

Уплотняющие и опорные органы сельскохозяйственных машин

1. Назначение и разновидности
2. Обоснование основных параметров
3. Режимы качения
4. Сопротивление качению
5. Зависимость тягового сопротивления от параметров катка и свойств почвы.

Литература:

Кленин Н.И. Саун Вяч. Александрович

Сельскохозяйственные и мелиоративные машины М.

Колос 1994г стр. 101-113

Летошнев М.Н. СХМ. М.-Ленинград 1955г.

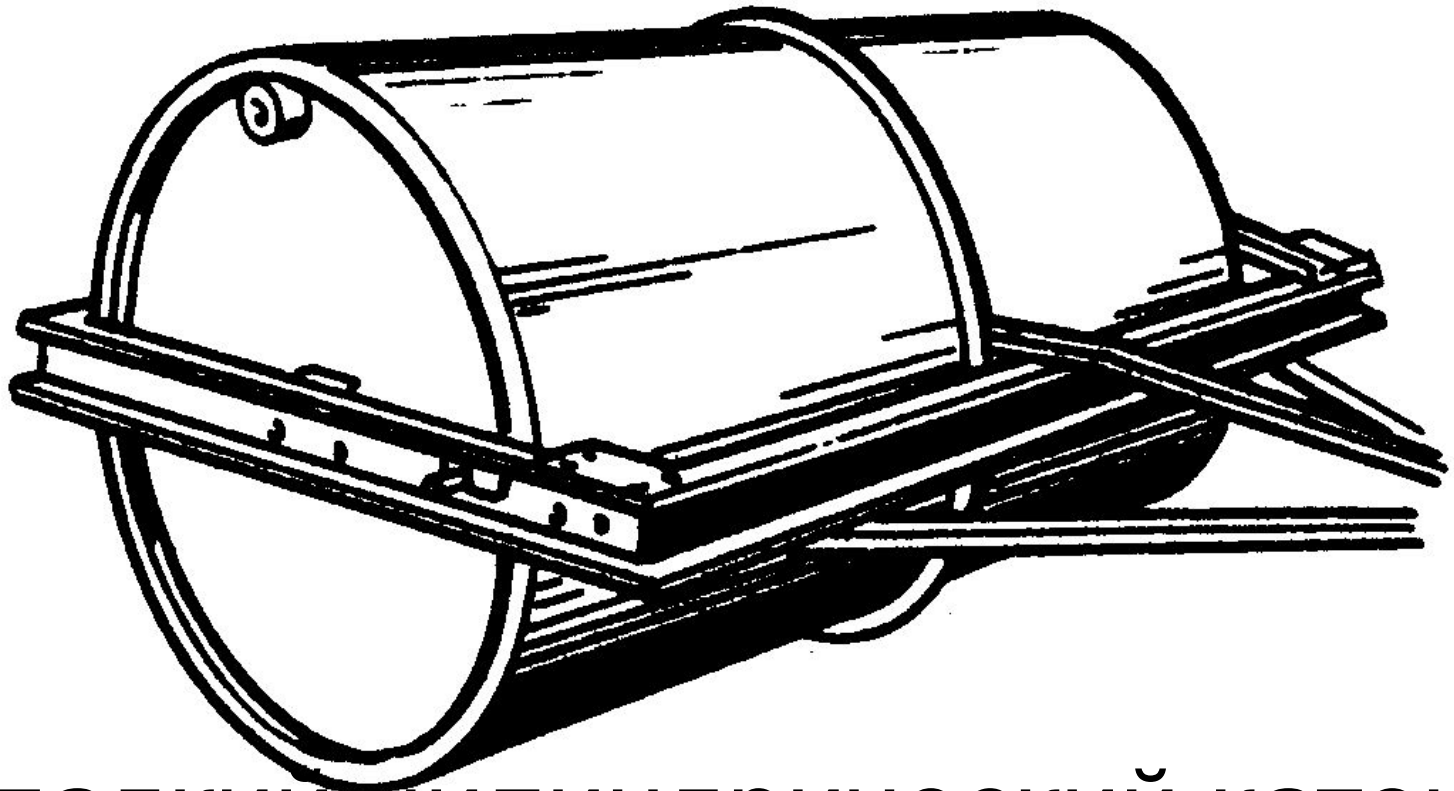
стр. 729-758

Катки относятся к числу рабочих органов для поверхностной обработки почвы, т.к. они предназначены для выполнения технологической операции уплотнения почвы.

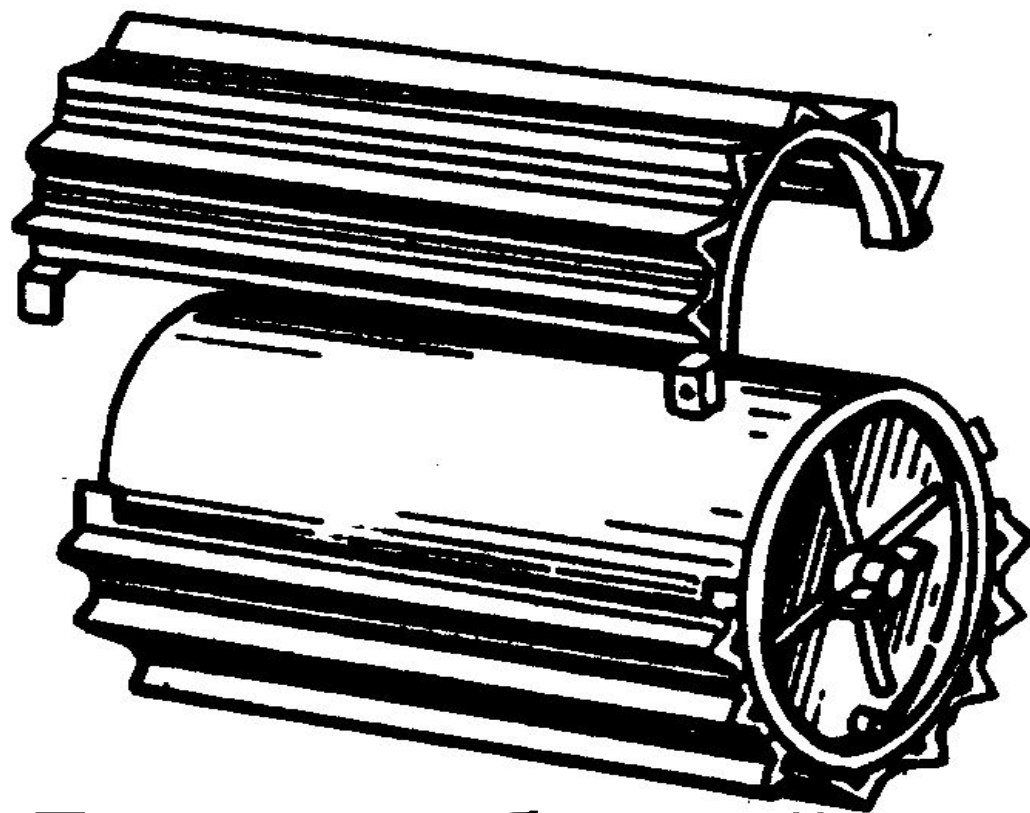
Колеса- к числу вспомогательных, служебных органов т.к. они выступают в роли опор. Или одновременно и движителей машины.

