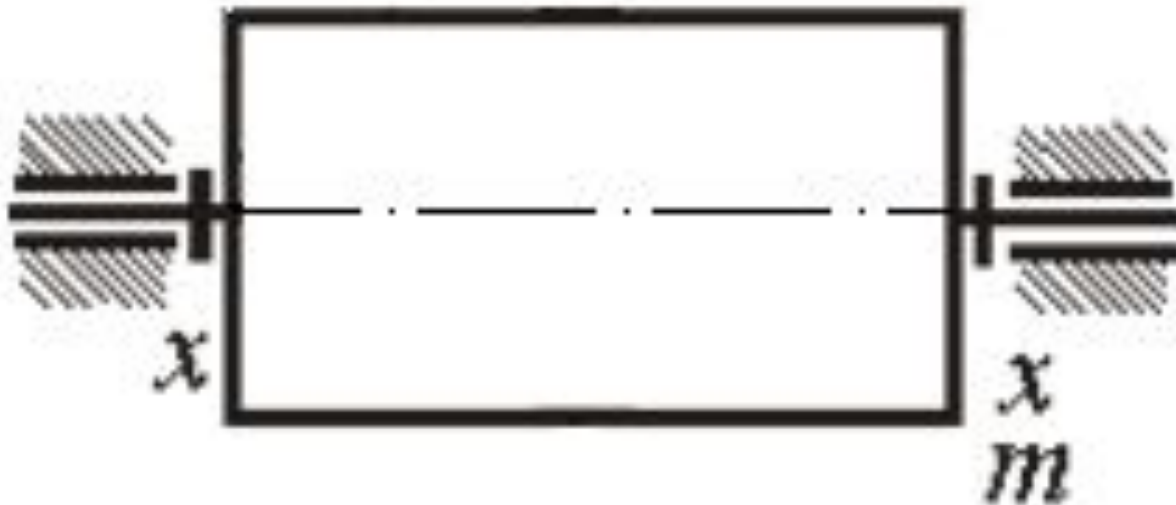


БАЛАНСИРОВКА РОТОРОВ

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Ротор - тело, которое при вращении удерживается своими несущими поверхностями в опорах.

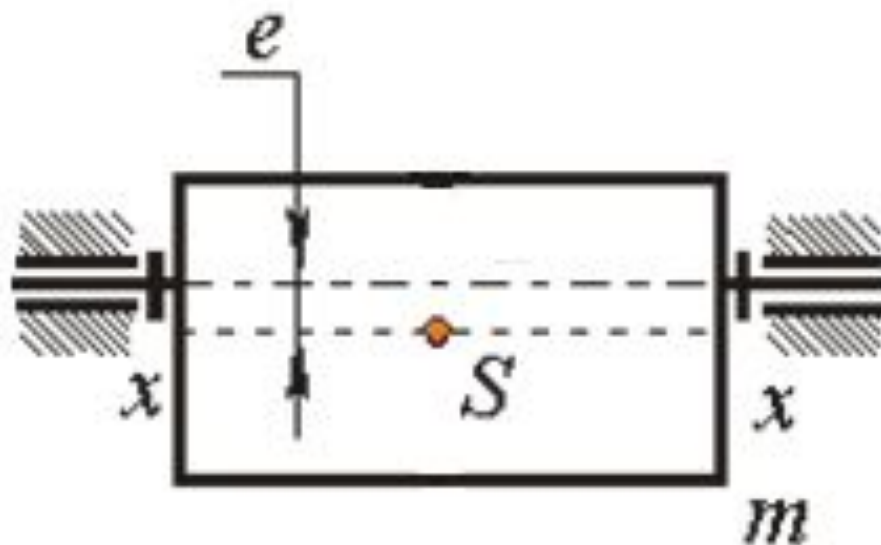


ГОСТ 19534-74 Балансировка вращающихся тел. Термины

Если масса ротора распределена относительно оси вращения равномерно, то **главная центральная ось инерции $x-x$** совпадает с осью вращения и ротор является **уравновешенным или идеальным** (рис. 1)

Главная центральная ось проходит через центр тяжести ротора

При **несовпадении** оси вращения с осью **$x-x$** , ротор будет **неуравновешенным** и в его опорах при вращении возникнут переменные реакции, вызванные действием инерционных сил и моментов (т.е. движением центра масс с ускорением).



