

# ПРИНЦИП ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАЗМЕРОВ ДЛЯ ГИДРОАМОРТИЗАТОРОВ

Для правильного выбора амортизатора необходимо знать следующие параметры:

- Масса амортизируемого объекта  $m$  (кг)
- Скорость в момент удара  $v$  (м/с)
- Движущая сила  $F$  (Н)
- Количество ударов за час  $C$  (1/час)

## ФОРМУЛЫ ДЛЯ РАСЧЕТА

|                                   |                                           |                                         |                                 |
|-----------------------------------|-------------------------------------------|-----------------------------------------|---------------------------------|
| 1. Кинетическая энергия           | $E_k = m \cdot v^2 / 2$                   | 7. Макс. сила амортизации               | $F_m = 1,2 \cdot E_t / S$       |
| 2. Работа движущей силы           | $E_d = F \cdot S$                         | 8. Суммарная энергия амортизации за час | $E_{tc} = E_t \cdot C$          |
| 3. Полная энергия за цикл         | $E_t = E_k + E_d$                         | 9. Приведенная масса                    | $M_e = 2 \cdot E_t / v^2$       |
| 4. Скорость свободного падения    | $V = \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$            | 10. Момент инерции (пластина)           | $I = m \cdot (4A^2 + B^2) / 12$ |
| 5. Усилие цилиндра при выдвигении | $F = D^2 \cdot (\pi / 4) \cdot P$         | 11. Момент инерции (диск)               | $I = m \cdot R^2 / 2$           |
| 6. Усилие цилиндра при втягивании | $F = (D^2 - d^2) \cdot (\pi / 4) \cdot P$ | 12. Угол поворота                       | $\theta = S / R_s$              |

## ОБОЗНАЧЕНИЯ СИМВОЛОВ

| Символ   | Ед. измерения | Описание                                  | Символ | Ед. измерения     | Описание                                              |
|----------|---------------|-------------------------------------------|--------|-------------------|-------------------------------------------------------|
| $\mu$    | —             | Коэффициент трения                        | $F_m$  | Н                 | Максимальная сила удара                               |
| $\alpha$ | °             | Угол наклона                              | $g$    | м/с <sup>2</sup>  | Ускорение свободного падения (9,81 м/с <sup>2</sup> ) |
| $\omega$ | рад/с         | Угловая скорость                          | $h$    | м                 | Высота                                                |
| $\theta$ | рад           | Угол поворота                             | $I$    | кг·м <sup>2</sup> | Момент инерции                                        |
| $A, B$   | м             | Ширина и толщина (прямоугольная пластина) | $m$    | кг                | Масса подвижных частей                                |
| $C$      | 1/час         | Количество ударов за час                  | $M_e$  | кг                | Приведённая масса                                     |
| $D$      | м             | Диаметр поршня цилиндра                   | $P$    | Па                | Рабочее давление                                      |
| $d$      | м             | Диаметр штока цилиндра                    | $R$    | м                 | Радиус диска                                          |
| $E_d$    | Нм            | Работа движущей силы за цикл              | $R_s$  | м                 | Радиус установки гидроамортизатора                    |
| $E_k$    | Нм            | Кинетическая энергия за цикл              | $S$    | м                 | Рабочий ход гидроамортизатора                         |
| $E_t$    | Нм            | Полная энергия за цикл                    | $T$    | Нм                | Внешний крутящий момент                               |
| $E_{tc}$ | Нм/ч          | Полная энергия за час                     | $v$    | м/с               | Скорость подвижных масс                               |

## УСЛОВИЯ ПОДБОРА ГИДРОАМОРТИЗАТОРА

| Энергия за цикл     | Энергия за час            | Приведённая масса   |
|---------------------|---------------------------|---------------------|
| $E_t \leq \max E_t$ | $E_{tc} \leq \max E_{tc}$ | $M_e \leq \max M_e$ |

Все три условия должны выполняться одновременно — только тогда модель подходит.

