

Балансировка неуравновешенных роторов.

Составления алгоритма работы на станке ТБ КВ 300.

Иванов Д.А.

Магистр ФГБОУ ВО «КНИТУ-КАИ»

При вращении неуравновешенного вала возникают центробежные силы, которые действуют на опоры данного вала. Эти давления вызывают вибрацию, которая отрицательно влияет на долговечность работы опоры. Поэтому с неуравновешенностью вала необходимо бороться. Для начала рассмотрим основные термины и случаи неуравновешенности.

Ротор – это тело, которое при вращении удерживается своими несущими поверхностями в опорах. Различают несколько видов роторов: межопорный, консольный, двухконсольный ротор.

Межопорный ротор – это двухопорный ротор, существенная часть массы которого расположена между опорами.

Консольный ротор – это ротор, существенная часть массы которого расположена за одной из крайних опор.

Двухконсольный ротор - это ротор, существенная часть массы которого расположена за крайними опорами.

Неуравновешенность ротора – это состояние ротора, характеризующееся таким распределением масс, которое во время вращения вызывает переменные нагрузки на опорах ротора и его изгиб. Получается, что ротор называют неуравновешенным, если он вращается вокруг оси, не совпадающей с главной центральной осью инерции. Причиной возникновения неуравновешенностью можно разделить на две группы. К первой группе относятся дефекты, связанные с нарушением технологией производства вала и его последующей балансировки. Ко второй группе дефектов относятся эксплуатационные дефекты, то есть естественное разрушение и «вылет» частей ротора в процессе эксплуатации.

Дисбаланс – это мера статической неуравновешенности ротора, векторная величина, равная произведению неуравновешенной массы m на ее эксцентриситет e , где эксцентриситет e – радиус вектор центра этой массы относительно оси ротора.

$$\vec{D} = m\vec{e}$$

От взаимного расположения оси инерции выделяют три вида неуравновешенности:

1) статическая неуравновешенность - это когда масса ротора распределяется так, что ось вращения и главная ось инерции параллельны. Получается что в данном случае $\vec{D} \neq 0$, главный момент дисбалансов $M_D \approx 0$, а главный вектор дисбаланса совпадает с главным вектором сил инерции.

Статическую неуравновешенность определяют путем установки ротора на жесткие горизонтальные опоры (призмы). На них ротор под действием силы тяжести будет стремиться к устойчивому состоянию. Такое состояние

характеризуется, когда центр масс стремится занять наименьшее положение. То есть вал будет вращаться.

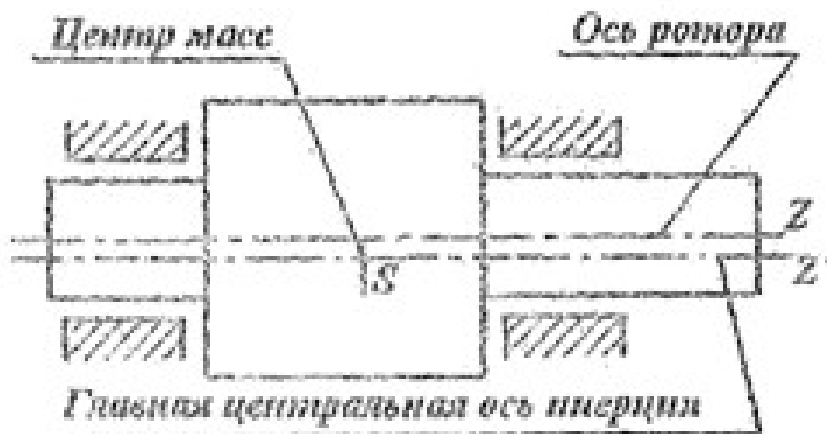


Рис 3.2.1 Статическая неуравновешенность.

2) моментная неуравновешенность. В данном случае ось вращения и его главная центральная ось инерции пересекаются в центре масс ротора. При данном случае, так как ось вращения и ось инерции совпадают, то $\bar{D} = m\bar{e} = 0$, но момент дисбаланса равен $M_D = \sqrt{I_{xz}^2 + I_{yz}^2}$, следовательно, $I_{xz} \neq 0$ и $I_{yz} \neq 0$. Данная неуравновешенность проявляется только при вращении ротора.

