

# ВИБРАЦИИ НА РАБОТНОТО МЯСТО ОТ МАШИНИ С ВЪЗВРАТНО ПОСТЪПАТЕЛНО ДВИЖЕНИЕ

- Галина Димитрова Димитрова
- Симеон Иванов Петков

# Източници на вибрации

- неуравновесеност (дебаланс) или възвратно-постъпателно движение в бутални машини;
- аеродинамична турбуленция;
- бурно море;
- земетресения;
- транспортиране по пътища и железопътни линии;
- небрежно натоварване или разтоварване на екипировка.

- Основният принцип за изолиране на вибрации се състои в избора на “пружина” за окачване на цялата маса на машината.

- **Други фактори:**

*последващата стабилност на системата за окачване* (доколко корави пружини могат да се изберат)

*опасността от възникване на вълнови ефекти* в пружините при високи честоти  
*ефекта от реакцията на фундамента* и предизвикващи излъчване на акустичен шум

# Цел на изследването:

- Създаване на вибро-изолираща система и установяване ефективността на изолиране на вибрации, генерирани на работното място от машини с ротационно и възвратно постъпателно движение.

# Аналитичен модел

$$\ddot{x}(\omega) = a(\omega) = A(\omega) \cdot F_0 \cdot e^{j\omega t}$$

$$A(\omega) = - \frac{\omega^2}{k_\delta \left( 1 - \left( \frac{\omega}{\omega_0} \right)^2 + j 2 \xi \frac{\omega}{\omega_0} \right)}$$

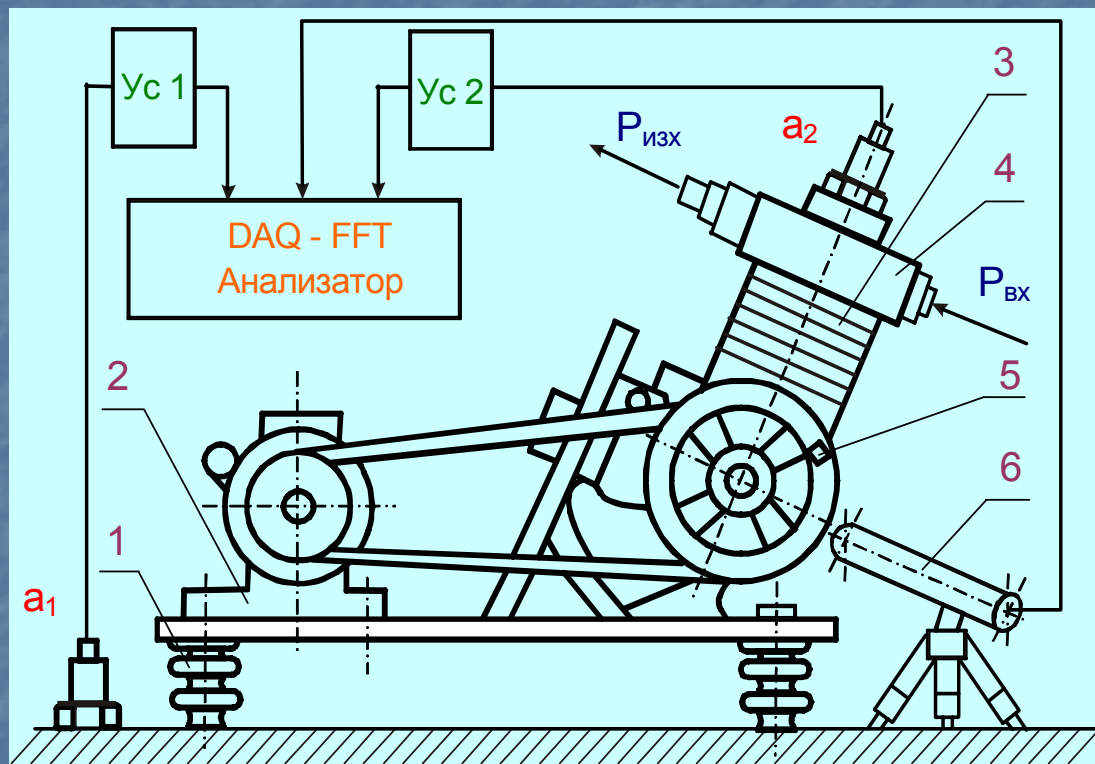
$$F(\omega) = k_\delta \cdot x + c \cdot \frac{dx}{dt} = k_\delta \cdot x(\omega) + c \frac{d[x(\omega)]}{dt} = F_f \cdot e^{j(\omega t + \alpha)}$$

$$F_f \cdot e^{j(\omega t + \alpha)} = \left[ \frac{k_\delta A(\omega)}{\omega^2} + j \frac{\omega c A(\omega)}{\omega^2} \right] \cdot F_0 \cdot e^{j(\omega t + \alpha)}$$

$$T = \frac{F_f}{F_0} e^{j\alpha} = \frac{\frac{\omega^2}{\omega_0^2} \left( \frac{k_\delta}{m} + j \frac{\omega c}{m} \right)}{\omega^2 \left[ 1 - \left( \frac{\omega}{\omega_0} \right)^2 + j 2 \xi \cdot \frac{\omega}{\omega_0} \right]}$$

$$|T| = \frac{\sqrt{1 + 4 \xi^2 \left( \frac{\omega}{\omega_0} \right)^2}}{\sqrt{\left[ 1 - \left( \frac{\omega}{\omega_0} \right)^2 \right]^2 + 4 \xi^2 \left( \frac{\omega}{\omega_0} \right)^2}}$$

