

УДК 621.4

ПРИНЦИП ЭФФЕКТИВНОГО ДЕМПФИРОВАНИЯ КОЛЕБАНИЙ РОТОРА МНОГОРЕЖИМНОГО ГТД

Барманов И.С.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П.Королёва (национальный исследовательский университет), г. Самара

Для снижения вибрации роторов широкое распространение получили короткие гидродинамические демпферы (ГДД) в опорах ГТД благодаря малым габаритам и простоте конструкции. Тангенциальная гидродинамическая сила, определяющая демпфирование колебаний, определяется выражением

$$F_{\tau} = \mu R \frac{L^3}{\delta_0^2} \left(\frac{2\varepsilon \dot{\varepsilon}}{(1-\varepsilon^2)^2} + \frac{\pi}{2} \frac{\Omega \varepsilon}{(1-\varepsilon^2)^{1.5}} \right),$$

где μ – динамическая вязкость масла, R – радиус вибратора, L – длина демпфера, δ_0 – демпферный зазор, ε – относительный эксцентриситет, $\dot{\varepsilon}$ – производная от ε , Ω – угловая скорость прецессии. При малых стационарных колебаниях коэффициент демпфирования можно определить по формуле

$$d = \frac{F_{\tau}}{e\Omega}$$

Демпфирование снижает амплитуду колебаний на резонансе, однако после прохождения резонанса демпфирование может существенно увеличить нагрузки, передаваемые на корпус. Коэффициент передачи усилия K является важной характеристикой, показывающей во сколько раз динамическое возмущение, возникшее в каком-либо узле, усиливается системой ротор-опоры при передаче его на корпус и рассчитывается по формуле

$$K = \frac{\sqrt{Ac^2 + A\omega d^2}}{m\omega^2},$$

где A – амплитуда колебаний; ω – круговая частота колебаний; c – жёсткость опор; d – демпфирование в опоре; m – масса; e – эксцентриситет.

На рис. 1 приведены зависимости амплитуды колебаний и коэффициента передачи усилий от коэффициента демпфирования для передней опоры двигателя НК-14СТ с коротким гидродинамическим демпфером.

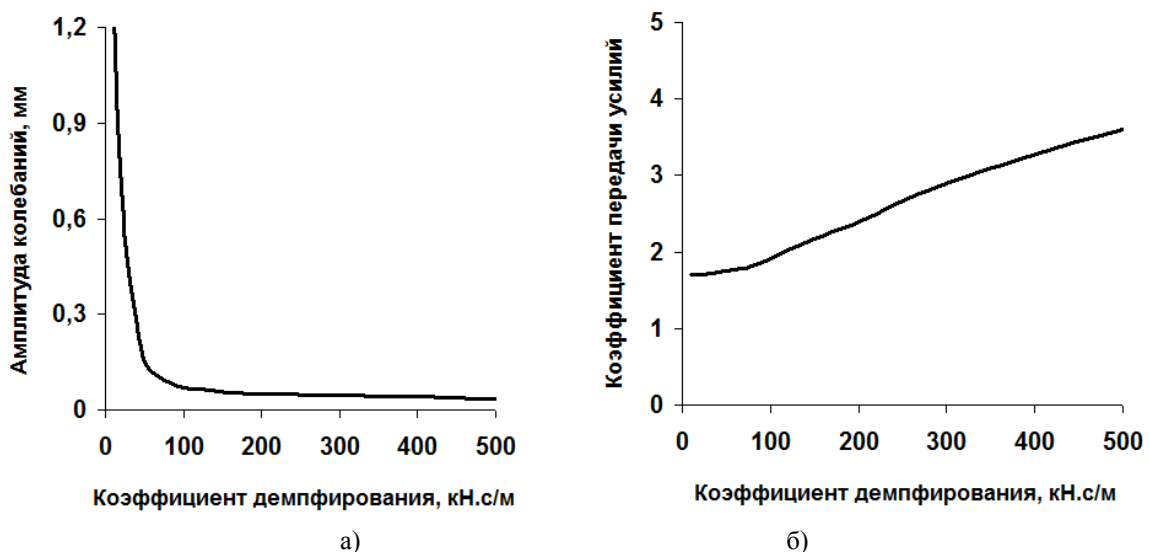


Рисунок 1. Зависимость амплитуды колебаний (а) и коэффициента передачи усилий на корпус (б)

