

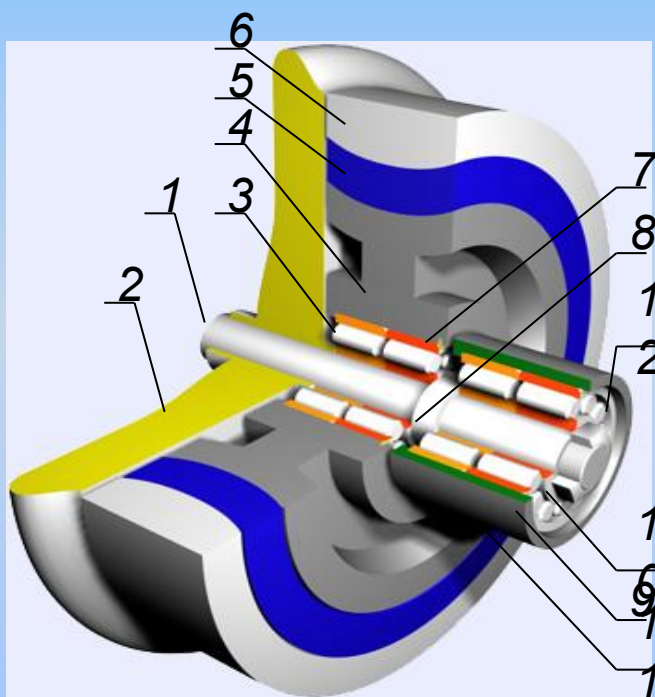
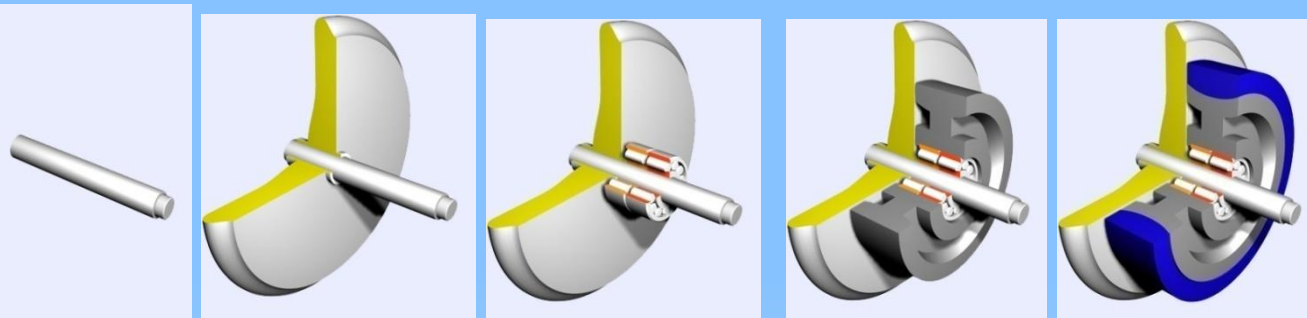
Омский государственный университет путей сообщения  
(ОмГУПС, (ОМИИТ))  
ООО «Гибкие транспортные системы»

## Перспективная конструкция колесной пары вагонной тележки.

Ген. директор ООО «Гибкие транспортные системы»,  
доцент ОмГУПС, к.т.н. Шилер Валерий Викторович

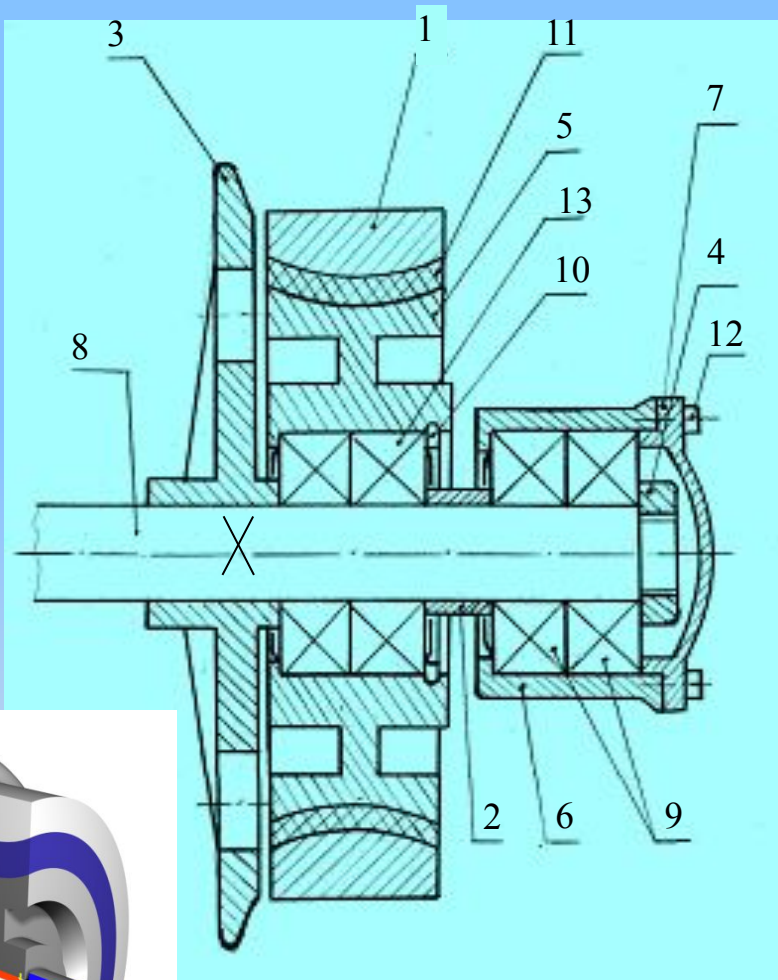
Омск 2013

Колесо с подрессоренным бандажом и независимым вращением поверхностей, контактирующих с головкой рельса.



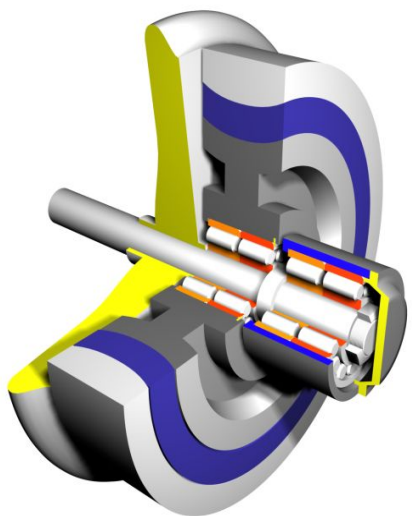
1. *Ось колёсной пары*
2. *Дисковый гребень*
3. *Подшипники колеса*
4. *Диск колеса*
5. *Упругий элемент*
6. *Бандаж упругий*
7. *Кольцо стопорное*
8. *Втулка подшипников промежуточная*
9. *Подшипники буксовые*
10. *Гайка стопорная*
11. *Корпус буксы*
12. *Крышка буксы*

# «Гибкое колесо» ж.-д. колесной пары



## Обозначения:

1. Бандаж упругий гибкого колеса
2. Втулка подшипников промежуточная
3. Гребень колеса дисковый.
4. Гайка осевая стопорная
5. Диск колеса
6. Корпус буксы
7. Крышка буксы
8. Ось колесной пары.
9. Подшипники буксовые
10. Кольцо запорное
11. Прокладка упругая
12. Болты крепления крышки буксы
13. Подшипники диска гибкого колеса



# Классификация конструкций колесных пар

Колесные пары с горизонтальным положением осей вращения колес.

Конструктивные отличия колесных пар	Схема конструктивного решения	Связи между поверхностями касания				Сопротивление движению, %
		K1 Г1	K2 Г2	K1 К2	Г1 Г2	
1.1. Традиционная с профилированными бандажами		○	○	○	○	Базовый отсчет 100
1.2. Традиционная с цилиндрическими бандажами		○	○	○	○	130
1.3. Со свободновращающимися колесами и профилированными бандажами		○	○	-	-	75
1.4. Со свободно вращающимися колесами и цилиндрическими бандажами		○	○	-	-	75
1.5. Пара колес с отдельным приводом и профилированными бандажами		○	○	-	-	75
1.6. С независимо вращающимися друг от друга поверхностями катания и гребней		-	-	-	○	50
1.7. Пара колес с профилированными бандажами		○	○	○	○	90
1.8. Пара колес с цилиндрическими бандажами		○	○	○	○	120

Колесные пары с наклонным положением осей вращения колес.

Конструктивные отличия колесных пар	Схема конструктивного решения	Связи между поверхностями касания				Сопротивление движению, %
		K1- Г1	K2- Г2	K1- К2	Г1- Г2	
2.1. Со свободновращающимися наклонными колесами и профилированными бандажами		+	+	-	-	75
2.2. Со свободновращающимися наклонными колесами и цилиндрическими бандажами		+	+	-	-	75
2.3. С наклонными колесами и профилированными бандажами		+	+	+	+	90
2.4. С наклонными колесами и коническими бандажами		+	+	+	+	90
2.5. Пара наклонных колес с профилированными бандажами		+	+	+	+	90
2.6. Пара наклонных колес с коническими бандажами		+	+	-	-	75
2.7. Пара свободновращающихся наклонных колес с отдельным приводом и профилированными бандажами		+	+	-	-	75
2.8. Пара свободновращающихся наклонных колес с отдельным приводом и коническими бандажами		+	+	-	-	75

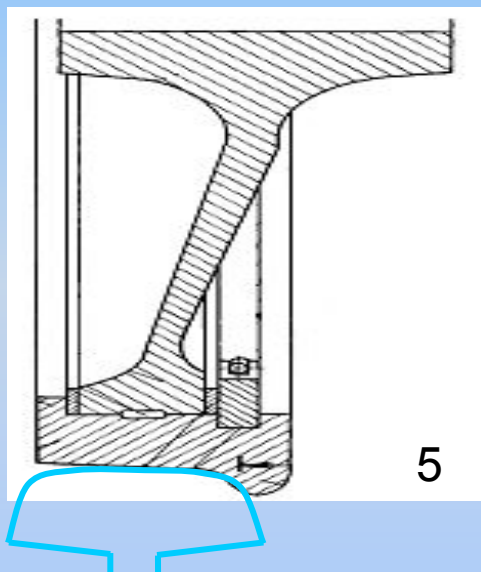
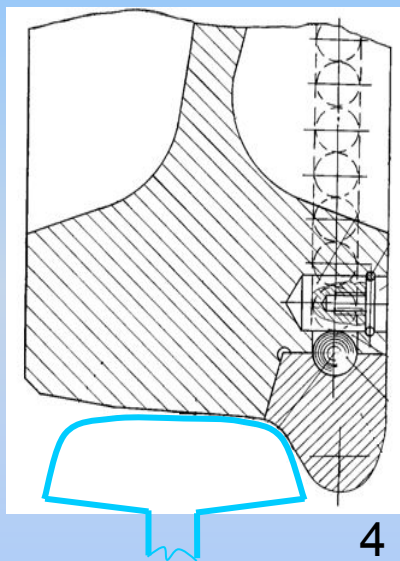
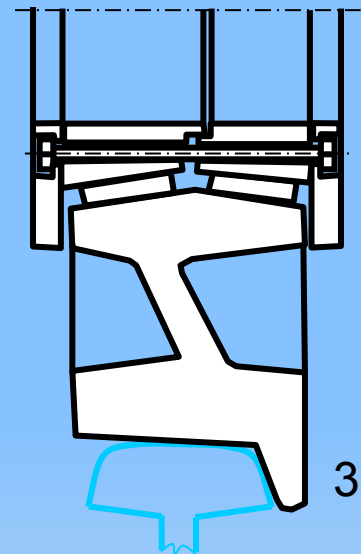
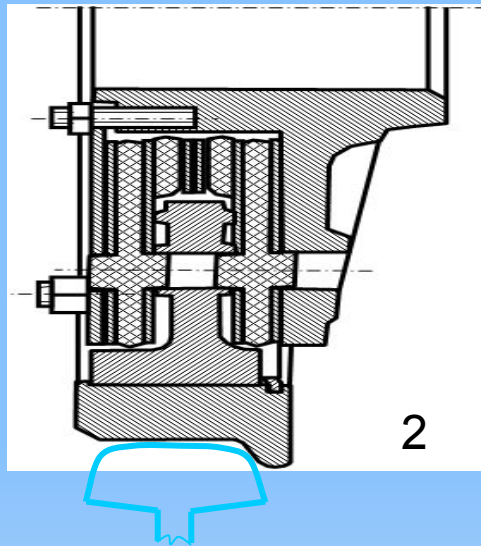
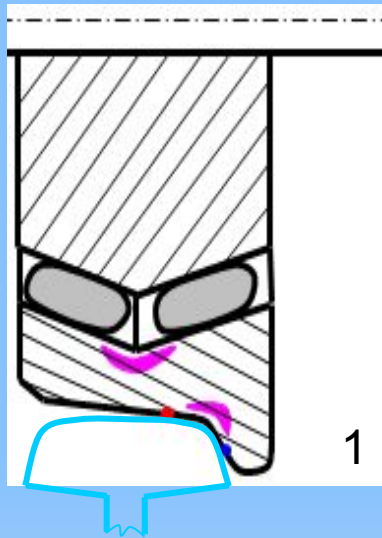


- С момента появления железных дорог и по настоящее время на железнодорожном подвижном составе используется существующая стандартная колесная пара. Поэтому существует острая востребованность в новых высокоэффективных конструкциях колесных пар. Обоснованием этой потребности являются результаты анализа динамики основных технико-экономических показателей железнодорожных перевозок в РФ за последние 40 лет. Так, например: участковая скорость снизилась с 39 до 36 км/ч, осевая нагрузка возросла с 21 ÷ 23 до 23 ÷ 25 т, средний вес поезда с 3500 до 4300 т, скорость доставки грузов – с 12 до 8 км/ч, порожний пробег вагонов вырос с 20 до 42 %, максимальная пропускная способность двупутного участка находится на одном уровне – 120÷130 пар поездов в сутки. По оценке экспертов существующая транспортная инфраструктура уже с трудом справляется даже с сокращенными грузопотоками.

- В настоящее время у ряда специалистов сформировалась мнение, что подсистема "колесо- рельс" исчерпала полностью свои резервы для дальнейшего повышения скорости движения и эффективности железнодорожных перевозок. Поэтому на повестку дня они ставят задачу строительства транспортной системы на магнитном подвешивании ("Маглев"), которая будет двигаться в трубе. Для снижения аэродинамического сопротивления движению специальной кабины планируется из трубы откачивать воздух. (Кабина, рассчитанная на шесть человек и движется в трубе со скоростью 1500км/ч). Но к этой транспортной системе больше вопросов к обеспечению безопасности движения и нахождению пассажиров в кабине, а также и в её экономической целесообразности

- Для повышения технико-экономических показателей железнодорожных перевозок авторами разработана новая конструкция колесной пары, подробное описание которой представлено в работах. Основными особенностями новой конструкции колесной пары это реализация независимого вращения относительно друг - друга всех поверхностей колес, контактирующих с головками рельсов, а также подрессоривание бандажей.

