

СУДОВЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ И ИХ ЭЛЕМЕНТЫ (ГЛАВНЫЕ И ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ)

Научная статья
УДК 629.5.069

DOI: doi.org/10.48612/dalrybvtuz/2025-73-16

EDN: YGJYKP

Расширение функциональных возможностей судовой системы SCADA путем внедрения дополнительных алгоритмов

Александр Андреевич Житников¹, Алексей Александрович Марченко²

^{1,2} Камчатский государственный технический университет, Петропавловск-Камчатский, Россия

¹ zhitnikov-alexandr@mail.ru, ORCID: 0009-0004-5002-8279

² Marchenko_Alx@inbox.ru

Аннотация. Рассматривается процесс разработки интегрированной системы управления процессом организации работ по техническому обслуживанию и калибровке средств измерений. Интегрированная система была в среде разработки MasterSCADA4D. Приводится процесс разработки диалогового окна, алгоритма подсчета наработки оборудования и конфигурирования журнала работ. Рассматривается альтернативный вариант реализации данной работы, основанный на использовании программируемых логических контроллеров. Выделяются преимущества использования данного подхода перед существующими альтернативами.

Ключевые слова: система управления, техническое обслуживание, SCADA, калибровка, алгоритм, программа, контроллер, человеко-машинный интерфейс

Для цитирования: Житников А. А., Марченко А. А. Расширение функциональных возможностей судовой системы SCADA путем внедрения дополнительных алгоритмов // Научные труды Дальрыбвтуза. 2025. Т. 73, № 3. С. 168–175.

Scientific Journal of the Far Eastern State Technical Fisheries University. 2025. Vol. 73, no. 3. P. 168–175.

SHIP POWER PLANTS AND THEIR ELEMENTS (MAIN AND AUXILIARY)

Original article

Expansion of the functionality of the ship SCADA system by implementing additional algorithms

Aleksandr A. Zhitnikov¹, Alexey A. Marchenko²

^{1,2} Kamchatka State Technical University, Petropavlovsk-Kamchatsky, Russia

¹ zhitnikov-alexandr@mail.ru, ORCID: 0009-0004-5002-8279

² Marchenko_Alx@inbox.ru

Abstract. The article considers the process of developing an integrated management system for organizing work on maintenance and calibration of measuring instruments. The integrated system was in the MasterSCADA4D development environment. The process of developing a dialog box, an algorithm for calculating the operating time of equipment and configuring the work log is given. An alternative implementation option for this work is considered, based on the

use of programmable logic controllers. The advantages of using this approach over existing alternatives are highlighted.

Keywords: control system, maintenance, SCADA, calibration, algorithm, program, controller, human-machine interface

For citation: Zhitnikov A. A., Marchenko A. A. Expansion of the functionality of the ship SCADA system by implementing additional algorithms. *Scientific Journal of the Far Eastern State Technical Fisheries University*. 2025; 73(3): 168–175. (In Russ.).

Введение

На сегодняшний день в судовой отрасли идёт активная тенденция на увеличение степени автоматизации судна [1,2], что в свою очередь положительно сказывается на технико-экономических показателях судовых агрегатов, численности экипажа, диагностировании неисправностей машин и их узлов. Такое положение вещей в значительной степени усложняет систему и предъявляет более высокие требования к компетенции обслуживающего персонала и времени диагностирования неисправности.

Следует отметить, что кроме автоматизации процессов диагностирования не менее важным аспектом является автоматизация организации работ по техническому обслуживанию, поверке и калибровке средств измерений. Данное направление относится к области цифровизации и, как правило, реализуется в виде дополнительных программ, установленных на отдельный персональный компьютер. Такой подход не всегда может быть экономически оправдан. Это связано с тем, что такого рода программные продукты могут стоить достаточно дорого, кроме того, их внедрение потребует дополнительных вложений и переквалификации персонала для работы с данными программными обеспечениями.

Данное исследование направлено на минимизацию затрат, вызванных дополнительным приобретением программ с целью обеспечения автоматизации организационных работ, технических устройств подсчета времени работы узлов, повышение экономической целесообразности использования расходных средств и материалов при эксплуатации путём интегрирования дополнительных программных алгоритмов в судовую систему управления SCADA.

