

МИНИСТЕРСТВО ПРОСВЕЩЕНИЯ УКРАИНЫ  
ОДЕССКИЙ  
ИНСТИТУТ ИНЖЕНЕРОВ МОРСКОГО ФЛОТА

---

УВАРОВ  
Владимир Анатольевич

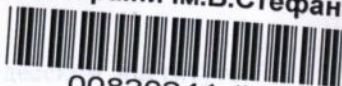
На правах рукописи

ПОВЫШЕНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ  
СУДОВОГО КОМПЛЕКСА ДВИГАТЕЛЬ-ВИНТ

Специальность 05.08.05

Судовые энергетические установки и их элементы  
(главные и вспомогательные)

Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук



Работа выполнена в Одесском институте  
инженеров морского флота

Научный руководитель:

доктор технических наук, профессор **Снеговский Ф. П.**

Официальные оппоненты:

доктор технических наук, профессор **Ляханин В. В.;**

кандидат технических наук, доцент **Денисов В. Г.**

Ведущая организация — Украинский государственный проектно-изыскательский и конструкторско-технологический институт речного транспорта «Укргипроречтранс».

Защита состоится « 15 » 10 1992 г.

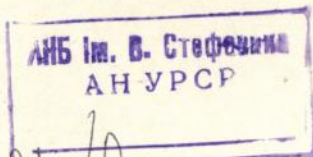
в 15<sup>00</sup> часов в конференц-зале института на заседании специализированного совета К 101.04.03 по присуждению ученой степени кандидата технических наук в Одесском институте инженеров морского флота по адресу: 270029, Одесса, ул. Мечникова, 34.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института.

Просим Ваши отзывы на автореферат направлять в двух экземплярах, заверенных печатью, по указанному адресу на имя ученого секретаря специализированного совета.

Автореферат разослан « 3 » 9 1992 г.

Ученый секретарь  
специализированного совета,  
кандидат технических наук,  
доцент



Л. В. КНЯЗЕВ

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Оснащение судов двигателями и движителями с высокими технико-экономическими показателями является одним из основных направлений повышения энергооборуженности флота. Для повышения ресурса и надежности работы движительно-энергетических комплексов судов необходимо осуществление мероприятий по широкому внедрению в производство новых технологий (электронно-лучевых, плазменных, импульсных), сокращению сроков разработки и освоения новых открытий и изобретений.

Повышение интенсивности эксплуатации флота обуславливает также необходимость внедрения достижений трибологии и химотологии.

Вопросы повышения надежности и долговечности узлов и деталей решаются комплексно, как при изучении специфики эксплуатации, так и при подборе новых и усовершенствовании применяемых материалов и ГСМ, обеспечивающих с учетом необходимых технических, технологических, энергетических, экономических и прочих аспектов длительную безотказную работу комплексов.

Цель работы. Работа посвящена исследованию влияния обработки импульсным магнитным полем (ОИМП) на процесс изнашивания рабочих поверхностей движительно-энергетических комплексов применительно к:

- кавитационно-эрозионному изнашиванию гребных винтов в пресной и морской воде;
- работе резино-металлических подшипников (РМП) в активных средах (морской воде, воде при попадании нефтепродуктов) в условиях сочетания гидроабразивного износа с усталостным;
- коррозионно-механическому изнашиванию топливной аппаратуры судовых двигателей внутреннего сгорания (СДВС) при изменяющихся защитных свойствах дизельных топлив.

В задачи работы входит:

- оценка существующих технологий магнитной обработки (МО);
- проверка с помощью лабораторных установок типа ОИМП и установки с магнитоотрицательным вибратором (МОВ) эффективности МО гребных винтов из стали 25Л-II ГОСТ 977-75 теплоходов типа "река-море";
- разработка нового способа изготовления гребных винтов,

повышающего коррозионно-кавитационную стойкость;

- разработка нового устройства для магнитной обработки изделий сложной формы с высокими массогабаритными характеристиками;

- разработка нового технологического комплекса грузоподъемностью 25 т, обеспечивающего термомагнитную обработку гребных винтов в промышленных условиях;

- проверка эффективности применения ОИМП для изменения защитных свойств дизтоплив и повышения ресурса топливной аппаратуры СДВС;

- определение технологических параметров (количество циклов, частота и длительность импульсов, напряженность магнитного поля, температура нагрева изделия и др.) ОИМП материалов гребных винтов и многокомпонентных систем (дизтоплив);

- проверка с помощью установок ОИМП эффективности обработки ИМП материалов опор скольжения валопроводов;

- разработка практических методов повышения ресурса топливной аппаратуры СДВС с помощью ОИМП;

- изготовление нового оборудования и устройств по авторским разработкам, указанным выше, выполнение лабораторных исследований и опытно-промышленных испытаний, по результатам которых дать технико-экономическую оценку новой технологии применения ОИМП.

Методы исследования. Для решения сформулированных задач получения критериев оценки микрогеометрии (технологическая шероховатость) и эксплуатационной (кавитационные повреждения) шероховатости поверхности применены расчетный и экспериментальный методы исследований.

В теоретической части использовалась оценка параметров шероховатости поверхности, основанная на анализе профилограмм и включающая следующие аспекты:

- графическое изображение характерного профиля поверхности (снятие профилограмм);

- аналитическое выражение профильной кривой (выбор аппроксимирующей функции);

- обработка профилограмм - получение параметров, характеризующих профиль поверхности.

