8. Оценка производства железнодорожных пружин в России в 2003-2008 гг., тыс. пар
- Таблица 9. Динамика производства железнодорожных пружин на Украине в 2004-2008 гг.
- Таблица 10. Распределение экспортных поставок российских железнодорожных пружин в 2003-2008 гг. по странам и видам, тыс. пар
- Таблица 11. Сравнительная характеристика финансовых показателей ЗАО «БЗРП» и среднеотраслевых по итогам 2008 г.
- Таблица 12. Основные импортеры российских железнодорожных пружин в 2003-2008 гг., тыс. пар
- Таблица 13. Финансово-экономические показатели ЗАО «БЗРП» за 2005-2008 гг.
- Таблица 14. Финансово-экономические показатели ОАО «НПК «УВЗ» в 2003-2007 гг.
- Таблица 15. Финансово-экономические показатели работы ЗАО «БМЗ» в 2005-2008 гг.
- Таблица 16. Характеристика собственных оборотных средств ОАО «Алтайвагон» в 2007-2008 гг.
- Таблица 17. Ликвидность эмитента, достаточность капитала и оборотных средств
- Таблица 18. Основные экономические показатели ОАО «ВЗТДиН» в 2006-2008 гг.
- Таблица 19. Потребление железнодорожных пружин вагоностроительными предприятиями России в 2003-2008 гг, тыс. пар
- Таблица 20. Структура вагоноремонтных депо Центральной дирекции по ремонту грузовых вагонов
- Таблица 21. Динамика производства грузовых вагонов и расчет потребности железнодорожных пружин в странах СНГ в 2004-2008 гг., тыс. ед., тыс. пар
-

- Таблица 22. Основные потребители железнодорожных пружин на Украине в 2003-2008 гг. и 2-х мес. 2009 г., тыс. пар
- Таблица 23. Организации, осуществляющие ремонт грузовых вагонов в Белоруссии
- Таблица 24. Экспортные цены на железнодорожные пружины в 2003-2008 гг., \$ (без НДС)
- Таблица 25. Прогноз потребного парка грузовых вагонов всех видов собственности в России, тыс. вагонов, \$ млрд

### Список рисунков

- Рисунок 1. Двойная динамическая система первичного рессорного подвешивания
- Рисунок 2. Общий вид рессорного комплекта тележки 18-100
- Рисунок 3. Схема фрикционного клинового гасителя колебаний тележки модели 18-100
- Рисунок 4. Структура производства железнодорожных пружин в России по предприятиям в 2008 г., %
- Рисунок 5. Динамика производства грузовых вагонов и потребления пружин в 2003-2008 гг., ед. вагонов, тыс. пар
- Рисунок 6. Парк грузовых вагонов России в 2004-2009 гг., тыс. вагонов
- Рисунок 7. Объем ремонта грузовых вагонов в России в 2004-2008 гг., тыс. вагонов
- Рисунок 8. Распределение отцепок грузовых вагонов в текущий ремонт в 2007 г., %
- Рисунок 9. Распределение отцепок вагонов в текущий ремонт по неисправности сборочных узлов в 2007 г., %
- Рисунок 10. Динамика потребления железнодорожных пружин для ремонта грузовых вагонов в России в 2004-2008 гг., тыс. пар
- Рисунок 11. Динамика экспорта пружин в 2003-2008 гг., тыс. пар, %
- Рисунок 12. Оценка производства пружин в 2006 г. специалистов ОАО «ВЗТДиН», тыс. пар, %
- Рисунок 13. Оценка производства железнодорожных пружин в 2003-2008 гг. экспертов «Инфолайн», тыс. пар, %
- Рисунок 14. Структура производства пружин в 2008 г. по предприятиям Украины, тыс. пар, %
- Рисунок 15. Производство железнодорожных пружин в ОАО «НПК «УВЗ» в 2003-2008 гг., тыс. пар
- Рисунок 16. Структура акционерного капитала ЗАО «УК «БМЗ» по состоянию на 01.01.09 г.
- Рисунок 17. Динамика производства грузовых вагонов и железнодорожных пружин ОАО «Алтайвагон» в 2003-2008 гг.
- Рисунок 18. Структура акционерного капитала ОАО «ВЗТДиН» и ООО «ВЗТДиН по состоянию на 01.01.09 г.