Их объединяет единство геометрической формы – в основе тех и других лежит круговой цилиндр с горизонтальной осью вращения и аналогичный характер воздействия на почву

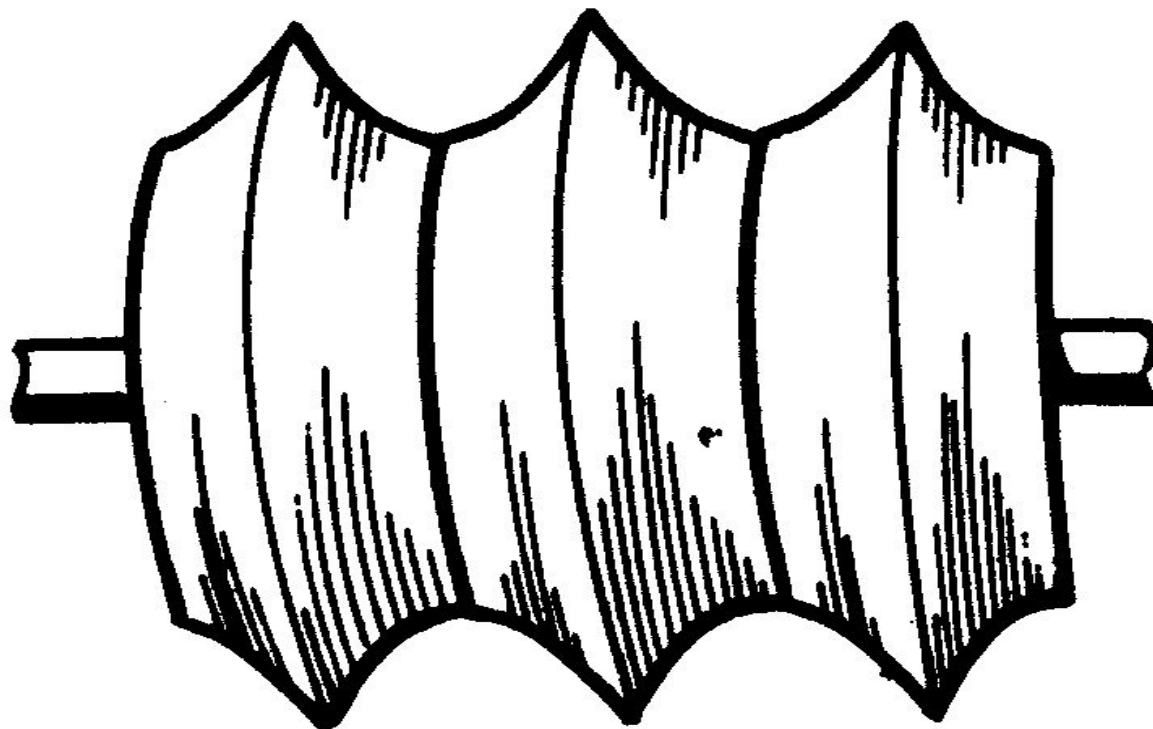
Катки могут быть использованы для обработки почв как до посева так и после