Экспериментальные исследования по изменению триботехниче-

ских характеристик (топографии поверхности) элементов движительно-энергетических комплексов проводились на крупномасштабных моделях-судах на подводных крыльях и образцах материалов с использованием современной аппаратуры; исследования выполнены в лабораториях Одесского института инженеров морского флота (ОИИМФ) и на СПК приписки Херсонского порта. Достоверность результатов лабораторных исследований подтверждается корректной постановкой экспериментов по определению топографии поверхностей. Результаты опытно-промышленных испытаний зафиксированы документально.

Научная новизна. Разработана новая технология ОИМШ изделий судового машиностроения, подверженных гидроабразивному, кавитационному и коррозионно-механическому изнашиванию, по оригинальным (признанным изобретениями) способам и устройствам.

Получены новые данные по формированию топографии рабочих поверхностей гребных винтов, прецизионных поверхностей топливной аппаратуры ДВС, опор скольжения валопроводов.

Показана возможность повышения защитных свойств дизельных топлив и возможность создания единой рабочей и консервационной смеси.

Установлено, что сочетание плазмохимической обработки в среде фторорганических соединений, ОИМШ и монтажа с натягом в сопряжении "гребной вал-резино-металлический подшипник" повышает антифрикционные свойства и химическую стойкость резиновой облицовки подшипника при работе в агрессивных (морская вода, вода с попаданием нефтепродуктов) средах.

Практическая ценность. В ОИИМФ и на Херсонском судостроительно-судоремонтном заводе (ХССЗ) созданы новая технология ОИМШ гребных винтов, топливной аппаратуры, резино-металлических подшипников и технологический комплекс, реализация которых в судовом машиностроении увеличивает срок службы гребных винтов СПК и распылителей форсунок судовых дизелей более чем в 1,5 раза.

ОИМШ гребных винтов СПК и модифицирование резино-металлических подшипников позволяют снизить вибрацию корпуса и улучшить обитаемость судна.

Повышение технического уровня производства за счет нового конструкторско-технологического обеспечения позволяет вскрыть резервы эрозионной, коррозионно-кавитационной стойкости суще-

ствующих материалов, сформировать новые физико-механические характеристики рабочих поверхностей и расширить номенклатуру изделий судового машиностроения для повышения их ресурса и эксплуатационной надежности.

Апробация работы. Основные результаты исследований автора докладывались на научно-технических конференциях профессорско-преподавательского состава и научных сотрудников ОИИМФ Одесса, 1988, 1990, 1991), на Всесоюзной научно-технической конференции "Современные проблемы триботехнологии" (Николаев, 1988), на Четвертом международном научно-техническом семинаре по нетрадиционным технологиям в машиностроении (Болгария, Ботевград, 1989), на Второй региональной научно-технической конференции "Триботехнология - производству" (Таганрог, 1991), на V Всесоюзной конференции "Контактная гидродинамика" (Самара, 1991), на постоянно действующем региональном семинаре "Обработка импульсным магнитным полем" (Ялтинский Новгород, 1991), на Пятом международном научно-техническом семинаре по нетрадиционным технологиям в машиностроении (Болгария, Ботевград, 1991).

Публикации. Основные результаты диссертации изложены в 16 печатных работах, опубликованных в международных, союзных и республиканских изданиях, сборниках и тезисах конференций, а также в отчетах по научно-исследовательским работам. По материалам работы получено 5 изобретений.

Объем работы. Диссертационная работа включает введение, 5 глав, выводы и рекомендации, приложения. Общий объем составляет 210 страниц, в том числе 17 таблиц и 60 рисунков. Список использованной литературы содержит 123 отечественных и 11 зарубежных наименований. В приложении приведены документы, подтверждающие внедрение результатов работы.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность исследований, отмечено, что до настоящего времени не существует технических решений по продлению сроков службы гребных винтов СПК (объясняется достаточной сложностью проблемы), показаны приоритетные направления в исследованиях.

Глава I. Представляет анализ работ по проблеме износоустойчивости материалов и влияния ОИМФ на изменение их структу-

ры, механических свойств и эксплуатационных характеристик поверхностей, анализ гипотез и сопоставление взглядов различных триботехнических школ о причинах влияния ОИП на эксплуатационные свойства материалов. С учетом успехов и ограничений налагаемых возможностями современной науки при составлении модели объекта прогнозирования и прогноза достижения цели отражены закономерности, заимствованные из различных отраслей техники. В соответствии с этим были сформулированы поставленные выше цель и основные задачи исследования.

