

С. 31
МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ УКРАИНЫ

ОДЕССКИЙ ИНСТИТУТ ИНЖЕНЕРОВ МОРСКОГО ФЛОТА

На правах рукописи

КОХАНСКИЙ
Александр Анатольевич

ВЛИЯНИЕ ЗАГРУЗКИ СУДНА НА ТЕХНИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ
СИСТЕМЫ " ВАЛОПРОВОД - ДЕЙДУВНОЕ УСТРОЙСТВО "

Специальность 05.08.05.

Судовые силовые установки и их элементы
(главные и вспомогательные)

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук.

Одесса - 1994



Диссертация является рукописью.

Работа выполнена на кафедре " Судовые энергетические установки " Одесского института инженеров морского флота.

Научные руководители :

доктор технических наук,
профессор Лаханин В. В. ,

академик АТ Украины,
доктор технических наук,
профессор Фока А. А.

Официальные оппоненты :

академик АНТК Украины,
доктор технических наук,
профессор Конаков Г. А. ,
кандидат технических наук,
доцент Фадеев В. И.

Ведущая организация :

Клнный научно-исследовательский
проектно-конструкторский
институт морского флота
(г. Одесса).

Защита состоится " 10 " марта 1994 года
в 14.00 часов на заседании специализированного совета
К. 101. 04. 03 в Одесском институте инженеров морского флота :
270029, г. Одесса, ул. Мечникова 34, ОИИМФ (конференцзал).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ОИИМФ.
Отзывы в двух экземплярах, заверенные печатью учреждения, просим
направлять в специализированный совет по указанному адресу.

Автореферат разослан " 10 " февраль 1994 года.

Ученый секретарь
специализированного совета
к. т. н. , доцент

Л. В. Князев

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. Система " валопровод - дейдвудное устройство " ("ВП - ДУ") является важнейшей частью энергетической установки судна. От её технического состояния в значительной мере зависит безопасность и эффективность эксплуатации судна, поэтому она находится под наблюдением Регистра, которым установлены показатели, определяющие техническое состояние её элементов. В процессе эксплуатации судна техническое состояние валопровода от двигателя к винту непрерывно изменяется под действием многообразных факторов. При этом необходимо обеспечить положительную загрузку опорных и дейдвудных подшипников в пределах их несущей способности. Одним из основных эксплуатационных факторов являются упругие деформации корпуса под влиянием загрузки судна. Существующие способы контроля параметров, определяющих техническое состояние системы "ВП - ДУ" сложны и трудоёмки. Все они, как правило, требуют разборки элементов системы и вывода судна из эксплуатации для постановки в СРЗ. Поэтому разработка нового расчётно-экспериментального метода контроля технического состояния системы "ВП - ДУ" без разборки её элементов, в эксплуатации, актуальна. Такая задача полностью решена в предлагаемой диссертации. По экспериментально определяемым значениям относительной деформации изгиба на пролётах валов рассчитываются нагрузки на подшипники и значения напряжений изгиба вдоль оси валопровода от двигателя до винта, что позволяет однозначно оценить техническое состояние системы в целом.

Цель работы. Определение аналитической зависимости между значениями относительной деформации изгиба в доступных для измерений сечениях на пролётах валов и нагрузками на подшипники валопровода, соответствующими его эксплуатационному положению. Исследование влияния загрузки на техническое состояние системы "ВП - ДУ" на морских дизельных судах.

Методы исследования. В работе используются численные, экспериментальные и аналитические методы исследования. Применяется математическое моделирование объекта исследования. В экспериментальных исследованиях на морских дизельных судах выполнялись измерения относительной деформации изгиба на пролётах валопровода подобранной для этого и отлаженной аппаратурой.

Н а у ч н а я н о в и з н а. Поставлена и решена задача определения новой аналитической зависимости между относительной деформацией изгиба в доступных для измерений сечениях на пролётах валов и нагрузками на подшипники, соответствующими эксплуатационному положению системы "ВП - ДУ".

П р а к т и ч е с к а я ц е н н о с т ь. Разработанный нами метод и его программное обеспечение позволяет осуществлять контроль технического состояния системы "ВП - ДУ" без разборки её элементов, в эксплуатации. Метод прошел апробацию в 1990 - 1992 годах на семи различных сериях судов в Каспийском Морском и Украинском Дунайском пароходствах. Применение данного метода позволило исследовать влияние загрузки судна на техническое состояние системы "ВП - ДУ" на морских дизельных судах двух серий. Математический аппарат и программное обеспечение метода также используются в учебном процессе и дипломном проектировании в ОИИМФ.

Д о с т о в е р н о с т ь метода подтверждается численным экспериментом. Установлена хорошая сходимость результатов полученных нашим методом и методами, изложенными в различных нормативных документах.