Системы управления типа SCADA [3,4] в области эксплуатации водного транспорта получили широкое распространение. В первую очередь это связано с применением централизованного контроля за механизмами, агрегатами, узлами и инженерными коммуникациями судового энергетического комплекса. Кроме того, их внедрение в значительной степени повышает оперативность принятия решений, снижает влияние человеческого фактора, а также позволяет реализовать эффективные алгоритмы диагностики и прогнозирования отказов оборудования.

Целью данного исследования является разработка и внедрение дополнительных функциональных возможностей для системы SCADA с целью облегчения организации работ по техническому обслуживанию, организации поверочных и калибровочных работ средств измерений, предоставлении более подробной информации судовому экипажу о техническом состоянии узлов и агрегатов систем судовой энергетической установки.

Материалы и методы

В качестве среды разработки была выбрана отечественная система MasterSCADA4D [5]. Выбор был обусловлен наличием широких возможностей конфигурирования системы, возможности программирования системы, кроме того, данный производитель программных продуктов имеет отличную репутацию на рынке.

В среде разработки будет создана визуализация судовой системы с интегрированным программным кодом, написанном на языке FBD (язык функциональных блоков) стандарта МЭК 61131-3 [6].

Результаты

Для создания интеграции была выбрана часть технологического процесса топливоподготовки с четырьмя насосами, двумя ёмкостями, двумя датчиками температуры и двумя датчиками уровня. Общий вид данного диалогового окна представлен на рис. 1.

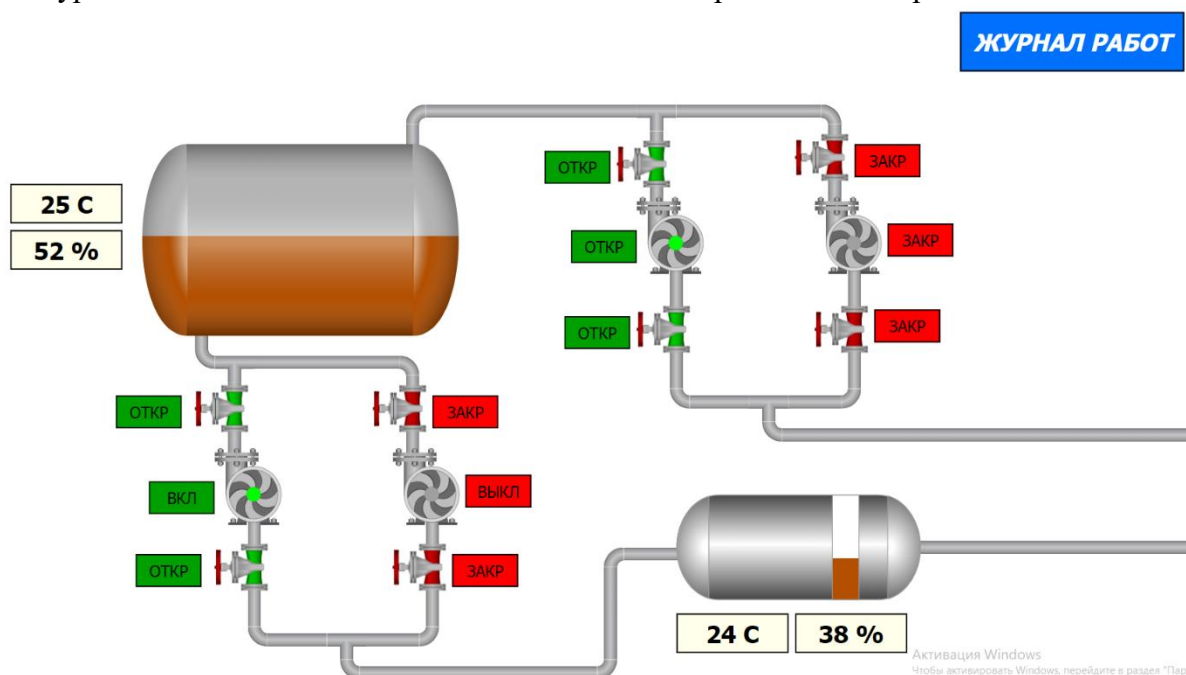


Рис. 1. Общий вид диалогового окна системы управления SCADA. Составлено авторами
Fig. 1. General view of the SCADA control system dialog box. Compiled by the authors

Данный технологический процесс включает в себя 8 автоматизированных запорных арматур, четыре насоса, которые связываются с кнопками в диалоговом окне технологического процесса и которые привязываются к переменным типа **BOOL**, что означает, что данные устройства имеют только два состояния «ВКЛ/ВЫКЛ» и «ОТКР/ЗАКР». Кроме того, в данной системе имеется две ёмкости, на каждой из которых установлен датчик давления и датчик уровня, которые привязываются к переменным типа **REAL** для контроля параметров жидкости.

