

Балтийский государственный технический университет

«ВОЕНМЕХ»

Кафедра А4

Курсы : «Теория амортизации», «Ударовиброзащита»,  
«Моделирование технических систем в MATLAB»,  
«Физическое моделирование в Simulink»  
Методическое пособие

Моделирование динамики механической системы  
груза и амортизатора

Варианты домашних  
заданий

Версия  
0.0.1.

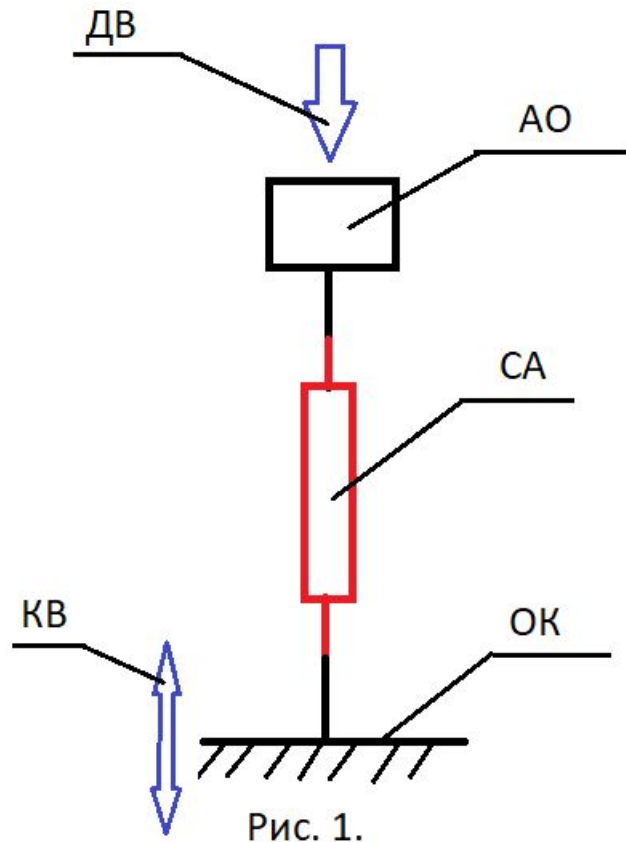
Преподаватель : Гагарский  
С.В.

С-Петербург

2020 г.

# Моделирование динамики движения груза на амортизаторе

## Описание физической системы



Груз (амортизируемый объект (АО)) массой  $m$  закреплен вертикально на амортизаторе (на системе амортизации (СА)). Амортизатор установлен на основание (на ограждающую конструкцию (ОК)). В механической системе рассматриваем динамическое воздействие (ДВ), в виде заданной вертикально приложенной к грузу силы  $F(t)$ , являющейся функцией времени, а также кинематическое воздействие (КВ), в виде заданного временного закона перемещения ограждающей конструкции  $X_e(t)$  (см. Рис. 1).

# Состав амортизатора

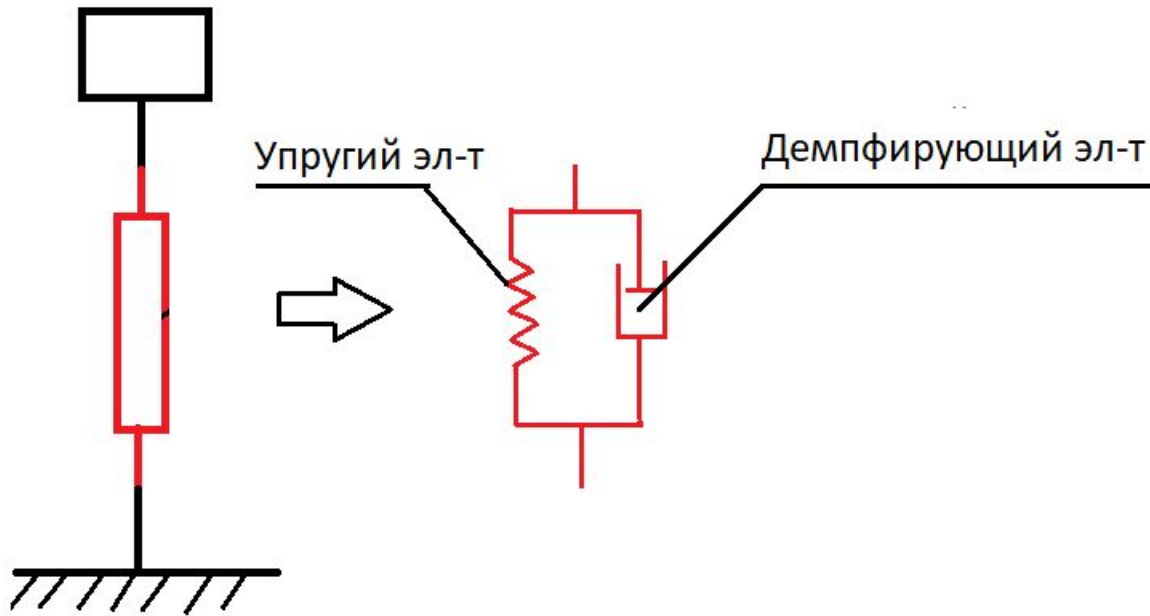


Рис. 2.