**Глава 2.** Посвящена анализу объектов исследования с точки зрения технологичности конструкций и применяемых материалов для возможности трансформации рабочих поверхностей с помощью ОИП, а также анализу повреждений и износов поверхностей в процессе эксплуатации. Работоспособность СДВС в значительной мере зависит от качества (защитных свойств) дизтоплив. Как показывает практика эксплуатации, топливная аппаратура судовых дизелей, изготавливаемая из легированных сталей ШХ15, Р18, 95Х18 и других, в большинстве своем не дорабатывает назначенного ресурса, что обусловлено не только рядом производственных (технологических) факторов, но и поражением дизтоплив микроорганизмами, избежать появления которых в цепи нефтезавод-расходная топливная цистерна судна практически невозможно (нереально). Микроорганизмы превращают дизтопливо из диэлектрика в электролит и усиливают интенсивность процессов электрохимической коррозии; продукты жизнедеятельности, выделяемые микроорганизмами (слабые растворы уксусной, муравьиной кислот и другие) также ухудшают (увеличивают) шероховатость прецизионных поверхностей топливной аппаратуры, зеркала цилиндров двигателей на стоянках судов и при хранении СДВС. Изменение шероховатости прецизионных поверхностей, подавление жизнедеятельности микроорганизмов методами ОИП может повлечь за собой снижение гидродинамических затрат при перекачке и подаче дизтоплив, что представляет собой значительный как теоретический, так и практический интерес для улучшения качества сгорания.

В наших исследованиях выполнена конструкторско-технологическая проработка вопроса, позволяющая создать необходимое оборудование и технологические процессы по обработке ОИП изделий судового машиностроения; на рисунках представлена их не-

Сольшая часть, по всей же совокупности было установлено:

технологическое моделирование нагрузок и ОМЛ лопастей винта в предварительно напряженном-растянутом состоянии (рис.1) позволяет уменьшить концентрации напряжений и повысить коррозионно-кавитационную стойкость гребных винтов;

для гребных винтов СПК, имеющих дисковое отношение  $> 1$  и изготовленных из диамагнитных материалов, задача ОМЛ, связанная с формой изделия и концентрацией магнитного потока на изделии, решена (рис.2) с помощью грузоподъемного электромагнита, снабженного специальным контейнером с ферромагнитным наполнителем. В периодически формируемой магнитной системе (рис.3) магнитный поток проходит по магнитопроводу, размещенному в корпусе грузоподъемного электромагнита, и через ферромагнитный контейнер и наполнитель замыкается на изделии.

Для гребных винтов СПК, работающих в скошенных потоках жидкости, характерны значительные кавитационные разрушения ступицы винта и прикорневой зоны лопастей. В этом случае технологическое моделирование нагрузок осуществлено (рис.4) за счет механотермического нагружения, а именно: выполнено внутреннее нагружение ступицы (посадка на фальшвал с натягом) и внешнее - погружением в процессе ОМЛ в нагретый до диапазона 0,3-0,35 температуры плавления материала винта сыпучий ферромагнетик, что позволяет на 23-30 % снизить площадь и глубину кавитационных повреждений ступицы. Однако отсутствие автономного источника нагрева изделия и ферромагнитного наполнителя снижает эффективность ОМЛ грузоподъемными электромагнитами и ставит в зависимость их работу от наличия постороннего источника нагрева. Указанный недостаток устранен при разработке технологического комплекса грузоподъемностью 25 т (на базе дизель-электрического крана КС-5363) для терромагнитной обработки изделий. Рабочий орган этого комплекса представляет собой грузоподъемный электромагнит типа М62Б, снабженный телескопическим контейнером с ферромагнитным наполнителем и электронагревателем (рис.5).

Телескопической конструкцией достигается минимально необходимая высота контейнера, что позволяет снизить энергозатраты на нагрев изделия и ферромагнитного наполнителя и повысить эффективность терромагнитной обработки за счет минимального уда-

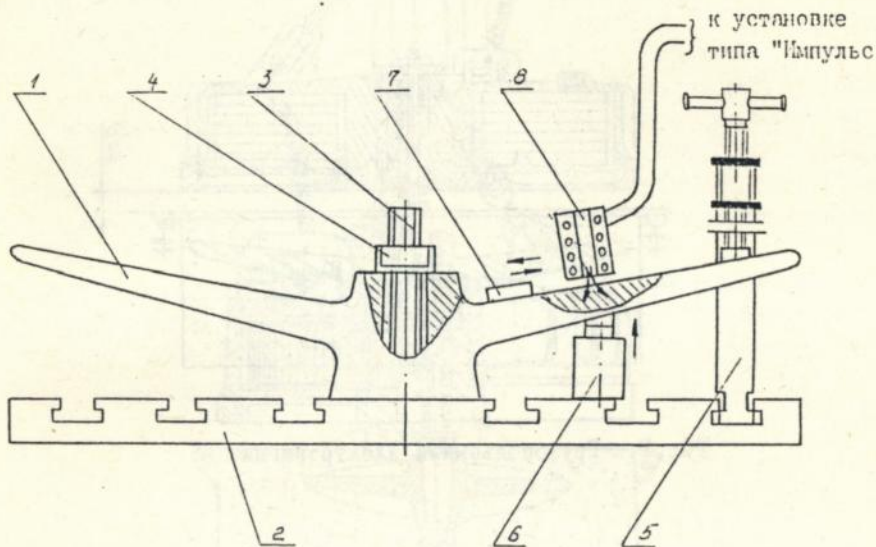


Рис. 1. Способ обработки гребных винтов :

- 1 - гребной винт; 2 - плита; 3 - винт; 4 - гайка;
- 5 - П-образная трубка; 6 - гидродомкрат; 7 - графит;
- 8 - индуктор