- Рисунок 19. Структура потребительского рынка ОАО «ВЗТДиН» в 2008 г., %
- Рисунок 20. Динамика парка грузовых вагонов стран СНГ и Балтии в 2004-2008 гг., тыс. ед., %
- Рисунок 21. Структура парка грузовых вагонов в 2008 г. по странам СНГ и Балтии, тыс. вагонов, %
- Рисунок 22. Потребление железнодорожных пружин при ремонте грузовых вагонов в странах СНГ и Балтии в 2004-2008 гг., тыс. пар, тыс. вагонов
- Рисунок 23. Сводные данные потребления пружин в странах СНГ и Балтии в 2004-2008 гг., тыс. пар
- Рисунок 24. Производство грузовых вагонов в Республике Беларусь в 2005-2008 гг., ед.
- Рисунок 25. Оценка потребности Узбекистана в пружинах в 2006-2008 гг., ед. вагонов, тыс. пар
- Рисунок 26. Отпускные цены на пружины Ханина (по состоянию на апрель 2009 г.), руб./комплект
- Рисунок 27. Прогноз производства железнодорожных пружин в России в 2009-2015 гг., тыс. пар, %

## Аннотация

Данное исследование посвящено анализу рынка железнодорожных пружин, применяемых при производстве тележек для грузовых вагонов в России и странах СНГ. Работа включает 7 глав, объем работы – 80 страниц. Текст иллюстрирован 25 таблицами и 27 рисунками.

В главе 1 приводятся основные понятия о рессорном подвешивании, влиянии пружин на характеристики вагонных тележек, их роль в безопасности железнодорожного движения.

Требования к материалам, применяемым при производстве пружин, а также техническая характеристика самих пружин рассмотрены в главе 2.

В главе 3 дана оценка производства пружин в России и на Украине. Ввиду того, что прямые статистические данные по данной группе товара отсутствуют, в главе подробно описывается предлагаемая методология подсчета производимых пружин в России, которая в дальнейших главах используется для оценки производства пружин и в странах СНГ. В частности, представлен расчет спроса пружин при строительстве новых грузовых вагонов, ремонте действующего подвижного состава. Подробно представлена информация об экспортных поставках, как самих пружин, так и пружин в составе готовых изделий, а именно – вагонных тележек. Важным подразделом является описание предприятий-производителей пружин на Украине.

Глава 4 посвящена подробному описанию российских производителей пружин.

В главе 5 указаны основные потребители железнодорожных пружин в России и на Украине, дана характеристика потребности в них стран с основными объемами ремонтных работ грузовых вагонов.

В главе 6 кратко представлена сравнительная характеристика внутренних и внешних цен на пружины, а также цен отдельных производителей.

В главе 7 продемонстрированы возможные сценарии развития транспортного машиностроения, представлены основные перспективы нового строительства в сфере пружинного производства. Итогом явился прогноз возможного развития выпуска пружин на период до 2015 г.

Основным источником информации явились материалы интервью с ведущими специалистами предприятий – производителей и потребителей (производителей вагонных тележек) железнодорожных пружин. Предложенная методология расчета потребления и производства пружин на базе данных Федеральной таможенной службы (ФТС) и Федеральной службы государственной статистики (ФСГС) России позволила с высокой точностью оценить состояние спроса в России и странах СНГ. Значительную помощь оказали отраслевые средства массовой информации и работники библиотеки ОАО «РЖД».

## Введение

Настоящее исследование посвящено железнодорожным пружинам, применяемым в комплектах рессорного подвешивания в ходовой части (тележках) грузовых вагонов.

Актуальность необходимости данной работы определяется рядом факторов.

1. Рынок грузоперевозок и рынок транспортного грузового вагоностроения являются одними из важнейших составляющих организационной структуры функционирования государственной экономики. Без доставки грузов от производителя к потребителю не может работать ни одно предприятие крупных, или даже средних размеров. Грузовые вагоны являются главным инструментом при решении данной задачи.

2. Большой износ подвижного состава, а также рост железнодорожных перевозок, наблюдавшийся до середины 2008 г., определяли увеличение потребности в новых грузовых вагонах, а также модернизации и ремонте техники, находящейся в эксплуатации. При наступившем финансовом кризисе роль ремонтной составляющей возрастает, а пружины являются одним из элементов запасных частей для грузовых вагонов.