# Прототипы новой конструкции колеса

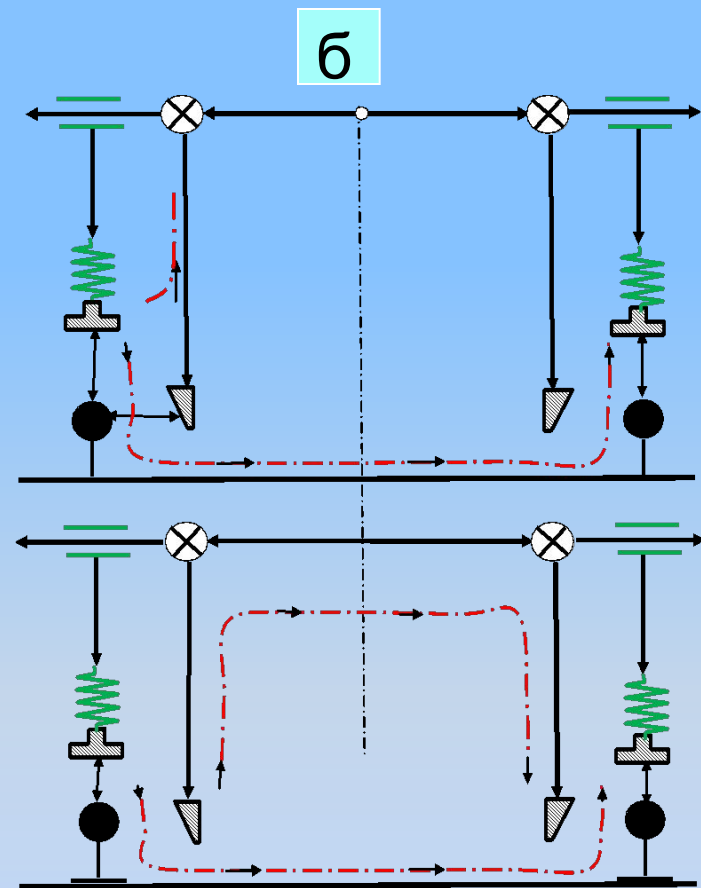
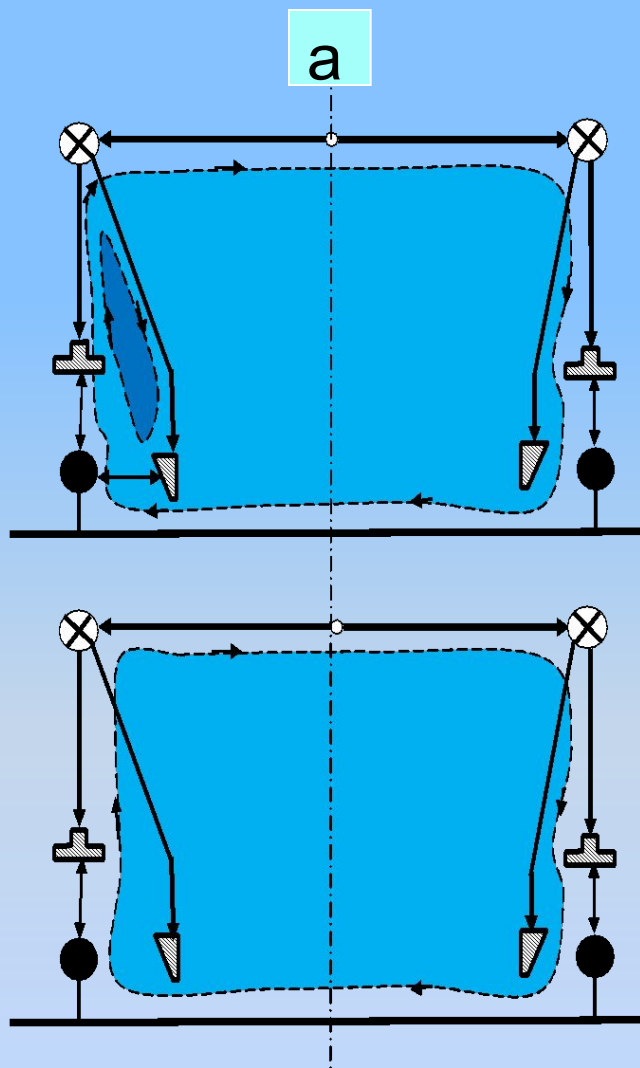


Обозначение типов колес:

1 – Siemens ICE 1; 2 – 4 Голубенко А.Л.; 5 – Винника Л.В.

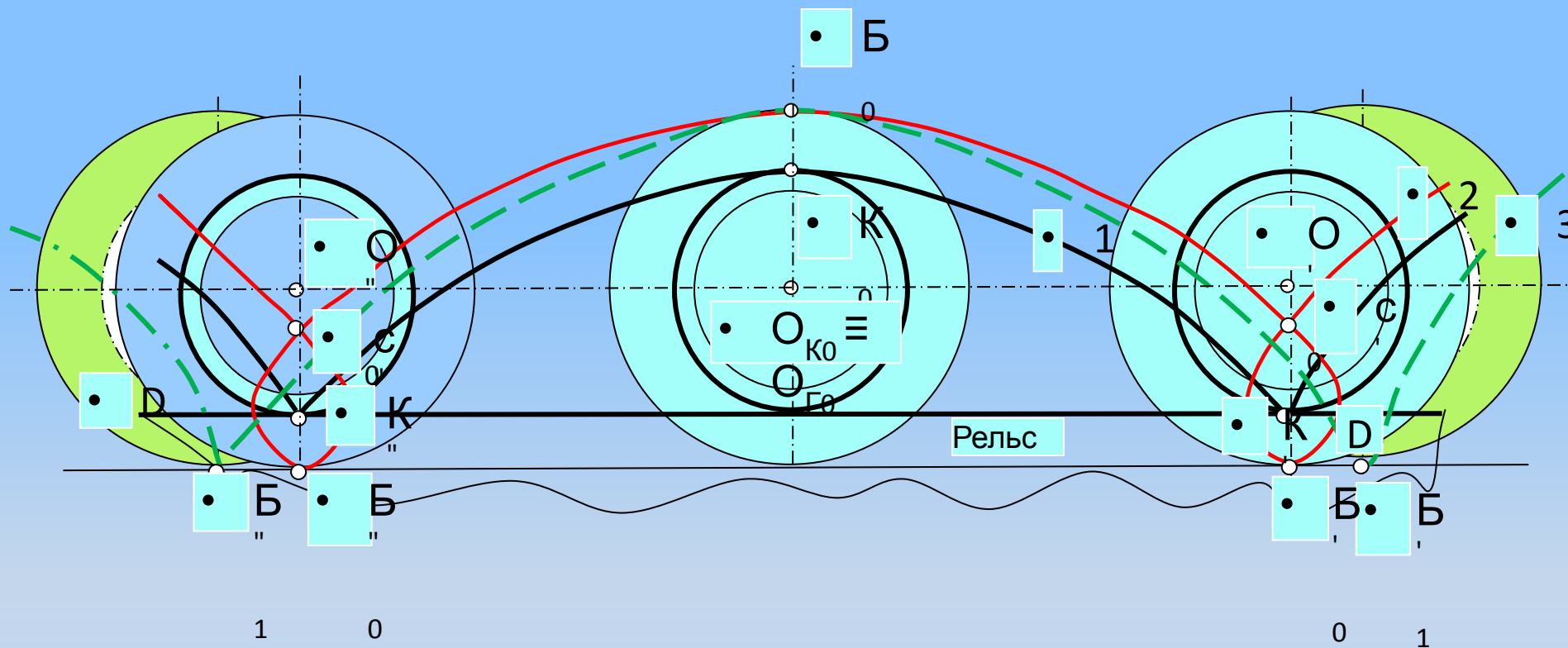
9

# Кинематические схемы механических систем стандартной (а) и новой (б) конструкций колесных пар и рельсошпальной решетки





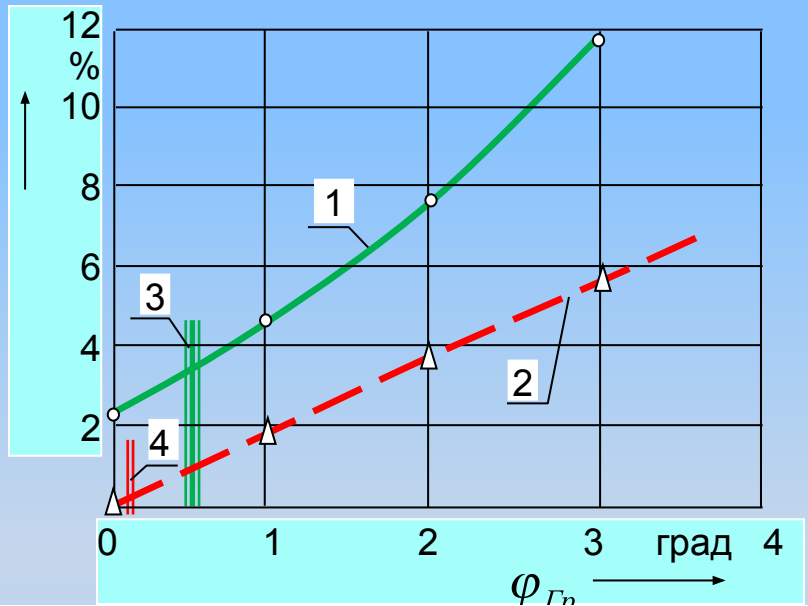
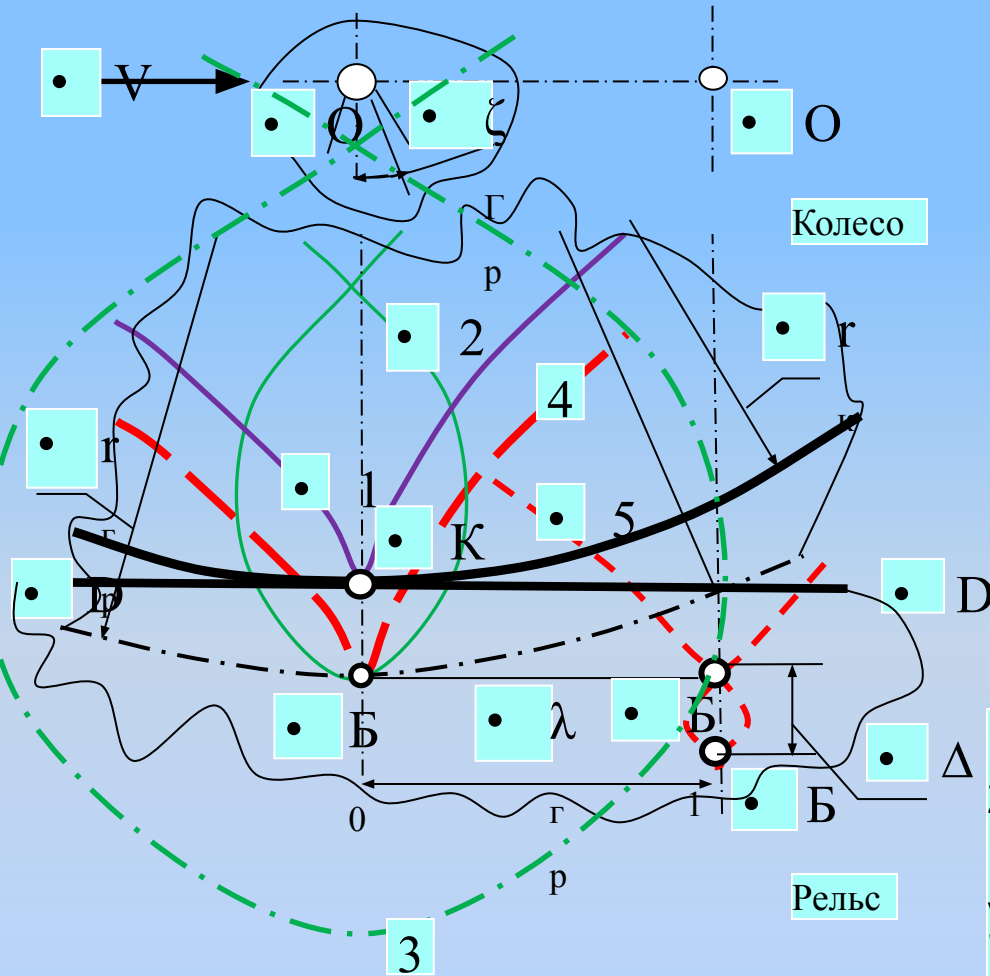
# Траектории движения точек контактов поверхностей катания гибкого банджа (К) и гребня (Б) без «забега»



- 1 – траектория точки на поверхности катания (обыкновенная циклоида);
- 2 - траектория точки на боковой поверхности гребня стандартного колеса (удлиненная циклоида);
- 3 - траектория точки на боковой поверхности гребня новой колесной пары (обыкновенная циклоида).

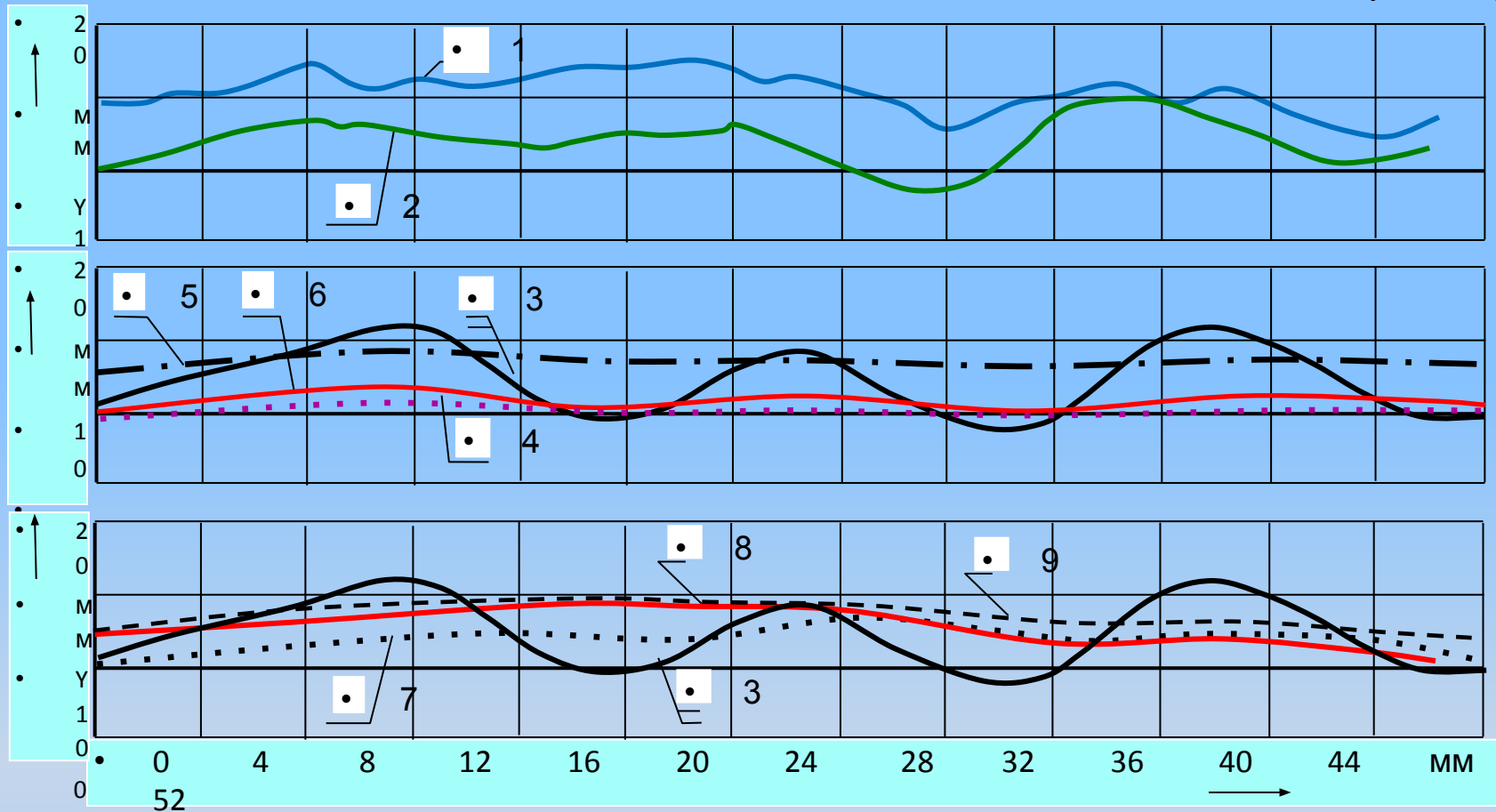
# 11 Траектории движения точек контактов гребней колес ( $B_1$ ) с боковой поверхностью головки рельса при наличии «забега» $\lambda_{гр}$ .

Зависимость приведенной длины скольжения гребня по головке рельса от угла набегания колесной пары на рельс в прямом участке.



1 – стандартная колесная пара;  
 2 – новая конструкция колесной пары.  
 Максимально возможные значения угла набегания гребня на рельс:  
 3 – стандартная колесная пара;  
 4 – новая конструкция колеса.

# Траектории оси рельсовой колеи и продольного движения центра масс тележки относительно координат $X_T$ и $Y_T$ .

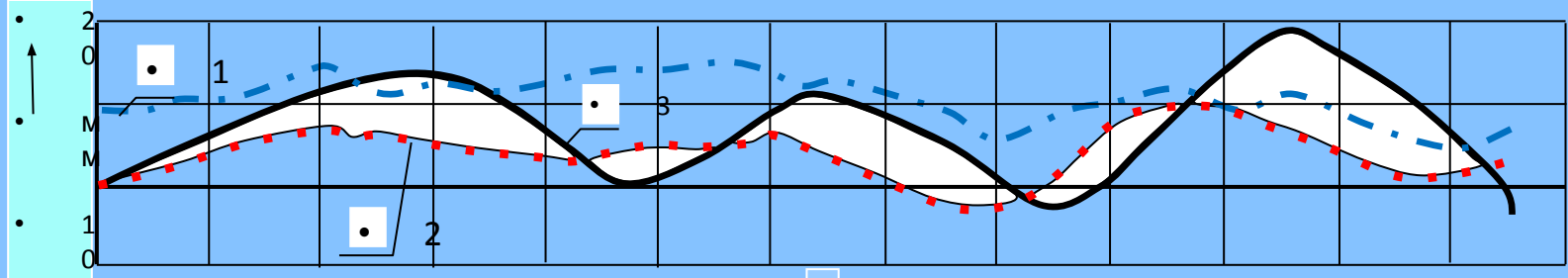


Траектория оси рельсовой колеи: линии: 1 – по уровню ( $z_{\Pi}$ ); 2 – в плане ( $y_{\Pi}$ ).

