ТЕМА №2: « ДИНАМИКА КШМ»

РАССМАТРИВАЕМЫЕ ВОПРОСЫ:

1.РАЗВЕРТКА ИНДИКАТОРНОЙ ДИАГРАММЫ

2.ПРИВЕДЕНИЕ КШМ К ДВУХМАССОВОЙ МОДЕЛИ

3.СИЛЫ И МОМЕНТЫ, ДЕЙСТВУЩИЕ В КШМ

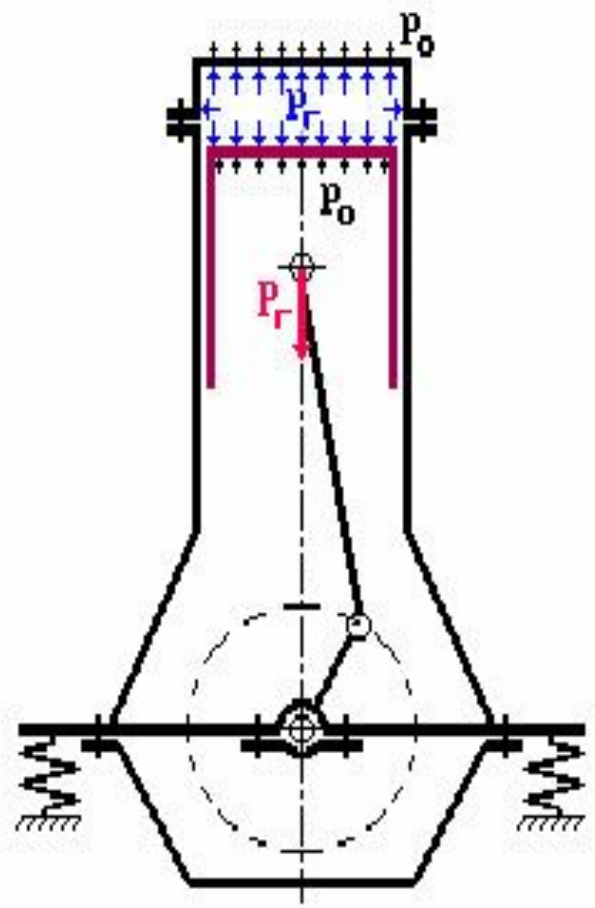
Цель анализа динамики КШМ:

в определении сил, действующих на его элементы, в изучении взаимосвязи между кинематическими параметрами элементов, их массами, силами, вызывающими движение, силами и моментами взаимодействия ДВС с транспортным средством.

Это позволит:

- получить исходные данные для оценки его уравновешенности;
- оценить равномерности хода;
- произвести прочностной расчет деталей ДВС по наиболее неблагоприятным режимам его работы.

Определение силы давления газов



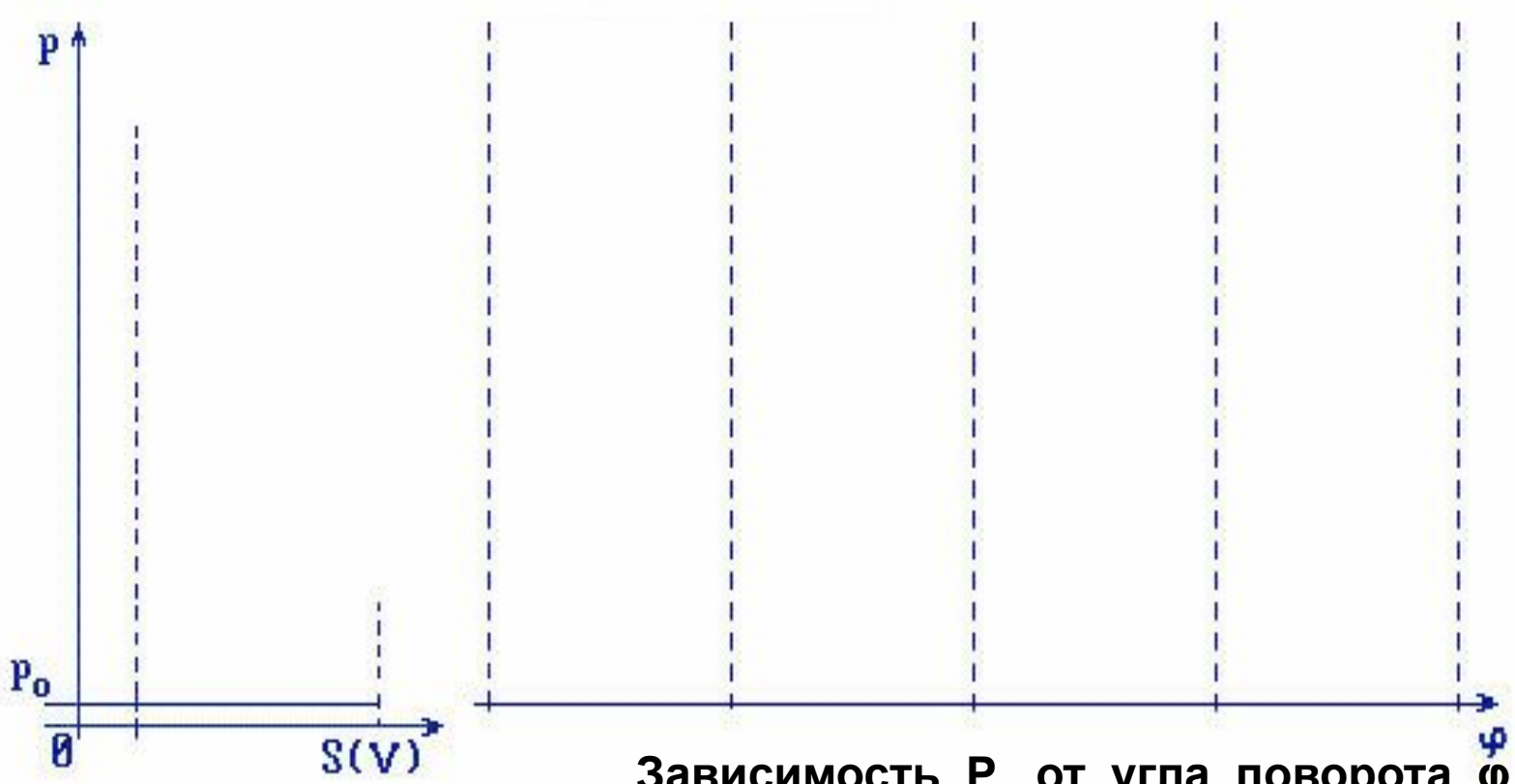
Реализация рабочего цикла в цилиндре ДВС создает движущую силу газов, действующую на поршень:

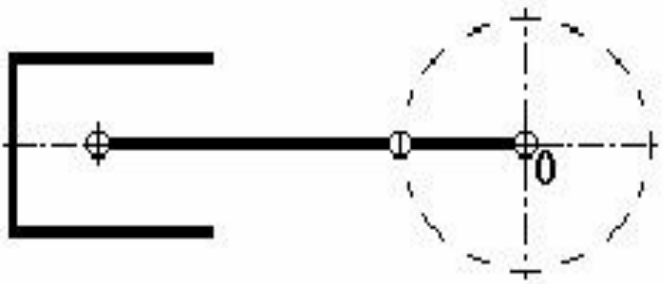
$$P_г = (p_г - p_0)F_п$$

$p_г$ – давление в цилиндре двигателя над поршнем;
p_0 – давление в картере под поршнем;
$F_п$ – площадь поршня.

Для динамического расчета необходимо получить зависимость силы $P_г$ от времени. Учитывая допущение о постоянстве угловой частоты вращения коленчатого вала, для динамического расчета используют зависимость $P_г$ от угла поворота φ.

Развертка индикаторной диаграммы

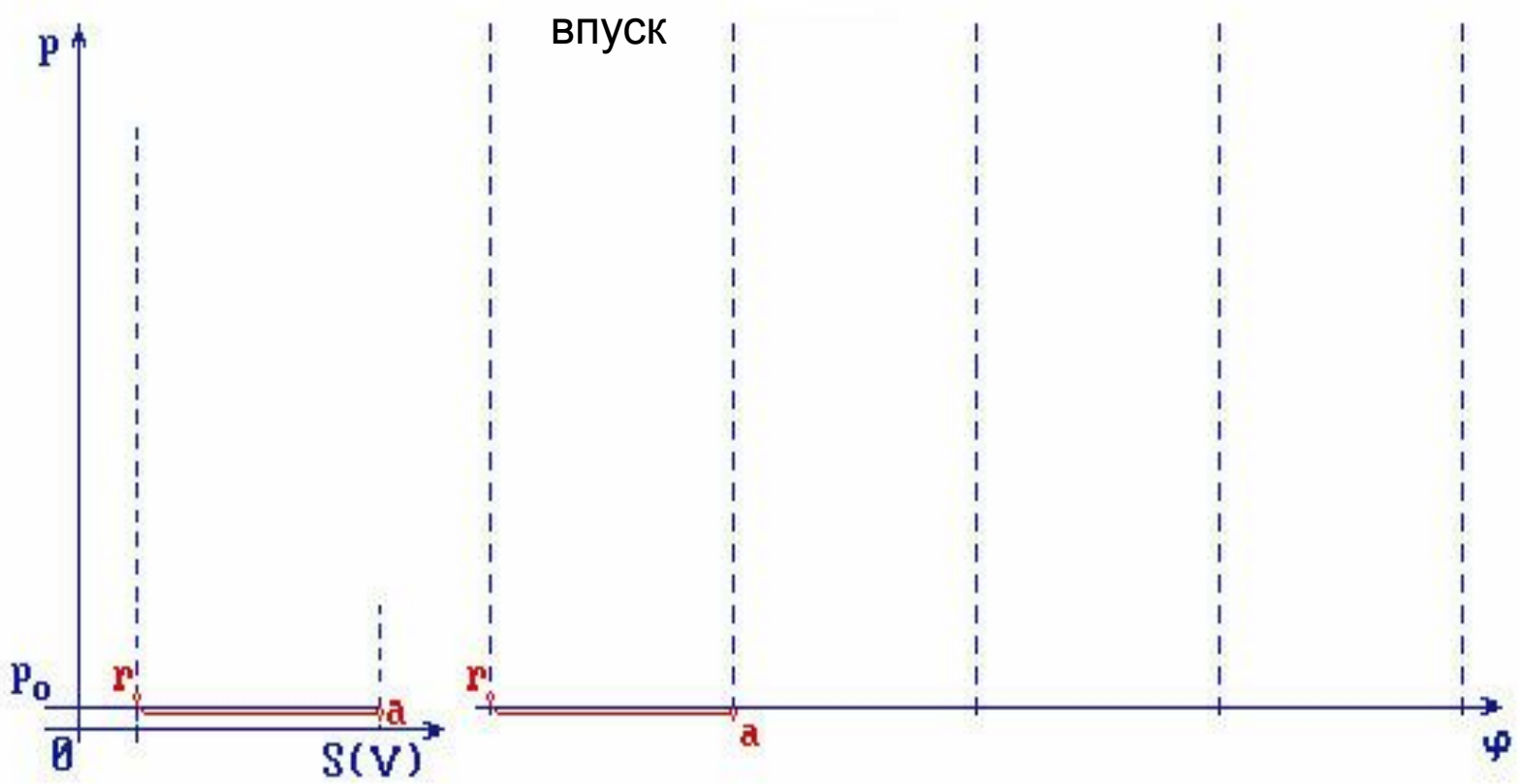


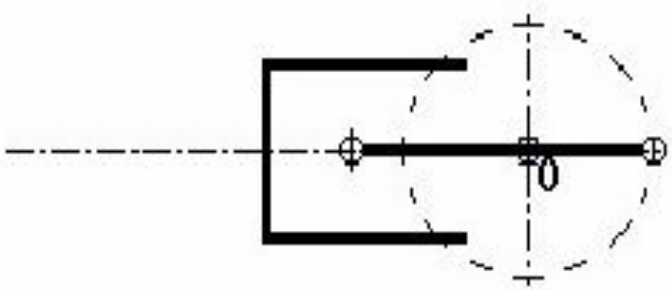


Зависимость $P_г$ от угла поворота φ получают перестроением индикаторной диаграммы, определенной в тепловом расчете, из p – V координат в p – φ , используя связь между x и φ .

