Вынужденные колебания – это колебания тел под действием внешних периодически изменяющихся сил.

Работа внешней силы над системой обеспечивает приток энергии к системе извне. Приток энергии не дает колебаниям затухнуть, несмотря на действие сил трения.

Качели — это маятник, т. е. колебательная система с определенной собственной частотой. Отклонить качели на больший угол от положения равновесия с помощью постоянной во времени небольшой силы невозможно. Не удается раскачать качели и в том случае, если их беспорядочно подталкивать в разные стороны. Однако, если начать в правильном ритме подталкивать качели вперед каждый раз, когда они поравняются с нами, то можно и без большого напряжения раскачать их очень сильно. Правда, для этого потребуется некоторое время. Каждый толчок сам по себе может быть незначительным. После первого толчка качели будут совершать лишь очень малые колебания. Но если темп этих колебаний и внешних толчков один и тот же, то второй толчок будет своевременным и усилит действие первого. Третий усилит колебания еще больше и т. д. Произойдет накопление результатов действия отдельных толчков, и амплитуда колебаний качелей станет большой. Между тем если отдельные толчки следуют друг за другом невпопад, то действие одного будет уничтожаться действием следующего, и заметного эффекта не будет.

При рассмотрении вынужденных колебаний в системе, обладающей собственной частотой колебаний, можно заметить, что постепенно амплитуда колебаний будет нарастать. А спустя некоторое время колебания приобретут установившийся характер: их амплитуда перестанет изменяться со временем. Причем можно обнаружить, что частота колебаний будет равна частоте изменения внешней силы.

При установившихся вынужденных колебаниях частота колебаний всегда равна частоте внешней периодически действующей силы.

Частота вынужденных колебаний обозначается буквой *ω* в отличие от частоты собственных колебаний системы *ω*0​.

Резонанс – это резкое возрастание амплитуды вынужденных колебаний при совпадении частоты изменения внешней силы, действующей на систему, с частотой ее свободных колебаний.

При резонансе амплитуда вынужденных колебаний максимальна из-за того, что создаются наиболее благоприятные условия для передачи энергии от внешнего источника периодической силы к системе. Внешняя сила при резонансе действует в такт со свободными колебаниями. На протяжении всего периода ее направление совпадает с направлением скорости колеблющегося тела. Поэтому на протяжении всего периода эта сила совершает только положительную работу. При установившихся колебаниях положительная работа внешней силы равна по модулю отрицательной работе силы сопротивления.

Существенное влияние на резонанс оказывает трение в системе. При резонансе положительная работа внешней силы целиком идет на покрытие расхода энергии за счет отрицательной работы силы сопротивления. Поэтому чем меньше коэффициент трения, тем больше амплитуда установившихся колебаний.

Изменение амплитуды вынужденных колебаний в зависимости от частоты при различных коэффициентах трения и одной и той же амплитуде внешней силы изображено на рисунке:

Кривой 1 соответствует минимальное трение, а кривой 3 — максимальное. На этом рисунке хорошо видно, что возрастание амплитуды вынужденных колебаний при резонансе выражено тем отчетливее, чем меньше трение в системе.

При малом трении резонанс «острый», а при большом «тупой». Если частота колебаний *ω* далека от резонансной, то амплитуда колебаний мала и почти не зависит от силы сопротивления в системе.

В системе с малым трением амплитуда колебаний при резонансе может быть очень большой даже в том случае, когда внешняя сила мала. Но большая амплитуда устанавливается только спустя продолжительное время после начала действия внешней силы. В соответствии с законом сохранения энергии вызвать в системе колебания с большой амплитудой, а значит, сообщить системе большую энергию небольшой внешней силой можно только за продолжительное время. Если трение велико, то амплитуда колебаний будет небольшой, и для установления колебаний не потребуется много времени.

О резонансе имеет смысл говорить, если затухание свободных колебаний в системе достаточно мало. Иначе амплитуда вынужденных колебаний при *ω*=*ω*0​ будет мало отличаться от амплитуды колебаний при других частотах.