

Практичне заняття 5-6

Збудження і розповсюдження коливань в машинах.

Приклад. Процес наростання і спаду тиску в циліндрі тракторного дизеля займає приблизно 100^0 за кутом повороту колінчастого вала або при частоті обертання вала 1300 об/хв становить $\tau = 0,013$ с. Максимальний тиск у циліндрі приблизно дорівнює 400 н/см². Лінійний розмір двигуна візьмемо таким, що дорівнює 100 см, а швидкість поширення пружних коливань $c=5 \cdot 10^5$ см/с. Тоді

$$\frac{400}{2 \cdot 0,013} \frac{100}{5 \cdot 10^5} = 3 \ll 400 ,$$

тобто тиск газів у циліндрі дизеля можна вважати квазістатичною силою.

Особливість квазістатичних взаємодій полягає в тому, що вони не порушують у машині пружних коливань. За рідкісним винятком до них можна віднести всі нормальні сили, що діють на деталі «ідеальної» машини.

Імпульсні взаємодії виникають при зіткненні деталей. Вони відрізняються значною величиною і малою тривалістю процесу. У перший момент зіткнення деталей деформація і напруга локалізуються лише в малому об'ємі матеріалу, а велика частина машини залишається в незбуреному стані. Лише через деякий час однакове приблизно L/c збурення пошириться по всьому механізму і в ньому почнеться коливальний процес.

Умову імпульсної взаємодії можна записати в такому вигляді :

$$\max \left| \frac{dq(t)}{dt} \right| \frac{L}{c} \geq q_{\max} ,$$

або приблизно

$$\frac{q_{\max}}{2\tau} \frac{L}{c} \geq q_{\max} .$$

Нижче буде показано, що тривалість взаємодії деталей при зіткненні має порядок 10^{-4} с. Звідси

$$\frac{q_{\max}}{2 \cdot 10^{-4}} \frac{100}{5 \cdot 10^5} = q_{\max} ,$$

тобто такі взаємодії необхідно вважати імпульсними, оскільки вони порушують у механізмі коливання.

На відміну від імпульсних і квазістатичних взаємодій, що носять в основному регулярний характер, дія сил тертя виявляється у вигляді послідовності хаотичних поштовхів малої інтенсивності й тривалості. З тертям пов'язані широкосмугові коливання, які накладаються на регулярний сигнал у вигляді шумового фону.

Вібрація є вторинним ефектом зміни стану кінематичної пари. Первинний ефект виявляється в зіткненні деталей. Розглянемо на спрощеній моделі кінематичної пари (рис.7.1), як пов'язані параметри удару з параметром, що характеризує стан пари. За цей параметр береться зазор між деталями.

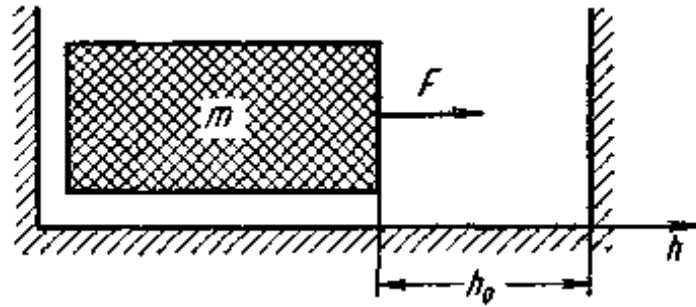


Рисунок 7.1 - Схема кінематичної пари

На деталь з масою m діє змінна сила F з боку інших деталей машини. Цю силу вважатимемо відомою. Вважаючи величину зазору h_0 в кінематичній парі малою, можна припустити, що за час руху деталі в зазорі величина сили змінюється мало, тобто в цей час вона стала. Тоді час, що витрачається деталлю на проходження зазору, дорівнює

$$t_0 = \sqrt{\frac{2h_0 m}{F}}$$

Величина t_0 характеризує зміну запізнювання удару при зміні зазору, тому вона може служити діагностичним параметром.

Швидкість деталі у момент зіткнення визначається співвідношенням

$$v_0 = \sqrt{\frac{2Fh_0}{m}}$$

а імпульс сили

$$q_0 = k\sqrt{2mFh_0},$$

де k - сталий коефіцієнт, його величина має порядок 1-2.

Амплітуда акустичного імпульсу, що порушується зіткненням деталей, пропорційна q_0 , тому відповідно до виразу вона пропорційна кореню квадратному з величини зазору.

Кінетична енергія зіткнення чисельно дорівнює роботі сили при переміщенні деталі в зазорі

$$T = F \cdot h_0.$$

Такі в першому наближенні співвідношення між параметрами зіткнення в кінематичній парі і зазором. Необхідно відмітити, що величина h_0 , що входить у формули, не завжди в точності відповідає величині зазору (люфту) в звичайному розумінні, оскільки не завжди в процесі руху він вибирається повністю. Зазор визначатимемо співвідношенням (7.8), з якого виходить, що його величина відповідає переміщенню деталі по паразитному ступені свободи.

Процес зіткнення деталей пов'язаний із закономірностями зносу кінематичних пар. Припустимо, що швидкість зносу деталей пропорційна кінетичній енергії їх зіткнення:

$$\frac{dh_0}{dt} = \alpha F h_0.$$

Тоді

$$h_0 = h'_0 e^{\alpha Ft},$$

де α - сталий коефіцієнт, що характеризує частку кінетичної енергії зіткнення, що витрачається на руйнування деталей;
 h'_0 – зазор у кінематичній парі в початковий момент при $t = 0$.

Якщо припущення про лінійну залежність швидкості зносу від величини кінетичної енергії зіткнення справедливе, то знос деталей у механізмі повинен збільшуватися з часом за експоненціальним законом. Експонента має дуже велику швидкість росту, відповідну геометричній прогресії. Можливо, частково цим пояснюється значне (приблизно у 2 рази) зниження надійності машин, що пройшли капітальний ремонт, оскільки при ремонті велике число деталей (підшипників, зубчатих коліс і т. д.), знос яких не досяг вибракованої величини, залишають на новий термін. При лінійній залежності швидкості руйнування деталей від енергії зіткнення з числа численних заходів, спрямованих на збільшення ресурсу машин, на передній план висувається боротьба за точність виготовлення деталей і за зменшення первинних зазорів у парах.