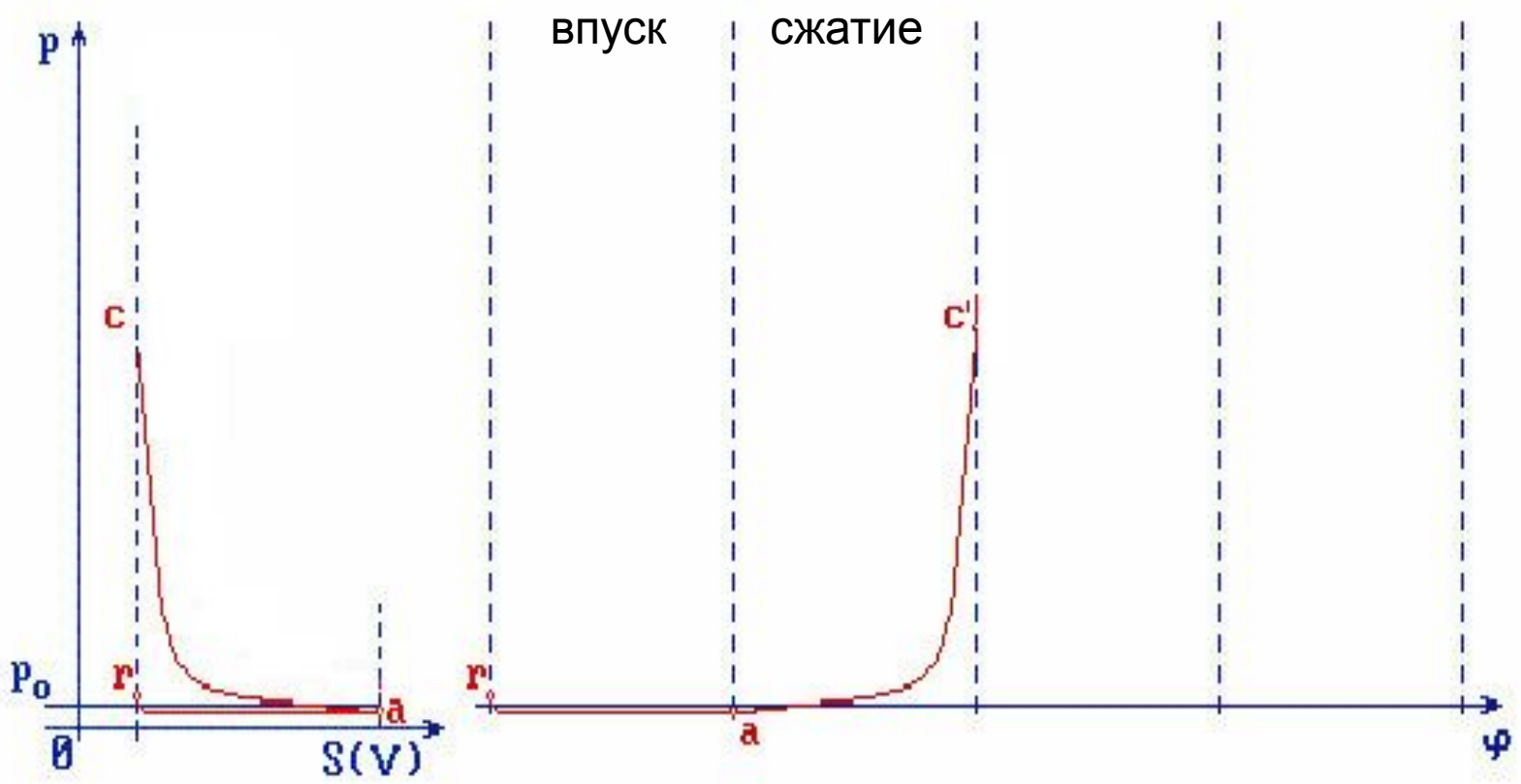
$$x_\varphi = r[(1-\cos\varphi)+(1/\lambda)(1-\cos\beta)]$$

