Устойчивость механических систем (часть 1)

Лекция 1

Введение.

«Устойчивость, как проблема разрушения машин и конструкций»

(ФС345) Основные понятия и общие положения теории устойчивости

- В состав корпуса судна входит большое число связей или стержневых систем, которые имеют значительную гибкость. К числу таких относятся: балки, пластины, перекрытия. Вместе с тем, эти элементы и системы подвергаются сжатию. Для того чтобы иметь возможность оценить характер их работы, необходимо производить расчеты не только на прочность, но и на устойчивость. Некоторые элементы судовых конструкций, в процессе их работы, не должны терять устойчивости, так как в противном случае они перестают выполнять свое назначение. Примерами таких элементов или систем могут служить пиллерсы, перекрытия. Поэтому для таких элементов проверка устойчивости является проверкой надежности работы.

- Наряду с этим для ряда элементов в процессе работы конструкции корпуса судна предусматривается возможность потери устойчивости, которая не является опасной ни для элемента, ни для конструкции в целом. Однако и в этом случае необходимо уметь оценивать нагрузку, способную вызывать потерю устойчивости элемента, так как после потери устойчивости характер работы элемента при дальнейшем возрастании нагрузки, приложенной к конструкции в целом, оказывается иным, нежели до потери устойчивости.

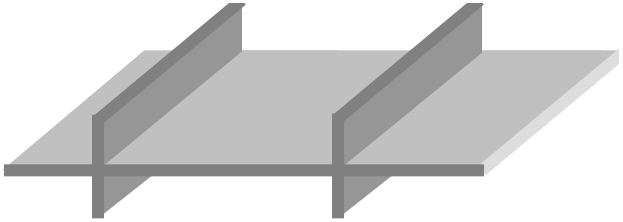
Понятие устойчивости

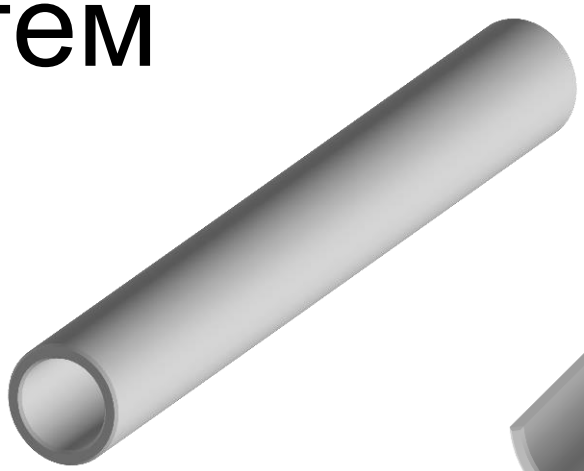
- **Устойчивость** (лат.: stability)
- Под *устойчивость*ю вообще понимается свойство системы самостоятельно восстанавливать своё первоначальное состояние после того, как ей было сообщено некоторое отклонение от этого состояния.
- Обладающая таким свойством система называется устойчивой, не обладающая – соответственно, неустойчивой.
- Можно встретить и такое определение: устойчивость – способность упругой системы сохранять определенную форму равновесия под действием заданной нагрузки.

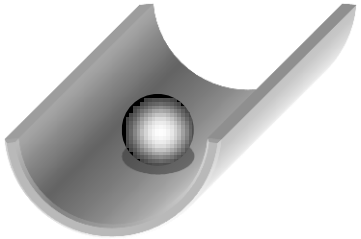
Механическая система (МС)

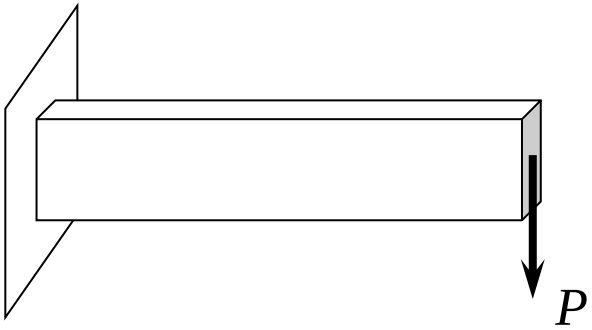
- это совокупность абсолютно твёрдых или деформируемых тел, соединенных между собой так, что их перемещение в пространстве (движение, механическое состояние) взаимообусловлено.
- Одно твёрдое или деформируемое тело будет являться частным случаем МС