3. До недавнего времени знание рынка железнодорожных пружин концентрировалось в специализированных институтах или подразделениях ОАО «РЖД». Сейчас, когда идет реструктуризация государственной корпорации, как на рынке грузоперевозчиков, так и на рынке ремонтных услуг появляются новые игроки, которым будет полезна и интересна детальная информация о комплектах рессорного подвешивания тележек грузовых вагонов.

4. Полезность предлагаемой работы также заключается в том, что прямых данных, характеризующих рынок железнодорожных пружин, не существует. Методика, примененная в обзоре, позволила оценить потребление пружин в России и странах СНГ с достаточно высокой точностью.

В работе особое внимание уделено тележкам (и пружинам) инженера Ханина. Связано это с тем, что предложенное им конструкторское решение, с одной стороны, применяется почти в 85% существующего парка грузовых вагонов, с другой стороны, ему уже более 50 лет и назрела необходимость разработки и замены действующих тележек современными с более высокими эксплуатационными характеристиками.

ООО «Исследовательская группа «Инфолайн» не претендует «на истину в первой инстанции», но надеется, что данное исследование поможет специалистам в их собственной оценке состояния рынка железнодорожных пружин в России и странах СНГ.

## 1. Общие сведения о вагонных тележках и рессорном подвешивании

Все вагоны, независимо от назначения и конструкции, состоят из элементов (узлов), общих для вагонов любого типа: ходовой части, кузова, ударно-тяговых приборов, тормозного оборудования. К ходовым частям относятся: колёсные пары, буксы, рессорное подвешивание. Ходовые части объединяются в самостоятельные узлы, называемые тележками. Кроме перечисленных элементов, тележки имеют раму, на которой крепятся детали рессорного подвешивания, тормозного оборудования и предохранительные скобы, а для передачи нагрузки от кузова на тележку – надрессорные балки с подпятниками и скользунами.

Ходовые части (тележки) являются наиболее ответственными узлами, которые должны обеспечивать безопасность движения вагона по рельсовому пути с необходимой плавностью хода (наименьшее динамическое воздействие на перевозимый груз и на элементы пути) и наименьшим сопротивлением движению. Существуют двух- и трехосные тележки.

Тележки грузовых вагонов, применяемые в разных странах, имеют различную конструкцию. На железных дорогах Европы в тележках используется осевая букса, адаптированная к конструкции комплекта винтовых рессор и компактной раме. В странах Северной и Южной Америки, бывшего СССР, Австралии, некоторых регионах Африки и Азии применяют тележки других конструкций: рама состоит из трех частей; цилиндрические винтовые рессоры размещены между поперечной балкой и боковинами; боковины и буксы соединены жестко. Функциональная способность тележек обеих конструкций одинакова и обеспечивает благоприятные динамические свойства кузова и колесной пары.

подавляющее большинство грузовых вагонов парка России, стран СНГ и Балтии эксплуатируются на двухосных тележках модели 18-100, она же до 1972 г. – тележка ЦНИИ-ХЗ. Ее разработчиком был Центральный научно-исследовательский институт МПС, изобретатель – инженер Ханин.

### Влияние рессорного подвешивания на динамические свойства тележек

Тележка воспринимает высокие ускорения, возникающие при взаимодействии колеса и рельса, и преобразует их в более низкие ускорения кузова. Суть функции рессорного подвешивания выражается следующим уравнением:

$$a = kh/m (1),$$

где  $a$  – ускорение;  $k$  – жесткость первичного рессорного подвешивания (между колесной парой и рамой тележки);  $h$  – амплитуда колебаний колесной пары;  $m$  – масса тележки.

