

Железнодорожный мост

Условие

Задание 9-3. «Железнодорожный мост»



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

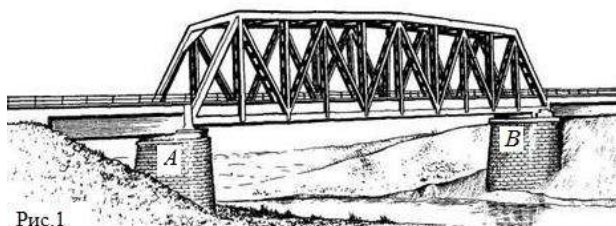


Рис. 1

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

В опорах (устоях) A и B моста (см. Рис. 1) установлены датчики «избыточного» веса для отслеживания изменения силы давления моста на данную опору при прохождении поезда (т.е. они не учитывают собственный вес моста).

При расчетах будем считать, что масса единицы длины (линейная плотность) поезда $\lambda = \left(\frac{\Delta m}{\Delta l}\right) = \text{const}$ есть величина постоянная. При таком подходе поезд можно считать однородной «движущейся цепочкой» (Рис. 2).

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 A 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_2 , действующая на балку в правой опоре, обратится в нуль?

Часть 2. Длинный поезд

Пусть по мосту длиной $AB = l_0$ (Рис. 4) проходит «однородный» поезд длиной $3l_0$ с одинаковыми вагонами.

Рассмотрим систему в момент, когда на мосту оказалась часть поезда длиной x (см. Рис. 4).

1. Найдите зависимости избыточных сил реакций $N_1(x)$ и $N_2(x)$ в опорах A и B моста, соответственно, от x . 2. Введем безразмерные (приведенные) координаты для силы реакции $N^* = N/(\lambda g l_0)$ и для длины $x^* = x/l_0$. Получите зависимости $N_1^*(x^*)$ и $N_2^*(x^*)$. Рассчитайте полученные зависимости и в листе ответов заполните Таблицу 3. Постройте на Бланке 2 листа ответов полученные зависимости в интервале $0 \leq x^* \leq 1$. 3. При каком x_1^* разность приведенных сил давления $N_1^*(x^*)$ и $N_2^*(x^*)$ максимальна? 4. При каком x_2^* сумма приведенных сил давления $N_1^*(x^*)$ и $N_2^*(x^*)$ максимальна?

Лист ответов. Задание 9-3. «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 поезд

2.1 Избыточные силы реакций (формулы):

$$N_1(x) =$$

$$N_2(x) =$$

2.2 Безразмерные зависимости для сил реакций (формулы):

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

$$N_2^*(x^*) =$$

2.2 Таблица 3. Расчет полученных зависимостей $N_1^*(x^*)$ и $N_2^*(x^*)$.

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

$N_1^*(x^*)$										
$N_2^*(x^*)$										

2.2 Бланк 2. Построение графиков рассчитанных зависимостей $N_1^*(x^*)$ и $N_2^*(x^*)$:

2.3 Разность приведенных сил давления $N_1^*(x^*)$ и $N_2^*(x^*)$ максимальна при:

$$x_1^* =$$

2.4 Сумма приведенных сил давления $N_1^*(x^*)$ и $N_2^*(x^*)$ максимальна при:

$$x_2^* =$$