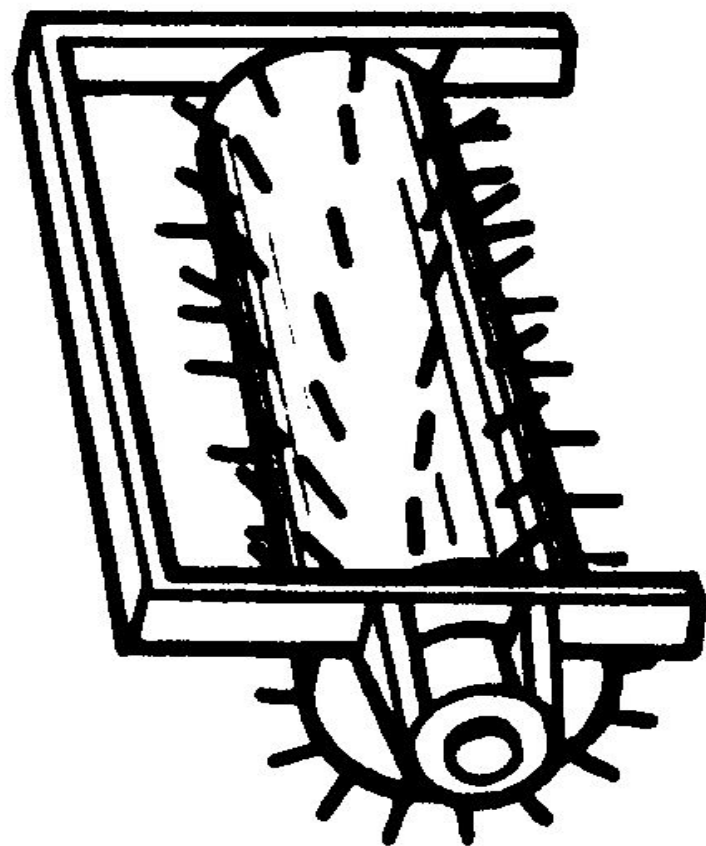
Гладкий цилиндрический каток



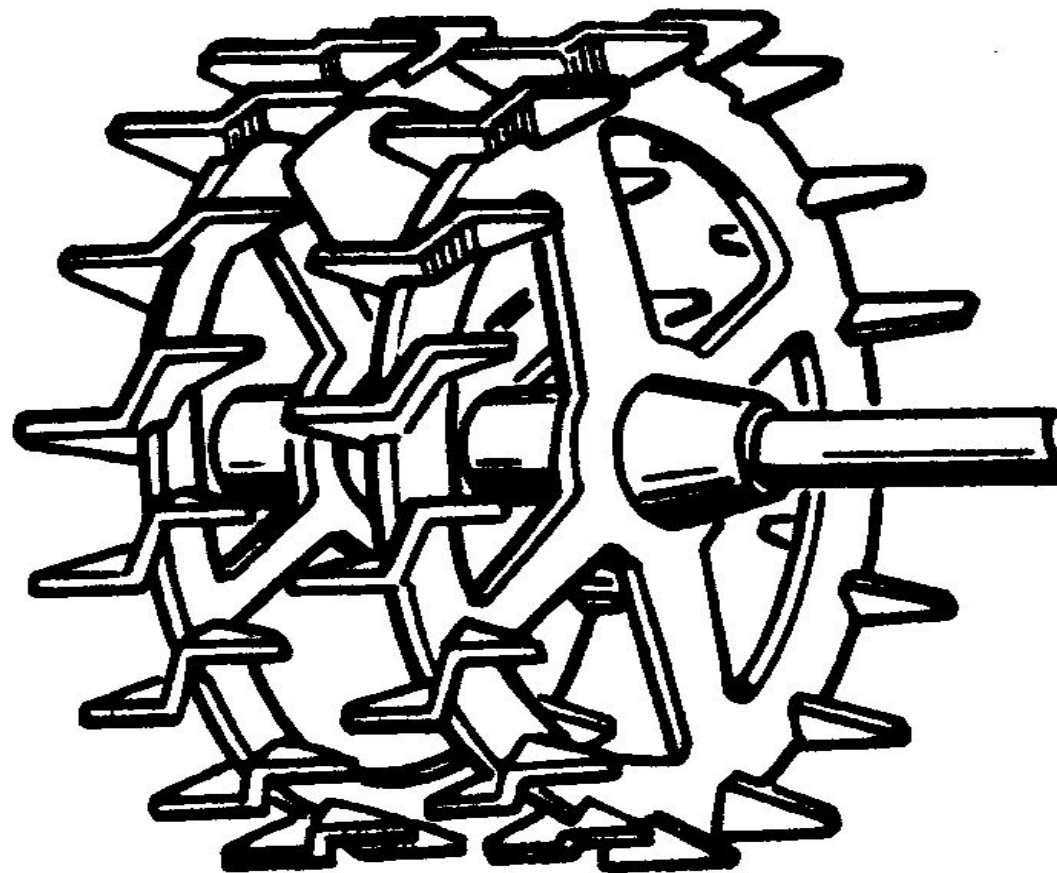
Гладкорубчатый каток



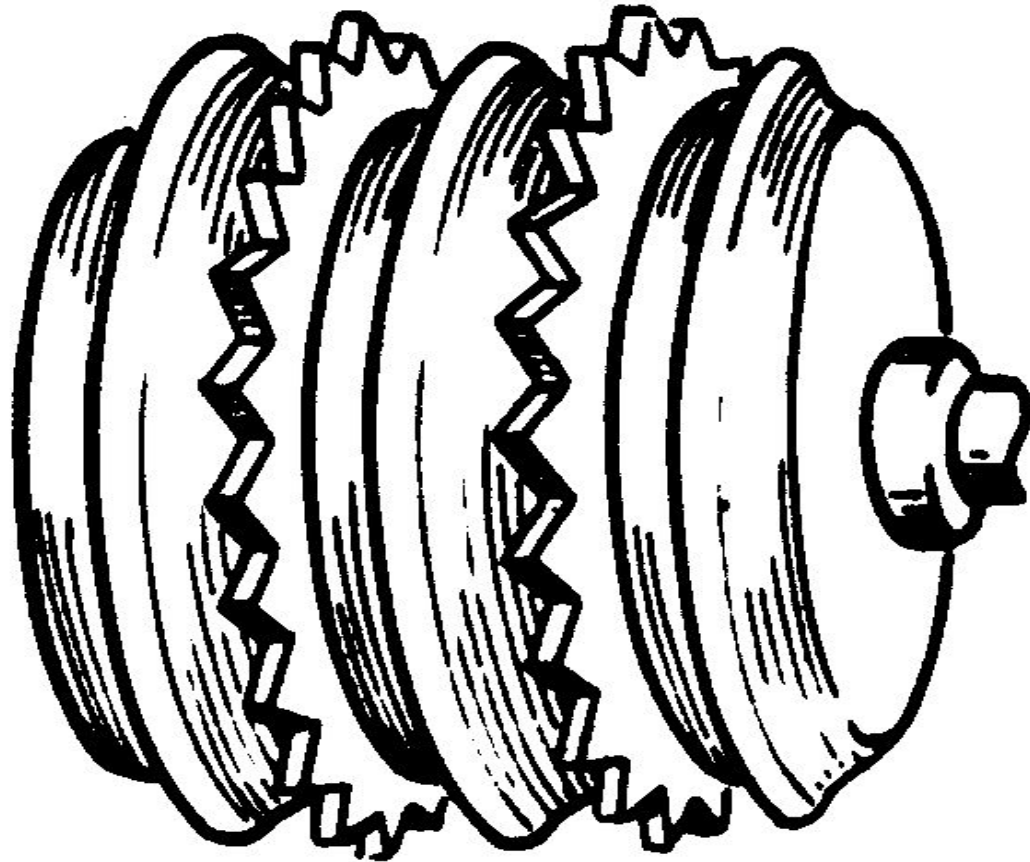
Кольчатый (клиновидный) каток



Борончатый каток



Кольчато-шпоровый каток

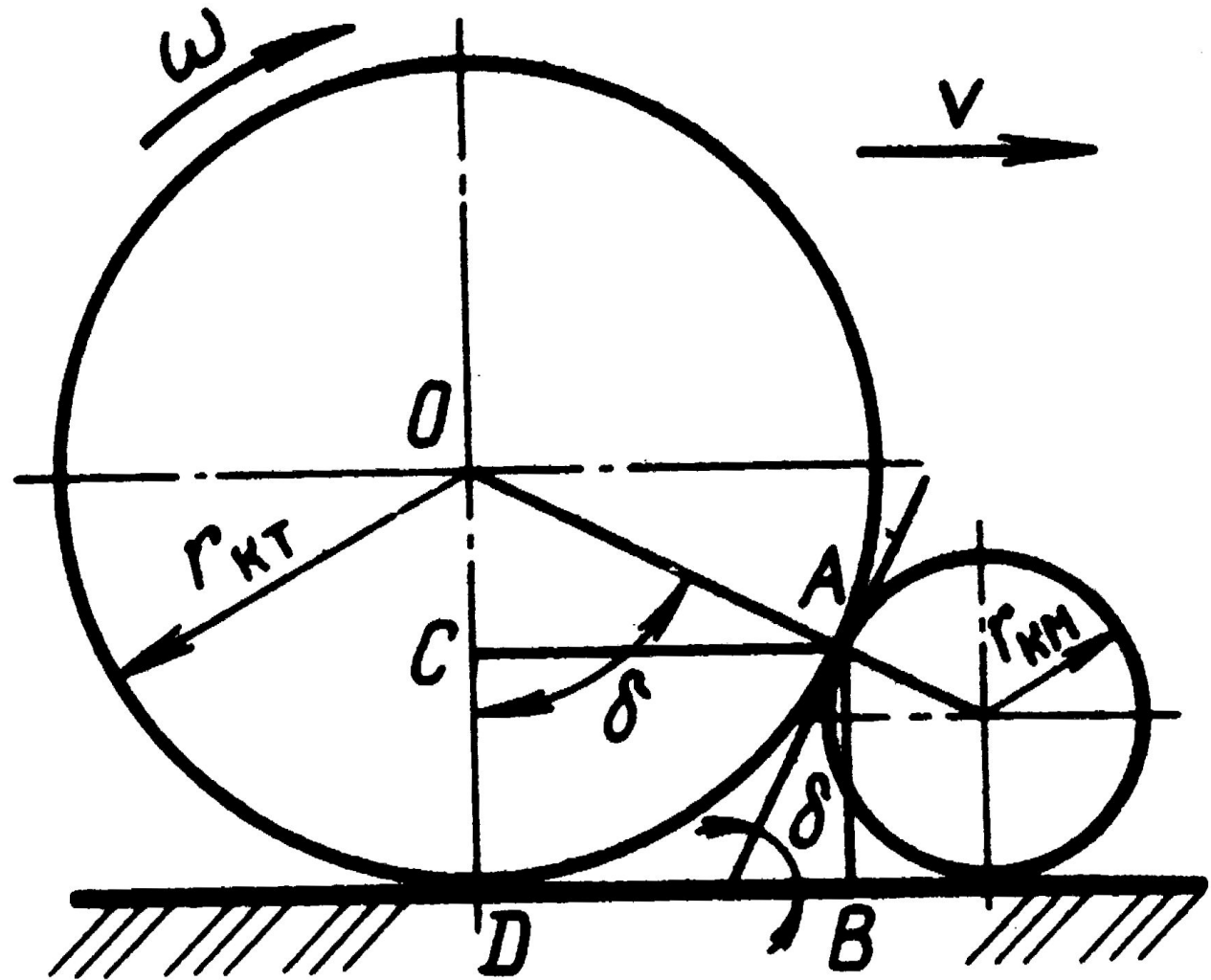


Кольчато-зубчатый каток

Основные параметры катков (колес) – это диаметр и длина (ширина) обода и коэффициент трения о почву. Диаметр должен быть таким, чтобы при встрече с крупным комком, каток легко перекатывался через него, не толкал его вперед. При перекатывании через комок давление концентрируется на нем и разрушает его или он вдавливаются в почву. В противном случае каток будет толкать его перед собой т.е. будет происходить сгущивание почвы.