# Експериментална уредба

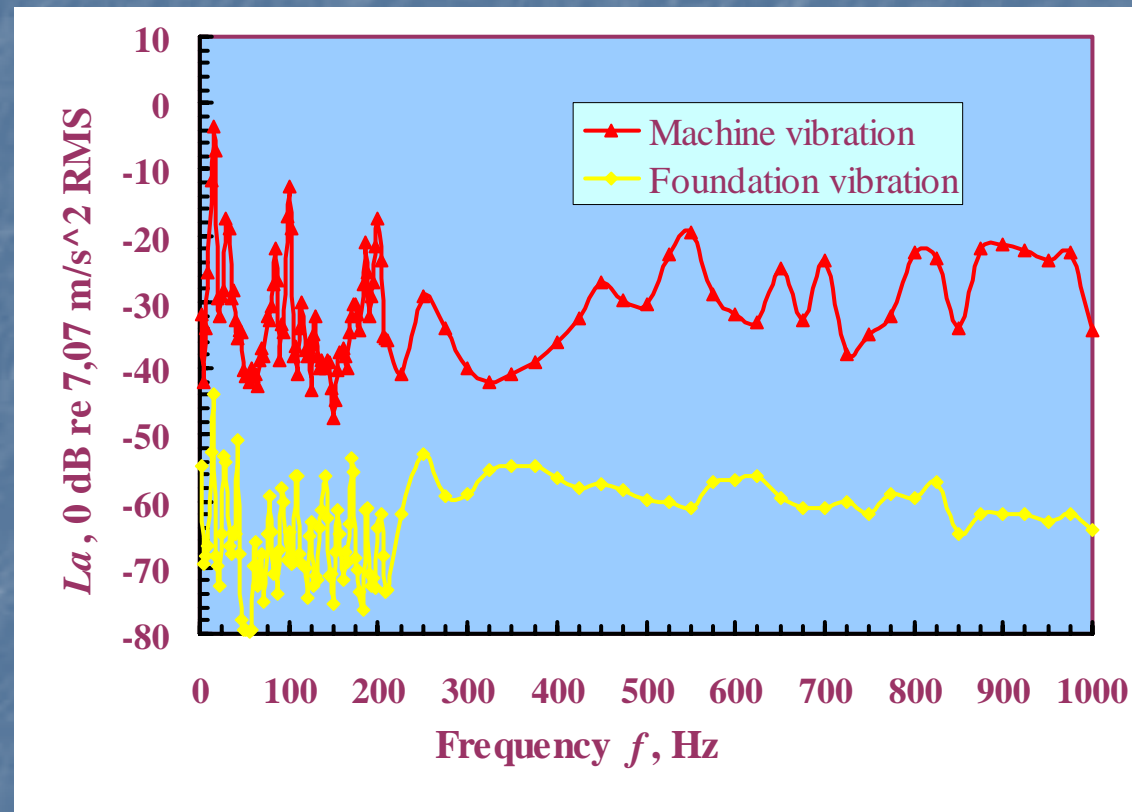


- 1 – изолираща система
- 2 – електродвигател
- 3 – двуцилиндров бутален компресор за състен въздух
- 4 – компресор
- 5 – светло-отражателния маркер
- 6 – безконтактния инфрачервен излъчвател-приемник
- $a_1, a_2$  - пиезо-електрически акселерометри
- Ус1, Ус2 - усилватели на електрически заряд

- Фиг. 1. Лабораторна уредба за определяне ефективност на вибро-изолация на машина от фундамент