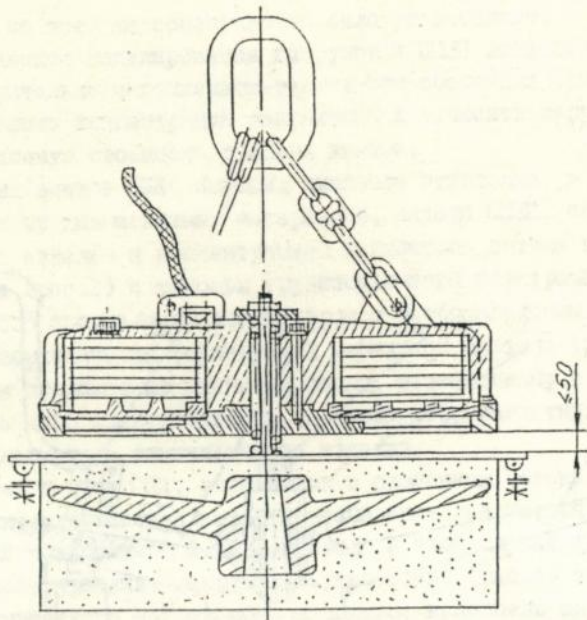


Рис.2. Грузоподъемный электромагнит

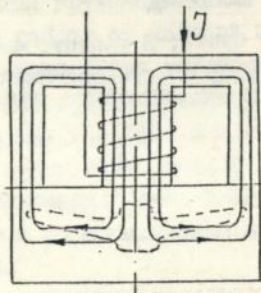


Рис.3. Магнитная схема грузоподъемного электромагнита

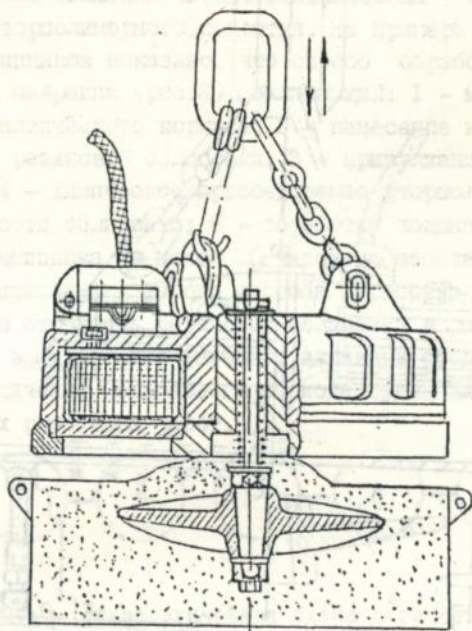


Рис. 4. Схема механотермического нагружения ступицы гребного винта СПК

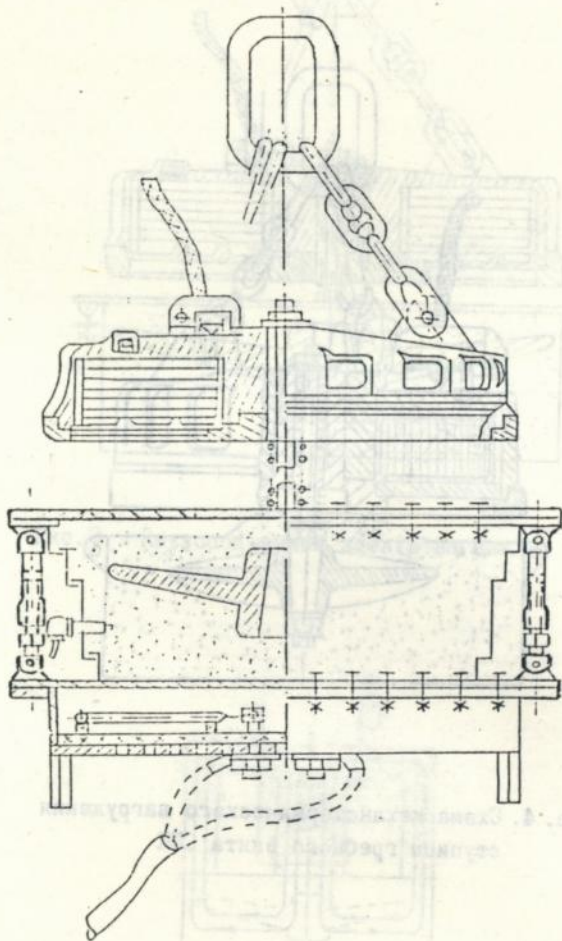


Рис. 5. Устройство для термомагнитной обработки изделий

ления изделий из различных материалов от рабочей поверхности ползсов грузоподъемного электромагнита.

Нами также разработан способ обработки ИШ металлополимерных подшипников скольжения, позволивший повысить эксплуатационные свойства полимерной облицовки в районах развития "краевого эффекта" без снижения физико-механических свойств антифрикционного (фторполимерного) покрытия. На примере резинометаллических подшипников показано, что способ обработки содержит новый объем операции (рис.6), включающий: 1 - механическую обработку металлического корпуса; 2 - нанесение на корпус средства крепления резиновой облицовки; 3 - привулканизацию облицовки к корпусу; 4 - химическое присоединение фторполимерного покрытия к поверхности облицовки; 5 - обработку подшипника ИШ; 6 - выдержку подшипника не менее 20 часов на неметаллических подкладках. Реализация указанного способа обработки позволила повысить химическую стойкость резиновой облицовки в районах развития "краевого эффекта" при работе в активных средах и влечет за собой увеличение междокового периода судов или сокращение объема доковых ремонтных работ.



