

## Завдання для модульного контролю №2

Методичні вказівки з теми «Механічні коливання в будівельній індустрії». (Частина 1. Вібрації).

В даних вказівках розглядаються дві теми: «Вібрація» і «Ультразвук». Слід зазначити, що вібрація і звук є різними формами прояву механічних коливань. Для їх опису використовується один і той же математичний апарат, хоча є і деяка специфіка. Відрізняються ці коливання і по впливу на людину. Нижче наведена інформація про фізичні величини, що використовуються при розгляді цієї теми в обсязі, необхідному для розуміння наведених технічних прикладів, що ілюструють доцільність використання в них того чи іншого механізму або явища.

Нагадаємо, що визначення більшості фізичних величин, використовані в розділі «Коливання», відомі з курсу фізики [1,2].

Коливання взагалі це процес, в якому та чи інша величина послідовно відхиляється, то в одну, то в іншу сторону від певного значення. (Якщо мова йде про механічні коливання, то це процес відхилення динамічної механічної системи від положення рівноваги).

Параметрами, які характеризують інтенсивність механічних коливань є: зміщення від положення рівноваги, швидкість і прискорення коливального руху, прикладена діюча періодично сила руху. Відзначимо, що ці характеристики використовуються і при розгляді віброколивань будівельних елементів. Величина зсувів в цьому випадку не перевищує одного міліметра; використовуються терміни: віброзміщення, віброшвидкість, віброприскорення. Для вирішення деяких прикладних задач і зручності графічного зображення коливальних процесів, використовується характеристика, яка називається рівнем величини (наприклад, рівень швидкості або коефіцієнт вібрації  $L = 20lg \frac{v_1}{v_2}$ , де  $v_1$  і  $v_2$  – коливальні швидкості об'єкта, до і після установки захисту від вібрації).

Для теоретичного опису поведінки динамічних коливальних систем застосовуються реологічні моделі, в яких використовуються закони, що

зв'язують механічні напруги і деформацію. Передача коливань схематично зображується за допомогою ідеалізованих елементів – ідеально пружного тіла (пружини) і поршня в циліндрі. Коливання цих елементів, з'єднаних паралельно або послідовно, дозволяє пояснити і розрахувати в'язко-пружні характеристики коливальної системи (пасивної маси).

Пружина при її пружній деформації накопичує енергію, завдяки наявності в ній в'язкого тертя, енергію поглинає. Модель «Будівельна машина» при такому підході виглядає так: сидіння машини (пасивна маса) передає вібрацію, яку отримала від основи машини (підстави) є джерелом вібрації на оператора. Частоти коливань впливають на оператора, вона може досягати 3-5 Гц, що відповідає області власних частот людини. Для зменшення впливу вібрації на людину, на підставі досліджень проведених з використанням даної моделі, було запропоновано ряд рекомендацій по створенню комфортних умов для оператора, який знаходиться в машині: сидіння слід розміщувати, як можна ближче до центру тяжіння машини і воно повинно бути віброізолюване, власна частота кабіни повинна бути нижче власної частоти решти маси машини.

Перейдемо до розгляду характеру вібрацій. Як відомо, під дією зовнішньої сили, що діє періодично, виникають вимушені коливання зі сталою амплітудою. При випадковому силовому впливі, наприклад, удар, коливання будуть затухаючими (амплітуда з часом зменшиться за експоненціальним законом).

Найважливішою характеристикою будь-якої динамічної коливальної системи є власна частота коливань. Якщо система збуджується з частотою рівною її власній, то для підтримки коливань потрібна мінімальна кількість енергії. Цей стан називається резонансом. Кількість енергії необхідне для підтримки коливань в реальних системах, залежить від величини коефіцієнта згасання. Відносний коефіцієнт згасання дорівнює відношенню коефіцієнта до власної частоти коливання. При невеликому згасанні можна вважати, що власна частота і частота згасаючих коливань співпадають.

Зупинимось на питанні, чому зростає амплітуда коливань. Збіг частот означає, що сила пружності діє в «такт» з вимушеною силою. Якщо ці сили в якісь моменти діють в одному напрямку, то вони складаються і їх дія посилюється, і навіть якщо вимушена сила мала, вона все одно призводить до зростання амплітуди, так як ця мала сила буде додаватися до сили пружності кожен період. Тому явище резонансу може бути корисним, оскільки дозволяє отримати навіть за допомогою малої сили велике збільшення амплітуди коливань і меншу витрату енергії. Явище резонансу знаходить широке застосування в різних галузях промисловості, в тому числі і в будівництві.

Розглянемо «будівельний» приклад. Як уже згадувалося раніше, якість виробів із залізобетону багато в чому визначається ефективністю ущільнення бетонної суміші. Ущільнення в основному здійснюється методом об'ємного віброущільнювачі. Використання в процесі віброущільнення резонансного режиму, забезпечує стійку роботу з необхідною амплітудою коливань і призводить до економії енергії на одному виробі до 20%. (Вібросистема попередньо налаштовується на режим «гострого» резонансу).

