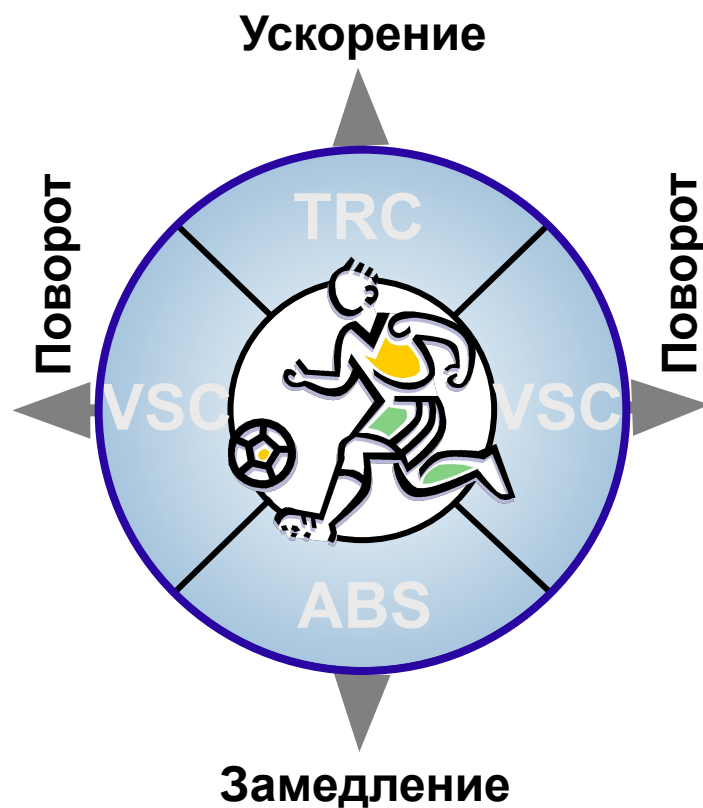


# Знакомство с системами поддержания динамической устойчивости транспортного средства ABS, TRC и VSC

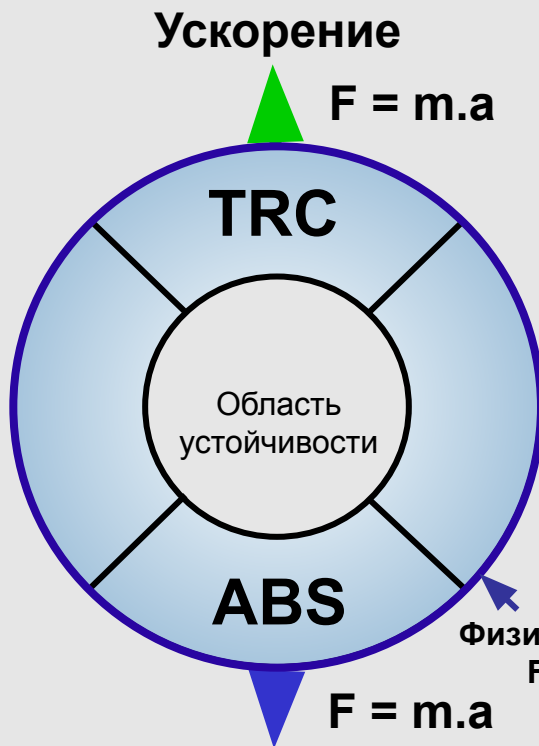
HT1720 & HT1722

Департамент образования

Сентябрь 2008



# Ускорение / замедление



- Сила торможения / сила тяги:

$$F = m \cdot a$$

- Физический предел:

**Максимальная сила,**  
передаваемая через сцепление с  
покрышками:

$$F_{max} < \mu_1 \cdot m \cdot g^* \cdot k \text{ (N)}$$

$k = \frac{\text{Вес автомобиля, приходящийся на используемые шины}}{\text{Общий вес автомобиля}}$

$*g = 9,81 \text{ м/с}^2$

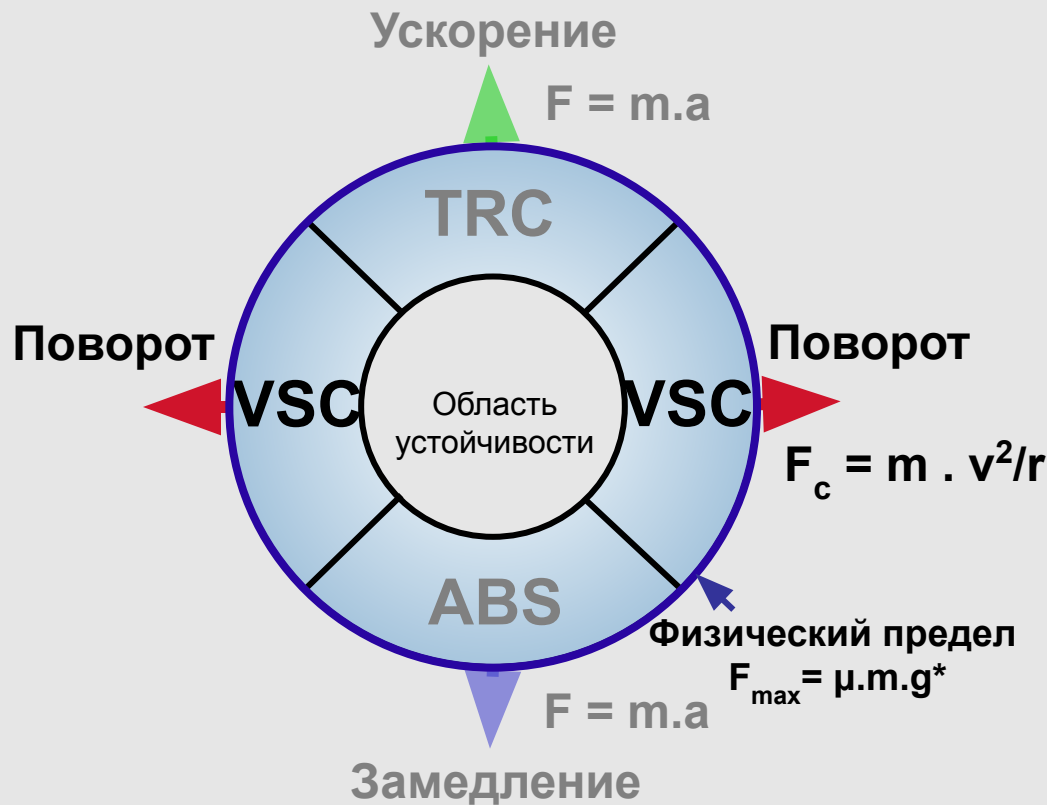
\*\* Бывшие в употреблении  
покрышки:

- Торможение: 4
- Тяговое усилие: 2 - 4

$$F_{max} = \mu \cdot m \cdot g^* \quad F = m \cdot a \rightarrow a = \frac{F}{m} \rightarrow$$

$$a_{max} = \mu_1 \cdot g \approx \mu_1 \cdot 10$$

# Поворот



- При повороте возникает центробежная сила  $F_c$ :

