

УДК 681.215

DOI: 10.34046/aumsuomt100/13

## ВНЕДРЕНИЕ ТЕЛЕМАТИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ В РАЗВИТИЕ СОВРЕМЕННОГО ОБЩЕСТВА НА ВНУТРЕННИХ ВОДНЫХ ПУТЯХ

*А.И. Епихин, кандидат технических наук, доцент*

*Д.С. Тормашев, кандидат технических наук, доцент*

*Е.В. Зарубин, курсант*

*В.С. Мачек, курсант*

Современные тенденции и перспективы развития по внутренним водным путям, особенно применительно к концепции автономного судна и безэкипажного (беспилотного) судовождения, а также выполнения перспективных требований международного морского законодательства по предотвращению загрязнения атмосферы с судов являются важным фактором развития современного общества. Технологии искусственного интеллекта (ИИ) (в разных их проявлениях) сегодня внедрены практически во всех транспортных отраслях, за исключением морского и речного транспорта. Кульминация научных достижений о текущем состоянии объектов контроля (в плане мониторинга, контроля и диагностики технического состояния) состоит из телематических (телекоммуникационных и информационных) поддерживаемых транспортных систем - интеллектуальных транспортных систем (ИТС). Телематические системы способствуют улучшению транспортного потока, безопасности движения, эффективности использования транспорта, охраны окружающей среды и экономической составляющей бизнеса. Обеспечение удаленного управления судовыми техническими средствами автономного судна, контроль параметров процессов и оценка их технического состояния с использованием искусственного интеллекта (искусственных нейро-нечетких сетей). Создание цифровых двойников и прогнозирование технического состояния, моделирование сценариев в течение жизненного цикла судовых технических средств. При внедрении телематических систем с двусторонним обменом данными будут достигнуты значительные улучшения в транспортных потоках и, соответственно, повышение безопасности и снижение экологической нагрузки на окружающую среду.

**Ключевые слова:** суда внутренних водных путей, энергоэффективность, безэкипажное судовождение, интегрированные системы управления, цифровые двойники.

## IMPLEMENTATION OF TELEMATIC TECHNOLOGIES IN THE DEVELOPMENT OF MODERN SOCIETY ON INLAND WATERWAYS

*A.I. Epikhin, D.S. Tormashev, E.V. Zarubin, V.S. Makechek*

Current trends and prospects for the development by inland waterways, especially in relation to the concept of an autonomous vessel and unmanned navigation, as well as the implementation of promising requirements of international maritime legislation on the prevention of atmospheric pollution from ships are an important factor in the development of modern society. Artificial intelligence (AI) technologies (in their various manifestations) are now implemented in almost all transport industries, with the exception of sea and river transport. The culmination of scientific achievements about the current state of control objects (in terms of monitoring, control and diagnostics of technical condition) consists of telematics (telecommunications and information) supported transport systems-intelligent transport systems (ITS). Telematics systems contribute to the improvement of traffic flow, traffic safety, efficiency of transport use, environmental protection and the economic component of business. Provision of remote control of ship technical means of an autonomous vessel, control of process parameters and assessment of their technical condition using artificial intelligence (artificial neuro-fuzzy networks). Creation of digital doubles and forecasting of the technical condition, modeling of scenarios during the life cycle of ship technical means. With the introduction of telematics systems with two-way data exchange, significant improvements will be achieved in transport flows and, accordingly, increased safety and reduced environmental burden.

**Keywords:** inland waterway vessels, energy efficiency, unmanned navigation, integrated control systems, digital twins.

### Введение

В настоящее время транспортные системы являются важным фактором развития современного общества, поэтому они должны адаптироваться к этим тенденциям. Технологии искусственного интеллекта (ИИ) (в разных их проявлениях) сегодня внедрены практически во всех транспортных отраслях. Наибольшее проявление они нашли в автомобильной и авиакосмической отраслях. Наука о движении транспортных средств ориентирована на решение проблем в

сфере автомобильного, железнодорожного, воздушного, водного, почтового и телекоммуникационного трафика путем применения методов и устройств, которые служат для сбора, обработки и распространения информации о движении объектов мониторинга [1, 2].

Кульминация научных достижений о текущем состоянии объектов контроля (в плане мониторинга, контроля и диагностики технического состояния) состоит из телематических (телеком-

муникационных и информационных) поддерживаемых транспортных систем – интеллектуальных транспортных систем (ИТС).

