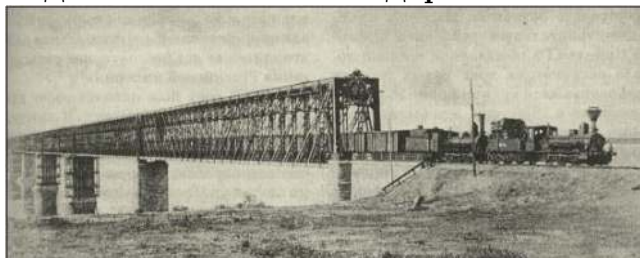
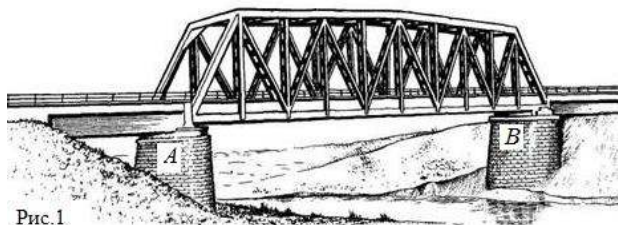


Условие

Задание 10-2. Железнодорожный мост



Любые инженерные конструкции предварительно точно рассчитываются, а их поведение в критических ситуациях многократно моделируется на предмет надежности и соответствия требованиям безопасности.



Рассмотрим длинный однопролётный железнодорожный мост (Рис. 1), по которому проходит короткий поезд с одинаковыми вагонами.

В опорах (устоях) A и B моста (см. Рис. 1) установлены датчики «избыточного» веса («избыточной реакции») для отслеживания изменения силы давления моста на данную опору при прохождении поезда (т.е. они не учитывают собственный вес моста и вес поезда на насыпи). При расчетах будем считать, что масса единицы длины (линейная плотность) поезда $\lambda = \left(\frac{\Delta m}{\Delta l}\right) = \text{const}$ есть величина известная и постоянная. При таком подходе поезд можно считать однородной «движущейся цепочкой».

В рамках данного задания вам предстоит более подробно разобрать процесс прохождения поезда по мосту с инженерной точки зрения, определить изменения динамической нагрузки на каждую из опор при этом.

Справочные данные и параметры рассматриваемой системы: ускорение свободного падения $g = 9,81 \text{ м/с}^2$; трением и сопротивлением воздуха в данном задании пренебречь.

Часть 1. Балка на опорах

Прежде чем рассматривать движение поезда по однородному мосту, рассмотрим «пустой» мост, без поезда. Неплохой моделью такой механической системы является однородная балка, лежащая на двух опорах.

Рассмотрим однородную горизонтальную балку AB (Рис. 2) массой m , покоящуюся на точечных опорах C и D (см. Рис. 2). Расстояния от центра масс O (Рис. 2) балки до опор равны $OC = l_1$, $OD = l_2$. «Выступающие» края балки имеют длину $AC = l_3$, $DB = l_4$, соответственно. Площадь поперечного сечения балки постоянна.

1. Найдите модули N_1 и N_2 сил реакций, действующих на балку в опорах C и D , соответственно. 2. Пусть в точку B балки сел небольшой, но тяжелый жучок (Рис. 3) массой m_1 . Найдите изменения ΔN_1 и ΔN_2 модулей сил реакций, действующих на балку в каждой из опор. Укажите знаки каждого из изменений. 3. При какой минимальной массе жучка m_2 сила реакции N_1 , действующая на балку в левой опоре, обратится в нуль?

Часть 2. Длинный мост

Пусть на железнодорожный мост длиной $AB = 2l_0$ въезжает поезд длиной l_0 с одинаковыми

вагонами (Рис. 4). Условимся считать такой поезд «однородным». Поезд полностью проезжает мост и оказывается на другом берегу реки.

Рассмотрим систему в момент, когда поезд проехал по мосту расстояние x (см. Рис. 4). Пусть в этот момент в опоре A моста действует избыточная сила реакции $N_1(x)$. Для удобства расчетов и описания системы введем безразмерные (приведенные) координаты для длины $x^* = x/l_0$ и для избыточной силы реакции $N_1^*(x^*) = N_1/(\lambda g l_0)$ в опоре моста, где λ – линейная плотность поезда, g – ускорение свободного падения.

Поскольку мост достаточно длинный, разобьем движение поезда на три этапа: выезд на мост (первый этап, $0 \leq x^* \leq 1$), движение по мосту (второй этап, $1 \leq x^* \leq 2$) и съезд с моста (третий этап, $2 \leq x^* \leq 3$).