В состав амортизатора входят упругий и демпфирующий элементы (см. Рис.2).

Каждый из элементов обладает силовой характеристикой, т.е. способностью воспроизводить силу сопротивления, как реакцию на «деформацию» (упругий элемент) (см. Рис.3) и на «скорость деформации» (демпфирующий элемент) (см. Рис. 4).

Силовая характеристика упругого элемента

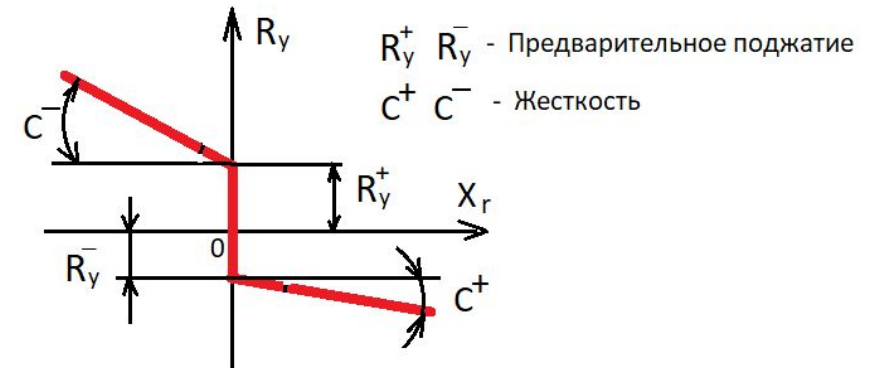


Рис. 3.

Силовая характеристика демпфирующего элемента

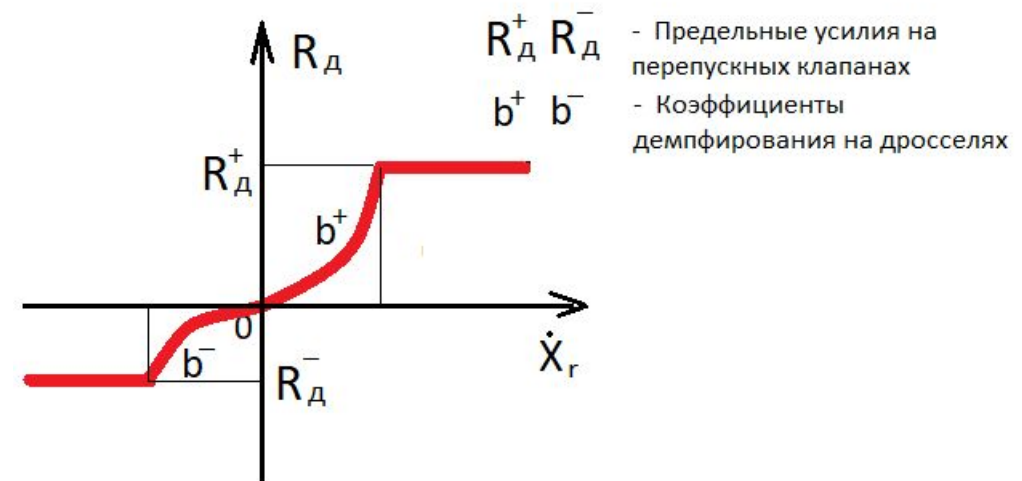


Рис. 4.

# Кинематическое и динамическое воздействия

Примеры возможных  
зависимостей



## Принятые обозначения и сокращения математической модели

| Переменная | Размерность                                      | Описание   |
|------------|--|--|
|            | [кг]   | Масса амортизируемого объекта  |
|            | [м/с <sup>2</sup> ]                              | Ускорение свободного падения   |
|            | [м]  |  |
|            | [м/с]  |  |
|            | [м/с <sup>2</sup> ]                              |  |
|            | [Н/м]  | Коэффициент жесткости упругого элемента амортизатора                                       |
|            | [Н <sub>*</sub> с <sup>2</sup> /м <sup>2</sup> ] | Коэффициент демпфирования квадратичного демпфирующего элемента амортизатора                |
|            | [Н]  | Реакция предварительного поджатия упругого элемента на ходе «отбоя» и ходе «сжатия»        |
|            | [Н]  | Реакция демпфера при открытии клапана предельного давления на ходе «отбоя» и ходе «сжатия» |
|            | [Н]  |  |
|            | [Н]  |  |

# Задание к исполнению. Уровень 1.

1. Создайте имитационную модель физической системы груза закрепленного на амортизаторе по схеме Рис.1.

