

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СУДОВ

№ 5
2011

сентябрь–октябрь

ВОЕННОЕ КОРАБЛЕСТРОЕНИЕ

СУДОВОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

ТЕХНОЛОГИЯ СУДОСТРОЕНИЯ

ИСТОРИЯ



В ОАО «ЦТСС» создан комплекс оборудования
для механизированной сборки и
роботизированной сварки панелей

СУДОСТРОЕНИЕ

5•2011

(798) сентябрь—октябрь

Издается с сентября 1898 г.

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕЗИДЕНТ

НТО судостроителей им. академика А. Н. Крылова
и Ассоциации судостроителей Санкт-Петербурга и Ленобласти
Александров В. Л.

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

Пашин В. М. — научный руководитель — директор
ЦНИИ им. академика А. Н. Крылова

ПЕРВЫЙ ЗАМ. ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА

Горбач В. Д. — генеральный директор Центра технологии
судостроения и судоремонта

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Горынин И. В. — президент — научный руководитель
ЦНИИ КМ «Прометей»
Жарков Н. С. — ген. директор завода «Красное Сормово»
Климовский С. Д. — ученый секретарь ЦВММ
Клячко Л. М. — ген. директор ЦНИИ «Курс»
Корякин Ю. А. — первый зам. директора ЦНИИ «Морфизприбор»
Максимов Ю. А. — ген. директор Калужского турбинного завода
Никитин В. С. — ген. директор ЦС «Звездочка»
Осипов В. А. — ген. директор Концерна «Морское подводное
оружие — Гидроприбор»
Пешехонов В. Г. — ген. директор Концерна ЦНИИ «Электроприбор»
Пялов В. Н. — ген. конструктор СПМБМ «Малахит»
Стругов Л. В. — директор Департамента суд. пром. и морск. техники
Шаталов В. В. — ген. директор КБ «Вымпел»
Шляхтенко А. В. — ген. директор — ген. конструктор ЦМКБ «Алмаз»
Юхнин В. Е. — ген. конструктор Северного ПКБ

ДИРЕКТОР РЕДАКЦИИ —

ЗАМ. ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА

Хаустов А. Н., тел. (812) 7860530, факс: (812) 7860459
e-mail: inbox@sstc.spb.ru
www.sstc.spb.ru/issues

ОТВЕТСТВЕННЫЙ СЕКРЕТАРЬ

Климов В. В., тел. (812) 7861609

РЕДАКТОР ОТДЕЛА

Афонин Н. Н., тел. (812) 7861609

АДРЕС РЕДАКЦИИ

Россия, 198095, Санкт-Петербург, Промышленная ул., 7

ЖУРНАЛ ИЗДАЕТСЯ

ОАО «ЦЕНТР ТЕХНОЛОГИИ СУДОСТРОЕНИЯ И СУДОРЕМОНТА»

www.sstc.spb.ru

© Журнал «Судостроение», 2011

НА СУДОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

3

ГРАЖДАНСКОЕ СУДОСТРОЕНИЕ

Егоров Г. В., Ильницкий И. А., Тонюк В. И. Многоцелевые сухогрузные суда смешанного «река—море» плавания класса «Волго-Дон макс» типа «Надежда» и «Танаис»

9

ВОЕННОЕ КОРАБЛЕСТРОЕНИЕ

Гаврилюк Л. П., Комок А. И. Модульные принципы строительства боевых кораблей. Некоторые проблемы и пути их решения
Операция «Бегемот»
Б. А. Барбанелю — 75 лет!

19

25

26

СУДОВЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ

Куренский А. В., Грибиниченко М. В. Осевые гибридные лепестковые подшипники с газовой смазкой для судовых турбомашин
Кузнецов С. Е., Кудрявцев Ю. В. Влияние нагрузки и коэффициента мощности на коэффициент полезного действия судового синхронного генератора

27

29

СУДОВОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Мартиросов Г. Г. Анализ мореходности и эксплуатационной надежности ледоколов и судов ледового плавания с пропульсивными комплексами с ВФШ и ВРШ
Башуров Б. П., Николаев И. Н., Гриценко М. В., Брежнев А. В. Контроль вибрации винторулевых колонок морских судов
Горин С. В., Куклин М. В. Эффективность применения упругоинерционных элементов для снижения гидродинамического шума судовых систем

