

ИЗГИБНЫЕ КОЛЕБАНИЯ ВАЛОВ

*Студенты – Ласица П.В., 72 м, 3 курс, АМФ;
Малашенко В.С., 73 м, 3 курс, АМФ;
Илькевич А.В., 40 тс, 2 курс, ФТС*

*Научный
руководитель – Оскирко А.И., ст. преподаватель
УО «Белорусский государственный аграрный технический
университет», г. Минск, Республика Беларусь*

Аннотация. В статье рассмотрены изгибные колебания валов, установка для определения критической скорости вращения вала.

Ключевые слова. Колебания вала, критическая скорость вала, статический прогиб, критическая частота вращения вала.

Колебания валов связаны с периодическим изменением жесткости валов, опор и деталей передач, а также передаваемой нагрузки, неуравновешенностью вращающихся масс, в том числе валов, неравномерностью распределения сил в области контакта валов с другими деталями.

Наиболее характерными колебаниями валов являются изгибные (поперечные), крутильные и изгибно-крутильные. Здесь рассматриваются лишь изгибные колебания валов.

При совпадении или кратности частоты возмущающих сил и частоты собственных колебаний может наступить явление резонанса, при котором амплитуда колебаний резко возрастает, что может вызвать поломку вала.

История знает случаи, когда такие поломки приводили к большим экономическим и техногенным катастрофам, к травматизму и даже гибели обслуживающего персонала. Поэтому изучению данной темы следует уделить особое внимание. Будущий инженер обязан знать причины вызывающие изгибные колебания валов, методику определения критической скорости вала. И в этом может помочь созданная для этого установка, которая позволяет экспериментально определить критическую скорость вала и его прогиб. Для создания эффекта опасности, при достижении валом критической скорости, установка издает световой и звуковой сигналы.

Расчет сводится к определению частоты собственных колебаний (критической частоты вращения, мин^{-1}) и сравнению ее с частотой возмущающих сил (фактической частотой вращения, мин^{-1}) с целью оценки возможности появления резонанса, при котором частоты собственных колебаний и возмущающих сил совпадают или кратны и вращение вала становится динамически неустойчивым.

Пусть на вал симметрично опорам посажен диск массой m (рисунке 1).

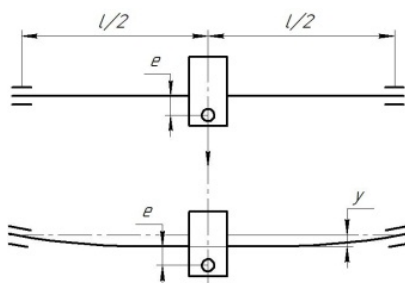


Рисунок 1 – Схема к определению критической частоты вращения вала

Центр тяжести диска смещен относительно оси вращения на величину e , поэтому при вращении возникает одна неуравновешенная центробежная сила:

$$F_{ц} = m\omega^2(y + e), \text{ Н} \quad (1)$$

где ω – угловая скорость вала, рад/с;

$y + e$ – радиус вращения центра тяжести диска, мм.

Вектор $F_{ц}$ изменяет направление при вращении, поэтому вал находится в состоянии гармонических колебаний. При симметричном расположении центра тяжести диска относительно опор без учета сил тяжести вала прогиб определяется:

$$y = \frac{F_{ц}l^3}{48EI_z}, \text{ мм} \quad (2)$$

где E – модуль упругости материала вала, МПа;

I_z – осевой момент инерции сечения вала, мм⁴;

l – длина балки, мм.

Пусть $\frac{48EI_z}{l^3} = k$ (Н/мм) – сила, вызывающая единичный прогиб. Таким образом

$$F_{ц} = ky. \quad (3)$$

Круговая частота собственных поперечных колебаний рассматриваемой системы (рис. 1), с учетом массы вала, будет определяться как круговая частота собственных поперечных колебаний безмассового вала, нагруженного посередине весом диска Q и приведенным весом вала Q_v . Отсюда, критическая угловая скорость вращения вала будет равна круговой

частоте собственных поперечных колебаний вала с диском:

$$\omega_{кр} = \omega_c = \sqrt{\frac{48gEI_z}{\frac{33}{g}Q + \frac{17}{35}Q_b \frac{\ddot{J}_3}{\varnothing}}}, \text{ (рад/с)} \quad (4)$$