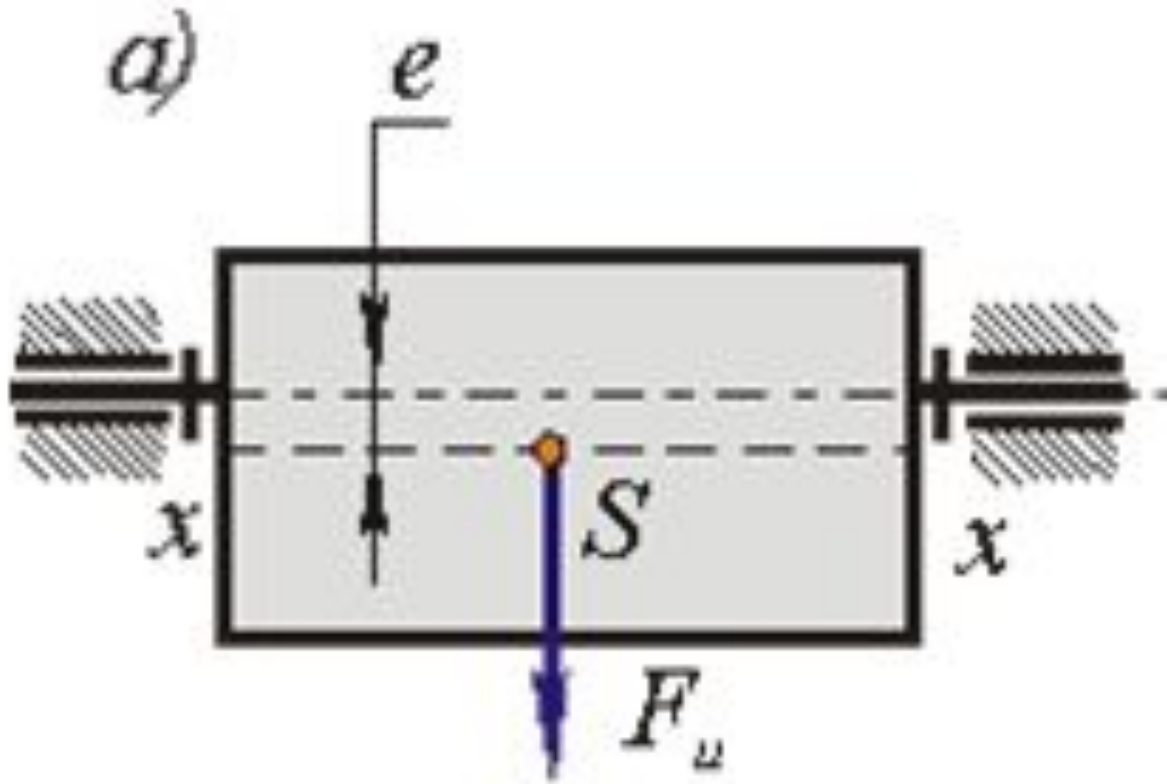
Виды НЕУРАВНОВЕШЕННОСТИ

Главным источником вибрации агрегатов является неуравновешенность ротора.

В зависимости от взаимного расположения оси вращения и главной центральной оси инерции **$x-x$** , различают следующие виды неуравновешенности роторов (ГОСТ 19534-74):

