Установлено, что метод диагностики подшипниковых узлов по спектру огибающей вибрационного сигнала более эффективный на сегодняшний день. Суть этого метода заключается в детектировании высокочастотных хвостиков «золотых рыбок» и получении спектра от полученной огибающей высокочастотного сигнала. Метод основан на спектральном анализе огибающей вибропараметров диагностируемого узла. Уровень дефекта на диагностических спектрах огибающей определяется по величине модуляции огибающей данного вибросигнала характерной гармоники. Именно в этом модулирующем сигнале содержится информация о техническом состоянии объекта.

Применение огибающей вибросигнала позволяет существенно увеличить «жизненный цикл» неисправных элементов машины и сократить степень повреждения оборудования. Метод может предоставить специалисту по виброанализу информацию о состоянии оборудования и указать на зарождающиеся на начальном этапе дефекты.

Литература

1. Барков, А.В. «Вибрационная диагностика машин и оборудования»: учеб. пособие / А.В. Барков, Н.А. Баркова; М-во образования и науки РФ; С.-Пб. гос. морской техн. ун-т. — СПб.: СПбГМТУ, 2004. — 152 с.

УДК 621.833

Расчёт кронштейна, нагруженного силой, нормальной к плоскости стыка

Студент гр.10301120 Мельник Ю.А.,
Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент Василенок В.Д.
Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

Плоскость стыка перпендикулярна чертежу. Всё, что левее - одна деталь, правее - вторая. Будем рассматривать случаи, когда стык имеет две оси симметрии. Нагрузка действует в одной плоскости симметрии. Для того, чтобы рассмотреть данную задачу, перенесём силу в центр стыка а. При таком переносе добавится момент $M = F \cdot \mathbf{l_f}$. Сила раскладывается на две составляющие: N- нормальную силу, отрывающую кронштейн. Если бы она была направлена в противоположную сторону, мы бы считали её отрицательной, T- сдвигающая сила. Итак, нагрузка сводится к трём силам- N, T, M, которые мы будем рассматривать отдельно.

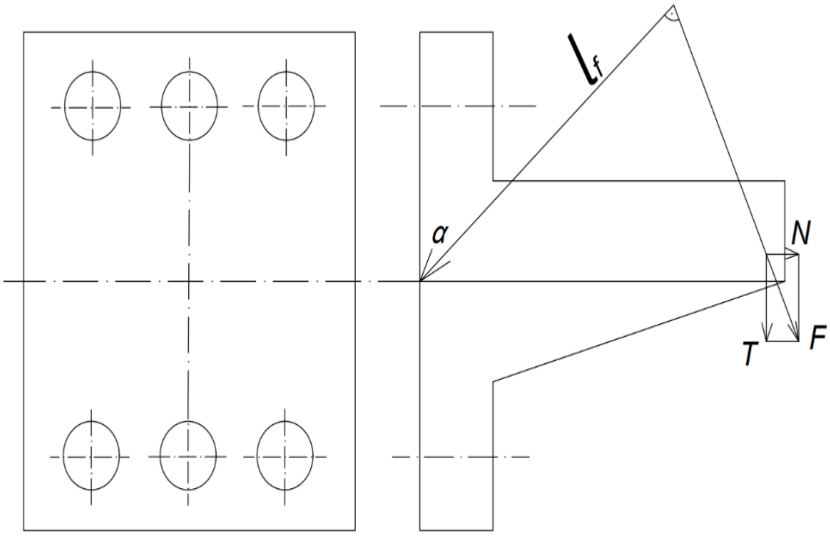

Рисунок 1

Раньше, чем соединение начало работать,следует затянуть болты. Считаем, что болты затянуты равномерно с силой Q, Q- сила затяжки ряда болтов, L- расстояние между болтами. Реакция стыка изобразится эпюрой напряжений в виде прямоугольника. А главный вектор равнодействующей реакции проходит из центра стыка a и равен V= 2Q.