Траектория движения стандартной колесной пары: линия 3 –  $y_0 = 0$  мм.

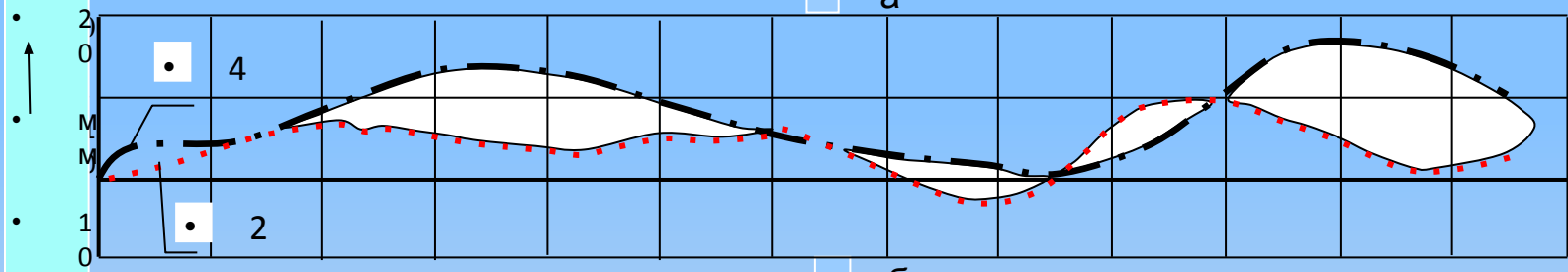
Траектории движения тележки с новой конструкцией колесных пар: при воздействии неровностей в плане: линии 4 –  $y_0 = 0$  мм; 5 –  $y_0 = 6,0$  мм; при воздействии неровностей по уровню и в плане: линии: 6 –  $y_0 = 0$  мм; 7 –  $y_0 = 0$  мм; 8 –  $y_0 = 6,0$  мм; 9 – при скорости движения  $V = 50,0$  м/с.

# Положение колесных пар относительно оси рельсовой колеи по координате $Y_{КП}$ :



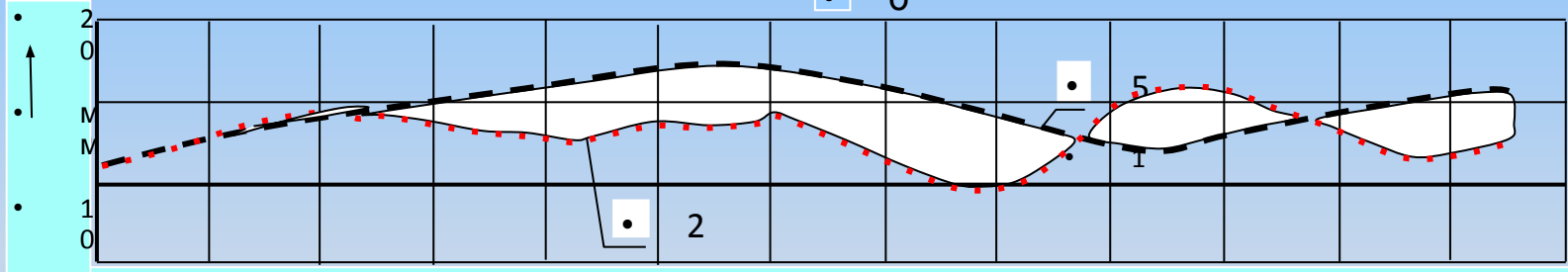
$\mu = 0,05$   
 $\Delta y_{CP} = 5,76 \text{ мм}$

а



$\mu = 0,025$   
 $\Delta y_{CP} = 5,64 \text{ мм}$

б

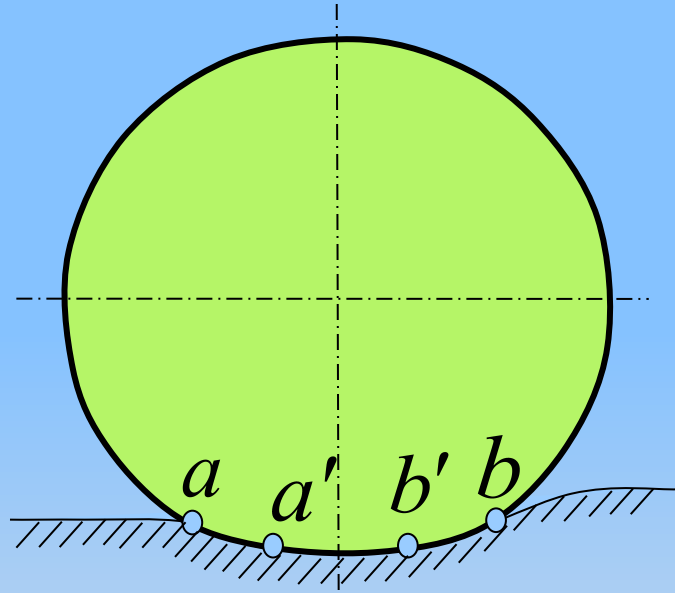


$\mu = 0,01$   
 $\Delta y_{CP} = 5,48 \text{ мм}$

в

0 4 8 12 16 20 24 28 32 36 40 44 м

1 – траектория оси рельсовой колеи по уровню ( $z_{П}$ ); 2 – траектория оси рельсовой колеи в плане ( $y_{П}$ ); 3 – движение колесной пары при  $y_0 = 0$  мм и  $\mu = 0,05$  (стандартная конусность); 4 - движения колесной пары при  $\mu = 0,025$ ; 5 - движения колесной пары при  $\mu = 0,01$ .



Зависимость для силы трения качения одиночного колеса, предложенная Кулоном

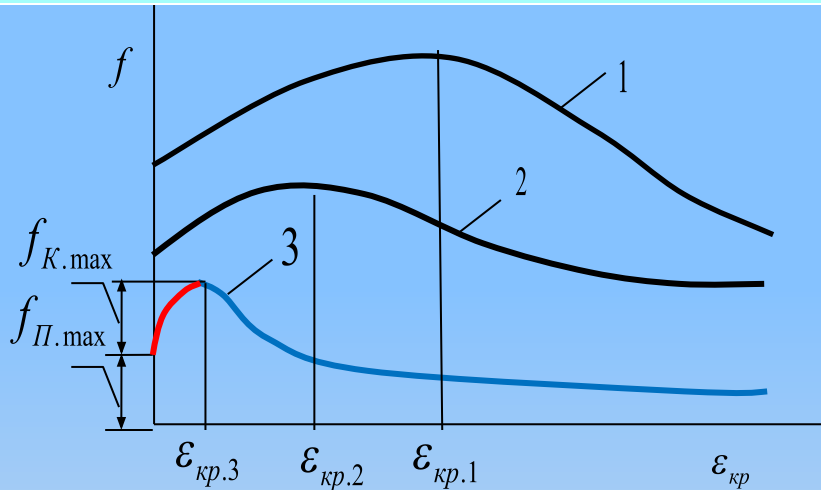
$$T = k \frac{P}{r}$$

Взаимодействие колеса с опорной плоскостью в процессе качения по теории Рейнольдса



- *Общие сведения о трении качения*  
Согласно теории Рейнольдса [4], трение качения формируется за счет встречного микроскольжения материалов в плоскости вращения колеса на противоположных концах площадки контакта «колесо-рельс»  $aa'$  и  $b'b$  которая, согласно теории Герца, имеет форму эллипса. В центре площадки контакта ( $a' b'$ ) действует трение "покоя»

Зависимость коэффициентов трения скольжения ( $f$ ) от относительной скорости проскальзывания ( $\varepsilon_{кр}$ ).



Линии для уровней нагрузки:  
1 – малой; 2 – средней; 3 – большой.

## 2. Формулы И.В. Крагельского

$$f = (a + b \cdot v) \cdot e^{-c \cdot v} + d$$

$$f_{\Pi} = \frac{\tau_0}{HB} + \beta + 0,44 \cdot \left( \frac{h_{\max}}{R} \right)^{0,5} \cdot \left( \frac{P_c}{E} \right)^{0,25}$$

## 3. Формула Боше:

$$f = \frac{k}{1 + 0,03 \cdot v}$$

## 4. Формула Вихерта:

$$f = \frac{1 + a \cdot v}{1 + b \cdot v} f_0$$

## 5. Формула Франке:

$$f = f_0 \cdot e^{-c \cdot v}$$

## 6. Формула ВНИИЖТа:

$$f = \frac{17}{\sqrt{P} \cdot (v + 40)}$$

## 7. Сила крипа по Картеру:

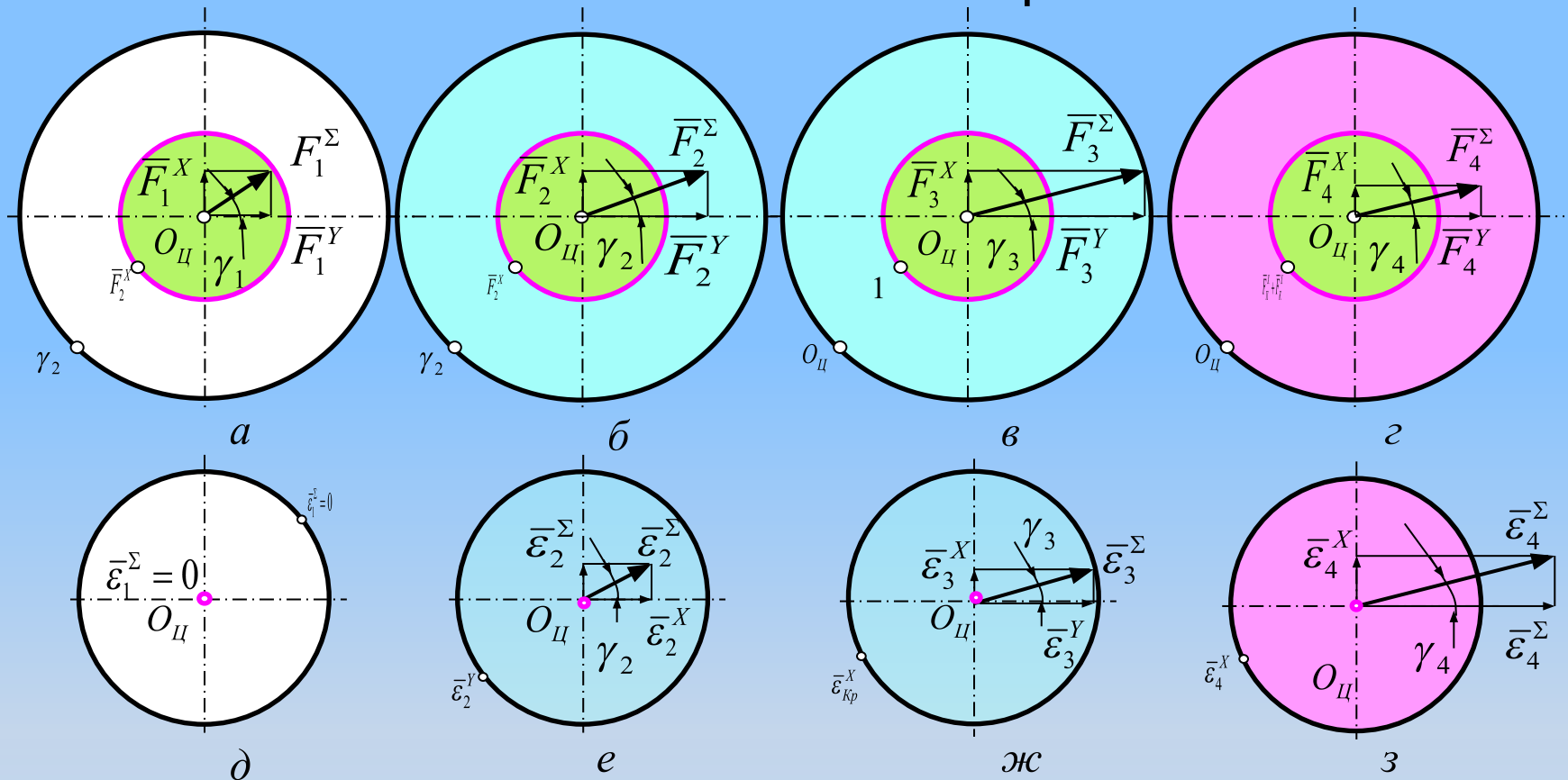
$$K = N \cdot \frac{\varepsilon_K^{\Sigma}}{V}$$

- *Общие сведения о трении скольжения* Как известно, характеристика трения скольжения состоит из трех зон (рис. 1, [4]): в первой зоне при отсутствии относительного движения между двумя телами ( $\varepsilon=0$ ) коэффициент трения скольжения имеет постоянное значение – это трение "покоя" ( $f_{\Pi}$ ); во второй зоне начинается относительное перемещение контактирующих тел и с ростом абсолютной скорости относительного скольжения ( $\varepsilon>0$ ) коэффициент трения скольжения увеличивается от значения трения "покоя" ( $f_{\Pi}$ ) до максимального ( $f_{Д\max}$ ) – эта зона, так называемого "трения движения" ( $f_{Д\max}$ ). Максимальное значение общего коэффициента трения ( $f_{С\max}$ ) (критическая точка) равно сумме значений коэффициентов двух видов трения:

$$f_{С\max} = f_{\Pi\max} + f_{Д\max}$$

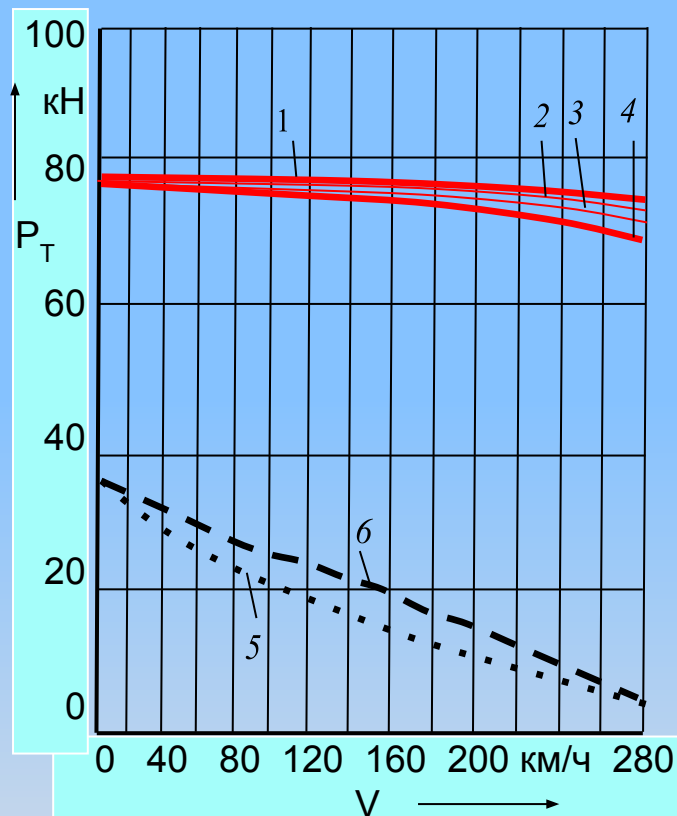
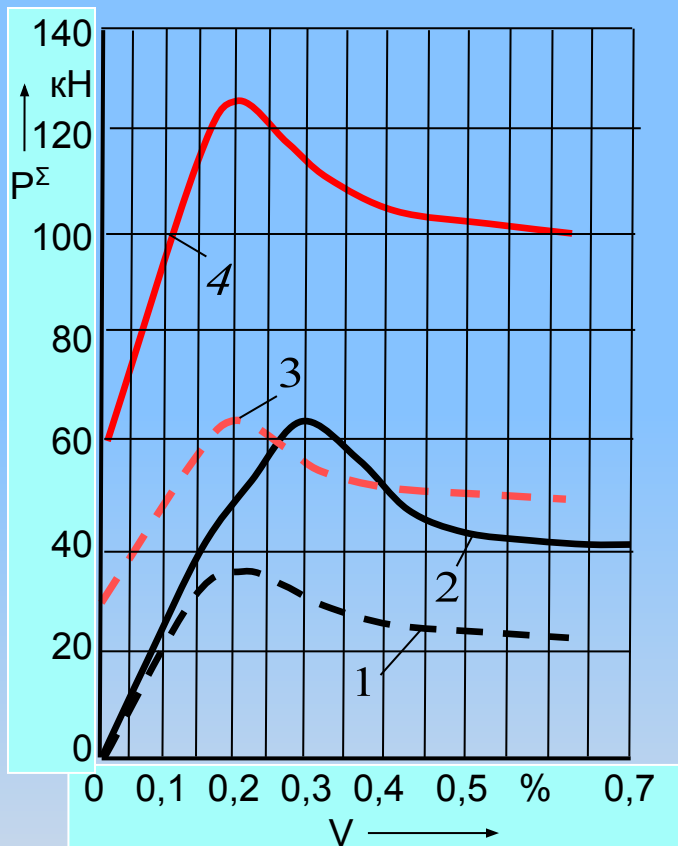
- Третья зона находится за критической точкой, основной особенностью которой является отрицательный наклон характеристики "трения движения" – это зона боксования.