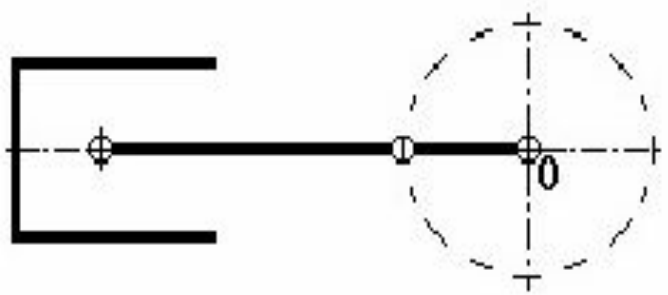
Развертка индикаторной диаграммы



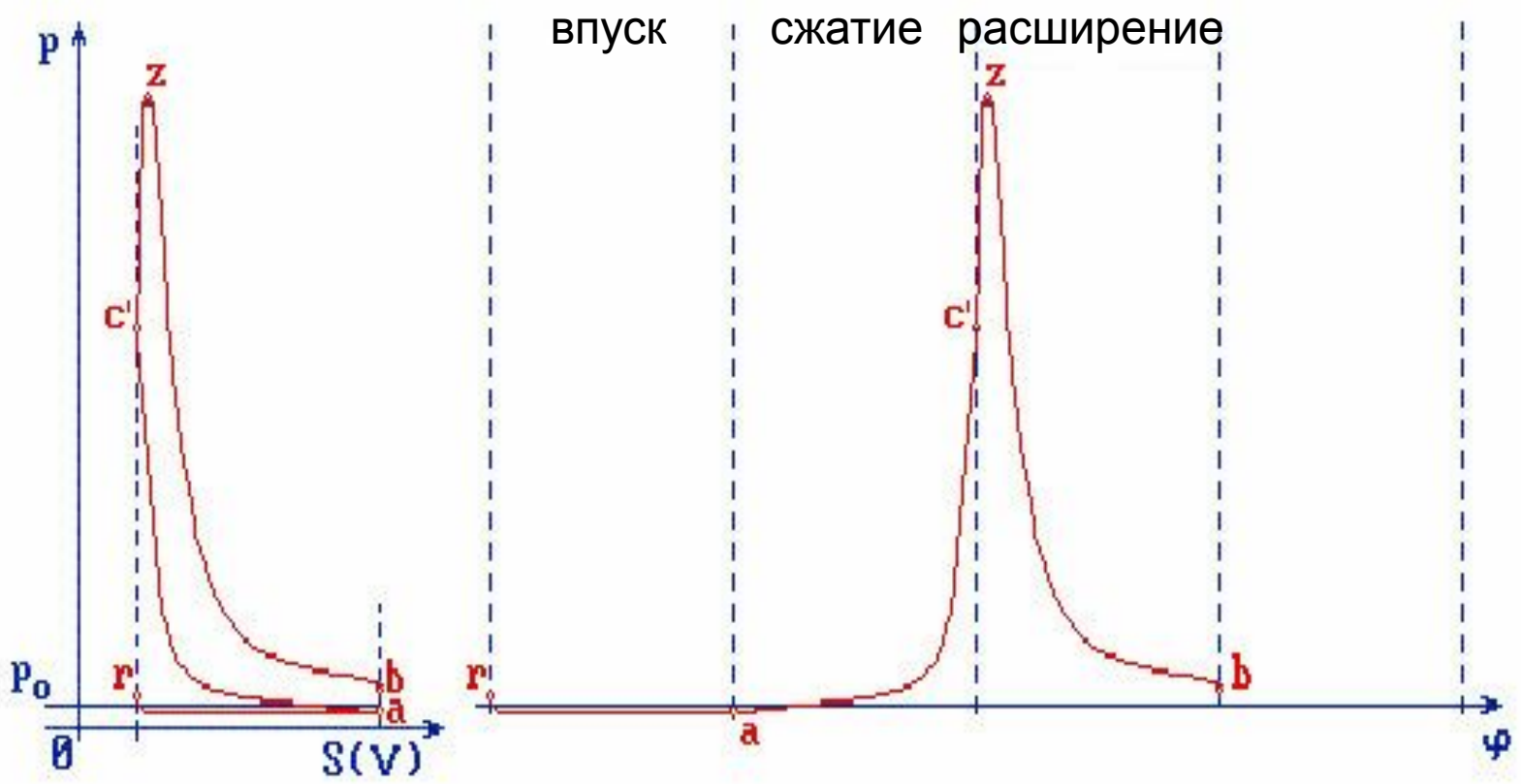


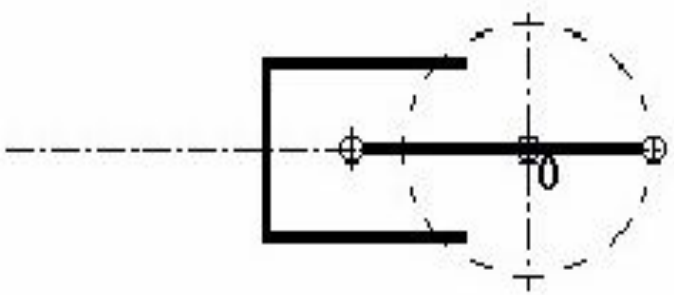
Развертка индикаторной диаграммы



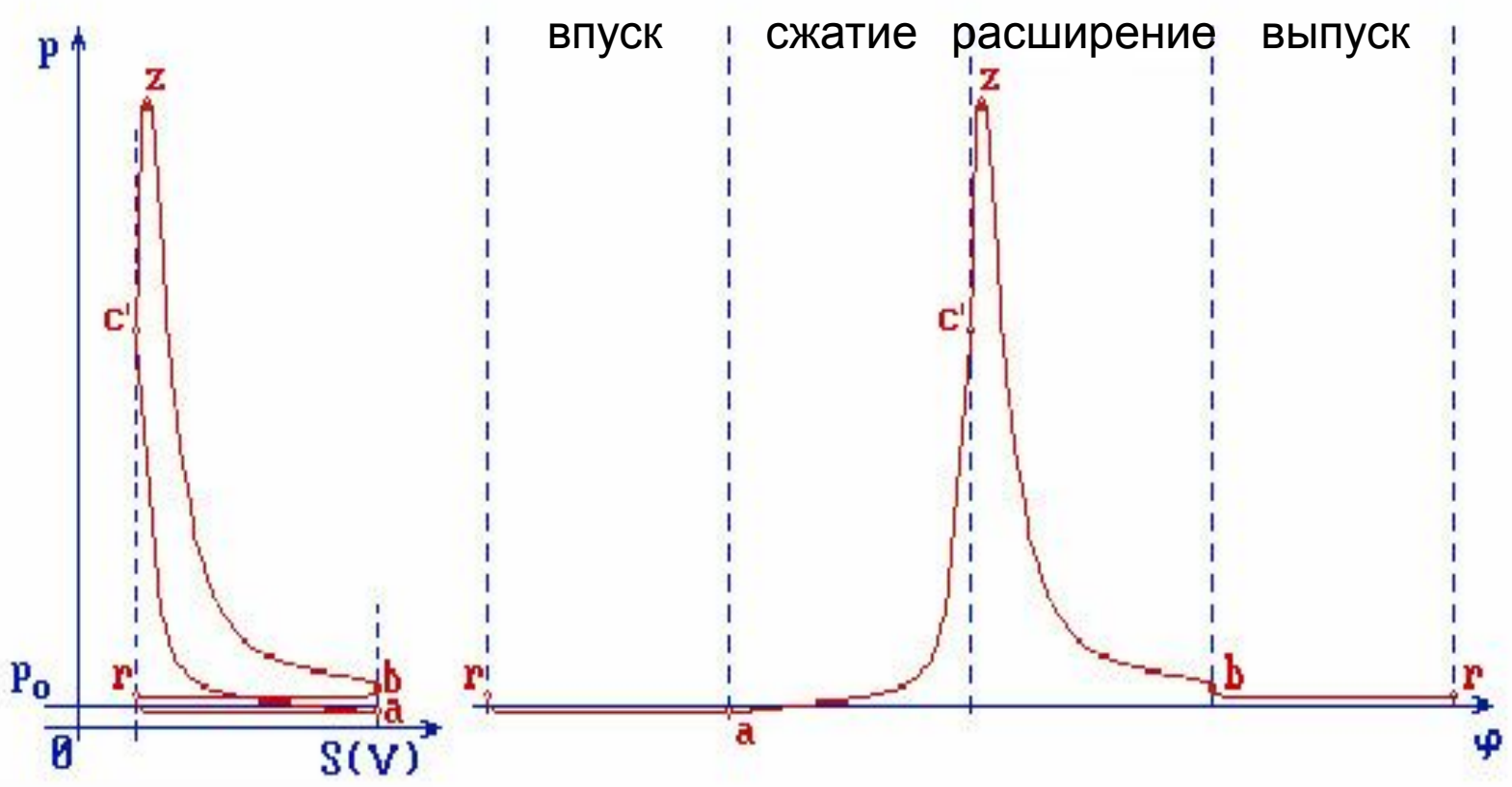


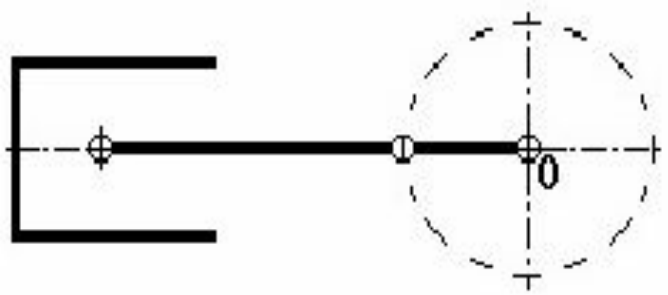
Развертка индикаторной диаграммы



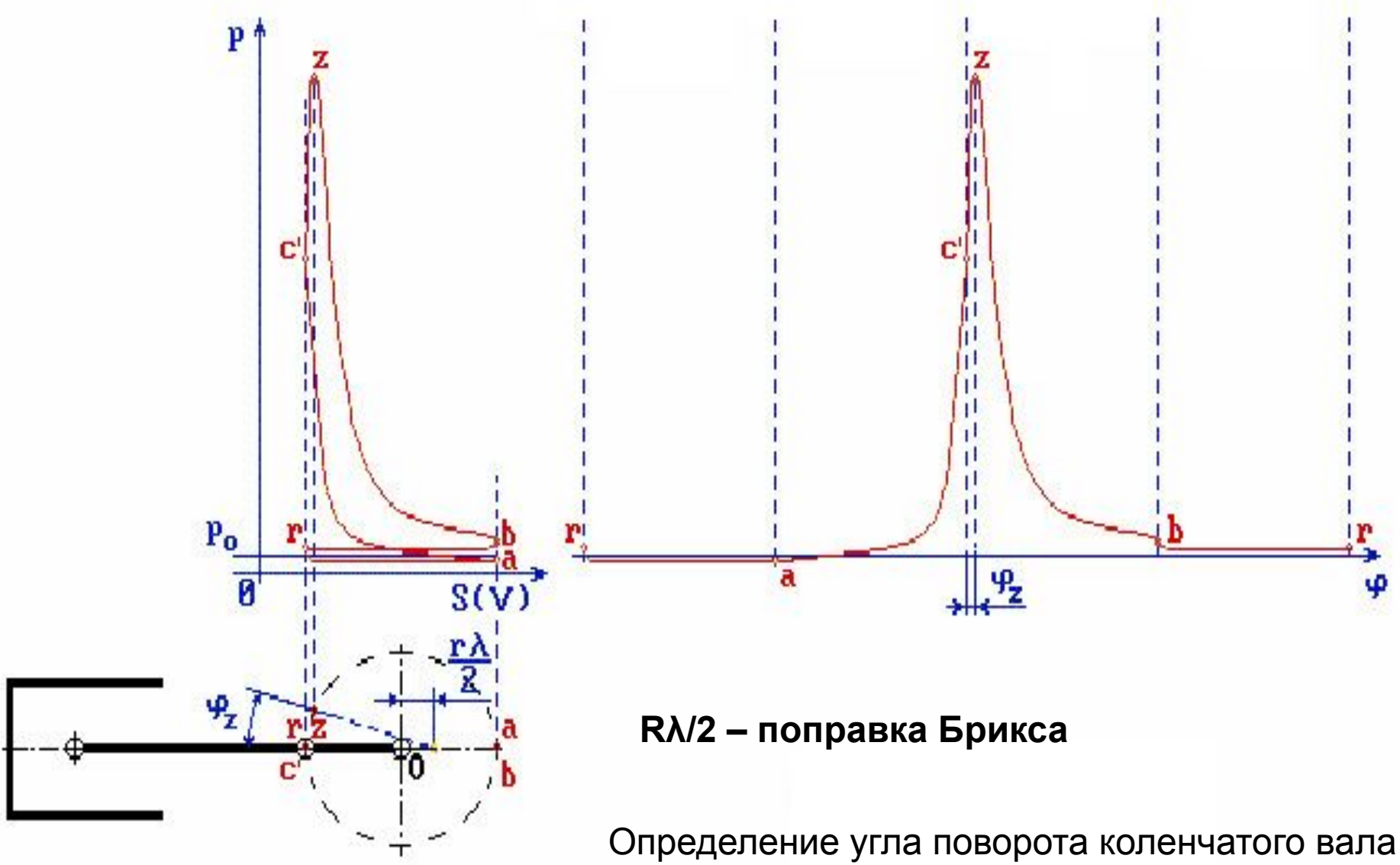


Развертка индикаторной диаграммы





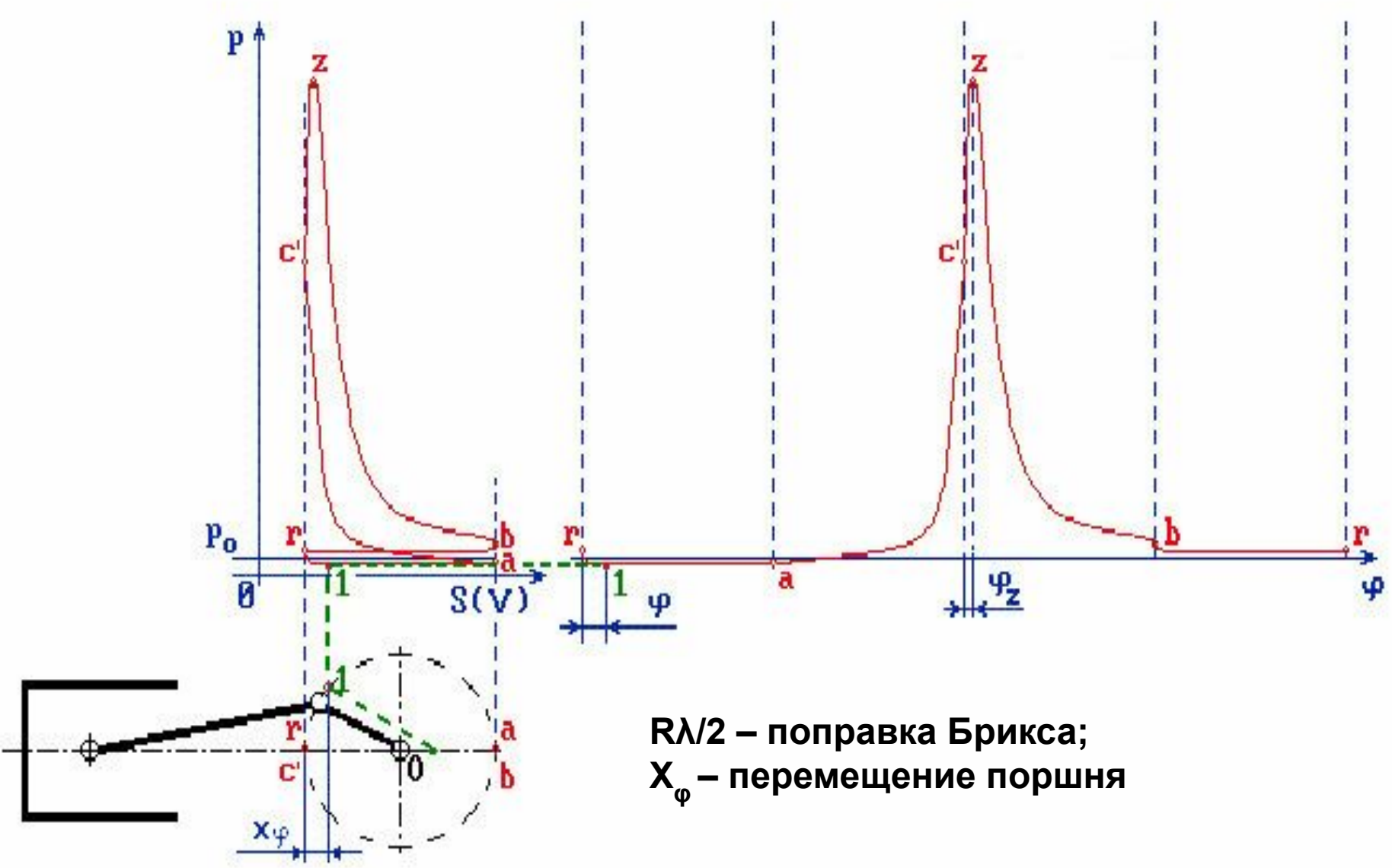
Развертка индикаторной диаграммы



Rλ/2 – поправка Брикса

Определение угла поворота коленчатого вала для точки z (обратная задача)