### Пример 1: Горизонтальный удар

Исходные данные:

- $v = 1,0$  м/с
- $m = 50$  кг
- $C = 1500$  циклов/час

Вычисление:

$$E_k = \frac{mv^2}{2} = \frac{50 \cdot 1^2}{2} = 25 \text{ Нм}$$

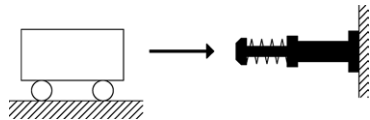
Выбираем амортизатор с наименьшим  $E_t$ , но большим 25 Нм -> Мод. SA 2015,  $S = 0,015$  м

- $E_t = E_k = 25$  Нм
- $E_{tc} = E_t \cdot C = 25 \cdot 1500 = 37500$  Нм/ч
- $M_e = m = 50$  кг

Модель SA 2015 имеет следующие технические характеристики:  
 $E_t (\max) = 59$  Нм,  $E_{tc} (\max) = 38000$  Нм/ч и  $M_e (\max) = 120$  кг

$$25 \leq 59 \text{ Нм} \checkmark \mid 37500 \leq 38000 \checkmark \mid 50 \leq 120 \checkmark$$

Все три условия соблюдены — по расчётным данным модель амортизатора SA 2015 подходит.



**Пример 2: Горизонтальный удар с приложенной внешней силой**

Исходные данные:

$$v = 1,2 \text{ м/с}$$

$$m = 40 \text{ кг}$$

$$C = 780 \text{ циклов/час}$$

$$P = 6 \text{ бар} = 600000 \text{ Па}$$

$$D = 0,05 \text{ м}$$

**Вычисление:**

$$E_k = \frac{mv^2}{2} = \frac{40 \cdot 1,2^2}{2} = 28,8 \text{ Нм}$$

Выбираем амортизатор с наименьшим  $E_T$ ,  
но большим 28,8 Нм → Мод. SA 2015,  $S = 0,015 \text{ м}$

$$E_D = \frac{D^2 \cdot \pi}{4} \cdot P \cdot S = \frac{0,05^2 \cdot \pi}{4} \cdot 600000 \cdot 0,015 = 17,67 \text{ Нм}$$

$$E_T = E_k + E_D = 28,8 + 17,67 = 46,47 \text{ Нм}$$

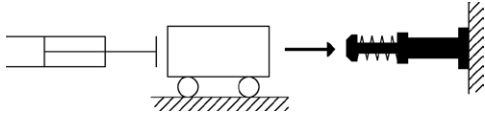
$$E_{TC} = E_T \cdot C = 46,47 \cdot 780 = 36247,74 \text{ Нм/ч}$$

$$M_e = \frac{2E_T}{v^2} = \frac{2 \cdot 46,47}{1,2^2} = 64,54 \text{ кг}$$

Модель SA 2015 имеет следующие технические характеристики:  
 $E_T (\text{max}) = 59 \text{ Нм}$ ,  $E_{TC} (\text{max}) = 38000 \text{ Нм/ч}$  и  $M_e (\text{max}) = 120 \text{ кг}$

$$46,47 \leq 59 \text{ Нм} \checkmark \quad | \quad 36247,74 \leq 38000 \checkmark \quad | \quad 64,54 \leq 120 \checkmark$$

Все три условия соблюдены — по расчётным данным  
модель амортизатора SA 2015 подходит.

**Пример 3: Вертикальный удар**

Исходные данные:

$$h = 0,35 \text{ м}$$

$$m = 5 \text{ кг}$$

$$C = 1500 \text{ циклов/час}$$

$$g = 9,81 \text{ м/с}^2$$

**Вычисление:**

$$v = \sqrt{2 \cdot g \cdot h} = \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 0,35} = 2,62 \text{ м/с}$$

$$E_k = m \cdot g \cdot h = 5 \cdot 9,81 \cdot 0,35 = 17,17 \text{ Нм}$$

Выбираем амортизатор с наименьшим  $E_T$ ,  
но большим 17,17 Нм → Мод. SA 1412,  $S = 0,012 \text{ м}$

