

УДК 656.6

ПРЕИМУЩЕСТВА ПРИМЕНЕНИЯ СУДОВ С КОЛЕСНЫМ ДВИЖИТЕЛЬНО-РУЛЕВЫМ КОМПЛЕКСОМ

Павлецова Полина Викторовна¹, ст.преподаватель кафедры управления транспортом
e-mail: p.lobanova89@mail.ru

Герасименко Ольга Леонидовна¹, к.т.н, ст.преподаватель кафедры логистики и маркетинга

e-mail: gerolga2014@yandex.ru

Тарасов Иван Сергеевич¹, к.т.н., доцент кафедры подъемно-транспортных машин и машиноремонта

e-mail: ivanptm@yandex.ru

¹ Волжский государственный университет водного транспорта, Нижний Новгород, Россия

Аннотация. В публикации рассматриваются конструктивные решения и практические выгоды от использования судов, оборудованных колесным движительно-рулевым комплексом (КДРК). Проведен анализ запатентованных технических решений и их реализации на действующих судах, а также обозначены сложности, возникающие при пилотировании таких объектов. Предложены инновационные подходы к модернизации систем автоматического регулирования, нацеленные на рост энергетической эффективности, повышение уровня безопасности и точности позиционирования в ограниченных акваториях.

Ключевые слова: колесный движительно-рулевой комплекс, внутренние водные пути, управляемость, электрический привод, интеллектуализация управления, топливная экономичность.

ADVANTAGES OF USING VESSELS WITH A WHEEL-BASED MOTOR AND STEERING COMPLEX

Polina V. Pavletsova¹, Senior Lecturer at the department of Transport Management

e-mail: p.lobanova89@mail.ru

Olga L. Gerasimenko¹, Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer at the Department of Logistics and Marketing

e-mail: gerolga2014@yandex.ru

Ivan S. Tarasov¹, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor at the Department of hoisting-and-transport machines and machinery repair

e-mail: ivanptm@yandex.ru

¹ Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia

Abstract. The article examines the design features and operational advantages of vessels utilizing a paddle-wheel propulsion and steering system (PWPSS). The authors analyze patented engineering

solutions and their practical implementation, alongside the navigational challenges inherent to such craft. Novel approaches to upgrading automatic control architectures are proposed, aimed at improving energy performance, navigational safety, and positional accuracy in confined waterways.

Keywords: paddle-wheel propulsion and steering complex, inland navigation, manoeuvrability, electric drive, control digitalization, fuel efficiency.

В связи с увеличением грузовых и пассажирских перевозок по внутренним водным магистралям, вовлечением в навигацию малых и заиленных рек, а также продлением навигационного периода в условиях ледостава, наблюдается повышенный спрос на флот с пониженной осадкой и исключительной гибкостью. В последние годы в Российской Федерации отмечен ренессанс колесных движителей — подтверждением служат построенные в период с 2011 по 2024 годы суда «Сура», «Колесовъ», «Доброходъ», «Золотое кольцо» и «Аурум». Отличительной чертой перечисленных проектов выступает использование КДРК, состоящего из двух бортовых гребных колес, приводимых независимыми электромоторами, при полном отсутствии классического рулевого устройства.

К числу наиболее значимых достоинств КДРК относится исключительная маневренность. Автономное регулирование угловой скорости каждого из колес обеспечивает возможность разворота судна практически на пятачке. В частности, выполнение поворота на 180° происходит с минимально возможным радиусом циркуляции, что является решающим фактором при выполнении причальных операций и проводке судна в стесненных фарватерах.

Управление вектором тяги осуществляется посредством двух отдельных джойстиков, каждый из которых задает частоту вращения своему колесу, благодаря этому судоводитель получает возможность менять соотношение оборотов колеса.

В сравнение с винтовыми и водометными двигателями, экономия топлива КДРК достигает около 40%. В условиях мелководья рек, небольших скоростей пассажирских судов КДРК, особенно при осадке не более 0,6 м, такие суда весьма превосходят и обеспечивают высокий коэффициент полезного действия гребных колес.

Построенная на базе независимых управляемых электроприводов приводная система, обеспечивает плавность изменения тяговых усилий и их надежность.

Применение такой приводной системы, позволяет обеспечить осадку судна не более 1,2 м, что особенно важно при сезонном колебании уровня воды и использовании судов КДРК на малых реках, и снижает простои судов.

Конфигурация КДРК обеспечивает надежное функционирование на мелководье, в битом льду и при сплаве леса. Лопасты (плицы), имеющие аксиально-винтовую геометрию и развернутые относительно оси колеса. Эти плицы позволяют подвести воду от бортов под днище судна, тем самым способствуя уплотнению выбрасываемой струи. Для судов ледового класса движительные колеса выполняются пространственными, причем их габарит по плицам превышает ширину корпуса.