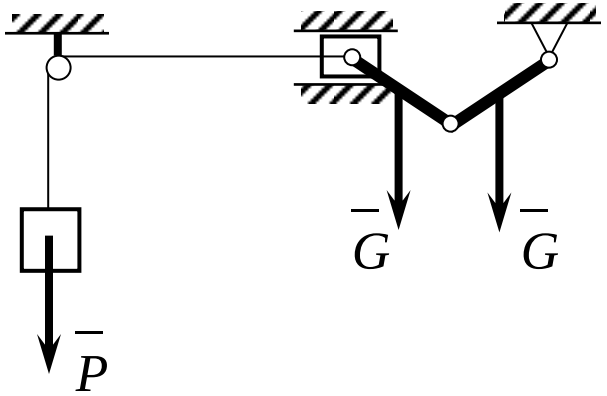
Примеры систем











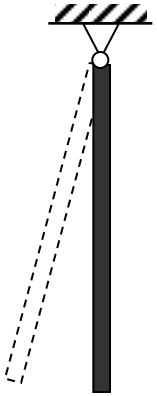
Два состояния механической системы

- Любая механическая система может находиться в одном из двух состояний: движения или равновесия (состояние покоя под нагрузкой)
- Как равновесие, так и движение может быть устойчивым или неустойчивым.

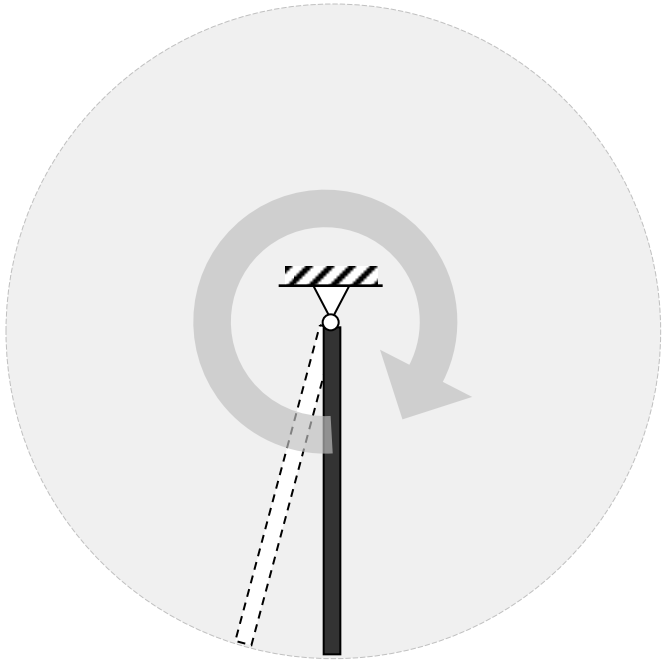
- Состояние механической системы считается устойчивым относительно данных *возмущающих воздействий*, если эти воздействия не приводят к изменениям конфигурации системы, выходящим за заранее установленные для этих изменений границы.
- В противном случае состояние системы считается неустойчивым

Возмущающие воздействия могут быть двух типов

- Отклонение, перемещение (изменение координат)



- Импульс (изменение скорости)