Следовательно для нормальной работы катка необходимо зацепление почвенных комков. Т.е. должно соблюдаться условие $\delta \leq \varphi_1 + \varphi_2$

Где δ - угол зацепления комка о каток
 φ_1 - угол трения комка о каток
 φ_2 - угол трения комка о почву.



$$r_{km} - r_{km} \sin \delta = r_{km} + r_{km} \cos \delta$$

$$r_{km} - r_{km} \sin^2 \frac{\delta}{2} = r_{km} \cos^2 \frac{\delta}{2} : \text{или} - \frac{r_{km}}{r_{km}} = \operatorname{tg}^2 \frac{\delta}{2}$$

отсюда

$$r_{km} = \frac{r_{km}}{\operatorname{tg}^2 \frac{\delta}{2}}$$

или считая что $\delta = \varphi_1 + \varphi_2$, то получим

$$r_{km \min} = r_{km} / \operatorname{tg}^2 \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2}, r_{km \min} = r_{km} \operatorname{ctg}^2 \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2}$$

$$r_{km \min} = r_{km} \operatorname{tg}^2 \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2}, \text{ если } \varphi_1 = \varphi_2 \text{ , то}$$

$$r_{km \min} = r_{km} \times \operatorname{tg}^2 \varphi$$

Выводы

1. Минимальный радиус катка прямо пропорционален среднему радиусу комков по поверхности обрабатываемого поля – комки можно измельчать.

2. Чем больше коэффициент трения катка о комки тем меньше может быть радиус катка коэффициент можно изменять изменяя например поверхность гладкую на гладко – рубчатую.

3. В зависимости от структурного состава почвы и размеров комков на поверхности поля целесообразно применять катки разного диаметра в различных почвенных зонах

4. Длину катка выбирают из условий рельефа. Для равнинных условий она как правило до 2-х м., для горных не более 1м.

Режимы качения

Различают следующие режимы качения:

качение со скольжением, качение с буксованием, качение без скольжения и буксования.

при качении без скольжения и буксования.

$L=2\pi r n$ при качении со скольжением каток пройдет путь больший чем $L=2\pi r n$ в этом случае часть пути каток проходит

$\Delta L_{ск}$ - со скольжением

Такой режим характерен для большинства катков и ведомых колес.

При качении с буксованием путь $L_б$ меньше чем $2\pi r n$ и часть пути оказывается потерянный. Такой режим характерен для

ведущих колес катков

степень

скольжения

$$\xi = \frac{\Delta L_{ck}}{L_{ck}} = \frac{2\pi(r + \Delta r)n - 2\pi rn}{2\pi(r + \Delta r)n} = \frac{\Delta r}{r + \Delta r}$$

изменяется от 0 до 1

коэффициент

буксования

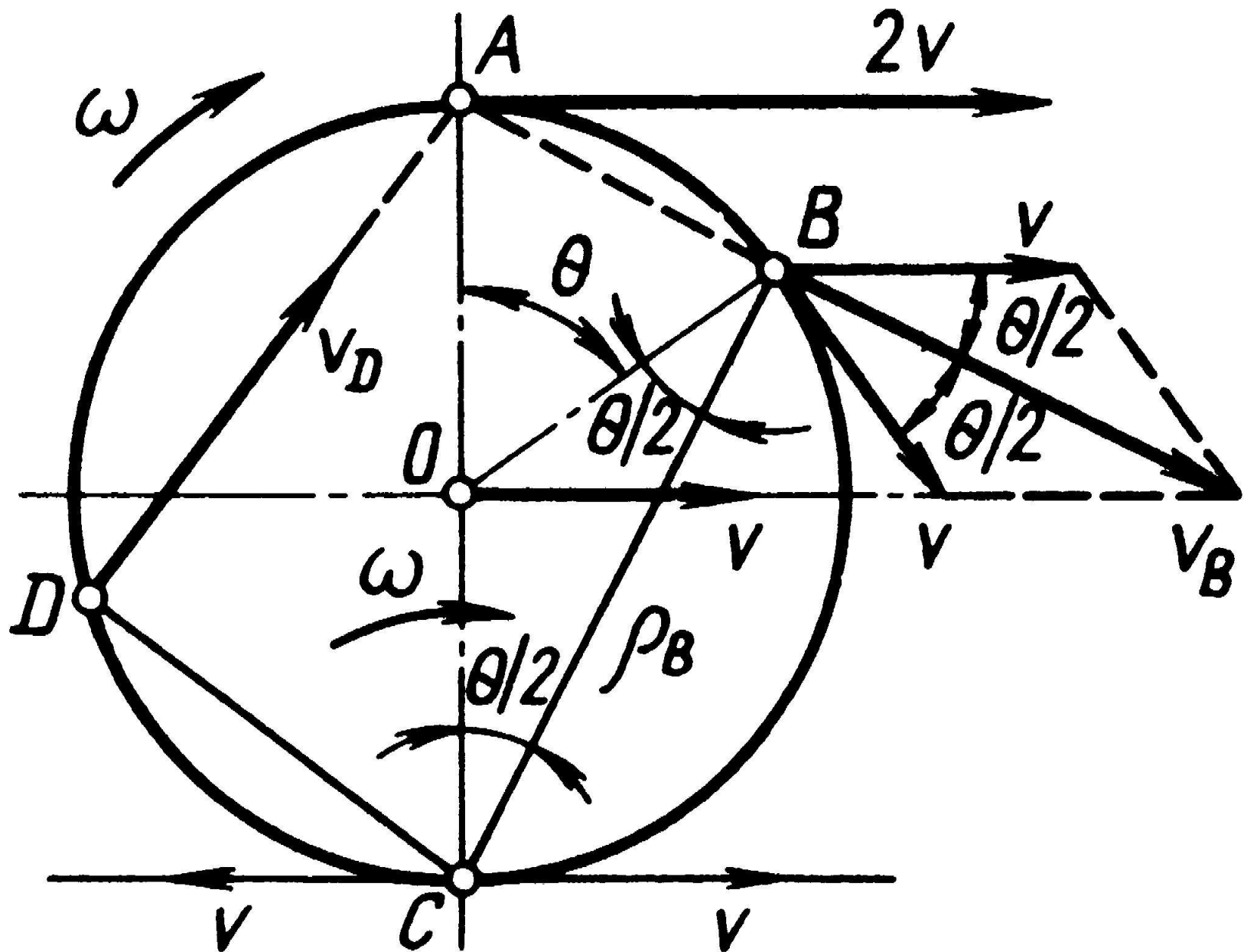
$$\eta = \frac{\Delta L_{б}}{L_{б}} = \frac{2\pi(r - \Delta r)n - 2\pi rn}{2\pi(r - \Delta r)n} = \frac{\Delta r}{r - \Delta r}$$

изменяется от 0 до ∞ .