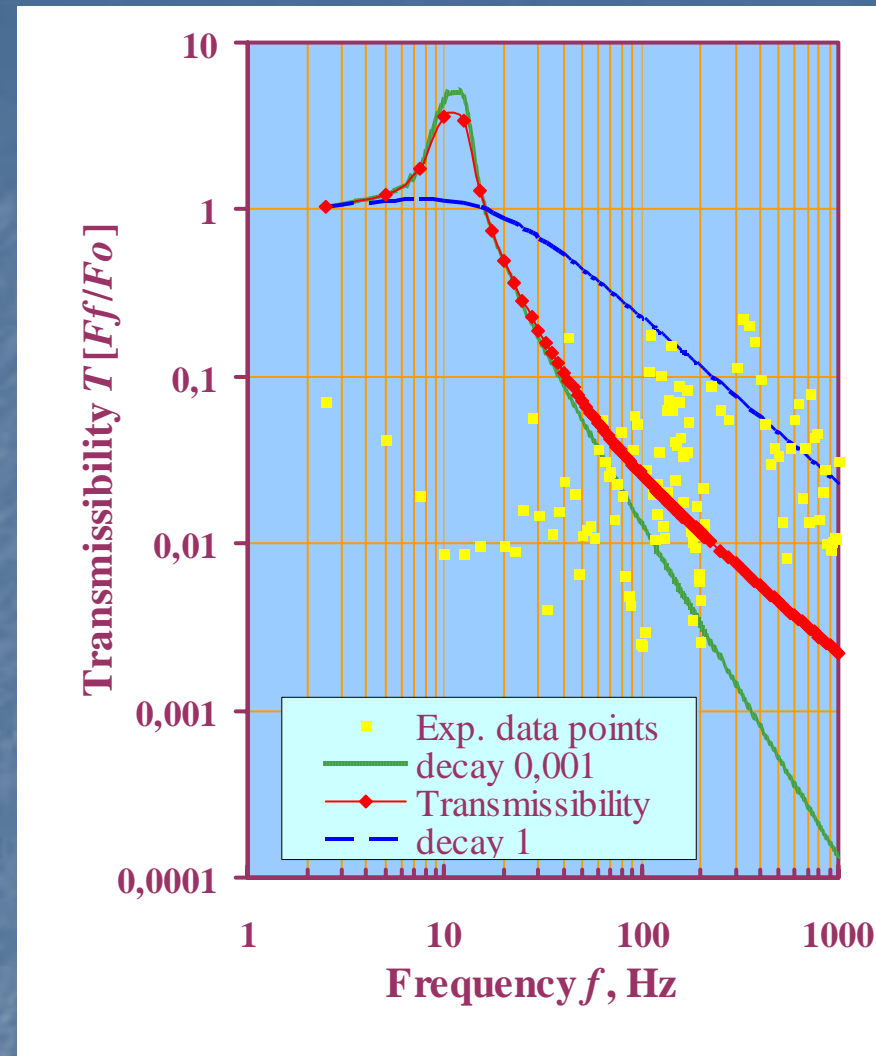
# Експериментални резултати

- средна стойност на степента на изолация като отношение  $1/56,36$  или  $35$  dB.
- Положителен резултат, въпреки близостта на най-нискочестотната компонента от спектъра на вибрациите от машината  $f=15$  Hz до честотата на вибро-изолиращата система  $f=11,35$  Hz.



- Фиг. 2. Усреднени честотни спектри на вибрациите съответно на машината и на фундамента

- За използвания тип, грешката от напречна чувствителност възлиза на 5 %, особено за измерванията върху машината. Там същата грешка нараства поради особеното ъглово разположение на главните оси на цилиндрите.
- Неопределеността от нелинейност на измервателните усилватели на заряд е по-малка от 1 % за обхват 3 Hz до 150 kHz.
- Неопределеността от отчитане усреднените стойности на компонентите на честотните спектри не надвишава 0,1 dB.
- Широчината на честотната лента за всяка дискрета по честота е 2,5 Hz в нормален режим и 0,25 Hz при режим „zoom“. Използваният динамичен диапазон е 80 dB.



■ Фиг.3. Графики на трансмисионната функция (transmissibility) за различни стойности на  $\xi$



# ИЗВОДИ

- 1. Установено е поведението на системата на окачване на машинен агрегат върху гумено-пружинни вибро-изолатори, като е възприет линеен модел на трептяща система с една степен на свобода по ос Oz;
- 2. Измерени са ускорения на вибрациите върху работната машина на агрегата и върху фундамента на разстояние 150 mm от най- близкия до машината виброизолатор;
- 3. Приложена е класическа методика за запускане на сигналите от измерване чрез безконтактен инфрачервен излъчвател-приемник, като е обезпечена повторяемост на записите спрямо фиксирано положение на коляно-мотовилковия механизъм от работната машина (компресор);
- 4. Въвеждането на нормализирани графики на предавателната функция (*Transmissibility*) позволява по-удобно интерпретиране на аналитичните и експериментални резултати;
- 5. Получени са експериментални и аналитични данни и е представена графично зависимостта между спектрите на вибрациите в линейно и логаритмично изражение;
- 6. Анализът на резултатите показва положителен ефект от вибро-изолацията на машината към фундамента за разглежданата линейна едно-масова система.

# Заклучение

- Проведените изследвания за вибро-изолации по една единствена ос дават основание за разширяване възможностите за изолация и по останалите възможни степени на свобода: трансляционни и ротационни.
- Разсейването на експерименталните точки между граничните стойности от кривите с максимално и „нулево“ демпфиране може да се отдаде на нелинейността на използваните материали за изработване на вибро-изолаторите. Този ефект следва да се съблюдава особено при по-голяма коравина на вибро-изолаторите.
- Постигнатата точност на измерване е задоволителна за избрания честотен диапазон и условията на работа на агрегата.