Если колесную пару с буксами и рамой рассматривать как жесткую конструкцию, то амплитуда  $h$  выражает разность между некруглостями поверхности катания колеса и неплоскостью рельса. Согласно уравнению (1) можно снижать ускорения, уменьшая жесткость рессорного подвешивания и увеличивая массу тележки. Предпочтение отдается снижению жесткости  $k$ , которая также влияет на частоту  $f$  собственных колебаний тележки:

$$F = 1/2\pi \cdot [k/(m + cm_w)]^{1/2}$$

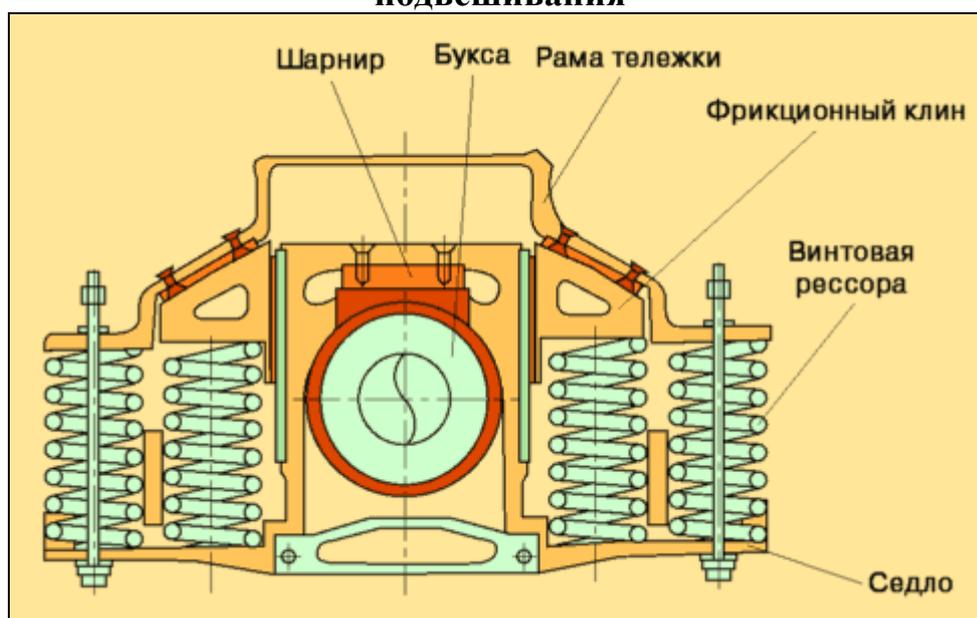
где  $m_w$  – масса элементов рессорного подвешивания (влияние массы цилиндрических винтовых пружин минимально или равно нулю, отсюда  $cm_w=0$ ).

Рассмотренные условия относятся и к вторичному рессорному подвешиванию, расположенному между рамой тележки и кузовом.

### Свойства жесткого и мягкого рессорного подвешивания

Если элементы рессорного подвешивания, например прокладки, выполненные из эластомерного материала или полимерного композита жесткостью выше 20 кН/мм, непосредственно связаны с буксой, повышенная жесткость материала приводит к снижению амплитуды колебаний буксы. В результате уменьшаются амплитуды колебаний оси и самой колесной пары. Однако жесткое подрессоривание не обеспечивает снижения ускорений и частоты колебаний рамы тележки. Кроме того, при жестком подрессоривании кинетическая энергия, передаваемая от колесной пары на раму тележки, уменьшается незначительно.

**Рисунок 1. Двойная динамическая система первичного рессорного подвешивания**



Источник: научно-техническая литература

Комплект цилиндрических винтовых рессор (пружин, расположенных на буксе) имеет низкую жесткость, большую амплитуду колебаний под нагрузкой (жесткость отдельных рессор составляет 500–800 Н/мм) и незначительно снижает амплитуду колебаний буксы. Однако такое мягкое рессорное подвешивание позволяет значительно уменьшить ускорение и частоту колебаний рамы тележки, а также кинетическую энергию, передаваемую от колесной пары на раму.

Снижение амплитуды колебаний букс и, в то же время, частоты колебаний рамы тележки не может быть обеспечено простым подрессориванием, так как нереально выполнить его одновременно мягким и жестким. Следовательно, необходимо использовать оба вида рессорной подвески, но разделить соответствующие элементы массивной прокладкой – так называемым седлом, расположив его между буксой и рамой тележки (рис. 1).

Конструкция седла и буксы позволяет сформировать шарнир с эластомерной прокладкой или композитным вкладышем. Получаемое при этом жесткое рессорное подвешивание обеспечивает возможность поперечных отклонений колесной пары относительно рамы тележки. Мягкое демпфирование осуществляется комплектом цилиндрических винтовых рессор и фрикционным клином. Оба элемента расположены на седле и связаны с рамой тележки. Такая конструкция образует двойную динамическую систему рессорного подвешивания, в которой имеются три массы – колесная пара, седло и рама тележки.