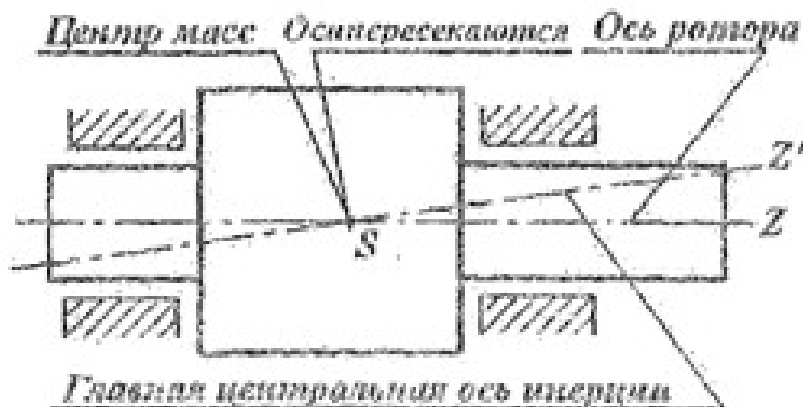


Рис 3.2.2 Моментная неуравновешенность.

3) динамическая уравновешенность. Это вид неуравновешенности, который в себе совмещает и статическую, и моментную неуравновешенность. То есть в данном случае оси пересекаются вне центре масс или не пересекаются вовсе, а скрещиваются. При этом $\bar{D} \neq 0$ и $M_D \neq 0$.



Рис 3.2.3 Динамическая неуравновешенность.

Получается, что неуравновешенность не зависит от параметров движения, только конструктивные характеристики влияют на это. Поэтому меры дисбаланса берутся массово-геометрические характеристики роторов. В качестве статической меры неуравновешенности принимают главный вектор дисбалансов ротора \bar{D} , мерой моментной неуравновешенности является главный момент дисбаланса ротора M_D .

Способы уменьшения неуравновешенности.

Уравновешенный ротор передает на опоры только статические нагрузки от собственного веса, то есть вращающийся ротор будет оказывать такие же нагрузки, как и покоящийся. Для создания уравновешенного ротора необходимо правильно выбирать конструкцию и технологию производства. Необходимо добиваться симметричного распределения массы.

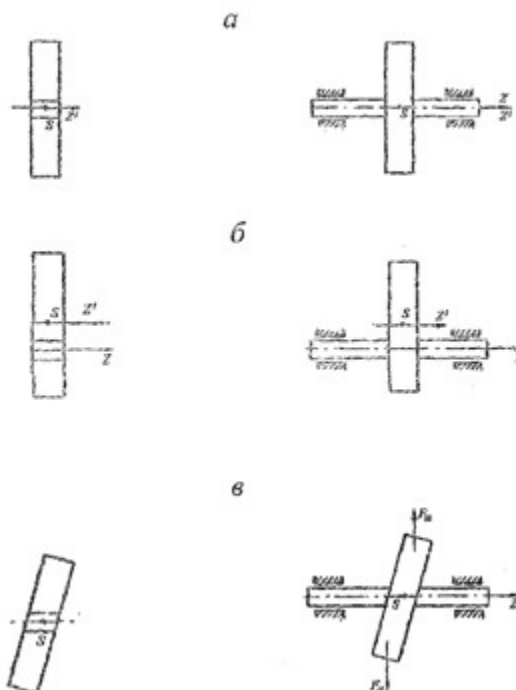


Рис 3.2.4 Виды конструкторской недоработки.

Важными параметрами проектирования ротора, являются концентричность внешнего размера с посадочным отверстием, а также, чтобы ось вращения была перпендикулярна плоскости ротора. Если не соблюдать

концентричность, то это приведет к статической неуравновешенности, если не соблюдать перпендикулярность, то это приведет к моментной неуравновешенности моментной.

При производстве сложно выполнить все эти требования и ротора имеют ту или иную неуравновешенность. Поэтому для уменьшения неуравновешенности производят балансировку роторов.

Балансировка роторов. Балансировочные станки.

Балансировка – это процесс компенсации неуравновешенных масс ротора. Балансировку выполняют двумя методами:

1. Выполняют перераспределения компенсирующих масс в плоскостях коррекции. Компенсирующие массы устанавливают, удаляют или перемещают в плоскости коррекций ротора, для того чтобы главная ось инерции совпадала с осью вращения. В данном случае могут высверливать, фрезеровать, наплавлять, наваривать корректирующую массу.
2. Корректировка оси вращения ротора. В данном случае производят корректировку оси вращения, чтобы она совпадала с главной осью инерции. То есть производят обработку цапфы подшипников или переносят для достижения результата.