Рис.6. Технологическая схема обработки РМП

Глава 3. Отражает изучение свойств поверхностных слоев металла при кавитационно-эрозионном изнашивании. Считается общепринятым, что первопричиной разрушения поверхности материалов при кавитационно-эрозионном изнашивании является механическое микроударное воздействие жидкости. Не рассматривая природу возникновения кавитационно-эрозионного изнашивания, можно согласиться, что оно происходит при воздействии на поверхность металла ударных волн. При этом рациональный выбор материала и технологии изготовления изделий судового машиностроения с указанным видом изнашивания возможны только на базе изучения воздействия ударных волн на поверхность изделий с учетом их микроструктуры и шероховатости. Согласно теории при взаимодействии плоских ударных волн с элементами микро-

структуры и рельефа углубления угловой формы на поверхности изделия ускоряют процессы изнашивания материала, так как при отражении волн от стенок углублений этих задири в волне давление нарастает ступенями при каждом отражении. Из ранее выполненных испытаний известно, что очаги разрушения в первую очередь возникают на дне углублений, при этом интенсивность изнашивания поверхности образцов с канавками с углом при вершине  $120^\circ$  на 30-40 % меньше, чем образцов с канавками с углом при вершине  $60^\circ$ .

Намн продолжено изучение влияния шероховатости поверхности изделия на кавитационно-эрозионное изнашивание с точки зрения ударно-волновой теории.

С помощью профилометрии установлено, что ОМЛ изменяет микро топографию поверхности (сглаживает вершины выступов и впадин - устраняет концентраторы напряжений). В результате выполненных исследований зафиксированы также технологические параметры ОМЛ, позволяющие уменьшить исходную шероховатость образцов материалов из стали 25Л-П, латуни МЦ4МЦ3М, бронзы БрА9СН4.

Исследованиями, выполненными с помощью измерительной системы "Эпсилон-МА", регистрирующей изменение опорной частоты в зазоре работающего сопряжения "плунжер-штулка" при подаче дизтоплива показано (рис.7), что переход от полноразмерного к бнреществу при определенной объемной концентрации обработанного (в потоке) ОМЛ дизтоплива с антимикробной присадкой позволяет одновременно повысить антиизносные свойства этой ресурсной смеси и защитить прецизионные поверхности топливной аппаратуры от разрушения микроорганизмами, поскольку антиизносные присадки антимикробным действием не обладают.

При экспериментальных исследованиях фрикционных свойств металлополимерных подшипников скольжения, прошедших плазмохимическую обработку (нанесение на резиновую облицовку антифрикционной композиции "фторпласт 32...40 - дисульфид молибдена") и ОМЛ зафиксировано снижение коэффициента сухого трения в 1,3-4 раза. Анализ результатов стендовых испытаний показал, что основная часть усилий от массы винта и вала воспринимается коротким участком резинометаллического подшипника длиной менее двух диаметров вала; с увеличением относительного зазора рас-

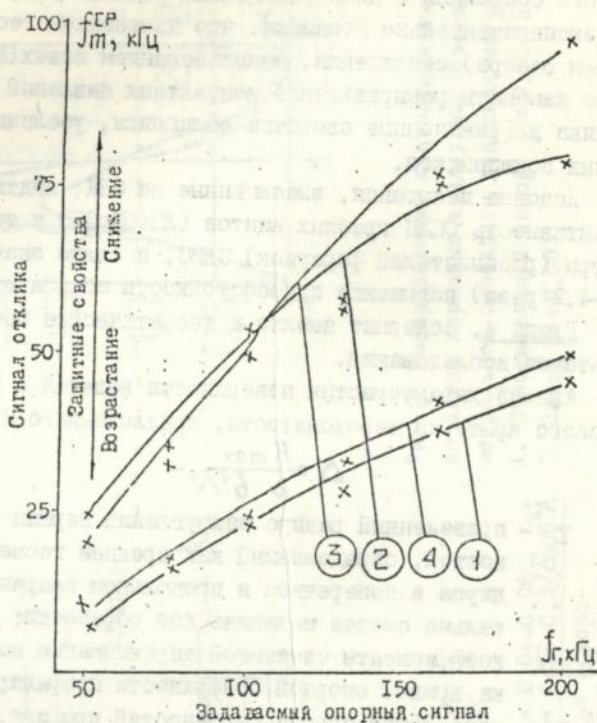


Рис. 7 Частотные характеристики дизельного топлива марки "Л":

1 - топливо с добавлением 100 мг/л антиизносной присадки ИГ-203Р (ТУ 38.401.645-87), и 50 мг/л антимицробной присадки; 2 - топливо в потоке с антимицробной присадкой, 25% объема которого обработано ИМП; 3 - топливо в потоке с антимицробной присадкой, 50% объема которого обработано ИМП; 4 - топливо в потоке с антимицробной присадкой, 75% объема которого обработано ИМП

тет величина максимального давления (рис.8) и нагруженная зона удлиняется в носовом направлении. Таким образом оценка напряженного состояния и антифрикционных свойств РЛ, подтвержденная экспериментально показала, что изменением геометрии (уменьшением зазора) сопряжения, использованием новых (АЭ) материалов можно изменить распределение контактных давлений по длине подшипника и трибционные свойства облицовки, увеличив ресурс полимерных подшипников.