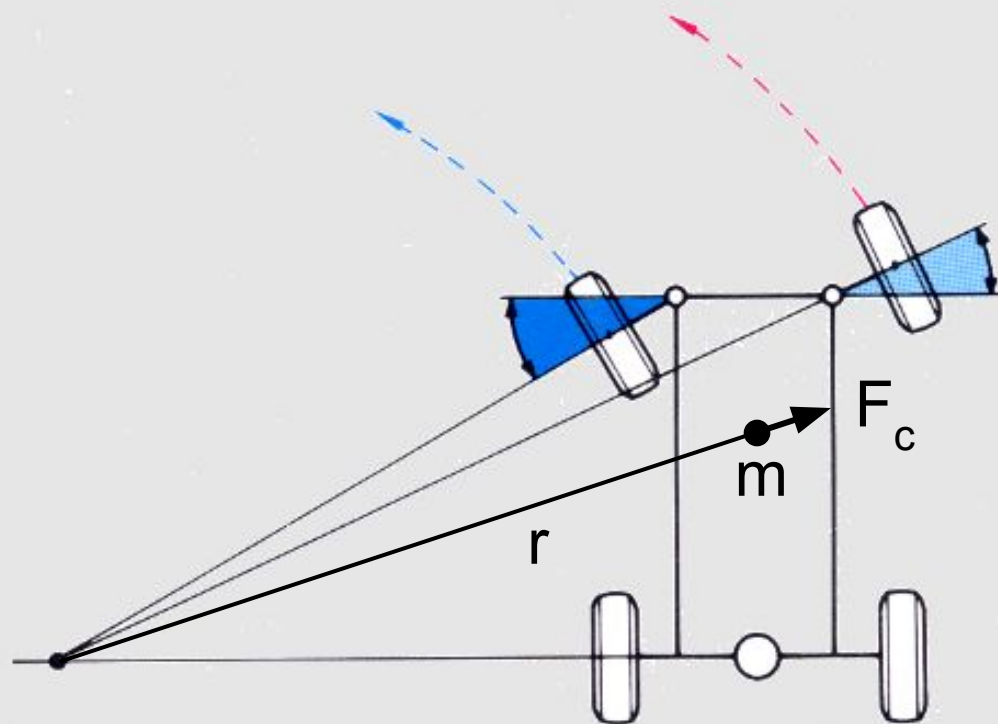
$$F_c = m . v^2/r$$

- Физический предел:  
Максимальная сила, передаваемая через сцепление с покрышками:

$$F_{max} = \mu_s . m.g$$

$$V_{max} = ? \text{ (см. следующий слайд)}$$

# Поворот



- При повороте возникает центробежная сила  $F_c$ :

если  $F_{\max} < F_c$

**:СКОЛЬЖЕНИЕ**

$$F_c = m \cdot v^2 / r$$

$$\rightarrow v^2 = \frac{F_c \cdot r}{m}$$

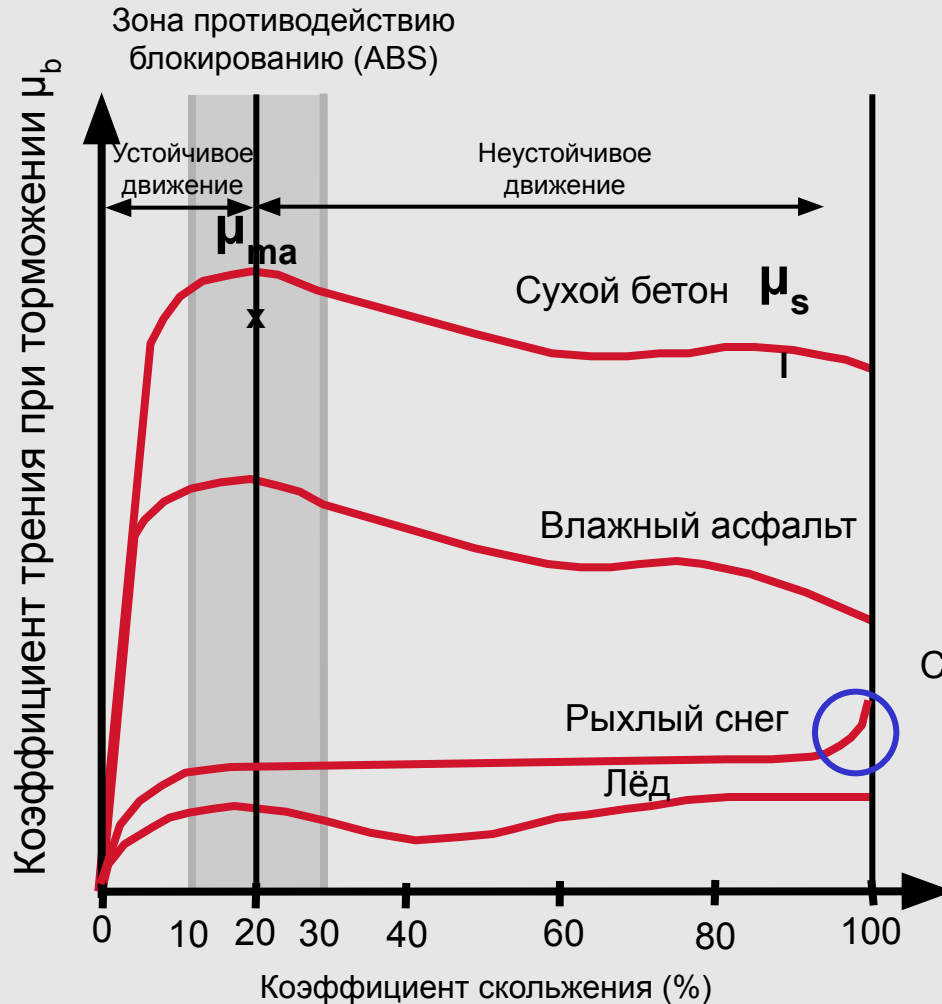
$$F = \mu \cdot m \cdot g$$

$$v^2 = \frac{\mu \cdot m \cdot g \cdot r}{m}$$

- Максимальная скорость автомобиля:

$$\rightarrow v_{\max} = \sqrt{\mu_s \cdot g \cdot r}$$

# Коэффициент продольного трения



- Тормозное усилие, скольжение при торможении:

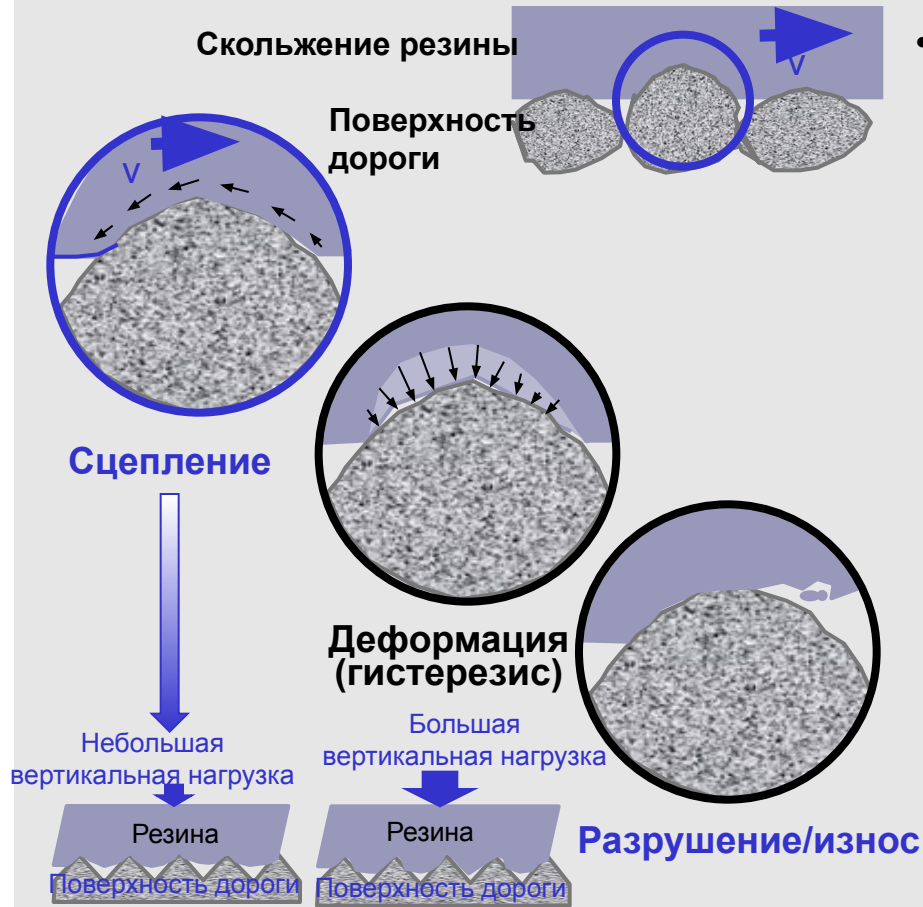
$$F_b = \mu_b \cdot m \cdot g$$

Скольжение = 10 - 30%

$$\rightarrow F_b = \max.$$

$$\text{Скольжение} = \frac{V_{\text{автомобиля}} - V_{\text{колеса}}}{V_{\text{автомобиля}}} \times 100\%$$