$$E_D = m \cdot g \cdot S = 5 \cdot 9,81 \cdot 0,012 = 0,59 \text{ Нм}$$

$$E_T = E_k + E_D = 17,17 + 0,59 = 17,76 \text{ Нм}$$

$$E_{TC} = E_T \cdot C = 17,76 \cdot 1500 = 26640 \text{ Нм/ч}$$

$$M_e = \frac{2E_T}{v^2} = \frac{2 \cdot 17,76}{2,62^2} = 5,17 \text{ кг}$$

Модель SA 1412 имеет следующие технические характеристики:  
 $E_T (\text{max}) = 20 \text{ Нм}$ ,  $E_{TC} (\text{max}) = 33000 \text{ Нм/ч}$  и  $M_e (\text{max}) = 40 \text{ кг}$

$$17,76 \leq 20 \text{ Нм} \checkmark \quad | \quad 26640 \leq 33000 \checkmark \quad | \quad 5,17 \leq 40 \checkmark$$

Все три условия соблюдены — по расчётным данным  
модель амортизатора SA 1412 подходит.

**Пример 4: Вертикальный удар — сила цилиндра вниз**

Исходные данные:

$$v = 1,0 \text{ м/с}$$

$$m = 50 \text{ кг}$$

$$C = 600 \text{ циклов/час}$$

$$P = 6 \text{ бар} = 600000 \text{ Па}$$

$$D = 0,063 \text{ м}$$

$$g = 9,81 \text{ м/с}^2$$

**Вычисление:**

$$E_k = \frac{mv^2}{2} = \frac{50 \cdot 1^2}{2} = 25 \text{ Нм}$$

Проверяем модели по очереди (каждая со своим ходом S):  
SA-2015 ( $S=0,015 \text{ м}$ ):  $E_D=35,41 \text{ Нм}$ ,  $E_T=60,41 \text{ Нм} > 59 \text{ Нм} (\text{max})$  — не подходит  
SA-2525 ( $S=0,025 \text{ м}$ ):  $E_D=59,02 \text{ Нм}$ ,  $E_T=84,02 \text{ Нм} > 80 \text{ Нм} (\text{max})$  — не подходит  
SA-2725 ( $S=0,025 \text{ м}$ ):  $E_D=59,02 \text{ Нм}$ ,  $E_T=84,02 \text{ Нм} \leq 147 \text{ Нм} (\text{max})$  — подходит  
Выбираем амортизатор SA 2725,  $S = 0,025 \text{ м}$

$$E_D = \frac{D^2 \cdot \pi}{4} \cdot P \cdot S + m \cdot g \cdot S = \frac{0,063^2 \cdot \pi}{4} \cdot 600000 \cdot 0,025 + 50 \cdot 9,81 \cdot 0,025 = 59,02 \text{ Нм}$$

$$E_T = E_k + E_D = 25 + 59,02 = 84,02 \text{ Нм}$$

$$E_{TC} = E_T \cdot C = 84,02 \cdot 600 = 50413 \text{ Нм/ч}$$

$$M_e = \frac{2E_T}{v^2} = \frac{2 \cdot 84,02}{1^2} = 168,04 \text{ кг}$$

Модель SA 2725 имеет следующие технические характеристики:  
 $E_T (\text{max}) = 147 \text{ Нм}$ ,  $E_{TC} (\text{max}) = 72000 \text{ Нм/ч}$  и  $M_e (\text{max}) = 270 \text{ кг}$

$$84,02 \leq 147 \text{ Нм} \checkmark \quad | \quad 50413 \leq 72000 \checkmark \quad | \quad 168,04 \leq 270 \checkmark$$

Все три условия соблюдены — по расчётным данным  
модель амортизатора SA 2725 подходит.



**Пример 5: Вертикальный удар – сила цилиндра вверх**

Исходные данные:

$v = 1,0 \text{ м/с}$

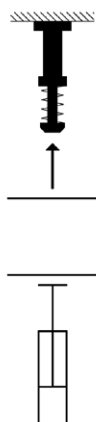
$m = 50 \text{ кг}$

$C = 600 \text{ циклов/час}$

$P = 6 \text{ бар} = 600000 \text{ Па}$

$D = 0,063 \text{ м}$

$g = 9,81 \text{ м/с}^2$

**Вычисление:**

$$E_k = \frac{mv^2}{2} = \frac{50 \cdot 1^2}{2} = 25 \text{ Нм}$$

SA-1412 ( $S=0,012 \text{ м}$ ):  $E_D=16,56 \text{ Нм}$ ,  $E_T=41,56 \text{ Нм} > 20 \text{ Нм (max)}$  – не подходит  
 SA-2015 ( $S=0,015 \text{ м}$ ):  $E_D=20,70 \text{ Нм}$ ,  $E_T=45,70 \text{ Нм} \leq 59 \text{ Нм (max)}$  – подходит  
 Выбираем амортизатор SA 2015,  $S = 0,015 \text{ м}$

$$E_D = \frac{D^2 \cdot \pi}{4} \cdot P \cdot S - m \cdot g \cdot S = \frac{0,063^2 \cdot \pi}{4} \cdot 600000 \cdot 0,015 - 50 \cdot 9,81 \cdot 0,015 = 20,70 \text{ Нм}$$

$$E_T = E_k + E_D = 25 + 20,70 = 45,70 \text{ Нм}$$

$$E_{TC} = E_T \cdot C = 45,70 \cdot 600 = 27419 \text{ Нм/ч}$$

$$M_e = \frac{2E_T}{v^2} = \frac{2 \cdot 45,70}{1^2} = 91,40 \text{ кг}$$

Модель SA 2015 имеет следующие технические характеристики:

 $E_T (\text{max}) = 59 \text{ Нм}$ ,  $E_{TC} (\text{max}) = 38000 \text{ Нм/ч}$  и  $M_e (\text{max}) = 120 \text{ кг}$ 

$$45,70 \leq 59 \text{ Нм} \checkmark \quad | \quad 27419 \leq 38000 \checkmark \quad | \quad 91,40 \leq 120 \checkmark$$

Все три условия соблюдены – по расчётным данным модель амортизатора SA 2015 подходит.

**Пример 6: Удар под углом**

Исходные данные:

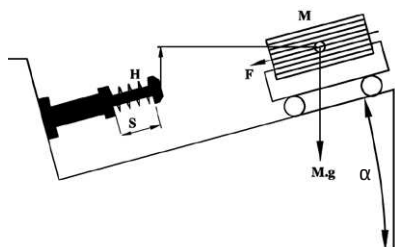
$h = 0,3 \text{ м}$

$m = 10 \text{ кг}$

$C = 600 \text{ циклов/час}$

$g = 9,81 \text{ м/с}^2$

$\alpha = 30^\circ$

**Вычисление:**

$$v = \sqrt{2 \cdot g \cdot h} = \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 0,3} = 2,43 \text{ м/с}$$

$$E_k = m \cdot g \cdot h = 10 \cdot 9,81 \cdot 0,3 = 29,43 \text{ Нм}$$

Выбираем амортизатор с наименьшим  $E_T$ ,  
 но большим  $29,43 \text{ Нм} \rightarrow$  Мод. SA 2015,  $S = 0,015 \text{ м}$

$$E_D = m \cdot g \cdot S \cdot \sin \alpha = 10 \cdot 9,81 \cdot 0,015 \cdot \sin 30^\circ = 0,74 \text{ Нм}$$

$$E_T = E_k + E_D = 29,43 + 0,74 = 30,17 \text{ Нм}$$

$$E_{TC} = E_T \cdot C = 30,17 \cdot 600 = 18099 \text{ Нм/ч}$$

$$M_e = \frac{2E_T}{v^2} = \frac{2 \cdot 30,17}{2,43^2} = 10,25 \text{ кг}$$

Модель SA 2015 имеет следующие технические характеристики:

 $E_T (\text{max}) = 59 \text{ Нм}$ ,  $E_{TC} (\text{max}) = 38000 \text{ Нм/ч}$  и  $M_e (\text{max}) = 120 \text{ кг}$ 

$$30,17 \leq 59 \text{ Нм} \checkmark \quad | \quad 18099 \leq 38000 \checkmark \quad | \quad 10,25 \leq 120 \checkmark$$

Все три условия соблюдены – по расчётным данным модель амортизатора SA 2015 подходит.