"Интеллектуальное" поведение таких систем отражается на уровне накопления информации, способности к общению, обучению, способности делать выводы и адаптироваться к текущей обстановке. Телематика (в свободном переводе: дистанционное управление) – это сочетание информационных и телекоммуникационных технологий. Телематика включает в себя широкий спектр технологических соединений, которые упрощают управление всей транспортной цепочкой с помощью информации о движении контролируемых объектов при наличии активной обратной связи [3, 5].

Телематические системы способствуют улучшению транспортного потока, безопасности движения, эффективности использования транспорта, охраны окружающей среды и экономической составляющей бизнеса. Телематика также нашла свое применение в медицине и промышленном производстве.

**Основными причинами введения ИТС являются следующие:**

- увеличение пропускной способности маршрута движения (значимость трафика),
- снижение загрязнения окружающей среды (экологическая значимость),
- экономия топлива, сокращение времени транспортировки (экономическое значение),
- повышение безопасности движения (значение охраны человеческой жизни).

Абсолютно верно утверждение, что развитие современного общества сегодня основано на внедрении информационных технологий (в том числе ИИ) в различные сферы деятельности.

Являясь важным фактором современного развития, транспортные системы также должны адаптироваться к этим тенденциям. Информационные технологии сегодня внедрены во всех отраслях дорожного движения (автотранспорт). Наука о дорожном движении ориентирована на решение проблем в сфере автомобильного, железнодорожного, воздушного, водного, почтового и телекоммуникационного трафика путем применения методов и устройств, которые служат для сбора, обработки и распространения информации о движении объектов контроля.

"Интеллектуальное" поведение ИТС отражается на уровне сбора информации, способности к ее анализу и обобщению, способностью взаимо-

действия объектов контроля между собой, обучаемости, способности делать выводы и адаптироваться в зависимости от изменения внешних возмущений.

Классическим ответом на постоянный рост требований к трафику является физическое расширение транспортной сети, терминалов и транспортно-грузовых узлов. Однако сегодня из-за высоких затрат и отношения к окружающей среде такие классические решения порой просто невозможны. Необходимо рассмотреть решения в максимально эффективном использовании существующей инфраструктуры [4, 5, 6].

Такие решения могут быть реализованы с помощью передовых технологий управления движением транспорта. Современные интеллектуальные транспортные системы работают в режиме реального времени, чувствительны к изменениям транспортных потоков, объединяют в себе различные функции: информация о трафике, управление спросом на трафик, регулирование доступа транспортных средств к определенным участкам контролируемой сети, управление работой световой сигнализации (для автотранспорта), информирование пользователей в терминальных зонах. Интеллектуальные транспортные системы позволяют увеличить пропускную способность существующих маршрутов движения, снизить загрязнение окружающей среды (за счет снижения выбросов выхлопных газов, повышения безопасности движения и снижения потребностей в определенных маршрутах в текущий момент времени).

Интеллектуальные транспортные системы с поддержкой телематики используют передовые компьютерные, информационные и коммуникационные достижения для повышения мобильности, безопасности и улучшения охраны окружающей среды. Основной целью применения ИТС является установление полного взаимопонимания (коммуникации) между пользователями системы и теми, кто управляет транспортной системой.

Внедрение телематики приводит к реальным результатам. Управление временем загрузки определенного маршрута путем перераспределения объектов контроля или изменения их скорости хода путем получения информации от участников движения в реальном времени (онлайн) и немедленной реакции на возможные внешние факторы, оказывающие влияние на эффективность и безопасность использования объектов контроля.

**Разработка интеллектуальных транспортных систем началась с ее внедрения в дорожное движение и включала в себя два этапа:**

1. Классический метод управления движением с использованием вертикальной, горизонтальной и световой сигнализации.

2. Односторонние системы связи с водителями, основанные на передаче информации с помощью радио (RDS), использовании оцифрованных карт (системы навигации) для поиска оптимального пути к месту назначения в соответствии с изменяемой дорожной ситуацией.

Наиболее значимые проекты в рамках программы: PROMETHEUS, программа для европейских перевозок с высочайшей эффективностью и беспрецедентной безопасностью.

Этот научный проект был начат европейским союзом автомобильной промышленности в 1986 году с целью разработки и внедрения сложных информационно-коммуникационных систем в дорожном движении и разработки интеллектуальных транспортных средств. Проект был завершен в 1994 году, и в его разработке приняли участие 14 автопроизводителей.

