

АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ШВАРТОВКИ СУДОВ

А.В. Базылев

*Волжский государственный университет водного транспорта,
г. Нижний Новгород, Россия*

В.Я. Бычков

*Волжский государственный университет водного транспорта,
г. Нижний Новгород, Россия*

С.В. Перевезенцев

*Волжский государственный университет водного транспорта,
г. Нижний Новгород, Россия*

В.И. Плющев

*Волжский государственный университет водного транспорта,
г. Нижний Новгород, Россия*

Аннотация. Актуальной проблемой нашего времени является реализация концепции безэкипажного судовождения. Проблема включает много аспектов, связанных с проектированием судов, созданием аппаратно-программной базы систем управления технологическими процессами судовождения, алгоритмического обеспечения этих систем, разработкой новых методов и средств измерения технологических параметров, средств навигации и связи и пр. Одной из самых сложных операций процесса судовождения является швартовка судна. В статье рассматриваются способы и средства измерения параметров технологического процесса швартовки судна нового типа с колесным движительно-рулевым комплексом. Обоснован состав средств измерения, выбрана аппаратная база для реализации автоматической швартовки. Предложена база для создания подсистемы автоматического управления процессом подхода судна к причальной стенке в составе компьютеризированной системы управления.

Ключевые слова: судно, безэкипажное судовождение, колесно-движительный рулевой комплекс, автоматическая швартовка, средства измерения параметров движения судна.

Введение

В настоящее время во всём мире ведутся работы в области реализации концепции безэкипажного судовождения (БЭС). Ожидается, что реализация БЭС существенно повысит безопасность и эффективность судоходства за счёт снижения человеческого фактора, поскольку по различным оценкам 60-80% инцидентов на морском и речном транспорте связаны с ошибками членов экипажей. Реализация концепции БЭС требует решение комплекса проблем [1–4]:

- организации эффективного информационного обмена между судами, диспетчерскими пунктами, портами и другими структурами;
- обеспечения судов гидрографической, гидрологической и метеорологической информацией, информацией по безопасности в реальном времени;
- реализации надёжного навигационного обслуживания;
- создания интеллектуальных судовых систем и комплексов (управление судовыми энергетическими установками и движителями, движением судна на заданной траектории, расхождение судов и т.д.) и ещё целого ряда подобных задач.

Одним из важных и труднореализуемых компонентов БЭС является операция швартовки. В настоящее время при выполнении операции швартовки судоводитель, как правило, не обладает исчерпывающей информацией о параметрах технологического процесса (о положении судна относительно причальной стенки и других объектов, скорости сближения с причальной стенкой носовой и кормовой частей судна, скорости и направления ветра и течения и т.д.). Эта проблема чрезвычайно актуальна для пассажирских судов речного флота, осуществляющих швартовку к причалам разного типа несколько раз в сутки.

Разработка и обоснование структуры

Цель данной статьи – разработка и обоснование структуры и базы для создания подсистемы автоматического управления процессом подхода судна к причальной стенке в составе компьютеризированной системы управления [5] пассажирского судна с колёсным движительно-рулевым комплексом (КДРК) «Золотое кольцо».

Судно «Золотое кольцо» имеет размеры $81,6 \times 13,8 \times 9,5$ м, оснащено двумя гребными колёсами с независимыми частотно регулируемыми приводами [6] и носовым азимутальным подруливающим устройством. Движительный комплекс судна «Золотое кольцо» (два гребных колеса и азимутальное

подруливающее устройство) позволяет реализовать безопасный подход к причалу. В тоже время, конструктивные особенности судна (малая осадка в 1,2 м и большая парусность) предопределяют сильную зависимость динамических свойств судна от ветрового воздействия [7]. Процесс швартовки можно разбить на следующие составляющие:

- выход судна по заданной траектории к причальной стенке (со снижением скорости до безопасных значений и компенсацией внешних воздействий);
- ориентация и стабилизация положения корпуса относительно причальной стенки;
- перемещение судна лагом к причалу.

Результаты компьютерного моделирования процесса подхода судна к причальной стенке подробно рассмотрены в [8,9,10].

Реализация алгоритмов управления процессом швартовки требует создания комплекса аппаратно-программных измерительных средств (КАПИС), обеспечивающих измерение ряда параметров для реализации безопасного режима сближения судна с причальной стенкой, а именно: координат, скоростей и ускорений, угловой скорости поворота судна, расстояния до причальной стенки и окружающих объектов, положения корпуса судна в пространстве, скорости и направления ветра.