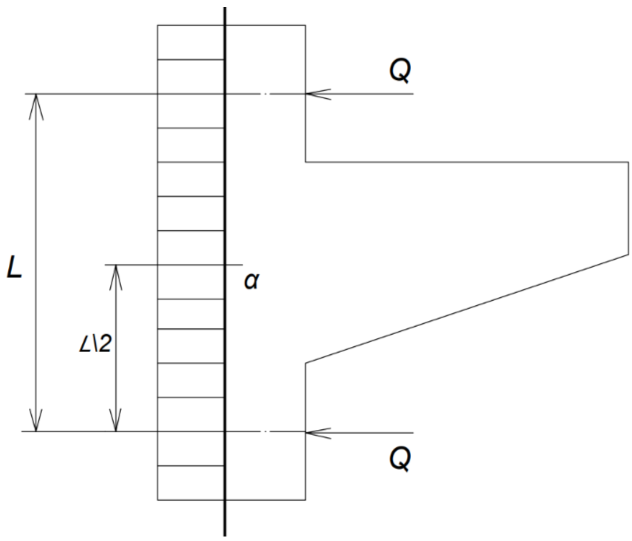

Рисунок 2

- **Первый случай: болты затянуты, приложена сила N**

Рисуем кронштейн и действующую нагрузку N. Линия действия силы проходит через центр стыка и отрывает кронштейн от стены. Очевидно, силы, действующие на болты $\mathbf{P_{N1}}, \mathbf{P_{N2}}$, больше и зависят они (прямо пропорционально) от N. При такой задаче эпюра будет иметь вид прямоугольника, а главный вектор реакции проходит через центр стыка.

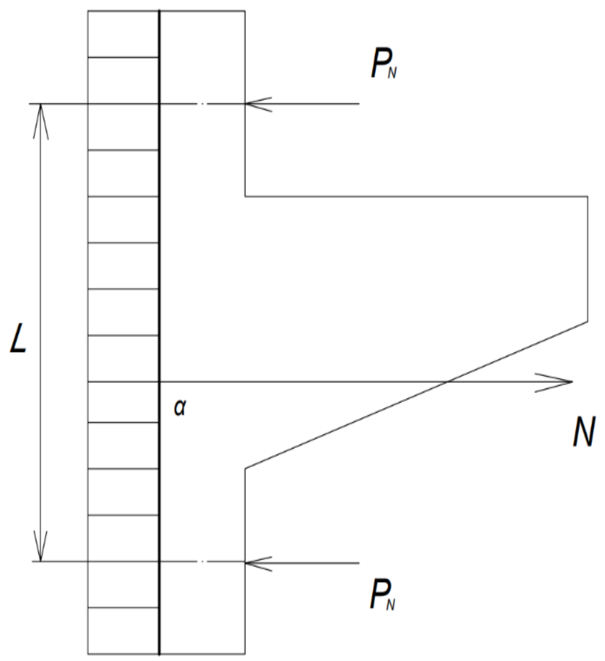

Рисунок 3

Определим численные значения $\mathbf{P_N} = \mathbf{Q} + \mathrm{X}\frac{\mathbf{N}}{\mathbf{2}}$. Ранее рассматривали растянутые болты, затем приложили отрывающую силу. Так как болт воспринимает не всю нагрузку, то умножим значение на X- коэффициент внешней нагрузки (учитываем ту долю внешней нагрузки, которая приходится на болт). Величина остаточной реакции была 2Q, но она уменьшилась при приложении силы N.

$$\mathbf{V_0} = \mathbf{2Q} - (\mathbf{1} - \mathrm{X}) \cdot \mathbf{N}$$

- **Второй случай: болты затянуты, приложен опрокидывающий момент M**

На болт действует первоначальная нагрузка от предварительной затяжки Q. При приложении отрывающего момента сумма этих сил не изменится.

Вверху сила увеличится, а внизу на такую же величину уменьшится. Найдём величины $\mathbf{P_{M1}}, \mathbf{P_{M2}}$ и остаточную реакцию $\mathbf{V_0}$. До приложения момента реакция была равна V = 2Q. Когда нагрузили моментом, то изменится ли реакция? Нет. Она останется такой же $\mathbf{V_0 = V = 2Q}$. Однако, характер реакции стыка будет другой. Эпюра превратится из прямоугольника в трапецию, хотя площадь трапеции, равнодействующая которой представляет главный вектор сил реакции, линия действия которого будет смещена от $\mathbf{a}$ на какую-то величину $\boldsymbol{\delta}$. Чему равны силы $\mathbf{P_{M1}}, \mathbf{P_{M2}}$?