СТАТИЧЕСКАЯ НЕУРАВНОВЕШЕННОСТЬ

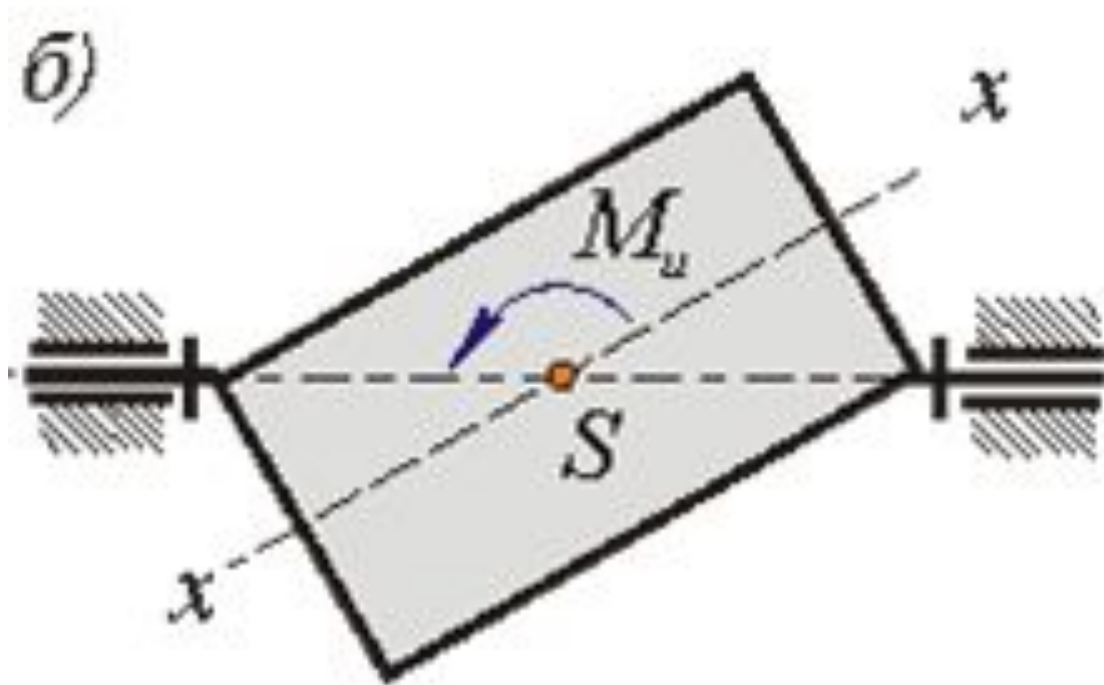
- ось вращения и главная центральная ось инерции
 x - x параллельны:



МОМЕНТНАЯ НЕУРАВНОВЕШЕННОСТЬ

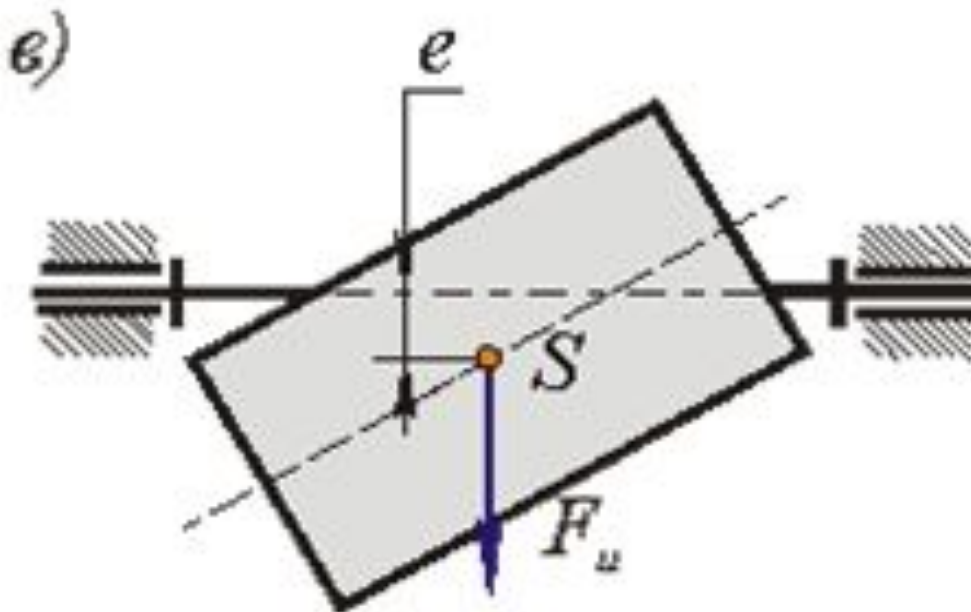
- ось вращения и главная центральная ось инерции $x-x$

пересекаются в центре масс ротора S :



ДИНАМИЧЕСКАЯ НЕУРАВНОВЕШЕННОСТЬ

- ось вращения и главная центральная ось инерции $x-x$ либо **пересекаются вне центра масс**, либо не пересекаются, а **перекрещиваются в пространстве**



КВАЗИСТАТИЧЕСКАЯ НЕУРАВНОВЕШЕННОСТЬ

Частным случаем динамической неуравновешенности является квазистатическая неуравновешенность, при которой ось ротора и его главная центральная ось пересекаются не в центре масс ротора.