Задача получения ряда параметров для функционирования КАПИС решается с помощью штатных приборов судна. Приемник ГЛОНАС/GPS позволяет получать координаты судна, курс и скорость движения, гироскоп – истинный курс судна. Для получения других параметров требуется создание новых измерительных средств.

Судовой КАПИС выполняется в виде распределённой системы, отдельные элементы которой расположены на больших расстояниях в различных точках судна. Датчики КАПИС должны работать автономно, производить не только измерения, но и предварительную обработку информации, позволять производить дистанционный контроль работоспособности и настройку параметров, обеспечивать простую интеграцию в информационную сеть судна.

Для реализации КАПИС была выбрана аппаратно-программная платформа Arduino [11–14]. Эта платформа имеет полностью открытую архитектуру, что позволяет легко менять и дополнять линейку модулей в зависимости от поставленной задачи. Открытый программный код Arduino, большое количество библиотек прикладных программ существенно сокращает время и повышает эффективность разработки программного обеспечения. Следует отметить и низкую стоимость модулей платформы Arduino.

Одной из важных функций КАПИС при выполнении швартовых операций является измерение расстояний до причальной стенки и окружающих объектов, скоростей сближения с причальной стенкой носа и кормы судна, определения положения корпуса судна относительно причальной стенки.

Существуют различные виды измерителей расстояний до причальной стенки и окружающих объектов – ультразвуковые, радиотехнические (измерение времени распространения сигнала от передатчика до приёмника) [15–17], лазерные [18–19].

В известных системах SmartDock [20], MooRiNet [21], DAM [22] в качестве средств измерения расстояний используются лазерные дальномеры, устанавливаемые на причальных стенках. Они позволяют измерить расстояние от стенки до судна, угол подхода судна к швартовой стенке, скорость сближения. Информация отображается на мониторах и больших информационных табло, установленных на причале (рис. 1).



Рис. 1. Система SmartDock

Так же известны системы автоматического управления процессом швартовки для яхт. Система RaymarineDockSense [23] базируется на технологии машинного зрения, позволяющей распознавать

окружающие объекты. В системе компании VolvoPenta [24] используется система датчиков, расположенных на причальной стенке.

Для речного флота оборудование всех причалов системами контроля процесса швартовки вряд ли возможно по экономическим причинам. Требуется создание автономной (устанавливаемой на судне) системы определения расстояния от судна до объектов и визуализации положения судна и окружающих объектов в пространстве.

Судно подводится к причальной стенке с использованием спутниковых навигационных систем (ГЛОНАСС/GPS) и системы дифференциальной коррекции (DGPS), в ближайшей зоне (порядка 100 м) сближение с причальной стенкой может осуществляться с использованием лазерной дальномерной системы, устанавливаемой непосредственно на судне.

Рассмотрим варианты размещения датчиков на судне. На автомобилях устанавливаются ультразвуковые датчики определения расстояния до препятствия. Они имеют широкую диаграмму направленности и определяют минимальное расстояние до препятствия в значительном секторе обзора. Особенность лазерного дальномера – очень узкая диаграмма направленности, а значит определение расстояния до объекта строго по лучу лазера. Это накладывает определенные требования на расположение лазерных дальномеров.

На рис. 2 представлены два варианта расположения судна относительно причальной стенки. В первом случае судно длиной L располагается параллельно причальной стенке, во втором плоскость ДП повернута на угол α (в обоих случаях центр судна расположен на расстоянии l_0 от причальной стенки).

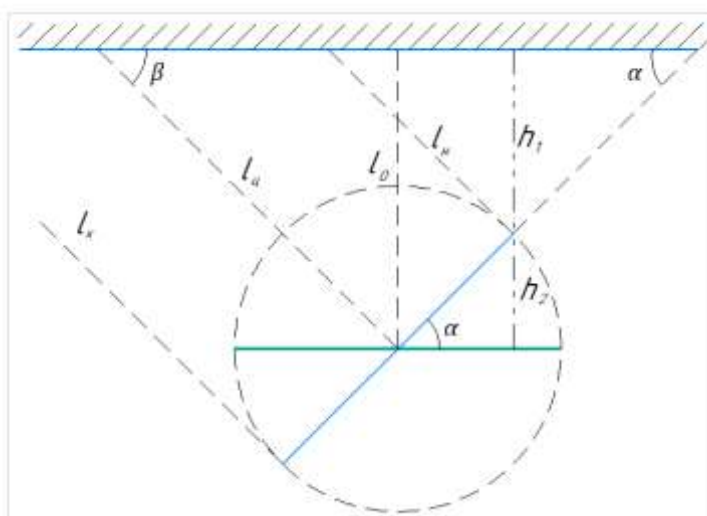


Рис. 2. Определение расстояния до причальной стенке с использованием лазерных дальномеров (лучи параллельны)