Специальная дорожная инфраструктура для обеспечения безопасности транспортных средств в Европе [9]. Эта научная программа Европейского Союза по разработке передовых информационных и коммуникационных систем в дорожном движении преследует три основные цели:

1. Повышение безопасности,
2. Повышение эффективности системы дорожного движения
3. Улучшение охраны окружающей среды.

Эти цели достигаются путем управления движением и направления транспортных средств по сети с использованием цифровых карт и баз данных о дорожных сетях.

CARIN - Автомобильная информационно-навигационная система. Система используется для управления транспортными средствами по сети на основе оцифрованных данных, полученных на компакт-диске.

Транспортное средство должно быть оснащено компьютером, устройством для чтения компакт-дисков и оборудованием, которое определяет местоположение транспортного средства в пространстве.

Водитель отмечает свое текущее местоположение и пункт назначения, а компьютер определяет

оптимальный маршрут и предлагает водителю, как добраться туда по оптимальному маршруту.

Это исследовательская программа, которая является результатом программ PROMETHEUS. Основная цель состоит в том, чтобы обеспечить общее решение транспортных проблем, главным образом в густонаселенных районах, путем интеллектуального подключения к транспортным системам и оптимального использования текущих возможностей. Цель заключается в повышении безопасности дорожного движения с помощью встроенных систем, помогающих водителю.

### **Телематика в движении по внутренним водным путям**

Движение по внутренним водным путям (ВВП) с использованием возможностей телематики еще не используется в полной мере для обеспечения экономичного и экологически чистого способа перемещения на средние и большие расстояния. Тенденция к максимизации эффективности эксплуатации ВВП со значительными инвестициями в их развитие прослеживается в странах с развитой сетью внутренних водных путей.

Это подчеркивает важность интермодальных перевозок по внутренним водным путям и их взаимосвязей. В последние и последующие десять лет стратегической задачей будет максимальное использование транспорта, включая оптимальную защиту окружающей среды.

Внутренний водный транспорт занимает значительное место в логистической цепочке, но он должен быть надежной, эффективной и адекватно оборудованной транспортной отраслью.

Судоходство по ВВП будет успешно интегрировано в интермодальную транспортную систему, если будут решены ключевые проблемы в движении по внутренним водным путям:

- чрезмерная задержка судов из-за формальностей, связанных с оформлением груза;
- недостоверная информация о положении судна и, возможно, перевозимого опасного груза;
- недостаточная информация о прибытии судна в речной порт и чрезмерное ожидание обработки груза.

Одним из ключевых элементов улучшения перевозок по ВВП и их интеграции в интермодальные транспортные системы является внедрение использования возможностей телематического оборудования [2, 6].



Рисунок 1 – Некоторые функции систем телематического наблюдения

Эти информационные системы ВВП с использованием искусственного интеллекта будут способствовать обеспечению безопасности движения при интермодальных транспортных операциях и снижению загрязнения окружающей среды при условии их использования всеми участниками интермодальной транспортной системы (присутствует необходимость регулятивного воздействия).

#### Преимущества внедрения информационных систем ВВП на государственном уровне:

- повышение безопасности движения на внутренних водных путях;
- эффективное управление движением на внутренних водных путях;
- эффективный контроль за опасными грузами на внутренних водных путях;
- эффективный обмен информацией о текущей ситуации при возможных авариях (столкновение, загрязнение окружающей среды, операция спасания и т.п.);
- более эффективный таможенный контроль;
- электронный мониторинг ситуации на терминалах, складах;
- более эффективный обмен данными и информацией при международном движении по внутренним водным путям;
- повышение безопасности за счет свободного доступа к информационным услугам (информация капитанам о глубинах, волнении, метеорологических данных - ветер, лед);
- разработка цифровых карт рек в соответствии с европейскими стандартами;
- точный обзор водных путей, навигационных знаков и береговых линий рек;
- общая информация об административном разрешении на грузовые и пассажирские перевозки;
- создание эффективной системы управления движением судов на основе европейского стандарта (АИС, ECDIS) во всех европейских странах, имеющих значительные объемы сетей ВВП.

#### Преимущества внедрения информационных систем ВВП на коммерческом уровне:

- более эффективная интеграция перевозок по внутренним водным путям в интермодальные перевозки за счет электронной интеграции всех факторов логистической системы;
- повышение эффективности движения на переходах;
- улучшение планирования погрузочно-разгрузочных работ за счет наличия точных и достоверных оценок прибытия судов в речной порт;
- оптимальное использование судов внутреннего плавания и сокращение времени ожидания услуг по обработке грузов;
- сокращение административного аппарата;
- более эффективное планирование и контроль транспортных операций.

