

Условие

Задание 2. Реология

Реология – наука о деформации, пластичности, вязкости трения в различных средах. Описание реальных процессов изменения формы тел – очень сложная физическая задача. Однако хорошее качественное и количественное описание некоторых процессов деформации можно провести, используя так называемые реологические модели.

В этой задаче мы предлагаем Вам рассмотреть некоторые модели, используемые для описания одномерных деформаций. Все эти модели состоят из трех типов основных элементов.



Рис. 1

Каждый элемент можно наглядно представить, как длинную трубку, внутри которой находится некоторое простое устройство, соединенное с тонким выдвижным стержнем, который может двигаться в обоих направлениях (рис. 1). Массами всех элементов и их устройств можно пренебречь. Во всех случаях деформацией и скоростью деформации элемента будем называть смещение и скорость конца выдвижного стержня.

Вам предстоит рассмотреть некоторые реологические модели, состоящие из соединенных различным образом элементов, и качественно построить графики зависимостей величины и скорости деформации. Качественное изображение зависимостей отражает лишь суть процесса и не требует указания масштаба и точного построения прямых и кривых. Однако обязательным является указание точек, в которых ход процесса существенно изменяется, а также точек пересечения с осями и асимптот (предельных значений).

Вам также необходимо объяснить ваши построения.

Рассмотрим используемые в данной задаче «основные элементы». Рядом с изображением элемента приводится его условное обозначение на схемах.

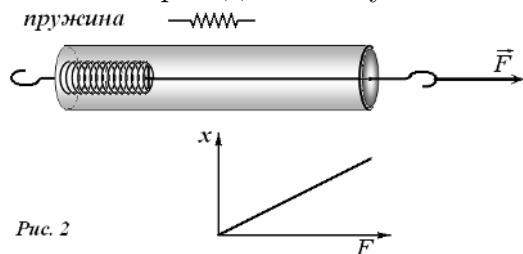


Рис. 2

1. «Пружина».

Внутри трубки находится упругая легкая пружина (рис. 2). Так как масса пружины пренебрежимо мала, то при приложении силы F такая пружина практически мгновенно растягивается (деформируется) на определенную величину

$$x = \frac{1}{k} F \quad (1)$$

где k - жесткость пружины. При изменении внешней силы пружина мгновенно изменяет свою длину в соответствии с формулой (1).

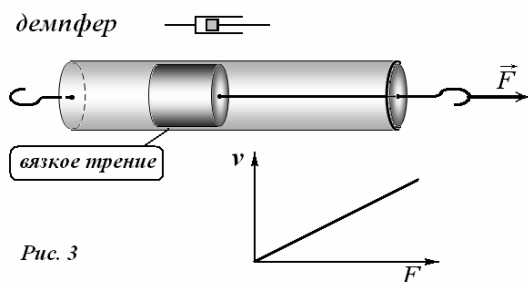


Рис. 3

2. «Демпфер».

Внутри цилиндра находится вязкая жидкость. Выдвижной стержень соединен с легким поршнем внутри цилиндра (рис.3). Между стенками цилиндра и поршнем имеется небольшой зазор, через который жидкость может перетекать с одной стороны поршня на другую. На поршень действует сила вязкого трения, которая пропорциональна скорости его движения. Поэтому **скорость** деформации оказывается пропорциональной приложенной силе

$$v = \frac{1}{a} F \quad (2)$$

где постоянную a назовем сопротивлением демпфера. Так как массой поршня пренебрегаем, то при изменении внешней силы скорость мгновенно принимает значение, соответствующее формуле (2).

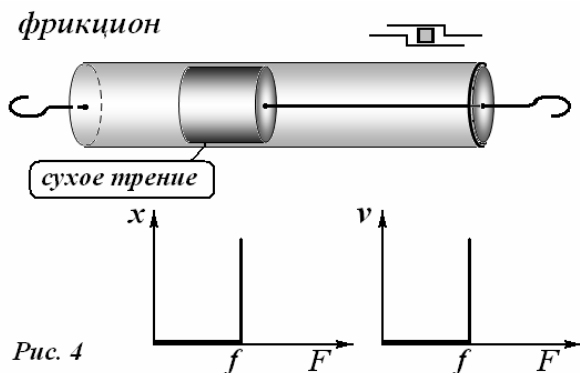
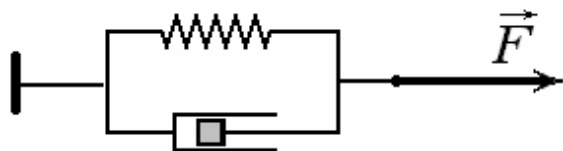