Скорости точек при движении.

Движение без скольжения и буксования

Может происходить с образованием и без образования колеи. Любая точка участвует в двух движениях : поступательном (переносном) вместе с орудием и вращательном (относительном) относительно оси O . При движении без скольжения. и буксования относительные и переносные скорости равны по модулю, но относительная скорость переменна по направлению. Поэтому абсолютная скорость как геометрическая сумма этих двух скоростей в процессе движения изменяется как по величине так и направлению

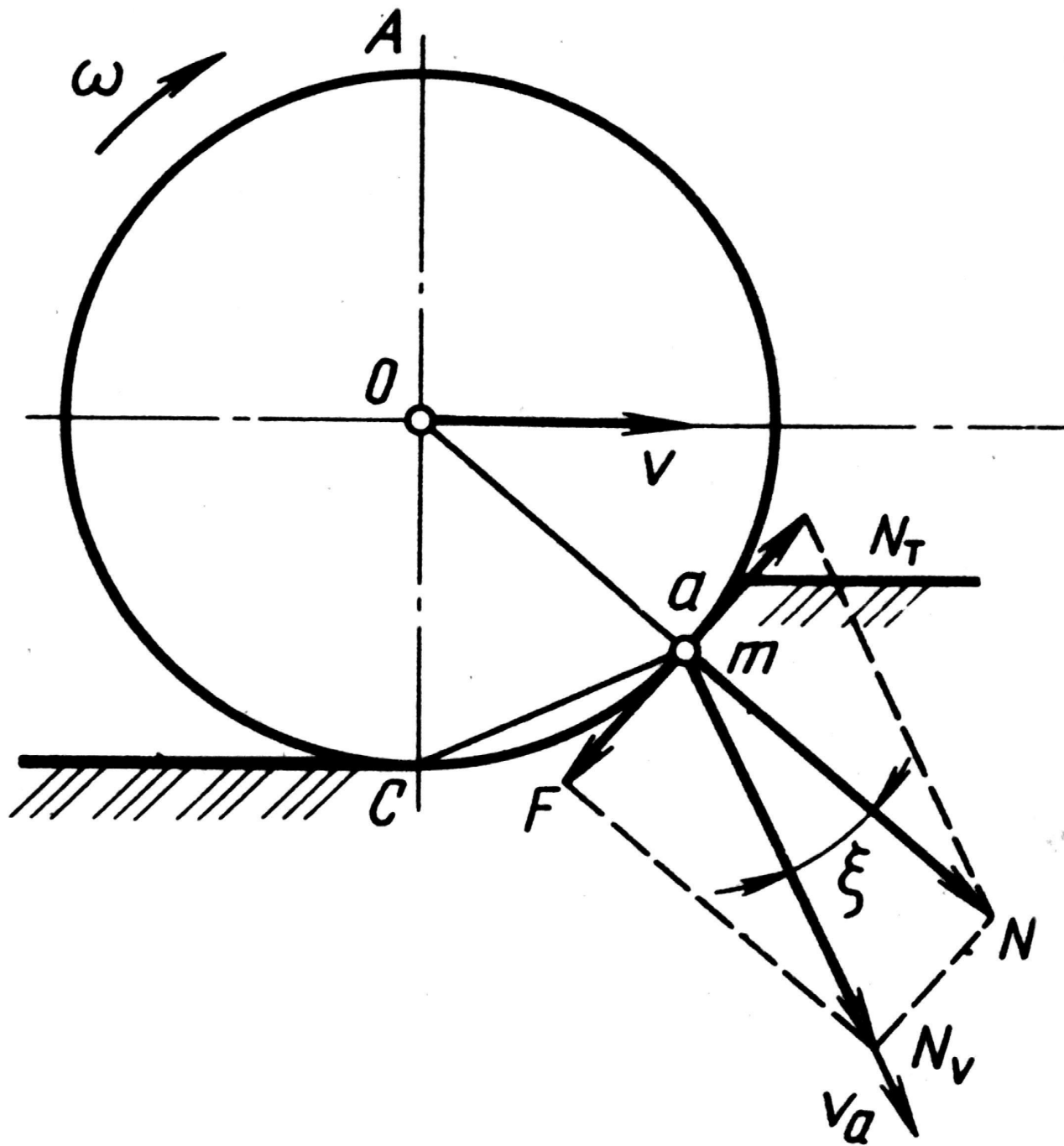


В точке С векторы относительной и переносной скорости направлены по одной прямой, но в разных направлениях.

Следовательно абсолютная скорость т. С=0. , а точка носит название мгновенного центра скоростей (МЦС) т.к. все остальные точки катки в данный момент в абсолютном движении поворачивается относительно МЦС, то их абсолютная скорость пропорциональна угловой скорости вращения и расстоянию этих точек от точки С например абсолютная скорость

$$v_{\text{т.}} = v_{\text{в}} = \omega \rho_B$$

если к ρ_B - провести перпендикуляр, то он покажет направление абсолютной скорости.



Качение с образованием колеи

Пусть каток катится по полю с образованием колеи. Т. **a** перемещаясь в направлении скорости **V_a** давит на соприкасающуюся с ней почвенную частицу по нормали с силой **N**.

Разложим силу **N** на две составляющие по направлению скорости т. а вокруг МЦС и по касательной к окружности **N_v** и **N_т**.