# Векторные диаграммы сил трения и абсолютных скоростей относительного проскальзывания в точке контакта колесо – рельс.



Окружности: – ( $O_{ц}1$ ) геометрическое место предельных значений результирующих векторов сил трения – трения «покоя» ( $\vec{F}_{П.маx}$ ); ( $O_{ц}2$ ) – геометрическое место предельных значений суммы результирующих векторов сил трения "покоя" и "крипа" ( $\vec{F}_{П.маx} + \vec{F}_{К.маx}$ ); ( $O_{ц}3$ ) – геометрическое место критических значений результирующих векторов абсолютной скорости скольжения ( $\vec{\epsilon}_{кр}^{\Sigma}$ ) колеса по рельсу.

# Зависимости сил сцепления колесной пары новой конструкции



**От относительной скорости проскальзывания:**

Линии: 1 и 2 – силы сцепления стандартного колеса и колесной пары, соответственно; 3 и 4 – силы сцепления новой конструкции колеса и колесной пары, соответственно.

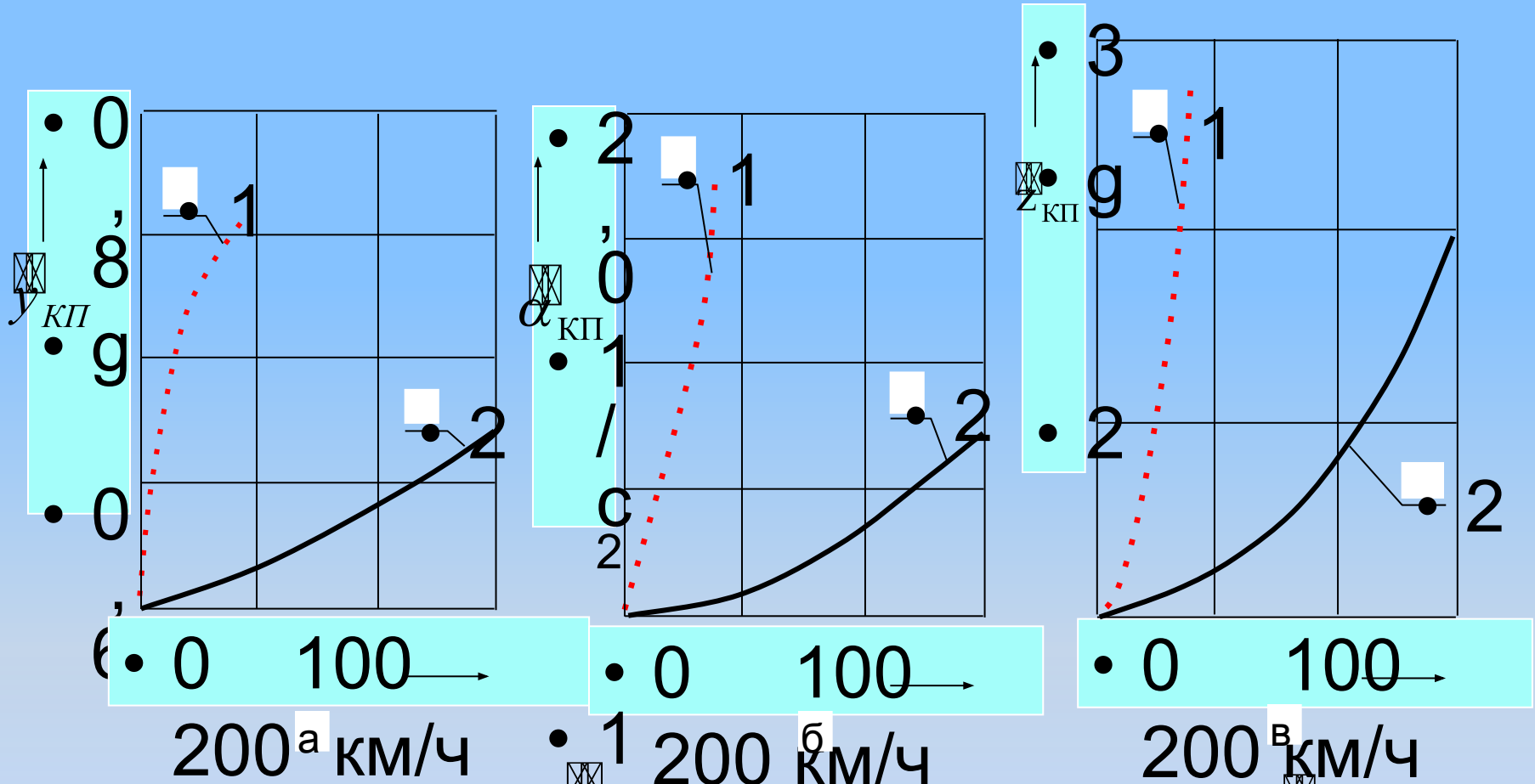
**От скорости движения подвижного состава:**

Линии амплитуд извилистого движения: 1 –  $h=5$ ; 2 –  $h=10$ ; 3 –  $h=15$ ; 4 –  $h=20$ ; 5 – зависимость предельной силы сцепления стандартной колесной пары ( $h=0,1$  м и  $L = 20$  м); 6 – расчетная зависимость силы сцепления по методике



# Зависимость амплитуд ускорений колесной пары от скорости движения

(при воздействии сочетаний неровностей в прямом участке рельсовой колеи)

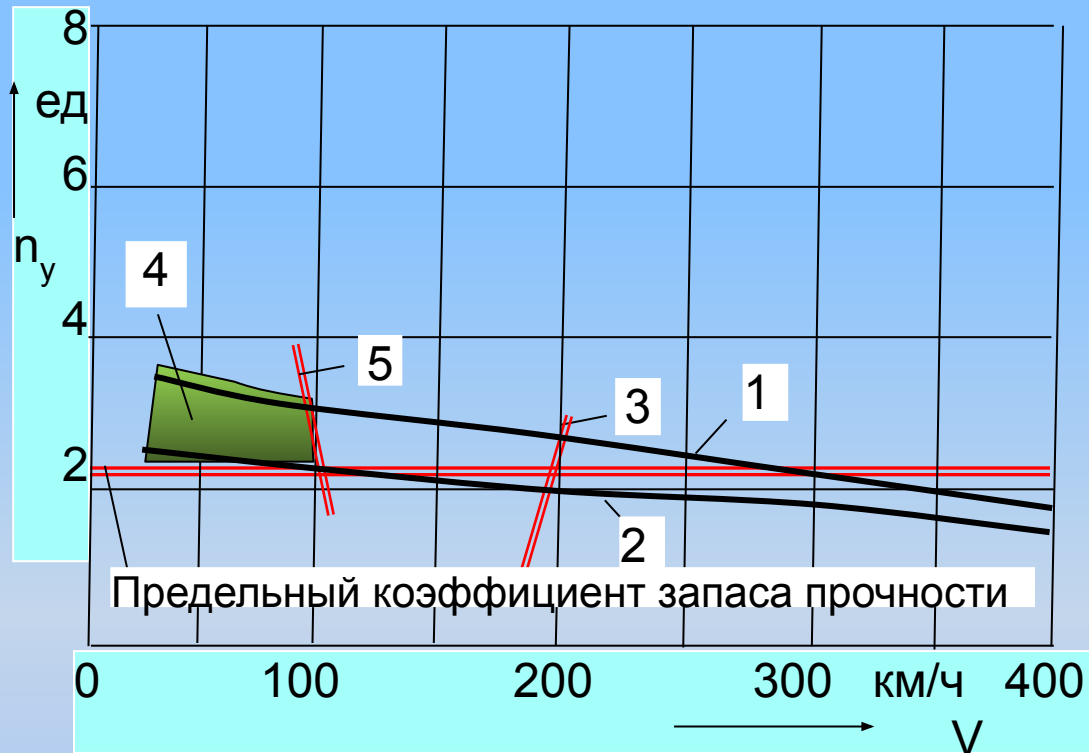


а) ускорения по координате  $y_{KP}$ ; б) ускорения по координате  $\alpha_{KP}$ ;

в) ускорения по координате  $z_{KP}$ .

Линии: 1 – стандартная колесная пара;  
2 – новая конструкция колесной пары.

# Прочностные характеристики бандажа стандартной колесной пары



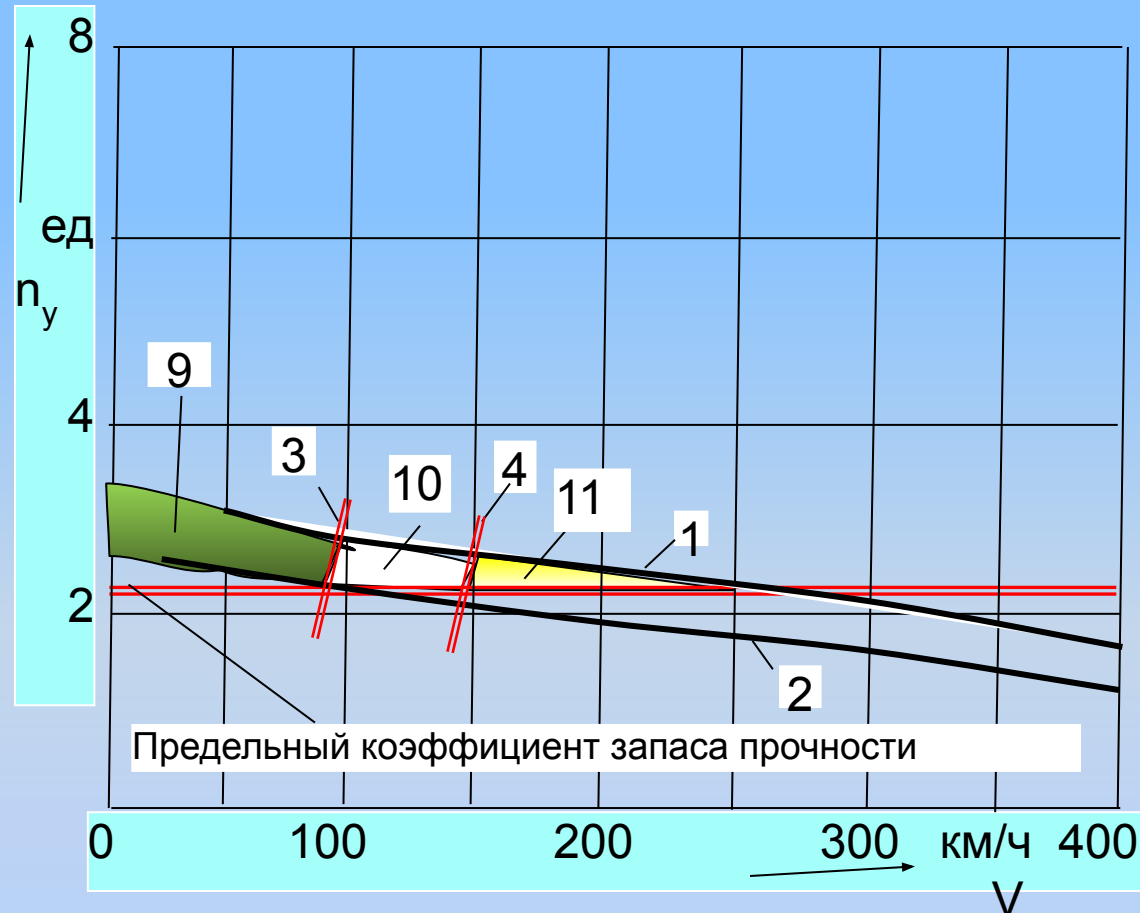
1 - зависимость коэффициента усталостной прочности ( $n_y$ ) при  $D=0,7$  м;

2 - зависимость коэффициента усталостной прочности ( $n_y$ ) при  $D=1,25$  м;

3 - предел по коэффициенту усталостной прочности ( $n_y$ ) при длине волны неровностей  $l = 0,06$  м;

4 - зона допустимых скоростей движения при длине волны неровностей  $l = 0,06$  м;

5 - предел по контактному напряжению

**Линии:**

1 - зависимость коэффициента усталостной прочности ( $n_y$ ) при  $D=0,7$  м;

2 - зависимость коэффициента усталостной прочности ( $n_y$ ) при  $D=1,25$  м;

3 - предел по коэффициенту усталостной прочности ( $n_y$ ) при  $l = 0,06$  м;

4 - предел по коэффициенту усталостной прочности ( $n_y$ ) при  $l = 0,125$  м.

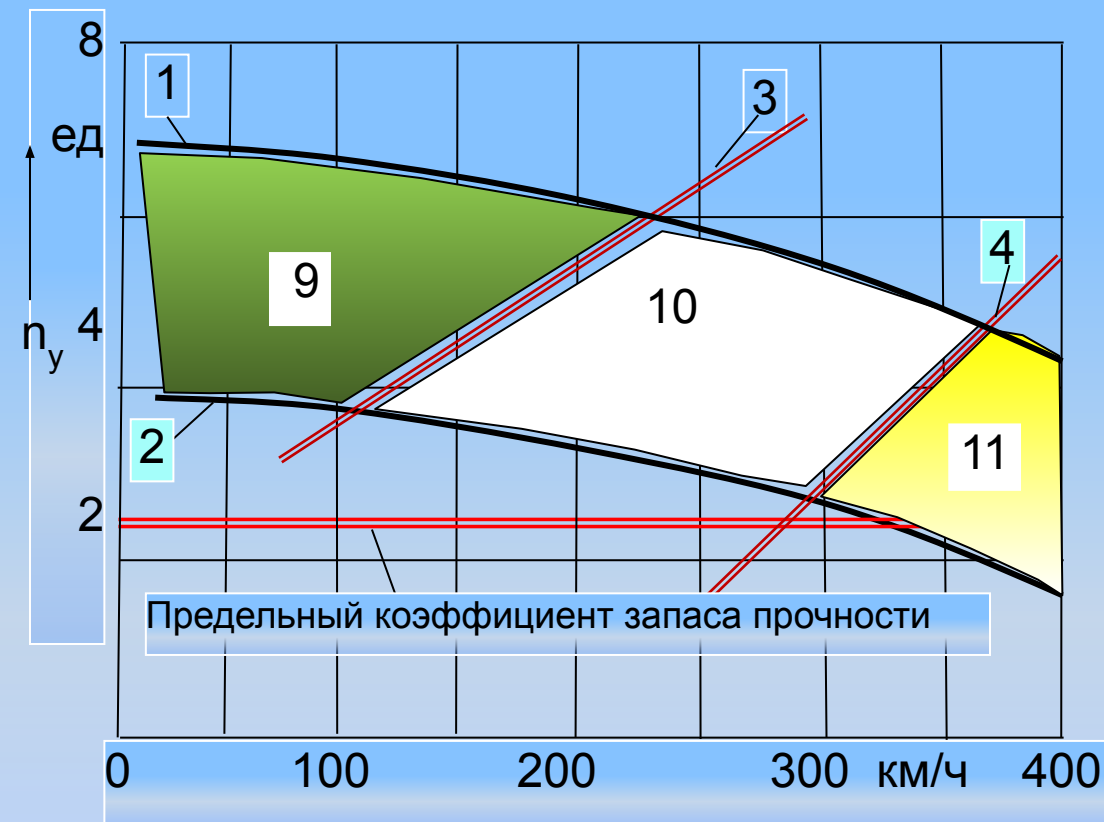
**Зоны:**

9 - зона допустимых скоростей движения при  $l = 0,06$  м;

10 - зона допустимых скоростей движения при  $l = 0,125$  м;

11 - зона допустимых скоростей движения при  $l = 0,25$  м.

# Прочностные характеристики бандажа «Гибкого колеса»



## Линии:

1 - зависимость коэффициента усталостной прочности ( $n_y$ ) при  $D=0,7$  м;

2 - зависимость коэффициента усталостной прочности ( $n_y$ ) при  $D=1,25$  м;

3 - предел по коэффициенту усталостной прочности ( $n_y$ ) при  $l = 0,06$  м;

4 - предел по коэффициенту усталостной прочности ( $n_y$ ) при  $l = 0,125$  м.