33

36

38

ОРГАНИЗАЦИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ СУДОСТРОЕНИЯ

Корнев А. В. Опыт использования комплекта компьютеризированных оптоэлектронных измерительных систем в судостроении
Труханов В. М., Комочков В. А. Новые методы планирования объемов испытаний оборудования судов
Орлов Л. Н., Шарапова Д. М., Аверьянов А. А., Волинец В. Л., Шарпов М. Г. Технологические возможности снижения содержания водорода в сварных швах при изготовлении и ремонте корпусных конструкций судов

40

44

46

СУДОРЕМОНТ И УТИЛИЗАЦИЯ

Григорьев А. К. Опыт эксплуатации дейдвудных подшипников с капролоновыми планками на атомном ледоколе «Ямал» в 1999—2009 гг.
Савинкин Р. В., Луценко В. Т. Износ листов наружной обшивки судов из стали 10ХСНД в Тихоокеанском бассейне

52

54

ИНФОРМАЦИОННЫЙ ОТДЕЛ

Юбилейная «Нева» (56). ОАО «ЦТСС» на «Неве 2011» (57). Заседание BRASS в Санкт-Петербурге (60). Союз промышленников станет мощной силой (61). **Шайб П. А.** Ю. С. Титкову — 80 лет! (62). Зарубежная информация (63). И. Я. Баскакову — 75 лет! (66). Памяти И. П. Мирошниченко (18). Блиц-новости (55, 61)

ИСТОРИЯ СУДОСТРОЕНИЯ И ФЛОТА

Климовский С. Д. Адмиралтейство в Ново-Архангельске
Васильев Д. М. К вопросу о марках на трубах миноносцев Черноморского флота
Черников И. И. Броненосцы Франции XIX века
Кузнецов Л. А. Перевооружение крейсеров «Адмирал Макаров» и «Баян»

67

69

71

77

КОНТРОЛЬ ВИБРАЦИИ ВИНТОРУЛЕВЫХ КОЛОНК МОРСКИХ СУДОВ

Б. П. Башуров, докт. техн. наук, начальник кафедры,
И. Н. Николаев, аспирант, **М. В. Гриценко**, канд. техн.
 наук, **А. В. Брежнев**, канд. техн. наук (Морская
 государственная академия им. адмирала Ф. Ф. Ушакова)

УДК 629.12.037.21

В настоящее время на судах и морских буксирах находят широкое применение винторулевые колонки (ВПК), поставляемые фирмами Aquamaster (Rolls Royce), Schottel (Siemens) и др.

Нормативная и техническая документация классификационных обществ (Российский морской регистр судоходства — РС [1, 2], Det Norske Veritas, Lloyd Register of Shipping и т. д.) позволяет проводить освидетельствование судовых технических средств (СТС) с использованием безразборных методов диагностики путем проведения измерений, анализа результатов контроля и изменения технического состояния объектов надзора (насосы, вентиляторы, турбокомпрессоры дизелей, ВПК, центробежные сепараторы и т. д.). Результаты контроля и анализа изменения технического состояния СТС, сведения о выполненных работах при проведении технического обслуживания, а также информация об отказах и заменах деталей в период между освидетельствованиями согласовываются с РС и включаются в базу данных для проведения безразборного освидетельствования, что, в свою очередь, дает возможность судовладельцам:

- ✓ увеличить период между разборками СТС для предъявления инспекторам РС;
- ✓ сократить продолжительность заводского ремонта и увеличить эксплуатационный период судна;
- ✓ снизить трудозатраты на все виды ремонта и на техническое обслуживание;
- ✓ снизить расходы на приобретение сменно-запасных частей.

Для проведения мониторинга при планово-предупредительном обслуживании ВПК и повышения эффективности технической эксплуатации разработаны методики и рекомендации по контролю и нормированию вибрации ВПК морских судов

путем контроля и исследования вибрационных характеристик.

В мероприятия по контролю вибрации ВПК входят разработка методик контроля технического состояния ВПК и линии вала и согласование ее с РС и проведение систематических (не реже одного—двух раз в год) измерений вибрационных характеристик ВПК и линии вала.