Частота вращения колес не превышает 21 об/мин, что контрастирует с винтовыми движителями, работающими на 250–500 об/мин. Низкие обороты обуславливают малый уровень вибрации и акустического шума, что положительно сказывается на комфорте пассажиров и снижает утомляемость экипажа.

Лопасты жестко монтируются на цилиндрическом или коническом ободе под заданным углом. Торцевые участки исполнены с радиусным изгибом, минимизирующим ударные нагрузки при входе плицы в воду и обеспечивающим плавность выхода из нее.



Техническое совершенствование коснулось и геометрии лопастей: в новых образцах они получают аксиально-винтовую поверхность, а угловые параметры входной и выходной кромок дифференцированы для внутренней и наружной сторон колеса. По форме колёса чаще всего представляют собой усечённые конусы с меньшим диаметром внешнего обода.

Для компенсации изменений уровня воды предусмотрена регулируемая по высоте рама на кормовом транце — она даёт возможность менять глубину погружения колёс без остановки судна.

Современные суда с КДРК оснащаются комплексной системой контроля и управления (КСКУ), агрегирующей данные вспомогательных механизмов. Сенсорные панели обеспечивают визуализацию режимов и дистанционное управление.

Особенностью информационной архитектуры является передача параметров частотных преобразователей (обороты, момент) в вычислительное ядро, которое строит и отображает на экранах текущий вектор тяги. Это даёт рулевому наглядную картину сил, способствуя принятию взвешенных решений.

Наряду с достоинствами, суда с КДРК предъявляют повышенные требования к квалификации судоводителя. Они отличаются острой реакцией на изменение разности оборотов колёс, а попытки корректировки курса часто порождают рыскание. При воздействии бокового ветра отклонение от линии пути может достигать 2 м, что существенно осложняет проводку в узкостях и при швартовках.

Плоскодонный корпус и малая осадка обуславливают специфическую динамику отклика на управляющие сигналы, что актуализирует создание специализированных автоматических регуляторов.

В научной среде уже предлагались адаптивные алгоритмы стабилизации курса, компенсирующие внешние возмущения. Однако они не в полной мере устраняют статическую ошибку при ветре.

В качестве одного из перспективных решений авторы рассматривают применение нейросетевого регулятора, обучаемого на ретроспективных данных о поведении судна при различных гидрометеороусловиях. Такой подход позволит адаптивно перестраивать коэффициенты в реальном времени, парируя как стационарные, так и динамические отклонения.

Другим направлением видится создание модуля динамического позиционирования (DP) для колесных судов. Комбинируя данные ГНСС (GPS/ГЛОНАСС) и инерциальных датчиков, система способна удерживать объект в заданной точке с точностью до дециметров, что крайне важно при грузовых операциях и подходе к причалу.

Важным шагом является разработка цифрового двойника судна, включающего гидродинамическую модель взаимодействия колёс с водой, модель внешних сил и силовой установки. Такой двойник позволит:

- прогнозировать отклик судна на различные управляющие сценарии;
- оптимизировать загрузку двигателей для минимизации расхода топлива;
- проводить виртуальный тренаж судоводителей без эксплуатационных рисков.

К инновационным направлениям следует отнести систему автоматической швартовки, использующую способность КДРК маневрировать на месте, которая позволяет:

- построить оптимальную траекторию движения судна;
- увеличить точность удержания на курсе;
- улучшить маневренность в тяжелых ветро-волновых условиях;
- автоматизировать частоту вращения колёс;
- обеспечить безопасность швартовки.

В заключение хотим добавить, что суда КДРК являются перспективным видом речного транспорта, в условиях общего снижения уровня воды в Волжском бассейне, для



использования на мелководных реках. Высокая маневренность, экономичность, экологичность, надежность и комфорт, являются преимуществами использования таких судов, по сравнению водометными судами, как пассажирскими, так и судами технического флота, применение которых ограничена их осадкой.

Список литературы:

1. Грошева Л.С., Плющаев В.И. Анализ эффективности алгоритмов удержания судна с колесным движительно-рулевым комплексом на заданной траектории // Научная статья. — ФГБОУ ВО «ВГУВТ», г. Нижний Новгород.
2. Грошева Л.С., Плющаев В.И. Адаптивный алгоритм удержания судна с колесным движителем на курсе // Научная статья.
3. Патент РФ №2225327 «Колесный движительно-рулевой комплекс». — 2004.
4. Патент РФ №60060U1 «Колесный движительно-рулевой комплекс (варианты)».
5. Комплексная система контроля и управления судовыми объектами. — FASTWEL.