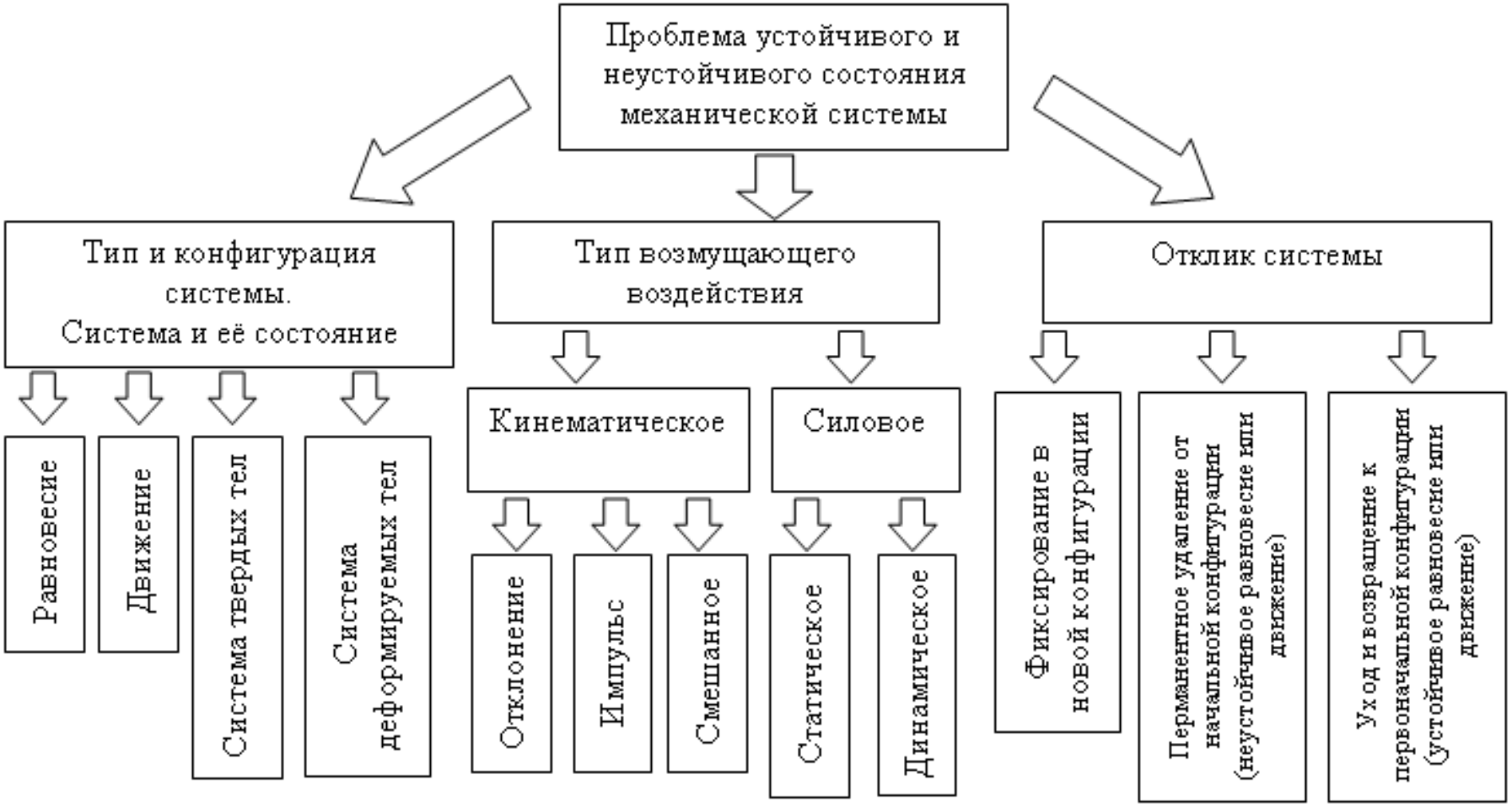


Конфигурация системы – это абстрактное обобщенное понятие.

- *Буквальное* понимание – геометрия, форма системы.
- *Расширенное* понимание – кинематическое состояние: взаимное расположение тел (точек системы) в данный момент времени и их скорость.

- Таким образом, понятие конфигурации системы может применяться как к покоящейся, так и к движущейся системе.
- Чаще всего термин «конфигурация» будем понимать в широком смысле.

Некоторые итоги



- Мы прежде всего будем заниматься проблемами *устойчивости равновесия* деформируемых систем

Итак, равновесие может быть устойчивым, неустойчивым и безразличным (впрочем как и движение)

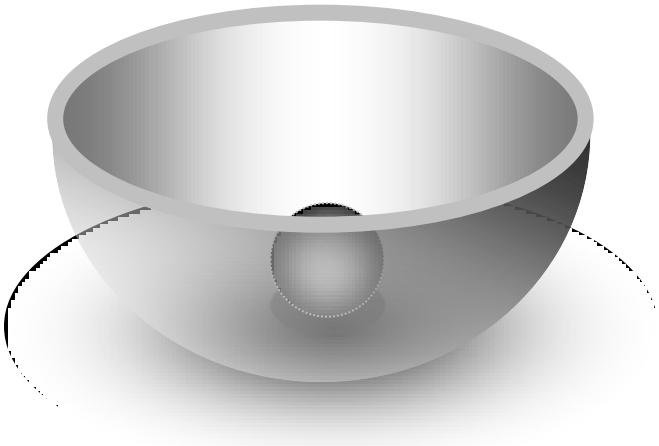
- а) положение равновесия называется *устойчивым*, если при всяком малом возможном отклонении системы от положения равновесия система, предоставленная самой себе, снова возвращается в исходное положение;