#### Преимущества внедрения информационных систем ВВП на социально-экономическом уровне:

- увеличение объема перевозок по внутренним водным путям за счет изъятия грузов из автомобильного и железнодорожного движения и, как следствие, улучшение охраны окружающей среды;
- содействие созданию новой логистической системы путем внедрения высококачественных транспортных услуг в движение по внутренним водным путям.

#### Функционирование основных информационных служб ВВП

Основные задачи информационных телематических служб ВВП включают в себя следующее:

- действительная информация о движении (текущее местоположение судна, идентификация судна, размеры, осадка судна, информация о характере перевозимых грузов);
- представление информации о навигации на электронной карте;
- представление информации о движении в управление внутреннего водного транспорта;

- надежная поддержка сотрудников таможенной и государственной границы с целью повышения эффективности процедур таможенного и пограничного контроля судов, контроль и мониторинг перевозок опасных грузов.

**Телематическая система информационных служб ВВП состоит из следующих элементов:**

- электронная морская карта (ECDIS - система представления и информации о внутреннем судоходстве);
- система позиционирования;
- радиосвязь на основе транспондеров (приемопередатчик с автоматической передачей сигнала) на основе АИС;
- автоматическая система идентификации судна;
- обработка данных.

Электронное представление на карте и информационная система (ECDIS) доступны компьютеру на борту судна, а также береговым центрам связи и управления судами.

Позиционирование выполняется с помощью спутниковых систем для определения местоположения (например, NAVSTAR-DGPS) с точностью до нескольких метров. Инфраструктура связи на борту судна реализована при помощи судового транспондера с использованием методов, основанных на стандарте AS. Обработка данных с помощью компьютеров обеспечивает эффективную, обновляемую (онлайн), надежную и всеобъемлющую информацию об общем внутреннем судоходстве.

В развитии информационных служб ВВП должны быть внедрены следующие компоненты системы (в том числе в виде «цифровых двойников»):

- сегмент судна
- наземный сегмент
- контрольный сегмент

Сегмент судна состоит из системы судового транспондера (радиомодема для передачи данных), системы позиционирования и компьютера для обработки полученных данных. Компьютер с электронной картой внутренних водных путей может отображать корректное положение судна, а также положения других судов. Наземная инфраструктура (наземный сегмент) должен быть создан вдоль протяженности всего водного пути и состоять из наземной системы транспондеров и сети обмена информацией с контрольным сегмен-

том. Сегмент управления состоит из региональных и национальных центров и обрабатывает всю информацию о движении[8].

Региональные центры могут быть расположены в шлюзах в качестве помощи в их функционировании. Здесь текущая информация о движении может быть представлена на электронных речных картах, но все суда, оснащенные транспондерами, должны контролироваться уполномоченными органами. Также должен присутствовать Национальный центр, контролирующий всю деятельность во внутреннем судоходстве. Внешние пользователи (государственные и коммерческие) могут иметь доступ к текущей информации о трафике, если они должным образом авторизованы.

**Функциональность расширенных информационных служб ВВП**

В то время как основные информационные услуги служб ВВП ориентированы на создание, представление и обработку прямой информации о речном движении в отношении осуществления контроля уполномоченными органами, расширенная информационная служба ВВП должна обрабатывать непосредственную информацию о речном движении и объединять ее с информацией других участников интермодальной транспортной цепочки, необходимой для обеспечения эффективного и безопасного судоходства по внутренним водным путям.

Пользователи, которые получают преимущества использования улучшенных услуг:

- уполномоченные органы по пограничному контролю;
- уполномоченные органы по таможенному контролю;
- уполномоченные органы по охране окружающей среды;
- порты ВВП;
- транспортные операторы;
- грузоотправители.

Должны быть разработаны и использованы следующие информационные услуги:

- усиление мониторинга и контроля за судном со стороны уполномоченных органов;
- электронное предварительное информирование уполномоченных органов о пересечении границы пассажирами и персоналом;
- электронное предварительное информирование уполномоченных должностных лиц таможенных органов о грузе;
- электронная регистрация опасных грузов;

- управление движением с помощью системы планирования работы шлюза (при его присутствии);
- обеспечение точного и надежного позиционирования судна в порту погрузки;
- международный обмен данными по речному транспорту.