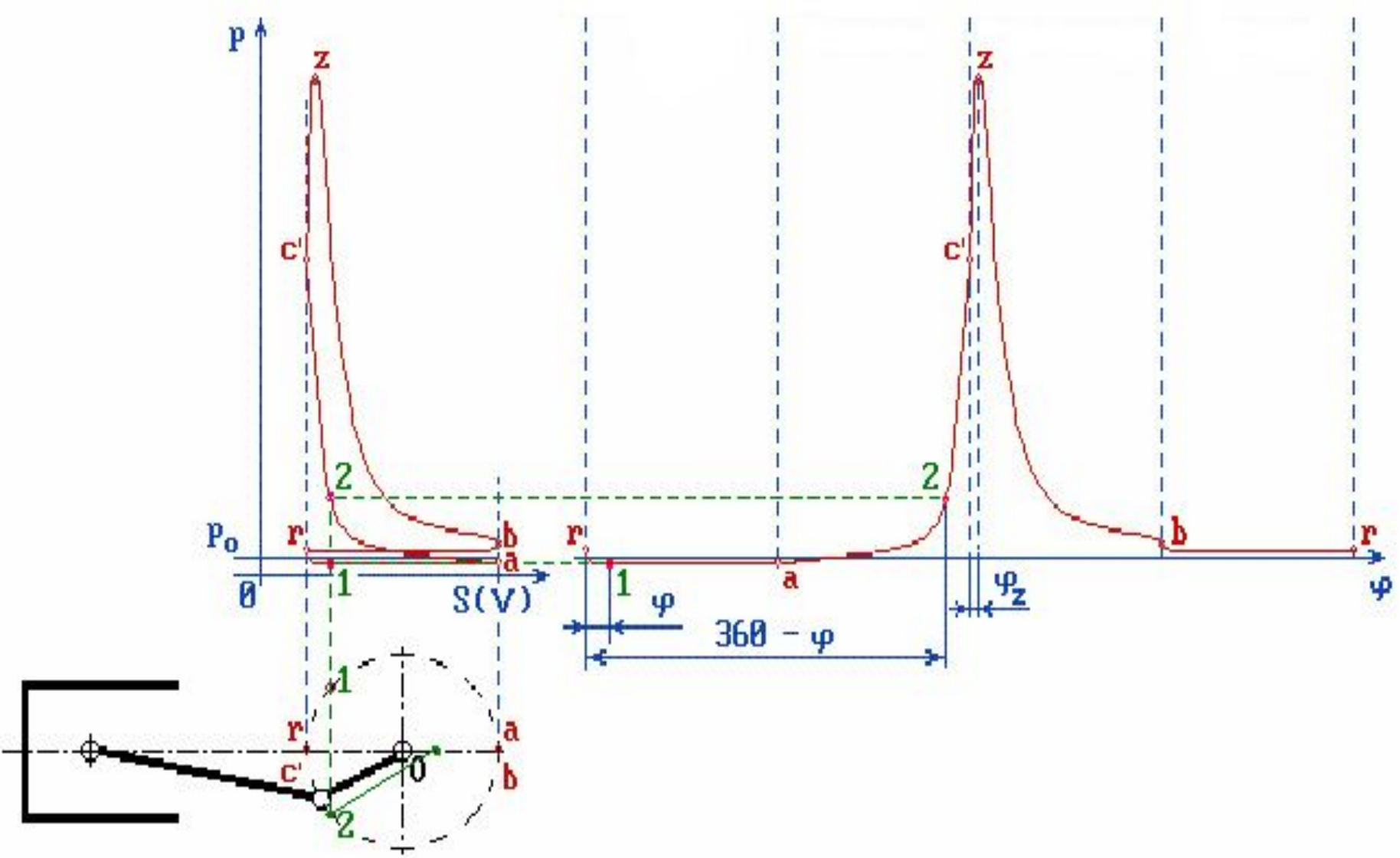
Развертка индикаторной диаграммы



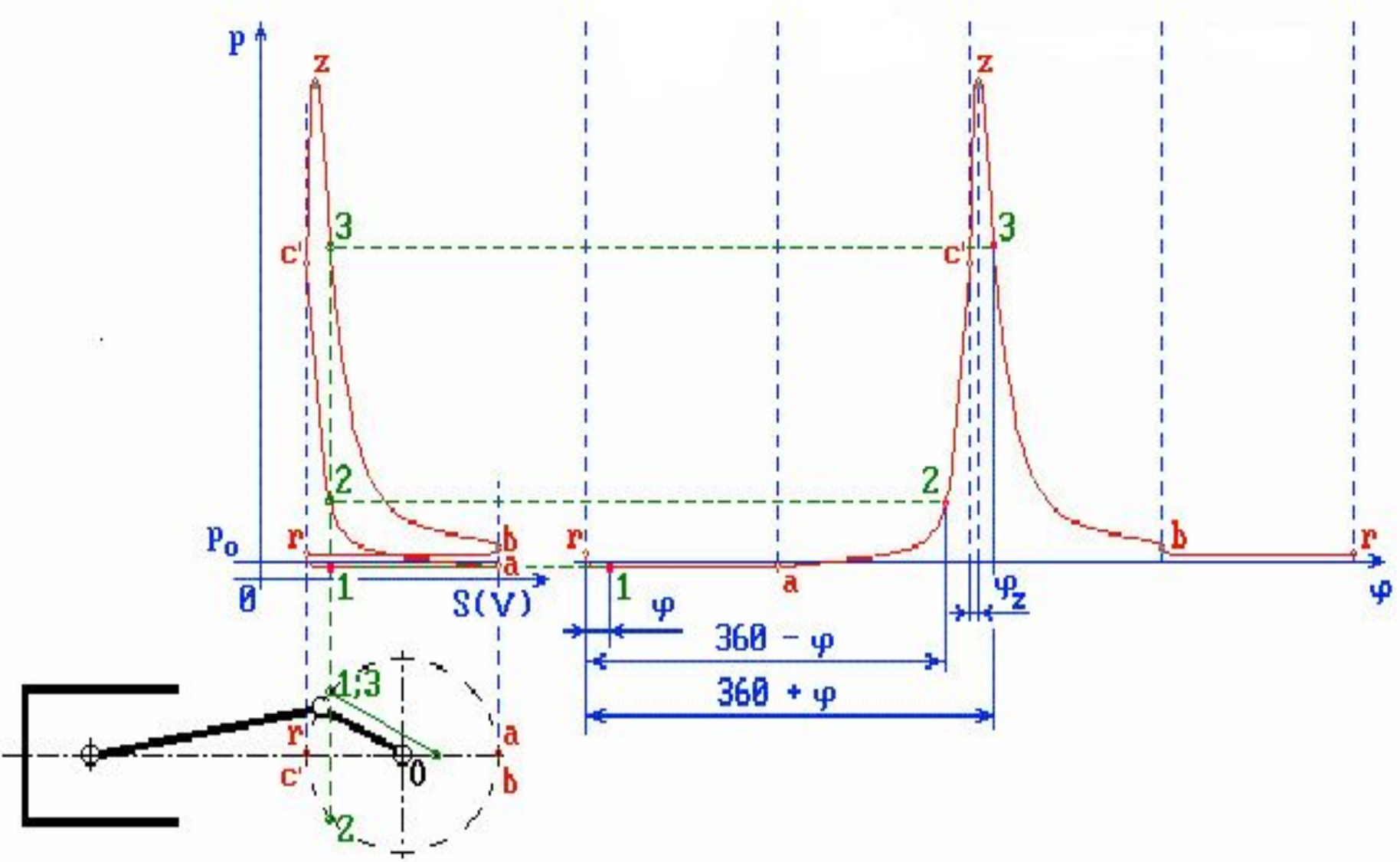
Rλ/2 – поправка Брикса;

