

АНАЛИТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КРУТИЛЬНЫХ КОЛЕБАНИЙ СУДОВЫХ ВАЛОПРОВОДОВ

Н.А. ПОЛЯКОВ, С.Г. ЧУЛКИН

**Санкт-Петербургский государственный морской технический университет,
г. Санкт-Петербург, Российская Федерация**

В работе рассматривается влияние изменения диаметров отдельно выбранных валов на свободные колебания системы валопровода.

Проблеме крутильных колебаний судовых валопроводов всегда уделялось особое внимание, как со стороны контролирующих органов (РС), так и со стороны заказчика судов [1–6]. Аналитические исследования крутильных колебаний, возникающих в судовых валопроводах во время эксплуатации, являются ответственным этапом проектирования валопровода, а последующее подтверждение расчетных значений путем торсиографирования – этапом программы приемо-сдаточных испытаний.

Причиной значимости данного явления является вероятность появления резонансных колебаний в системе валопровода, и, как следствие, возможность возникновения критических напряжений в опасных сечениях валов, что может привести к аварийным ситуациям. В случае, когда на этапе проектирования подтверждается наличие резонансных частот в рабочем диапазоне эксплуатации движительной установки, необходимо принять меры по отстройке от опасных частот.

Отстройка производится путем изменения параметров колебательной системы (ККС), в первую очередь увеличением жесткости валопровода путем увеличения его диаметра, что приводит к увеличению оборотов, при которых возникает резонансные частоты. В случае, когда отстройка невозможна, применяют демпферы различных конструкций, однако такой способ не всегда применим.

Определение ориентировочных данных по тенденциям изменения характеристик валопровода при итерационном проектировании, имеет практическую значимость при изменении параметров ККС в целях обеспечения выполнения правил РС к крутильным колебаниям.

При отстройке от резонансных частот, наиболее простым решением является изменение диаметров одного (нескольких) валов в валопроводе. В связи с чем был проведен анализ влияния изменения диаметров валов опытного валопровода Ледокола на частоту свободных колебаний ККС по следующим группам:

1. По относительной массе:
 - диаметр вала с наименьшей массой;
 - диаметр вала с наибольшей массой;
 - диаметр валопровода.

2. По относительной податливости:

- диаметр вала с наименьшей податливостью;
- диаметр вала с наибольшей податливостью;
- диаметр валопровода.

Изменение диаметра всего валопровода рассматривается в каждой группе для получения относительной картины влияния изменения отдельных параметров ККС.

В настоящей работе при исследовании параметров валопровода изменению подвергался основной диаметр валопровода, составляющий 545 мм, диаметры шеек валов и фланцев оставлены без изменения.

Для рассмотренных групп рассчитаны изменения диаметров в диапазоне от –10% до +10% (рис. 1 и 2).

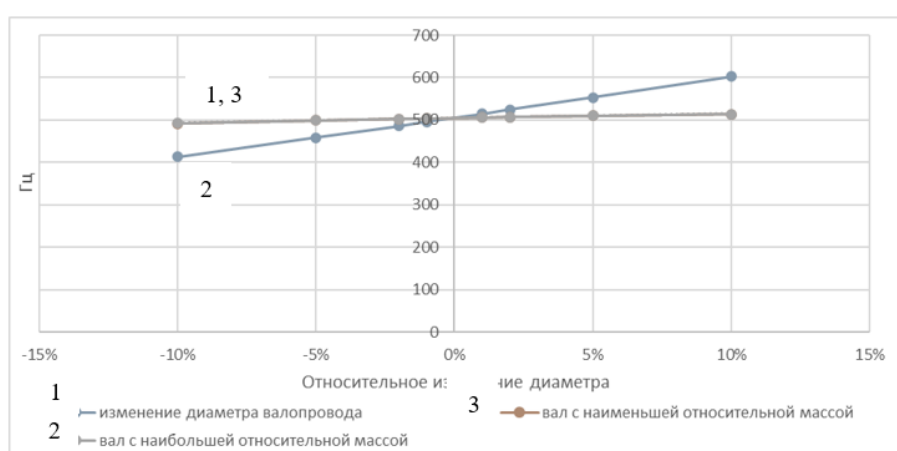


Рисунок 1. – Влияние изменение диаметра валов группы с выборкой по массе на частоту свободных колебаний ККС