- б) положение равновесия называется *неустойчивым*, если хотя бы при одном каком-либо возможном отклонении системы от положения равновесия система, предоставленная самой себе, не возвращается в исходное положение; при этом возможно либо неопределенно большое отклонение от исходного положения, либо же переход в некоторое положение равновесия, отличное от исходного;

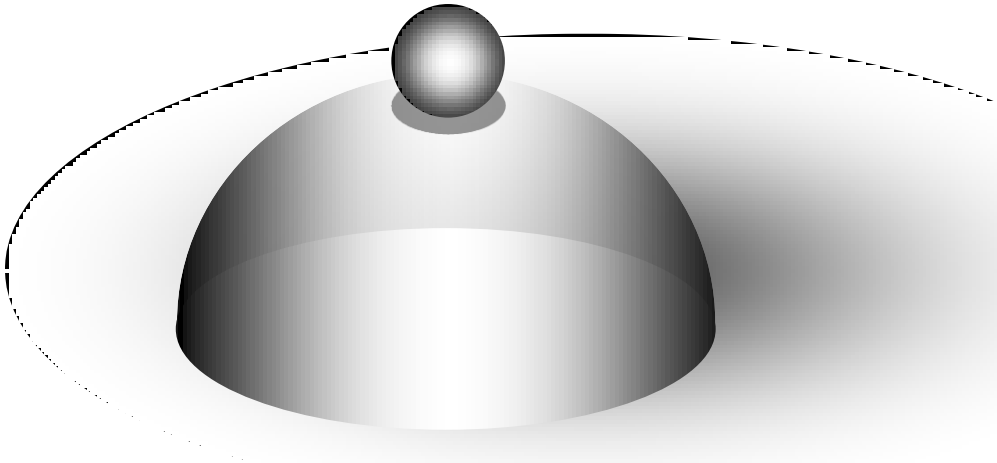
- в) положение равновесия называется *безразличным*, если при рассматриваемых малых возможных отклонениях системы от положения равновесия система, предоставленная самой себе, не стремится ни увеличить своё отклонение, ни уменьшить его.

Фил3-206

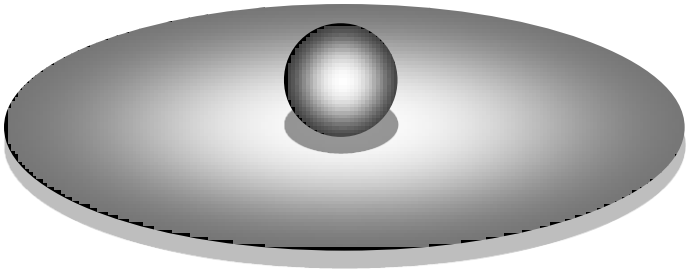
Иллюстрации устойчивого, неустойчивого и нейтрального равновесия механической системы



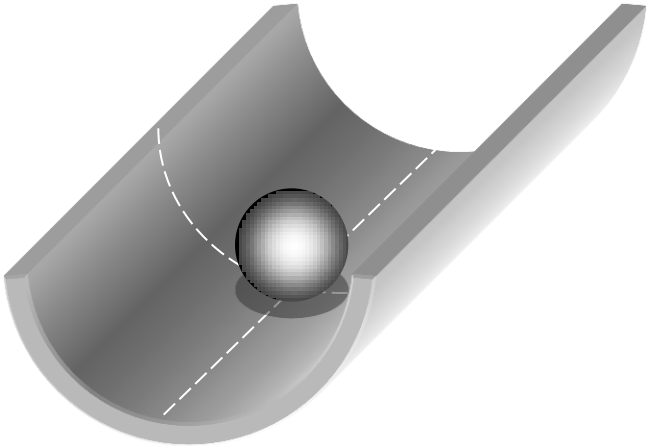
1. Шар на дне чаши. Положение равновесия устойчиво на любое возмущение