О с н о в н ы е п о л о ж е н и я в ы н о с и м ы е н а з а щ и т у.

Аналитическая зависимость между относительной деформацией изгиба в доступных для измерения сечениях на пролётах валов и нагрузками на опорные и дейдвудные подшипники системы "ВП - ДУ".

Расчётно-экспериментальный метод безразборного контроля технического состояния системы "ВП - ДУ".

Пакет программ на ПЭВМ, реализующий алгоритм расчёта по предлагаемому нами методу.

А п р о б а ц и я р а б о т ы. Основные положения и результаты выполненных исследований докладывались и обсуждались на научно-технических и научно-методических конференциях профессорско-преподавательского состава и научных работников ОИИМФ в 1990-1993 годах; научно-производственной конференции "Механика машин и систем машин водного транспорта", г. Одесса - декабрь 1990г.; Всесоюзной научно-технической конференции "Научно-технический прогресс в судоремонте в новых условиях хозяйствования", г. Ленинград - февраль 1991 г.

П у б л и к а ц и и. Основное содержание диссертации опубликовано в пяти печатных работах.

Структура и объём диссертации.

Диссертация состоит из введения, четырех глав с выводами, заключения, списка литературы (207 наименований) и приложений. Объём диссертации 180 страниц машинописного текста, включая 38 рисунков и 32 таблицы.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В в е д е н и е. Обоснована необходимость разработки нового расчётно-экспериментального метода безразборного контроля технического состояния системы " валопровод - дейдвудное устройство " в эксплуатации.

В первой главе выполнен обзор существующих конструкций валопроводов и дейдвудных устройств. В настоящее время, в условиях напряжённости работы и старения флота, особое значение приобретают мероприятия по поддержанию хорошего технического состояния судов и их энергетических установок, продлению срока их службы, удлинению межремонтных периодов. На основании выполненного нами обзора литературы установлено, что надёжность эксплуатации современного морского крупнотоннажного судна определяется надёжностью эксплуатации системы " ВП - ДУ ". Рост мощностей главных энергетических установок сопровождается ростом диаметров валопроводов и уменьшением расстояний между опорами. Как следствие, возрастает жёсткость системы " ВП - ДУ ". Кормовое расположение машинного отделения также способствует повышению жёсткости валопровода. Значительный рост числа повреждений системы " ВП - ДУ " на морских крупнотоннажных судах, особенно с кормовым расположением МО, объясняется возрастанием жёсткости системы " ВП - ДУ " и влиянием масштабного фактора. Анализ данных об авариях, опубликованных разными авторами, даёт основания утверждать, что повреждения элементов системы " ВП - ДУ ", возникающие в эксплуатации как случайная величина, подчиняются закону нормального распределения. В настоящее время можно выделить следующие основные направления повышения эксплуатационной надёжности системы " ВП - ДУ ".

1. Повышение гибкости системы за счет включения упругих элементов. Введение упругих элементов снижает амплитуды колебаний и напряжения изгиба в валах, динамические давления в подшипниках, обеспечивает гарантированную положительную загрузку опор. Кроме этого, упругие опоры компенсируют несоосность валов, возникающую в эксплуатации, исключая перераспределение нагрузок на подшипники. В настоящее время разработана и прошла испытания конструкция гид-

ропневматической упругой опоры для промежуточных валов. Для дейдвудного устройства рекомендуется установка упругого кольцевого элемента между корпусом и набором подшипника.

2. При диаметрах валов более 550 мм, дейдвудные подшипники, изготовленные из традиционных антифрикционных материалов, не выдерживают длительных сроков эксплуатации. Это обусловлено возрастающим влиянием масштабного фактора. Необходима разработка новых антифрикционных материалов.

3. Оптимизация геометрических параметров дейдвудных подшипников. Длина опорной поверхности может быть сокращена до 1.0 - 2.5 диаметра гребного вала. При этом контактные давления распределяются более равномерно вдоль рабочей поверхности. За счет равномерного износа кормового и носового дейдвудных подшипников увеличивается надёжность и срок эксплуатации.

4. Повышения надёжности системы "ВП - ДУ" можно достичь только при одновременном учете всех эксплуатационных факторов. В настоящее время не существует расчётной методики, которая решает эту задачу на стадии проектирования. Задачи о частном влиянии эксплуатационных факторов решаются сегодня индивидуально для каждого случая с позиции проверочного расчёта. Исследование влияния эксплуатационных факторов представляет собой задачу первостепенной важности.

Во второй главе выполнен анализ основных факторов, влияющих на изменение технического состояния системы "ВП - ДУ" в эксплуатации. Основными эксплуатационными факторами, изменяющими нагрузки на подшипники и напряжения нормального изгиба являются :

- гидродинамические силы и моменты, возникающие при работе гребных винтов;
- износ неметаллических вкладышей дейдвудных подшипников кронштейнов и дейдвудного устройства;
- остаточные, температурные и упругие деформации корпуса судна.