Кодовые испытания, выполненные на СЛК, подтвердили высокую эффективность ОМЛ гребных винтов (МЦ4МЦ3В) и топливной аппаратуры (распылителей форсунок) СДВС, а также значительное (в 1,4-4,2 раза) повышение износостойкости модифицированных РЛ.

Глава 4. содержит анализ и теоретическое обоснование результатов исследований.

Анализ характеристик поверхности ведется с помощью комплексного критерия шероховатости, предложенного И.В.Крагельским

$$\Delta = \frac{R_{max}}{z \cdot \delta^{1/\nu}}$$

где  $z$  - приведенный радиус закруглений вершин (впадин) неровностей, определяемый как среднее геометрическое радиуса в поперечном и продольном направлениях относительно следов механической обработки;

$\delta_{uv}$  - коэффициенты степенной аппроксимации начального участка кривой опорной поверхности профиля;

$R_{max}$  - наибольшая высота неровностей профиля.

Исследование поверхностей образцов, выполненное с помощью профилографин и их анализ по критерию  $\Delta$  позволяют обосновать и объяснить полученные результаты:

- повышение коррозионно-кавитационной стойкости - увеличением радиусов закруглений вершин и впадин (исчезает концентраторы напряжений) микронеровностей, а также опорной длины профиля

$t_p$ , что снижает турбулизацию потока жидкости;

- увеличение электроэрозионной стойкости - увеличением радиусов закруглений вершин микронеровностей и уменьшением  $R_{max}$ , что затрудняет условия концентрированного истечения зарядов с локальных участков прецизионных поверхностей топливной аппаратуры;

- сокращение времени обработки, а значит и интенсивных

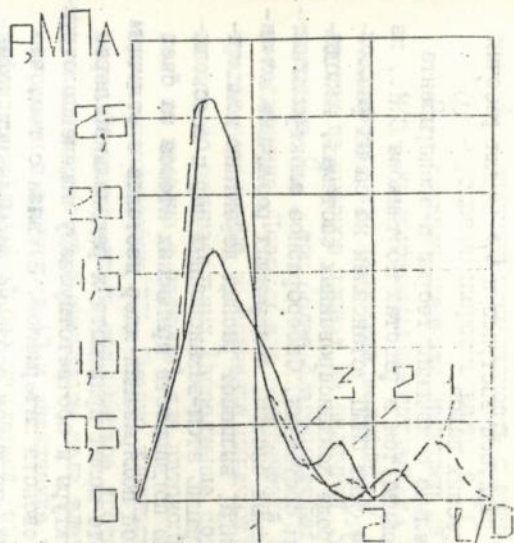
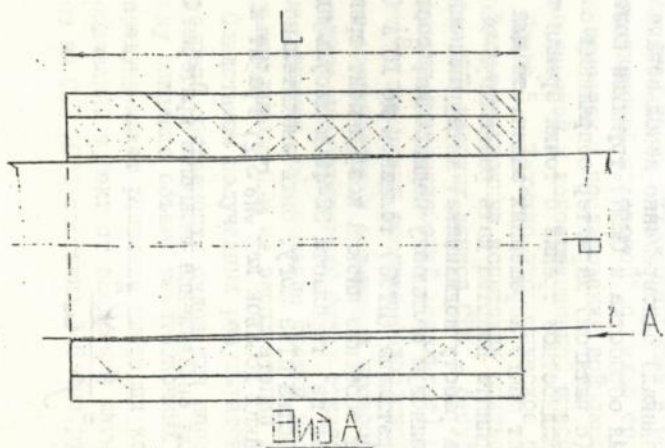


Рис. 8 Распределение контактных давлений по длине кормовых дейдвудных подшипников в диаметральной плоскости действия нагрузки  
 1. Относительный зазор  $\psi = 0,01$ ; 2. Зазор  $\psi = 0,007$   
 3. Зазор  $\psi = 0,003$ .

износов - увеличением радиусов выступов и  $t_p$  - для рабочих поверхностей (шек) гребных валов.

Наиболее основательно с позиций теории и эксперимента технология ОММ обосновывается в работах Постникова С.Н., из которых следует, что эффект ОММ установлен на самых различных по физической природе конденсированных системах, находящихся в метастабильном состоянии. Своеобразное электромагнитное встряхивание подобных систем, содержащих различные комбинации носителей и заряда, вызывает распад дефектных комплексов, повышает концентрацию атом-вакансионных пар и обеспечивает аномально высокую подвижность примесных атомов за счет релаксации динамической поляризации ядер изотопов с отличным от нуля спином. Все это может приводить к радикальной перестройке реальной структуры и соответствующему изменению структурно-чувствительных свойств материалов. В связи с тем, что поверхности твердых тел являются особенно насыщенными дефектами, процессы, связанные с наложением поля, в них протекают наиболее интенсивно.