На рис. 2 L – длина судна; l_n , l_c , l_k – расстояние до причальной стенки от носа, центра и кормы судна, измеренные лазерным дальномером; l_0 – расстояние от центра судна до причала). Для рассматриваемой схемы можно записать

$$\begin{aligned} l_0 &= h_1 + h_2, \\ h_2 &= \frac{L}{2} * \sin \alpha, \\ h_1 &= l_0 - \frac{L}{2} * \sin \alpha, \\ \beta &= 90^\circ - \alpha. \end{aligned}$$

Измеряемое расстояние от носа судна до причальной стенки l_n составит

$$\begin{cases} l_n = l_0 \text{ для } \alpha = 0; \\ l_n = \frac{h_1}{\sin \beta} = \frac{l_0 - \frac{L}{2} * \sin \alpha}{\cos \beta} \text{ для } \alpha \neq 0. \end{cases}$$

Аналогично, измеряемые расстояния от центра судна l_c и от кормы судна l_k до причальной стенки можно записать как

$$\begin{cases} l_{\text{ц}} = l_0 \text{ для } \alpha = 0; \\ l_{\text{ц}} = \frac{l_0}{\cos \beta} \text{ для } \alpha \neq 0; \end{cases}$$

$$\begin{cases} l_{\text{к}} = l_0 \text{ для } \alpha = 0; \\ l_{\text{к}} = \frac{l_0 - \frac{L}{2} * \sin \alpha}{\cos \beta} \text{ для } \alpha \neq 0. \end{cases}$$

Таким образом, погрешности определения истинного расстояния от носа $\Delta l_{\text{н}}$, центра $\Delta l_{\text{ц}}$, и кормы $\Delta l_{\text{к}}$, судна от причальной стенки с помощью лазерных дальномеров составляет:

$$\Delta l_{\text{н}} = \left(l_0 - \frac{L}{2} * \sin \alpha \right) * \left(\frac{1}{\cos \alpha} - 1 \right);$$

$$\Delta l_{\text{ц}} = l_0 * \left(\frac{1}{\cos \alpha} - 1 \right);$$

$$\Delta l_{\text{к}} = \left(l_0 + \frac{L}{2} * \sin \alpha \right) * \left(\frac{1}{\cos \alpha} - 1 \right).$$

Результаты расчётов для $L = 100$ м и $l_0 = 50$ м приведены на рис. 3. На рис. 4 приведён вариант отображения положения судна на экране системы позиционирования. На рис. 4 изображены реальные положения судов для $\alpha = 20^\circ$ и $\alpha = 40^\circ$, и положение судов, построенное по результатам измерения лазерными дальномерами. Погрешности отображения положения судна для $\alpha = 40^\circ$ составляет для носа около 7 м, для кормы 23 м. Такие погрешности недопустимы при эксплуатации судна.

Эти погрешности можно уменьшить при размещении датчиков на фиксированном расстоянии друг от друга и обеспечении строгой параллельности лазерных лучей. Однако при монтаже измерительных устройств в реальных условиях эти требования практически невыполнимы.

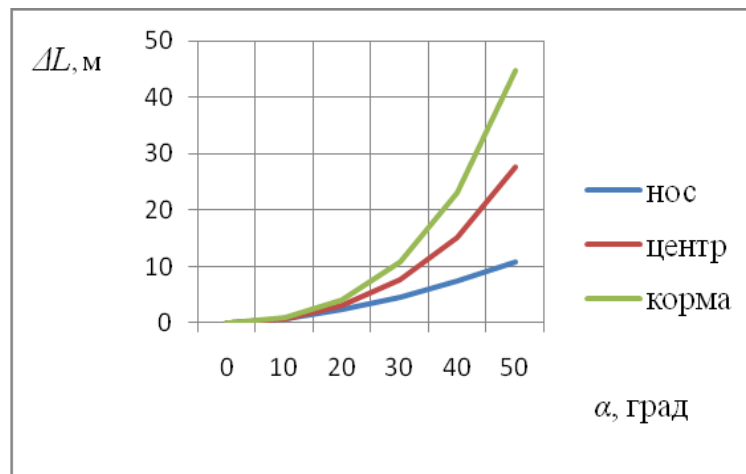


Рис. 3. Погрешности определения расстояния до причальной стенки с использованием лазерных дальномеров в зависимости от угла поворота ДП судна