Наиболее сложным, но хорошо изученным эксплуатационным фактором является гидродинамический момент на гребном винте, возникающий вследствие неравномерности поля скоростей натекающего потока в плоскости вращения винта. Гидродинамический момент имеет периодический характер и выражается во влиянии его переменной и постоянной составляющих. Амплитуда переменной составляющей выражается формулой :

$$M_{изг. пер.} = \beta \cdot (0.1 - 0.3) \cdot M_{кр}, \quad (1)$$

где β - коэффициент динамического усиления

$M_{кр}$ - крутящий момент от двигателя

Суммарный гидродинамический момент, действующий на систему

" ВП - ДУ " со стороны винта, выражается формулой :

$$M_{изг.} = \sqrt{(M_Q + M_B)^2 + M_{изг. пер.}^2}, \quad (2)$$

где M_Q - изгибающий момент от веса гребного винта;

M_B - усреднённое за один оборот значение постоянной составляющей;

$M_{изг. пер.}$ - переменная составляющая изгибающего момента.

При движении судна на тихой воде, поле скоростей попутного потока сохраняется практически неизменным. Однако, этот режим не определяет в полной мере реальной нагруженности валов. В работах Абрамовича С. Ф., Меркулова В. А., Пасуманского Е. М. приведены аналитические и статистические зависимости, позволяющие учесть влияние качки на гидродинамический момент от винтов. Износы подшипников кронштейнов и дейдвудных устройств, набранных из неметаллических материалов, имеющих меньшую износостойкость по сравнению с подшипниками залитыми баббитом, вызывают изменения высотного расположения опор системы "ВП - ДУ". Вертикальные смещения опор вызывают перераспределение нагрузок и изменение напряжений изгиба в валах, т. н. эксплуатационную расцентровку системы. В настоящее время задача монтажа валопровода с упреждением износа дейдвудных подшипников, полностью решена И. С. Лукьяновым. С помощью теоремы трёх моментов получена расчётная формула:

$$\Delta_2 = k_1 \cdot \Delta_1 + b, \quad (3)$$

где k_1 , b - коэффициенты, представляющие сложные функции от расстояний между подшипниками, изгибной жёсткости, угловой и линейно-угловой податливостей на фланце гребного вала.

Используя эту формулу, определяют смещения Δ_1 и Δ_2 дейдвудных подшипников, при которых реакции этих подшипников будут связаны между собой соотношением $k = R_2/R_1$. Экспериментально доказано, что данное отношение сохранится во время эксплуатации, если подобрать размеры подшипника, соответствующие нагрузки и антифрикционный материал. При этом, износ вкладышей в эксплуатации будет происходить в соответствии с уравнением (3). Остаточные деформации корпуса судна

возникают в результате перераспределения сварочных напряжений в корпусных конструкциях, которые нарастают с момента постройки и в течение первого года эксплуатации судна. Остаточные деформации учитываются экспериментально. В настоящее время методики расчета остаточных деформаций не существует. Температурные деформации корпуса достигают значительных величин и пренебрегать ими не следует. Для расчёта температурных деформаций существует зависимость, предложенная Л. Я. Резницким. Опыт эксплуатации показывает, что упругие деформации корпуса судна под влиянием загрузки достигают 90-180 мм и могут привести к повреждению системы "ВП - ДУ". К сожалению, при монтаже валопровода, эксплуатационные деформации корпуса судна практически не учитываются. Сторонники этого положения часто ссылаются на академика Ю. Н. Шиманского. Но он указывал только на то, что общий изгиб корпуса судна вызывает незначительные напряжения в валопроводе. Местная же деформация корпуса между переборками может быть причиной значительных дополнительных реакций опор и напряжений изгиба в валах. Различие между кривизной корпуса судна и кривизной валопровода становится все более ощутимым в связи с увеличением ширины крупнотоннажных судов. Успехи в применении прогрессивной технологии сварки позволяют повысить напряжённость двойного дна и корпуса судна. Вместе с тем, жёсткость их, особенно поперечная, уменьшается, а жёсткость системы "ВП - ДУ", в связи с увеличением мощностей главных двигателей, растёт. Уменьшение жёсткости корпуса и увеличение жёсткости валопровода усиливают разницу в их искривлении. Для учёта влияния загрузки судна на техническое состояние системы "ВП - ДУ" необходимо определять перемещения всех её опорных точек на участке от двигателя до винта. По полученным данным строится спектр изогнутых осей валопровода. Это необходимо сделать для следующих случаев загрузки судна: порожнем; 10 % запасов, балласт; полный груз, 10 % запасов; полный груз, 100 % запасов. Изобразив на одном чертеже очертания изогнутых осей для всех перечисленных случаев, можно найти две огибающие кривые - нижнюю и верхнюю, которые и представляют собой предельные положения системы "ВП - ДУ" в зависимости от загрузки судна. При центровке, ось валопровода должна занять промежуточное положение. При этом напряжения изгиба и нагрузки на опоры должны быть меньше допускаемых, с тем, чтобы в экстремальных положениях они достигали допускаемых. Линия укладки судового валопровода не может быть правильно установлена, пока не изучен спектр будущих изогнутых осей в эксплуатации, как функция загрузки судна.