При квазистатической неуравновешенности главный вектор дисбалансов ротора перпендикулярен оси ротора, проходит через центр его масс и лежит в плоскости, содержащей главную центральную ось инерции и ось ротора, а главный момент дисбалансов ротора перпендикулярен этой плоскости; т.е. дисбалансы ротора лежат в одной плоскости, содержащей ось ротора и его центр масс ([ГОСТ 19534-74](#))

ДИСБАЛАНС

Мерой *статической неуравновешенности* ротора является *дисбаланс* - векторная величина, равная произведению неуравновешенной массы m на эксцентриситет массы e

$$\overline{D} = m \cdot \overline{e}$$

Эксцентриситет массы — радиус-вектор центра рассматриваемой массы относительно оси ротора

Угол дисбаланса — угол, определяющий положение вектора дисбаланса в системе координат, связанной с осью ротора

Направление главного вектора дисбаланса D совпадает с направлением главного вектора сил инерции F_u , действующих на ротор при вращении:

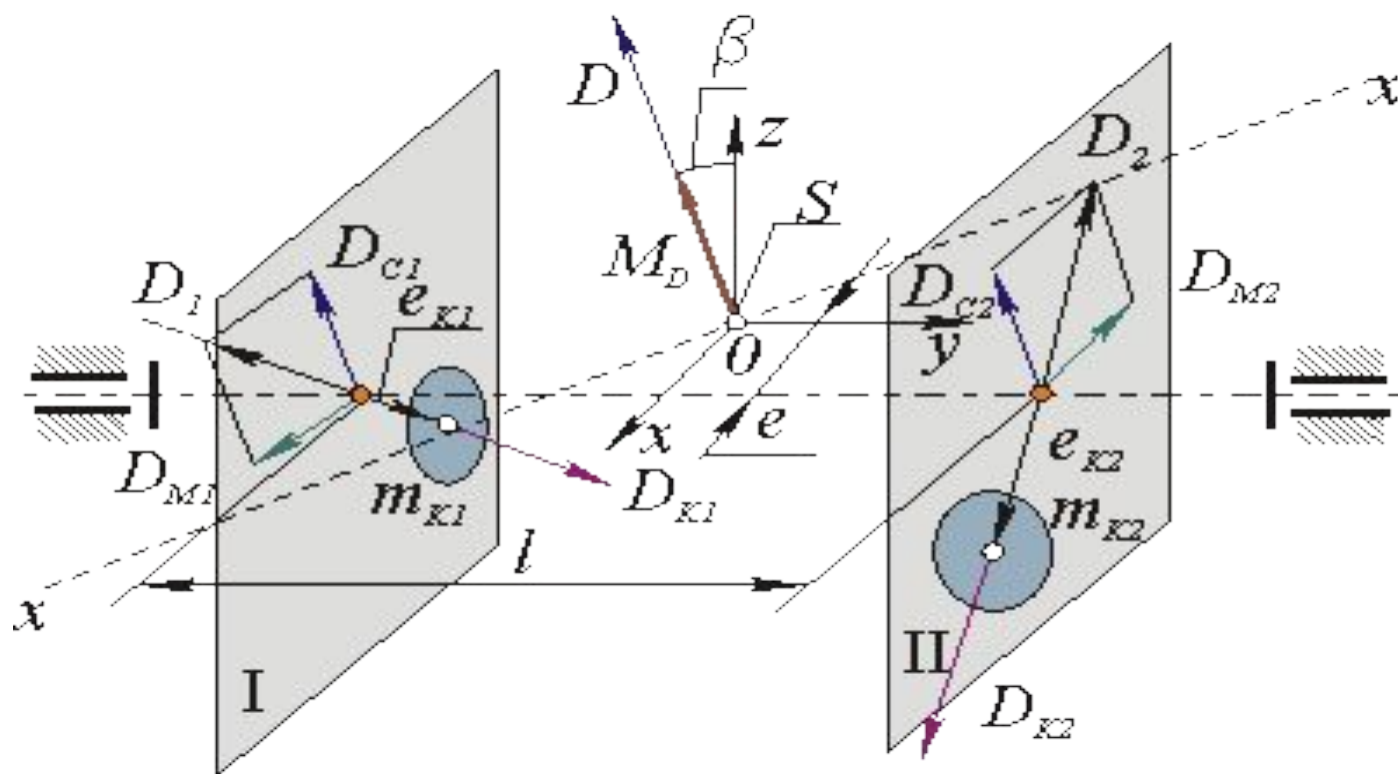
$$F_u = m \cdot e \cdot \omega^2 = D \cdot \omega^2.$$