# Коэффициент продольного трения



• Трение резины имеет три составляющие:

- Сцепление, гистерезис и разрушение/износ

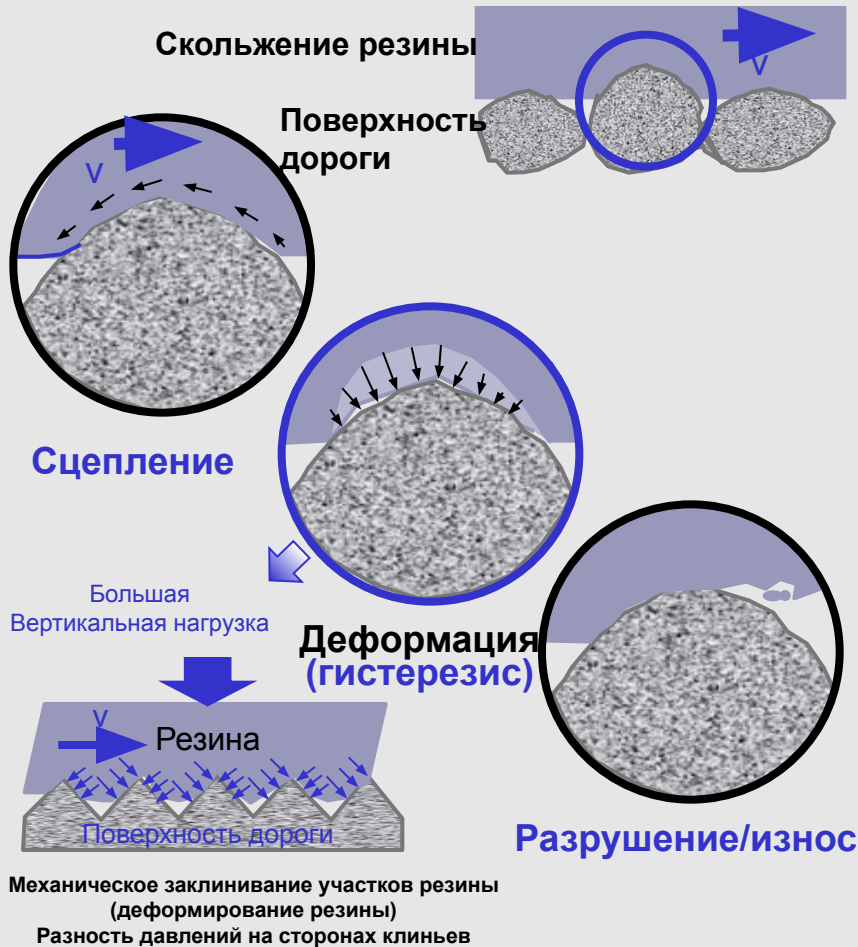
✓ Сцепление:

› Трение, которое создаётся между резиной и поверхностью дороги при движении автомобиля, является результатом:

- Профиля поверхности
- Свойства материалов
- Контактного давления

- Большая нагрузка увеличивает площадь контакта

# Коэффициент продольного трения



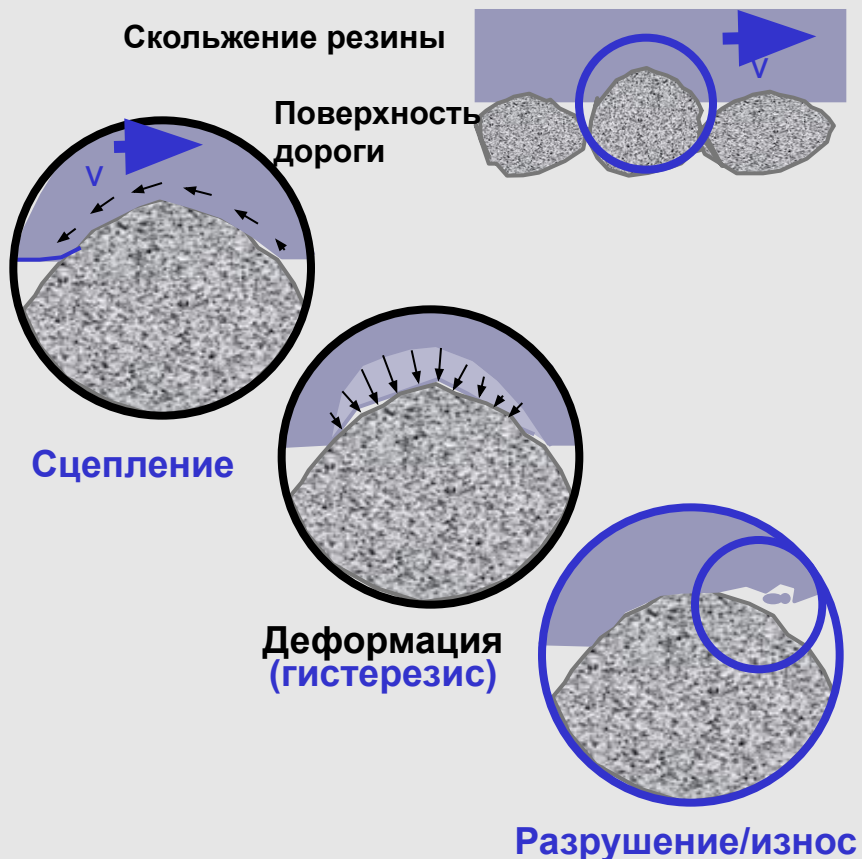
• Трение резины имеет три составляющие:

- Сцепление, гистерезис и разрушение/износ

✓ Гистерезис:

› Потеря энергии из-за деформации шины во время движения

# Коэффициент продольного трения



- Трение резины имеет три составляющие:

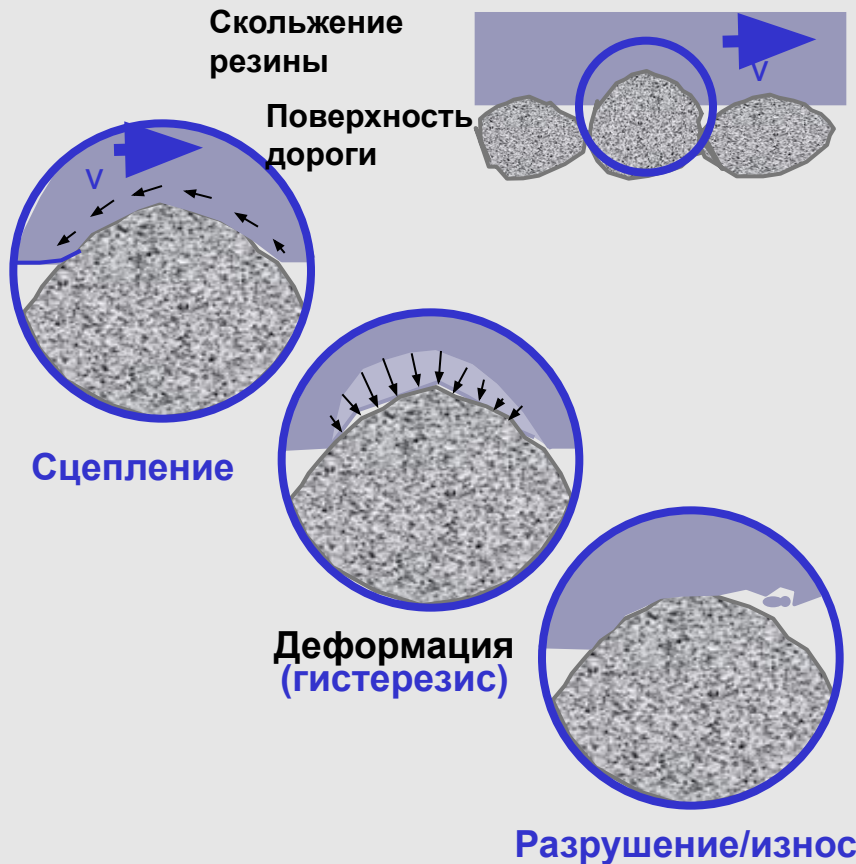
- Сцепление, гистерезис и разрушение/износ

