

РАСЧЕТ ОСЕВЫХ КОЛЕБАНИЙ: ПРАКТИЧЕСКАЯ НЕОБХОДИМОСТЬ ИЛИ ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ИЗОЩРЕННОСТЬ?

Румб В.К., к.т.н., проф. кафедры,
СПб ГМТУ

Вопрос о необходимости расчета осевых колебаний валопроводов с ДВС дискутируется сравнительно давно, однако до сих пор на него нет однозначного ответа.

Пожалуй, первыми, кто основательно подошел к исследованию этих колебаний, были сотрудники фирмы «Fiat Gugliemotti» и «Masiotta». Они в 1970-е годы провели измерения осевых колебаний на 14-ти судовых установках с МОД. Измерялись колебания на свободном конце коленчатого вала и на гребном валу. Полученные экспериментальные результаты сравнивались с расчетными. Обнаруженные резонансы не представляли опасности для прочности коленчатого вала и валопровода.

Между тем автору известны два случая, когда осевые колебания становились причиной аварийных ситуаций. Так, на танкере проекта 05-55 дедвейтом 47,5 тыс. т с МОД БДКРН50/200 обнаружено два резонанса осевых колебаний: на 108 об/мин амплитуда носового конца коленчатого вала достигла 6,7 мм, а на 75 об/мин — 6,6 мм. Эти амплитуды существенно превышают допустимый разбег вала 0,93 мм, установленный заводом изготовителем дизеля. Во втором случае на танкере IBERIA с дизелем БДКРН42/136 вибрация в ходовой рубке превышала допустимый уровень. Расчеты показали, что источником вибрации были осевые колебания коленчатого вала, которые через упорный подшипник передавались корпусу судна. Частота вибрации 900 1/мин соответствовала резонансным колебаниям 6-го порядка главного дизеля.

Существуют и другие примеры, которые свидетельствуют об аварийных ситуациях по причине осевых колебаний. Поэтому можно утверждать: во-первых, осевые колебания реально существуют

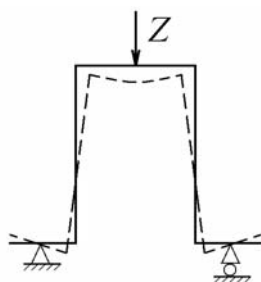


Рис. 1. Деформации колена вала

и представляют опасность для судового валопровода, во-вторых, им надо уделять внимания не меньше, чем крутильным колебаниям и, в-третьих, особенно опасны осевые колебания в судовых установках с длинноходными ДВС, у которых отношение S/D составляет 3–4,4. У таких двигателей отсутствует перекрытие шеек коленчатого

вала, в результате его податливость в осевом направлении увеличивается и растет вероятность появления опасных резонансов.

Своим появлением эти колебания обязаны переменным деформациям колена вала под действием радиальной силы Z (рис. 1). Деформация изгиба сопровождается продольным укорочением или удлинением колена, являющиеся главными движениями при осевых колебаниях. Эквивалентная этим движениям осевая сила T выражается через передаточную функцию k_e зависимостью $T = k_e \cdot Z$.

Расчеты крутильных и осевых колебаний имеют много общего. При расчете осевых колебаний судового валопровода также заменяется дискретной моделью (рис. 2). Соответственно, дифференциальные уравнения, описывающие свободные и вынужденные осевые колебания, можно получить непосредственно из подобных

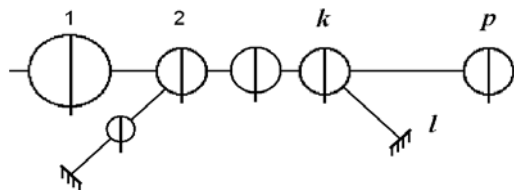


Рис. 2. Расчетная схема валопровода

уравнений для крутильных колебаний, если вместо угловых перемещений масс рассматривать перемещения линейные, моменты инерции масс заменить просто массами, а крутильные колебания податливости — осевыми податливостями. В отличие от крутильных, осевые колебания связаны с корпусом судна через упорный подшипник. На модели связь изображается в виде ответвления с осевой податливостью $e_{k,l}$. Ответвление заканчивается жесткой заделкой. Подобная связь валопровода с корпусом осуществляется демпфером осевых колебаний. На расчетной схеме он идеализирован ответвлением с тремя массами, причем крайняя масса имеет жесткое крепление.

Таким образом, расчеты осевых колебаний в вычислительном отношении не вызывают больших затруднений. Анализ выполненных автором расчетов показывает, что напряжения в валах от действия осевых колебаний малы, чтобы их использовать в качестве нормирующего параметра. Нормировать осевые колебания следует по амплитудам, например, по амплитуде носового

конца коленчатого вала.

В заключение еще раз отметим, что осевые колебания валопроводов являются причиной разнообразных аварий. Особенно опасными они становятся в установках с современными МОД, а поэтому для таких установок расчет осевых

колебаний является практической необходимостью. Учитывая данный факт, некоторые классификационные общества уже включили в свои Правила соответствующие разделы, регламентирующие требования к расчету осевых колебаний, их измерению и контролю демпферов.