

# Метод Мерцалова

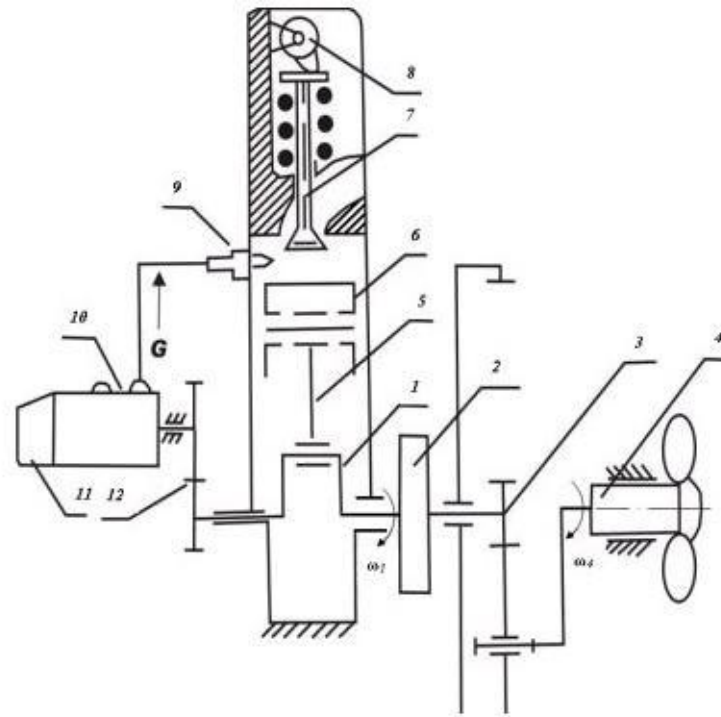
Выполнил  
Андрей Стребков  
группа ИБМ 2-51

МГТУ им.Баумана 2013 год

# План

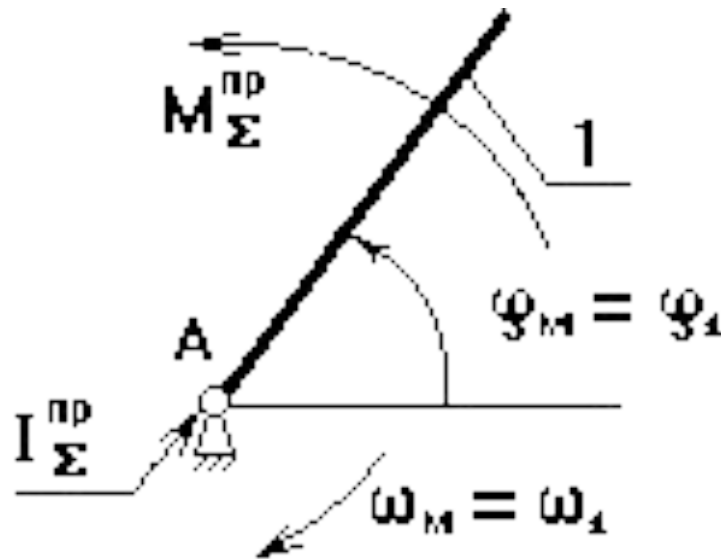
- 1.Схема машины
- 2.Динамическая модель машинного агрегата
- 3.Определение необходимого момента инерции маховых масс
- 4-5 Метод Мерцалова
- 6.Колебания в механизме
- 7.Момент инерции первой группы звеньев
- 8.Область применения
- 9-14Пример расчета необходимого момента инерции маховика
- 15.Обзор типов маховиков
- 16.Список литературы

# 1.Схема машины



- Динамическая модель механизма дизель — энергетического агрегата

## 2.Динамическая модель машины



- Динамическая модель этого же машинного агрегата в виде одного звена, к которому приведены силы и массы.