#### **Применение телематики в интермодальных перевозках**

Транспортные интермодальные перевозки - это такая технология, которая использует одновременно два современных и подходящих транспортных средства из двух различных транспортных отраслей для перевозки грузов, и одно транспортное средство вместе со своим грузом представляет собой груз другого транспортного средства из другой транспортной отрасли, и процесс перевозки осуществляется по крайней мере между двумя странами.

#### **Наиболее часто используемыми технологиями интермодальных перевозок являются:**

- Ro-Ro - транспортные средства автомобильной и железнодорожной ветки движения, горизонтально загруженные на судно;
- контейнерный транспорт;
- дорожные транспортные средства, загруженные в железнодорожный вагон;
- транспортные баржи (толкающие суда);
- суда внутреннего водного пути.

Контейнеризация с самого начала зарекомендовала себя как технология, предоставляющая многочисленные преимущества владельцам транспортных средств, владельцам грузов, грузоотправителям, операторам погрузочно-разгрузочных работ и страховым компаниям. Поэтому грузы, участвующие, особенно в морских перевозках, в значительной степени объединяются контейнерами.

Важным фактором в реализации эффективного и экономичного обслуживания, а также увеличения и развития интермодальных перевозок оказалась система EDI - электронного обмена данными.

Данные системы были разработаны в рамках ЭОД системы EDIFACT (Электронный обмен данными для управления, торговли и транспорта) и EDITRANS (Электронный обмен данными в международных грузовых перевозках).

Они помогают в сборе и хранении информации о положении отдельных судов, а также

формируют базы данных, которые обеспечивают грузоотправителям более простое управление флотом и предоставляют информацию обо всех потенциальных пользователях судового пространства, его наличии и доступности. Собранные и сохраненные данные о зоне парка доступны всем пользователям транспортной системы.

Идентификация и мониторинг [10], в режиме реального времени унифицированных грузов интермодальной технологии могут реализовываться с помощью системы оптического распознавания, которая предоставляет данные о текущем состоянии транспорта (загруженные или порожние), движении, графике операций по очистке судов и отчетах о деятельности терминала.

Внедрение автоматической идентификации интермодальных грузов при входе и выходе из порта и интеграции с системой электронного обмена данными (EDI) улучшает погрузочно-разгрузочные операции, сокращает время задержки в порту и на подходе, а также увеличивает грузооборот в портах, на причалах и терминалах.

Система идентификации контейнеров может применяться также к другим типам грузов, независимо от агрегатного состояния и способа упаковки, при условии, что все грузовые единицы занесены в базу знаний системы распознавания, которые содержат достаточные данные о принадлежности груза и обеспечивают конкретную верификацию. Также данные должны содержать информацию о владельце, перемещениях, содержанием и весе груза, обеспечиваемом применением специальных «маркеров».

#### **Заключение**

При внедрении телематических систем с двусторонним обменом данными будут достигнуты значительные улучшения в транспортных потоках и, соответственно, повышение безопасности и снижение экологической нагрузки на окружающую среду. Сегодня в мире разработано множество телематических систем, которые внедрены во многих отраслях транспорта и их применение будет особенно эффективно в информационно-технологических связях всех участников в интермодальной транспортной цепочке [8].

Благодаря внедрению интеллектуальных транспортных систем в движение по внутренним водным путям эта недорогая, безопасная и экологически чистая отрасль перевозок приобретет еще большее значение.

Самый большой недостаток этой транспортной ветки - более низкая скорость движения

судов по сравнению с автомобильными и железнодорожными транспортными средствами, может быть снижена за счет разработки и применения передовых навигационных и информационных систем, которые позволят осуществлять безопасную навигацию ночью и в неблагоприятных погодных условиях (например, туман). Устойчивое и экологически приемлемое движение по внутренним водным путям обеспечит решение проблемы перегруженности дорог, создаст альтернативные способы транспортировки. Особенно важным является внедрение телематики в интермодальном транспорте, поскольку информация о текущем местоположении груза и транспортных средств может быть получена в любой момент, что, следовательно, позволяет точно планировать дальнейшие действия в транспортной цепочке [5, 6, 7].

Помимо многих преимуществ интеллектуальных транспортных систем с поддержкой телематики, наиболее важными являются следующие: повышение безопасности и пропускной способности маршрутов движения, экономия топлива, сокращение времени транспортировки и погрузочно-разгрузочных работ, а также повышение информационного уровня всех участников движения.