Считаем, что в состав амортизатора входит упругий и демпфирующий элементы (Рис.2) с силовыми характеристиками представленными соответственно на Рис.3 и Рис.4. В качестве заданного внешнего воздействия рассматриваем «Кинематическое воздействие» (КВ) и «Динамическое воздействие» (ДВ), представленные соответственно по аналогии на Рис.5 и Рис.6.

2. Проведите анализ динамики механической системы с целью подбора всех параметров амортизатора, для достижения следующих требований предъявляемых к движению груза :

- Абсолютное ускорение груза должно быть в интервале  $[\ddot{X}_a^{min}, \ddot{X}_a^{max}]$ .
- Относительное перемещение груза должно быть в интервале  $[X_r^{min}, X_r^{max}]$ .

Для выполнения задания выберите исходные данные из ниже представленных таблиц, в соответствии с Вашим вариантом задания.

# Варианты ДЗ [1 - 10]

| №  |     | ДВ |     |      | КВ |    |     |       |      |     |    |
|----|-----|----|-----|------|----|----|-----|-------|------|-----|----|
| 1  | 100 | 9  | 75  | -55  | 3  | 20 | -15 | -1000 | 800  | -27 | 14 |
| 2  | 120 | 5  | 100 | -50  | 7  | 25 | -20 | -900  | 1200 | -15 | 18 |
| 3  | 55  | 3  | 150 | -45  | 1  | 15 | -25 | -2000 | 1300 | -8  | 10 |
| 4  | 200 | 8  | 200 | -20  | 4  | 35 | -10 | -2500 | 3000 | -5  | 6  |
| 5  | 150 | 10 | 80  | -35  | 2  | 30 | -17 | -2750 | 3500 | -28 | 20 |
| 6  | 75  | 6  | 300 | -200 | 5  | 10 | -12 | -1200 | 2500 | -16 | 17 |
| 7  | 175 | 2  | 90  | -70  | 6  | 22 | -27 | -500  | 600  | -17 | 23 |
| 8  | 110 | 7  | 250 | -100 | 10 | 35 | -40 | -850  | 2050 | -24 | 11 |
| 9  | 90  | 1  | 300 | -150 | 8  | 40 | -35 | -950  | 700  | -9  | 10 |
| 10 | 125 | 4  | 190 | -175 | 9  | 27 | -18 | -2900 | 3750 | -13 | 25 |

# Варианты ДЗ [11 - 20]

| №  |     | ДВ |     |      | КВ |    |     |       |      |     |    |
|----|-----|----|-----|------|----|----|-----|-------|------|-----|----|
| 11 | 100 | 19 | 75  | -55  | 13 | 20 | -15 | -1100 | 2100 | -15 | 20 |
| 12 | 120 | 15 | 100 | -50  | 17 | 25 | -20 | -2000 | 3400 | -12 | 18 |
| 13 | 55  | 13 | 150 | -45  | 11 | 15 | -25 | -2150 | 3100 | -18 | 10 |
| 14 | 200 | 18 | 200 | -20  | 14 | 35 | -10 | -3550 | 2570 | -20 | 14 |
| 15 | 150 | 20 | 80  | -35  | 12 | 30 | -17 | -2480 | 1750 | -30 | 25 |
| 16 | 75  | 16 | 300 | -200 | 15 | 10 | -12 | -1750 | 1550 | -25 | 30 |
| 17 | 175 | 12 | 90  | -70  | 16 | 22 | -27 | -1500 | 1600 | -27 | 10 |
| 18 | 110 | 17 | 250 | -100 | 20 | 35 | -40 | -770  | 550  | -7  | 15 |
| 19 | 90  | 11 | 300 | -150 | 18 | 40 | -35 | -880  | 640  | -19 | 22 |
| 20 | 125 | 14 | 190 | -175 | 19 | 27 | -18 | -970  | 570  | -8  | 11 |