## **Боковые воздействия**

На эксплуатационные свойства подвижного состава влияют не только вертикальные, но и боковые (поперечные) силы и толчки. Они возникают при прохождении подвижным составом стрелочных переводов и кривых, а также при движении по прямолинейным участкам вследствие конического профиля поверхности катания колеса. В последнем случае может возникать извилистое движение колесных пар в колее, вызывающее боковые толчки и удары. В наибольшей степени это ощущается при высокой скорости движения. Устройства рессорного подвешивания должны сглаживать эти воздействия таким образом, чтобы в кузов передавались незначительные колебания низкой частоты.

Такое же требование предъявляется и к двойной динамической системе подвешивания. Ее жесткие элементы не требуют адаптации, поскольку шарнир благодаря своей форме передает как вертикальные, так и боковые динамические воздействия.

Снижение боковых динамических воздействий достигается уменьшением боковой жесткости подвешивания. На практике это может быть достигнуто увеличением отношения высоты цилиндрических винтовых рессор к их диаметру  $d$ .

Общая продольная (осевая) жесткость этих рессор должна соответствовать массе кузова и находящегося в нем груза. Наиболее часто применяют комплект рессор, в котором более длинные наружные пружины имеют жесткость около 500 Н/мм, а внутренние – около 800 Н/мм. И у тех, и у других отношение  $h/d$  невелико: при ненагруженных наружных рессорах оно составляет примерно 1,3:1, а при нагруженных – менее единицы.

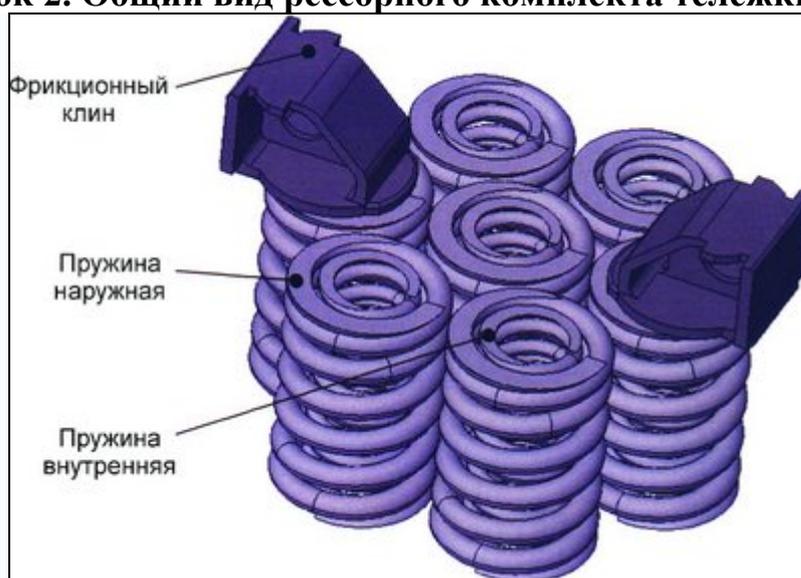
Рессоры имеют высокую боковую и изгибную жесткость по сравнению с осевой. Снижение боковой и изгибной жесткости цилиндрических винтовых рессор достигается при отношении  $h/d > 2$ . Поскольку при этом они имеют низкую продольную жесткость (80-300 Н/мм) необходимо увеличивать их число.

## Рессорный комплект

Рессорным подвешиванием (комплект) называется устройство, состоящее из упругих элементов (например, пружин или других типов), гасителей колебаний (демпферов) и ограничителей перемещений, обеспечивающих необходимую плавность хода вагона.