Контроль технического состояния ВПК включает в себя:

- визуальный контроль, который предполагает регулярный осмотр систем и элементов ВПК в межремонтный период. При доковании судна проводится осмотр подводных элементов ВПК в объеме, предусмотренном инструкциями по эксплуатации и рекомендациями изготовителя;
- параметрический контроль, предусматривающий наблюдение и фиксацию температуры смазочного масла в ВПК. На основании повахтенных записей каждые 3 мес в журнал заносятся средние значения температуры за период эксплуатации;
- контроль качества масла, который проводится не реже 2 раз в год согласно одобренному РС «Сборнику инструкций по браковочным показателям всех видов сма-

зочных и гидравлических масел, применяемых на судах морского флота» ЯКУТ.12-001-97 в специализированной лаборатории, сертифицированной РС;

- вибрационный контроль с помощью анализатора шума и вибрации, например SVAN 912AE, или иных признанных и сертифицированных приборов, работающих в узкополосном диапазоне 1—1500 Гц.

Наиболее эффективный вид контроля — вибрационный. Он дает возможность зафиксировать начальное техническое состояние ВПК и отследить его изменение в процессе эксплуатации, а также обнаружить дефекты подвижных (вращающихся) элементов на этапе их зарождения и проследить за их развитием. На основе таких наблюдений (при условии их регулярности и периодичности) возможна оценка технического состояния ВПК и прогнозирование состояния на определенный период эксплуатации.

Основные достоинства метода контроля по вибрационным параметрам:

- высокая оперативность получения результатов измерений (общая оценка технического состояния может занять от 30 мин до 1 ч непосредственно на борту судна);
- возможность определения места возникновения дефекта;
- возможность определения дефекта на этапе его возникновения, когда другими методами этого сделать невозможно;
- возможность наблюдения за развитием дефекта и недопущения достижения им критических величин и, как следствие, аварийного выхода ВПК из строя;
- составление прогноза по изменению технического состояния на определенный период, что позволяет своевременно и качественно подготовиться к проведению ремонтных работ, сократить сроки и стоимость ремонта;
- сравнительно невысокая стоимость и мобильность приборного обеспечения методов;
- возможность получения данных о состоянии не только ВПК, но и связанных с ней механизмов, элементов корпуса и т. д.

Проведение вибрационного контроля включает в себя:

а) вибрационный контроль ВПК и подшипников валопровода на трех режимах работы главного двигателя

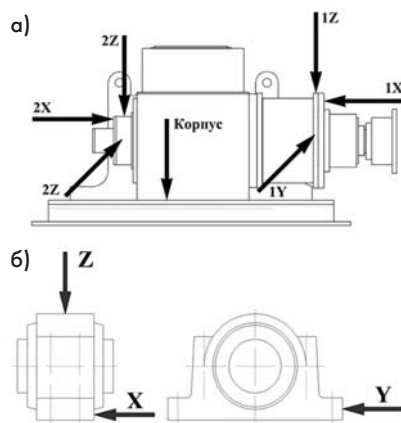


Рис. 1. Точки контроля вибрационного состояния ВПК: а — на корпусе ВПК; б — на подшипниках линии вала

в соответствующих точках не реже 1–2 раз в год (рис. 1, а, б);

б) анализ результатов измерений, включающий в себя оценку:

технического состояния ВРК по среднеквадратичным значениям (СКЗ) уровней вибрации в диапазоне частот 10–1000 Гц;

технического состояния подшипников валопровода по СКЗ уровней вибрации в диапазоне частот 10–1000 Гц;

технического состояния элементов ВРК на характерных частотах верхнего редуктора, промежуточного вала, нижнего редуктора, лопастной частоте и частоте вала винта в третьоктавном диапазоне частот;

в) результатов анализа и выдачу заключения.

Предложенная схема вибрационного контроля позволяет оценить общее техническое состояние ВРК и подшипников валопровода по СКЗ

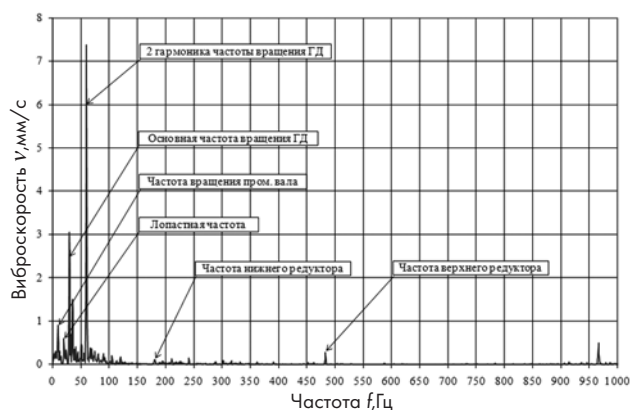


Рис. 2. Узкополосный спектр вибрации ВРК типа SRP1010 «Schottel» в точке IX (режим работы ГД при $n = 1800$ об/мин)

(пункты а, б) и дать заключение об их техническом состоянии. Оценка технического состояния элементов ВРК и валопровода (пункт в) позволяет провести анализ и выявить причины возникновения повышенной вибрации, т. е. выявить неисправный элемент.

