

# Теория поворота гусеничного трактора

# Кинематика поворота

Поворот гусеничного трактора осуществляется за счет рассогласования скоростей гусениц, одной из которых (забегающей) придают более высокую скорость по сравнению с другой (отстающей). Движение трактора на повороте можно рассматривать как вращательное в плоскости дороги или поля вокруг мгновенного центра  $O$

# Кинематика поворота

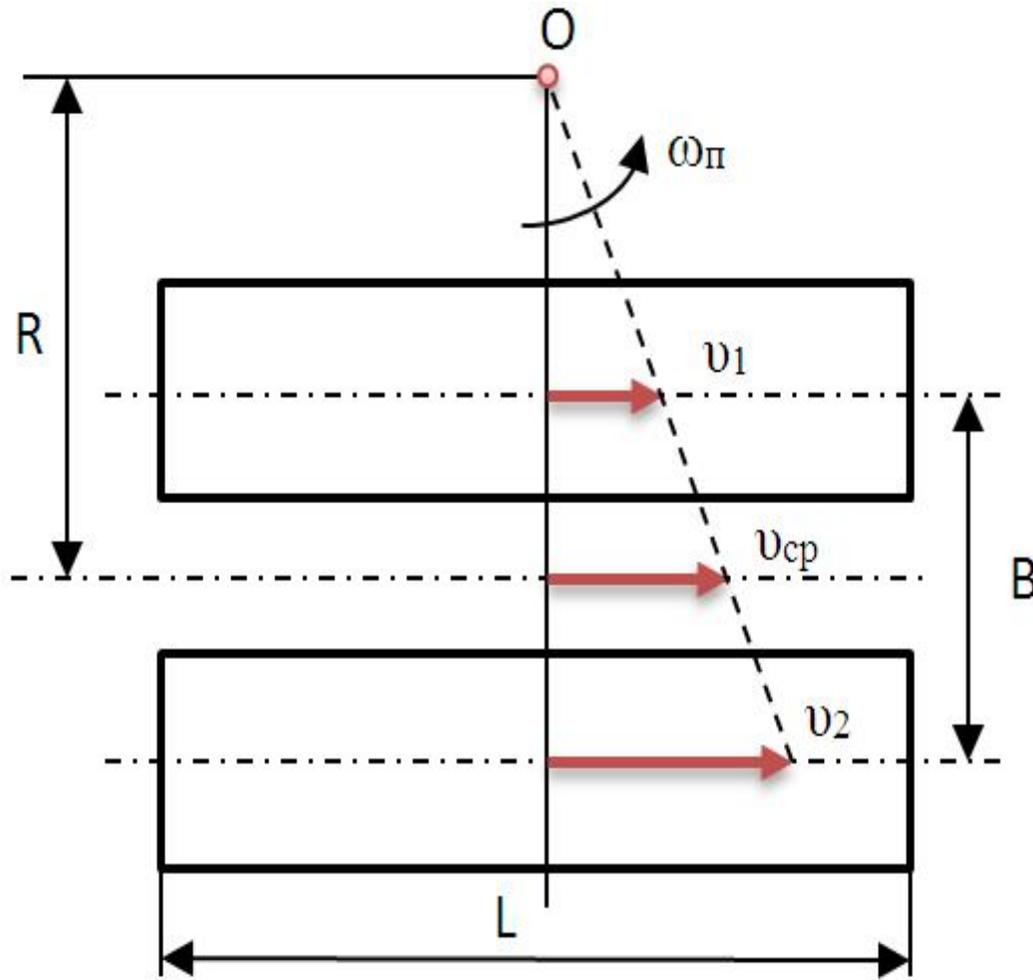


Схема  
поворота

$\dot{\omega}_{\pi}$  – угловая  
скорость  
поворота

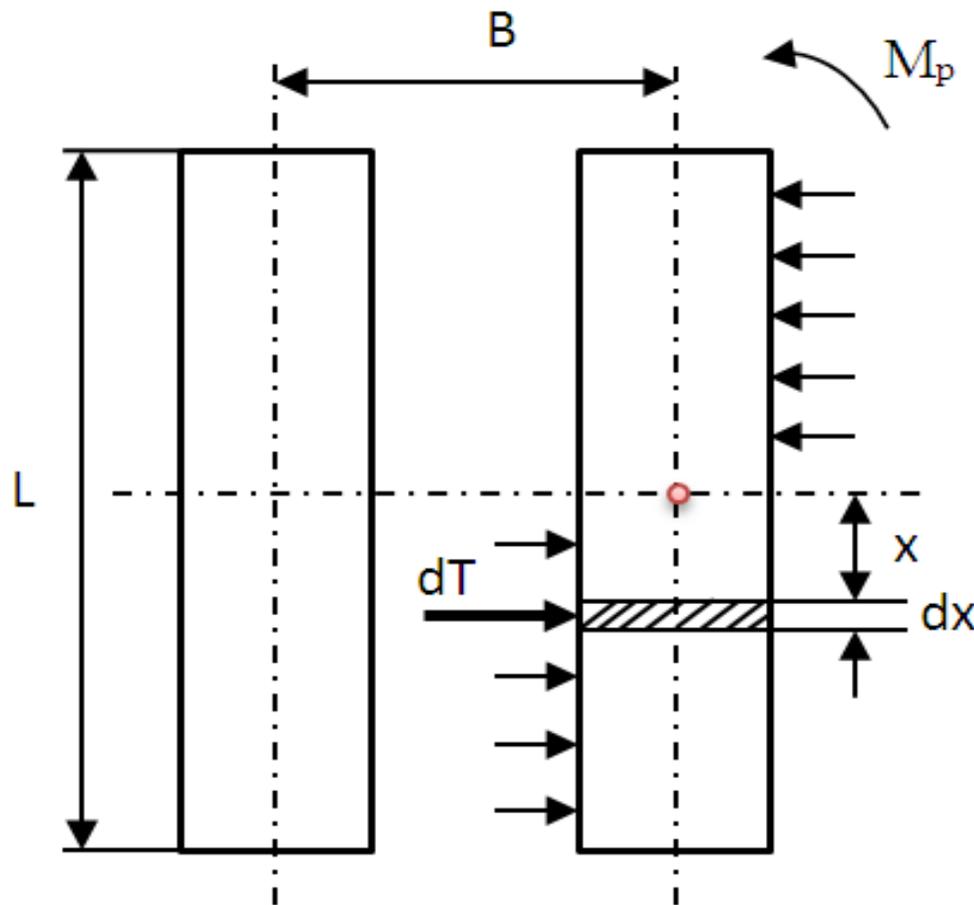
# Определение скоростей

Средняя скорость  $v_{\text{ср}} = R \cdot \omega_{\text{п}}$

Левая гусеница  $v_1 = \omega_{\text{п}}(R - 0,5B)$

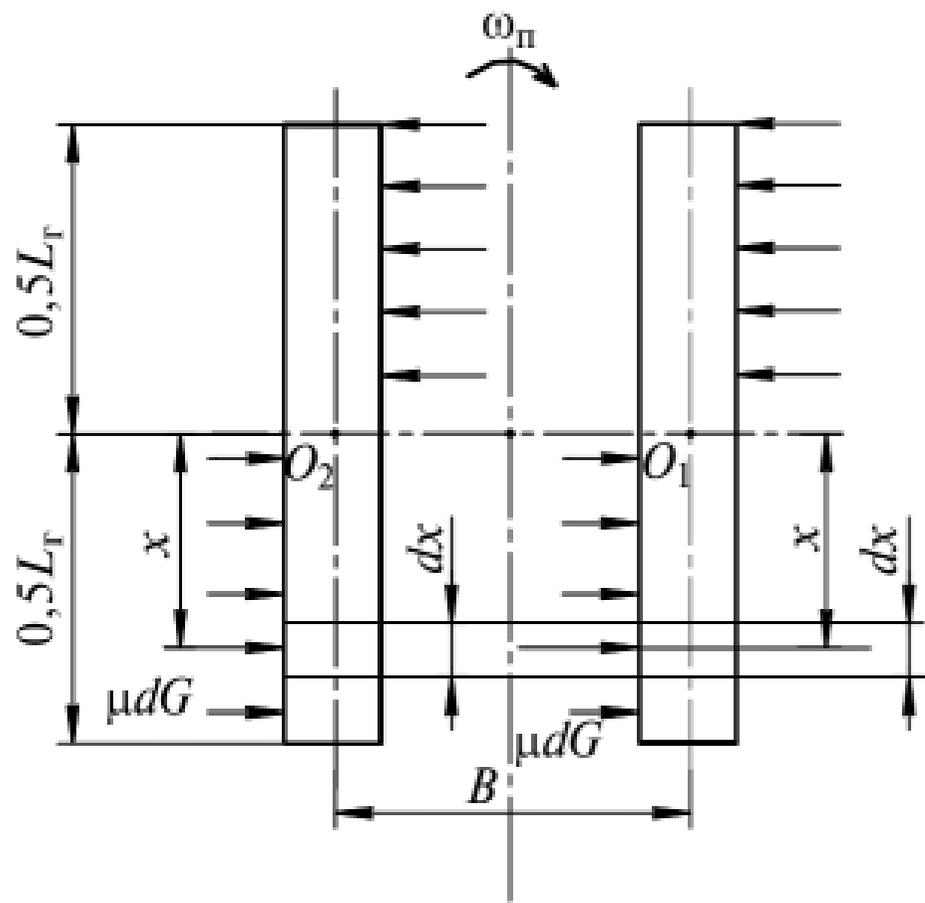
Правая гусеница  $v_2 = \omega_{\text{п}}(R + 0,5B)$