1. Получите зависимость избыточной силы реакции $N_1(x)$ в опоре A моста от x на первом этапе. Выразите безразмерную зависимость $N_1^*(x^*)$ на этом же этапе. Рассчитайте полученную зависимость $N_1^*(x^*)$ для указанных точек и в листе ответов заполните Таблицу 1. 2. Получите зависимость избыточной силы реакции $N_1(x)$ в опоре A моста от x на втором этапе. Выразите безразмерную зависимость $N_1^*(x^*)$ на этом же этапе. Рассчитайте полученную зависимость $N_1^*(x^*)$ для указанных точек и в листе ответов заполните Таблицу 2. 3. Получите зависимость избыточной силы реакции $N_1(x)$ в опоре A моста от x на третьем этапе. Выразите безразмерную зависимость $N_1^*(x^*)$ на этом же этапе. Рассчитайте полученную зависимость $N_1^*(x^*)$ для указанных точек и в листе ответов заполните Таблицу 3. 4. На Бланке 1 в Листе ответов постройте графики зависимостей $N_1^*(x^*)$ для всех трех этапов. 5. Чему равна максимальная сила реакции $N_1^{\max}(x)$ на всех этапах движения поезда по мосту? При каком значении x_1 она достигается?

Лист ответов. Задание 10-2. Железнодорожный мост

Часть 1. Балка на опорах

1.1 Модули сил реакций (формулы):

$$N_1 =$$

$$N_2 =$$

1.2 Изменения модулей сил реакций (формулы):

$$\Delta N_1 =$$

$$\Delta N_2 =$$

1.3 Минимальная масса жучка m_2 (формула):

$$m_2 =$$

Часть 2. Длинный мост

2.1 Первый этап. Избыточная сила реакции (формулы):

$$N_1(x) =$$

$$N_1^*(x^*) =$$

Таблица 1. Расчет зависимости $N_1^*(x^*)$ для первого этапа.

	x^*
0,0	
0,1	
0,2	
0,3	
0,4	
0,5	
0,6	
0,7	

| 0,8
| 0,9
| 1,0
|

$N_1^*(x^*)$												
--------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

2.2 Второй этап. Избыточная сила реакции (формулы):

$$N_1(x) =$$

$$N_1^*(x^*) =$$

Таблица 2. Расчет зависимость $N_1^*(x^*)$ для второго этапа.

	x^*
1,0	
1,1	
1,2	
1,3	
1,4	
1,5	
1,6	
1,7	
1,8	
1,9	
2,0	

$N_1^*(x^*)$												
--------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

2.3 Третий этап. Избыточная сила реакции (формулы):

$$N_1(x) =$$

$$N_1^*(x^*) =$$

Таблица 3. Расчет зависимость $N_1^*(x^*)$ для третьего этапа.

	x^*
2	
2,1	
2,2	
2,3	
2,4	
2,5	
2,6	
2,7	
2,8	
2,9	
3,0	

$N_1^*(x^*)$												
--------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

2.4 Бланк 1. Построение графиков рассчитанных зависимостей $N_1^*(x^*)$ для всех этапов:

2.5 Максимальная сила реакции

$$N_1^{\max}(x) = , \text{ достигается при}$$

$$x_1 =$$

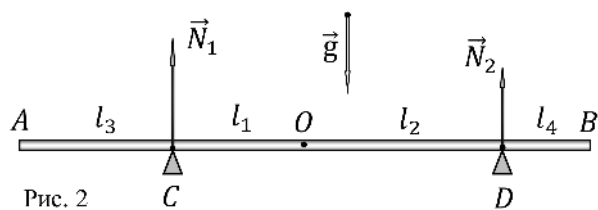


Рис. 2

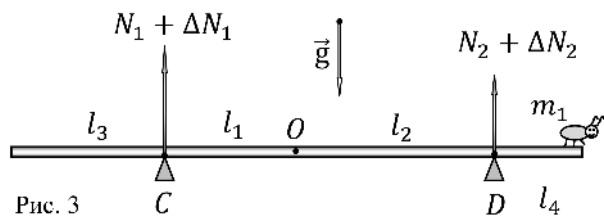


Рис. 3

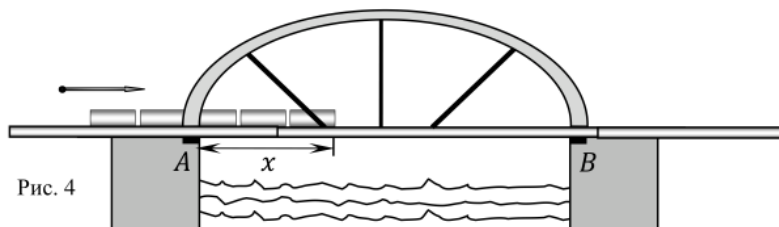


Рис. 4