Моментная неуравновешенность характеризуется главным моментом дисбалансов ротора M_D , который пропорционален главному моменту сил инерции

$$M_u = D_M \cdot l \cdot \omega^2 = M_D \cdot \omega^2.$$

ГЛАВНЫЙ МОМЕНТ ДИСБАЛАНСОВ РОТОРА

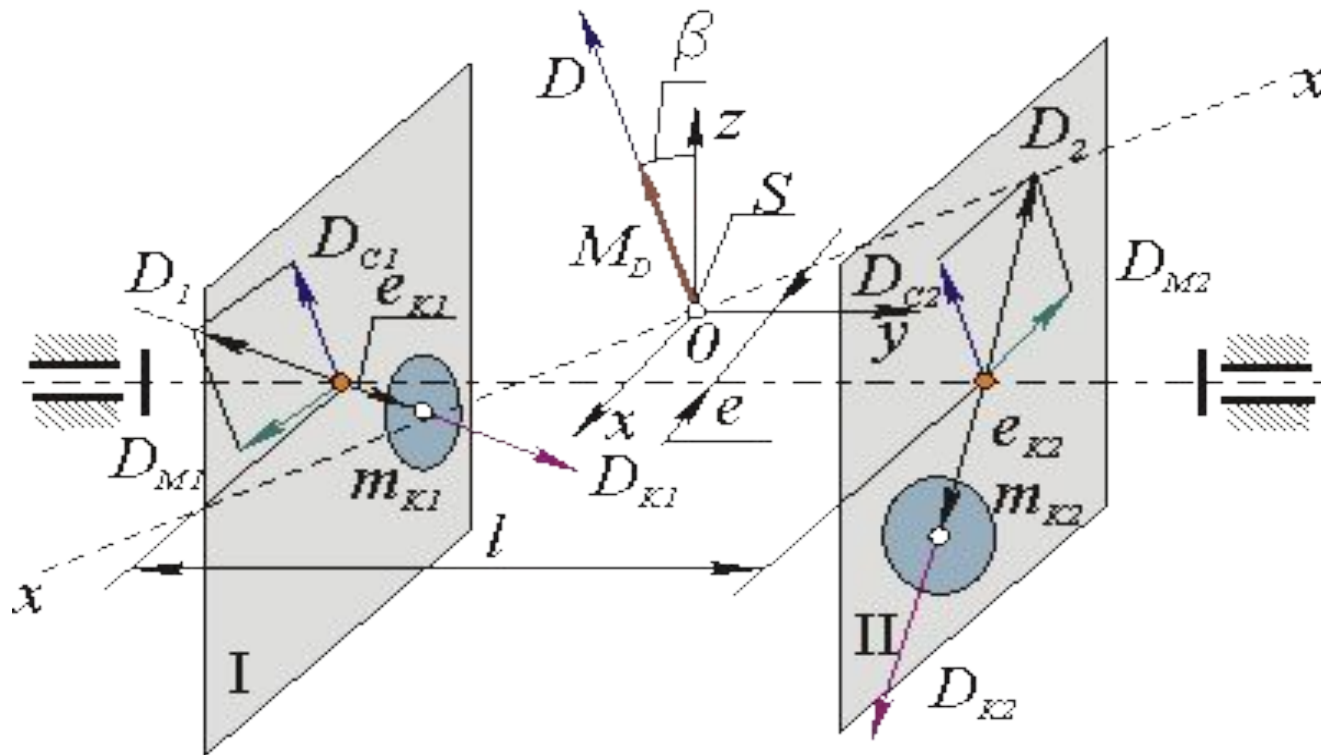
$$M_D = D_M \cdot l$$



Главный момент дисбалансов ротора полностью определяется **моментом пары** равных по величине и противоположных по направлению дисбалансов