При нажатии на любой из насосов или датчиков появляется всплывающее окно, которое информирует оператора о времени работы данного узла, для насосов – в часах, для датчиков – в днях. Вид всплывающего окна представлен на рис. 2.

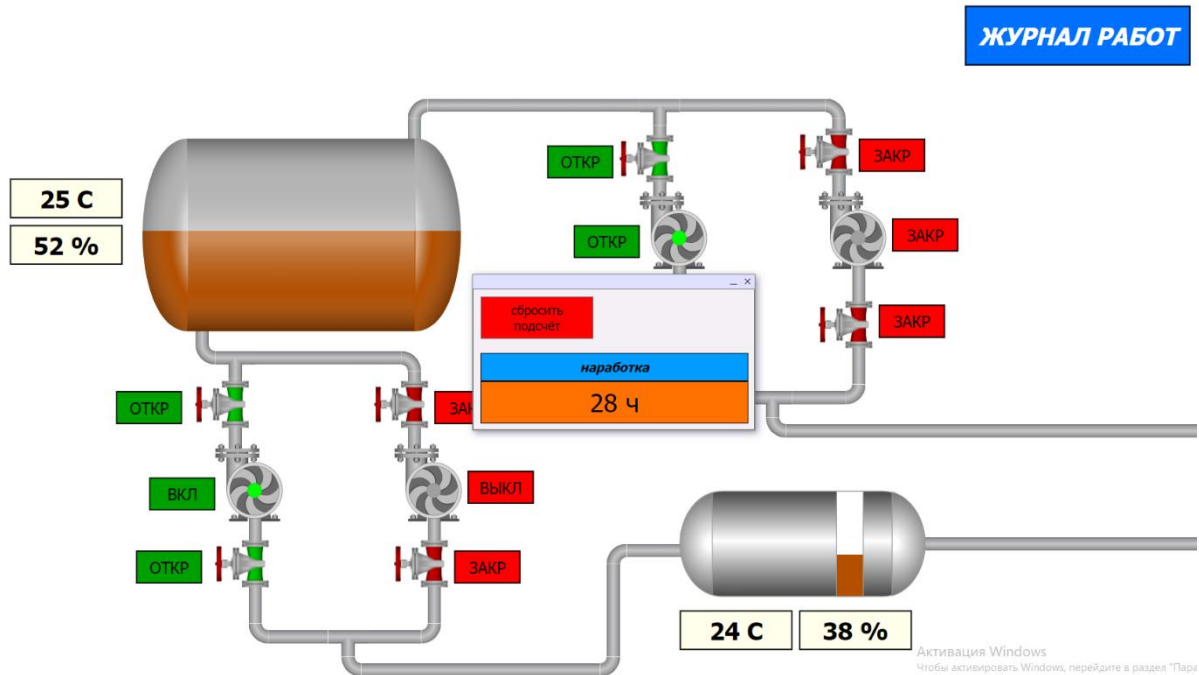


Рис. 2. Всплывающее окно для насоса в диалоговом окне. Составлено авторами
 Fig. 2. Pop-up window for the pump in the dialog box. Compiled by the authors

В каждом всплывающем окне есть кнопка «сбросить подсчёт», целесообразность внедрения данной функции обусловлена упрощением процесса подсчёта времени для судового экипажа.

Функциональная схема алгоритма сбора данных представлена на рис. 3.