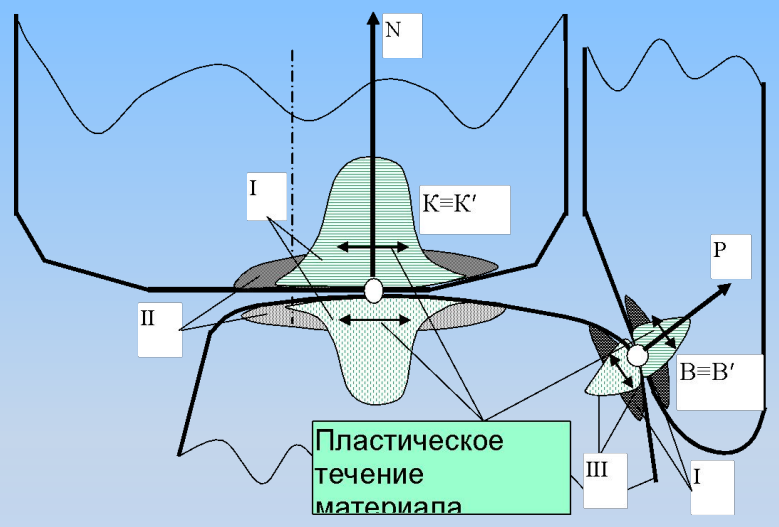
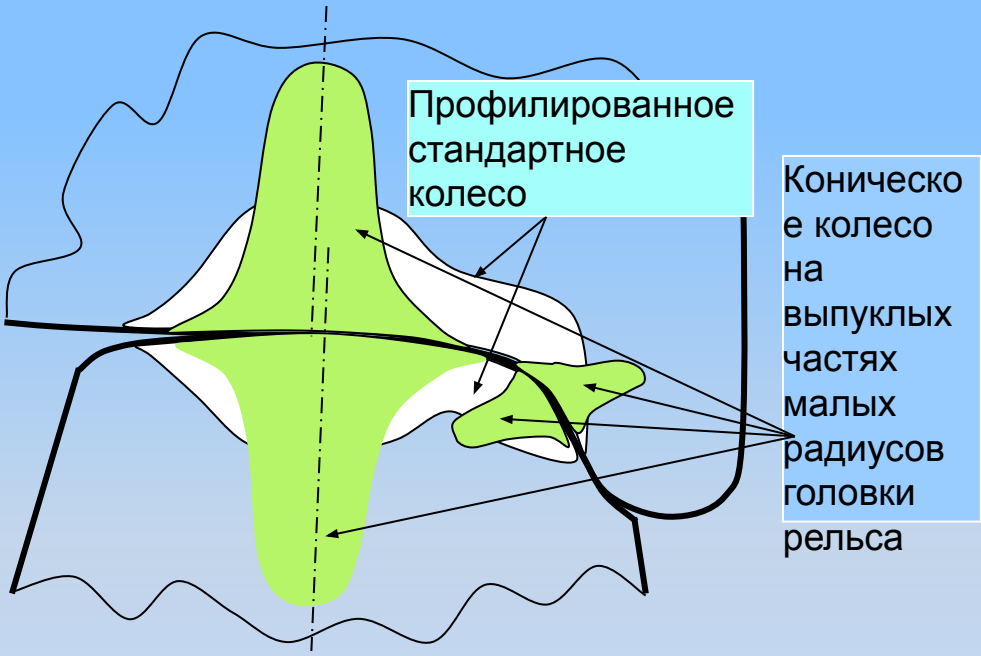
## Зоны:

9 - зона допустимых скоростей движения при  $l = 0,06$  м;

10 - зона допустимых скоростей движения при  $l = 0,125$  м;

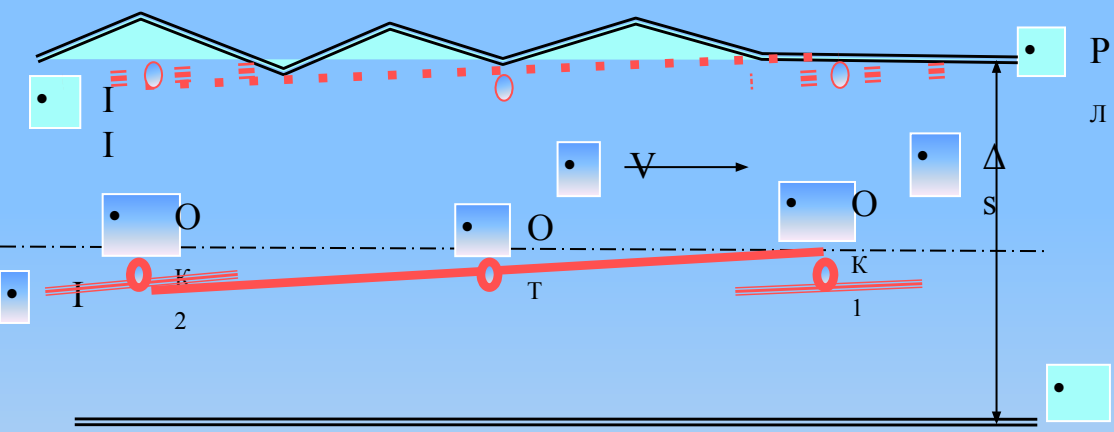
11 - зона допустимых скоростей движения при  $l = 0,25$  м.

# Поперечные профили поверхностей катания и напряженное состояние металла стандартного и нового бандажей и рельсов.



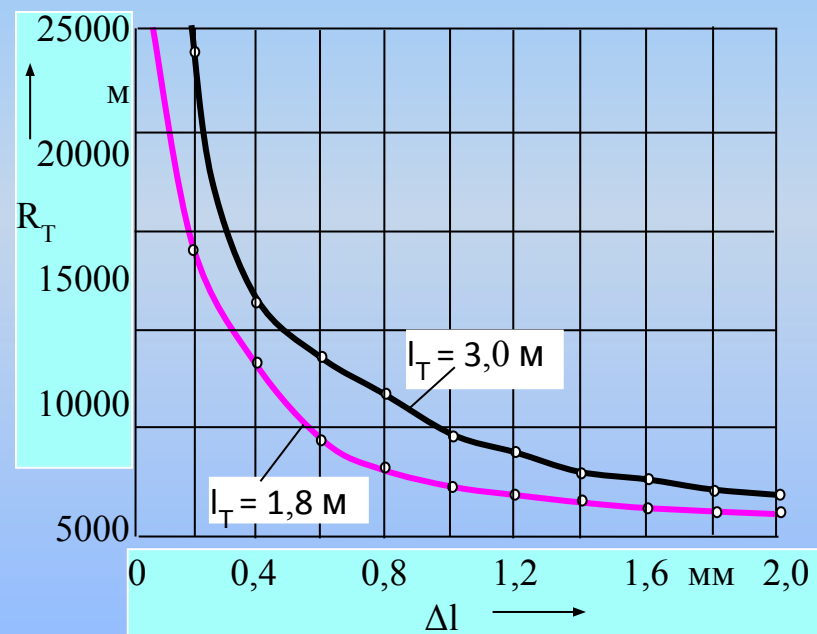


# Кинематическая схема движения тележки с новой конструкцией колес при параллельности колесных пар

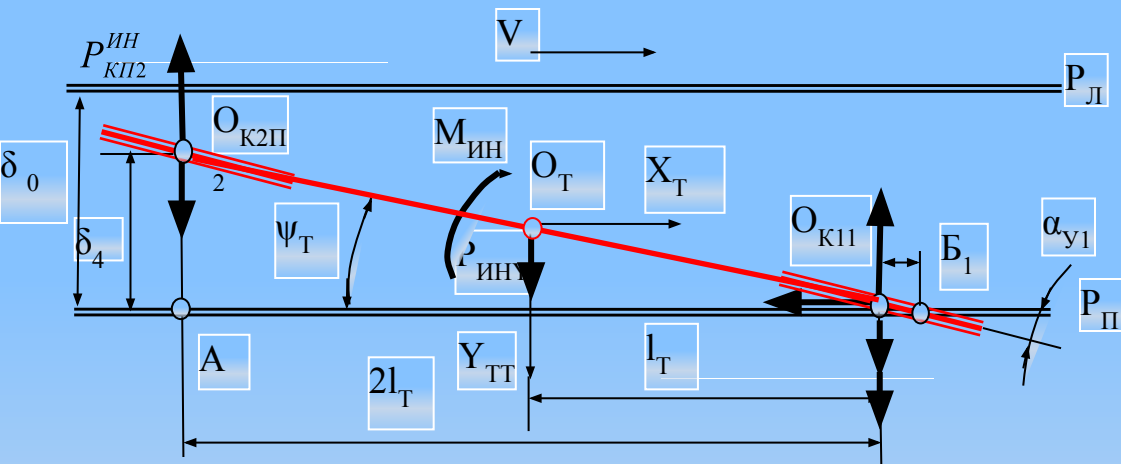


Зависимость радиуса собственной траектории движения тележки от величины непараллельности колесных пар новой конструкции.

Линии:  
 1 – тележка с базой 1800 мм;  
 2 – тележка с базой 3000 мм;



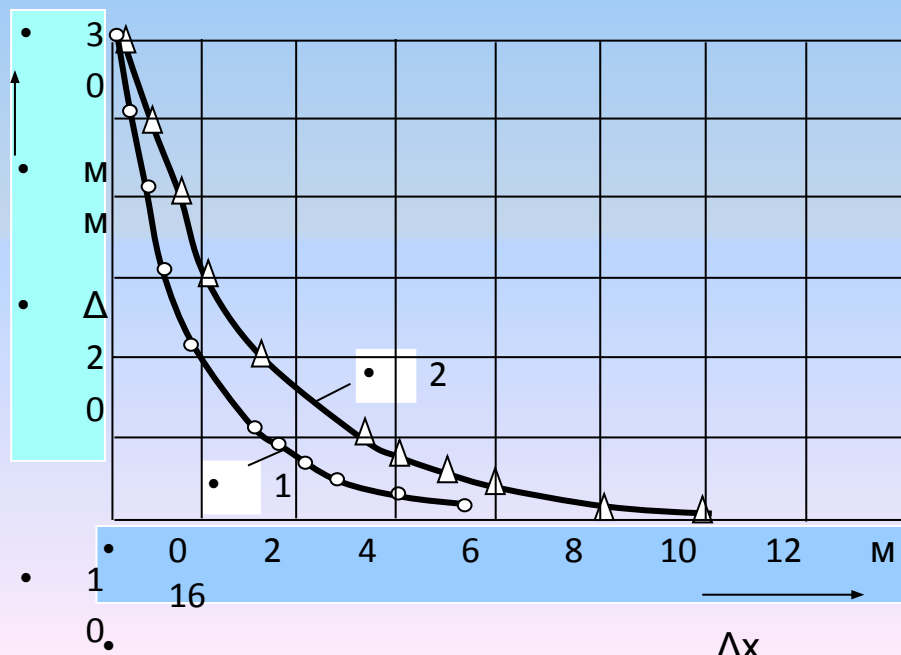
# Кинематическая схема движения тележки с новой конструкцией колес при касании гребня первой колесной пары головки рельса.



Зависимость длины траектории (трактрисы) второй колесной пары тележки от величины зазора между гребнем и направляющим рельсом.

Линии:

- 1 – тележка с базой 1800 мм;
- 2 – тележка с базой 3000 мм;



- Анализ уровня безопасности движения новой конструкции колесной пары
- Основной характеристикой любой конструкции подвижного состава является уровень безопасности движения, который зависит от многих факторов: продольная динамика поезда, состояние верхнего строения пути и подвижного состава и т.д. Одним из конечных результатов этой многофакторной цепи является определение устойчивости положения колесной пары в рельсовой колее, которая оценивается коэффициентом запаса устойчивости от накатывания гребня колеса на головку рельса – коэффициент Надаля.
- Вкатывание гребня колеса на поверхность катания рельса, имеет два вида условий: «необходимые» и «достаточные».

• Безопасность движения по «необходимым» условиям обеспечивает большой запас за счет того, что колесо вообще не должно вкатываться гребнем на боковую поверхность головки рельса, при этом считается, что максимально допустимая скорость движения является заниженной. В рамках «достаточных» условий допускается частичное вкатывание гребня на боковую поверхность головки рельса, которое сопровождается отрывом поверхности катания колеса от поверхности рельса. При этом смещение колеса в плане в течение времени ( $t$ ) не должно превышать максимально допустимого значения смещения в поперечном направлении ( $b_{don}$ ). «Достаточные» условия обеспечивают безопасность движения, однако, максимально допустимая скорость по условию вкатывания гребня на рельс может быть повышена, так как на поперечные перемещения колеса наложены менее жесткие ограничения.

Для повышения объективности расчетов уровня безопасности движения новой конструкции колесной пары расчеты, как и в других случаях, выполнены для двух конструкций колесных пар: стандартной и новой. Расчетные схемы представлены на рисунках 1 . При составлении расчетных схем и уравнений приняты следующие упрощения:

- – действующие на колесо нагрузки в вертикальном и горизонтально-поперечном направлениях приняты постоянными и равными для обоих вариантов конструкций колесных пар;
- – не учитываются динамические характеристики верхнего строения экипажа и пути и неровности на поверхностях катания колес и рельсов;

- – коэффициент трения ( $\mu$ ) в точках контакта гребней и головок рельсов принят одинаковым для обеих конструкций колесных пар ( $\mu = 0,25$ );
- величина вертикальной осевой нагрузки принята постоянной и равной величине 250 кН;
- – площадь в месте контактирования гребня и рельса имеет вид точки.
- Поскольку все геометрические параметры для двух вариантов конструкций колесных пар приняты одинаковыми, то для них величина «забега» точки контакта ( $\lambda$ ) при набегании гребня на головку рельса определяется по уравнению:

$$\lambda = (R_K + t) \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \gamma) \cdot \operatorname{tg}\tau \quad (1)$$

где  $R_K$  – радиус поверхности катания колеса;  
 $t$  — расстояние от уровня головки рельса до точки прижатия гребня к боковой поверхности головки рельса (обычно принимают  $t = 10$  мм);  
 $\alpha$  — угол набегания колеса на рельс (максимально возможное значение равно  $3^\circ$ );  
 $\tau$  — угол наклона рабочей поверхности гребня к горизонту;  
 $\gamma$  — угол отвода рельсовой колеи.

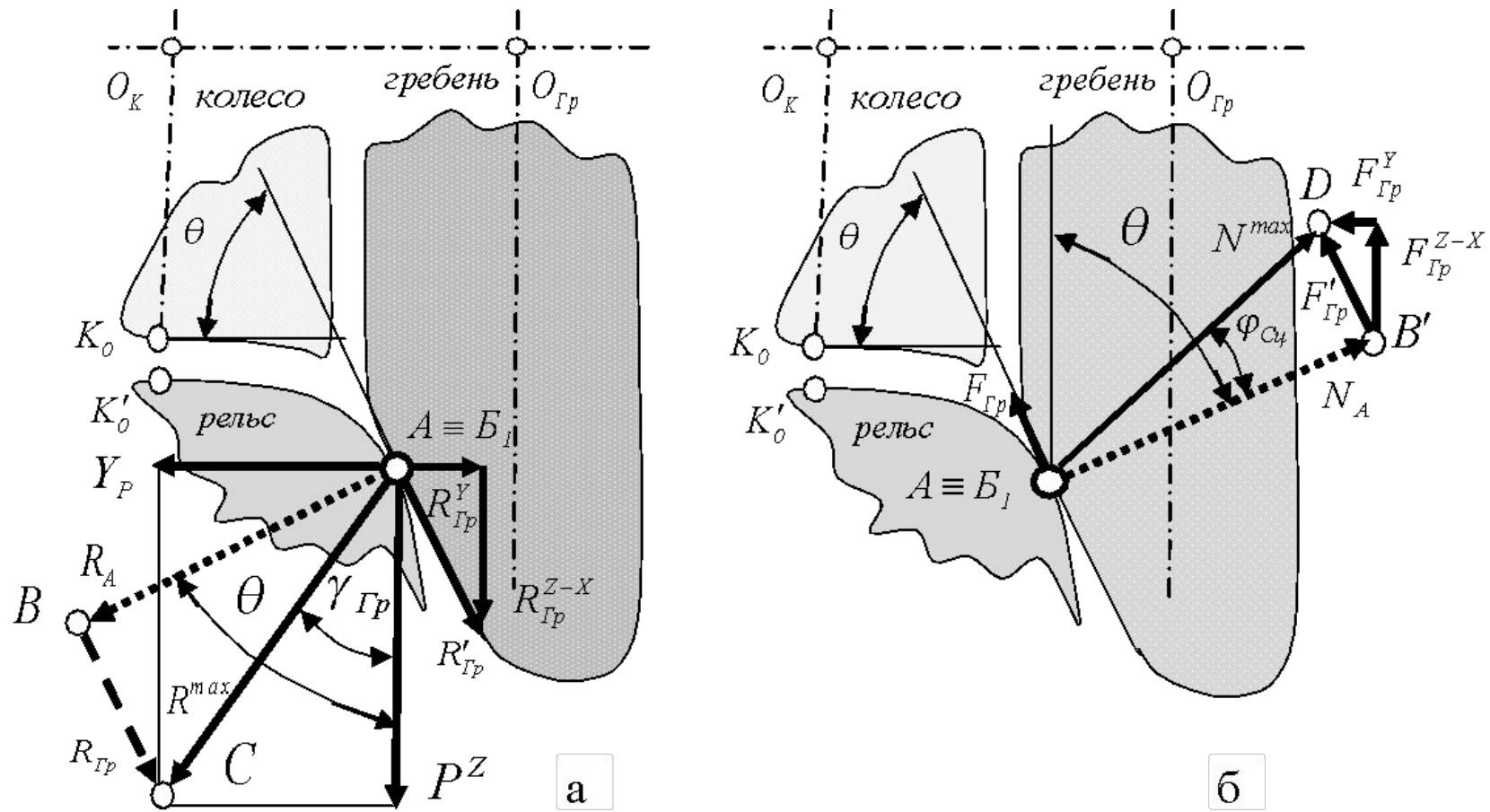


Рисунок 1 – Векторные диаграммы сил в поперечно – вертикальной плоскости в точке контакта ( $B_1$ ) гребня колесной пары и головки рельса: а – внешние силы, действующие на гребень; б – силы нормальной реакции и трения.