$$N_{т} = N \operatorname{tg} \xi$$

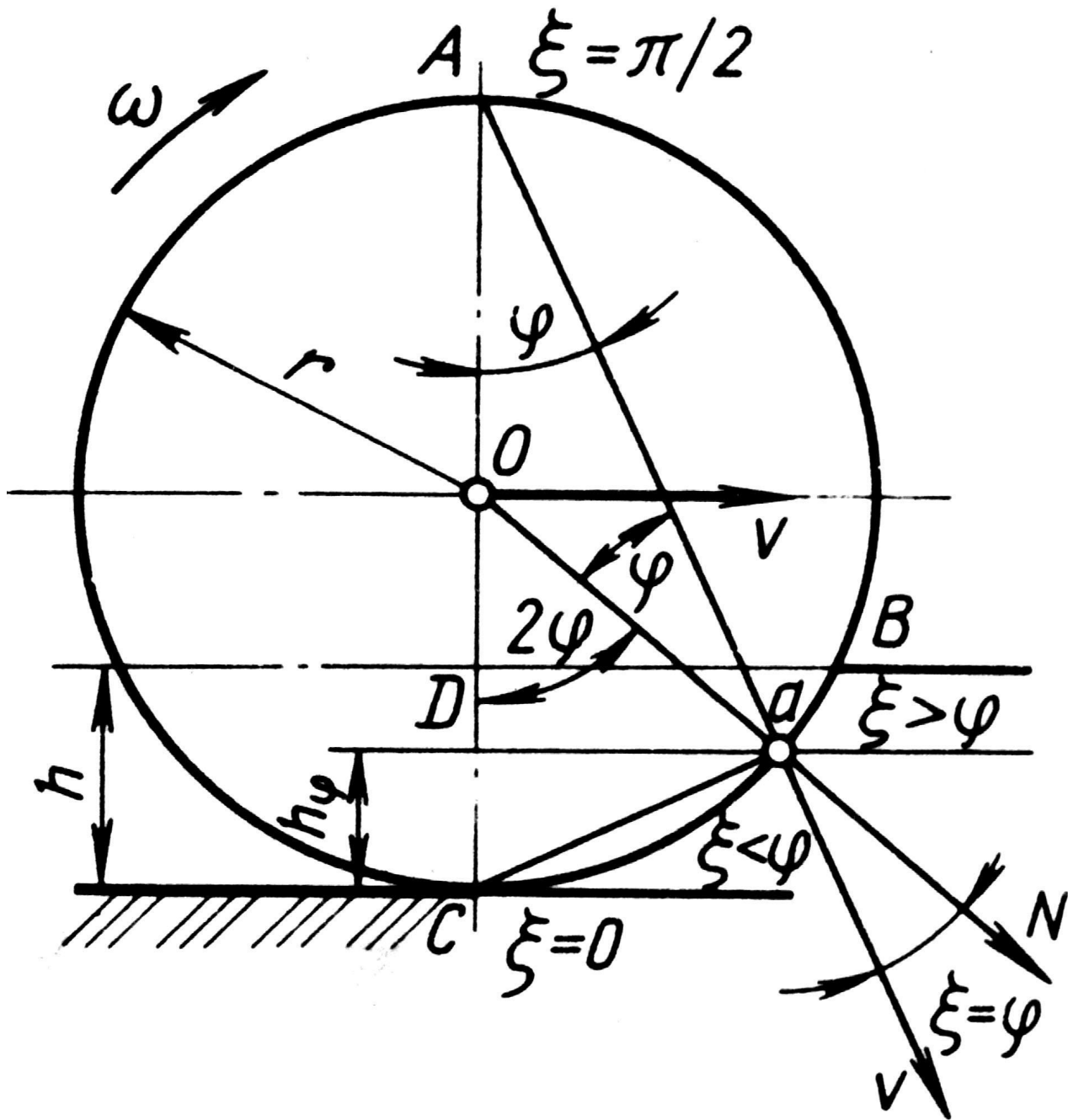
Сила **N_т** стремится заставить почвенную частицу **m** скользить по рабочей поверхности катка. Но этому препятствует сила **F** трения.

Характер движения почвенной частицы будет зависеть от соотношения углов φ и ξ . Если $\xi < \varphi$, то угла

$$N_T = Ntg\xi < F_{\max} = Ntg\varphi$$

и скольжения не будет т.к. сила трения вызванная действием силы N_T не достигнет своего максимума и как сила реакции будет равна возбуждившей ее силе $N_T = F$

В этом случае силы уравновешиваются и почвенная частица m окажется лишь под действием силы N_g , при этом частица m будет перемещаться вместе с точкой a катка, в направлении ее скорости \mathcal{G}_a , т.е. будет происходить уплотнение без проскальзывания. Если $\xi > \varphi$, то $Ntg\xi > Ntg\varphi$. Следовательно $N_T > F_{\max}$. В этом случае сила трения достигнув своего максимума не уравновешивает N_T и уплотнение почвы будет сопровождаться скольжением почвенных частиц под действием силы $N_T - F_{\max} = N(tg\xi - tg\varphi)$.



угол ξ изменится от 0 в т. **с** до $\frac{\pi}{2}$ в т. **а** в

процессе возрастания от 0 до $\frac{\pi}{2}$ ξ

принимает значение $\xi = \varphi$,

тогда выше т. **а** происходит скольжение почвы, а ниже т. **а** уплотнение без скольжения, как видно из рисунка

$$h_y = OC - OD = r - r \cos 2\varphi = 2r \sin^2 \varphi,$$

следовательно на глубине от 0 до $h - h_y$
от поверхности поля будет скольжение,
а от $h - h_y$ до h

уплотнение почвы без скольжения, т.е. при
контакте частицы или комка выше точки **a**, где
 $\xi > \phi$

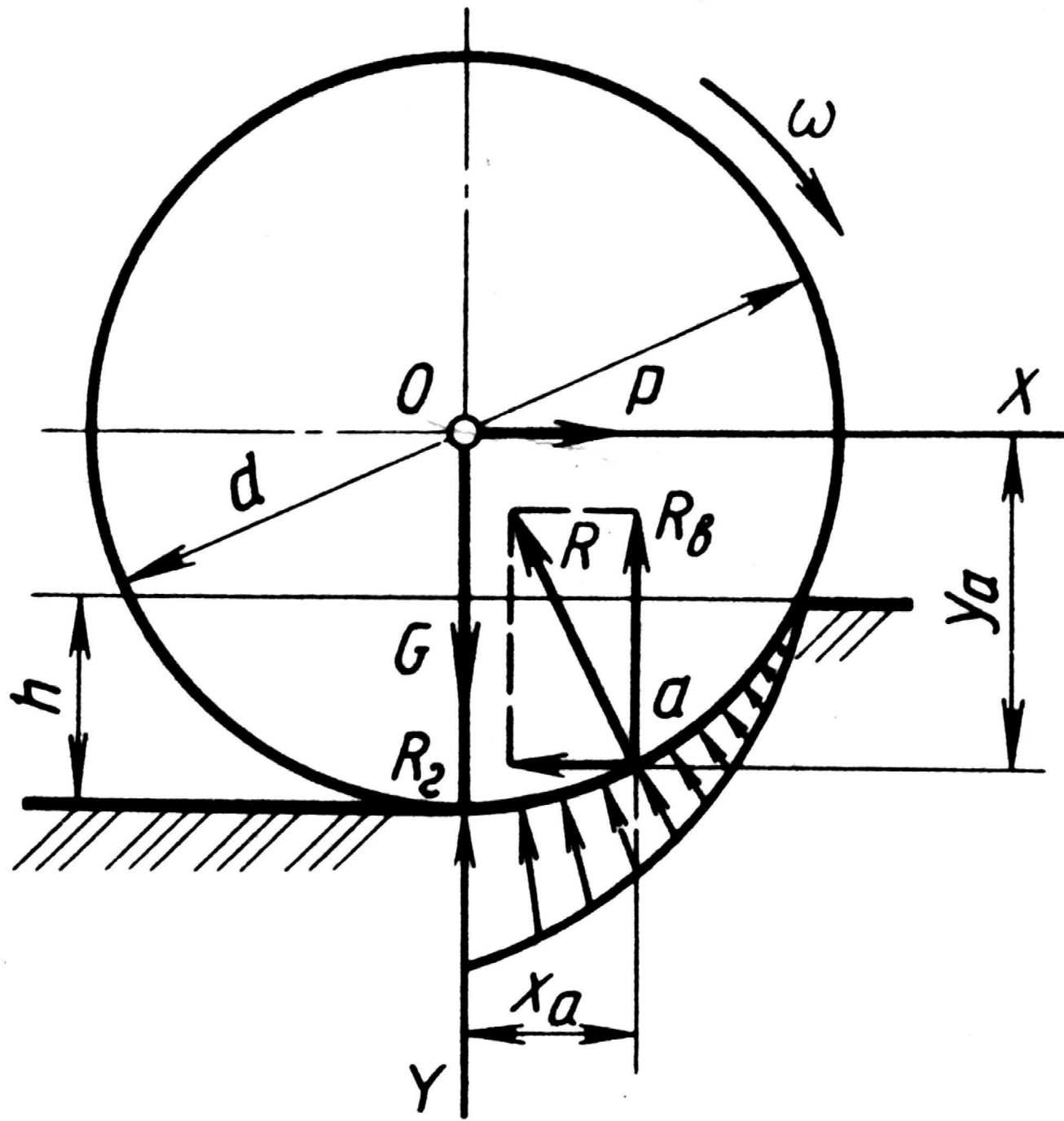
будет происходить скольжение, а при контакте
ниже точки **a**, т.е. диаметре комка меньше
предельного
будет происходить его уплотнение, т.е. вдавливание
в почву или разрушение.