# 3. Определение необходимого момента инерции маховых масс

- Из анализа одномассовой динамической модели машины с жёсткими звеньями следует, что основным условием работы МА в установившемся режиме является равенство суммарной работы нулю за цикл. При этом внутри цикла могут существовать изменения скорости звена привода около среднего значения. Исследования износов в кинематических парах механизмов показывают непосредственную связь их с величинами колебаний скоростей звеньев относительно среднего значения. При превышении критической величины колебаний начинаются нарушения рабочего процесса машин, связанные с рассогласованием движения органов системы управления. Вот почему для большинства поршневых и других машин практикой установлены допустимые величины этих колебаний в виде безразмерного коэффициента неравномерности вращения главного вала

$$\delta = \frac{\omega_{\max} - \omega_{\min}}{\omega_{\text{ср}}} = \frac{\Delta\omega_{\max}}{\omega_{\text{ср}}}$$

$$\omega_{\max}, \omega_{\min}$$

-максимальное и минимальное значение скорости вращения вала в цикле

$$\omega_{\text{ср}} = \frac{\omega_{\max} + \omega_{\min}}{2}$$

-среднее значение скорости вращения вала.

# 4.Метод Мерцалова

- Наиболее простым способом снижения неравномерности вращения является увеличение инерционности механической системы за счёт расположения на главном валу машины маховика, который по принципу работы аналогичен конденсатору электрической энергии в цепи электрического фильтра. В основу расчета необходимого для этой цели момента инерции маховой массы профессором МВТУ им. Н.Э. Баумана Мерцаловым было положено максимальное изменение кинетической энергии в цикле установившегося движения, которое связано с коэффициентом неравномерности вращения

## 5.Метод Мерцалова

$$(\Delta T_I)_{\max} = J_I \left[ \frac{\omega_{\max}^2}{2} - \frac{\omega_{\min}^2}{2} \right] = J_I \omega_{\text{cp}}^2 \delta = J_I (\Delta \omega)_{\max} \omega_{\text{cp}}$$

- где:  $J$ - приведенный момент инерции звеньев «первой группы», имеющий постоянное значение.

$$(\Delta \omega)_{\max} = \frac{(\Delta T_1)_{\max}}{J_1 \omega_{\text{cp}}}$$

## 6. Колебания в механизме

- Источником колебаний являются периодические изменения работ сил и кинетической энергии звеньев механизма, получающие отражение в динамической модели как изменения приведенного суммарного момента сил и приведенного момента инерции второй группы звеньев
- Профессором Мерцаловым было выдвинуто допущение о незначительном влиянии коэффициента неравномерности на изменение кинетической энергии второй группы звеньев и было предложено при определять её по средней скорости вращения звена приведения

$$(T_I)_{\max} = \left( \sum A - T_{II} \right)_{\max}$$

$$\sum A = \int M_{\Sigma} d\varphi$$

$$T_{II} = J_{II} \frac{\omega_{\text{ср}}^2}{2} .$$



# 7. Момент инерции первой группы звеньев

- При этом допущении получается простое расчетное выражение для определения необходимого момента инерции «первой группы» звеньев
- При имеющемся меньшем значении  $J_1$  в машине необходимо устанавливать маховик, который увеличивает суммарное значение маховых масс до величины  $J_{\text{необх}}$ .

$$(J_I)_{\text{необх}} = \frac{(\sum A - T_{II})_{\text{max}}}{[\delta] \omega_{\text{cp}}^2} \cdot$$

# 8. Область применения

Расчётом необходимых масс накопителей механической энергии решаются следующие задачи:

- Снижение колебаний и износов деталей трансмиссий;
- Снижение необходимой мощности, габаритов и стоимости двигателей;
- Снижение расхода энергии машины в эксплуатации;
- Снижение загрязнения атмосферы при работе ДВС.