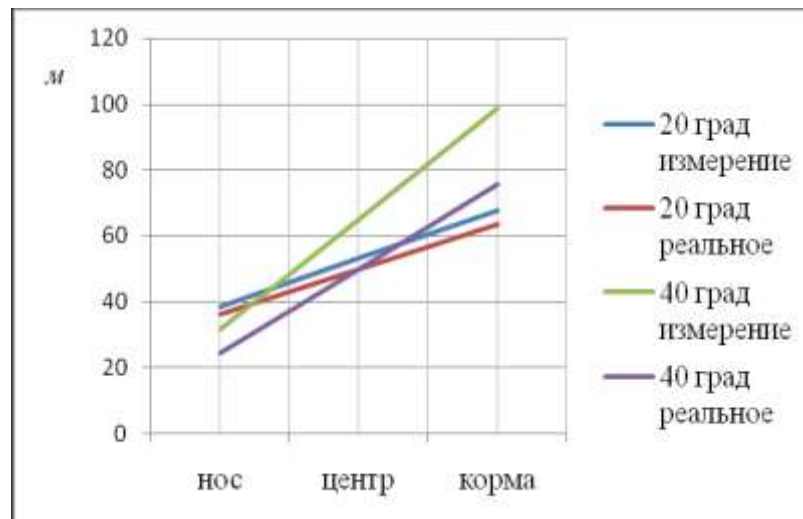


Рис. 4. Отображение положения судна на экране системы позиционирования

Эту проблему можно решить, устанавливая датчики попарно с фиксированным углом между лучами (рис. 5).

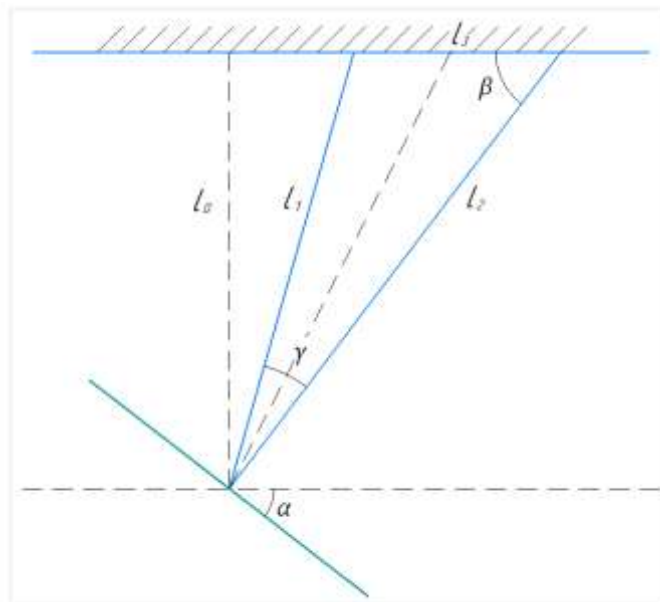


Рис. 5. Установка пары датчиков с фиксированным углом γ между лучами.

В этом случае

$$l_3 = \sqrt{l_1^2 + l_2^2 - 2l_1l_2 \cos \gamma},$$

где l_1, l_2 – расстояние до причальной стенки, измеренное лазерными дальномерами; γ – угол между лучами (задаётся при изготовлении измерительного устройства).

Поскольку

$$\frac{l_1}{\sin \beta} = \frac{l_3}{\sin \alpha},$$

$$\sin \beta = \frac{l_1}{l_3} \sin \alpha,$$

расстояние до причала можно вычислить следующим образом:

$$l_0 = l_2 * \sin\beta = \frac{l_1 l_2}{l_3} \sin\alpha.$$

Для обеспечения «кругового» обзора измерительные узлы устанавливаются по периметру судна, что позволяет получить исчерпывающую картину о положении причальной стенки и окружающих объектах.

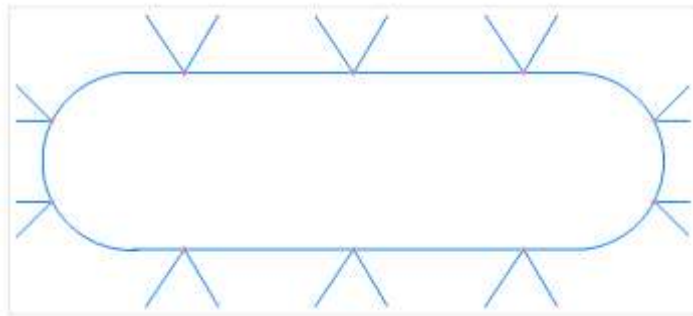


Рис. 6. Расположение лазерных дальномеров

Измеряя расстояние от носа и кормы до причальной стенки можно вычислить такие важные параметры, как скорости сближения носовой и кормовой частей судна с причальной стенкой, а также отобразить на экране положение причальной стенки и других объектов относительно судна.

