

УДК 624.04÷699.841

СТРОИТЕЛЬНАЯ МЕХАНИКА

Академик АН Армянской ССР А. Г. Назаров, В. Л. Мнацаканян

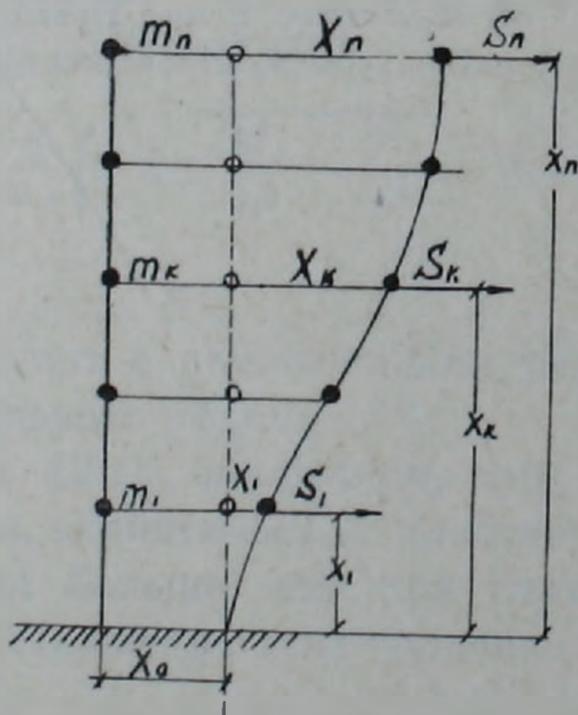
О построении индикаторных кривых для динамических процессов в механических системах

(Представлено 26/VIII 1982)

Насколько нам известно, впервые построение индикаторных кривых для динамических процессов в состоянии, приближающемся к резонансу, дано Э. Е. Хачияном и М. Г. Мелкумяном ⁽¹⁾ при расчетной схеме

$$\sum_{i=1}^n m_i y_i'' + R_k(y_k - y_{k-1}) + C_k(y_k' - y_{k-1}') = P(t), \quad k = 1, 2 \dots n.$$

Здесь приводится решение этой задачи в самой общей постановке, когда реакция системы со многими степенями свободы есть некоторая функция от смещений и скоростей при произвольной внешней нагрузке. Для простоты рассмотрим консольный брус с сосредоточенными грузами Q_k в точках X_k , подверженный воздействию сейсмических сил S_k (рисунок).



Расчетная схема сооружения

Здесь $X_0(t)$ — смещение грунта при землетрясении, $X_k(t)$ — смещение точек $X_k(t)$ рассматриваемой системы за счет ее деформации.

Исходя из равенства и противоположности внешних сил S_i и внутренних сил типа $\varphi_i(y_i - y_{i-1}; \dot{y}_i - \dot{y}_{i-1})$ можно записать при $m_k g = Q_k$

$$S_n = -m_n(\ddot{X}_n + \ddot{X}_0) = \varphi_n(X_n - X_{n-1}, \dot{X}_n - \dot{X}_{n-1})$$

.....

$$S_k = -m_n(\ddot{X}_n + \ddot{X}_0) - m_{n-1}(\ddot{X}_{n-1} + \ddot{X}_0) \dots - m_k(\ddot{X}_k + \ddot{X}_0) = \varphi_k(\dot{X}_k - \dot{X}_{k-1}, X_k - X_{k-1}) \quad (1)$$

$$S_1 = -m_n(\ddot{X}_n + \ddot{X}_0) - m_{n-1}(\ddot{X}_{n-1} + \ddot{X}_0) - \dots - m_k(\ddot{X}_k + \ddot{X}_0) - \dots - m_1(\ddot{X}_1 + \ddot{X}_0) = \varphi_1(\dot{X}_1, \dot{X}_1).$$

В случае действия на систему внешних переменных сил $P(t)$ к члену S_k выражения (1) следует добавить $P_n(t) + P_{n-1}(t) + \dots + P_k(t)$

$$S_k = -m_n(\ddot{X}_n + \ddot{X}_0) - m_{n-1}(\ddot{X}_{n-1} + \ddot{X}_0) - m_k(\ddot{X}_k + \ddot{X}_0) + P_n + P_{n-1} + \dots + P_k.$$

Уравнение (1) учитывает механические свойства материала конструкции в общем виде.

Здесь мы не останавливаемся на технике получения значений $X_k(t)$, $\dot{X}_k(t)$, $\ddot{X}_k(t)$, $\ddot{X}_0(t)$, $P_k(t)$. Они могут быть получены разными приемами в зависимости от приборов и вычислительных средств, которыми располагает экспериментатор, и в зависимости от того, проводятся ли эксперименты в лабораторных условиях, когда Землю можно принять за неподвижную систему отсчета, или когда такой системы отсчета поблизости нет (например, при землетрясении).