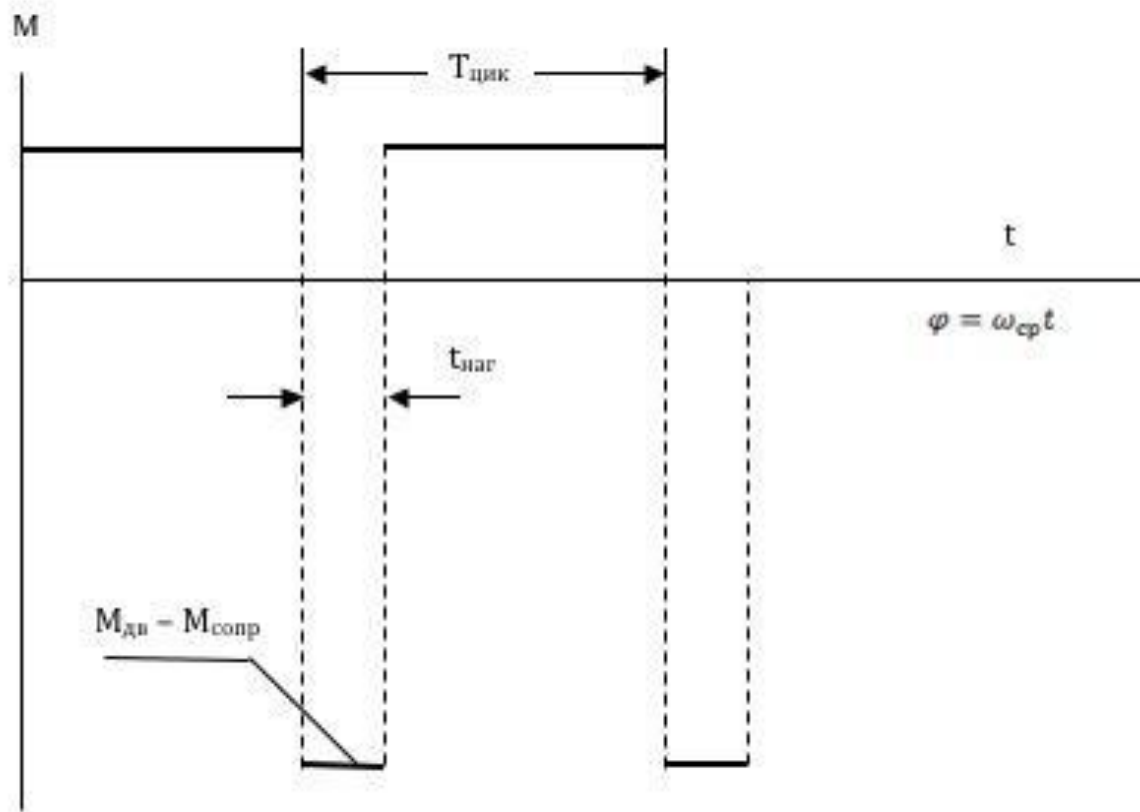
# 9. Пример расчета необходимого момента инерции маховика.

- В качестве примера рассмотрим МА, периодическая переменная нагрузка которого имеет ярко выраженный пиковый характер (рис 2). Под нагрузкой обычно понимают момент сопротивления  $M_{\text{сопр.}}$ , приложенный со стороны РМ. Продолжительную часть времени момент сопротивления имеет незначительное значение, а некоторое непродолжительное время  $t_{\text{пик}}$  нагрузка имеет пиковое значение  $M_a$ . Продолжительность пиковой нагрузок характеризуется коэффициентом скважности

$$\gamma = \frac{t_{\text{пик}}}{T_{\text{цикл}}} = \frac{\varphi_{\text{н}}}{\varphi_{\text{цикл}}}$$

Где  $t_{\text{пик}}$ ,  $\varphi_{\text{н}}$  - время действия пиковой нагрузки и соответствующий угловой промежуток поворота вала;  
 $T_{\text{цикл}}$  - период цикла изменения нагрузки.