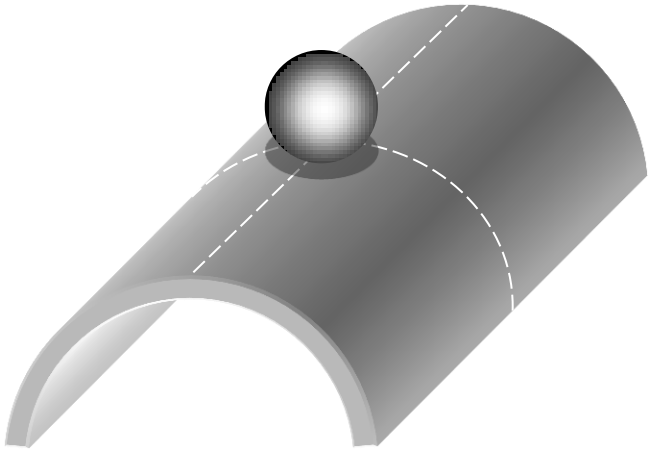
2. Шар на вершине купола. Положение равновесия неустойчиво на любое возмущение



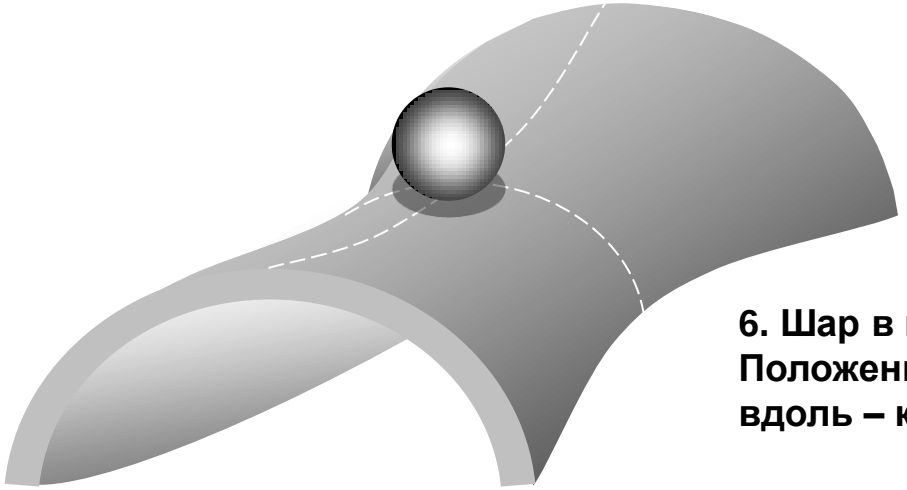
3. Шар на плоскости.
Положение равновесия безразлично на любое *отклонение*.
Равновесие неустойчиво в случае возмущения в виде *импульса*.



4. Шар в жёлобе (лотке).
Положение равновесия поперек лотка устойчиво,
вдоль лотка – как на плоскости



5. Шар на вершине ангара (на «замковой линии свода»).
Положение равновесия поперек неустойчиво,
вдоль – как на плоскости

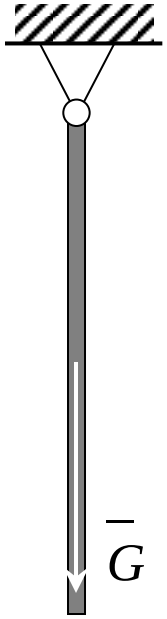
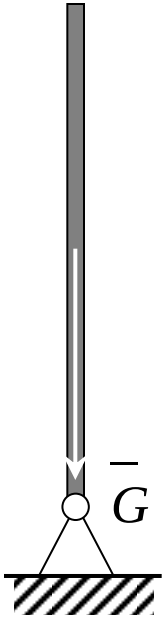
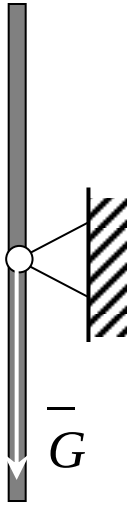


6. Шар в перевальной точке седловидной поверхности.
Положение равновесия поперек – как на куполе,
вдоль – как в чаше.

Замечание

- Здравый смысл говорит, что реализация устойчивого (а иногда и нейтрального) равновесия при определенных возмущениях возможна только теоретически.

- Положение системы естественно считать устойчивым тогда и только тогда, когда оно устойчиво по отношению ко всем возможным возмущениям и неустойчивым, когда оно неустойчиво по отношению хотя бы к одному из них. В этом смысле устойчива только позиция 1 (шар в чаше).

Ещё иллюстрации равновесия

- Устойчивое
- Неустойчивое
- Нейтральное к отклонению и неустойчивое к импульсу