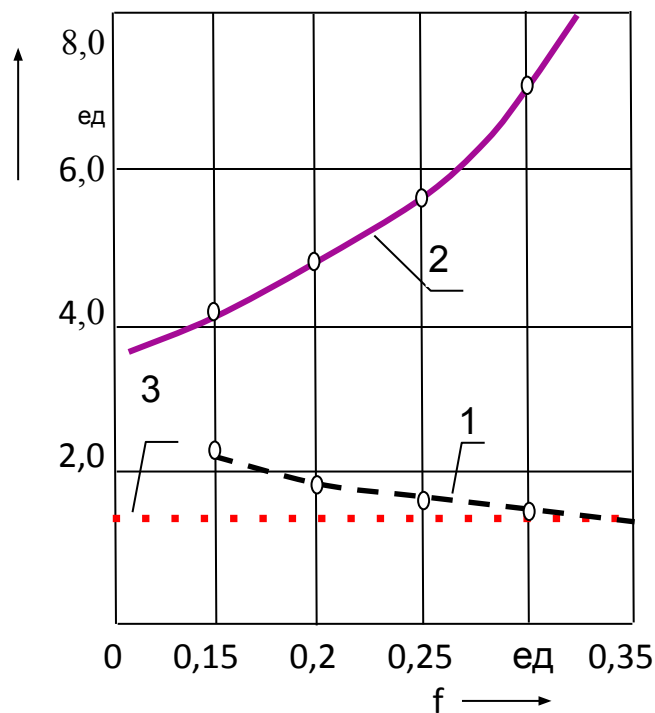
- Зависимость для коэффициента устойчивости по Надалю получена эмпирическим методом и имеет следующий вид:

$$k_y = \frac{tg\theta - \mu}{1 + \mu \cdot tg\theta} \cdot \frac{P^z}{Y_p} \approx 1,5 \quad \bullet (2),$$

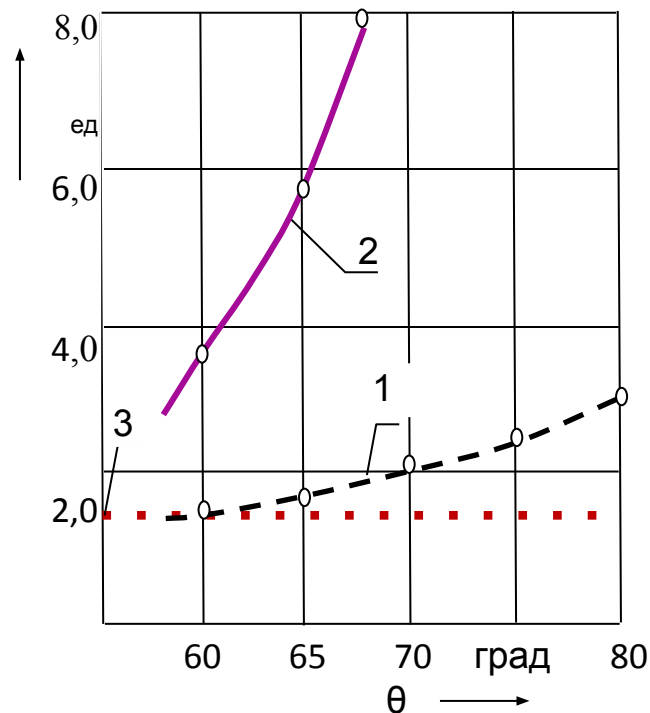
- где  $Y_p$  – вертикальная нагрузка колеса, Н;
- $P^z$  – рамная сила, действующая на колесную пару, Н.

Условие устойчивости по Надалю допускает отрыв колеса от поверхности катания рельса («достаточные» условия) при последующем возможном соскальзывании гребня колеса вниз.

# Безопасность движения от накатывание гребня на поверхность катания рельса (коэффициент Надаля)



а



б

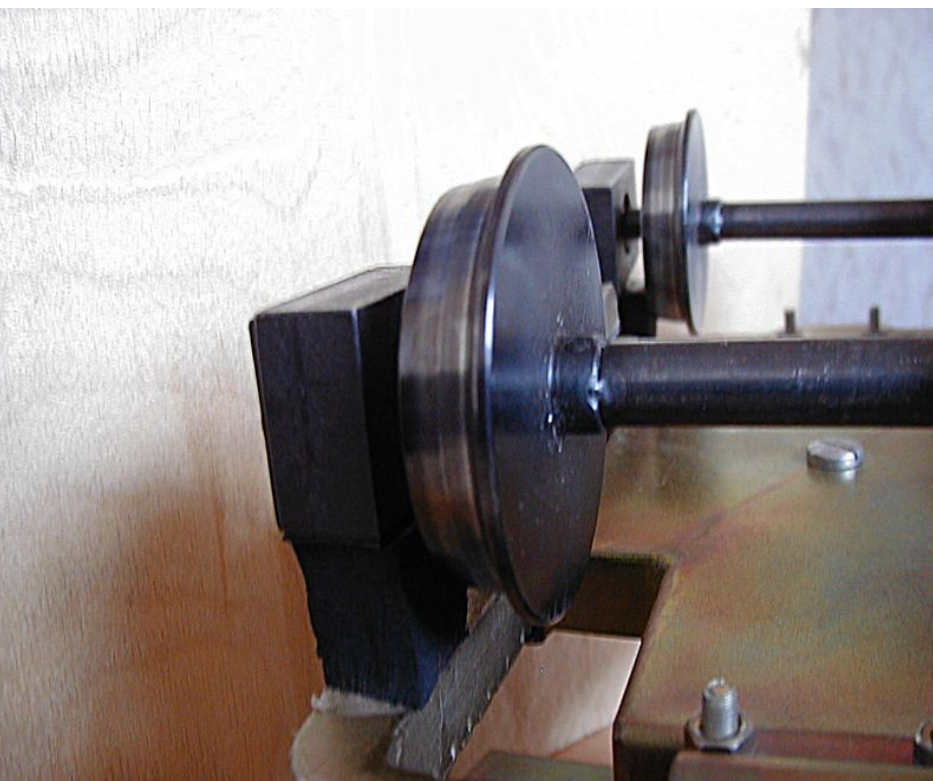
а – от коэффициента трения ( $\mu$ );

б – от угла наклона боковой поверхности гребня ( $\theta$ ).

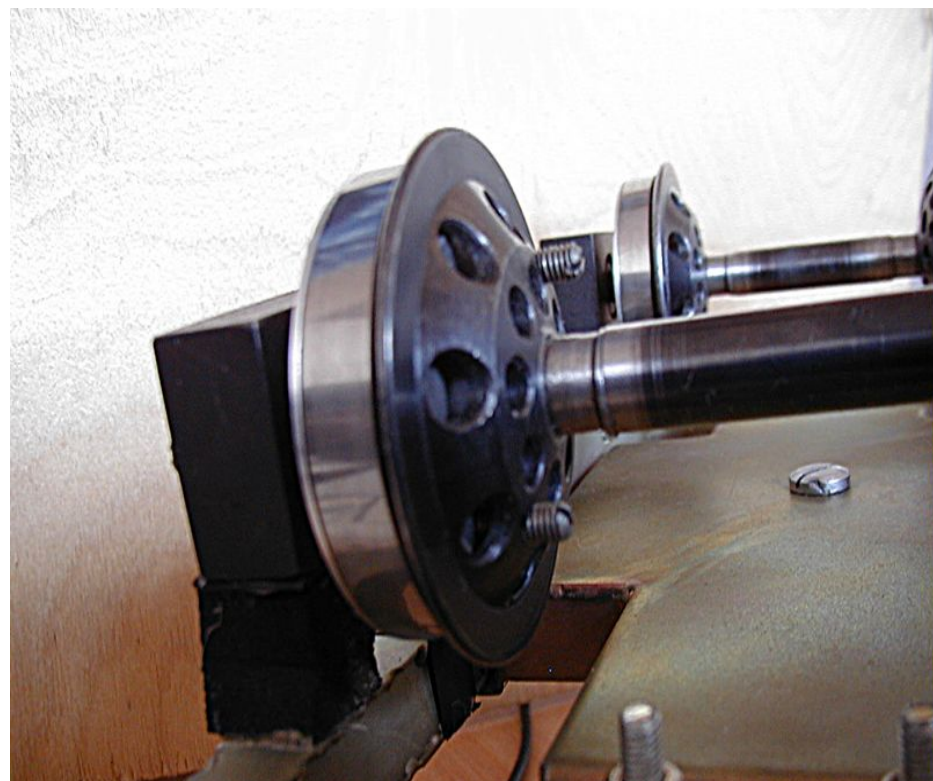
Линии: 1 – стандартная колесная пара; 2 – новая конструкция колесной пары; 3 – предел зоны безопасности

# Модели тележек со стандартной и новой конструкциями колесных пар (масштаб 1:20).

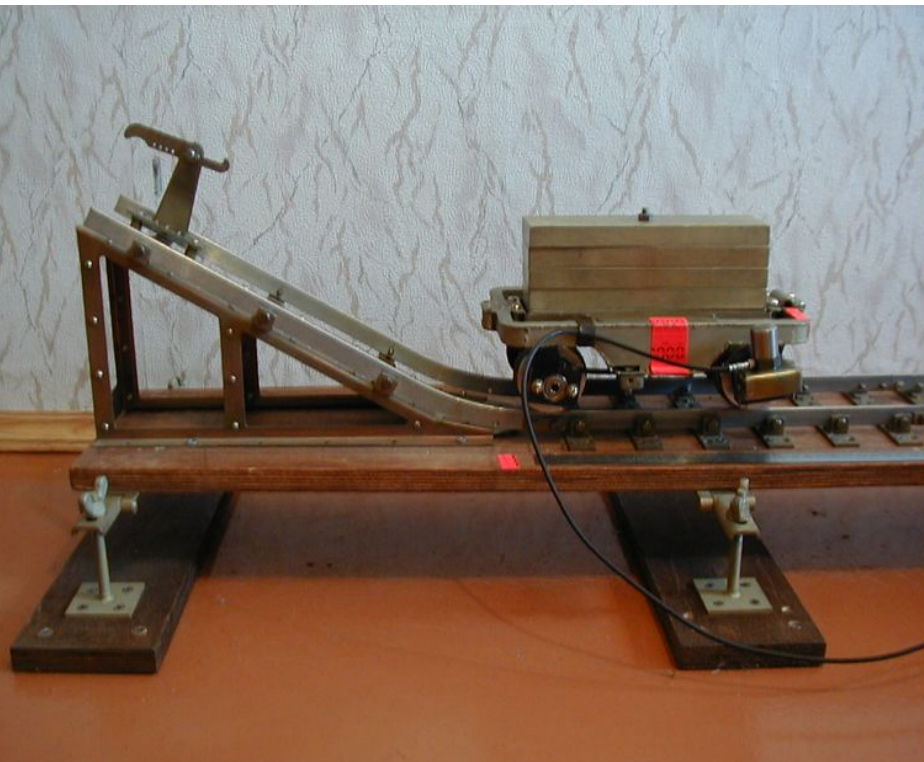
Стандартная конструкция колесной пары



Новая конструкция колесной пары



36 Действующий макет полигона для сравнительных испытаний трех вариантов конструкций колесных пар



## **Установление условий подобия модели и натуры**

Установление связи между количеством параметров, размерностей исследуемой системы составляет содержание фундаментальной теоремы, так называемой «П – теоремы» анализа размерностей.

Для того чтобы системы (оригинал и модель) были механически подобны, необходимо выполнить:

---

*Геометрическое подобие* Две системы точек  $A_i$  и  $A_m$  будут тогда геометрически подобными, когда между соответствующими их отрезками установлены соотношения, т. е.:

$$\frac{A_i}{A_k} = \lambda = const ,$$

(1),

где  $i, k=1, 2, \dots, n$ .

Из определения геометрического подобия вытекает:

отношение соответственных площадей будет  $-\frac{F}{F_1} = \lambda^2$ ,

объемов  $-\frac{Q}{Q_1} = \lambda^3$ , статических моментов

площадей  $-\frac{S}{S_1} = \lambda^3$

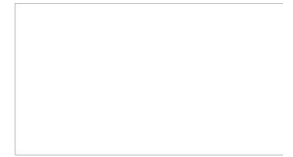
и моментов инерции  $-\frac{I}{I_1} = \lambda^4$ .



*Материальное подобие.* Если массы  $m_i$  и  $m_m$  точек  $A_i$  и  $A_m$  двух геометрически подобных систем находятся в постоянном отношении, т. е.:

$$\frac{m_i}{m_m} = \mu = \text{const} ,$$

Если при изготовлении соответственных частей оригинала и модели использовать один и тот же материал, то значение  $\mu$  будет равно единице.



## *Кинематическое подобие.*

Устанавливается от одного и того же начального момента непрерывная последовательность соответственных моментов времени  $t_1$  и  $t_2$ , для которых системы  $s_1$  и  $s_2$  будут геометрически подобны, с постоянным, не зависящим от времени отношением подобия  $\lambda$ . При этом соответственные моменты времени  $t_1$  и  $t_2$  связаны между собой соотношением:

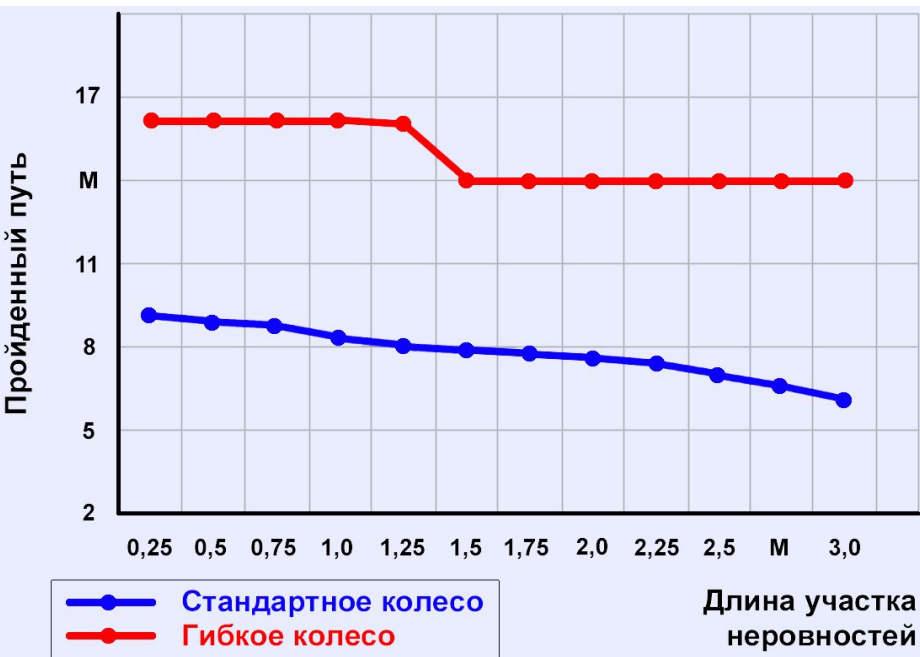
$$\frac{t_1}{t_2} = \tau,$$

При  $\tau = \text{const}$  движущие системы  $s_1$  и  $s_2$  будут кинематически подобны.