# Динамика поворота. Момент сопротивления повороту

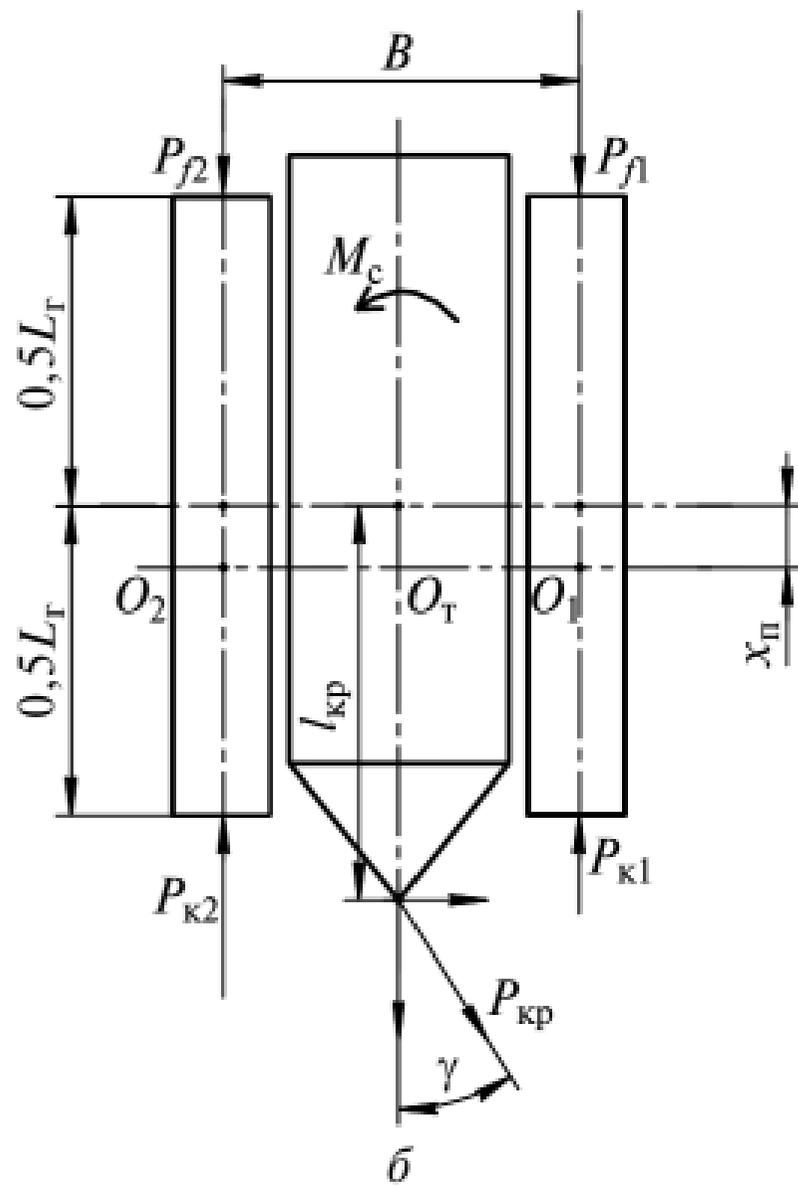


При повороте трактора возникает момент сопротивления повороту

Момент сопротивления повороту  $M_p$  создается за счет вращения гусениц вокруг полюсов  $O_1$  и  $O_2$  с угловой скоростью  $\omega_p$ . В этом случае между гусеницами и почвой возникают боковые силы трения и боковые реакции смятия и сдвига почвы, нагребание ее торцами гусениц и катками. Чем меньше радиус поворота, тем больше эти сопротивления.



a



б

$dT$  – сила трения на элементарном участке.

Вес элементарного участка:

$$dG = \frac{0,5G}{L} dx$$

$$dT = \frac{0,5G}{L} \cdot \mu \cdot dx$$

где  $\mu$  – коэффициент трения;

$$dM'_p = dT \cdot x$$

$$dM'_p = \int_0^{0,5L} \frac{0,5G}{L} \cdot \mu \cdot x \cdot dx$$

$$M'_p = \frac{0,5G}{L} \cdot \mu \cdot \frac{(0,5L)^2}{2} = \frac{G \cdot \mu \cdot L}{16}$$

$$M_p = 4M'_p$$

$$M_p = \frac{G \cdot \mu \cdot L}{4}$$

$M_p$  – момент сопротивления повороту.

Момент сопротивления повороту прямо пропорционален весу трактора, длине его гусениц и приведенному коэффициенту сопротивления повороту.