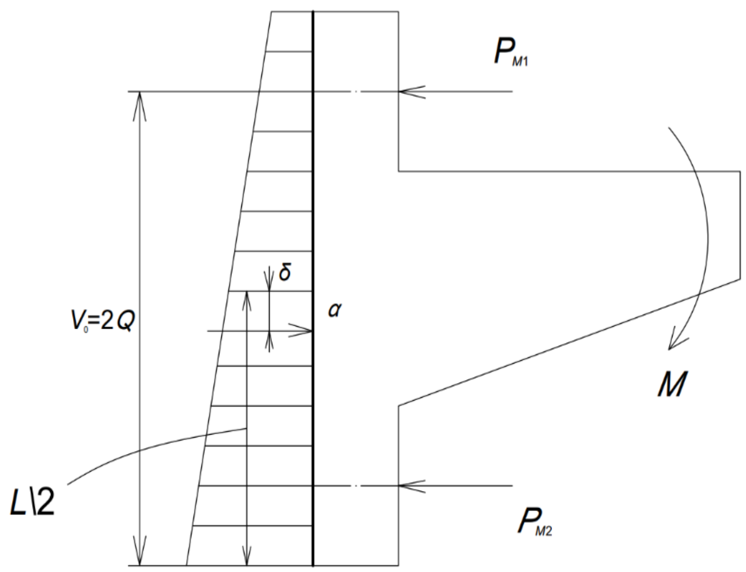

Рисунок 4

Пока не было внешней нагрузки

$\mathbf{P_{M1} = Q} + \mathrm{X} \cdot \frac{\mathbf{M}}{\mathbf{L}}$; $\mathbf{P_{M2} = Q} - \mathrm{X} \cdot \frac{\mathbf{M}}{\mathbf{L}}$. Если бы стык не реагировал на внешнюю нагрузку, то X = 1. Тогда бы эти векторы изменились на $\frac{\mathbf{M}}{\mathbf{L}}$. А в данном случае надо умножить на X. Болты верхнего ряда растянуты силой $\mathbf{P_{M1}}$, болты нижнего ряда растянуты силой $\mathbf{P_{M2}}$. Найдём смещение $\boldsymbol{\delta}$. Возьмём $\sum \mathbf{M_a = 0}$;

$$\mathrm{Q}\cdot \frac{\mathbf{L}}{\mathbf{2}} + \mathbf{X} \cdot \frac{\mathbf{M}}{\mathbf{L}} \cdot \frac{\mathbf{L}}{\mathbf{2}} - \mathbf{M} - \mathbf{Q} \cdot \frac{\mathbf{L}}{\mathbf{2}} + \mathbf{X} \cdot \frac{\mathbf{M}}{\mathbf{L}} \cdot \frac{\mathbf{L}}{\mathbf{2}} + \mathbf{2} \cdot \mathbf{Q} \cdot \boldsymbol{\delta} = \mathbf{0},$$

$$\mathrm{X\cdot M\text{-}M+2\cdot Q}\cdot \boldsymbol{\delta} = \mathbf{0}; \quad \boldsymbol{\delta} = \frac{\mathbf{(1-X)M}}{\mathbf{2Q}}$$

- **Третий случай: болты затянуты, приложены сила и момент**

Мы рассмотрели отдельно влияние нормальной нагрузки N и влияние опрокидывающего момента, теперь рассмотрим их совместно. Когда действовал один момент, были приложены силы $\mathbf{P_{M1}}, \mathbf{P_{M2}}$ при приложении отрывающей силы эти силы, очевидно, увеличились на величину N. Реакция стыка будет иметь также вид трапеции. Вектор $\mathbf{v_0}$ реакции стыка сместится на величину $\boldsymbol{\delta}$.

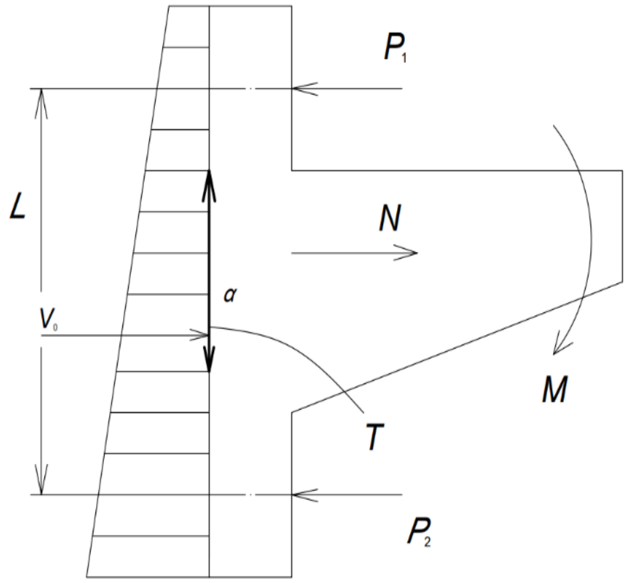

Рисунок 5

Найдём величины $\mathbf{P_1}$ и $\mathbf{P_2}$.