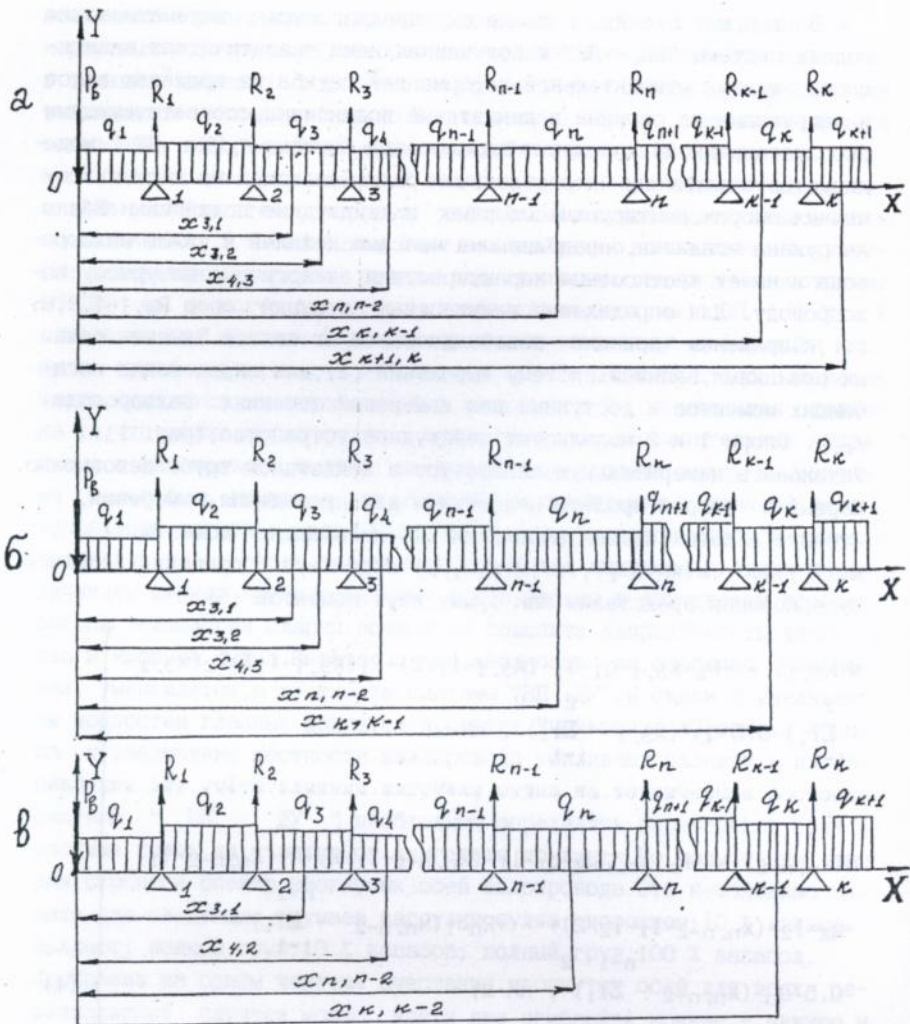


Рис. I.

Схемы расположения сечений проведения измерений на пролётах судового волопровода.

Оптимальное расположение контрольных сечений представлено на рис. 1. После расчёта нагрузок, используя универсальное уравнение изгиба балки, можно построить пространственное положение системы " ВП - ДУ ". Одним из затруднений, которое может встретиться при использовании зависимости (9) является неустойчивость решения. Малые изменения элементов вектора свободных членов вызывают значительные изменения в величинах неизвестных. При этом, матрица коэффициентов [A] называется плохо обусловленной, а обратная ей матрица [A⁻¹] - неустойчивой. В теории линейных систем обусловленность характеризуется числом

$$\kappa = \|A\| \cdot \|A^{-1}\|, \quad (10)$$

где $\|A\|, \|A^{-1}\|$ - сферические или евклидовы нормы исходной и обратной матриц .