В состав измерительных модулей входит лазерный дальномер, микроконтроллер Arduino, интерфейс RS485. Модуль обеспечивает измерение расстояния в пределах 0–100 м с погрешностью ± 5 мм с временем 0,1–4 с при температурах от -10 °С до $+40$ °С.

Были проведены натурные испытания макета измерителя расстояний на базе датчика 328ft, в ходе которых проверены заявленные характеристики лазерного дальномера. Точность измерения расстояния не зависит от освещенности и цвета отражающей поверхности. Полученная зависимость Δ погрешности измерений от расстояния представлена на рис. 7.

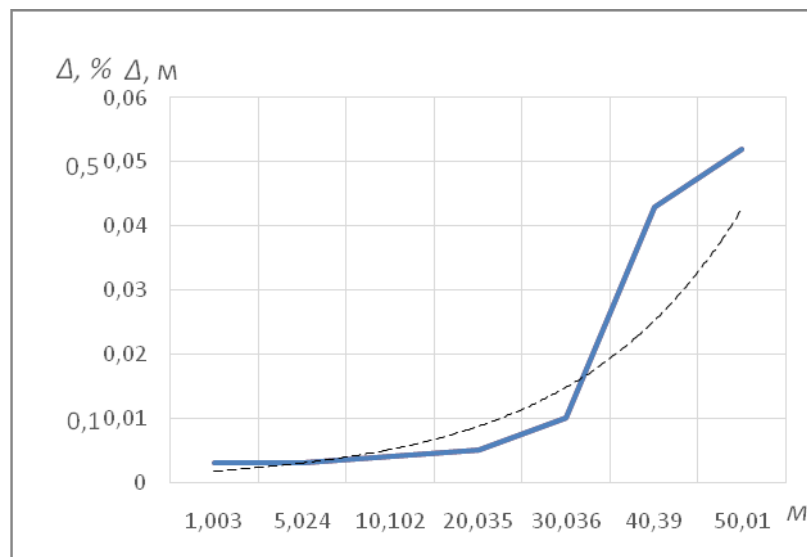


Рис. 7. Зависимость Δ погрешности измерений от расстояния

В таблице приведены результаты измерений предельной дальности измерений в зависимости от материала и фактуры поверхности.

Таблица 1

Зависимость предельной дальности измерений от материала поверхности

Материал поверхности	Предельная дальность измерений лазерного дальномера 328ft, м
Бетонная стена	100
Кирпичная стена	100
Металлическая дверь, окрашенная глянцевой краской	96

Металлическая дверь, окрашенная матовой краской	71
Гладкая деревянная дверь	92
Дерево со сглаженным рельефом коры	58
Дерево с характерно выраженным рельефом коры	43

Полученные результаты позволяют сделать вывод о возможности использования такого измерительного модуля при выполнении швартовых операций.

Для получения значений скоростей и ускорений корпуса судна может быть использован комплексный датчик, включающий в свой состав акселерометр (измерение линейных ускорений) и гироскоп (измерения угловых скоростей). Комплексный датчик имеет программируемую функцию фильтрации полученных данных от случайных погрешностей. Программная обработка позволяет получить линейную скорость судна, линейное ускорение и угловые ускорения необходимые для реализации КАПИС.

Основной сложностью при работе с комплексными датчиками акселерометр /гироскоп является их высокая чувствительность. Однако, вычислительные возможности аппаратной базы Arduino позволяют программно обрабатывать информацию и искусственно занижать чувствительность, а также проводить калибровку для устранения статической погрешности. Датчик WT901B имеет следующие параметры:

- диапазон измерений ускорения $\pm 2/4/8/16G$;
- диапазон измерения углов $\pm 250/500/1000/2000^\circ$;
- стабильность измерения ускорения 0,01 g, угловой скорости $0,05^\circ / c$;
- точность измерений по оси X и Y – динамическая $0,1^\circ$, статическая $0,05^\circ$;
- рабочее напряжение питания 3,3В ~ 5В;
- поддержка последовательного порта и интерфейса I2C (скорость последовательного порта от 2400 бит до 921600 бит).

Значения скоростей и ускорений, полученных с модуля акселерометр/гироскоп, позволяет определить положение корпуса в пространстве. Такой метод требует постоянных расчетов и контроля параметров, а также установки начального положения судна, от которого будет считаться смещение. Постоянно накапливающаяся ошибка при подобных расчетах не позволяет применять такой метод на больших временных промежутках. Однако, постоянный мониторинг положения судна с помощью приемников ГЛОНАСС/GPS позволяет корректировать расчеты.