Перейдемо до розгляду негативних проявів резонансу в області будівництва. Якщо, наприклад, на фундамент встановлена машина, в якій будь-які вузли або деталі роблять періодичне рух, то коливальний рух передається фундаменту і він буде здійснювати вимушені коливання. Фундамент – це теж коливальна система зі своєю власною частотою; і якщо частота періодичного руху співпаде з власною частотою фундаменту, то амплітуда його коливань може зрости настільки, що це призведе до його руйнування. Тому резонансний режим коливань в даному випадку не можна допускати.

Отже, вібрація надає на конструкцію будівлі механічні дії викликаючи зміни його стану. Для захисту від вібрації машин, фундаментів і т.д. заздалегідь розраховуються їх власні частоти, ця інформація використовується для запобігання резонансу при експлуатації.

Важливим параметром контролю якості віброзахисту є коефіцієнт розладу, визначається як відношення частоти вимушеної сили до власної частоти досліджуваного об'єкта, який потрібно захистити.

Вібрація негативно впливає не тільки на конструкцію споруд, а й на що знаходяться в ньому або поруч людей. Підвищена вібрація небезпечна для людини. Механічне напруження в кожній точці пов'язано з деформацією, що виникає в цій точці, тому може бути розраховано через параметри вібрації. При цьому амплітудне значення напруги пов'язане з амплітудним значенням швидкості коливань. За результатами вимірювань амплітуди віброшвидкості можна розрахувати механічну напругу і порівняти його з допустимими значеннями для даного виду конструкцій. При цьому необхідно враховувати стан матеріалу, з якого зроблена конструкція і властивості ґрунту, на якому зведено будівлю. Слід також враховувати передачу вібрації через ґрунт. Так машини для забивання палі викликають сильні коливання ґрунту, проте вже на відстані в кілька метрів від машини вібрація вже не є небезпечною для здоров'я. Для навколишніх будинків необхідно враховувати навіть незначні вібрації, оскільки в разі резонансу, можуть викликати вібрацію тіла людини. Для оцінки впливу вібрацій на людину необхідно вимірювати або розраховувати значення вібрації.

## Частина 2. Ультразвук і його застосування в будівельній індустрії.

Ультразвукові коливання – це пружні механічні коливання з частотою вище порога чутливості людського вуха (понад 20 кГц), що поширюються в різних матеріальних середовищах і використовуються для впливу на рідкі, тверді, газоподібні речовини.

В даний час поняття ультразвук (УЗ) придбало більш широкий зміст, ніж позначення високочастотного спектра акустичних коливань. З ним пов'язані цілі розділи сучасної фізики, промислових технологій, вимірювальної техніки, медицини, біології.

Інтенсивні дослідження УЗ розпочалися в останні 30-40 років. Яскравий приклад досягнень в цій області створення нової науки – акустичної голографії, яка передбачає в недалекому майбутньому отримання зображення предметів в непрозорій для світлових променів середовищі.

Відповідно до використання УЗ в будівництві, то тут можна виділити два напрямки: 1 – застосування УЗ в технологічних процесах (він впливає на перебіг процесів); 2 – УЗ контроль якості продукції (в основному, міцності і наявності дефектів у виробках). Ці дослідження ведуться з тридцятих років минулого століття.

У першому випадку використовується:

- безпосередній вплив УЗ на тверде тіло, наприклад, з метою його руйнування;
- вплив УЗ на тверде тіло, що знаходиться в рідині (застосовується для подрібнення сировини, мийки, очищення деталей);
- інтенсифікація процесів під впливом УЗ на межі розділу твердих тіл (склеювання, зварювання);
- інтенсифікація процесів в рідині (перемішування).

У другому випадку мова йде про використання УЗ для неруйнівного контролю механічних властивостей бетону і виявленні різних дефектів в будівельних конструкціях. Для цього використовуються ультразвукові

дефектоскопи. Існує кілька методів УЗ-дефектоскопії (тіньовий, імпульсний, резонансний, УЗ-візуалізації).

В якості контрольного завдання по даній темі призначається написання реферату обсягом приблизно 5-7 сторінок (формат А4) з подальшою його захистом.

#### План реферату

1. Фізична природа ультразвуку. Основні поняття і визначення.
2. Порівняльна характеристика властивостей УЗ і звуку. Швидкість їх поширення в різних середовищах.
3. Методи отримання УЗ коливання. Перетворення електричних коливань в механічні.
4. Принцип дії УЗ генератора.
5. Вплив УЗ на різні середовища, в тому числі безпосередньо, на тверді тіла і на тверді тіла, які знаходяться в рідині.
6. УЗ в будівельній індустрії. Приклади технологічних процесів з використанням УЗ.
7. Контроль міцності бетону за допомогою УЗ.
8. УЗ дефектоскопія.

Примітка. При викладі матеріалу по контролю міцності та дефектоскопії (пункти 7,8) необхідно приводити схематичне зображення принципу дії того чи іншого приладу.