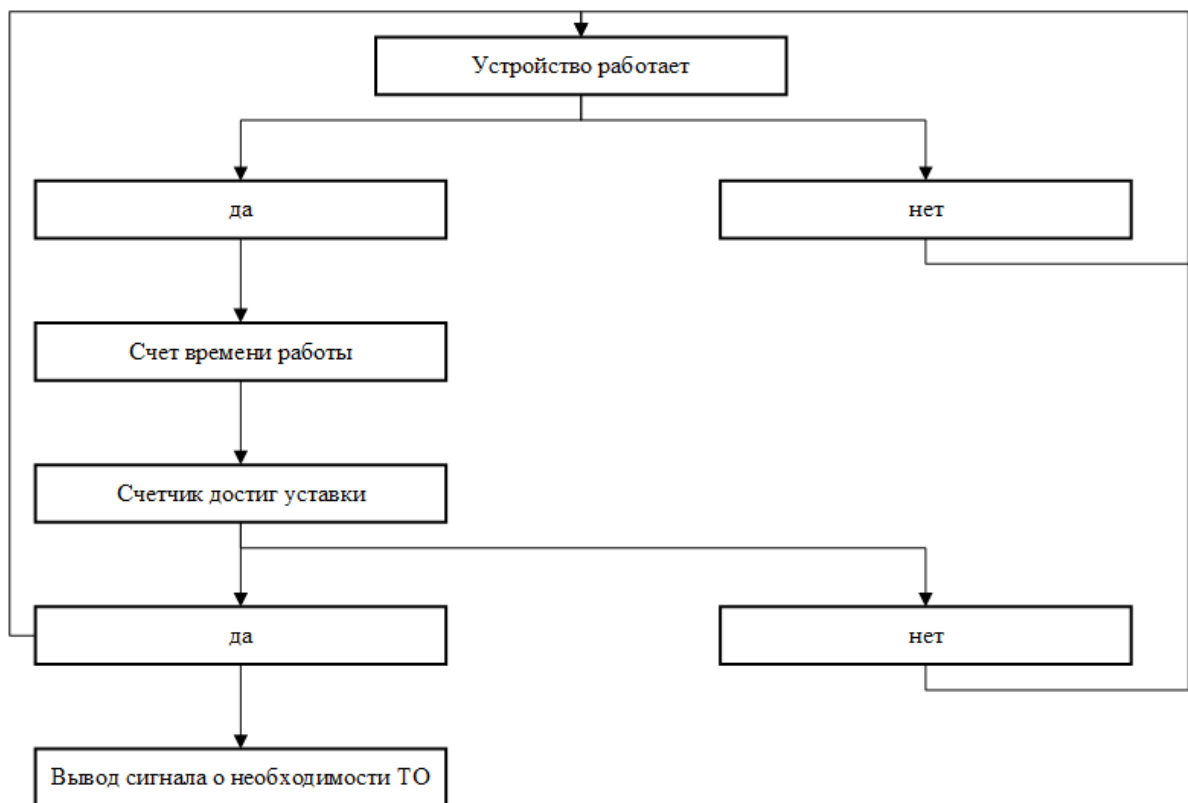


Рис. 3. Функциональная схема алгоритма сбора данных. Составлено авторами
 Fig. 3. Functional diagram of the data collection algorithm. Compiled by the authors

Для реализации работы системы подсчёта наработки данный алгоритм выполняет несколько ключевых функций. Во-первых, в режиме постоянного времени производит мониторинг работы оборудования. В случае когда оборудование находится в работе, система начинает вести подсчёт времени. Когда время работы оборудования достигает определенной уставки, система подсчета выводит дискретный сигнал, информирующий о необходимости проведения технического обслуживания.

Реализация данной программы в среде MasterSCADA4D представлена на рис. 4.