В реальных условиях невозможно добиться полного уравновешивания, поэтому существует ГОСТ на допустимый дисбаланс. Допустимый дисбаланс зависит от массы ротора, максимальной угловой скорости ротора и необходимого класса точности, с учетом эксплуатационных характеристик. Все это необходимо для того, чтобы уменьшить трудовые и временные затраты на балансировку ротора.

Виды балансировочных станков.

Различают два вида балансировочных станков. Для статической и для динамической балансировки. Рассмотрим сначала станки для статической балансировки.

Станки для статической балансировки предназначены только для балансировки статической неуравновешенности. На данных станках производят балансировку дискообразных роторов, у которых масса приблизительно сконцентрирована в одной точке, а также моментная неуравновешенность незначительна или равна нулю. В данном случае балансировки необходимо устанавливать или убирать корректирующую массу только в плоскости, проходящей через центр масс, чтобы не внести моментные неуравновешенности.

Простейшим устройством для статической балансировки является параллельные, горизонтальные положи или призмы.

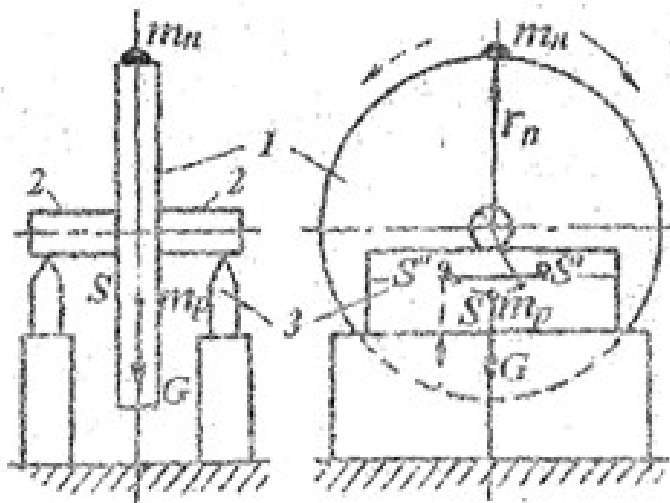


Рис 3.2.5 Станок для статической балансировки.

На данном рисунке мы видим, как ротор (1) устанавливается через цапфы (2) на призмы (3). Отклонения призм от плоскости не должно превышать 0,1мм на метр длины призмы. Для нахождения истинного центра масс, так как из-за трения качения ротор останавливается с нижшим положением центра масс. Поэтому ротор вращают, сначала в одну сторону, потом в другую и выбирают среднюю точку. Недостатками данного метода является то, что невозможно балансировать ротора с разными диаметрами цапф.

Этих недостатков лишен станок упорами, которого являются подшипники, но он менее точен, так как появляются потери на трения в подшипниках. Данный станок представлен на рисунке

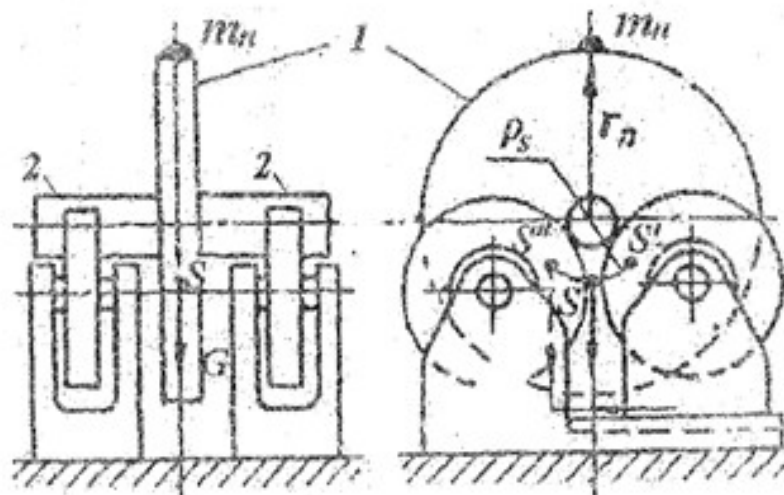


Рис 3.2.5 Станок с упорами в виде подшипников для статической балансировки.