$$D_{M1} + D_{M2} = D_M,$$

расположенных в двух произвольных **плоскостях коррекций** (I и II), перпендикулярных оси вращения ротора, в которых расположен центр корректирующей массы.



**Дисбаланс и момент дисбалансов не
зависят от частоты вращения, они
полностью определяются конструкцией
ротора и точностью его изготовления**

БАЛАНСИРОВКА

Балансировкой называют искусственное перераспределение массы ротора с целью его уравнивания

или

Балансировка - технологический процесс совмещения главной центральной оси инерции с осью ротора

или

Балансировка процесс определения значений и угловых координат дисбалансов ротора и их уменьшения с помощью корректировки размещения его масс.

Балансировка эквивалентна
уравновешиванию системы инерционных сил,
прикладываемых к подвижному ротору для его
равновесия.

Полное уравновешивание ротора —
распределение масс ротора, устраняющее
давление от сил инерции этого звена на стойку

УРАВНОВЕШИВАНИЕ РОТОРА

Жесткий ротор можно уравновесить **двумя** **корректирующими массами**, расположенными в двух произвольно выбранных плоскостях, перпендикулярных оси его вращения. Эти плоскости называют **плоскостями коррекции**

Корректирующая масса — масса, используемая для уменьшения дисбалансов ротора. Корректирующая масса может добавляться или удаляться из тела ротора, а также перемещаться по нему

ЗАДАЧА БАЛАНСИРОВКИ

Задача балансировки ротора заключается в **определении** в выбранных плоскостях коррекции **значений и углов дисбалансов** и размещении в этих плоскостях **корректирующих масс**, дисбалансы которых равны по величине и противоположны по направлению найденным дисбалансам ротора

ОСНОВНЫЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Допустимый дисбаланс — наибольший остаточный дисбаланс в рассматриваемой плоскости, перпендикулярной оси ротора, который считается приемлемым.

Начальный дисбаланс — дисбаланс в рассматриваемой плоскости, перпендикулярной оси ротора, до корректировки его масс.

Достижимый начальный дисбаланс — начальный дисбаланс, который можно свести к минимуму индивидуальной балансировкой деталей ротора и (или) тщательным контролем при конструировании, изготовлении и сборке ротора.

Остаточный дисбаланс — дисбаланс в рассматриваемой плоскости, перпендикулярной оси ротора, который остается в ней после корректировки его масс.

Технологический дисбаланс — разность значений остаточных дисбалансов в одних и тех же плоскостях ротора, измеренных для изделия в сборе и для сборочной единицы ротора.

Технологические дисбалансы возникают при сборе ротора, если он балансировался не в изделии в сборе, из-за монтажа на него деталей (шкивов, полумуфт, подшипников, вентиляторов и т. д.), которые имеют собственные дисбалансы, вследствие отклонения формы и расположения поверхностей и посадочных мест, радиальных зазоров и т. д.

Удельный дисбаланс — отношение модуля главного вектора дисбалансов к массе ротора.

Допустимый удельный дисбаланс — наибольший удельный дисбаланс, который считается приемлемым.

Эксплуатационный дисбаланс — разность значений остаточных дисбалансов в одних и тех же плоскостях ротора, измеренных на изделии в сборе до начала его эксплуатации и после того, как оно выработало весь заданный технический ресурс или ресурс до ремонта, предусматривающего балансировку.

Эксплуатационные дисбалансы возникают из-за неравномерности износа, релаксации, выжигания, кавитации деталей ротора (например, рабочих колес насосов, вентиляторов, турбин), деформации деталей ротора под влиянием его рабочей температуры, неравномерности распределения материала на рабочей поверхности центрифуги, действия шатунных и поступательно движущихся масс в поршневых машинах.