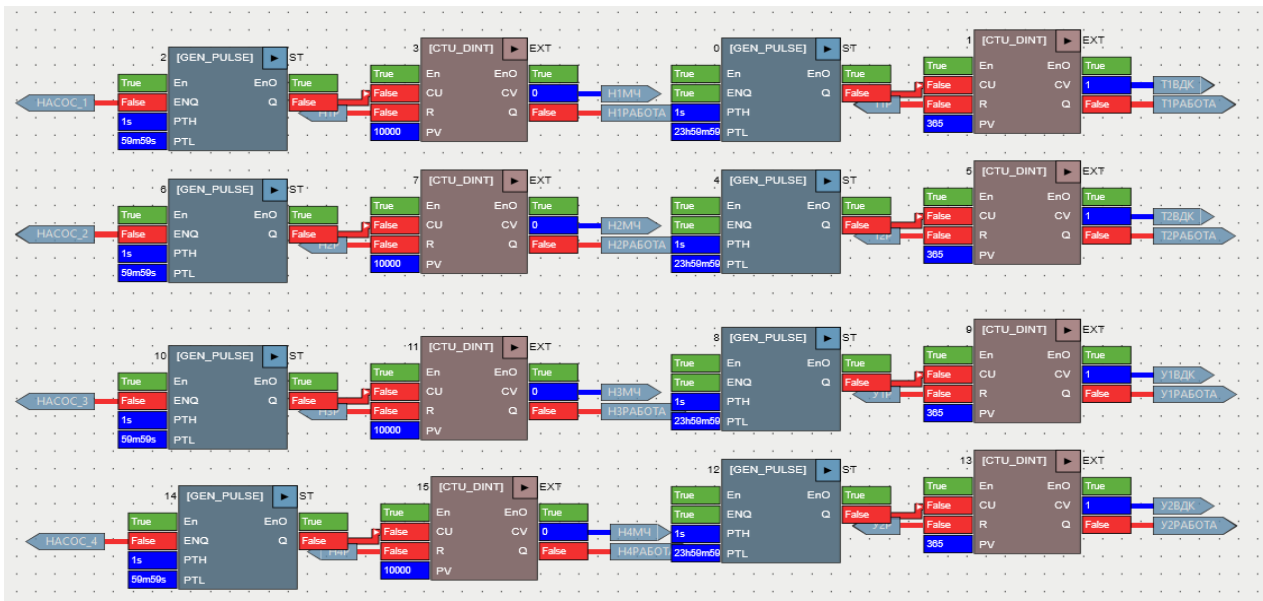


Рис. 4. Реализация программы в среде MasterSCADA4D. Составлено авторами

Fig. 4. Implementation of the program in the MasterSCADA4D environment. Compiled by the authors

Данная программа включает в себя блоки генераторов прямоугольного сигнала и счётчики дискретных импульсов по переднему фронту для каждого из узлов системы. В каждый блок выставляются параметры генерируемого сигнала, а именно его продолжительности и времени между началом и концом генерации, выход данного блока передает значение типа BOOL на выход, который соединяется со счётчиком импульсов, который в свою очередь имеет конфигурируемый параметр входа на максимальное число импульсов.

Работа программы организована следующим образом: при включении насоса или при непрерывной работе датчика на вход генератора импульсов подается сигнал, который в свою очередь, согласно установленным временным интервалам, генерирует выходной сигнал, данный сигнал поступает на вход счётчика, в результате чего на его выходе появляется значение о времени работы узла, помимо этого данный блок программы также генерирует сигнал типа BOOL на выходе при достижении установленного значения полученных импульсов. Данные импульсы используются для автоматизированного вывода сообщений о необходимости проведения тех или иных работ, которые заранее записываются в журнал. Журнал имеет вид, представленный на рис. 5.

ЖУРНАЛ УЧЁТА РАБОТ		ТЕХ. ПРОЦЕСС
25.04.2025 14:37:53	НЕОБХОДИМА КАЛИБРОВКА ДАТЧИКА УРОВНЯ 2	
25.04.2025 14:37:52	НЕОБХОДИМА КАЛИБРОВКА ДАТЧИКА УРОВНЯ 1	
25.04.2025 14:37:52	НЕОБХОДИМА КАЛИБРОВКА ДАТЧИКА ТЕМПЕРАТУРЫ 2	
25.04.2025 14:37:52	НЕОБХОДИМА КАЛИБРОВКА ДАТЧИКА ТЕМПЕРАТУРЫ 1	
25.04.2025 14:38:02	ЗАМЕНА ПОДШИПНИКОВ НАСОС 4	
25.04.2025 14:38:00	ЗАМЕНА ПОДШИПНИКОВ НАСОС 3	
25.04.2025 14:37:59	ЗАМЕНА ПОДШИПНИКОВ НАСОС 2	
25.04.2025 14:37:57	ЗАМЕНА ПОДШИПНИКОВ НАСОС 1	

Рис. 5. Журнал диалогового окна интегрированной системы. Составлено авторами
 Fig. 5. Integrated system dialog box log. Compiled by the authors

В журнале учета работ будут отображаться все программно-прописанные работы, которые необходимо проделывать в рамках эксплуатации различных устройств. Сообщения можно добавлять путем внедрения дополнительных блоков счётчиков дискретных импульсов и для каждого промежутка времени устанавливать свое сообщение.