$X_φ$ – перемещение поршня

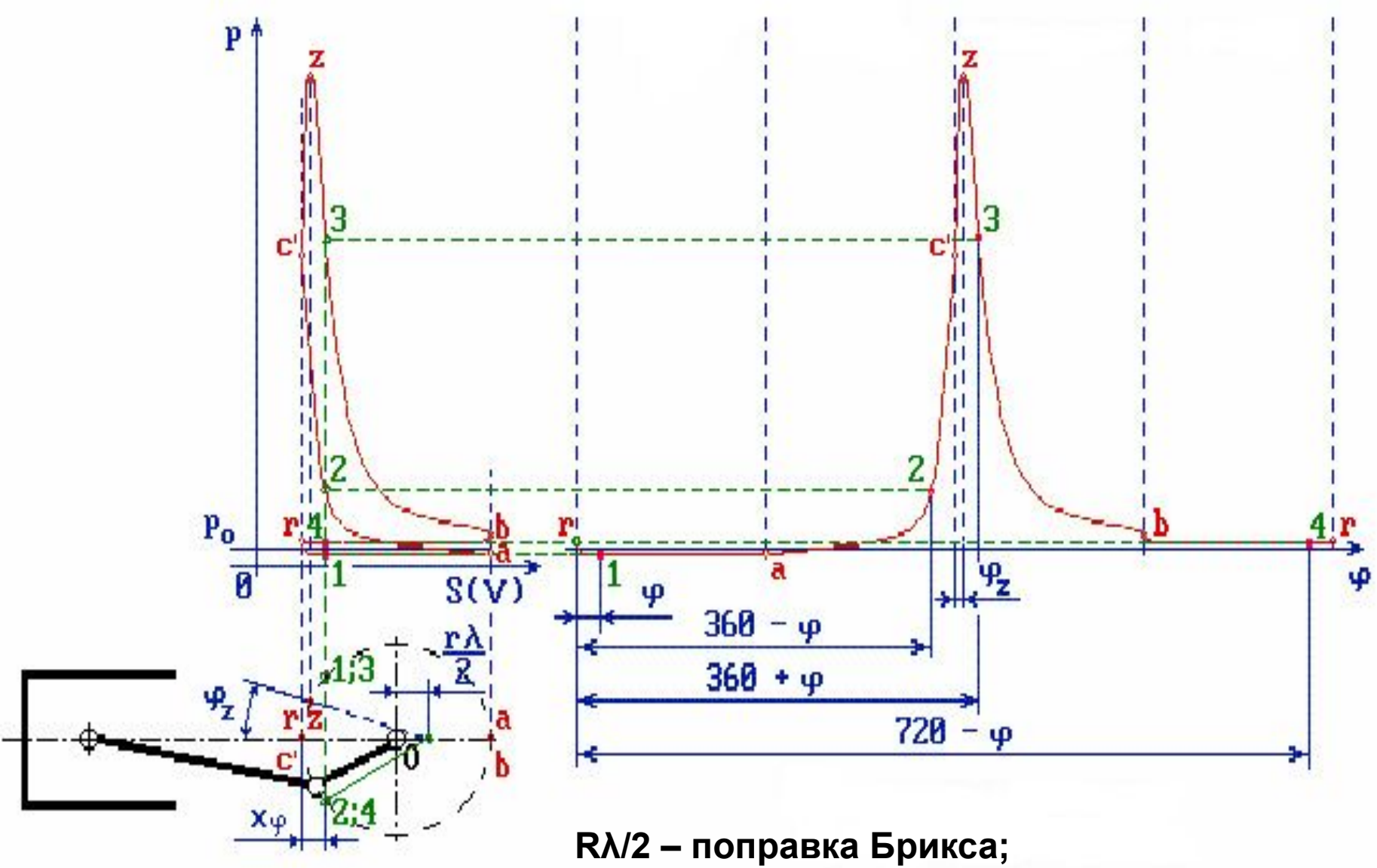
Развертка индикаторной диаграммы



Развертка индикаторной диаграммы



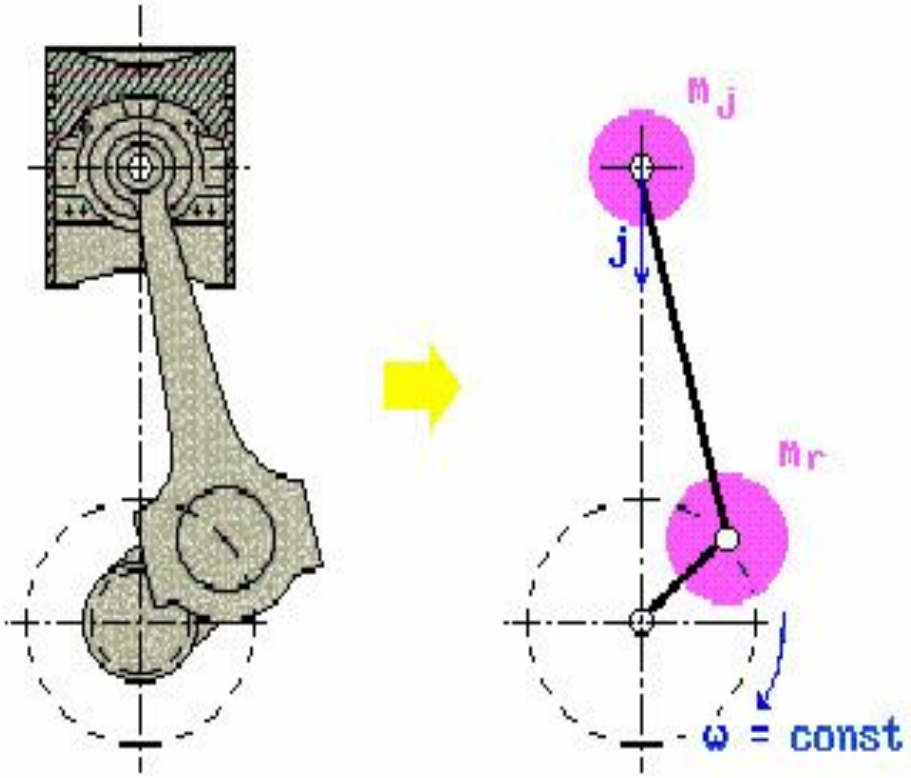
Развертка индикаторной диаграммы



Rλ/2 – поправка Брикса;
Xφ – перемещение поршня

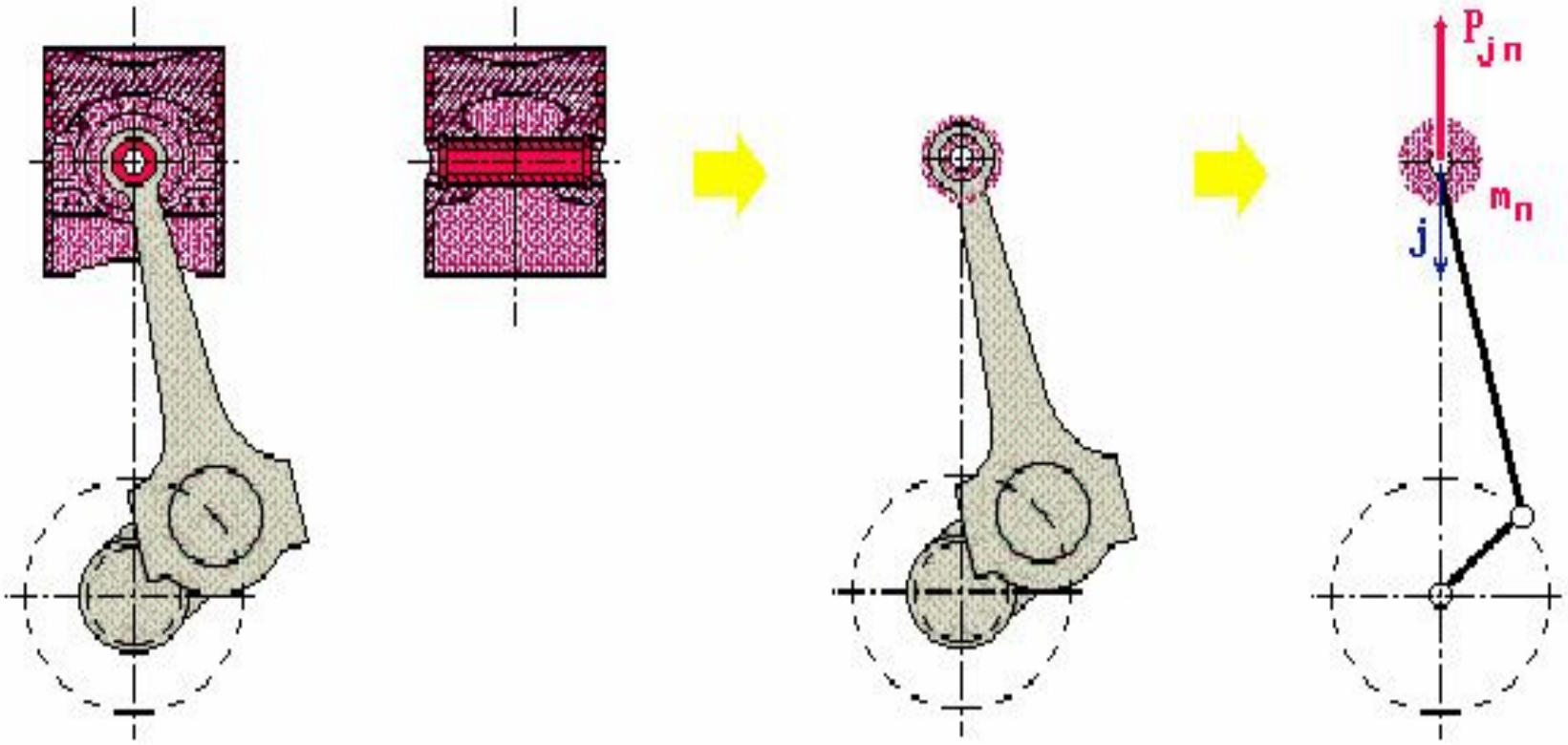
ПРИВЕДЕНИЕ КШМ
К ДВУХМАССОВОЙ МОДЕЛИ

Определение сил инерции движущихся масс

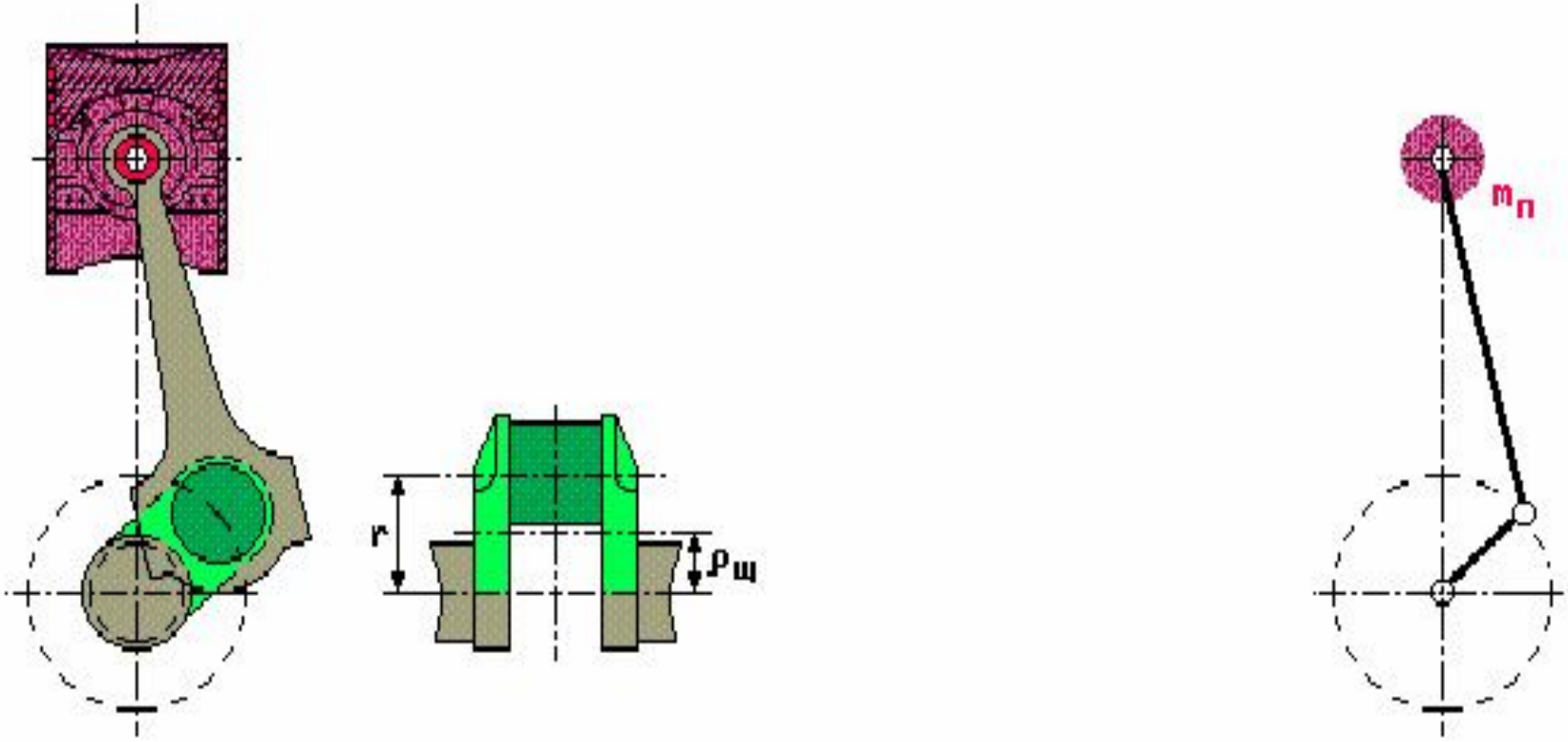


Реальный КШМ в общем случае представляет собой систему с распределенными параметрами, совершающую плоскопараллельное движение и имеющую плоскость симметрии, параллельную плоскости движения. Звенья КШМ движутся неравномерно, что вызывает в них возникновение инерционных нагрузок.

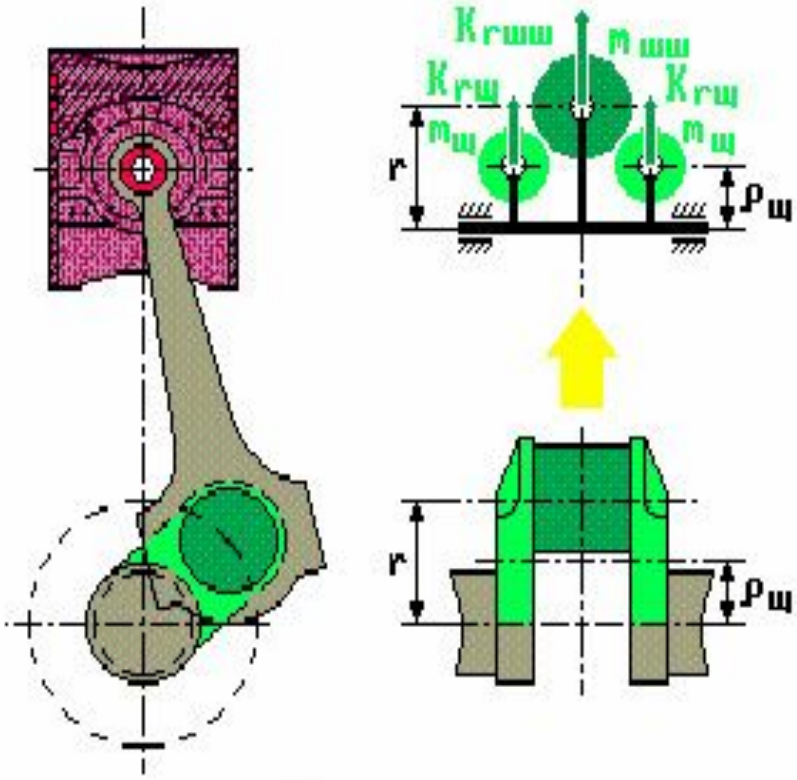
В ДВС для анализа динамики его КШМ обычно используют двухмассовую модель. Одна замещающая масса m_j сосредотачивается на оси поршневого пальца и совершает возвратно-поступательное движение с ускорением **j**, вторая масса m_r расположена на оси шатунной шейки и вращается равномерно.