В тележке 18-100 рессорное подвешивание состоит из двух комплектов, размещенных в рессорных проемах левой и правой боковых рам (рис. 2). В каждый комплект входит семь двухрядных цилиндрических пружин и два клиновидных фрикционных гасителя колебаний. Каждая двухрядная пружина состоит из наружной и внутренней пружин, имеющих разную навивку – правую и левую соответственно, чтобы пружины не сцеплялись между собой

**Рисунок 2. Общий вид рессорного комплекта тележки 18-100**



*Источник: научно-техническая литература*

Главной характеристикой цилиндрической пружины, кроме габаритных размеров, является ее жесткость (податливость), которая определяется следующим образом. При действии на пружину нагрузки

(силы) она упруго прогибается, т. е. ее вертикальная высота уменьшается на определенную величину. Причем, чем больше жесткость пружины, тем меньше она прогибается под действием одной и той же нагрузки. Жесткость пружинного комплекта можно определить путем деления величины нагрузки, действующей на комплект (или пружину), на величину прогиба, под действием этой нагрузки. Например, если при действии на рессорное подвешивание тележки 18-100 нагрузки от кузова вагона в 40 т, пружины прогнулись на 50 мм (5,0 см), то это значит, что жесткость рессорного подвешивания тележки равна

$$c = \frac{40 \text{ т}}{5 \text{ см}} = 8 \text{ т/см},$$

а одного рессорного комплекта – 4 т/см (в тележке используется два комплекта рессорного подвешивания).

Иногда параметр рессорного комплекта характеризуется гибкостью, т.е. величиной обратной жесткости. В этом случае гибкость рессорного комплекта тележки 18-100 будет равна

$$\frac{1}{c} = \frac{1}{4 \text{ т/см}} = 0,25 \text{ см/т};$$

т. е. рессорный комплект прогнется на 0,25 см под действием нагрузки в одну тонну.

### **Гашение колебаний с помощью фрикционного клина**

В рассматриваемых рессорах возникают колебания с большими амплитудами, которые могут еще и возрастать при резонансе и динамических воздействиях (ударах). Снижение амплитуд колебаний до приемлемого уровня на большинстве тележек достигается с помощью фрикционных или гидравлических амортизаторов, располагаемых параллельно рессорам. В двойной динамической системе рессорной подвески такое гашение колебаний обеспечивается с помощью фрикционного клина.

Такой гаситель устанавливается на один комплект рессор (пружин). В тележке, как правило, гасители устанавливают не на все рессоры. Так, на тележке Ханина в первой ступени подвешивания предусмотрено 14 комплектов рессор, из которых только четыре снабжены фрикционными гасителями.

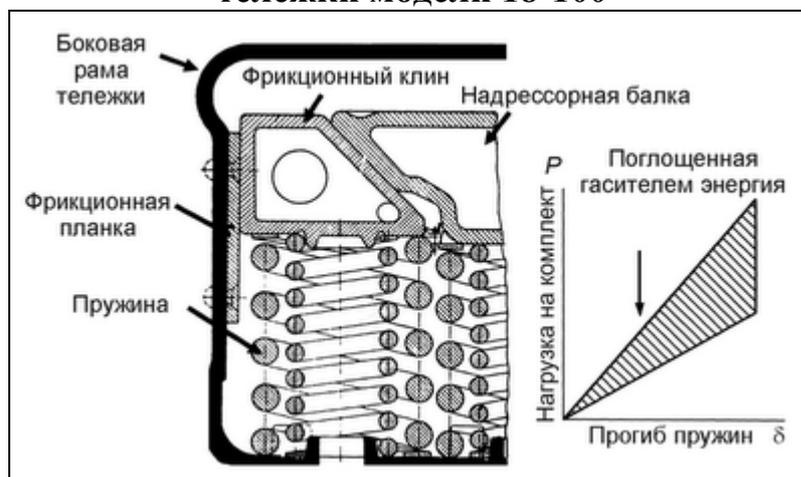
Фрикционный клин имеет две рабочие поверхности. Наклонная обеспечивает фрикционный контакт с сопряженной поверхностью рамы тележки, в результате чего происходит гашение колебаний; сопротивление трения при этом может быть выражено жесткостью.

Расположение рессорного комплекта и наклонных поверхностей клиньев между седлом и рамой тележки можно рассматривать как

последовательное включение двух жесткостей, причем конечная жесткость равна сумме их обратных величин. В результате получается более низкая общая жесткость. Это, однако, справедливо только в том случае, если клин движется относительно поверхности контакта с рамой тележки. Если же он находится в неподвижном состоянии, что имеет место при его защемлении и в обоих крайних положениях, то общая жесткость соответствует жесткости рессорного комплекта.