от коэффициента демпфирования передней опоры двигателя НК-14СТ

Из данных зависимостей видно, что с увеличением демпфирования в опоре коэффициент передачи усилия возрастает, но при этом обеспечивается небольшая амплитуда колебаний. Поэтому ищут компромисс между эффективностью демпфирования и динамической напряжённостью корпуса. В ряде случаев идут на снижение демпфирующих свойств опоры для снижения нагрузок, что может быть не всегда целесообразно с точки зрения ресурса и надёжности двигателя.

При проектировании необходимо выполнить два условия:

1. Обеспечить амплитуду колебаний на резонансе, максимальная величина которой не превышает радиальные зазоры в лабиринтных уплотнениях;
2. Обеспечить минимальный коэффициент передачи усилий на рабочем режиме.

Выполнить данные условия для многорежимного ГТД затруднительно, поэтому предлагается отключить демпфирования после прохождения резонанса. Это можно реализовать с помощью следующей опоры ротора. Принципиальная схема приведена на рис. 2, а конструктивное исполнение приведено на рис. 3. Опора состоит из упругого элемента, подшипника и демпфера.

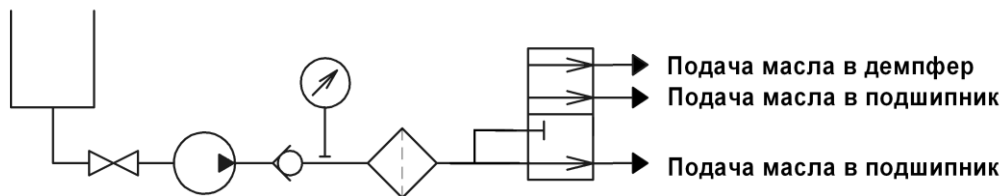


Рисунок 2. Принципиальная схема

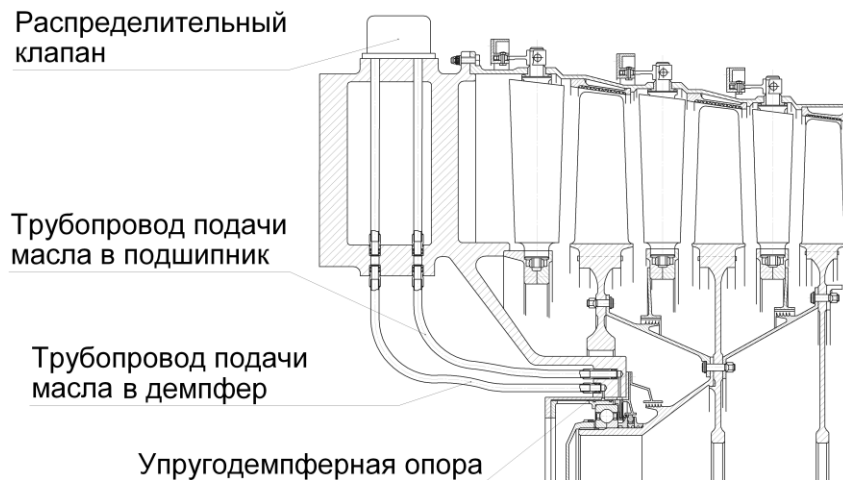


Рисунок 3. Опора ротора

В опору через распределительный клапан по двум несвязанным трубопроводам подаётся масло: для смазки подшипника и для питания демпферного зазора. При запуске двигателя масло подаётся в подшипник и демпфер, обеспечивая эффективное гашение колебаний при прохождении резонанса. Так как время запуска мало по сравнению с продолжительностью работы ГТД, то возможные высокие значения усилия, передаваемого на корпус, не приведут к существенному снижению ресурса. После прохождения резонанса распределительный клапан прекращает подачу масла в демпферный зазор, тем самым выключая демпфер из работы.