Наряду со штатным судовым приемником ГЛОНАСС/GPS предполагается установка двух дополнительных приемников (из платформы Arduino) на носу и корме судна. Модули обеспечивают работу с 3–4 спутниковыми навигационными системами (ГЛОНАСС, GPS, а также Galileo и Beidou). Использование нескольких навигационных систем обеспечивает хорошую зону покрытия спутниками в любом месте земного шара и обеспечивает достаточную точность местоопределения не только на открытом пространстве, но и при наличии препятствий (мосты, высокий берег, линии электропередач и т.п.).

Технические характеристики дополнительных приёмников:

- чип u-blox7020;
- тип приёмника GPS и QZSS: L1 C/A, 1575,42 МГц, L1OF, 1598,0625 ~ 1605,375 МГц, SBAS: WAAS, EGNOS, MSAS;
- точность позиционирования 2 м;
- время горячего старта – 1,5 с, холодного – 36 с;
- чувствительность -148dBm ~ -167dBm;
- скорость обновления до 10 Гц (GPS и ГЛОНАСС или GPS и Beidou);
- поддержка протокола NMEA 0183 v2.3 и V4.x;
- скорость передачи данных 9600 – 115200 бит.

Комплексная обработка данных акселерометра/гороскопа и навигационных модулей позволит надежно контролировать положение корпуса и перемещения судна в зоне выполнения швартовых операций.

Как отмечалось выше, существенно на процесс маневрирования судна влияет ветер. Скорость и направление ветра измеряются анемометром и флюгером с цифровым выходом. Датчики (анемометр SY-FS1 и флюгер SY-FX1) имеют следующие характеристики:

- напряжение питания 5В;
- энергопотребление 4–20 мА;
- интерфейс передачи данных RS485;
- диапазон измерения флюгера $0-360^\circ$;
- диапазон измерения анемометра $0-30$ м/с.

Заключение

Предложенный состав измерительных модулей позволяет создать аппаратно-программный комплекс для автоматизации сложной технологической операции – швартовки судна.

Список литературы:

1. Borge Rokseth, Odd Ivar Haugen, Ingrid Bouwer Utne. Safety Verification for Autonomous Ships – MATEC Web Conf. 273 02002 (2019).
2. Felski, A.; Zwolak, K. The Ocean-Going Autonomous Ship–Challenges and Threats – Journal of Marine Science and Engineering 2020, 8, 41.
3. Krzysztof Wróbel, JakubMontewka, Pentti Kujala. Towards the assessment of potential impact of unmanned vessels on maritime transportation safety. [Reliability Engineering & System Safety Volume 165](#), September 2017, Pages 155–169
4. Ahvenjärvi S. The Human Element and Autonomous Ships. TransNav, the International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation, Vol. 10, No. 3, pp. 517-521, 2016
5. Плющаев В.И., Галкин Д.Н., Итальянцев С.А. Компьютеризованная система управления пассажирским колесным теплоходом – Речной транспорт (XXI век). 2014. – № 6 (71), с. 35–37.
6. Пат. № 2225327 Российская Федерация, МПК В63Н1/04, В63Н05/03. Колесный движительно-рулевой комплекс/ Фальмонов Е.В.; заявитель и патентообладатель Фальмонов Евгений Васильевич. № 2001132474/11; заявл. 30.11.2001; опубл. 10.03.2004, Бюл. № 7., 11 с
7. Бычков В.Я., Грошева Л.С., Плющаев В.И. Динамика судна с колесным движительно-рулевым комплексом в условиях внешних воздействий.- Морские интеллектуальные технологии. 2019. – №4 (46), т.2, с. 139–146.
8. Грошева Л.С., Плющаев В.И., Управление судном с колесным движительно-рулевым комплексом при выполнении швартовых операций.– Вестник АГТУ. Сер. Морская техника и технология. 2017. – №4, с. 21–30.
9. Плющаев В.И., Кузьмичев И.К. Пути реализации автоматической швартовки судна в рамках создания технологии безэкипажного судовождения. – Морские интеллектуальные технологии.2018. – 4(42), т.2, с. 98–103.
10. Грошева Л.С., Мерзляков В.И., Плющаев В.И. Швартовка судна с колесным движительно-рулевым комплексом. – Морские интеллектуальные технологии.2019.– 3(45), т.3, с. 191–195.
11. Getting started with Arduino. Режим доступа: <https://www.arduino.cc/en/guide/introduction>
12. Z Gingl, J Mellár, T Szépe, G Makan, R Mingsz, G Vadai and K Kopasz. Universal Arduino-based experimenting system to support teaching of natural sciences – [Journal of Physics: Conference Series, Volume 1287, GIREP-MPTL 2018 9–13 July 2018, San Sebastian, Spain](#)
13. Haniszewski, T. Conception of the Arduino platform as a base for the construction of distributed diagnostic systems. Scientific Journal of Silesian University of Technology. Series Transport. 2016, 93, 31-40.
14. Бычков В.Я., Гордяскина Т.В., Рубцов А.В., Перевезенцев С.В. О первом опыте создания интеллектуальных датчиков для реализации системы управления судном. // Великие реки 2018: Материалы международной научно-методической конференции. ФГБОУ ВО «ВГУВТ». –2018. – Режим доступа: <http://вф-река-море.рф/2018/PDF/68.pdf>
15. Swarm ProductFamily. Режим доступа: https://nanotron.com/EN/pr_protect-php
16. Ultrasonic sensor AFEs. Режим доступа: <https://www.ti.com/sensors/specialty-sensors/ ultrasonic/overview.html>
17. Лебедева С.В., Мерзляков В.И. «Автоматизация процесса измерения расстояний между объектами в системах швартовки судов» Вестник Волжской государственной академии водного транспорта. 2018. № 56. С. 49–55.
18. First Sensor. Optical sensors. Режим доступа: <https://www.first-sensor.com/en/product-search/ search-by-specs/index.html>
19. Laser rangefinders for mobile and stationary systems. Режим доступа: <https://www.jenoptik.com /products/lidar-sensors-technologies/laser-rangefinders>
20. Laser docking aid system SmartDock. Режим доступа: <https://www.trelleborg.com/en/marine-and-infrastructure/products--solutions--and--services/marine/docking--and--mooring/docking--aid--system/smart--dock--laser>
21. Система мониторинга ишвартовки и стоянки судов MOORiNET. Режим доступа: <http://moorinet.ru/>
22. Harbour equipment and machinery prosertek. Режим доступа: <https://prosertek.com/>
23. Docksense control – assisted docking technology. Режим доступа: <https://www.raymarine.com /assisted-docking/docksense-control.html>
24. Volvo penta unveils pioneering self-docking yacht technology. Режим доступа: <https://www.volvopenta.com/marineleisure/en-en/news/2018/jun/volvo-penta-unveils-pioneering-self-docking-yacht-technology.html>