Вертикальная поверхность клина при его движении соприкасается (вступает во фрикционный контакт) с сопряженной поверхностью седла. Показатели жесткости рессор и седла при этом включаются параллельно и суммируются. Эффективность гашения колебаний растет с повышением числа фрикционных клиньев и их давления. При увеличении массы кузова и груза возрастает сжимающая нагрузка на клин и одновременно повышается степень гашения (рис. 3).

**Рисунок 3. Схема фрикционного клинового гасителя колебаний тележки модели 18-100**



*Источник: научно-техническая литература*

Благодаря рассмотренным свойствам рессорного подвешивания на базе комплектов цилиндрических винтовых пружин и гашения колебаний фрикционными клиньями характеристика системы (зависимость между силой и расстоянием) является нелинейной, что оказывает благоприятное влияние на динамические свойства тележки.

Практика эксплуатации доказывает, что невозможно и нецелесообразно однозначно (положительно или отрицательно) оценивать влияние подрессоренных и не подрессоренных систем в тележках. Эти системы необходимы для безопасного технологического функционирования тележки. Для детальной оценки их динамического влияния следует использовать доступные теоретические, экспериментальные и практические методы. В настоящее время продолжается совершенствование двухосных тележек грузовых вагонов. Тележки обоих упоминавшихся типов имеют конструктивные элементы, которые могут быть использованы в рамках

общего решения. Улучшение динамических свойств тележки обеспечивается следующими факторами:

- повышением динамической жесткости осей колесных пар;
- применением двойной динамической системы в первичном или вторичном рессорном подвешивании;
- увеличением отношения высоты цилиндрических винтовых рессор к их диаметру;
- нелинейной характеристикой упругих элементов;
- использованием жестких компактных рам тележек.

## 2. Сырье, применяемое для производства пружин

Требования к пружинам рессорного подвешивания определяются в соответствии с ГОСТом 1452-2003 «Пружины цилиндрические винтовые тележек и ударно-тяговых приборов подвижного состава железных дорог».

В качестве материала используется горячекатаный круглый прокат из легированной рессорно-пружинной стали по ГОСТ 14959-79 («Прокат из рессорно-пружинной углеродистой и легированной стали»). Наиболее применяемые стали – 55С2, 60С2, 55С2А, 60С2А, 60С2ХА, 60С2ХФА, их химический состав и механические свойства указаны в таблицах 1 и 2.

**Таблица 1. Химический состав наиболее применяемых сталей для производства пружин рессорного подвешивания (ГОСТ 14959-79)**

| Марка стали | Массовая доля элементов, % |         |         |              |
|-------------|----------------------------|---------|---------|--------------|
|             | C                          | Si      | Mn      | Cr           |
| 55С2        | 0,52-0,6                   | 1,5-2,0 | 0,6-0,9 | Не более 0,3 |
| 60С2        | 0,57-0,65                  |         |         |              |
| 55С2А       | 0,53-0,58                  |         |         |              |
| 60С2А       | 0,58-0,63                  | 1,6-2,0 | 0,4-0,7 | 0,7-1,0      |
| 60С2ХА      | 0,56-0,64                  | 1,4-1,8 |         | 0,9-1,2      |
| 60С2ХФА     |                            |         |         |              |

Источник: ФГУП «Стандартинформ»

Основное требование к пружинно-рессорной стали – это максимальный предел упругости. Величина предела упругости зависит в основном от количества углерода в стали: чем его больше, тем выше предел упругости. Второе требование – высокая релаксационная стойкость (стойкость против снижения предела упругости).

При изготовлении железнодорожных пружин для вагонных тележек применяется горячая деформация. После горячей навивки пружину закаливают и подвергают среднему отпуску. Металл приобретает мелкопластинчатую структуру, которая обладает минимальным запасом вязкости. Так как пружины должны работать только на упругость, то вязкость не является ограничением.

Повысить усталостную стойкость можно также обработкой, заключающейся в поверхностном наклепе дробью или песком. После изготовления и термообработки поверхности пружины тщательно шлифуют, полируют и красят, чтобы ликвидировать концентраторы напряжений для последующего устранения усталостных трещин.

По отзывам представителей предприятий, производящих пружины, и в России, и на Украине отсутствует дефицит рессорно-пружинной стали. Основные поставщики металла представлены в таблице 3.