



## «САПР В БУДІВНИЦТВІ»



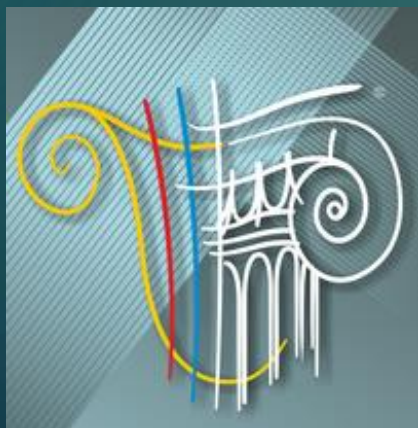
ДМИТРЕНКО Є.А.,  
К.Т.Н., СТ.  
ВИКЛАДАЧ

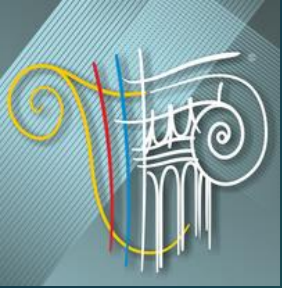
Київ, 2021



# Розрахунок на імпульсну та ударну дію

1. Розрахунок на задане гармонічне навантаження.
2. Розрахунки на імпульсну та ударну дію.
3. Модальна маса.





# 1. Розрахунок на задане гармонічне навантаження

Розрахунок на гармонічні коливання виду  $P \cos(\theta t)$  може бути виконаний без урахування частотних зон і з урахуванням частотних зон.

Для гармонійного навантаження при розрахунку на гармонійні коливання без урахування частотних зон кожна вимушена частота породжує пару інерційних сил - дійсну і уявну складові. Складові інерційних сил не мають фізичного тлумачення, але їх використання як статичних навантажень дозволяє визначити амплітудні значення переміщень, зусиль і напружень для цього варіанту.

ПК LIRA дозволяє за умовчанням проводити врахування резонансних станів для власних частот, менших вимушеної частоти.

При розрахунку з урахуванням частотних зон враховується погрішність обчислення власних частот і можлива їх зміна в процесі експлуатації споруди. Це здійснюється шляхом введення частотних зон, усередині яких повинні знаходитися власні частоти.

Межі частотних зон визначаються за формулами:

$$\omega_i' = (1 - \varepsilon)\omega_i$$

$$\omega_i'' = (1 + \varepsilon)\omega_i$$

де  $\omega_i'$ ,  $\omega_i''$  - ліва і права межі частотної зони;

$\varepsilon$  - задана погрішність при визначенні частоти, залежна від типу конструкції і розрахункової схеми;

$\omega_i$  - частота власних коливань, визначена в результаті розрахунку.

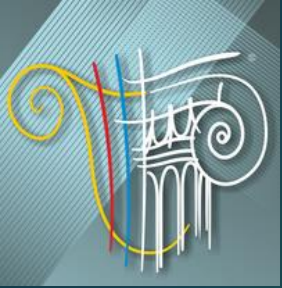
При цьому можливі два випадки положення вимушеної частоти, для яких розрахунок проводиться за різними алгоритмами:

- а) вимушена частота потрапляє в одну або декілька частотних зон;
- б) вимушена частота не потрапляє в жодну частотну зону.

Сумарне зусилля  $N$  при гармонічній дії визначається за формулою:

$$N_i = \sqrt{N_{ri}^2 + N_{mi}^2}$$

де  $N_i$  - узагальнене зусилля  $i$ -ї форми коливань, де  $N_{ri}$ ,  $N_{mi}$  - дійсна та уявна складові гармонічного навантаження.



## 2. Розрахунки на імпульсну та ударну дію

Імпульсні навантаження є короткочасними силами або ударами, час дії яких

$\tau$  не перевищує  $2,5 \cdot T_s$ , де  $T_s$  - період найменшої з форм коливань, що враховуються. Розрізняють одноразові імпульси, для яких навантаження  $f(t)=0$  при  $t > \tau$ , і імпульси багатократної дії, з числа яких найчастіше виділяють періодичні імпульси, що повторюються кілька разів через рівні проміжки часу  $T_0$ .

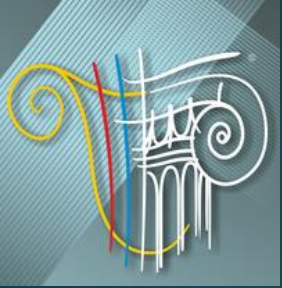
Імпульс характеризується тривалістю дії  $\tau$ , формою  $f(t)$  і найбільшим значенням  $P_0$  (табл. 17.1), або величиною імпульсу  $S$

$$S = P_0 \int_0^{\tau} f(t) dt$$

Усереднена величина сили імпульсу (удару)  $P_d$  обчислюється за формулою:

$$P_d = \frac{P_0}{\tau} \int_0^{\tau} f(t) dt$$

При  $t < 0,1 \cdot T_s$  імпульс можна вважати миттєвим і не розрізняти форми  $f(t)$ , оскільки усі вони призводять практично до тотожних результатів.