**Пример 7: Горизонтальный удар с трением скольжения**

Исходные данные:

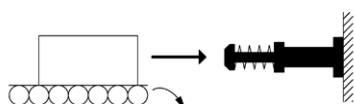
$v = 0,5 \text{ м/с}$

$m = 5 \text{ кг}$

$C = 3000 \text{ циклов/час}$

$\mu = 0,25$

$g = 9,81 \text{ м/с}^2$

**Вычисление:**

$$E_k = \frac{mv^2}{2} = \frac{5 \cdot 0,5^2}{2} = 0,63 \text{ Нм}$$

Выбираем амортизатор с наименьшим  $E_T$ ,  
 но большим  $0,63 \text{ Нм} \rightarrow$  Мод. SA 0806,  $S = 0,006 \text{ м}$

$$E_D = m \cdot g \cdot \mu \cdot S = 5 \cdot 9,81 \cdot 0,25 \cdot 0,006 = 0,07 \text{ Нм}$$

$$E_T = E_k + E_D = 0,63 + 0,07 = 0,70 \text{ Нм}$$

$$E_{TC} = E_T \cdot C = 0,70 \cdot 3000 = 2096 \text{ Нм/ч}$$

$$M_e = \frac{2E_T}{v^2} = \frac{2 \cdot 0,70}{0,5^2} = 5,59 \text{ кг}$$

Модель SA 0806 имеет следующие технические характеристики:

 $E_T (\text{max}) = 3 \text{ Нм}$ ,  $E_{TC} (\text{max}) = 7000 \text{ Нм/ч}$  и  $M_e (\text{max}) = 6 \text{ кг}$ 

$$0,70 \leq 3 \text{ Нм} \checkmark \quad | \quad 2096 \leq 7000 \checkmark \quad | \quad 5,59 \leq 6 \checkmark$$

Все три условия соблюдены – по расчётным данным модель амортизатора SA 0806 подходит.

**Пример 8: Горизонтальное вращение двери**

Исходные данные:

$\omega = 2 \text{ рад/с}$

$m = 20 \text{ кг}$

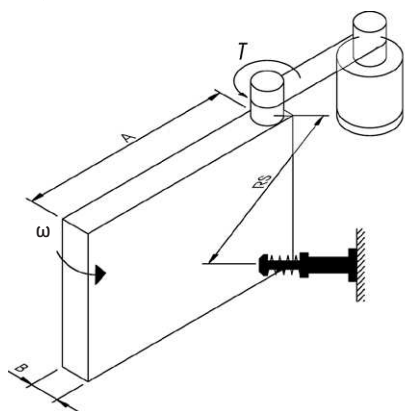
$C = 600 \text{ циклов/час}$

$T = 20 \text{ Нм}$

$Rs = 0,8 \text{ м}$

$A = 1,0 \text{ м}$

$B = 0,05 \text{ м}$

**Вычисление:**

$$I = \frac{m(4A^2 + B^2)}{12} = \frac{20(4 \cdot 1^2 + 0,05^2)}{12} = 6,67 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

$$E_k = \frac{I \cdot \omega^2}{2} = \frac{6,67 \cdot 2^2}{2} = 13,34 \text{ Нм}$$

$$v = \omega \cdot Rs = 2 \cdot 0,8 = 1,6 \text{ м/с}$$

Выбираем амортизатор с наименьшим  $E_t$ , но большим 13,34 Нм -> Мод. SA 1412,  $S = 0,012 \text{ м}$

$$\theta = \frac{S}{Rs} = \frac{0,012}{0,8} = 0,015 \text{ рад}$$

$$E_D = T \cdot \theta = 20 \cdot 0,015 = 0,30 \text{ Нм}$$

$$E_t = E_k + E_D = 13,34 + 0,30 = 13,64 \text{ Нм}$$

$$E_{tc} = E_t \cdot C = 13,64 \cdot 600 = 8185 \text{ Нм/ч}$$

$$M_e = \frac{2 E_t}{v^2} = \frac{2 \cdot 13,64}{1,6^2} = 10,66 \text{ кг}$$

Модель SA 1412 имеет следующие технические характеристики:

$$E_t(\text{max}) = 20 \text{ Нм}, E_{tc}(\text{max}) = 33000 \text{ Нм/ч и } M_e(\text{max}) = 40 \text{ кг}$$

$$13,64 \leq 20 \text{ Нм} \checkmark \mid 8185 \leq 33000 \checkmark \mid 10,66 \leq 40 \checkmark$$

Все три условия соблюдены – по расчётным данным модель амортизатора SA 1412 подходит.

