1. Учет диссипации энергии при колебаниях упругих систем. Природа диссипации энергии в упругих системах.

Колебания реальных систем всегда сопровождаются диссипацией – рассеянием энергии; величина полной механической энергии уменьшается, а колебания носят затухающий характер. Влияние малого рассеяния энергии на частоты и формы свободных колебаний незначительно, поэтому изученные нами характеристики свободных колебаний БЕЗ учета диссипации сохраняют теоретическое и практическое значение.

Различают три вида рассеяния энергии:

1) ВНУТРЕННЕЕ РАССЕЯНИЕ ЭНЕРГИИ

Обусловлено необратимыми процессами в материале. Причины вызывающие его:

-Вязкость. Для металлов и их сплавов вязкоупругие явления играют второстепенную роль, но для полимеров играет главную роль

-Микроскопическая тепловая диффузия вследствие температурных градиентов

-Микро- и макроскопическая деформация в зернах и на границах зерен в металлах и сплавах. Явление гистерезиса

-Распространение волн в кристаллической решетке

2) КОНСТРУКЦИОННОЕ РАССЕЯНИЕ ЭНЕРГИИ

Обусловлено трением в опорах и соединениях, контактным трением между элементами конструкции и т.д

3) РАССЕЯНИЕ ЭНЕРГИИ В ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

Обусловлено "трением об окружающую среду". Например: акустическое излучение в окружающую среду, когда часть мех. энергии колебаний системы превращается в энергию звуковых волн и необратимо рассеивается (жидкие и газообразные среды), рассеяние энергии через основание (грунт)

В реальности все три вида диссипации действуют совместно. Механизмы некоторых видов рассеяния все еще недостаточно выяснены.

1. Характеристики рассеяния энергии.

Общепринято вводить интегральную хар-ку рассеяния энергии

-Относительное рассеяние энергии за цикл колебаний

где – энергия рассеянная за цикл колебаний, а – энергия, накопленная в начале рассматриваемого цикла

-Декремент колебаний

где – две последовательные амплитуды. Декремент колебаний различен в разных точках упругой системы.

При малых справедливо

В дальнейшем рассматриваем линейное рассеяние энергии, где не зависит от амплитуды.

1. Методы учета рассеяния энергии при колебаниях. Внутреннее трение в материале − модель Фойхта (представление решения собственных колебаний, декремент, относительное рассеяние энергии за цикл колебаний).

Предполагается, что элементарная сила трения пропорциональна скорости деформации.

В общем случае для напряженного состояния:

– тензор упругих постоянных, – тензор вязких постоянных.

Обычно предполагается, что пропорциональны , тогда:

Уравнение свободных колебаний упругих систем по модели Фойта запишется в операторной форме как

Если положить имеем уравнения собственных колебаний

Представляя здесь , получим . Решение уравнения собственных колебаний дает спектр собственных частот и спектр собственных форм . – вещественные.

Полагая – характеристические показатели (чисто мнимые)

Любое решение можно записать в виде суммы элементарных движений

Или в действительной форме

если то полагая

получим

где те же, что и при собственных колебаниях без учета демпфирования, и действительные. Тогда

Тогда

Считаем , а для высоких частот

Любое решение в действительной форме тогда

Для , составляющие движения – апериодические

Для не очень высоких частот и малых при которых

Обычно рассеяние энергии слабо зависит от частоты, и это обстоятельство иногда высказывается в качестве критики по этой модели.

1. Внешнее трение при колебаниях упругих систем (представление решения собственных колебаний, декремент, относительное рассеяние энергии за цикл колебаний).

Предполагается, что элементарная сила трения пропорциональна скорости деформации.

В общем случае для напряженного состояния:

– тензор упругих постоянных, – тензор вязких постоянных.

Обычно предполагается, что пропорциональны , тогда:

Уравнение свободных колебаний:

1. Рассеяние энергии, характеристики которого не зависят от частоты.
2. Вынужденные колебания упругих систем. Установившиеся колебания под действием периодических сил. Решения, получаемые в замкнутой форме.
3. Представление решения в виде разложения по формам собственных колебаний.
4. Метод разложения по собственным формам в задачах о неустановившихся колебаниях упругих систем.
5. Установившиеся колебания в системах с демпфированием.
6. Случаи внешнего трения и внутреннего трения Фойхта.
7. Поперечные колебания вращающихся валов с неуравновешенными дисками. Вывод уравнений колебаний упругого вала с симметрично расположенным диском.
8. Критические скорости вращения вала. Прецессионное движение.
9. Квазистатический подход для определения критических скоростей вращающихся валов.
10. Влияние гироскопических сил на критические скорости вала с дисками. Гироскопический момент.
11. Вывод уравнений колебаний диска с учетом гироскопического момента.
12. Собственные частоты.
13. Влияние собственного веса дисков. Критические скорости второго порядка.
14. Влияние внутреннего трения на критические скорости вращения вала.
15. Колебания упругих систем под действием подвижных нагрузок.
16. Постановка задачи о действии подвижных нагрузок на упругую конструкцию.
17. Задача о движении инерционного груза по безинерционной балке.
18. Ошибка Бресса.
19. Задача о действии подвижной безинерционной нагрузки на балку с распределенной массой.
20. Постановка задачи о движении груза по балке с распределенной массой.
21. Ударное действие нагрузок. Элементарная теория удара твердого тела об упругую систему (теория удара Кокса).
22. Волновая теория удара Сен-Венана – Буссинеска.
23. Теория удара С.П.Тимошенко.