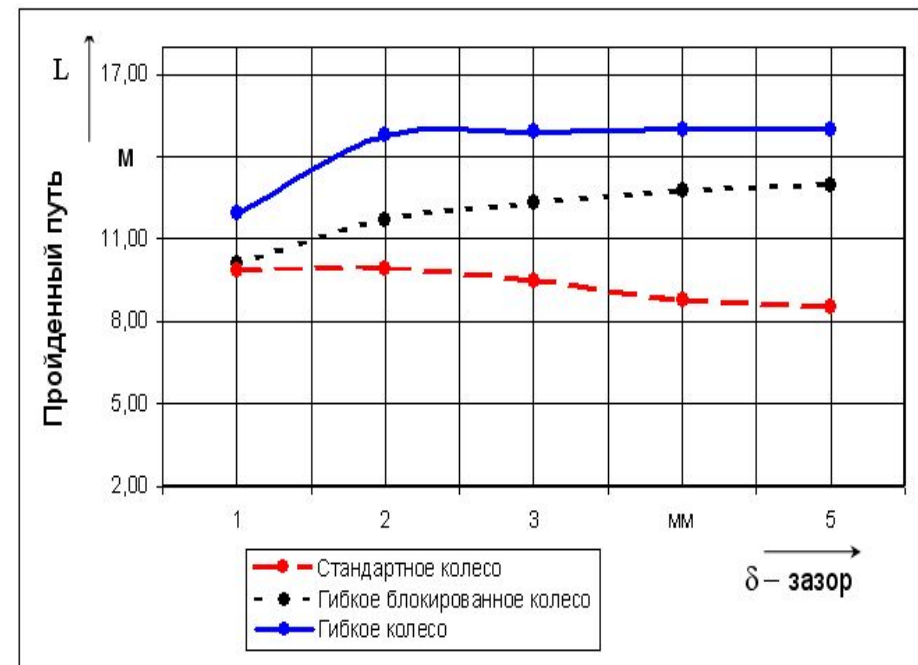


# Результаты макетных испытаний

Зависимость пройденного пути тележками от количества горизонтальных неровностей на рельсовой нити

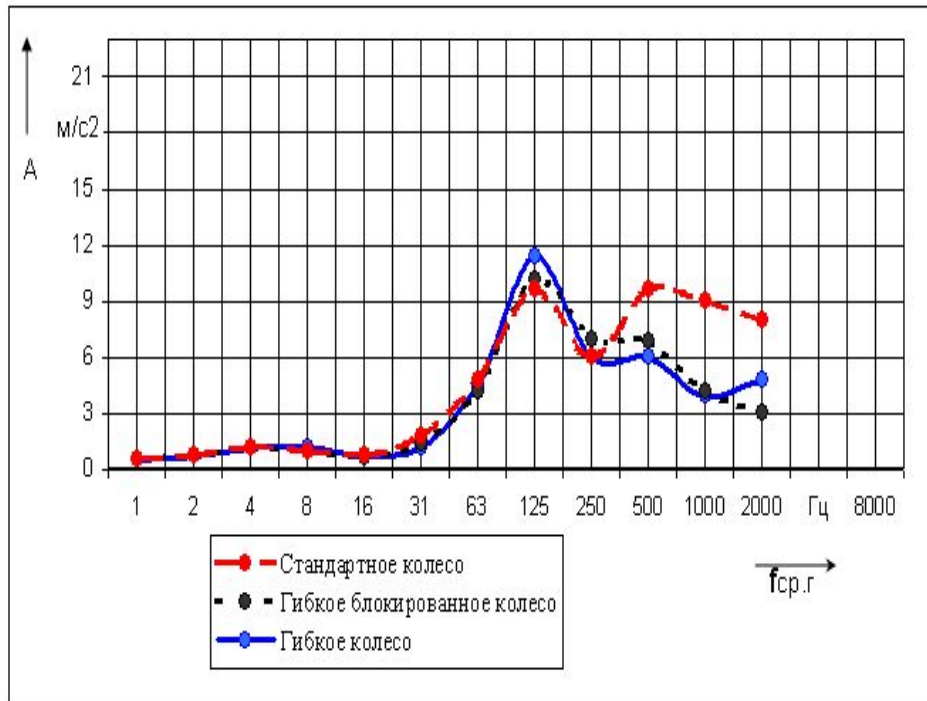


Зависимость пройденного пути тележками от величины уширения рельсовой колеи

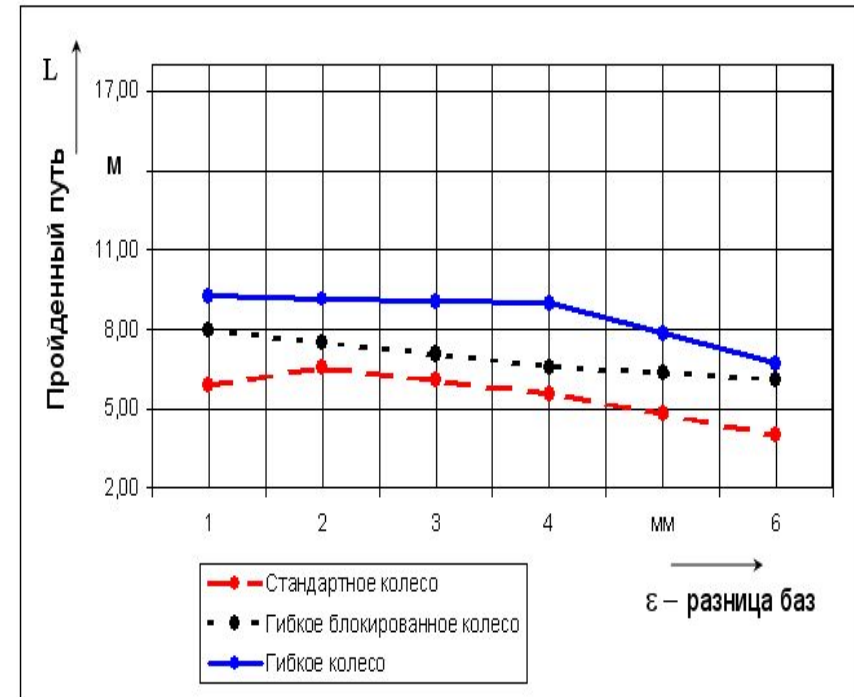


# Результаты макетных испытаний

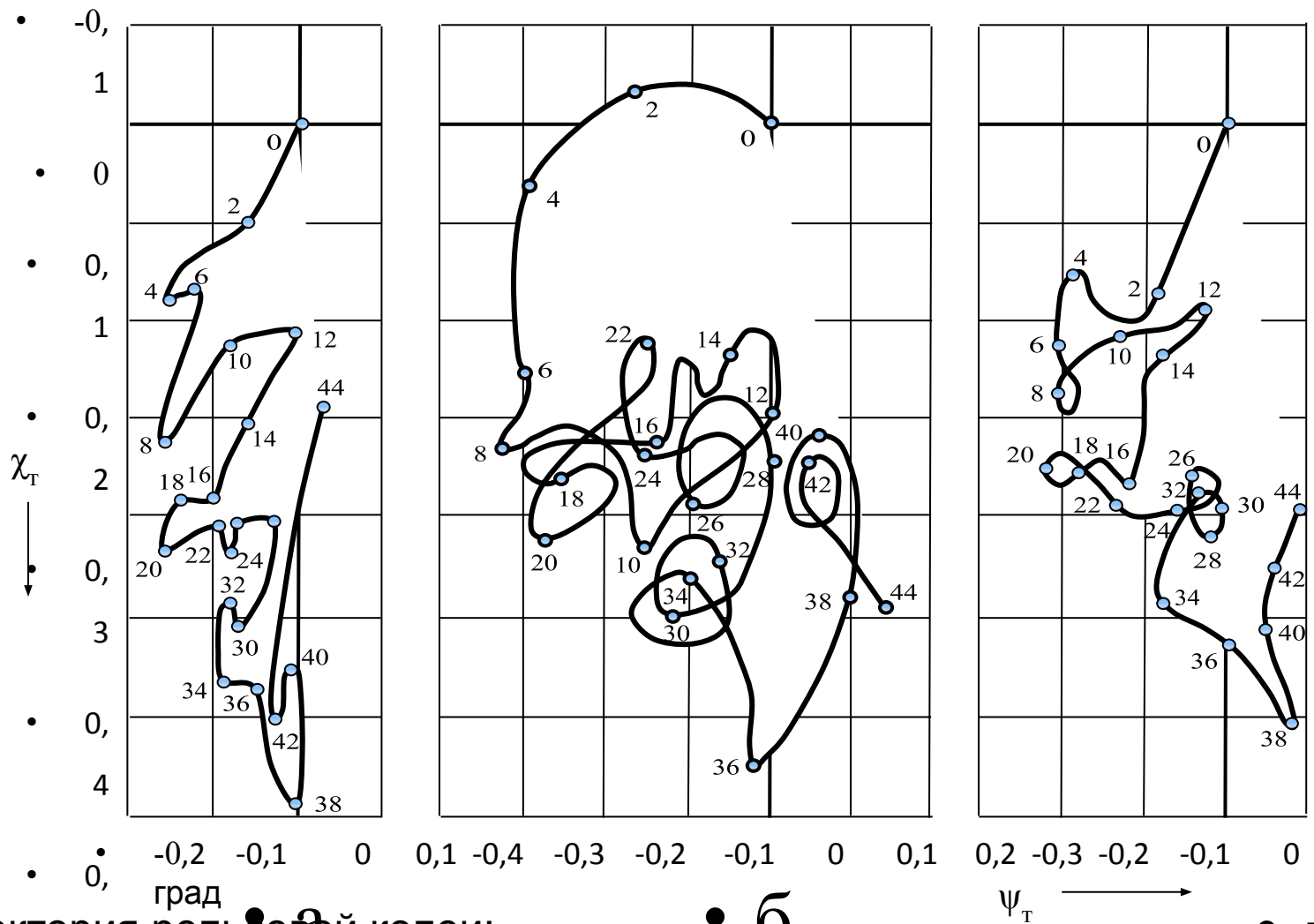
Уровень амплитуд виброускорений на буксе колесной пары по частотам



Зависимость пройденного пути тележками от величины непараллельности колесных пар



# Траектории оси рельсовой колеи и центра масс тележек в процессе движения

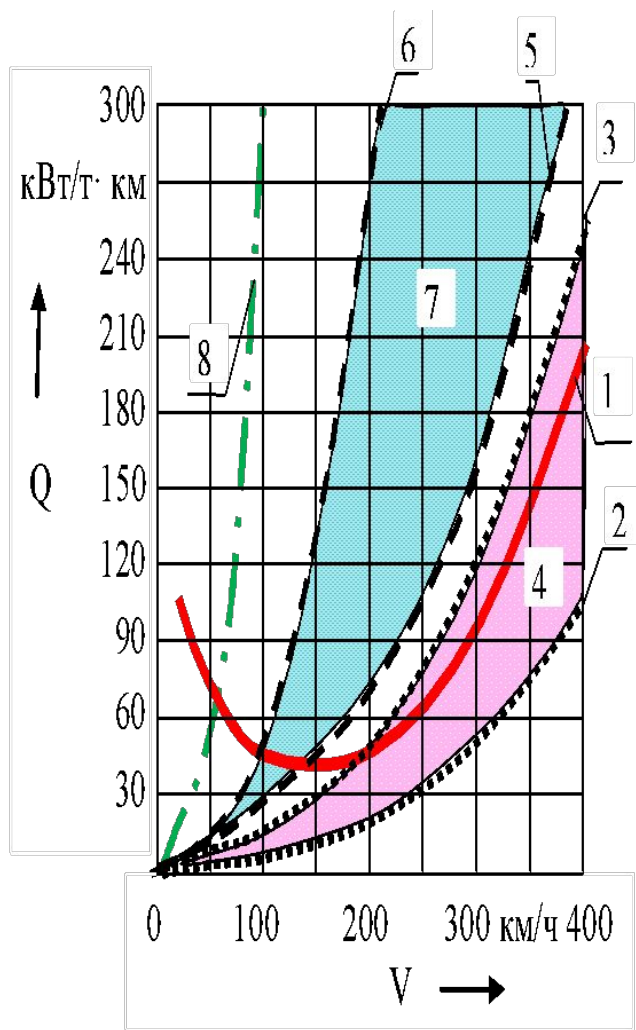


а – траектория рельсовой колеи;

б – траектория тележки со стандартными колесными парами;

в – траектория тележки с независимо вращающимися гребнями и гибкими бандажами

# Зависимости удельных затрат энергии транспортных систем на перевозку груза от скорости движения



Линии: 1 – транспортная система "Маглев".

Новая конструкция колесной пары:

Зона: 4 – для значений непараллельности колесных пар от 0 до 2 мм.

Линии: 2 – при непараллельности – 0 мм; 3 – 2,0 мм.

Стандартная колесная пара:

Зона: 7 – для значений ширины колеи 1512 – 1516 мм.

Линии: 5 – при ширине рельсовой колеи – 1512 мм; 6 – 1516 мм.

Линия: 8 – автомобильный транспорт.

# По проекту «Гибкое колесо» получено восемь патентов на изобретения + два положительных решения



## Преимущества новой конструкции колесной пары

**Принципиально новая конструкция - независимое вращение всех поверхностей, контактирующих с рельсом, и обрессоренный бандаж сопоставима по динамике с *транспортными системами на магнитном подвешивании и воздушной подушке* (за счет уменьшения в  $30 \div 50$  раз необрессоренной массы колесной пары).**

- на  $30 \div 40\%$  увеличится скорость поступательного движения;
- на  $20 \div 25\%$  повысится провозная способность железных дорог;
- уровень безопасности движения поездов повысится на  $50 \div 60\%$ ;
- на существующей конструкции верхнего строения ж.-д. пути будет реализовано смешанное движение: высокоскоростное, скоростное пассажирское, грузовое и обычное движение;
- колесная пара новой конструкции не имеет аналогов в мире и является базовой моделью для новых более совершенных модификаций колесной пары



## Преимущества для покупателя:

- При относительно высокой начальной цене - снижение эксплуатационных расходов на содержание колесной пары.
- Увеличение срока службы колесной пары при увеличении грузоподъемности.
- Рост безопасности движения.
- Рост скорости на существующей конструкции верхнего строения пути.
- Не требует изменения остальных узлов конструкции вагона.
  - Высокая ремонтпригодность полная совместимость с существующими элементами конструкции подвижного состава и с новыми тележками (при улучшении их эксплуатационных характеристик) ;
  - данная конструкция наилучшим образом соответствует вписыванию подвижного состава на кривых участках пути малого радиуса с большими уклонами, характерными для ж.-д. путей горнодобывающей промышленности

### **Преимущества для государства:**

- повысить провозную и пропускную способность ж.д.;
- снизить себестоимость перевозок;
- уменьшить расходы на содержание рельсового хозяйства;
- повысить безопасность движения.

### **Преимущества для собственников промышленного железнодорожного транспорта:**

- уменьшить расходы на содержание рельсового хозяйства;
- снизить расходы на энергетику.

**Преимущества для муниципалитетов:** безопасный рельсовый транспорт для города с низким уровнем шума



# Сравнительные характеристики технических решений

Конкуренты	Необремененной массы	Независимое вращение поверхностей катания			Увеличение безопасности движения
		Наличие извилистого движения	Наличие скольжения гребня по головке рельса	Увеличение коэффициента сцепления	
РЖД (стандарт)	1	1	1	1	1
BONATRANS	0,2	1	1	1	1
SIMENS	1	1	1	1	1
TALGO	1	1	1,5	0,8	1,5
ALSTOM	1	1	1	1	2
<i>Гибкое колесо</i>	<i>0,05</i>	<i>0</i>	<i>0,2</i>	<i>2</i>	<i>3÷5</i>

## **Проект состоит из 3-х этапов:**

- I. Изготовление опытного образца и сертификация опытного образца.
- II. Изготовление и сертификация установочной партии.
- III. Серийное производство колесных пар для грузовых вагонов.

Объем рынка в РФ – 570 тысяч штук в год

## Потребность в инвестициях:

Расчётные инвестиции в I этап проекта – 15,748 млн. руб.

Инвестиции во II этап проекта – 61,742 млн. руб. (поиск инвестора или стратегического партнера).

Общие инвестиции в проект – 83,896 млн. рублей.

Срок проекта – 3,7 лет.