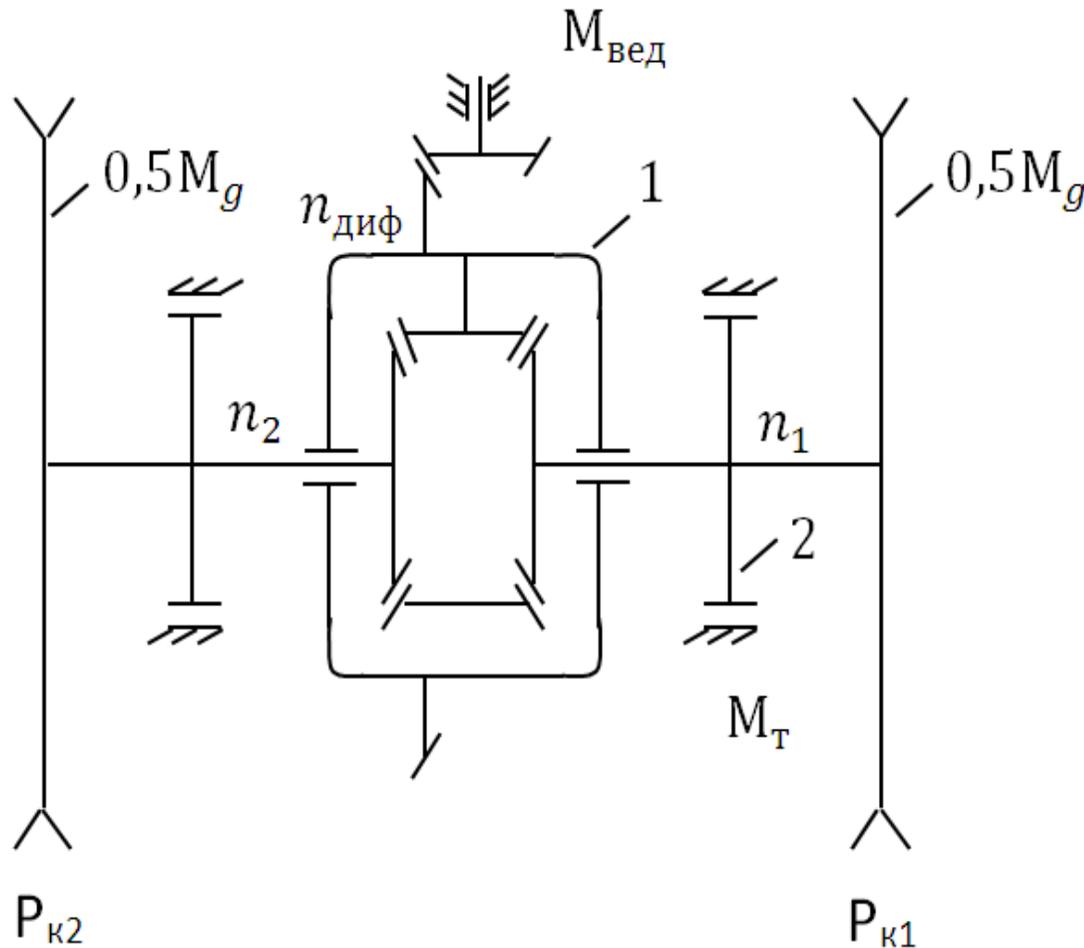
$\mu = 0,4-0,7$  – коэффициент сопротивления повороту, зависит от механических свойств почвы и конструкции гусениц. Уменьшение радиуса поворота ведет к увеличению  $\mu$ .

# Механизмы поворота гусеничных тракторов и их основные свойства

Для создания поворачивающего момента путем регулирования величины и направления касательных сил тяги могут применяться механизмы поворота различных типов:

1. Дифференциальные (простые и сложные)
2. Фрикционные
3. Планетарные

# Кинематические и динамические особенности этих механизмов



Простой  
дифференциальный  
механизм.

У этого механизма:

$$\vartheta_{\text{ср}} = \frac{\vartheta_1 + \vartheta_2}{2}$$

Движение по прямой

$$n_2 = n_1 = n_{\text{диф}}$$

Поворот направо с  
остановкой гусеницы

$$n_1 = 0$$

$$n_2 = 2n_{\text{диф}}$$

Касательная сила тяги  
на гусеницах

$$P_{\text{к2}} = \frac{0,5M_g}{r_{\text{к}}}$$

$$P_{\text{к1}} = \frac{0,5M_g - M_{\text{Т}}}{r_{\text{к}}}$$

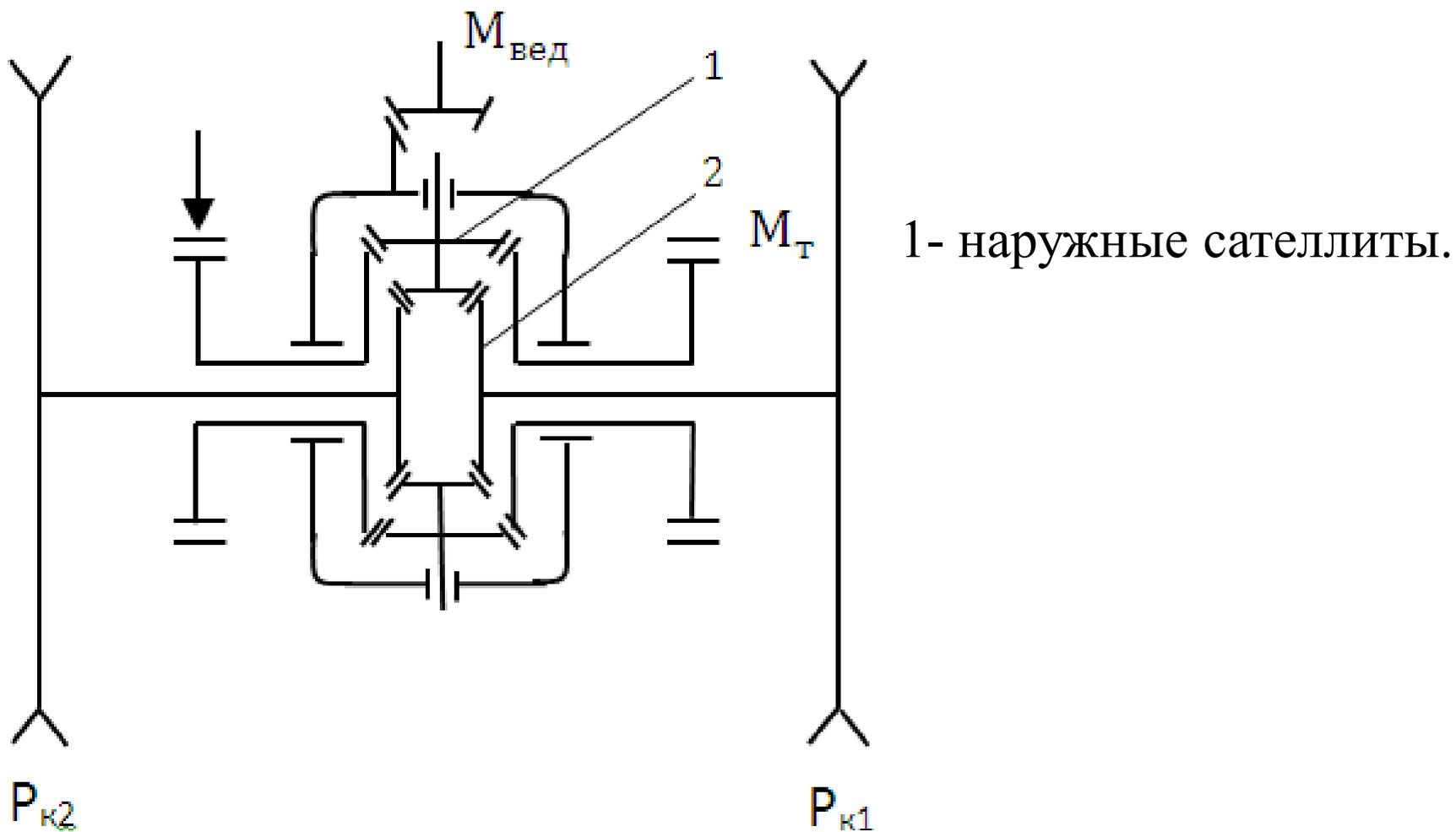
Вследствие неравенства касательных сил тяги  $P_{к2}$  и  $P_{к1}$  возникает поворачивающий момент  $M_{п}$ :

$$M_{п} = 0,5B \left( \frac{0,5M_g}{r_k} - \frac{0,5M_g - M_T}{r_k} \right) = \frac{0,5B}{r_k} \cdot M_T$$

Поворачивающий момент механизма поворота с простым дифференциалом пропорционален тормозному моменту и регулируется затяжкой тормоза на отстающей полуоси

Одинарные дифференциалы обладают следующими недостатками: при повороте трактора резко загружают двигатель и не обеспечивают прямолинейное устойчивое движение трактора, поэтому на современных тракторах они не применяются.