Пусть заданы интересующие нас функции в табличной форме в зависимости от моментов времени t_i . Количество подразделений t_i зависит от быстроты изменений функций $\dot{X}_0(t)$ и $P(t)$ (рисунок). Тогда для каждого груза Q_k путем простых вычислений можно составить необходимые для дальнейшего таблицы. Здесь приводим схему такой таблицы. Начало отсчета t отнесено к началу записи динамического процесса.

Схема таблицы значений t , S_k , $X_k - X_{k-1}$, $\dot{X}_k - \dot{X}_{k-1}$ для груза Q_k

Номер точки оси времени	Время, отсчитываемое от начала записи	Динамическая сила, действующая в точке k	$X_k(t) - X_{k-1}(t)$	$\dot{X}_k(t) - \dot{X}_{k-1}(t)$
0	t_0	S_k^0	$X_k(t_0) - X_{k-1}(t_0)$	$\dot{X}_k(t_0) - \dot{X}_{k-1}(t_0)$
1	t_1	S_k^1	$X_k(t_1) - X_{k-1}(t_1)$	$\dot{X}_k(t_1) - \dot{X}_{k-1}(t_1)$
2	t_2	S_k^2	$X_k(t_2) - X_{k-1}(t_2)$	$\dot{X}_k(t_2) - \dot{X}_{k-1}(t_2)$
...
il	t_l	S_k^l	$X_k(t_l) - X_{k-1}(t_l)$	$\dot{X}_k(t_l) - \dot{X}_{k-1}(t_l)$

Рассмотрим теперь трехмерную декартовую систему координат. За оси аргументов примем переменные $(X_k - X_{k-1})$ и $(\dot{X}_k - \dot{X}_{k-1})$, а вдоль третьей (вертикальной) оси отложим соответствующие значения S_k . Соединяя между собой соседние точки, получим пространственную кривую $S_k(X_k - X_{k-1}, \dot{X}_k - \dot{X}_{k-1})$. Она представляет собой индикаторную кривую, зависящую от приращения смещений и их скоростей. В таком виде индикаторная кривая неудобна для построений. Эту кривую можем спроектировать на плоскость $(X_k - X_{k-1}; S_k)$ и $(\dot{X}_k - \dot{X}_{k-1}; S_k)$.

В результате получим две плоские индикаторные кривые $(X_k -$

— $X_{k-1}; S_k$) и $(\dot{X}_k - \dot{X}_{k-1}, S_k)$, однозначно характеризующие пространственную индикаторную кривую. Точнее, мы получили одну и ту же индикаторную кривую, хотя внешне они сильно отличаются друг от друга, так как X и \dot{X} связаны между собою определенной функциональной зависимостью для каждой заданной акселерограммы $\ddot{X}(t)$.

Приведенные здесь построения послужат основой дальнейших наших исследований динамических свойств материалов и конструкций.

Ордена Трудового Красного Знамени
Институт геофизики и
инженерной сейсмологии
Академии наук Армянской ССР
Филиал ВНИИАЭС

Հայկական ՍՍՀ ԳԱ ակադեմիկոս Ա. Գ. ՆԱԶԱՐՈՎ, Վ. Լ. ՄՆԱՑԱԿԱՆՅԱՆ

Մեխանիկական սիստեմներում դինամիկական վիճակների համար
ինդիկատորային կորերի կառուցման մասին

Աշխատանքում փորձնական տվյալների հիման վրա բերվում է ինդիկատորային կորերի կառուցումը, օգտվելով ամենաընդհանուր տեսքով տրված (1) դիֆերենցիալ հավասարումներից: Աղյուսակի սխեմայի նկ. 2 հիման վրա կազմվում է S_k տարածական ինդիկատորային կորը՝ կառուցված $X_k - X_{k+1}$ դեֆորմացիայի և $X_k - X_{k+1}$ դեֆորմացիայի արագության հիման վրա:

Այս տարածական ինդիկատորային կորի պրոյեկցիաները $(X_k - X_{k+1}, S)$ և $(\dot{X}_k - \dot{X}_{k+1}, S)$ հարթությունների վրա բերվում են հարթ ինդիկատորային կորերի (ուժ—դեֆորմացիա) և ուժ—դեֆորմացիայի արագություն:

Այս կառուցումները հիմք կհանդիսանան մեր կողմից նյութերի և կառուցվածքների դինամիկական հատկությունների հետազոտման համար:

ЛИТЕРАТУРА — ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

¹ Э. Е. Хачиян, М. Г. Мелкумян, ДАН АрмССР, т. 74, № 2 (1982).