# Варианты ДЗ [21 - 30]

| №  |     | ДВ |     |      | КВ |    |     |       |      |     |    |
|----|-----|----|-----|------|----|----|-----|-------|------|-----|----|
| 21 | 90  | 19 | 70  | -60  | 13 | 25 | -15 | -1100 | 2100 | -15 | 20 |
| 22 | 100 | 15 | 75  | -80  | 1  | 30 | -20 | -2000 | 3400 | -12 | 18 |
| 23 | 75  | 19 | 100 | -50  | 5  | 17 | -25 | -2150 | 3100 | -18 | 10 |
| 24 | 225 | 8  | 150 | -25  | 14 | 33 | -10 | -3550 | 2570 | -20 | 14 |
| 25 | 125 | 10 | 250 | -65  | 9  | 38 | -17 | -2480 | 1750 | -30 | 25 |
| 26 | 70  | 5  | 300 | -150 | 15 | 19 | -12 | -1750 | 1550 | -25 | 30 |
| 27 | 115 | 3  | 165 | -55  | 19 | 27 | -27 | -1500 | 1600 | -27 | 10 |
| 28 | 105 | 7  | 275 | -200 | 20 | 32 | -40 | -770  | 550  | -7  | 15 |
| 29 | 65  | 15 | 450 | -155 | 11 | 48 | -35 | -880  | 640  | -19 | 22 |
| 30 | 175 | 17 | 300 | -170 | 7  | 26 | -18 | -970  | 570  | -8  | 11 |

# Вид динамического воздействия (ДВ) (варианты [1-10])



1



2



3



4



5



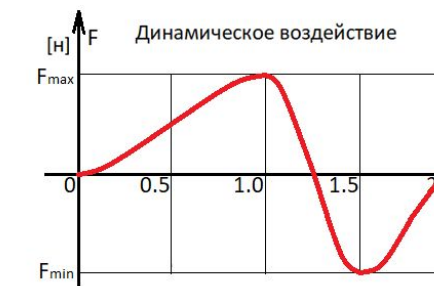
6



7



8



9



10

# Вид динамического воздействия (ДВ) (варианты [11-20])



11



12



13



14



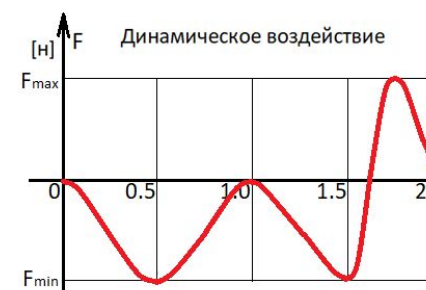
15



16



17



18



19



20

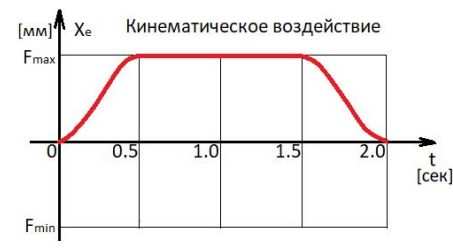
# Вид кинематического воздействия (КВ) (варианты [1-10])



1



2



3



4



5



6



7



8



9



10

# Вид кинематического воздействия (КВ) (варианты [11-20])



11



12



13



14



15



16



17



18



19



20

# Задание к исполнению. Уровень 2.

1. Создайте имитационную модель физической системы нескольких грузов закрепленных на нескольких амортизаторах в соответствии со схемой Вашего задания.

Считаем, что в состав каждого амортизатора входит упругий и демпфирующий элементы (Рис.2) с силовыми характеристиками представленными соответственно на Рис.3 и Рис.4. В качестве заданного внешнего воздействия рассматриваем либо «Кинематическое воздействие» (КВ), либо «Динамическое воздействие» (ДВ), представленные соответственно по аналогии на Рис.5 и Рис.6. Если воздействие, в Вашем варианте схемы, приложено к основанию то считаем заданным КВ, если воздействие приложено к грузу – считаем заданным ДВ.

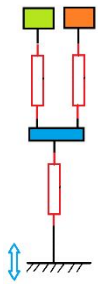
2. Проведите анализ динамики механической системы с целью подбора всех параметров амортизатора, для достижения следующих требований предъявляемых к движению «зеленого» груза (см. схему Вашего задания):

- Абсолютное ускорение груза должно быть в интервале  $[\ddot{X}_a^{min}, \ddot{X}_a^{max}]$ .
- Относительное перемещение груза должно быть в интервале  $[X_r^{min}, X_r^{max}]$ .