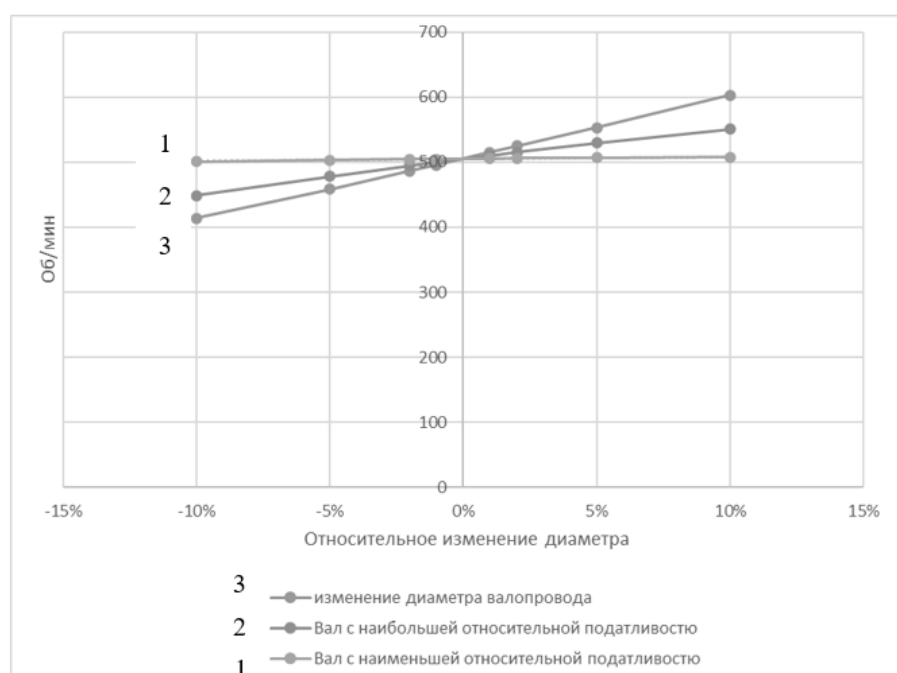


Рисунок 2. – Влияние изменение диаметра валов группы с выборкой по податливости на частоту свободных колебаний ККС

Анализируя диаграммы можно сделать вывод о влиянии диаметров валов на характеристики ККС.

Изменение диаметра валов на 1% в большинстве рассмотренных вариантов приводит к изменению частоты свободных колебаний не более 1%, однако при изменении диаметра вала с наибольшей относительной податливостью влияние на величину свободных колебаний достигает 6%.

Таким образом, аналитический расчет крутильных колебаний является неотъемлемым этапом постройки судна и результат анализа совместно с другими конструкторскими расчетами будет влиять на принятые при проектировании решения. Обнаруженные при сдаточных испытаниях крутильные колебания могут привести в лучшем случае, к локальным доработкам валопровода как в рассмотренном примере, где увеличение диаметра промежуточного вала, как вала с наибольшей податливостью, на 2% увеличит на 10 об/мин частоту свободных колебаний. Рассматривать в данном случае стоит доработку именно промежуточного вала, так как изменение характеристик других валов, согласно приведенному анализу, не приведет к значимым изменением частоты свободных колебаний.

Альтернативным решением будет доработка нескольких валов под установку упругой муфты (при наличии конструктивной возможности) или ограничение ходовых характеристик судна, что с большой вероятностью, является неприемлемым для заказчика судна.

ЛИТЕРАТУРА

1. Российский Морской Регистр Судоходства Часть VII. «Механические установки», «Правила классификации и постройки морских судов», изд. 2023г.
2. Терских, В. П. Крутильные колебания валопровода силовых установок / В. П. Терских – Т.1. – Ленинград: "Судостроение", 1969 – 200 с.
3. Терских, В. П. Крутильные колебания валопровода силовых установок / В. П. Терских – Т.2. – Ленинград: "Судостроение", 1970 – 202 с.
4. Терских, В. П. Крутильные колебания валопровода силовых установок / В. П. Терских – Т.3. – Ленинград: "Судостроение", 1970 – 271 с.
5. Терских, В. П. Крутильные колебания силовых установок / В. П. Терских – Т.4. – Ленинград: "Судостроение", 1969 – 271 с.
6. Валопроводы судовые. Правила и нормы проектирования. РД.5.4307-79 1981. – 148 с.