HARDWARE AND SOFTWARE COMPLEX FOR AUTOMATIC MOORING

Alexander V. Bazylev

Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia

Vladislav Y. Bychkov

Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia

Sergei V. Perevezentsev

Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia

Valeri I. Plyushchaev

Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia

Abstract. Nowadays the implementation of the concept of crew-free navigation is considered to be the urgent problem. It comprises many aspects related to the design of vessels, the creation of hardware and software base of navigation process control systems, algorithmic support for these systems, the development of new methods and means of measuring technological parameters, navigation and communication tools and so on. One of the most difficult procedures of the navigation process is mooring of the vessel. The article deals with the methods and means of measuring the parameters of the technological process of mooring the new type of vessel with a wheel propulsion and steering complex. Composition of the measuring instruments is established and the hardware base for implementing

automatic mooring is selected. The base for creating a subsystem for automatic control of the ship's approach to the berth wall as a part of a computerized control system is proposed.

Keywords: *vessel, non-crew navigation, wheel-driven steering system, automatic mooring, means of measuring vessel movement parameters.*

References

1. Borge Rokseth, Odd Ivar Haugen, Ingrid Bouwer Utne. Safety Verification for Autonomous Ships – MATEC Web Conf. 273 02002 (2019).
2. Felski, A.; Zwolak, K. The Ocean-Going Autonomous Ship—Challenges and Threats – Journal of Marine Science and Engineering 2020, 8, 41.
3. Krzysztof Wróbel, JakubMontewka, Pentti Kujala. Towards the assessment of potential impact of unmanned vessels on maritime transportation safety. [Reliability Engineering & System Safety Volume 165](#), September 2017, Pages 155-169
4. Ahvenjärvi S. The Human Element and Autonomous Ships. TransNav, the International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation, Vol. 10, No. 3, pp. 517-521, 2016
5. Computer-aided control system of passenger wheeled ship / V. Plyuschaev, D. Galkin, S. Italyantsev // River transport (XXIst century).2014 – № 6 (71). – p. 35-37
6. Fal'mov E. V. Kolesnyi dvizhitel'no-rulevoi kompleks [Wheeled propulsion steering complex]. Patent RF, no. 2225327, 10.03.2004.
7. Vladislav Y. Bychkov, Lyudmila S. Grosheva, Valeriy I. Plyushchaev Dynamics of vessel with wheel propulsion steering system under external conditions /Marine intellectual technologies № 4 T.2, 2019/№ 4 V.2, 2019
8. Grosheva L., Plyushchayev V. Handling a ship with wheeled propulsion-steering complex while performing mooring operations // Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Marine engineering and technologies . 2017. №. 4. pp. 21-30.
9. Valery I. Plyushchaev, Igor K. Kuzmichev Ways of the ship automatic mooring implementation within the framework of free shipping technology creation/Marine intellectual technologies 2018. – 4(42), т.2, с. 98-103.
10. Lyudmila S. Grosheva, Vladimir I. Merzlyakov, Valeriy I. Plyushchaev Mooring of a ship with wheel propulsion steering complex/Marine intellectual technologies 2019.– 3(45), т.3, с. 191-195.
11. Getting started with Arduino -Web: <https://www.arduino.cc/en/guide/introduction>
12. Z Gingl, J Mellár, T Szépe, G Makan, R Mingesz, G Vadai and K Kopasz. Universal Arduino-based experimenting system to support teaching of natural sciences – Journal of Physics: Conference Series, Volume 1287, GIREP-MPTL 2018 9–13 July 2018, San Sebastian, Spain