- ✓ Разрушение и износ

- › Резина создаёт тяговое усилие за счёт разрушения и износа материала



# Коэффициент продольного трения

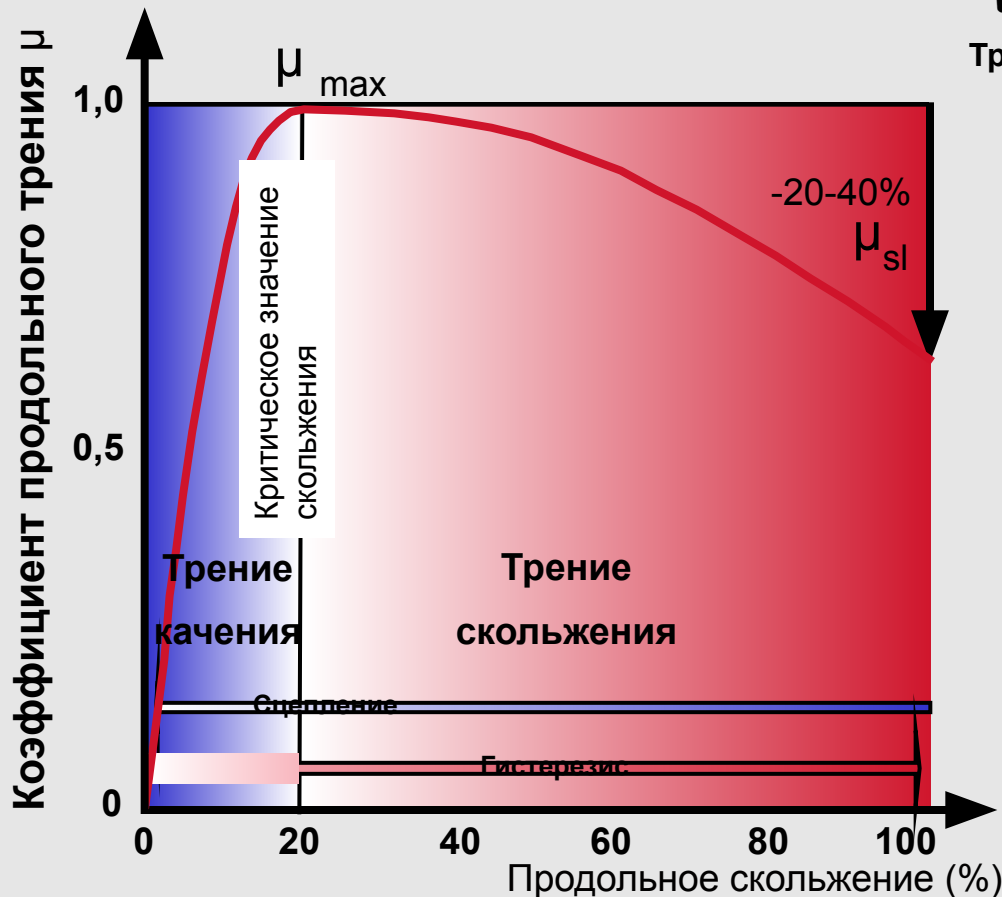


- Трение резины имеет три составляющие:

- Сцепление  $F_{ad}$
- Гистерезис  $F_{def}$
- Разрушение и износ  $F_{wear}$

- 
- Суммарное трение  $F_{total}$   
$$F_{total} = F_{ad} + F_{def} + F_{wear}$$

# Коэффициент продольного трения



- Коэффициент продольного трения  $\mu$ :
  - ✓ Коэффициент сцепления при торможении  $\mu_b$
  - ✓ Коэффициент сцепления при ускорении  $\mu_d$

Трение резины имеет 2 главные составляющие:

– Сцепление:

Результат межмолекулярного сцепления деформированной резины с поверхностью дороги

- Зависит от скорости в м/с между шиной и поверхностью дороги
- › Максимальное значение достигается при скорости 0,05 м/с
- › Уменьшается при более высокой скорости

– Гистерезис

Результат внутреннего демпфирования при вязкоупругой деформации резины

Работа деформации > работа восстановления формы

→ Работа → тепловая энергия

- Растёт с увеличением скольжения (скорость скольжения)

# Коэффициент продольного трения



- Трение деформации и вязкоупругость

- Трение деформации:

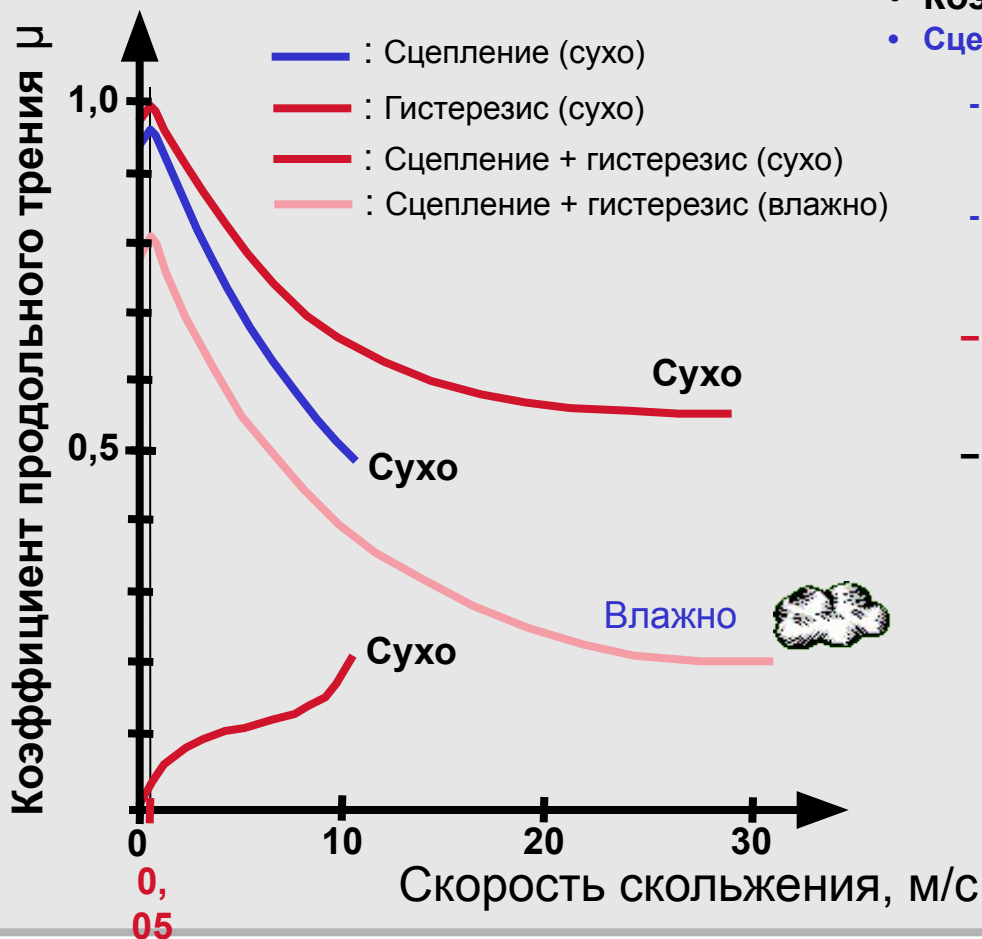
- › На трение сцепления приходится основной вклад в создание тягового усилия шины, но для этого необходим тесный контакт между поверхностями трения
- › Трение сцепления резко уменьшается при наличии прослойки (смазки) между поверхностями трения (пыль, вода, лёд...).