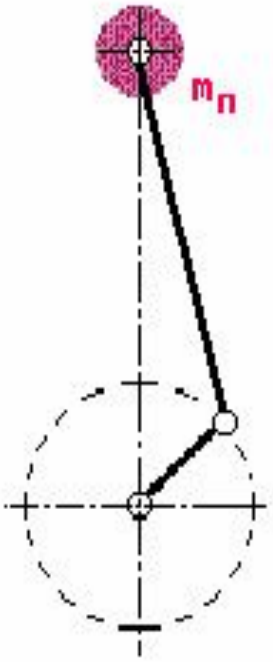


1. Детали поршневой группы совершают прямолинейное возвратно-поступательное движение вдоль оси цилиндра
2. Центр масс поршневой группы практически совпадает с осью поршневого пальца
3. Сила инерции поршневой группы $P_{jП} = - m_п \cdot j$



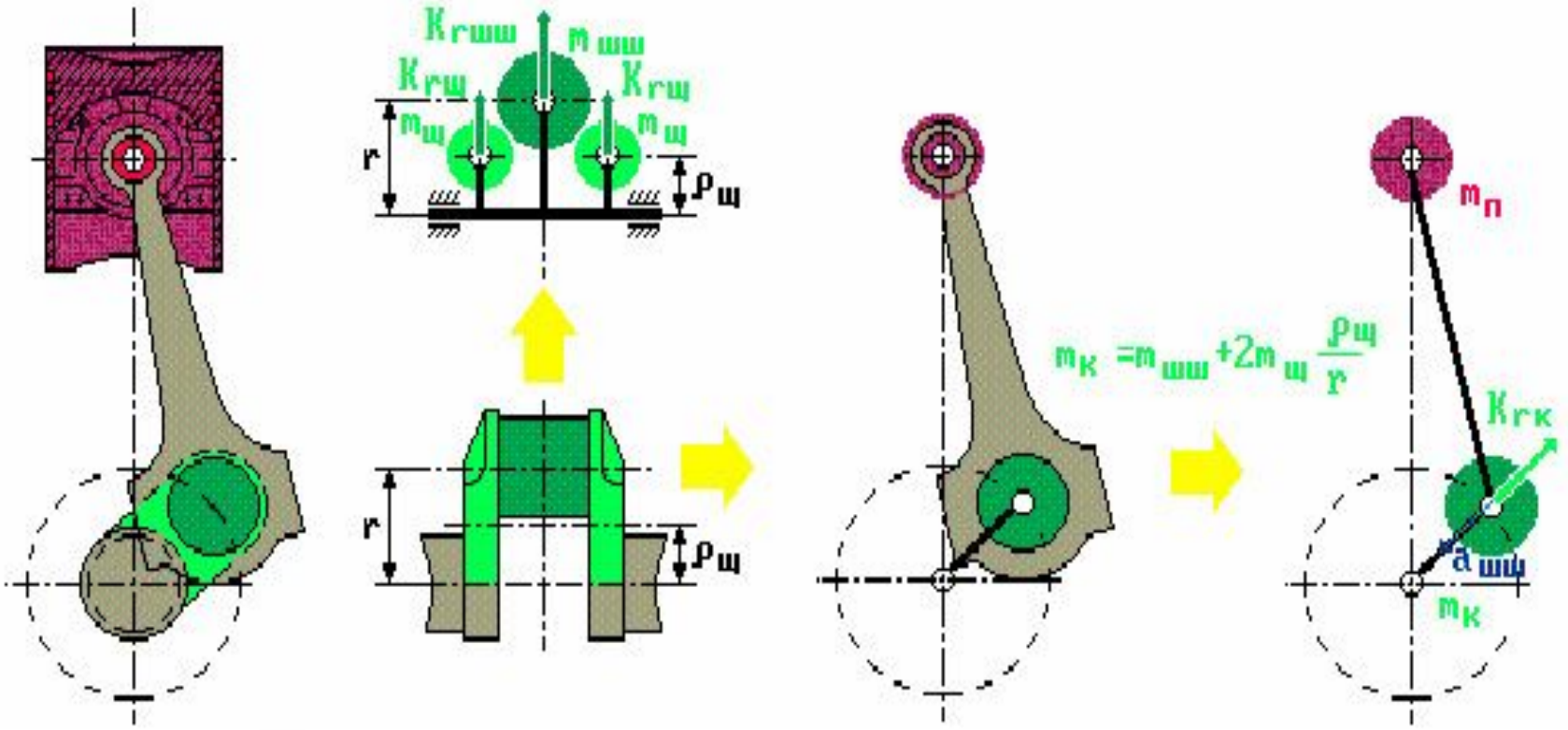
1. Кривошип коленчатого вала совершает вращательное движение.
2. Условие динамической эквивалентности выразится в виде равенства центробежных сил от вращения реальных масс элементов кривошипа ($m_{шш}$,$2m_{щ}$) и соответствующей ему приведенной массы модели $m_к$, сосредоточенной на оси шатунной шейки.





$K_{гшш} = - m_{шш} \cdot r \cdot \omega^2$ – сила инерции шатунной шейки; $m_{шш}$ – масса шатунной шейки; центр масс шатунной шейки расположен на ее оси;

$K_{гщ} = - m_{щ} \cdot \rho_{щ} \cdot \omega^2$ - сила инерции щеки; $m_{щ}$ – масса щеки; центр масс щеки расположен на расстоянии $\rho_{щ}$ от оси коленчатого вала.

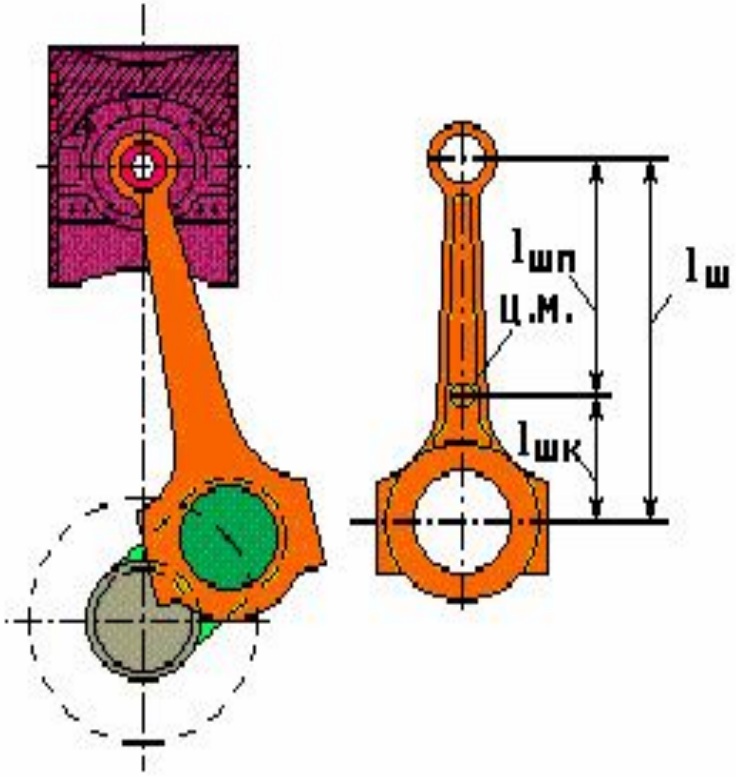


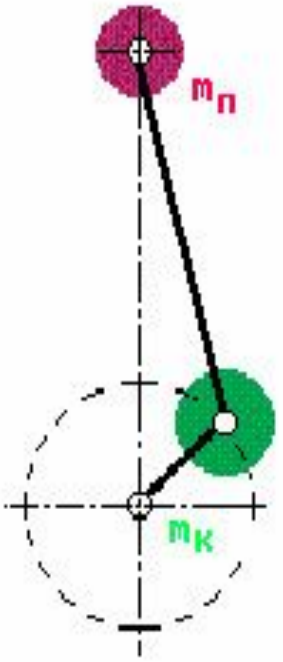
$K_{гшш} = - m_{шш} \cdot r \cdot \omega^2$ – сила инерции шатунной шейки; $m_{шш}$ – масса шатунной шейки; центр масс шатунной шейки расположен на ее оси;

$K_{гщ} = - m_{щ} \cdot \rho_{щ} \cdot \omega^2$ - сила инерции щеки; $m_{щ}$ – масса щеки; центр масс щеки расположен на расстоянии $\rho_{щ}$ от оси коленчатого вала;

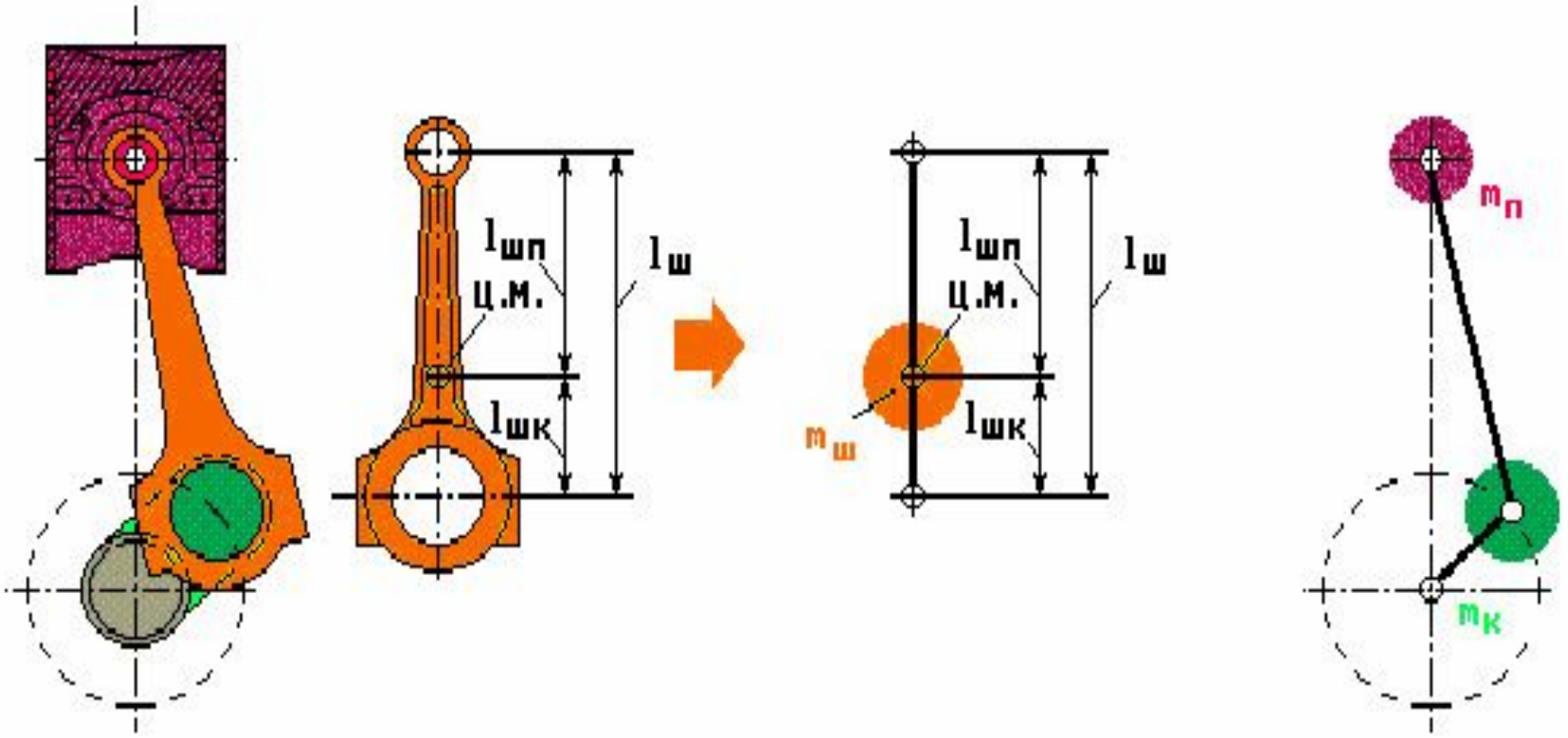
$$K_{гк} = K_{гшш} + 2\,K_{гщ}$$

$K_{гк} = - m_{к} \cdot r \cdot \omega^2$ – сила инерции приведенной массы модели $m_{к}$