При прямому ударі тіла маси  $M_0$  по конструкції імпульс визначається формулою:

$$S = M_0 v_0 (1 + k_0),$$

де  $v_0$  – швидкість ударяючого тіла на початку зіткнення,  $k_0$  – коефіцієнт відновлення, залежний від форми і матеріалу тіл.

Якщо маса  $M_0$  мала в порівнянні з сумою мас споруди, то розрахунок на удар можна виконати як на імпульс величиною  $S$ , інакше  $M_0$  слід врахувати як приєднану масу і уточнити таким чином частоти власних коливань. Форма функції  $f(t)$  при ударі рекомендується дзвоноподібною (табл. 7.1, № 6).

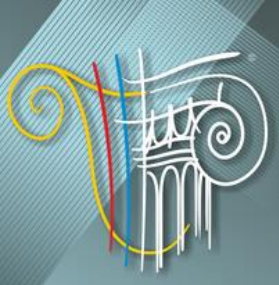
Сумарне зусилля  $N$  при імпульсній дії визначається за формулою:

$$N = \sqrt{\sum_{i=1}^{k_f} N_i^2}$$



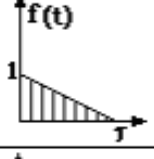
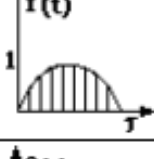
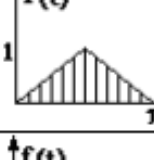
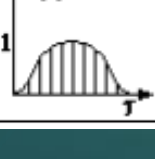
Аналогічно для удару:

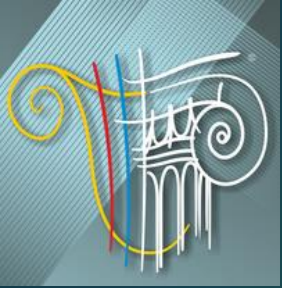
$$N = N_m + \sqrt{\sum_{i=1}^{k_f} N_i^2}$$

де  $N$  – узагальнене зусилля  $i$ -ї форми коливань,  $N_m$  – зусилля від ваги тіла, що вдаряється,  $k_f$  – кількість форм власних коливань, що враховується.



Таблиця 7.1 - Основні форми імпульсних дій

№	Форма імпульсу	Формула $f(t)$	Усереднена величина сили імпульсу $P_d$
1		$f(t) = 1$	$P_d = P_0$
2		$f(t) = t/\tau$	$P_d = P_0/2$
3		$f(t) = 1 - t/\tau$	$P_d = P_0/2$
4		$f(t) = \sin(\pi t/\tau)$	$P_d = 2P_0/\pi$
5		$f(t) = 2t/\tau \quad (t < \tau/2)$ $f(t) = 2(1-t/\tau) \quad (t > \tau/2)$	$P_d = P_0/2$
6		$f(t) = 0.5(1 - \cos(2\pi t/\tau))$	$P_d = P_0/2$



### 3. Модальна маса

Модальна маса за  $k$ -ою формою коливань визначається як

$$q_k = \frac{(\sum q_{ki} X_{ki})^2}{\sum q_{ki} X_{ki}^2}$$

де  $X_{ki}$  - переміщення  $i$ -го вузла схеми,  $\sum Q_k = Q$  - загальна маса споруди.

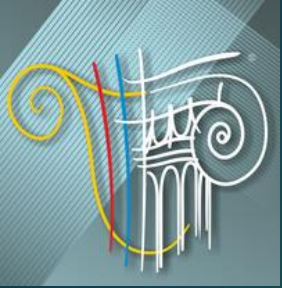
В таблиці частот власних коливань видається відсоток загальної маси, яка бере участь в  $k$ -ій формі коливань,  $Q_k / Q * 100\%$ .

Крім того, визначається сумарна ефективна модальна маса - сума модальних мас за врахованими в розрахунку формами коливань:

$$\bar{q} = \sum_{k=1}^n q_k$$

Вона використовується для визначення необхідної кількості форм коливань, які включаються в розрахунок. Так, згідно вимог ДБН В.1.1-12:2006 необхідно, щоб сумарна модальна маса складала не менше 85% повної суми модальних мас конструкції при коливаннях в горизонтальному напрямку і не менше 75% - у вертикальному.





Дякую за увагу!