Чем больше κ , тем хуже обусловленность системы. Значения

$\kappa_4 \approx 10^4 - 10^5$ соответствуют плохо обусловленной матрице. Для всех возможных комбинаций контрольных сечений на валопроводе т/х типа " Олег Кошевой " были вычислены значения критерия обусловленности. Значения критерия обусловленности изменялись в пределах :

$$79.3 < \kappa < 368.2 .$$

Значения κ намного меньше 10^4 , что и доказывает хорошую обусловленность матрицы [A], а следовательно, устойчивость решения.

В общем случае, для исследования на устойчивость решения матриц коэффициентов более высоких порядков, критерий (10) применяется очень редко. Это связано с необходимостью находить обратную матрицу. Построение обратной матрицы порядка более 6 представляет трудоёмкую операцию. В качестве критерия обусловленности для матриц высоких порядков, применяют отношение основного определителя матрицы к наибольшему его элементу $\max A_{ij}$ в степени, равной порядку матрицы

$$\gamma = \frac{\det A}{\max_{i,j} A_{ij}^n} \quad (11)$$

Чем меньше это отношение, тем лучше обусловлена матрица. Значение $\gamma \approx 1$ означает плохую обусловленность матрицы. Использование этого критерия требует вычисления определителя матрицы коэффициентов. Это без труда может быть выполнено после приведения матрицы к

треугольному виду, при решении системы методом Гаусса.

Значения γ для различных комбинаций контрольных сечений на валопроводах т/х типа " Олег Кошевой " лежат в пределах $1.29 - 9.8 \cdot 10^{-4}$; т/х "Юлиус Фучик" - $1.9 - 9.7 \cdot 10^{-11}$. Таким образом, полностью доказана устойчивость решения линейной системы (9) к сколь угодно малым изменениям вектора правых частей. Вышеизложенный алгоритм реализован на ПЭВМ. Сравнительный анализ результатов расчётов показал хорошую сходимость с методом конечного элемента и методом, основанном на теореме "трех моментов". Максимальное значение относительной погрешности при расчёте нагрузок лежит в пределах 9-14 %.

В четвёртой главе представлены результаты экспериментальных исследований влияния загрузки морского дизельного судна на техническое состояние системы " ВП - ДУ ".

В качестве объектов исследования были выбраны суда двух типов : мелкосидящие танкера типа " Олег Кошевой " и лихтеровоз типа " Юлиус Фучик ". Измерение деформации изгиба на пролётах валов выполнялись деформометром рычажного типа. Значение абсолютной деформации фиксировалось механическим индикатором часового типа 05 ИПМ, с ценой деления 05 мкм. Значения относительной погрешности определения напряжений изгиба в валах т/х "Лиза Чайкина", типа "Олег Кошевой" лежат в пределах 7.4 - 11.3 %, для т/х "Юлиус Фучик" в пределах 8.2 - 17.9 %. Тензометрические измерения на валах т/х "Лиза Чайкина" выполнялись в двух контрольных сечениях. Сечение 1 фиксировалось на гребном, 2 - на промежуточном валах. При изменении загрузки судна от 5.6 тыс. т. до 0 экспериментально зафиксировано изменение напряжений изгиба в сечениях :

1 - от + 5.6 до - 4.2 МПа;

2 - от + 9.2 до + 4.2 МПа.

Нагрузки на кормовой и носовой дейдвудные подшипники изменялись на 10 % и 40 % соответственно, оставаясь того же знака. Нагрузки на промежуточный опорный и кормовой подшипник ДРА изменялись на 12 % и 22 % (рис. 2). При этом, нагрузки на все опоры и напряжения изгиба в валах лежали в допустимых пределах. На рис. 3 представлен спектр изогнутых осей валовых линий т/х "Лиза Чайкина". При других вариантах загрузки, не охваченных экспериментом, ось валопровода обязательно займёт промежуточное положение. Аналогичные исследования выполнялись на т/х " Юлиус Фучик ". Тензометрирование производилось в семи контрольных сечениях на промежуточных валах при изменении загрузки судна от 26 тыс. т. до 0. Экспериментально зафиксированные значения напряжений изгиба приведены в таблице 1. Анализируя вели-