В исследуемых нами опорах скольжения гребных валов (резинометаллических подшипниках) одновременно использована модификация (плазмотроническая обработка и ОММ) трущихся поверхностей и нетрадиционный (с натягом) характер сопряжения с гребным валом. Поскольку полужидкостное трение с точки зрения теории и эксперимента содержит много нерешенных задач, то для указанного сопряжения предпринята попытка дать раздельную оценку каждого из факторов на работу подшипника. Антифрикционный слой (АЭ), наносимый на резиновую обложку подшипника, состоит из подложки-политетрафторэтилена (ПТФЭ) толщиной до  $10^3 \text{ \AA}$  (тонкие слои ПТФЭ обеспечивают особенно низкий коэффициент трения - 0,04-0,06) и композиции из фторпласта 32-40 и дисульфида молибдена (фрикционные свойства ПТФЭ могут быть значительно улучшены введением в него таких добавок как  $\text{MoS}_2$ , графит и др.) толщиной 5-25 мкм.

Анализ формулы для определения величины критерия Зоммерфельда

$$S_0 = \frac{p \cdot \psi^2}{\mu \cdot \omega}$$

где  $\mu$  - динамическая вязкость смазки, МПа·с;  
 $\omega$  - угловая скорость вала,  $\text{с}^{-1}$ ;  
 $P$  - средняя удельная нагрузка на подшипник,  $\text{н/м}^2$ ;  
 $\psi$  - относительный диаметральный зазор

показывает, что изменение величины  $\psi$  больше, чем изменение других параметров влияет на величину  $S_0$ , причем, чем меньше величина  $S_0$ , тем более благоприятным является режим трения в подшипнике. Поэтому для обеспечения благоприятных режимов трения необходимо обеспечение минимальных монтажных зазоров вплоть до отрицательных (выполнение сопряжения "подшипник-вал" по посадке с натягом) для автокомпенсации износа в процессе эксплуатации СМК. Именно импульсный характер обработки позволил также решить техническое противоречие "увеличение времени обработки в магнитном поле влечет за собой снижение твердости и прочности АЗ и увеличение твердости и прочности резиновой обшивки" без нарушения физико-механических свойств рабочих поверхностей подшипника.

Поскольку ИМП выступает как каталитический фактор в технологических процессах, нами он использован для подавления жизнедеятельности микроорганизмов в ресурсной смеси "топливо с антимикробной присадкой" с целью сокращения количества вводимых присадок и исследования возможности на пути создания единой рабочей и консервационной смеси.

#### Глава 5. Технико-экономическое обоснование.

Эксплуатационные испытания подтвердили эффективность обработки ИМП гребных винтов СМК - ресурс работы винтов (приведен средне-статистический результат) почит до 170 %. Основной эффект от повышения ресурса безопасной эксплуатации гребных винтов заключается в повышении провозной способности судов в результате предупреждения таких отказов, как обрыв лопастей гребных винтов, образование трещин кронштейнов валопроводов, требующих вывода СМК из эксплуатации для ремонта.

Следствием полученных результатов является также улучшение условий обитаемости судов для пассажиров и команды, поскольку снижение объема кавитационных повреждений гребных винтов предупреждает развитие вибрации кормового образования СМК. Экономический эффект от внедрения магнитоупрочненных гребных винтов на СМК КСЗ составил 343 тыс.руб

## ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Установлено, что ОМШ позволяет вскрыть резервы стойкости существующих материалов, повысить ресурс и эксплуатационную надежность элементов длительно-энергетических комплексов судов.

2. Впервые установлен факт влияния ОМШ на шероховатость поверхности применительно к сравнительно большой совокупности материалов, отличающихся по структурному состоянию и физико-механическим свойствам. Изменение шероховатости после ОМШ выражается в сглаживании профиля поверхности как по вершинам, так и по впадинам, и обусловлено перегруппировкой атомов в приповерхностных слоях, что сопровождается устранением концентраторов напряжений. Указанные изменения можно объяснить с привлечением современных представлений о возникновении в конденсированных системах диффузионной неустойчивости после наложения на такие системы магнитных полей.

3. Лабораторными исследованиями установлена связь между характеристиками исходной шероховатости поверхности, параметрами изнашивания и технологическими параметрами ОМШ.

4. Показана реальная возможность улучшения защитных свойств дизельных топлив (ресурсной смеси "топливо с присадкой") и возможность создания единой рабочей и консервационной смеси.

5. Опытные-промышленные испытания показали, что максимальная длина и глубина участков кавитационно-эрозионных повреждений лопастей в прикорневой зоне, лимитирующих срок безопасной эксплуатации, при одинаковой наработке у магнитоупрочненных винтов  $\sim$  в 1,5 раза ниже, а ресурс и надежность в 1,5-1,7 раза выше, чем у винтов, изготовленных по традиционной технологии. Обрывов лопастей гребных винтов СПК (материал - латунь ЛЦ40Мц3Х), изготовленных по новой технологии, не наблюдалось.

Испытаниями в течение навигаций 1982-1991 гг. установлено, что плазмохимическая обработка (нанесение абразивных эластомеров) в сочетании с ОМШ  $\sim$  в 1,4 раза (для СПК) - 4,2 раза (для глиссирующих судов) повышает износостойкость резиновой облицовки опор скольжения (ГОСТ 7199-77) судовых валопроводов.

Отказы топливной аппаратуры двигателей М400, М401 (распылители форсунок) в течение 600 ч работы снижены со 100 % до 34.