СКЗ вибрации в диапазоне 10–1000 Гц и третьоктавном диапазоне рассчитывается по формуле

$$\text{СКЗ} = \sqrt{\sum v_n^2},$$

где v_n — уровни виброскорости в соответствующих полосах узкополосного спектра.

Характерные частоты узлов ВРК рассчитываются на основании анализа кинематической схемы.

Техническое состояние элементов оценивается в третьоктавном диапазоне на характерных частотах верхнего редуктора, промежуточного вала, нижнего редуктора и лопастной частоте гребного винта.

В качестве примера на рис. 2 приводится спектр вибрации ВРК SRP1010 «Schottel» буксирного судна в точке IX при работе главного двигателя (ГД) на режиме $n = 1800$ об/мин.

Результаты контроля ВРК обрабатываются в следующем порядке:

— определение СКЗ в диапазоне 10–1000 Гц;

— анализ вибрации по элементам ВРК в характерных третьоктав-

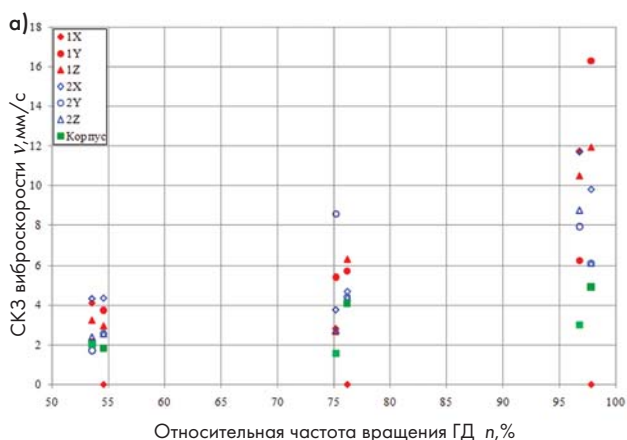
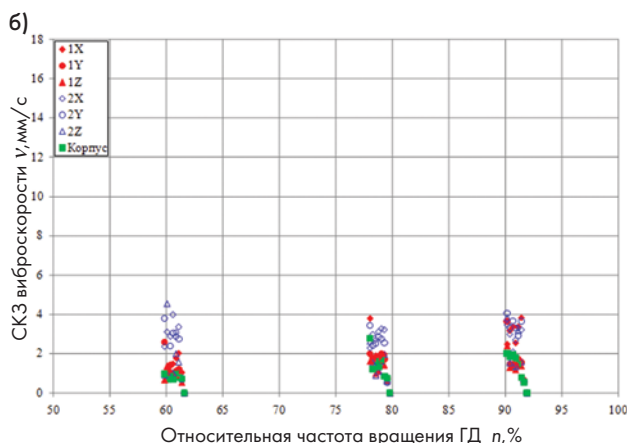


Рис. 3. СКЗ уровней вибрации ВРК: а — US205 «Aquamaster» в точке IX (по результатам 8 измерений); б — ВРК SRP1010 «Schottel» в точке IX (по результатам 3 измерений)