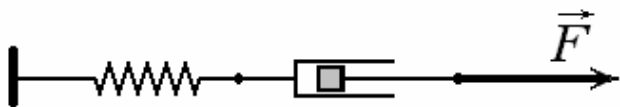
Рис. 4

3. «Фрикцион» Выдвижной стержень внутри цилиндра соединен с поршнем, плотно прилегающим к стенкам цилиндра. На поршень со стороны цилиндра действует сила сухого трения. Пока внешняя сила не превышает определенного значения $F < f$ (f - максимальная сила трения покоя), поршень не движется. Если же внешняя сила превышает значение f , то сила трения остается постоянной и равной f . Так как и в этом случае, массой поршня пренебрегаем, то при $F > f$ фрикцион бесконечно быстро деформируется, что отражено на графиках рис. 4.



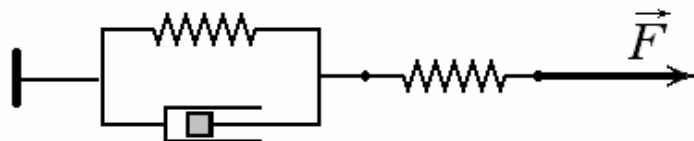
Часть 1. Демпфер и пружина. 1.1 Демпфер и пружина соединены параллельно и изначально не деформированы. К этой системе прикладывают постоянную силу F .

1.1.1 Найдите зависимость скорости деформации от ее величины $v(x)$ (запишите формулу). Постройте график этой зависимости. **1.1.2** Качественно изобразите зависимости величины деформации от времени $x(t)$ и скорости деформации от времени $v(t)$.

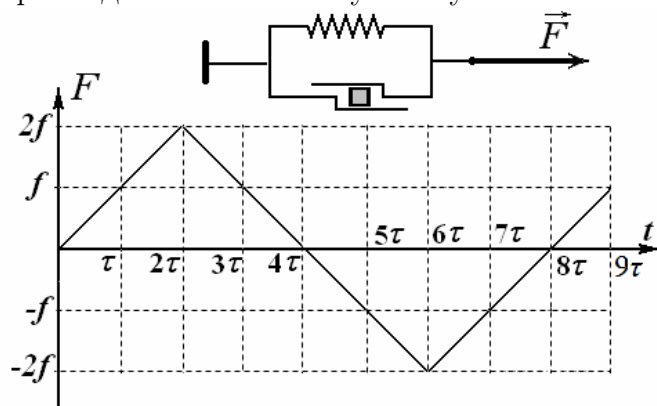


1.2 Демпфер и пружина соединены последовательно и изначально не деформированы. К этой системе прикладывают постоянную силу F .

1.2.1 Найдите зависимость деформации системы от времени $x(t)$ (запишите формулу). Постройте график этой зависимости. **1.2.2** постройте график зависимости скорости деформации от времени $v(t)$.



1.3 Рассмотрите смешанное соединение двух пружин и демпфера. К этой системе также прикладывают постоянную силу F .



Качественно изобразите зависимости графики зависимостей $v(x)$, $x(t)$ и $v(t)$.

Часть 2. Фрикцион и пружина. 2.1 Рассмотрите параллельное соединение фрикциона и пружины. В этом случае к системе прикладывается сила, которая сначала равномерно увеличивается от нуля до $2f$ за время 2τ , затем она равномерно уменьшается до значения $-2f$ (т.е. сила будет сжимать систему) за время 4τ , а затем снова равномерно увеличивается до значения f .

Постройте качественный график зависимости величины деформации от времени $x(t)$. Постройте также график зависимости величины деформации от величины приложенной силы $x(F)$.



¹, «Если Вам не удалось доказать справедливость формулы тонкой линзы то используйте ее как очевидный факт при выполнении последующих пунктов задачи.