→ При наличии прослойки между поверхностями трения (пыль, вода, лёд...) на первый план выходит трение деформации.

- Вязкоупругость:

- › Гистерезис  $\approx$  потери энергии:
  - Деформированная резина полностью свою форму восстановить не может.

# Коэффициент продольного трения



• Коэффициент продольного трения  $\mu$ :

• Сцепление:

- Максимальное значение достигается при скорости скольжения **0,05 м/с**
- Уменьшается при более высокой скорости скольжения

– Гистерезис:

- Увеличивается с увеличением\* скорости скольжения

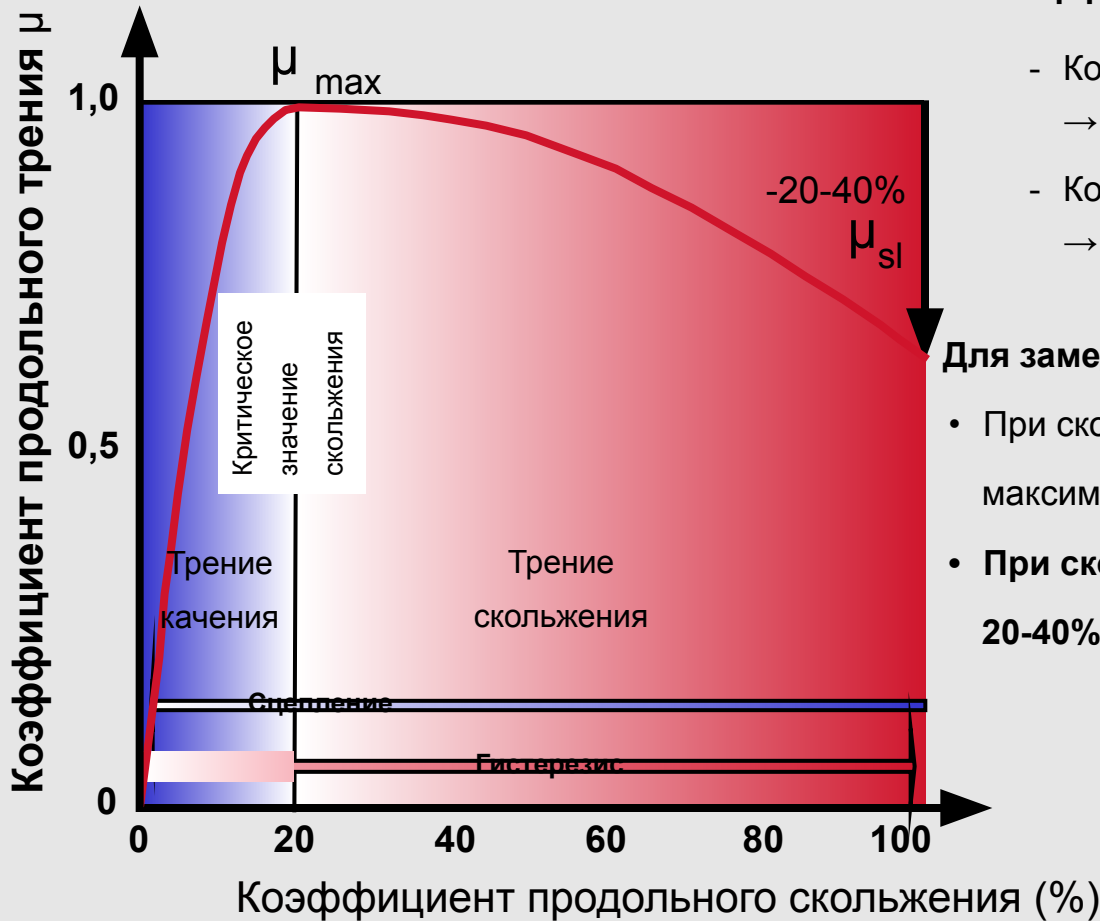
– Гистерезис + Сцепление:

- Уменьшается с увеличением\* скорости скольжения

\* Примечание:

- Скорость скольжения (м/с) увеличивается, когда увеличивается скольжение (%)
- Скорость скольжения (м/с) увеличивается с ростом скорости автомобиля (м/с) для одного и того же скольжения (%)

# Коэффициент продольного трения



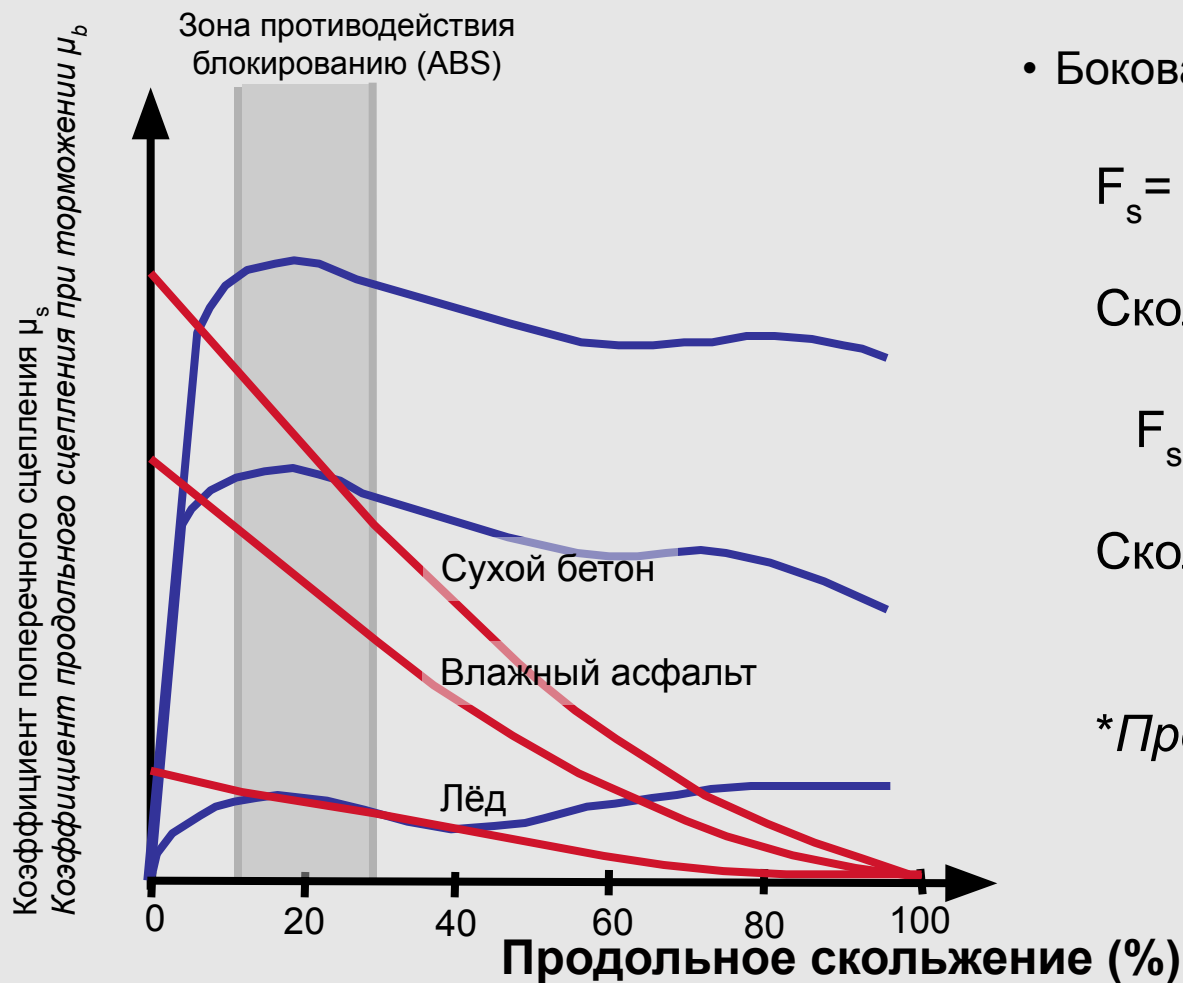
- Коэффициент продольного трения  $\mu$ :