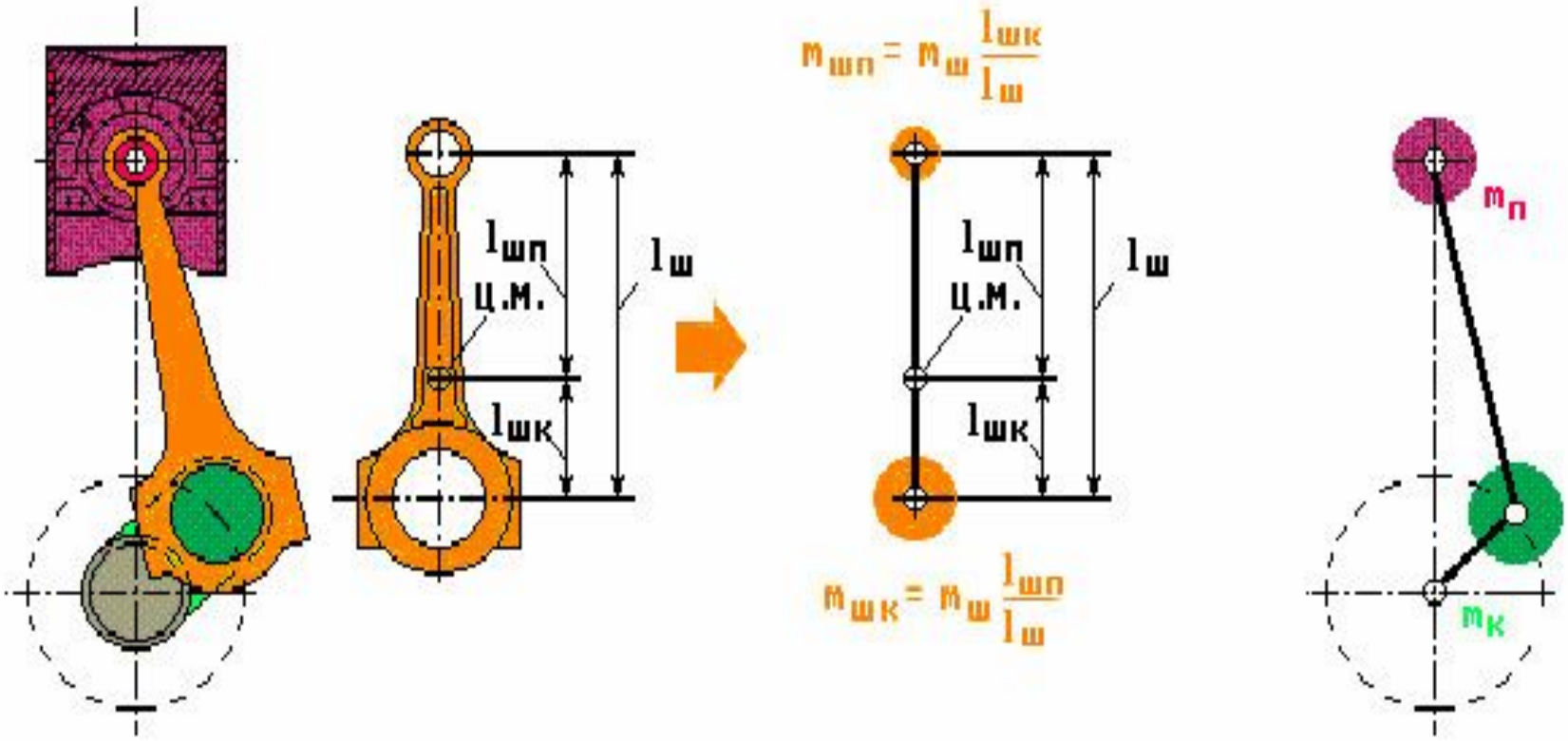


1. Элементы шатунной группы совершают сложное плоскопараллельное движение.
2. При использовании двухмассовой модели массу шатунной группы $m_ш$ представляют двумя замещающими массами: $m_{шп}$ – масса, приведенная к оси поршневого пальца, и $m_{шк}$ – масса, отнесенная к оси шатунной шейки коленчатого вала.



Условия эквивалентности замещающих масс:

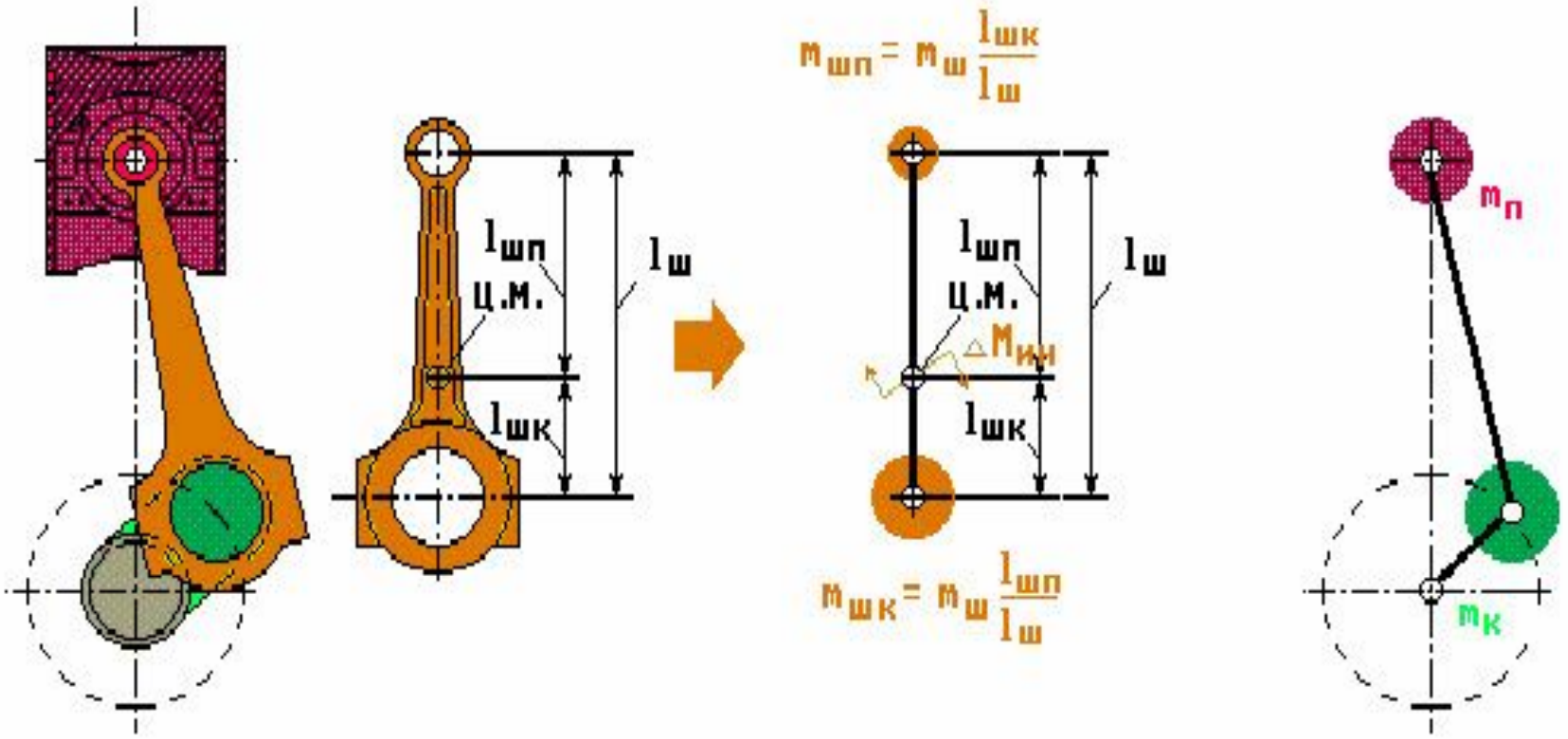
1. Сумма масс, сосредоточенных в замещающих точках модели, равна массе рассматриваемого звена КШМ: $m_{шп} + m_{шк} = m_{ш}$.



Условия эквивалентности замещающих масс:

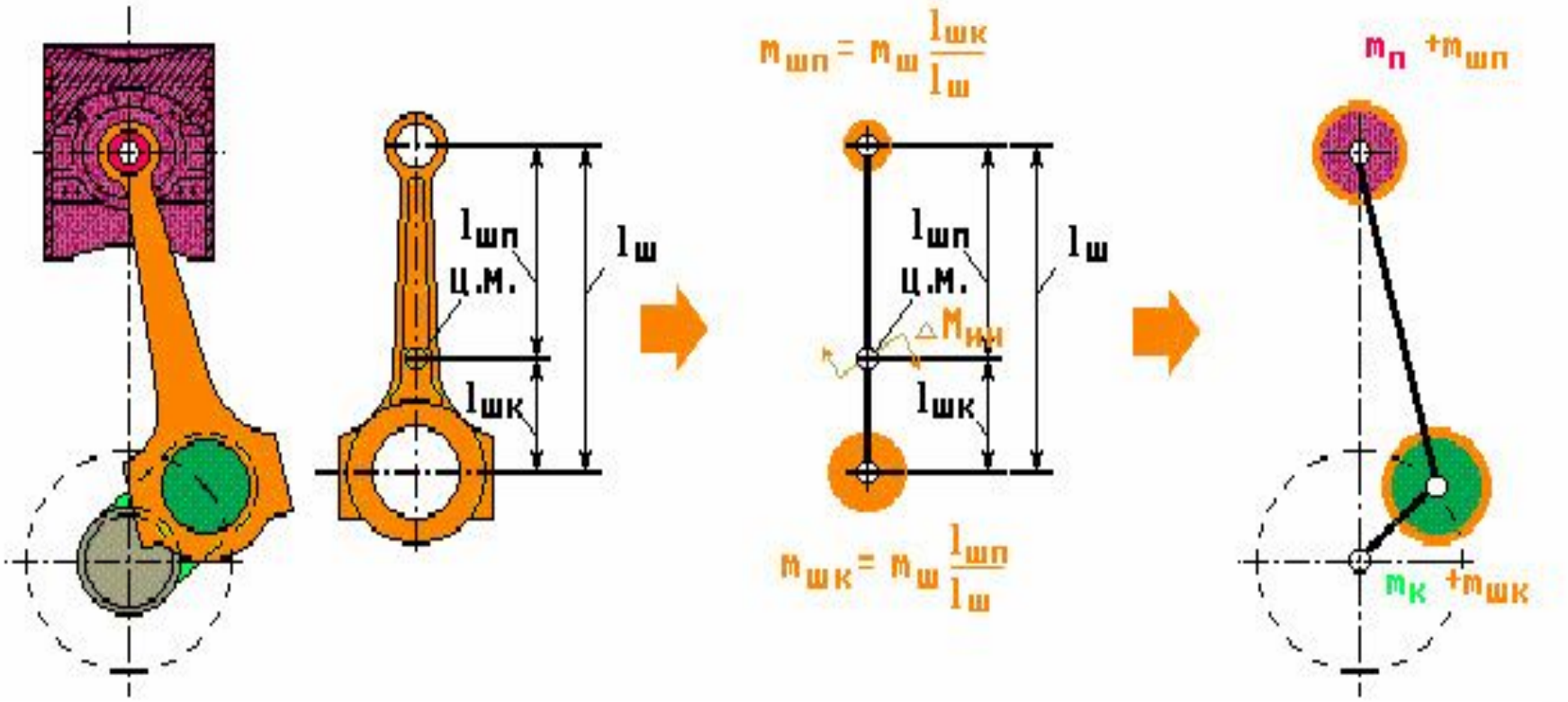
1. Сумма масс, сосредоточенных в замещающих точках модели, равна массе рассматриваемого звена КШМ: $m_{шп} + m_{шк} = m_ш$.