#### Литература:

1. Methodology and trends for an intelligent transport system in developing countries Mfenjou M. L. Abba Ari A. A. [...]Kolyang, Sustainable Computing: Informatics and Systems (2018)
2. Intelligent transport system Chandra Y. R., Shiva Harun M., Reshma T. International Journal of Civil Engineering and Technology (2017)
3. <https://portnews.ru/news/315096/>
4. Направления развития транспортной системы: российские и мировые стратегии <https://trasscom.ru/blog/napravleniya-razvitiya-transportnoj-sistemy-rossijskie-i-mirovye-strategii/>
5. Епихин А.И., Кондратьев С.И., Хекерт Е.В. Применение нейронных сетей на базе многослойного перцептрона с использованием нечеткой логики для технической диагностики судовых технических средств // Эксплуатация морского транспорта. – 2020. – № 3 (96). – С. 111-119.
6. Кондратьев С.И. Синтез программных траекторий методом динамического программирования [Текст] / С.И. Кондратьев // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Технические науки. – 2003. – № S6. – С. 41-43.
7. Боран-Кешишьян А.Л. Использование вероятностной и возможностной мер в виде нечетких вероятностей для оценки надежности про-

граммного обеспечения интегрированных систем ходового мостика [Текст] / А.Л. Боран-Кешишьян, С.И. Кондратьев // Журнал университета водных коммуникаций. – 2012. – № 3. – С. 55а-59.

8. Студеникин Д.Е., Бован С.Д., Хекерт Е.В., Модина М.А. Использование нейронных сетей для организации визуального наблюдения // Морские интеллектуальные технологии. – 2019. – № 4-3 (46). – С. 91-95.
9. Бабурина О.Н., Ботнарюк М.В., Кондратьев С.И. Интеллектуальные проблемы реализации дорожной карты развития морской отрасли России ("marinet") в рамках национальной технологической инициативы // Морские интеллектуальные технологии. – 2018. – № 3-1 (41). – С. 190-198.
10. Жмырко Т.Г., Новикова Т.К., Стихова А.М. Предложения по улучшению экологического состояния окружающей среды при перегрузке сыпучих грузов // Труды XXIII Международной Конференции 7-11 сентября 2015 года, г. Новороссийск «Лазерно-информационные технологии в медицине, биологии, геоэкологии и транспорте-2015» / под редакцией профессора В.Е. Привалова. – Новороссийск: Изд-во ГМУ имени адмирала Ф.Ф. Ушакова, 2015. – С. 158.

#### References

1. Methodology and trends for an intelligent transport system in developing countries Mfenjou M. L. Abba Ari A. A. [...]Kolyang, Sustainable Computing: Informatics and Systems (2018)
2. Intelligent transport system Chandra Y. R., Shiva Harun M., Reshma T. International Journal of Civil Engineering and Technology (2017)3. <https://portnews.ru/news/315096/>
4. Napravleniya razvitiya transportnoj sistemy: rossijskie i mirovye strategii <https://trasscom.ru/blog/napravleniya-razvitiya-transportnoj-sistemy-rossijskie-i-mirovye-strategii/>
5. Epihin A.I., Kondrat'ev S.I., Hekert E.V. Primenenie nejronnyh setej na baze mnogoslajnogogo perceptrona s ispol'zovaniem nechetkoj logiki dlya tekhnicheskoy diagnostiki sudovyh tekhnicheskikh sredstv // Ekspluatatsiya morskogo transporta. 2020. № 3 (96). S. 111-119.
6. Kondrat'ev S.I. Sintez programmnyh traektorij metodom dinamicheskogo programmirovaniya [Текст] / S.I. Kondrat'ev // Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Severo-Kavkazskij region. Seriya: Tekhnicheskie nauki. 2003. № S6. S. 41-43.
7. Boran-Keshish'yan A.L. Ispol'zovanie veroyatnostnoj i vozmozhnostnoj mer v vide nechetkih veroyatnostej dlya ocenki nadezhnosti programmного obespecheniya integrirovannyh sistem hodovogo mostika [Текст] / A.L. Boran-Keshish'yan, S.I. Kondrat'ev // Zhurnal universiteta vodnyh kommunikacij. 2012. № 3. S. 55а-59.