- Коэффициент трения при торможении  $\mu_b$   
→ ABS
- Коэффициент трения при ускорении  $\mu_d$   
→ TRC

Для замедления (ABS) и для ускорения (TRC):

- При скольжении 20%: значение  $\mu$  максимально
- При скольжении 100%: значение  $\mu$  на 20-40% меньше

# Коэффициент поперечного трения



- Боковая сила:

$$F_s = \mu_s \cdot m \cdot g$$

Скольжение\* = 0%

$$\rightarrow \mu_s = \max.$$

$$F_s = \max.$$

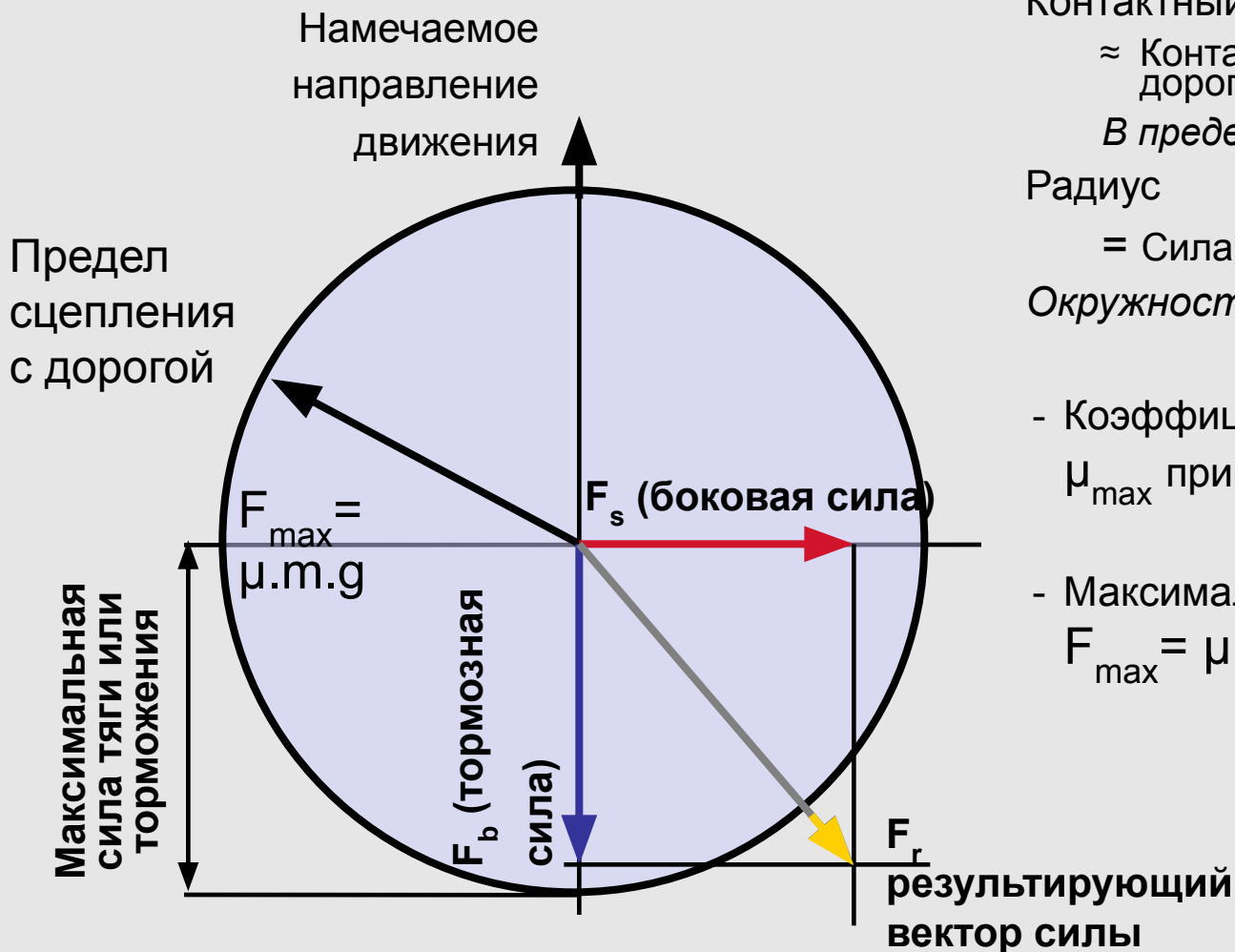
Скольжение\* = 100%

$$\rightarrow \mu_s = 0$$

$$\rightarrow F_s = 0$$

\*Продольное скольжение

# Тяговый круг



- Силы тяги или торможения/трение

Контактный круг

≈ Контакт шины с поверхностью дороги

В пределах круга = сцепление

Радиус

= Сила сцепления

Окружность =  $F_{max}$

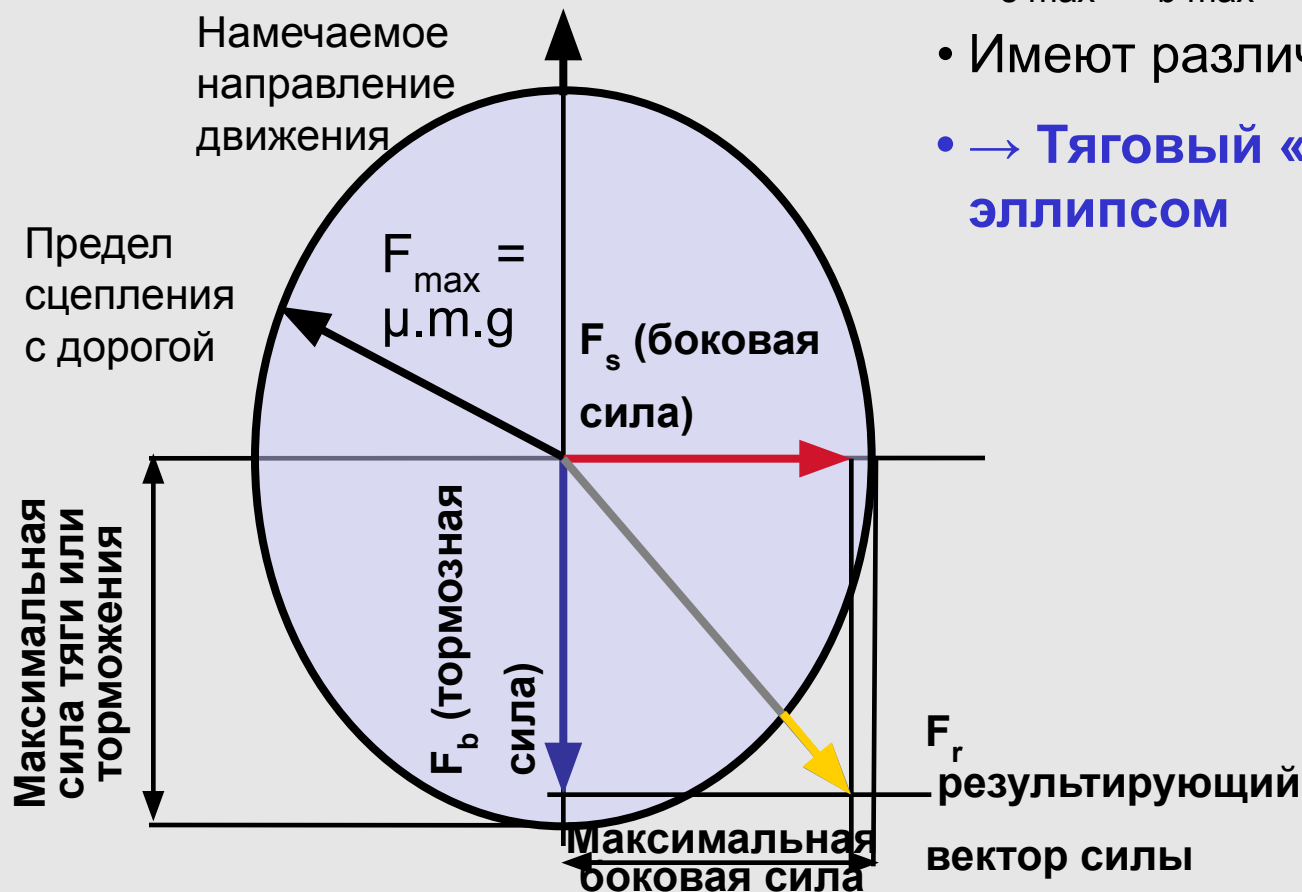
- Коэффициент трения:

$\mu_{max}$  при скольжении 20%

- Максимальная сила сцепления:

$$F_{max} = \mu \cdot m \cdot g$$

# Тяговый круг



•  $F_{s \max}$ ,  $F_{b \max}$  &  $F_{d \max}$

• Имеют различное значение:

• → Тяговый «круг» становится эллипсом



# Тяговый круг

Тяговая сила  $F_d$  (N)

Дано:

$m = 1500$  кг

$\mu = 0,2$

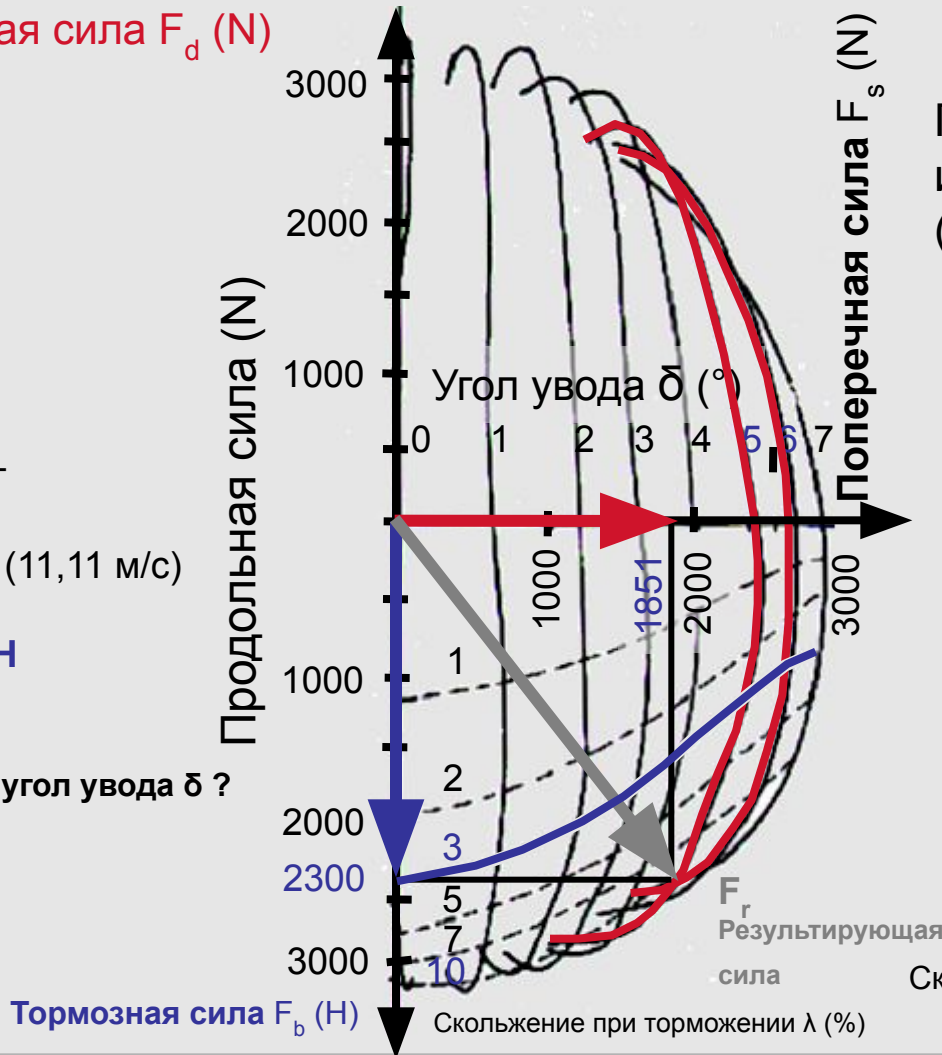
$v = 40$  км/ч (11,11 м/с)

$r = 100$  м

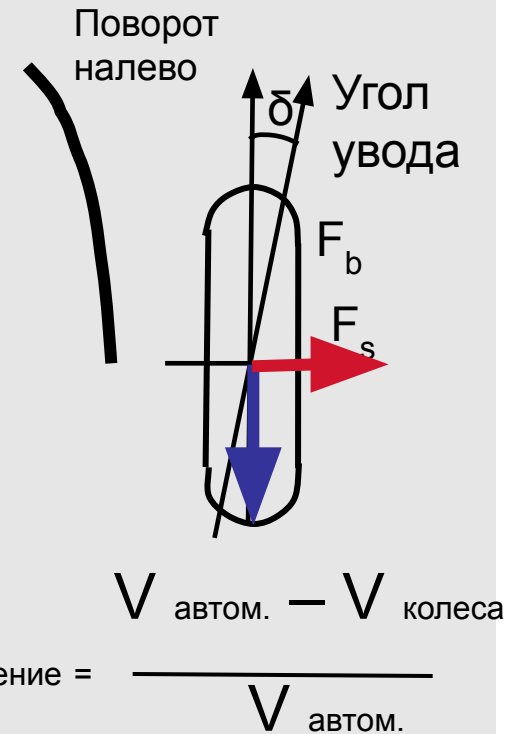
$F_b = 2300$  Н

Вопрос:

Чему равен угол увода  $\delta$  ?

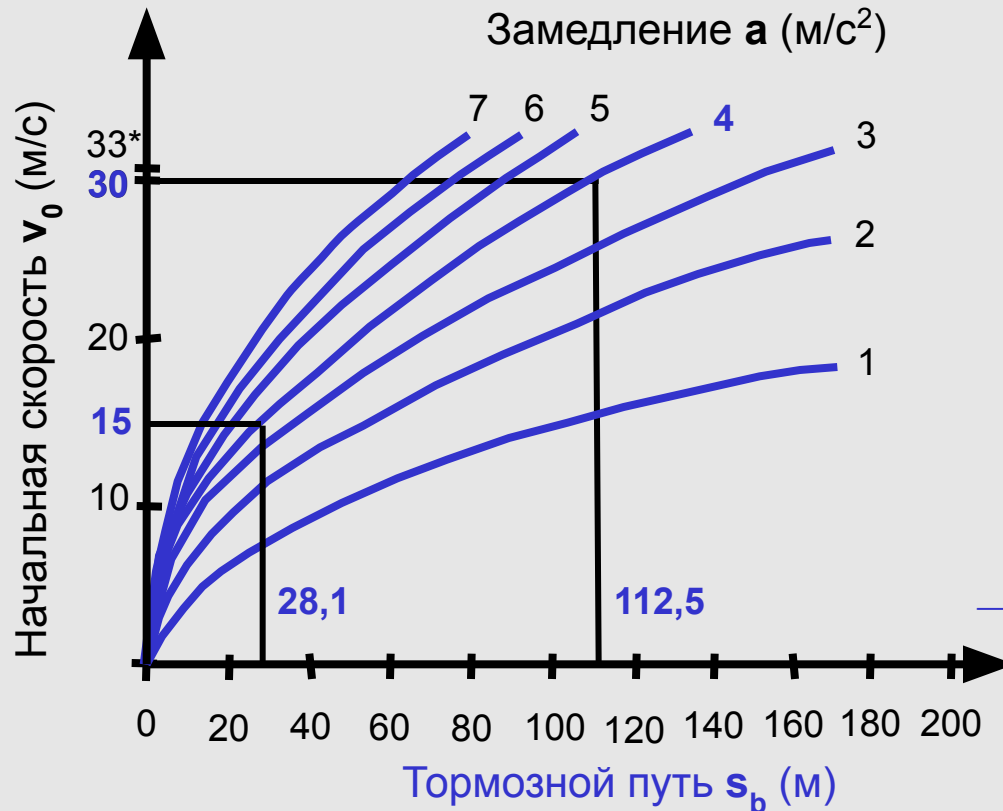


Практический пример использования тягового круга (эллипса):