2. Положение центра масс звена реального КШМ и замещающего его в модели должно быть неизменным: $m_{шп} \cdot l_{шп} - m_{шк} \cdot l_{шк} = 0$.



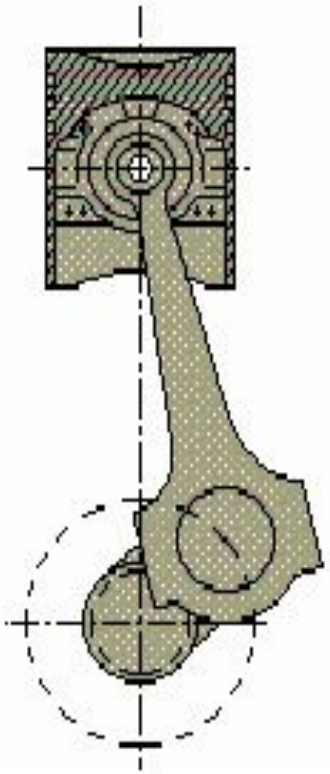
Условия эквивалентности замещающих масс

3. Сумма моментов инерции масс, расположенных в замещающих точках модели и момент инерции реального звена КШМ, относительно оси, проходящей через центр масс звена, должны быть равны. Это условие не выполняется: **$\Delta M_{ин} \neq 0$**, но из-за малости **$\Delta M_{ин}$** для шатунов существующих ДВС анализ динамики КШМ ведут, пренебрегая этим обстоятельством.

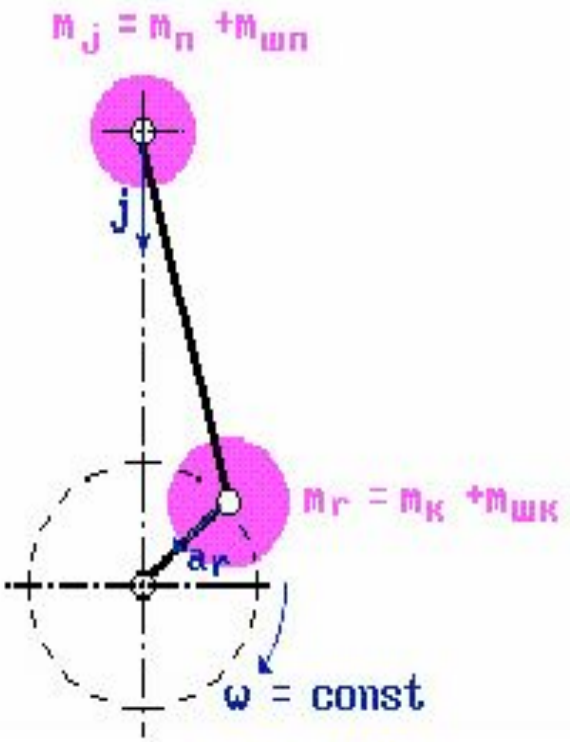


Условия эквивалентности замещающих масс

3. Сумма моментов инерции масс, расположенных в замещающих точках модели и момент инерции реального звена КШМ, относительно оси, проходящей через центр масс звена, должны быть равны. Это условие не выполняется: $\Delta M_{ин} \neq 0$, но из-за малости $\Delta M_{ин}$ для шатунов существующих ДВС анализ динамики КШМ ведут, пренебрегая этим обстоятельством.

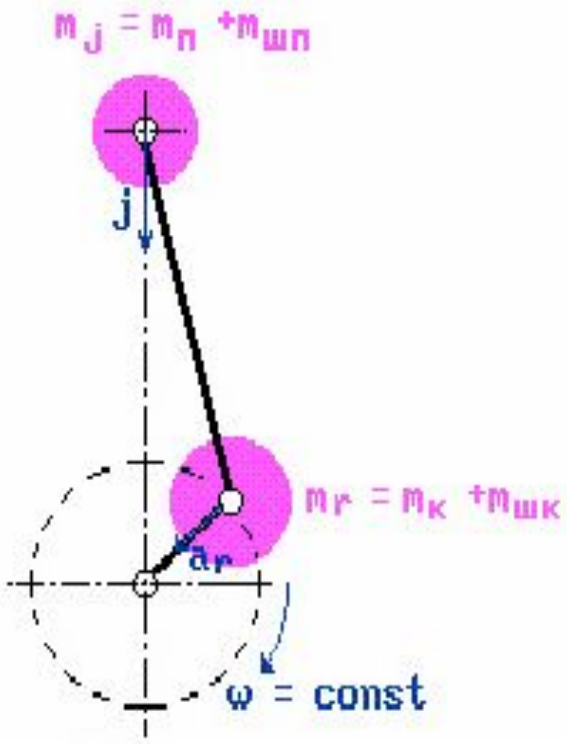


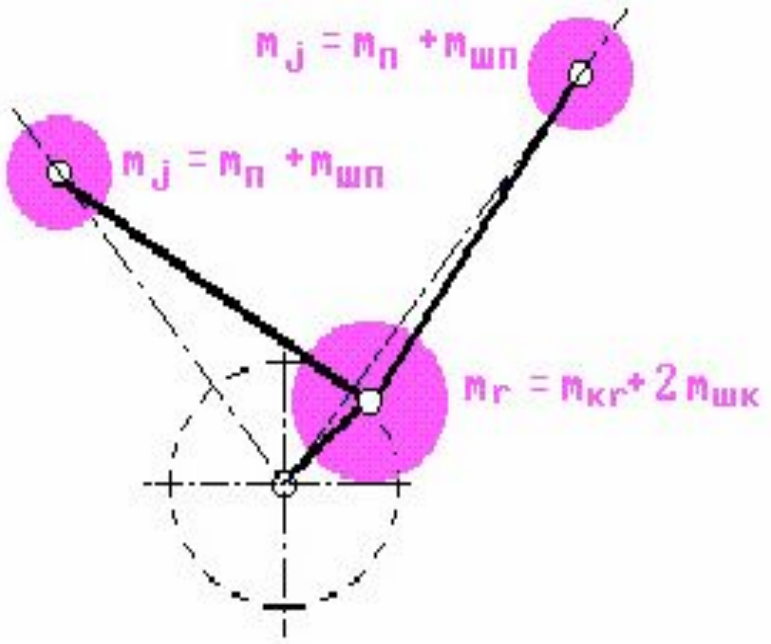
Таким образом, весь кривошипно-шатунный механизм приближенно заменяют системой двух сосредоточенных масс, связанных невесомыми звеньями.



Масса $m_j = m_п + m_{шп}$ сосредоточена на оси пальца и движется возвратно-поступательно с ускорением $j = r \cdot \omega^2 (\cos \varphi + \lambda \cos 2\varphi)$.

Масса $m_r = m_{кr} + m_{шк}$ расположена на оси шатунной шейки, вращается равномерно и имеет центростремительное ускорение $a_r = r \cdot \omega^2$.



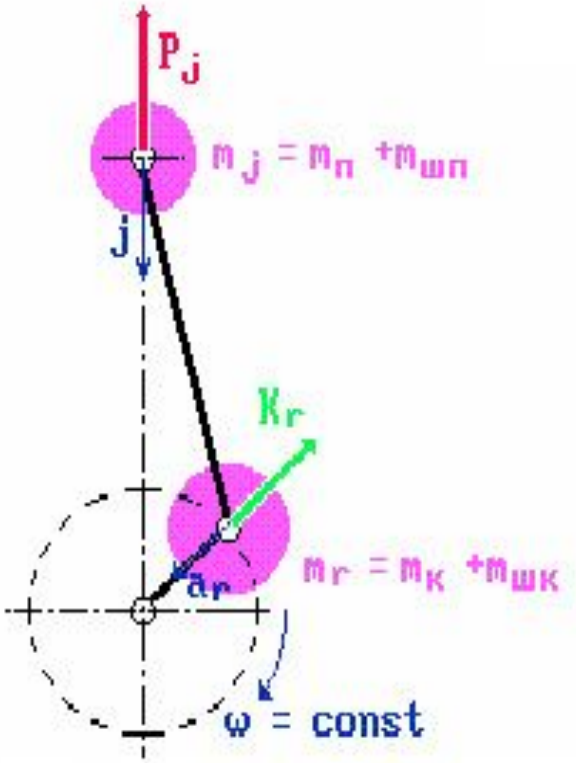


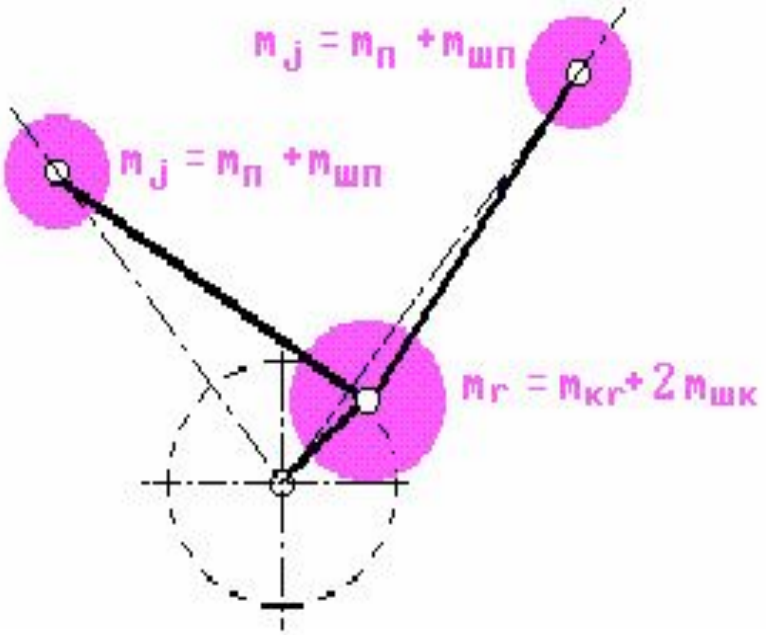
Масса $m_j = m_п + m_{шп}$ сосредоточена на оси пальца и движется возвратно-поступательно с ускорением $j = r \cdot \omega^2 (\cos \varphi + \lambda \cos 2\varphi)$.

Масса $m_r = m_{кr} + m_{шк}$ расположена на оси шатунной шейки, вращается равномерно и имеет центростремительное ускорение $a_r = r \cdot \omega^2$.

Для V – образных ДВС с двумя шатунами, расположенными на одной шатунной шейке коленчатого вала, $m_r = m_{кr} + 2m_{шк}$.

Определение сил инерции движущихся масс





Масса $m_j = m_п + m_{шп}$ сосредоточена на оси пальца и движется возвратно-поступательно с ускорением $j = r \cdot \omega^2 (\cos \varphi + \lambda \cos 2\varphi)$.

Масса $m_r = m_{кр} + m_{шк}$ расположена на оси шатунной шейки, вращается равномерно и имеет центростремительное ускорение $a_r = r \cdot \omega^2$.

Сила инерции от возвратно-поступательно движущихся масс $P_j = - j \cdot m_j$.
Центробежная сила инерции от вращающихся масс $K_r = - a_r \cdot m_r$.