$R_i, \text{кН.}$

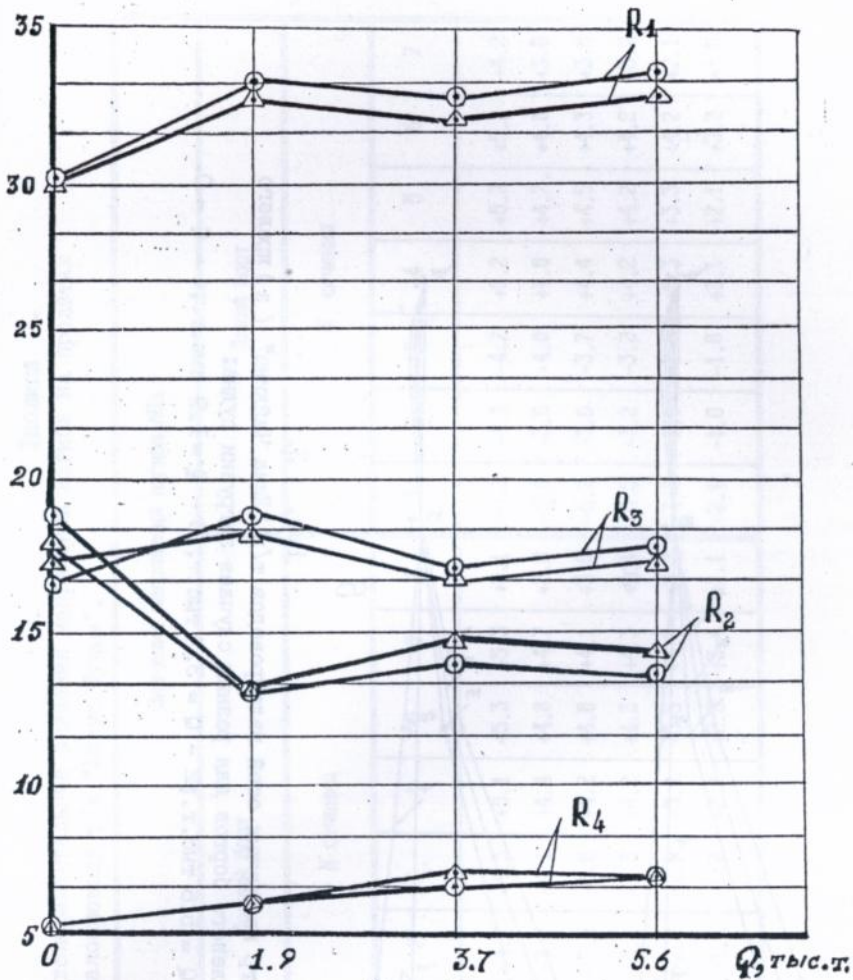


Рис. 2.

Изменение реакций опор валопровода т/х "Лиза Чайкина" в зависимости от степени загрузки судна; валопроводы : ○ - левого; △ - правого бортов.

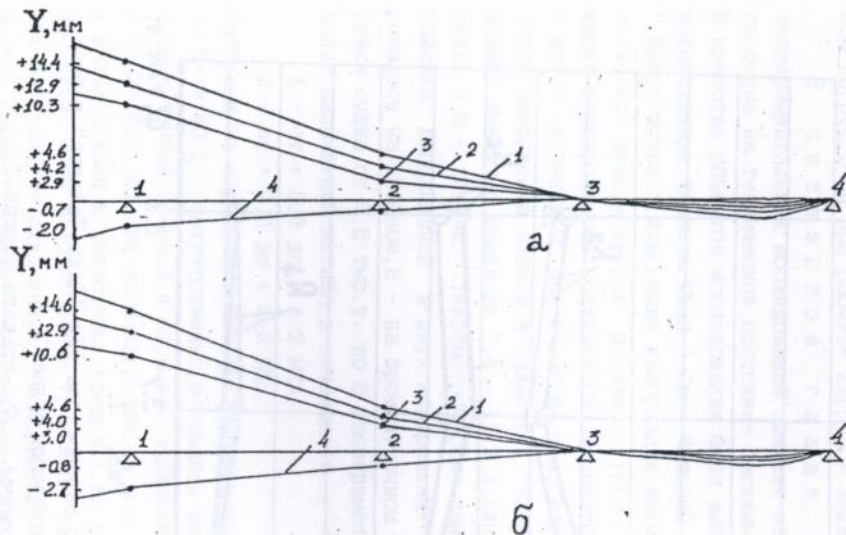


Рис. 3.

Спектр изогнутых осей валопроводов т/х "Лиза Чайкина" (а) правого (б) левого бортов для разных случаев загрузки судна:

I - Q = 5.6 тыс.т.; 2 - Q = 3.7 тыс.т.; 3 - Q = 1.9 тыс.т.; 4 - Q = 0.

Таблица I.
 Экспериментальные значения напряжений изгиба на пролётах
 валопровода т/х "Юлиус Фучик".