# Сложный дифференциальный механизм



В двойном дифференциале коробка так же, как и в одинарном дифференциале, получает привод от главной передачи . В коробке расположены полуосевые шестерни 2, находящиеся в зацеплении с малыми сателлитами , на осях которых находятся также и большие сателлиты 1, которые вращаются с ними за одно целое. Большие сателлиты 1 постоянно зацеплены с тормозными шестернями, к которым прикреплены тормоза. Для поворота трактора следует притормозить или полностью затянуть один из тормозов. При прямолинейном движении оба тормоза не затянута. Если затормозить левый тормоз , то большие сателлиты 1 будут обегать тормозную шестерню. Так как малый и большой сателлиты изготовлены за одно целое, то они вращаются с одинаковой угловой скоростью на осях, и левая полуосевая шестерня с полуосью при этом будут вращаться с меньшим числом оборотов, чем правая полуосевая шестерня 2 с полуосью ; ведущее колесо начнет при этом вращаться медленнее, отчего начнется поворот трактора.

$$P_{к1} = \frac{0,5M_{вед}}{r_{к}}$$

$$P_{к2} = \frac{0,5(M_{вед} - M_{т}i_{д})}{r_{к}}$$

$$M_{п} = \frac{0,5B \cdot M_{т} \cdot i_{д}}{r_{к}}$$

$i_{д}$  – передаточное число дифференциала,  $i_{д} = 3$

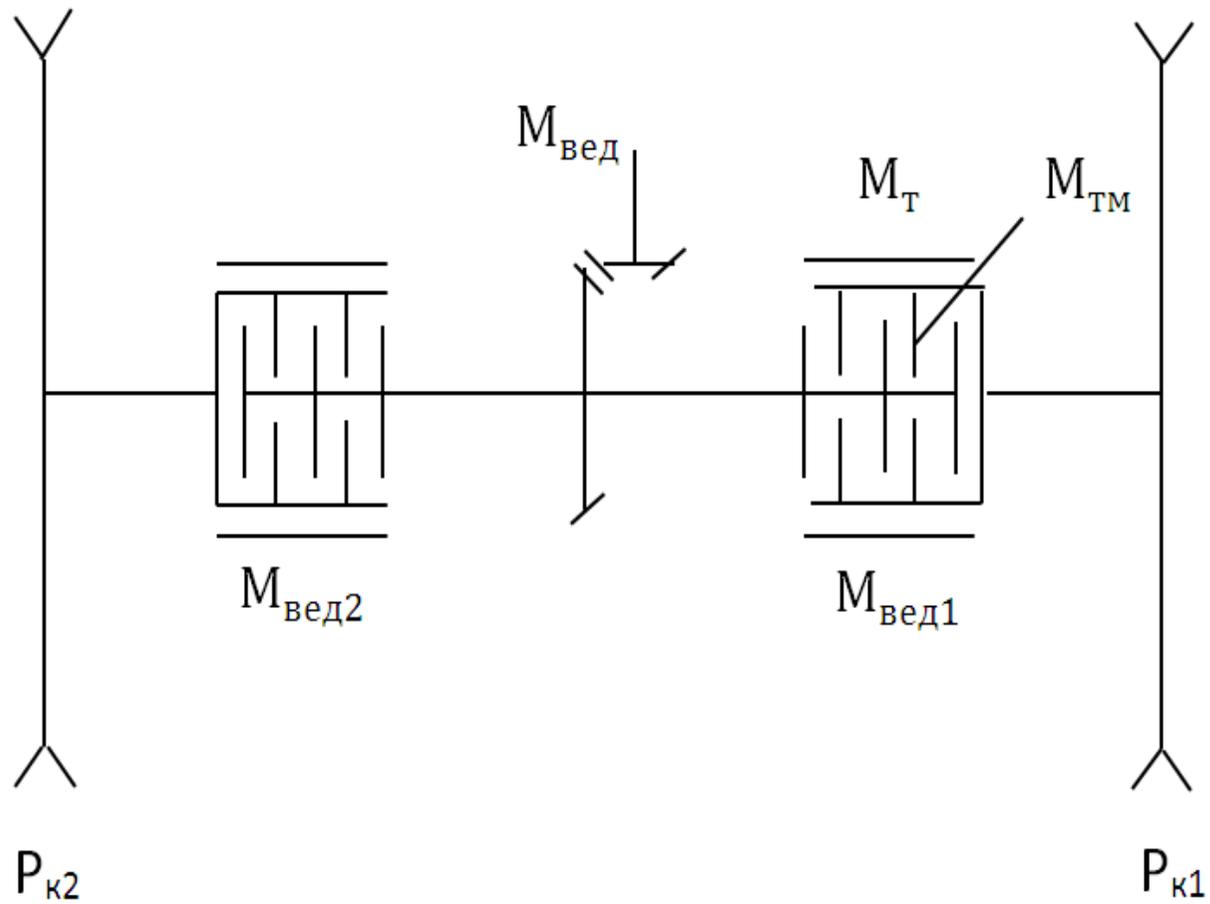
Поворачивающий момент у трактора с таким механизмом поворота больше в  $i_{д}$  раз.