Проект находится на стадии подготовки к созданию опытного образца

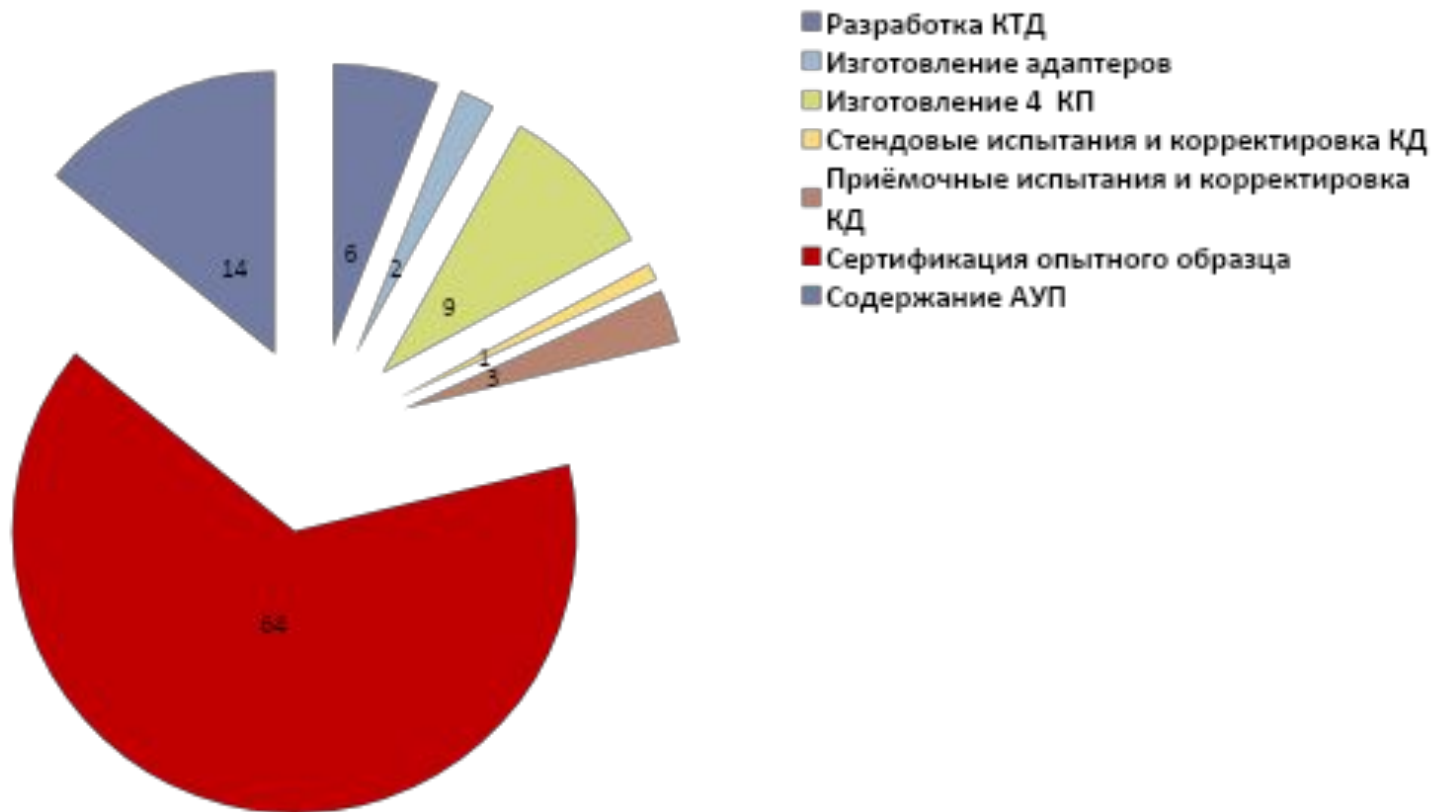
**Модель развития** – развитие продукта - расширение модельного ряда:

- разработка колесной пары пассажирского вагона;
- разработка инновационной тележки 3 типов;
- разработка колесной пары для локомотива.

**Результат - системный проект «Высокоскоростная гибкая транспортная система».**

# Структура затрат I этапа

Срок реализации I этапа проекта (производство и сертификация опытного образца – 4-х колесных пар) – 20 месяцев. Для разработки КТД планируется привлечь сотрудников ОмГУПС, НИИ ТКД, проведены предварительные переговоры с ВНИКТИ



## Существующие проблемы:

**Проблема** – необходимость снижения транспортных издержек при сохранении безопасности движения.

Общемировые тенденции – решение проблемы за счет:

- увеличения ресурса службы колесной пары без обслуживания до 1,5 млн. км;
- повышения грузоподъемности за счет роста нагрузки на ось до 28 т;
- увеличения веса поезда до 20 000 – 40 000 т;
- увеличение скорости до 140 км/ч;
- доля мирового рынка тяжелонагруженных перевозок – 9 %.

## Существующие проблемы (продолжение):

Характеристика современного состояния грузовых ж/д перевозок в России:

- Высокие эксплуатационные расходы на содержание рельсового хозяйства.
- Недостаточная провозная способность ж/д транспорта (на уровне 1988 г.).
- Пропускные возможности 30 % ж/д, обеспечивающих 80 % грузовых перевозок исчерпаны.
- Исчерпание возможности экстенсивного роста (инфраструктурные ограничения роста количества вагонов).
- Отставание на 30-40 % от мировых показателей по весу и энергоемкости грузоперевозок.
- Низкие скорости доставки грузов (9 км/ч).

## Существующие проблемы (продолжение):

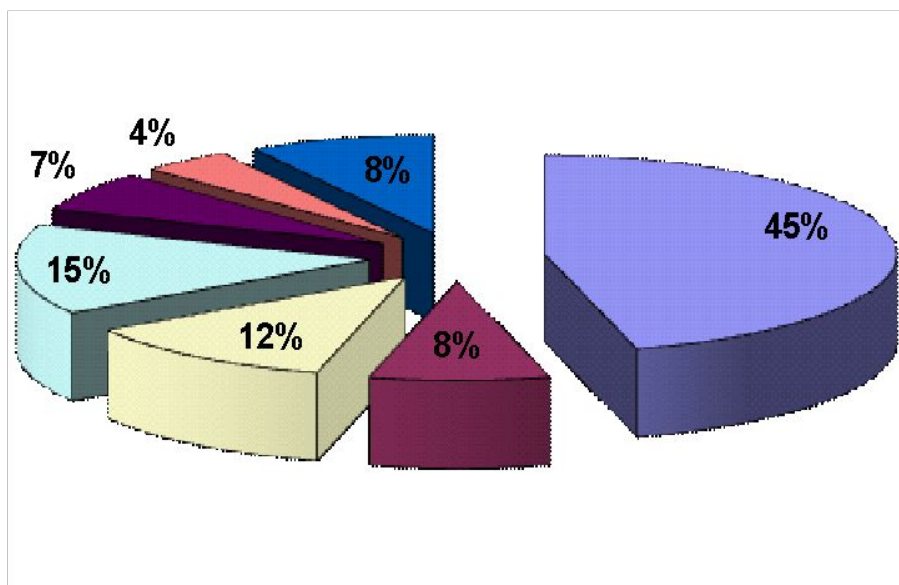
Российские тенденции – перевооружение производства крупнейших вагоностроительных заводов и использование тележек американской конструкции (без изменения КП) , что дает:

- увеличение ресурса колесной пары без обслуживания до 0,5 млн. км;
- увеличение нагрузки на ось с 23 до 25 тонн (в перспективе до 27 тонн);
- увеличение веса поезда до 8 000 - 9 000 тонн (в перспективе до 12 000 тонн);
- увеличение скорости до 120 км/час.



# Участники рынка

Прогноз роста производства вагонов в РФ в 2015 году  
(к 2011 году) - на 69,4%



■ ОАО «НПО «Уралвагонзавод»

■ ОАО «Алтайвагон»

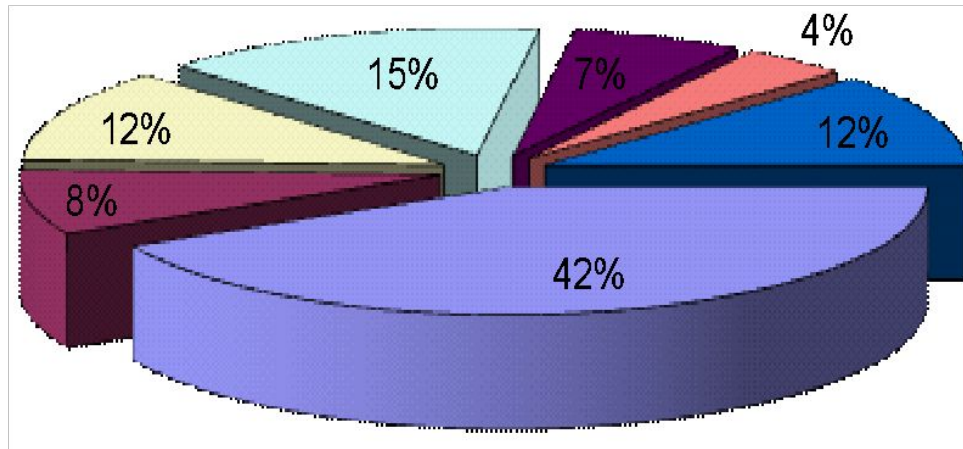
□ «Ружиммаш» ОАО

□ «Тихвинский  
вагоностроительный завод»  
ЗАО

■ «Промтрактор-вагон» ЗАО

# Прогноз производства колесных пар в РФ в 2015 году

Прогноз роста производства колесных пар в РФ в 2015 году (к 2011 году) на 65%



- ОАО «НПО «Уралвагонзавод»
- ОАО «Алтайвагон»
- «Рухиммаш» ОАО
- «Тихвинский вагоностроительный завод» ЗАО

## Объем рынка и потенциальные потребители

- ❑ **Потенциальный спрос** – 570 тысяч штук в год – складывается из потенциального спроса для эксплуатационного парка (370 тыс. шт.) и спроса на новые КП (минимальная оценка - 200 тыс. шт.)
- ❑ Промышленный железнодорожный транспорт без права выхода на пути ОАО РЖД (карьеры и металлургические предприятия).
- ❑ Городской рельсовый транспорт (трамвай).
- ❑ Метрополитен и скоростной трамвай.
- ❑ Крупнейшие операторы вагонного рынка (магистральные вагоны не в собственности ОАО РЖД).
- ❑ Узкоколейные дороги для лесоразработок.



# Узкоколейная железная дорога для вывоза древесины



## Результаты поиска потенциальных покупателей и стратегических партнеров:

- ООО «Уральское конструкторское бюро вагоностроения» – включены в программу НИОКР.
- «Трансмашхолдинг» .
- Московский метрополитен (проявлен интерес) .
- Направлено предложение о сотрудничестве ОАО Северсталь (нет интереса).
- «Новочеркасский электровозостроительный завод» и Предприятия Украины.
- Планируется направить предложение о сотрудничестве СУЭК.

□ **Участие в выставках:**

- ✓ Выставка ВТТВ г. Омск 2011 г., 1-ое место в номинации «Инновационная идея».
- ✓ Выставка «ПРОМТЕХЭКСПО» Сибирский промышленно-инновационный форум, г. Омск – 23 марта 2012 г.
- ✓ 2-й Международный форум "Технологии в машиностроение – 2012«, площадка Ростехнологии: "Конкурс инновационных проектов". – М.: Жуковский аэродром Раменское – 27.06 – 1.07.2012 г.
- ✓ Выставка в г. Москве "Открытые инновации« 30.10 – 3.11 2012 г. на площадке Омского региона стенда "Гибкое колесо" ООО «Гибкие транспортные системы».
- ✓ Международная выставка регионов Казахстана и России: «Межрегиональные инициативы в сфере инновации и производственной кооперации Казахстана и России», IX Форум межрегионального сотрудничества Казахстана и России при участии Глав государств. Республика Казахстан г. Павлодар – 16 – 19. 09 2012 г.



**Участие в семинарах:**

- ✓ Семинар в «Институте теоретической и прикладной механики» СО РАН по теме "Высокоскоростная гибкая транспортная тележка тяжеловесного подвижного состава» г. Новосибирск 20 мая 2013 г. Дана положительная оценка и поддержка в продвижении проекта.
- ✓ Доклады на форумах «Объединение производителей железнодорожной техники» в 2011, 2012 и 2013 г.г

**Публикации:**

- ✓ Опубликовано статьи в десяти научно-технических журналах из списка ВАКа по теме проекта «Гибкое колесо».
- ✓ Статьи , посвященные проекту «Гибкое колесо», в газетах: «Гудок», «Аргументы и факты», «Комсомольская правда», «Российская газета», «Омская правда».
- ✓ Передачи и интервью, посвященные проекту «Гибкое колесо», на телевизионных каналах: «12 канал», «НТВ», «РБК» и «РЖД ТВ

## Команда проекта

**Шилер В.В.** – автор инновационной разработки

- ❑ к.т.н., доцент кафедры «Подвижной состав электрических железнодорожных путей» ОмГУПС;
- ❑ имеет 15 патентов на изобретения;
- ❑ руководил натурными испытаниями подвижного состава в условиях Сибири и Крайнего Севера и макетными испытаниями конструкции колесных пар и тележек.

**Шилер А.В.**

- ❑ к.т.н., заместитель директора института АТИТ, доцент кафедры «Автоматика и системы управления» ОмГУПС;
- ❑ имеет опыт работы в бизнес-структурах, организации коммерческой деятельности ;
- ❑ участвовал в макетных испытаниях конструкций колесных пар и тележек.

**Одинокоев А.С.**

зам. директора по техническим вопросам ООО «ВРК СТК»;

- ❑ имеет опыт работы на руководящих должностях в Западно-Сибирском отделении ж/д и заместителя генерального директора АВЗ;
- ❑ обладает уникальными компетенциями в области производства подвижного состава;
- ❑ Имеет патент на изобретение и патент на полезную модель.



## Достижения команды проекта

- Получено 8 патентов на изобретение по данному проекту.
- Проведены испытания на действующем макете.
- Проведено имитационное моделирование на компьютере.
- Подписаны рамочные соглашения о сотрудничестве с ОАО ВНИКТИ и ОАО ВНИИЖТ по сертификации.
- Получено письмо от ОАО РЖД о заинтересованности в реализации проекта после сертификации опытного образца.
- Оформляются документы на международную интеллектуальную собственность.
- Достигнуты договоренности об участии в реализации проекта омских предприятий: ООО «Опытно-механический завод центра «Транспорт», НПО, «Динамика», «Прогресс», «КБТМ».
- Получено предварительное согласие на аренду производственных цехов от Дирекции по ремонту локомотивов ЗапСиб ж-д.

## Основные экономические показатели проекта «Гибкое колесо»

Показатели проекта	Оптимистический сценарий	Пессимистический
Ставка дисконтирования	25%	25%
Доля рынка	3,0%	0,8%
Чистый приведенный доход (NPV)	<b>446,712</b> млн. руб.	<b>99,607</b> млн. руб.
Индекс доходности инвестиций (PI)	8,56	2,61
Внутренняя ставка доходности (IRR)	100,50%	64,10%
Дисконтированный период окупаемости	3,7 лет	4,0 лет
Чистая прибыль	1 157,819 млн. руб.	96,251 млн. руб.
ЕВITDA проекта	1 456,458 млн. руб.	120,355 млн. руб.

# Технические параметры системного проекта «Высокоскоростная гибкая транспортная система»

№	Наименование параметра	Ед. измерений	Существующая транспорт. система	Гибкая транспортная система
1.	Осевая нагрузка	т	23,5	35÷40
2	Конструкционная скорость	км/ч	90÷110	500
3	Участковая скорость грузового движения	км/ч	35÷40	120÷200
4	Скорость доставки грузов	км/ч	12÷16	90÷120
5	Скорость пассажирского движения	км/ч	90 ÷140	250÷400
6	Экспериментальные скорости	км/ч	250	450÷600
7	Ограничение скорости движения поездов по состоянию пути.	км/ч	15	100÷140
8	Вес поезда	т	4000÷8000	40000÷70000
9	Длина тяговых плеч	км	150÷300	4000÷6000
10	Суточный пробег	км	400-550	2000-3500
11	Пробег между техническим обслуживанием	тыс. км	110	1000-1500

## Ожидаемый технико-экономический эффект от внедрения системного проекта «Высокоскоростная гибкая транспортная система»

- Сокращение энергетических затрат (в 3 раза).
- Уменьшение износа верхнего пути (в 3 раза).
- Значительное сокращение потребного количества подвижного состава и эксплуатационных затрат.
- Увеличение на порядок провозной способности РЖД.
- Существенная экономия капитальных затрат на внедрение новой высокоскоростной транспортной системы, которая будет получена за счет использования существующего верхнего строения ж.-д. пути (до 80 % при увеличении провозной способности в два раза).

В рамках системного проекта  
«Высокоскоростная гибкая транспортная система»  
будут решены следующие ж. д. проблемы

- Создание инвариантной, квазиинерционной, облегченной и с гарантированной безопасностью движения тележки;
- Существенное сокращение порожнего пробега.
- Реализация скоростной перевалки грузов.
- Создание подвижного состава адаптированного к различным значениям ширины рельсовой колеи.
- Создание подвижного состава с гарантированной безопасностью движения.
- Организация заводской системы ремонта подвижного состава с полным отказом от деповского ремонта.
- Предлагаемая «Высокоскоростная гибкая транспортная система» по нашим расчетам, опережает зарубежные технологии перевозок на 20 – 30 лет.

Спасибо за внимание!