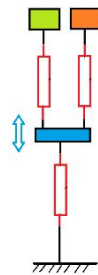
Вид и параметры воздействия, массы всех грузов (считаем одинаковыми), а также предельные значения для кинематических параметров движения «зеленого» груза выберите в соответствии с Вашим вариантом из раздела задания «Уровень 1».

Для выполнения задания выберите исходные данные из ниже представленных таблиц, в соответствии с Вашим вариантом задания.

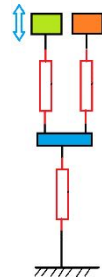
# Варианты ДЗ [1-10]



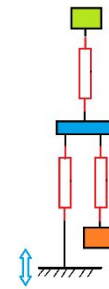
1



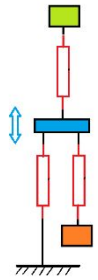
2



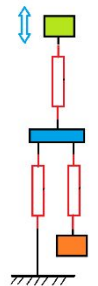
3



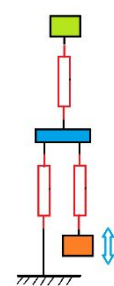
4



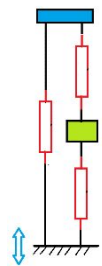
5



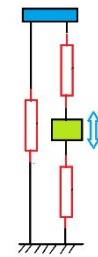
6



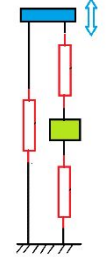
7



8

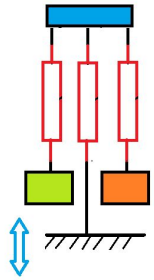


9

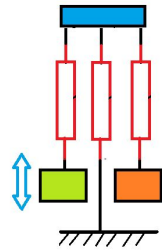


10

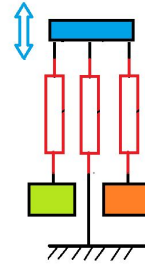
# Варианты ДЗ [11-20]



11



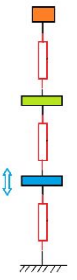
12



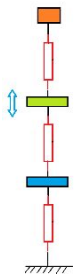
13



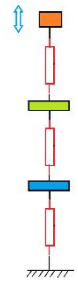
14



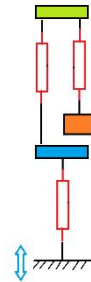
15



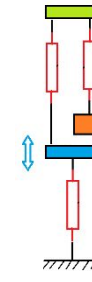
16



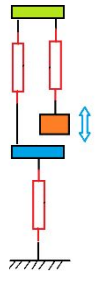
17



18



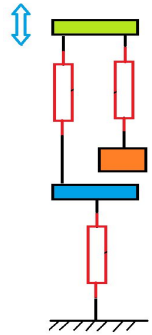
19



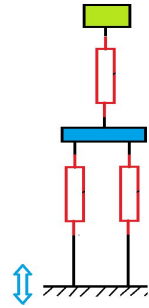
20



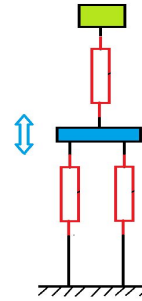
# Варианты ДЗ [21-30]



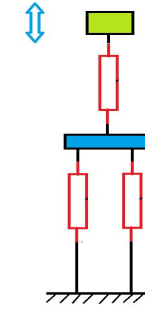
21



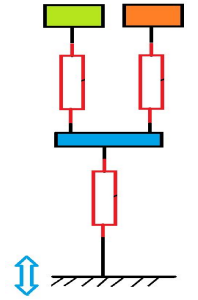
22



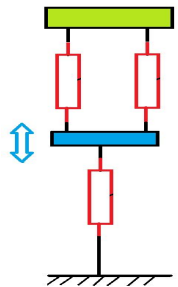
23



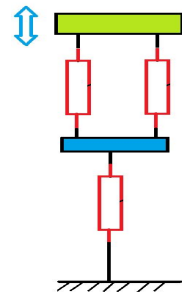
24



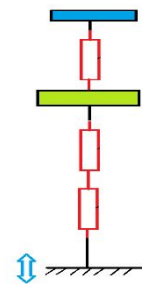
25



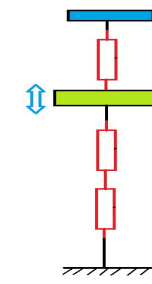
26



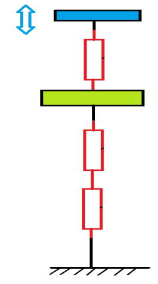
27



28



29



30

# Рекомендуемая литература

1. Методическое пособие. Часть 1. Математическая модель динамики механической системы груза и амортизатора