Обсуждение

В результате реализации дополнительного функционала в рамках существующей судовой системы управления типа SCADA появляется возможность значительно повысить эффективность эксплуатационных процессов за счёт автоматизации рутинных операций, связанных с учётом времени наработки оборудования. Это позволяет исключить необходимость ручного подсчёта параметров, требуемых для планирования и выполнения мероприятий технического обслуживания, что, в свою очередь, снижает трудозатраты обслуживающего персонала и минимизирует вероятность возникновения ошибок, обусловленных человеческим фактором.

Кроме того, внедрение алгоритмов учёта и прогнозирования межсервисных интервалов способствует повышению организованности производственных процессов, обеспечивает более точное соблюдение регламентированных сроков проведения технического обслуживания и позволяет оптимизировать расход запасных частей, инструментов и других эксплуатационных материалов. В конечном итоге это приводит к уменьшению общих эксплуатационных издержек и увеличению экономической эффективности судовых технологических операций.

Особую практическую ценность представляет собой возможность реализации данного функционала непосредственно в среде программируемого логического контроллера [7, 8], являющегося неотъемлемой частью большинства современных систем управления оборудованием. Такое решение будет основано на интеграции дополнительной программы в существующий алгоритм автоматизированной системы без необходимости приобретения и установки отдельных программно-аппаратных комплексов. При этом данные о состоянии оборудования и предстоящих мероприятиях могут быть выведены на панель оператора, обеспечивая наглядность информации и оперативность принятия решений. Структурная схема такого решения представлена на рис. 6.

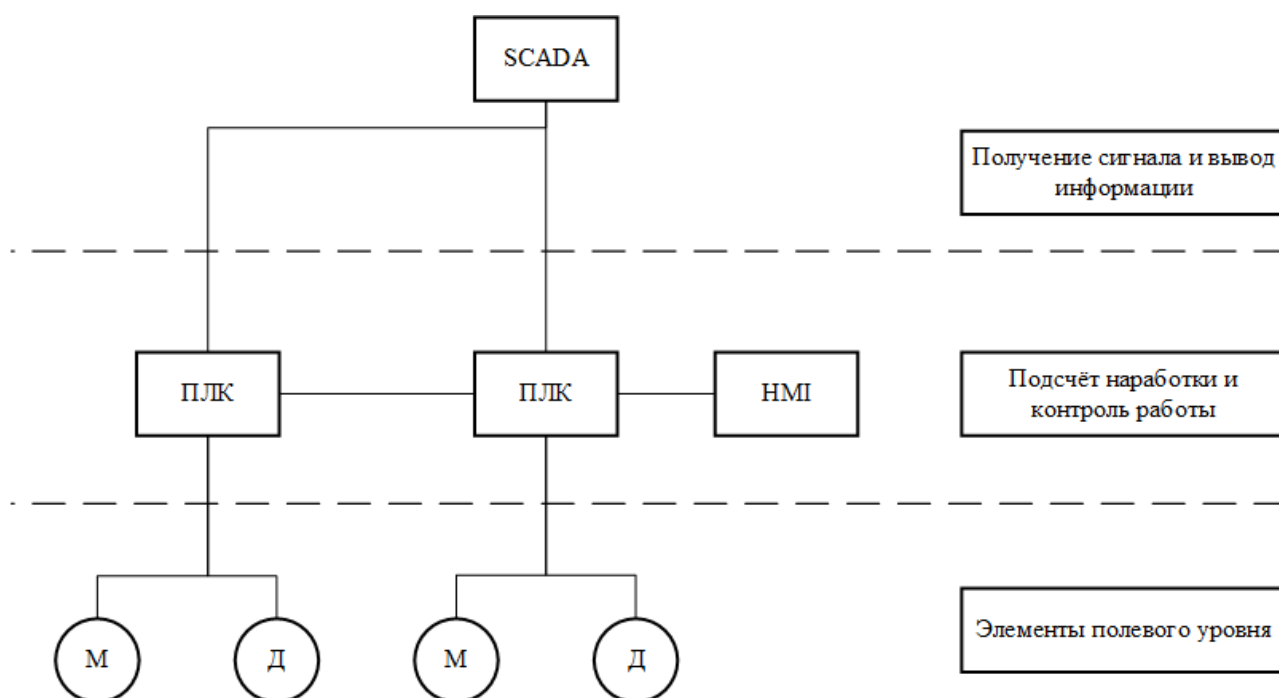


Рис. 6. Структурная схема организации работы системы с использованием ПЛК. Составлено авторами
 Fig. 6. Structural diagram of the organization of the system operation using PLC. Compiled by the authors

Как можно видеть из представленной схемы, весь процесс подсчета будет производиться непосредственно в программируемом логическом контроллере. После достижения определенной уставки данные о необходимости проведения работ с оборудованием будут отправлены по каналам связи в систему SCADA и на панель оператора для информирования персонала, обслуживающего оборудование, о необходимости проведения соответствующих работ.