6. Разработаны новые, признанные изобретениями, способы (3) и устройства (2), направленные на совершенствование технологии ОИЛ гребных винтов, резинометаллических подшипников, топливной аппаратуры.

7. Создан технологический комплекс грузоподъемностью 25 т (на базе дизель-электрического крана) для магнитной и термомагнитной обработки изделий судового машиностроения произвольной формы с высокими массогабаритными характеристиками; рабочие органы этого комплекса "грузоподъемный электромагнит" и "грузозахватное устройство" признаны изобретениями.

8. На базе разработанного изобретения (А.С.1564835) сформулировано и реализовано конструкторско-технологическое решение "стенд для магнитной обработки топливной аппаратуры" в условиях динамического нагружения.

9. Новое конструкторско-технологическое обеспечение позволяет не только поднять технический уровень производства, но и является основой для расширения применения новой технологии и распространения ее на новую номенклатуру (крылатки насосов, гидроразрыхлители и т.д.) изделий судового машиностроения.

Весь комплекс исследований выполнен в рамках республиканской программы "Винт", разработанной в МГО "Укрречфлот", на 1988-1991 гг., а также тем: "Магнитное упрочнение деталей и узлов подъемно-транспортного и судового оборудования" (№ гос. регистрации О1880002859) и "Магнитное упрочнение изделий судового машиностроения с совмещением воздействия акустических полей" (№ гос. регистрации О1900057443).

Полученные результаты экспериментальных исследований и опытно-промышленных испытаний позволяют рекомендовать новые технические решения для доработки движительно-энергетических комплексов и в практику эксплуатации.

Основное содержание диссертации опубликовано в следующих работах:

1. А.с. 1693778 СССР, МКИ В21Д 26/14, В63Н 1/14. Способ обработки деталей / В соавторстве.

2. А.с. (положительное решение ВНИИПЗ № 4876778/27 от 25.04.91 СССР, МКИ F16C 27/06, 33/12. Способ обработки металлополимерных подшипников скольжения. В соавторстве.

3. А.с. 1705221 (положительное решение ВНИИПЗ № 4736966/24-07 от 12.08.90) СССР, МКИ В66С 1/06, С21d 1/04. Грузоподъем-

ний электромагнит / В соавторстве.

4. А.с. (положительное решение ВНИИПЭ № 4768702/ II от 13.02.91) СССР, МКИ В66С I/06. Грузозахватное устройство/ В соавторстве.

5. А.с.1564835 СССР, МКИ В21С 26/14, В63Н I/14. Способ изготовления деталей / В соавторстве.

6. Уваров В.А. Магнитная обработка в судостроении и ремонте // Доклады 4 Междунар.науч.-техн.семинара по нетрадиционным технологиям в машиностроении АМО'89 (Ботевград, окт. 1989), София, т.2. -С.147-150.

7. Уваров В.А. Способ и устройство повышения контактно-кавитационной стойкости гребных винтов судов // Контактная гидродинамика: Тез.докл. 5 Всесоюз.конф.- АН СССР, Самара, 1991.- С.123.

8. Упрочнение поверхностей трения магнитно-импульсной обработкой / В соавторстве // Современные проблемы триботехнологии. Тез.Всесоюз.научн.-техн.конф.- Николаев: НКМ, 1988.- С.106-107.

9. Снеговский Ф.П., Уваров В.А. Влияние магнитной обработки гребных винтов на кавитационный износ // Трение и износ.- Минск: Наука и техника, 1991.- Т.12.- № 3.- С.535-539.

10. Снеговский Ф.П., Уваров В.А. Снижение трения в опорах, работающих в водных средах // Трение и износ.- Минск: Наука и техника, 1991.- Т.12.- № 4.- С.704-709.

11. Снеговский Ф.П., Уваров В.А. Снижение износа поверхностей трения топливной аппаратуры // Технология судоремонта: произв.и научн.-техн.об. ВМФ-В/ч 26920, 1991.- № 2.- С.21-25.

12. Снеговский Ф.П., Уваров В.А. Повышение срока службы гребных винтов // Речной транспорт.- М, 1990.- № 10.- С.37-38.

13. Снеговский Ф.П., Уваров В.А. Оценка нетрадиционной технологии обработки гребных винтов судов // Судостроение и судоремонт: сб.научн.тр.- Одесса, ОИИМФ, 1992.- С.158-160.

14. Снеговский Ф.П., Уваров В.А. Формирование микрорельефа поверхностей трения обработкой магнитным полем // Материалы научн.-техн.семинара с международным участием по нетрадиционным технологиям в машиностроении (Ботевград, 1991). София-Нишкин Новгород, 1992.- С.

15. Уваров В.А. Обработка магнитным полем, как способ повы-

шения срока службы гребных винтов и подшипников судов // Трибо-  
технология - производству: Тез. докл. II регион. науч.-техн. конф. -  
Таганрог: Комитет по триботехнике, 1991. - С.150-151.

16. Уваров В.А. Модифицированные дейдвудные подшипники // Речной транспорт. - М, 1986. - С.32.



---

Зак. 645, тир. 100, подл. к печ. 15. 06. 92г.  
Усл. печ. лист. 1, Э. КМІ ОНИМФ Одесса,  
ул. Мечникова, 34.

---





AB 25.947

**AB 25.947**