Соппротивление качению

Движущий момент и момент сопротивления

Пусть каток движется по полю с образованием колеи. В этом случае к оси вращения O приложена вертикальная сила P складывающаяся из веса части машины и веса самого катка и горизонтальная сила тяги или толкающая сила T .

Вместе эти силы дают равнодействующую которая обязательно пересекает дно колеи в некоторой точке a . Действие этой силы вызывает реакцию колеи R приложенную к катку в той же точке a по направлению в противоположную сторону. Эта реакция колеи R складывается из элементарных сил, значения которых при относительно небольшой глубине колеи пропорциональны линейной деформации почвы.



Разложив силу R на две составляющие-горизонтальную и вертикальную R_t и R_v составим условие равновесия (равномерного движения катка) которое определяется следующими уравнениями.

$$\sum x = T - R_z = 0 \quad (1)$$

$$\sum y = P - R_v = 0 \quad (2)$$

$$\sum m_z(A) = Ty - Px_a = 0 \quad (3)$$

Из первого уравнения следует, что $T=R_z$; $P=R_v$. Следовательно на каток действует две пары сил P и R_v и T и R_z с плечом y_a образуют движущий момент а вторая пара P и R_v с плечом x_a момент сопротивления

Тогда из третьего уравнение системы

$$T = P \frac{x_a}{y_a} \quad (4)$$

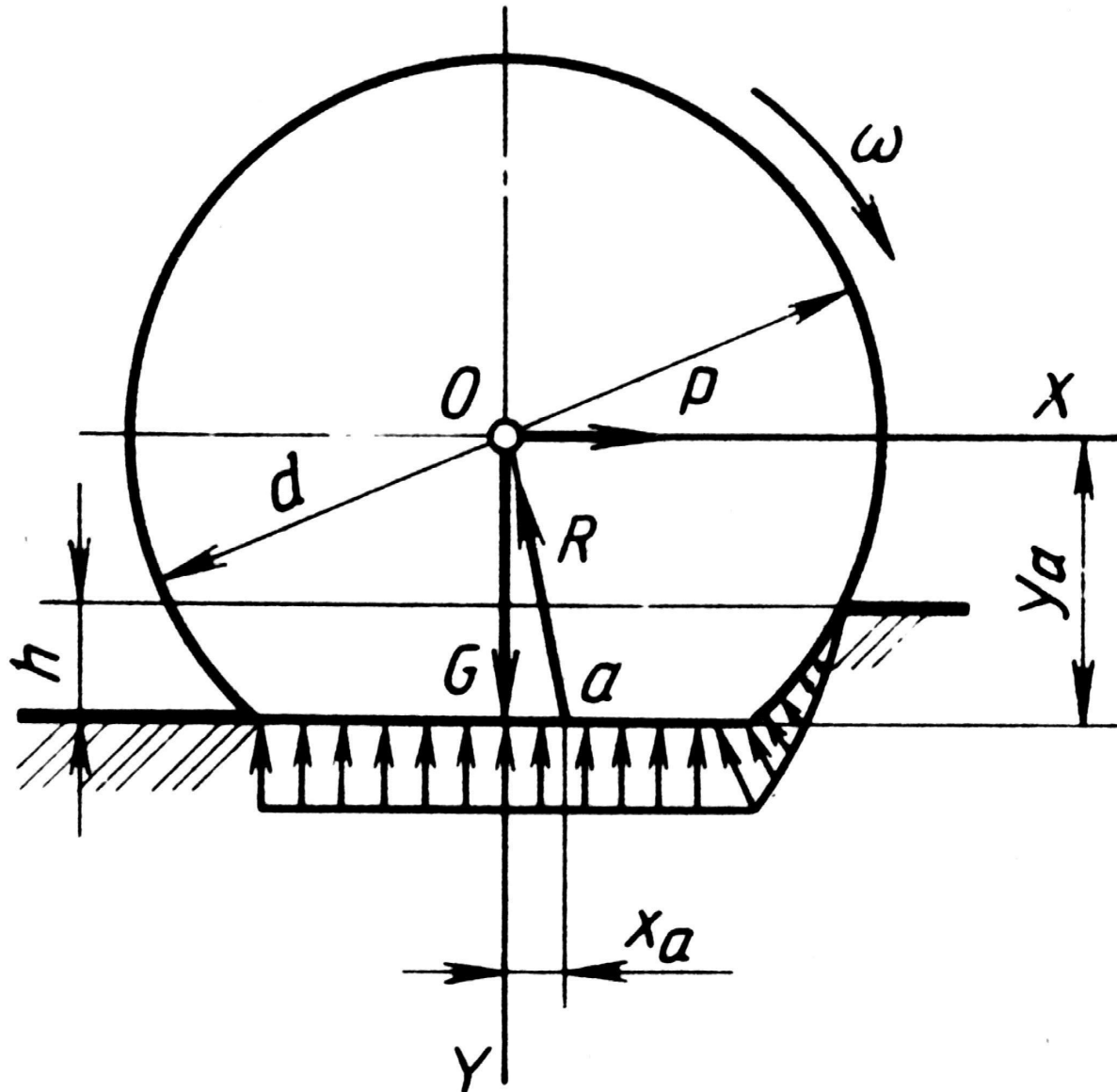
ВЫВОД

1) чем меньше глубина колеи, тем меньше плечо x_a и следовательно меньше момент сопротивления P_x а и сила T .

2) Из выражения четыре следует, что с увеличением диаметра катка D увеличивается u_a и уменьшается сила T .