Минимальный радиус поворота трактора с двойным дифференциалом  $R_{\min} = 0,5V \cdot i_{\text{диф}}$

Поворот трактора на месте невозможен.

Для всех типов дифференциалов уменьшение частоты вращения отстающей гусеницы вызывает соответствующее увеличение частоты забегающей. Следовательно, средняя скорость трактора на повороте остается такой же, как и при прямолинейном движении

# Фрикционный механизм



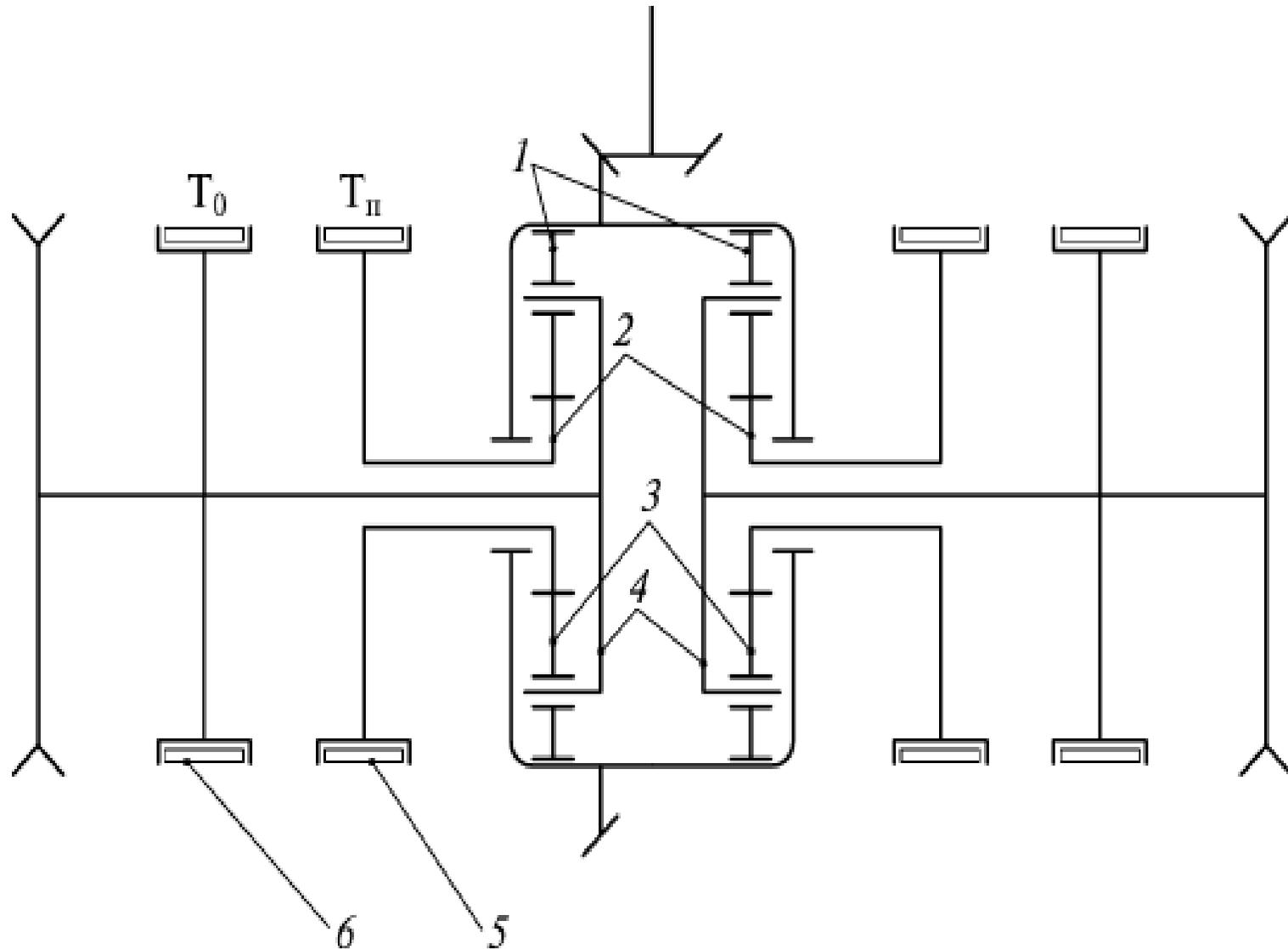
При прямолинейном движении муфты поворота включены, тормоза отпущены. Обе гусеницы двигаются с одинаковыми скоростями.

При поворотах муфта отстающей гусеницы выключается частично или полностью, иногда с торможением отстающей гусеницы.