Загрузка судна, тыс. т.	Значения напряжений изгиба, МПа													
	Правый борт							Левый борт						
	N сечения							N сечения						
	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
20 лихтеров, 26	-6.4	-4.2	-4.3	+5.1	+5.3	+5.3	+4.1	-6.2	-4.3	-4.2	+5.2	+5.2	+5.2	+4.2
14 лихтеров, 20.8	-5.7	-3.7	-4.1	+4.4	+4.8	+4.7	+3.8	-5.8	-3.9	-4.0	+4.6	+4.7	+4.8	+3.9
10 лихтеров, 13	-5.1	-3.5	-3.8	+4.2	+4.6	+4.1	+3.6	-5.2	-3.6	-3.7	+4.4	+4.5	+4.3	+3.6
6 лихтеров, 7.8	-4.6	-3.1	-3.3	+4.2	+4.3	+4.3	+3.4	-4.5	-3.2	-3.2	+4.2	+4.2	+4.2	+3.2
2 лихтера, 2.6	-3.4	-2.2	-2.2	+3.4	+3.5	+4.3	+2.2	-3.3	-2.1	-2.1	+3.3	+3.3	+4.2	+2.1
без загрузки	-2.2	-1.1	-1.2	+2.2	+2.2	+3.4	+1.1	-2.1	-1.0	-1.0	+2.1	+2.1	+3.2	+1.0

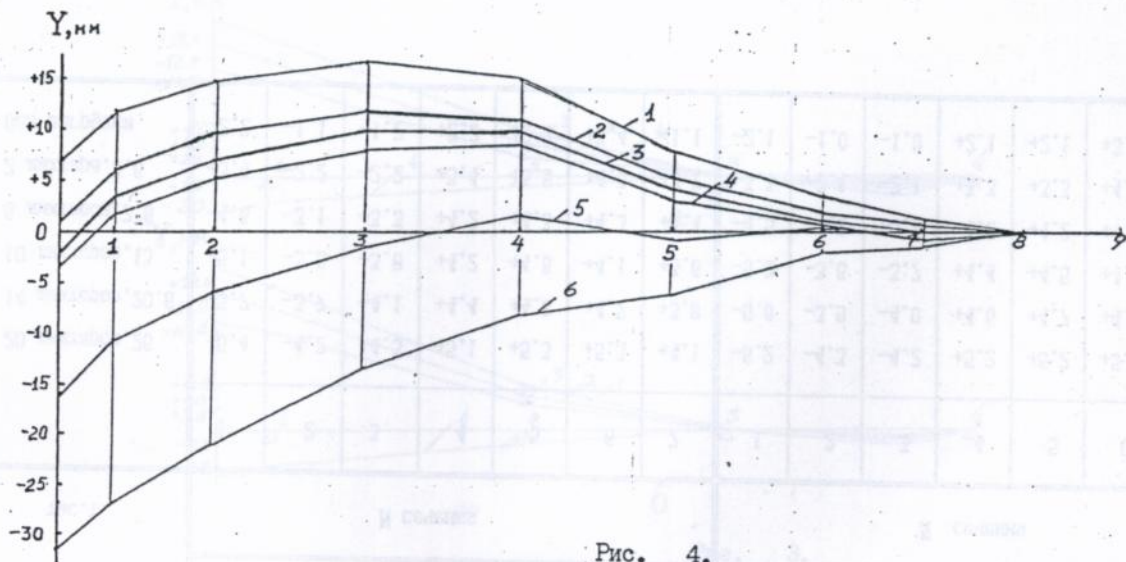


Рис. 4.

Спектр изогнутых осей валопровода правого борта т/х "Элиус Фучик"

для разных случаев загрузки судна :

1 - $Q = 26$ тыс.т.; 2 - $Q = 20.8$ тыс.т.; 3 - $Q = 13$ тыс.т.; 4 - $Q = 7.8$ тыс.т.

5 - $Q = 2.6$ тыс.т.; 6 - $Q = 0$.

чину значения нагрузок на подшипники, делаем вывод о том, что при изменении загрузки от 26 тыс. т. до 0 кормовой дейдвудный, 1, 4, 6 опорные подшипники разгружаются. Их реакции изменяются на 3 %, 17 %, 16 %, 27 % соответственно. Нагрузки на носовой дейдвудный, 2, 3, 5, 7 опорные подшипники увеличиваются на 106 %, 15 %, 10 %, 178 %, 36 %. При этом нагрузки на подшипники и напряжения изгиба в валах лежат в допустимых пределах. На рис. 4 представлен спектр изогнутых осей валопровода правого борта т/х "Клиус Фучик". Экспериментальные исследования подтверждают вывод о том, что линия укладки судового валопровода не может быть правильно установлена, пока не изучен спектр будущих изогнутых осей в эксплуатации в зависимости от загрузки судна. Для однозначной оценки технического состояния системы "ВП - ДУ" достаточно определить предельные значения амплитуды изменения нагрузок на подшипники и напряжений изгиба в гребном и промежуточном валах в зависимости от загрузки судна.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

(основные выводы и результаты по работе)

1. Эффективность и безопасность эксплуатации современного крупнотоннажного морского судна определяется, в значительной степени, надёжностью системы "ВП-ДУ". Установлено, что основными параметрами, определяющими техническое состояние системы "ВП-ДУ" являются нагрузки на подшипники, напряжения изгиба в валах и зазоры в неметаллических дейдвудных подшипниках.