8. Studenikin D.E., Bovan S.D., Hekert E.V., Modina M.A. Ispol'zovanie nejronnyh setej dlya organizatsii vizual'nogo nablyudeniya // Morskie intellektual'nye tekhnologii. 2019. № 4-3 (46). S. 91-95.
9. Baburina O.N., Botnaryuk M.V., Kondrat'ev S.I. Intellektual'nye problemy realizatsii dorozhnoj karty razvitiya morskoy otrasli Rossii ("marinet") v ramkah nacional'noj tekhnologicheskoy iniciativy // Morskie intellektual'nye tekhnologii. 2018. № 3-1 (41). S. 190-198.
10. ZHmyrko T.G., Novikova T.K., Stihova A.M. Predlozheniya po uluchsheniyu ekologicheskogo sostoyaniya okruzhayushchej sredy pri peregruzke sypuchih gruzov // Trudy XXIII Mezhdunarodnoj Konferencii 7-11 sentyabrya 2015 goda; g. Novorossiysk «Lazerno-informacionnye tekhnologii v medicine, biologii, geoeologii i transporte-2015» / pod redakciej professora V.E. Privalova.- Novorossiysk: Izd-vo GMU imeni admirala F.F. Ushakova, 2015.-S. 158.

УДК 629.5

DOI: 10.34046/aumsuomt100/14

## АНАЛИЗ ОТКАЗОВ МУФТЫ ВАЛА НА МОРСКИХ ТРАНСПОРТНЫХ СУДАХ

*О.П. Коперчак, кандидат экономических наук, доцент  
Д.В. Огурцов, кандидат технических наук, доцент  
Н.А. Халилов, старший преподаватель*

Муфты в приводах современных транспортных судов применяются для постоянного соединения валов агрегатов, сцепления и расцепления валов, уменьшения динамических нагрузок и компенсации несоосностей, ограничения передаваемой нагрузки и скорости, и т.д.

Характерной особенностью современных пропульсивных комплексов морских судов являются большие мощности энергетических установок, высокие скорости рабочих процессов, значительные усилия, возникающие в ходе работы. Механизмы, передающие вращательное движение от двигателей к исполнительным механизмам машин, подвергаются динамическим воздействиям, порождаемым либо возникающими при выполнении рабочего процесса переменными силами, либо возникающими при неравномерном движении рабочих органов машины переменными инерционными силами. Следовательно, работа судовых пропульсивных комплексов сопровождается вибрациями и ударами, которые снижают прочность и долговечность приводных механизмов, являются причиной усталостных явлений, увеличивают шум в передачах и т.п.

**Ключевые слова.** Пропульсивный комплекс, муфты вала, судовые валопроводы, усталость, визуальный осмотр, фланцевой части муфты вала, натир, волнистых трещины, точечной коррозии, микроструктура муфты вала

## ANALYSIS OF SHAFT COUPLING FAILURES ON MARINE TRANSPORT VESSELS

*O.P. Koperchak, D.V. Ogurtsov, N.A. Khalilov*

Couplings in drives of modern transport vessels are used for constant connection of shafts of units, coupling and disengagement of shafts, reduction of dynamic loads and compensation of misalignments, limitation of transmitted load and speed, etc. A characteristic feature of modern propulsion complexes of sea vessels is the large capacity of power plants, high speeds of working processes, significant efforts arising during the work. Mechanisms transmitting rotational motion from motors to actuators of machines are subjected to dynamic actions generated either by variable forces occurring during performance of working process or by variable inertial forces occurring during non-uniform movement of working elements of machine. Therefore, the operation of ship propulsion systems is accompanied by vibrations and shocks that reduce the strength and durability of the drive mechanisms, cause fatigue phenomena, increase noise in transmissions, etc.

**Key words:** Propulsive complex, shaft couplings, ship shaft lines, fatigue, visual inspection, flange part of shaft coupling, grating, wavy cracks, point corrosion, microstructure of shaft coupling

Упругие муфты применяются в судовых валопроводах дизель-генераторных установках либо приводах гребных винтов на морских судах. Работа дизельного двигателя сопровождается высоким уровнем шума, вибрацией и различными динамическими нагрузками. К таким динамическим нагрузкам относятся крутильные колебания

на валу, возникающие в процессе работы дизельного двигателя. Именно эти «неравномерности» и призвана погасить упругая муфта [1, 2].

По своему назначению муфты разделяют на соединительные, предназначенные для жесткого или эластичного соединения элементов уста-