Работа расширенного функционала может быть организована параллельно основной программе логического контроллера, без её существенной модификации и остановки технологического процесса. Это делает предложенный подход экономически целесообразным, технически обоснованным и легко адаптируемым к различным типам судовых систем управления. Таким образом, интеграция дополнительных функций в существующую инфраструктуру SCADA позволяет достичь более высокого уровня автоматизации, повысить надёжность и экономическую устойчивость эксплуатации судового оборудования.

Заключение

В данной работе рассматривается вопрос автоматизации процесса организации работ по техническому обслуживанию, планово-предупредительному ремонту и калибровке средств измерений без использования дополнительных программных продуктов.

Производится разработка интеграции дополнительных алгоритмов в существующую систему управления судовым энергетическим комплексом и его узлов с целью предоставления необходимой информации о наработке оборудования через человеко-машинные интерфейсы. Отмечается альтернативный вариант реализации данного решения с помощью использования программируемых логических контроллеров.

Показана целесообразность и экономическая эффективность применения такого решения и преимущества использования данного варианта реализации, поставленной задачи перед существующими альтернативами.

Список источников

1. Лепский А. Г., Цветков В. В., Щеглов А. А. Основные направления развития систем комплексной автоматизации на флоте // Вестник Мурманского государственного технического университета. 2004. Т. 7, № 3. С. 409–418.
2. Васильченко Д. С., Тындыкарь Л. Н. Применение микропроцессорных схем в системах контроля мореходных качеств судна // Сборник научных трудов профессорско-преподавательского состава Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова : сборник научных статей, Санкт-Петербург, 11–15 апреля 2016 года. СПб. : Государственный университет морского и речного флота им. адмирала С. О. Макарова, 2016. С. 57–62. EDN WNMKUH.
3. Евсеев Р. И., Трубицын П. А. Вопросы подготовки исходных данных для SCADA систем управления техническими средствами кораблей и судов // Морской вестник. 2011. № 4(40). С. 51–54. EDN OJCZPT.
4. Дятлова А. А. Сравнительный анализ отечественных SCADA-систем // Интеллектуальные транспортные системы : материалы III Международной научно-практической конференции, Москва, 30 мая 2024 года. М. : Российский университет транспорта (МИИТ), 2024. С. 111–117. DOI 10.30932/9785002446094-2024-111-117. EDN KHKUYG.
5. Master-SCADA [Электронный ресурс]. URL : <https://masterscada.ru/?yclid=18050622846256545791> (дата обращения : 01.05.2025).
6. IEC61131 [Электронный ресурс]. URL : <https://plcopen.org/iec-61131-3> (дата обращения : 24.05.2025).
7. Абрамовская В. В., Музыка М. М. Возможности применения промышленного контроллера Siemens SIMATIC S7-1200 для управления лабораторной моделью балластной системы судна // Актуальные вопросы инновационного развития Арктического региона РФ : сборник материалов II Всероссийской научно-практической конференции, Северодвинск, 16–30 ноября 2020 года. Северодвинск : Северный (Арктический) федеральный университет имени М. В. Ломоносова, 2021. С. 242–247. EDN KRHSRP.
8. Дворников К. А., Довгоброд Г. М. О технической реализации иерархической системы управления движением обследовательского катера // Проблемы развития корабельного вооружения и судового радиоэлектронного оборудования. 2019. № 2(19). С. 16–20. EDN SEJZV.

Сведения об авторах

А. А. Житников – аспирант кафедры систем управления.

А. А. Марченко – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры систем управления.

Information about the authors

A. A. Zhitnikov – Postgraduate student of the Department of Control Systems.

A. A. Marchenko – PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Control Systems.

Статья поступила в редакцию 05.09.2025; одобрена после рецензирования 15.09.2025; принята к публикации 15.09.2025.

The article was submitted 05.09.2025; approved after reviewing 15.09.2025; accepted for publication 15.09.2025.