2. Исследования показывают, что основными факторами, изменяющими нагрузки на подшипники и напряжения изгиба в валах являются :

- гидродинамические силы и моменты на гребном винте;
- износ неметаллических вкладышей дейдвудных подшипников кронштейнов и дейдвудного устройства;
- динамические деформации корпуса судна, обусловленные волнением моря;
- остаточные и квазистатические деформации корпуса, вызванные температурными факторами и загрузкой судна.

3. Анализ данных, полученных в отечественных и зарубежных исследованиях, позволяет утверждать, что наименее изученным эксплуатационным фактором является загрузка судна. Ранее задача учета влияния загрузки судна на техническое состояние системы "ВП-ДУ" решалась, в основном, приближёнными методами строительной механики кора-

бля, что представляется нам несовершенным и нерациональным.

4. Существующие методы контроля технического состояния системы "ВП - ДУ" сложны и трудоёмки. Все они, как правило, требуют разборки элементов системы и вывода судна из эксплуатации для постановки в СРЗ, что несовместимо с современными требованиями к интенсивности эксплуатации флота. Актуальность данной задачи подтверждается целой серией разработок, направленных на получение методов безразборной диагностики технического состояния системы "ВП-ДУ".

5. Качественно новый уровень решения задачи безразборного контроля системы "ВП-ДУ" достигнут в настоящих исследованиях - получена новая аналитическая зависимость между относительной деформацией изгиба в доступных для измерений сечениях на пролётах валов и нагрузками на опорные и дейдвудные подшипники, соответствующие эксплуатационному положению системы "ВП-ДУ".

6. Достоверность полученных результатов доказана численным экспериментом. Установлена хорошая сходимость результатов расчётов метода предлагаемого и метода конечных элементов, а также метода, основанного на теореме "трех моментов". Максимальное значение относительной погрешности при расчете нагрузок на подшипники лежит в пределах 9-14 %.

7. С помощью полученной нами зависимости исследовано влияние загрузки судна на техническое состояние системы "ВП-ДУ" на судах двух серий: т/х типа "Олег Кошевой" и т/х "Клиус Фучик". Определены предельные значения амплитуды изменения нагрузок на подшипники и напряжений изгиба в промежуточном и гребном валах, в зависимости от загрузки судна. Построены спектры изогнутых осей валопроводов судов-объектов исследования.

8. Линия укладки судового валопровода при постройке и ремонте судна должна устанавливаться только после анализа всего спектра будущих изогнутых осей валопровода в эксплуатации, как функции загрузки судна. Необходимо исследовать положение валовой линии головного судна серии в зависимости от загрузки. Только после этого можно выработать окончательные рекомендации по укладке валопровода для всей серии судов.

9. Предлагаемый метод прошел апробацию на семи различных сериях судов Каспийского Морского и Украинского Дунайского пароходств. Практически доказана возможность применения метода для периодического контроля технического состояния системы "ВП - ДУ" в эксплуатации.

Основные положения диссертации опубликованы в работах :

1. Донцов В.Г.,Коханский А.А. Оценка технического состояния судового валопровода по деформациям его изгиба.
// Морской инженерный сервис,М.:Транспорт,1991,3,с.47-49.
2. Иванов С.В.,Коханский А.А.,Хан Ен Кю.
Решение переопределённых систем в задачах диагностики валопроводов.// Современные проблемы судостроения и судоремонта.
Сб. науч. тр. ОИИМФ,М.:В/О "Мортехинформреклама",1991,
с.159-162.
3. Иванов С.В.,Донцов В.Г.,Коханский А.А. Безразборная диагностика технического состояния судового валопровода. // Тезисы докладов научно-производственной конференции "Механика машин и систем машин водного транспорта"(Небесновские чтения),ВНТО Водного транспорта,Одесса,1990,с.37.
4. Иванов С.В.,Донцов В.Г.,Коханский А.А. Оценка технического состояния судового валопровода по деформациям изгиба.// Тезисы докладов Всесоюзной научно-технической конференции " Научно-технический прогресс в судоремонте в новых условиях хозяйствования ".Л.:Судостроение,1991,с.125-126.
5. Иванов С.В.,Донцов В.Г.,Коханский А.А. Математическое моделирование судового валопровода для безразборной диагностики его технического состояния.// Сб. науч. тр. НИИВТ,Новосибирск,1991,
с.45-46.



ВНИИТ, Новосибирск, 1991 г.

460455

AB 29.181

AB 29.181

№ 94, тираж 100, подп. к № 3101/94.
Заказ № 43, 100000 Одесса
ул. Мельникова, 34