**Пример 9: Остановка поворотного стола**

Исходные данные:

$\omega = 1 \text{ рад/с}$

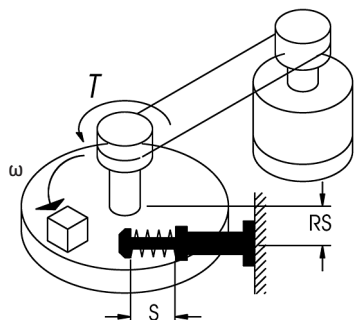
$m = 200 \text{ кг}$

$C = 100 \text{ циклов/час}$

$T = 100 \text{ Нм}$

$Rs = 0,4 \text{ м}$

$R = 0,5 \text{ м}$

**Вычисление:**

$$I = \frac{m \cdot R^2}{2} = \frac{200 \cdot 0,5^2}{2} = 25 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

$$E_k = \frac{I \cdot \omega^2}{2} = \frac{25 \cdot 1^2}{2} = 12,5 \text{ Нм}$$

$$v = \omega \cdot Rs = 1 \cdot 0,4 = 0,4 \text{ м/с}$$

Проверяем модели по очереди (каждая со своим ходом S):

SA-1412 ( $S=0,012 \text{ м}$ ):  $E_D=3,00 \text{ Нм}$ ,  $E_t=15,50 \text{ Нм} \leq 20 \text{ Нм} \checkmark$ ,

но  $M_e=193,75 \text{ кг} > 40 \text{ кг}(\text{max})$  – не подходит

SA-2015 ( $S=0,015 \text{ м}$ ):  $M_e=203,12 \text{ кг} > 120 \text{ кг}(\text{max})$  – не подходит

SA-2525 ( $S=0,025 \text{ м}$ ):  $M_e=234,37 \text{ кг} > 180 \text{ кг}(\text{max})$  – не подходит

SA-2725 ( $S=0,025 \text{ м}$ ):  $M_e=234,37 \text{ кг} \leq 270 \text{ кг}(\text{max})$  – подходит

Выбираем амортизатор SA 2725,  $S = 0,025 \text{ м}$

$$\theta = \frac{S}{Rs} = \frac{0,025}{0,4} = 0,0625 \text{ рад}$$

$$E_D = T \cdot \theta = 100 \cdot 0,0625 = 6,25 \text{ Нм}$$

$$E_t = E_k + E_D = 12,5 + 6,25 = 18,75 \text{ Нм}$$

$$E_{tc} = E_t \cdot C = 18,75 \cdot 100 = 1875 \text{ Нм/ч}$$

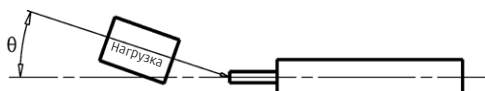
$$M_e = \frac{2 E_t}{v^2} = \frac{2 \cdot 18,75}{0,4^2} = 234,37 \text{ кг}$$

Модель SA 2725 имеет следующие технические характеристики:

$$E_t(\text{max}) = 147 \text{ Нм}, E_{tc}(\text{max}) = 72000 \text{ Нм/ч и } M_e(\text{max}) = 270 \text{ кг}$$

$$18,75 \leq 147 \text{ Нм} \checkmark \mid 1875 \leq 72000 \checkmark \mid 234,37 \leq 270 \checkmark$$

Все три условия соблюдены – по расчётным данным модель амортизатора SA 2725 подходит.

**Параллельность нагрузки**

Для обеспечения длительного срока службы гидроамортизаторов, движение груза должно быть параллельно центральной оси гидроамортизатора.

**ПРИМЕЧАНИЕ:**

Максимально допустимая несоосность  $\theta \leq 2,5^\circ (0,044 \text{ рад})$ .