# Торможение

• Тормозной путь  $s_b$ :



$$s = v \cdot t / 2$$

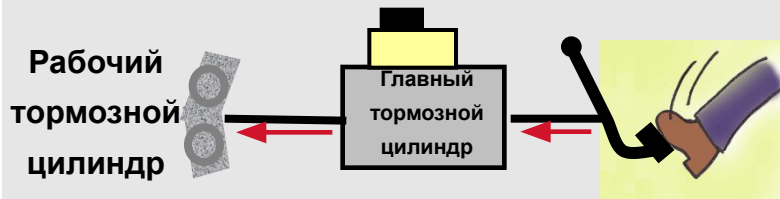
$$a = v/t \rightarrow t = v/a$$





$$\rightarrow s^b = \frac{v^2}{2a}$$

Скорость  $\times 2$   
 $\rightarrow$  Тормозной путь  $\times 4$   
( $\times 2^2$ )

\*33 м/с  $\approx$  120 км/ч  
30 м/с  $\approx$  110 км/ч  
15 м/с  $\approx$  55 км/ч

# Торможение



- Период задержки торможения  $t_r$  (+/- 1 с)  
= Продолжительность реакции    
(От оценки ситуации до начала воздействия на педаль тормоза) (от 0,5 - 0,8 с - до 2 с)  
+ Продолжительность отклика    
(От начала воздействия на педаль тормоза до появления определённого давления в рабочем цилиндре, либо до полного проявления эффекта торможения)

Продолжительность отклика 

= Начальный период отклика

(От начала воздействия на педаль тормоза до появления тормозной силы) (0,1 - 0,3 с) (Свободный ход педали)

+ Продолжительность роста давления в тормозной системе

(От начала появления тормозной силы до появления определённого давления в рабочем цилиндре)

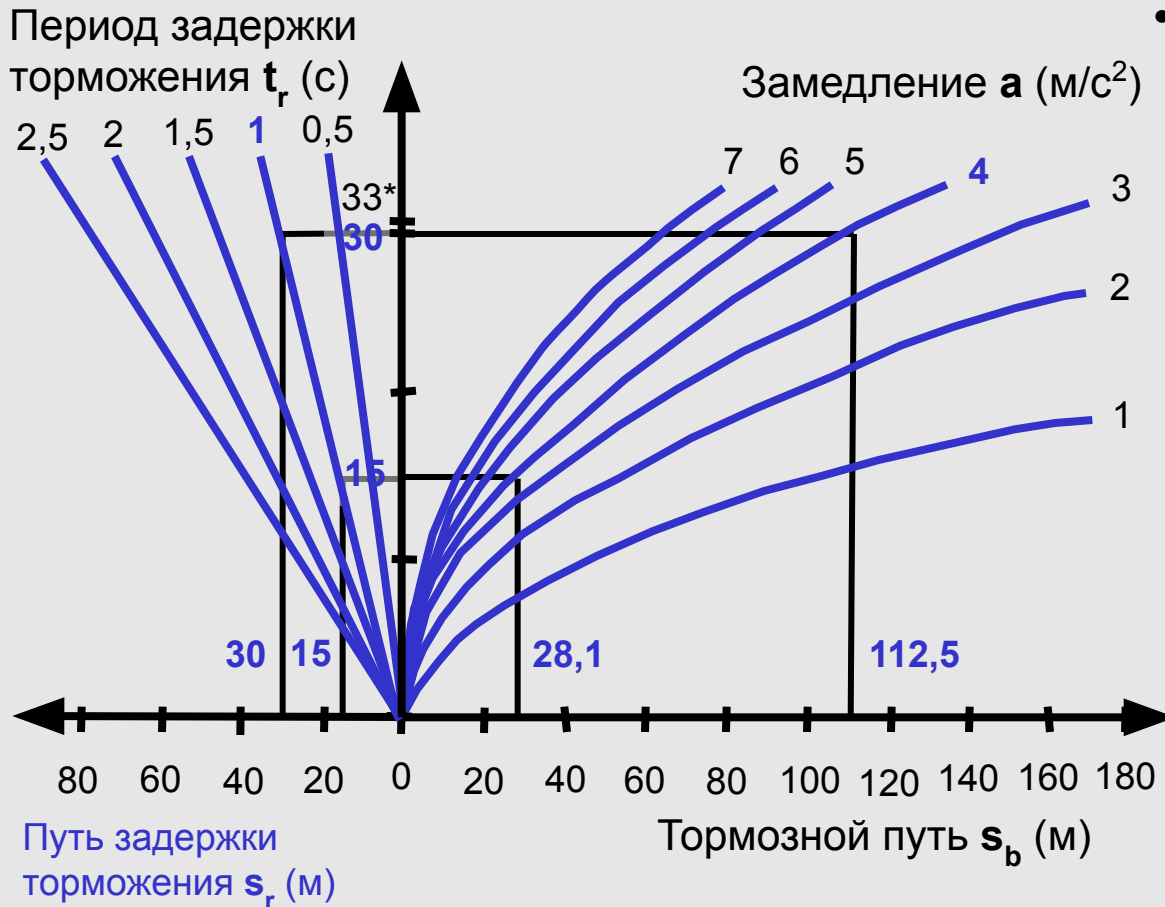
**Примечание:**

Продолжительность отклика включает в себя продолжительность включения тормозной системы (нажатие педали тормоза) (от нажатия педали тормоза до максимального давления на педаль тормоза)

- Путь задержки торможения  $s_r$ :

$$s_r = v_0 \cdot t_r$$

# Торможение



• Путь **задержки** торможения  $s_r$ :

$$s_r = v_0 \cdot t_r$$

Скорость  $\times 2$

→ Путь задержки торможения  $\times 2$

Задержка  $t_r = \pm 1$  с

→ Путь задержки

торможения :

$$s_r = v_0 \cdot 1$$

→ Суммарный тормозной

путь:

$$S = s_r + s_b$$

\*33 м/с  $\approx$  120 км/ч

30 м/с  $\approx$  110 км/ч

15 м/с  $\approx$  55 км/ч

Введение в системы поддержания динамической устойчивости

# Тормозные жидкости (классификация Министерства транспорта США (DOT))

Точка кипения (°C)

Сухая при 0% H<sub>2</sub>O    Влажная при 3% H<sub>2</sub>O

- Жидкость DOT 4 (гликолевая основа)

- Castrol LMA DOT4	230	155
- ATE super blue racing	280	200
- ATE type 2000	280	200
- Motul racing 600	307	216
- Castrol SRF	310	



DOT 5.1  
(4 year)

- DOT 5.1 (гликолевая осн **307**    **185**

- DOT 5 (силиконовая основа !!!)    265    185  
*НЕ применяется компанией TOYOTA!!!*

Thank you



---

**TOYOTA**