$\mathbf{P_1} = \mathbf{Q} + \mathrm{X}(\frac{\mathbf{N}}{\mathbf{2}} + \frac{\mathbf{M}}{\mathbf{L}})$; $\quad \mathbf{P_2} = \mathbf{Q} + \mathrm{X}(\frac{\mathbf{N}}{\mathbf{2}} - \frac{\mathbf{M}}{\mathbf{L}})$

Когда нет внешних сил, то имеем Q.Затемприложили силу N идобавили момент M. В верхнем ряду M добавился, а внизу убавился на величину M/L. Кроме того, добавилась сдвигающая сила, перпендикулярная оси болта. Она может передаваться болту? Нет. Она должна быть уравновешена силами трения и при определении $\mathbf{P_1}, \mathbf{P_2}$не учитывается. Перед скобкой будет коэффициент воспринимаемой нагрузки X (хи). Величина остаточной реакции стыка запишется, как и в первом случае:

$\mathbf{V_0} = \mathbf{2Q} - (\mathbf{1} - \mathbf{X}) \cdot \mathbf{N}$, так как от момента она не изменилась. Но в данном случае это не полное значение реакции. Это только нормальная составляющая реакции. Существует касательная составляющая реакции. Возьмём момент всех сил $\sum \mathbf{M_a}$и приравняв его к нулю, получим

$\mathbf{V_0\delta = (1 - X) \cdot M}$, отсюда $\boldsymbol{\delta} = \frac{\mathbf{(1-X)M}}{\mathbf{V_0}}$.

Касательная составляющая реакции направлена в сторону, противоположную сдвигающей силе.Для предотвращения сдвига должно выполняться условие $\mathbf{V_0 \cdot f \geq T}$.

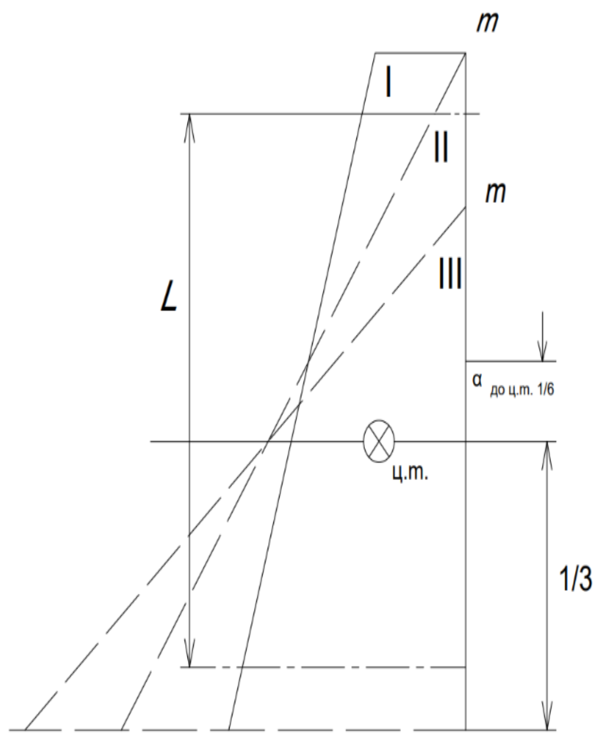

Рисунок 6

Но выполнение этого условия недостаточно для работоспособности соединения. В нашем случае мы нарисовали трапецию. В крайних случаях, когда отрывающие силы большие, она может иметь вид треугольников 2 и 3. Когда 3, то на участке произойдёт отрыв. Очевидно, всё дело в $\boldsymbol{\delta}$, которая для болта меньше какой-либо величины. Допустим мы превратили эпюру в треугольник, то чему равно смещение?$\frac{\mathbf{1}}{\mathbf{6}}$? А с запасом -$\frac{\mathbf{1}}{\mathbf{10}}\boldsymbol{\delta} \leq \frac{\boldsymbol{L}}{\mathbf{10}}$. Причём L – это не вся высота треугольника, а расстояние между болтами, т.е. имеем ещё запас.

Литература

1. Телушкин В.Д. Соединения и детали машин для районов с холодным климатом. М., Машиностроение, 1978 – 196 с.