Например при увеличении диаметра катка вдвое почти вдвое увеличивается и плечо u_a , а плечо x_a удлиняется в меньшей мере, а глубина колеи уменьшается. Уменьшение силы T произойдет как в следствии увеличения плеча u_a так и в следствии уменьшения глубины h

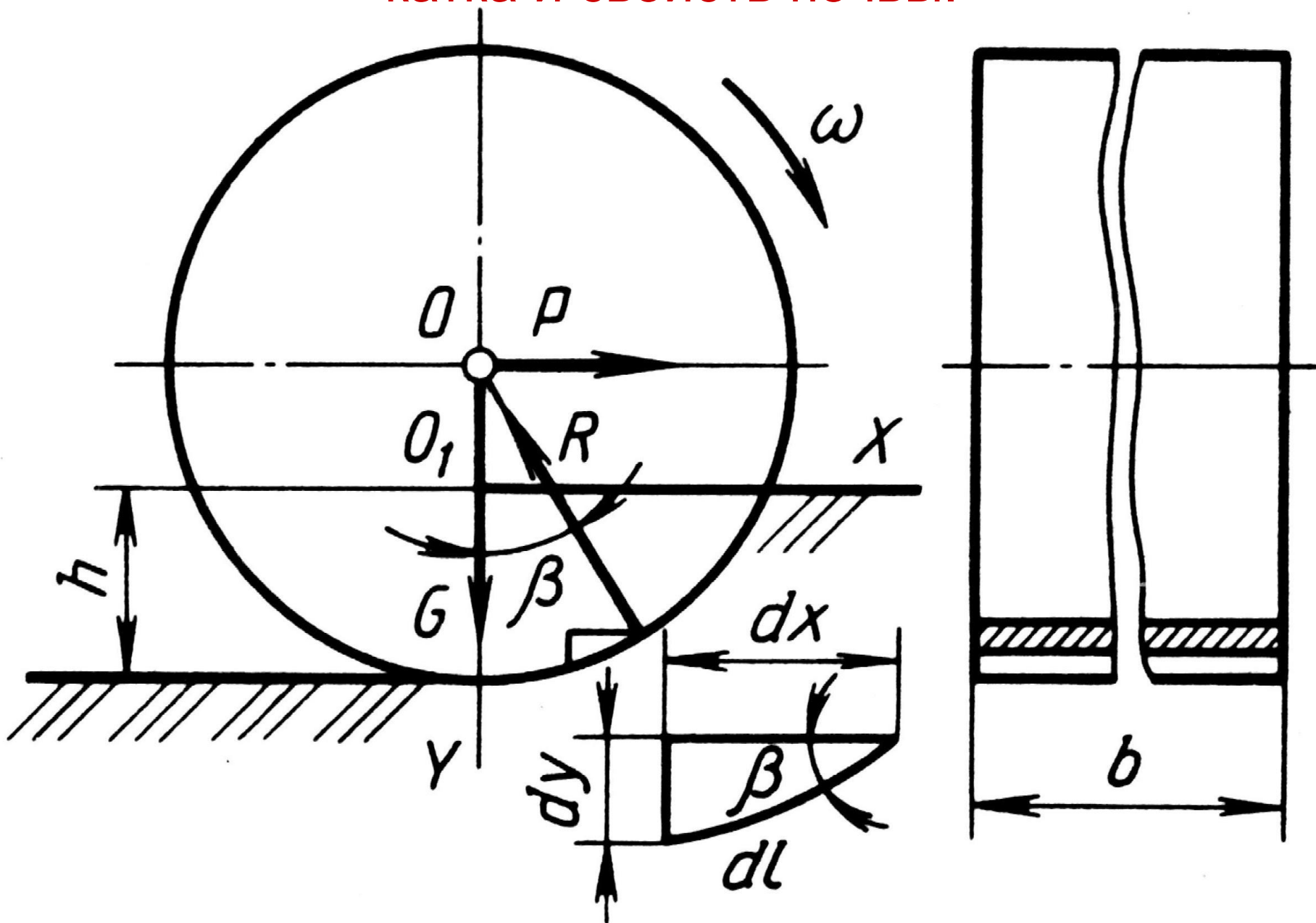
Качение пневматического колеса



3) Из рисунка и выражения следует, что для качения пневматического колеса (катка) при одинаковом диаметре D и вертикальной нагрузки P потребуется меньше усилие T . **Во первых** вследствие деформации шины увеличивается опорная площадь, что вызывает уменьшение удельного давления, а следовательно глубины колеи а при меньшей глубине колеи требуется меньшая энергия на деформацию, а следовательно и на качение колеса.

Во вторых при жестком ободке элементарные силы реакции почвы располагаются лишь перед нижним концом вертикального диаметра, а при пневматическом ободке по обе стороны от нижнего конца диаметра. По этой причине равнодействующая элементарных сил при пневматическом ободке расположится ближе к нижнему концу диаметра (плечо ха меньше), что приведет к снижению момента сопротивления и уменьшению движущей силы T .

Зависимость тягового сопротивления от параметров катка и свойств почвы.



Пусть каток катится по полю и образует колею. Выбрав начало координат O_1 в точке пересечения вертикального диаметра с поверхностью поля выделим на дуге окружности обода катка элементарный отрезок dl . При длине катка b на его поверхности будет выделена площадь $dS = bdl$, которую с достаточной точностью при малом dl можно считать прямоугольником. Тогда элементарная сила реакции на эту площадь будет равна

$$dR = \sigma bdl, \text{ где}$$

σ - напряжение сжатия почвы. При относительно небольшой глубине $\sigma = qy$ - где q - коэффициент объемного сжатия, y - линейная деформация почвы.

Часть сегмента со сторонами dx , dy и dl с точностью до малых высшего порядка можно считать

треугольником в котором угол между dl и $dx = \beta$ - центральный угол, т.к. взаимно перпендикулярные стороны.

Тогда $dl = dy / \sin \beta$, подставим в выражение для элементарной силы, получим $dR = bqydy / \sin \beta$ в результате интегрирования имеем:

$$R = \frac{bq}{\sin \beta} \int_0^h ydy = \frac{bqh^2}{2 \sin \beta}$$

Однако в уравнение не входят такие параметры как d и G .
 Подставим в выражение элементарной силы dR вместо dl его
 значение выраженное через dx ; т.е. $dl = dx / \cos \beta$ и изменив

пределы интегрирования получим $R = \frac{bq}{\cos \beta} \int_0^x y dx$ верхний

предел $x \approx \sqrt{dh}$, а $y = h = x^2 / d$. Получим $R = \frac{2bqh\sqrt{dh}}{3 \cos \beta}$.

При условии равновесия $G = R \cos \beta$.

Следовательно $G = 2/3bqh\sqrt{dh}$. Отсюда $h = 1,31 \sqrt{\frac{G^2}{b^2 q^2 d}}$.

Или $P = 0,863 \sqrt{\frac{G^4}{bqd^2}}$.

В практике пользуются упрощенной формулой $P = \mu G$, где

$$\mu = 0,863 \sqrt{\frac{G}{qbd^2}}, \mu - \text{коэффициент перекатывания.}$$

Зная вес катка и его диаметр можно определить колею, или задаваясь колеёй определить диаметр катка.

$1/\mu$ - транспортирующая способность.

Принимая $\frac{2}{3}qh\sqrt{h} = k$ формула примет вид $G = kb\sqrt{d}$.

Причем предлагается брать:

Машины почвообработки $k = 3 \dots 4$

Уборочные $k = 4 \dots 5$

Транспортные $k = 6 \dots 7$

σ Формула проста и позволяет для любого диаметра подобрать подходящую ширину обода b и наоборот. Например полевое колесо тракторного плуга несет нагрузку 450 кг.

Определить b и d исходя из соображений конструктивного характера берем $d = 60$ см, для $k = 4$ определяем ширину

обода $b = \frac{450}{4\sqrt{60}} = 14,5\text{см}$.

Для пневматических шин:

$$P = C_1 G \sqrt[3]{\frac{T}{q_0 d}} + C_2 \sqrt{\frac{G^2}{T d^2}}$$

Где: C_1 - коэффициент, определяет слагающую тягового сопротивления на деформацию пути; C_2 - коэффициент, определяет слагающую тягового сопротивления на деформацию шины; T - давление в шине.