# необходимого момента инерции маховика



● Рис.2

# необходимого момента инерции маховика

Принимая приведенный момент двигателя  $M_{\text{дв}}$  постоянным, можно найти необходимую его мощность  $W_{\text{дв}}$  из условия равенства работ с работой момента сопротивления за цикл установившегося движения

При допущении постоянного значения приведенных моментов инерции изменения кинетической энергии и суммарной работы в цикле принимают максимальные значения при максимальной скорости  $\omega_{\text{max}}$  звена приведения

$$(\Delta T_I)_{\text{max}} = \left( \sum A \right)_{\text{max}}$$

# необходимого момента инерции маховика

- Скорость  $\omega$  увеличиваются за промежуток между пиковыми нагрузками до максимальной величины

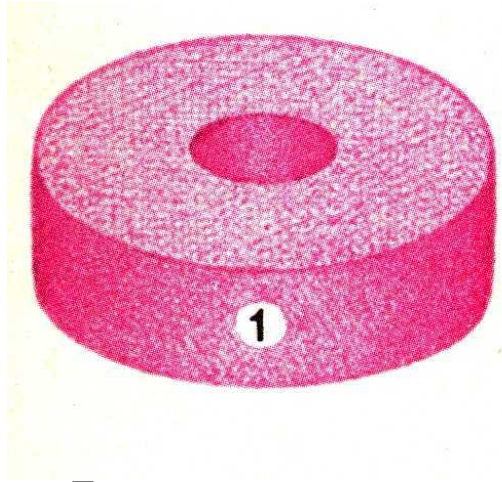
$$\left(\sum A\right)_{\max} = \int_{\varphi_{\text{пик}}}^{\varphi_{\text{цикл}}} M_E d\varphi = \gamma M_{\text{сопр}}^a (\varphi_{\text{цикл}} - \varphi_{\text{пик}})$$

Отсюда необходимое значение момента инерции накопителя энергии, приведенного к главному валу машины и вращающемуся со средней скоростью  $\omega_{\text{ср}}$ , и связано с мощностью  $W_{\text{пик}}$  и периодом изменения  $T_{\text{цикл}}$  пиковой нагрузки

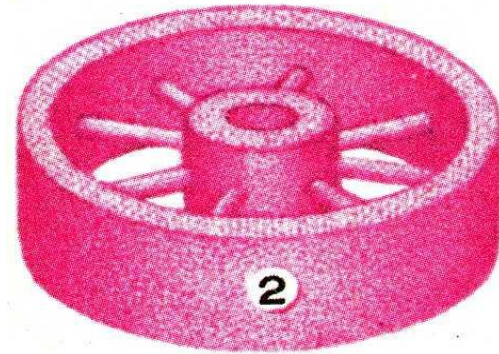
$$\left(J_I\right)_{\text{необх}} = W_{\text{пик}} T_{\text{цикл}} / ([\delta] \omega_{\text{ср}}).$$

# 15. Обзор типов маховиков

*В настоящее время, существуют пять основных типов маховиков:*



Диск с отверстием

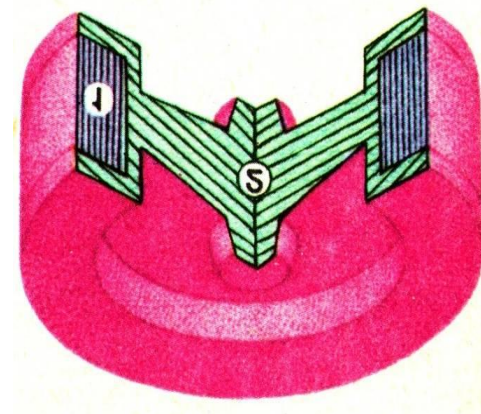


Обод со спицами



Диск равной прочности

Супермаховик  
и



Ленточный

# 10. Литература

- Леонов И.В., Леонов Д.И. Теория механизмов и машин (основы проектирования по динамическим критериям и показателям экономичности): учеб. пособие. – М.: Высшее образование, Юрайт-Издат, 2009. – 239 с.
- <http://cdot-nntu.ru/basebook/ТММ-1/files/assets/basic-html/page107.html>