13. Haniszewski, T. Conception of the Arduino platform as a base for the construction of distributed diagnostic systems. Scientific Journal of Silesian University of Technology. Series Transport. 2016, 93, 31-40.
14. V.Y. Bychkov, A.V. Rubtsov, T.V. Gordyaskina, S.V. Perevezentsev. About the first experience of creation of intelligent sensors for system implementation ship management –2018. – Web: <http://вф-река-море.pdf/2018/PDF/68.pdf>
15. Swarm ProductFamily. – Web: https://nanotron.com/EN/pr_protect-php
16. Ultrasonic sensor AFEs. – Web: <https://www.ti.com/sensors/specialty-sensors/ultrasonic/overview.html>
17. Lebedeva S.V., Merzlyakov V.I. Automation of distance measurement between objects in ship mooring systems/Bulletin of the Volga State Academy of Water Transport 2018. № 56. С. 49–55.
18. First Sensor. Optical sensors. – Web: <https://www.first-sensor.com/en/product-search/search-by-specs/index.html>
19. Laser rangefinders for mobile and stationary systems. – Web: <https://www.jenoptik.com/products/lidar-sensors-technologies/laser-rangefinders>
20. Laser docking aid system SmartDock. – Web: <https://www.trelleborg.com/en/marine-and-infrastructure/products--solutions--and--services/marine/docking--and--mooring/docking--aid--system/smart--dock--laser>
21. Mooring and vessel berth monitoring sistem MOORiNET. – Web: <http://moorinet.ru/>
22. Harbour equipment and machinery prosertek. – Web: <https://prosertek.com/>
23. Docksense control – assisted docking technology. – Web: <https://www.raymarine.com/assisted-docking/docksense-control.html>
24. Volvo penta unveils pioneering self-docking yacht technology. – Web: <https://www.volvopenta.com/marineleisure/en/news/2018/jun/volvo-penta-unveils-pioneering-self-docking-yacht-technology.html>

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Базылев Александр Владимирович, инженер кафедры радиоэлектроники, Волжский государственный университет водного транспорта» (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»), 603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5 e-mail: kaf_radio@vsuwt.ru

Бычков Владислав Ярославич, аспирант кафедры радиоэлектроники, Волжский государственный университет водного транспорта» (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»), 603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5 e-mail: kaf_radio@vsuwt.ru

Переvezentsev Сергей Владимирович, к.т.н., доцент, доцент кафедры радиоэлектроники,

Alexander V. Bazylev, Engineer of the Department of Radio Electronics Volga state University of water transport 5, Nesterov st, Nizhny Novgorod, 603951

Vladislav Y. Bychkov, PhD student of the Department of Radio Electronics Volga state University of water transport 5, Nesterov st, Nizhny Novgorod, 603951

Sergei V. Perevezentsev, PhD in Engineering Science, Associate Professor, associate Professor

Волжский государственный университет
водного транспорта» (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»),
603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5
e-mail: kaf_radio@vsuwt.ru

Плющав Валерий Иванович, проф.,
заведующий кафедрой радиотехники,
Волжский государственный университет
водного транспорта» (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»),
603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5
e-mail: kaf_radio@vsuwt.ru

of the Department of Radio Electronics Volga
state University of water transport
5, Nesterov st, Nizhny Novgorod, 603951

Valeri I. Plyushchaev, Professor, Dr.Sci.Tech.,
Professor of the Department of Radio
Electronics Volga state University of water
transport
5, Nesterov st, Nizhny Novgorod, 603951