Для тракторов с муфтами средняя скорость поступательного движения на повороте меньше скорости прямолинейного движения, и при повороте на месте

$$V_{\text{пов}} = 0.5 V_{\text{прям}}$$

# Планетарный механизм поворота



- 1 — эпициклические шестерни;
- 2 — солнечные шестерни;
- 3 — сателлиты;
- 4 — водила;
- 5 — поворотный тормоз;
- 6 — остановочный тормоз

При прямолинейном движении полуосевые тормоза (водило) отпущены, тормоза солнечных шестерен затянуты. В этом случае планетарный механизм выполняет функции понижающего редуктора с передаточным числом

$$i = (Z_k + Z_c) / Z_k ;$$

$Z_k$  – коронная шестерня;

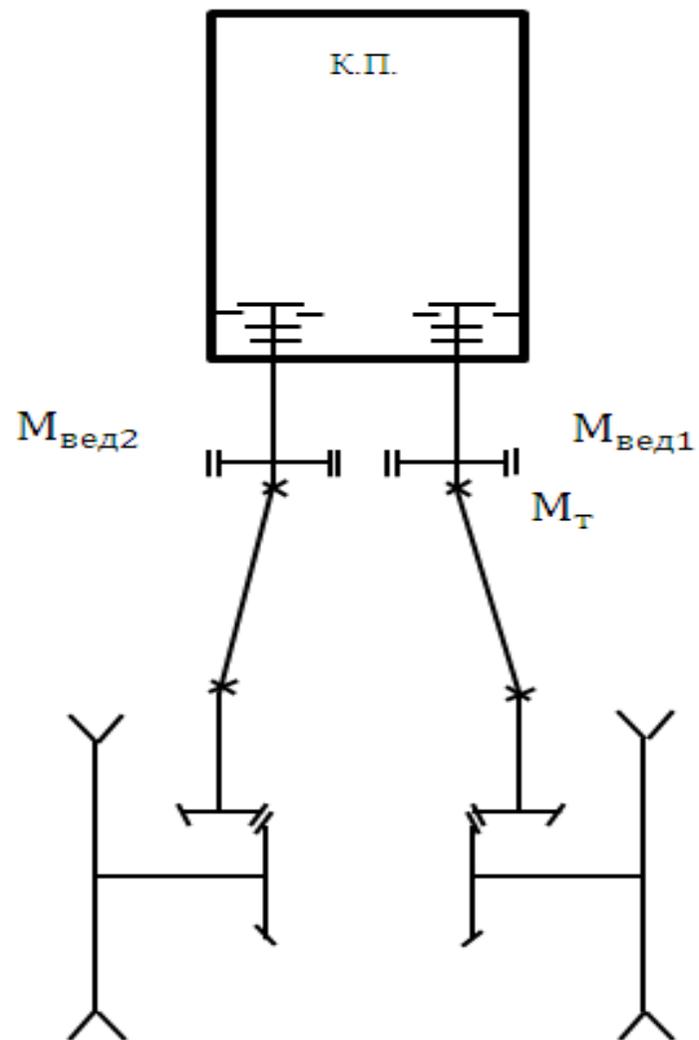
$Z_c$  - солнечная

Работа планетарного механизма аналогична работе механизма поворота с муфтами и тормозами.

Когда поворот осуществляется отключением тормоза солнечной шестерни и притормаживанием отстающей гусеницы, весь ведущий момент передается забегающей гусенице

Одноступенчатый планетарный механизм поворота получил применение на тракторах Волгоградского и Алтайского тракторных заводов

# *Схема механизма поворота гусеничного трактора Т-150*



Поворот трактора с фиксированным радиусом производится за счет рассогласовывания скоростей на гусеницах при включении разных передач.

Поворачивающий момент трактора зависит от номера включенной передачи. Плавный поворот трактора осуществляется за счет поворота рулевого колеса с частичным или полным выключением поджимной муфты. Полное размыкание муфты наступает при повороте рулевого колеса на  $42^{\circ}$ . При дальнейшем ходе затягивается тормозная лента.

# Неисправности механизмов поворота

На курсовую устойчивость и поворачиваемость гусеничного трактора большое влияние оказывает техническое состояние механизмов поворота.

Возможны два основных признака неудовлетворительного технического состояния механизмов поворота: трактор в процессе работы уводит в сторону от прямолинейного движения и не достигается поворот с минимальным радиусом (крутой поворот).

Первая неисправность может быть вызвана пробуксовыванием фрикционной муфты или тормоза планетарного механизма, когда нет воздействия на механизм поворота; кроме того, возможно неполное выключение остановочных тормозов. Асимметричное приложение тяговой нагрузки  $P_{кр}$  по отношению к продольной оси симметрии трактора также является одной из причин увода трактора в сторону от прямолинейного движения.

Вторая неисправность может быть вызвана неполным выключением при повороте фрикционной муфты и тормоза планетарного механизма или неполным прижатием остановочных тормозов.