или критическая частота вращения вала в оборотах в минуту:

$$n_{кр} = \frac{30}{\pi} \sqrt{\frac{48gEI_z}{\frac{33}{g}Q + \frac{17}{35}Q_b \frac{\ddot{J}_3}{\varnothing}}}, \text{ (мин}^{-1}\text{)} \quad (5)$$

где Q, Q_b – соответственно вес диска и вала, Н;

$$\frac{17}{35}Q_b \frac{\ddot{J}_3}{\varnothing} \text{ – приведенный вес вала, Н.}$$

Статический прогиб определяется по уравнениям механики материалов без учета силы тяжести вала, таким образом критическую частоту вращения легко определить по статическому прогибу:

$$y = \frac{e}{\frac{33}{g}n^2 \frac{\ddot{J}_3}{\varnothing} - 1}. \quad (6)$$

Отсюда следует, что при $n \rightarrow n_{кр}$ и $y \rightarrow \infty$, т.е. возникает явление самоустановки, при котором центр тяжести вращающейся массы стремится совпасть с осью вращения вала. При частоте вращения вала, близкой к критической, возникают сильные вибрации. Следовательно, резонанс может быть устранен применением валов достаточной изгибной жесткости или тонких гибких валов.

Из последней формулы видно, что с увеличением частоты n вращения вала при $n < n_{кр}$ (докритический режим) прогиб y вала возрастает и при $n \rightarrow n_{кр}$ стремится к бесконечности (рис. 2).

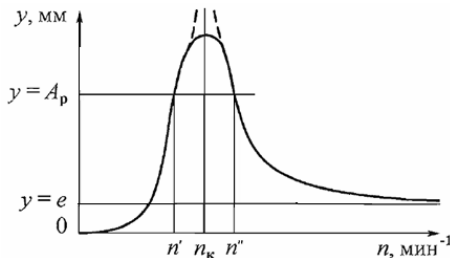
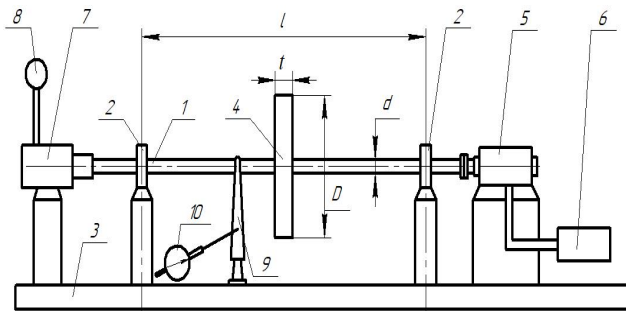


Рисунок 2 – Зависимость прогиба вала от частоты вращения

Предлагаемая установка (рисунок 3), представляет собой вал 1, вращающийся в подшипниковых опорах 2, закрепленных на основании 3.

На валу, в среднем сечении, насажен диск 4. Вал приводится во вращение электродвигателем 5, позволяющим с помощью регулятора оборотов 6 изменить в широких пределах угловую скорость.

Обороты вала замеряются с помощью тахогенератора 7, соединенного гибкой связью с валом, и микроамперметра 8. Колебания вала при вращении замеряются посредством индикатора 10, через пружинный упор 9.



1 – вал; 2 – подшипниковые опоры; 3 – основание; 4 – диск; 5 – электродвигатель; 6 – регулятор оборотов; 7 – тахогенератор; 8 – микроамперметр; 9 – пружинный упор; 10 – индикатор.

Рисунок 3 – Установка для определения критической скорости вращения вала

Список использованных источников

1. Скойбеда, А.Т. Детали машин. Теория и расчет: учебно-методическое пособие / А.Т. Скойбеда, В.А. Агейчик, И.Н. Кононович. – Минск: БГАТУ, 2014. – 372 с.
2. Гузенков П.Г. Детали машин: Учеб. для вузов. – 4-е изд., пер. М.: Выш. шк., 1986. – 359 с.: ил.

УДК 631.331

ИННОВАЦИОННАЯ КОНСТРУКЦИЯ ЗЕРНОТУКОТРАВЯНОЙ СЕЯЛКИ

*Студентка – Хартанович А.М., 43 тс, 1 курс, ФТС
Научный*

*руководитель – Романюк Н.Н., к.т.н., доцент
УО «Белорусский государственный аграрный технический
университет», г. Минск, Республика Беларусь*

Одним из факторов, влияющих на получение высокого урожая сельскохозяйственных культур, является качество выполняемых посевных работ за счет создания благоприятных условий для прорастания семян в поч-