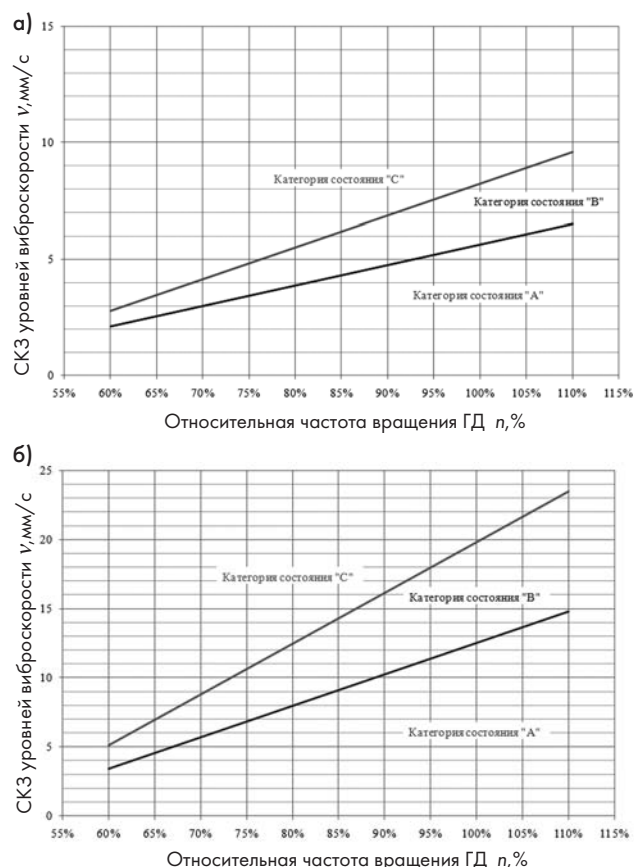


Рис. 4. Категории состояния ВРК: а — US205 «Aquamaster» в зависимости от СКЗ уровней вибрации и режима работы ГД (линия вала без карданной передачи); б — ВРК SRP1010 ВРК «Schottel» в зависимости от СКЗ уровней вибрации и режима работы ГД (линия вала с карданной передачей)

ных полосах или в узкополосном диапазоне.

Основные характерные частоты вибрации узлов ВРК

Основная частота вибрации	
ведущего вала	$f_o = n_d / 60$
2-я гармоника частоты вращения	
ведущего вала	$f_{2rp} = 2f_o$
Частота вибрации промежуточного	
вала	$f_{np} = n_d / (60i_v)$
Частота вибрации верхнего	
редуктора	$f_{vp} = f_o z_1$
Частота вибрации нижнего	
редуктора	$f_{np} = f_o z_3$
Лопастная частота вибрации	$f_l = f_{vp} z_n$

Принятые обозначения: n_d — частота вращения ГД, об/мин; i_v, i_n — передаточное отношение верхнего и нижнего редуктора соответственно; z_n — число лопастей винта; z_1, z_3 — число зубьев шестерни верхнего и нижнего редуктора соответственно.

Относительная частота вращения ГД рассчитывается по формуле

$$\bar{n} = n / n_{\text{ном}} 100\%,$$

где $n_{\text{ном}}$ — номинальная частота вращения ГД.

Результаты измерений вибрации ВРК в точке IX (см. рис. 1, а) буксиров на различных режимах работы ГД показывают, что СКЗ уровней вибрации для ВРК типа US205 «Aquamaster» при изменении относительной частоты вращения ГД от 0,6 до 0,95 лежат в пределах 2–4 мм/с (рис. 3, а). Вибрация на ВРК типа SRP1010 «Schottel» при изменении относительной частоты вращения ГД от 0,6 до 1 существенно возрастает (см. рис. 3, б), достигая $v = 17$ мм/с. Уровни вибрации ВРК буксиров, одинаковых по мощности и размерениям, но с различными компоновками пропульсивных комплексов, значительно отличаются в зависимости от нагрузки.

Накопленные результаты контроля вибрации различных типов ВРК буксиров с использованием имеющейся базы данных позволили разработать предложения по нормированию вибрации ВРК типа US205 «Aquamaster» и SRP1010 «Schottel», морских буксиров (рис. 4, а, б). Категории технического состояния ВРК, представленные на рис. 4, согласно [1] означают состояние механизмов и оборудования:

А — после изготовления (постройки судна) или ремонта после ввода в эксплуатацию;

В — во время нормальной эксплуатации;

С — требующее проведения технического обслуживания или ремонта.

Таким образом, рассмотренные материалы позволяют:

1. Предложить для использования в работе РС и судовладельцев методики контроля технического состояния ВРК.

2. Использовать нормы вибрации ВРК, которые согласованы в ГУ РС по СКЗ уровней вибрации.

3. Предложить РС и судовладельцам проводить контроль вибрации ВРК с целью оценки технического состояния и увеличения периода освидетельствования ВРК без разборки до 10 лет.

Литература

1. Правила классификации и постройки морских судов. Т. 2. Ч. VII. Механические установки. Раздел 7, 9. СПб.: РС, 2010.
2. Правила по техническому наблюдению за постройкой судов и изготовлением материалов и изделий для судов. Часть 3. Надзор за постройкой судов. СПб.: РС.