Также недостатками статического балансирования является невеликая точность. Данный метод балансировки рекомендуется для роторов, у которых в эксплуатации не высокая угловая скорость и невеликая масса. Поэтому для ответственных деталей со статической неуравновешенностью производят балансировку на динамических станках.

Динамическая балансировка ротора выполняется на специальных станках, которые позволяют корректировать массу в двух плоскостях ротора.

Данный станок состоит из опор, на которые помещается ротор, привода для вращения самого изделия и измерительные устройства, демонстрирующие дисбаланс.

Станки для динамической балансировки по опорам делятся на два вида: с жесткими или податливыми опорами. Получается, что для снятия показателей дисбаланса на податливых опорах измеряется амплитуда и фаза колебания самих опор. На станках с жесткими опорами измеряется давление ротора и его фаза действия на опоры. Опоры снабжены датчиками, которые позволяют перевести сигнал в электрические импульсы. Существуют станки с вертикальной и горизонтальной осью вращения.

Также данные станки делятся по характеру режима работы и конструктивному исполнению на дорезонансного, резонансного и зарезонансного типа.

Для станков дорезонансного типа частота вращения ротора намного ниже частоты собственных колебаний системы. Для станков резонансного типа частота вращения ротора равна собственным колебаниям системы. А для станков зарезонансного типа обеспечивается частота вращения выше наибольшей частоты собственных колебаний механической системы станка.

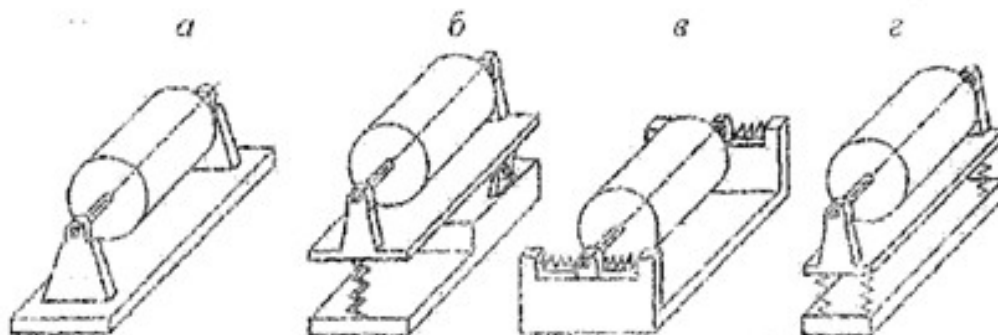


Рис 3.2.6 Виды станков для динамической балансировки.

Также станки классифицируются по числу степеней свободы на четыре типа. Станки первой группы имеют полностью жесткие опоры. В данных станках дисбаланс измеряется по изменению реакций опор, распределение которых зависит только от положения оси центра масс. Так как опоры данного станка жесткие – это позволяет использовать осевой привод, что упрощает сам станок. Данный станок может работать при частоте вращения намного ниже частоты резонансного колебания самой системы.

Станки второй группы () производят балансировку на выбеге. Данный вид станка редко используется из-за низкой производительности, так как требует несколько пусков для каждой плоскости коррекций. Так же для корректной балансировки на данных станках требуется большой момент инерции ротора, для того чтобы датчики могли корректно и постоянно фиксировать значения резонансные амплитуда колебания. На данном виде станка сложно произвести балансировку длинных роторов в собственных опорах. Станки такой конструкции чаще всего используются для

мелкосерийной или экспериментальной балансировки, так как их легко перенастроить.

Третья группа балансировочных станков имеет три степени свободы за счет фиксированной плоскости колебаний оси ротора. Данный вид станков широко используется, так как имеет возможность за один пуск без перестановки ротора снимать значения дисбаланса в двух плоскостях коррекций. Такой станок работает только зарезонансном режиме с малыми амплитудами колебаний.

В четвертом виде станков ротор опирается на подшипники. Они жестко закреплены на колеблющейся раме, которая соединяется с основанием через упругие демпферы. На данном станке дисбаланс измеряется за счет отслеживания колебаний произвольной точки рамы. Также можно найти точки, которые зависят только от статического дисбаланса или моментного дисбаланса, что повышает точность станка.