ISSN 2949-3684

ВЕСТНИК

МОРСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА

Выпуск 104 / 2026

ISSN 2949-3684

Вестник Морского государственного университета. Вып. 104 / 2026 / Морской государственный университет им. адм. Г. И. Невельского. — Владивосток: Мор. гос. ун-т, 2026. — 40 с. ; цв. ил., табл. — Библиогр. в конце ст. — ISSN 2949-3684.

Вестник Морского государственного университета содержит публикации, посвященные актуальным нормативно-организационным, техническим и технологическим проблемам судовождения и безопасности мореплавания, судоремонта, судовых силовых установок и их элементов, логистических транспортных систем и гидрографии, автоматизации и управления технологическими процессами, обработки информации, системного анализа и управления процессами перевозок на морском транспорте. Материалы содержат теоретические выводы и практические рекомендации, которые могут быть использованы для развития научных направлений и для принятия инженерных, административных и коммерческих решений.

Дата выхода в свет - 16 ноября 2026 г. Выходит четыре раза в год.

Зарегистрировано Федеральной службой по надзору в сфере связи и массовых коммуникаций. Свидетельство о регистрации Эл № ФС77-82589 от 30.12.2021.

Учредитель и издатель – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Морской государственный университет имени адмирала Г.И. Невельского».

Адрес учредителя, издателя и редакции: 690003, Россия, г. Владивосток, ул. Верхнепортовая, 50а.
Электронная почта редакции: vestnik@msun.ru; телефон редакции: +7 (423) 251-76-36.

Главный редактор – Соболенко Анатолий Николаевич, доктор технических наук, профессор.
Заместитель главного редактора – Рычкова Виктория Феликсовна, начальник управления научно-исследовательской и инновационной деятельности.
Научный редактор – Холоша Михаил Васильевич, кандидат технических наук, доцент.
Выпускающий редактор – Баранникова Анастасия Олеговна, кандидат исторических наук.
Редакционная коллегия:
Азовцев Анатолий Иванович, доктор технических наук, профессор;
Буров Денис Викторович, кандидат физико-математических наук, доцент;
Войлошников Михаил Владиленович, доктор технических наук, профессор;
Глушков Сергей Витальевич, доктор технических наук, профессор;
Друзь Иван Борисович, доктор технических наук, профессор;
Дыда Александр Александрович, доктор технических наук, профессор;
Лазарев Владимир Анатольевич, кандидат технических наук, доцент;
Луговец Александр Анатольевич, доктор экономических наук, доцент;
Москаленко Михаил Анатольевич, доктор технических наук, профессор;
Надежкин Андрей Вениаминович, доктор технических наук, профессор;
Огай Сергей Алексеевич, доктор технических наук, доцент;
Оськин Дмитрий Александрович, кандидат технических наук, доцент;
Холоша Михаил Васильевич, кандидат технических наук.

Цена свободная.

СОДЕРЖАНИЕ

СУДОВЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ И ИХ ЭЛЕМЕНТЫ

Baranov S.T. Analysis of fuel supply systems from the earliest engines to modern engines of the MAN B&W MC-C and ME-C series.....4

Дзюба Г.В. Алгоритмизация управления подготовкой главного двигателя к пуску.....11

Дзюба Г.В. Последствия отсутствия прямого контроля температур поршней судовых двигателей внутреннего сгорания.....22

Дзюба Г.В., Тарасов М.И. Внедрение цифровых технологий и интерактивных систем в подготовку судомехаников.....27

ЛОГИСТИЧЕСКИЕ ТРАНСПОРТНЫЕ СИСТЕМЫ

Переславцев Н.И. Оборудование и технологические особенности морского порта на примере южнокорейского порта Пусан.....32

УДК 621.436

Analysis of fuel supply systems from the earliest engines to modern engines of the MAN B&W MC-C and ME-C series

Baranov Sergey Tierovich [1], BaranovST@msun.ru

[1] Maritime State University named after Admiral G.I. Nevelskoy, Vladivostok

The article describes the research of operation of the fuel supply systems for marine internal combustion engines. It provides a historical overview covering the period from the invention of the internal combustion engine by the inventor Nikolaus Otto in 1876 to the present day. According to the author of the article, improving fuel supply systems in modern MAN B&W MC-C и ME-C series engines leads to better fuel combustion processes in the engine cylinders, a reduction in specific fuel consumption and, and, consequently, savings for shipping companies and a decrease in the emission of greenhouse gas such as CO, COx, NOx into the atmosphere – which is very relevant in today's word given the «green» agenda.

Keywords: marine diesel engines, fuel supply system, diesel engine MAN B&W MC-C и ME-C, emission of harmful gases.

Анализ систем топливоподачи от первых изобретенных двигателей до современных двигателей серии MAN B&W MC-C и ME-C

Баранов Сергей Тьерович [1], BaranovST@msun.ru

[1] Морской государственный университет имени адмирала Г.И. Невельского, г. Владивосток

В статье дается описание исследования работы систем топливоподачи судовых дизелей внутреннего сгорания. Приводится историческая справка, охватывающая период от создания двигателя внутреннего сгорания изобретателем Николаус Отто в 1876 году, до наших дней. По мнению автора статьи, усовершенствование систем топливоподачи на современных двигателях серии MAN B&W MC-C и ME-C приводит к улучшению процессов горения топлива в камере сгорания цилиндров двигателей, уменьшение удельного расхода топлива и соответственно: экономия для судоходных компаний и снижению выбросов вредных газов, таких как CO, COx, NOx в атмосферу, что с «зеленой» мировой повесткой очень актуально в наше время.

Ключевые слова: судовые дизели, система топливоподачи, дизеля серии MAN B&W MC-C и ME-C, выбросы вредных газов.

Introduction.

By the year 2000, many changes had taken place in the engine manufacturing industry. It seemed that everything had been done — there was no need to invent anything further. Lowspeed, longstroke, reliable, compact, modern highpower marine internal combustion engines had been created (the most powerful lowspeed marine diesel engine from MAN Diesel & Turbo SE (formerly MAN B&W) is the K98MCC, with a declared maximum power of 68,520 kW), and they worked like clockwork. However, the designers don't stop. They keep coming up with more and more new marine internal combustion engines with electronic control systems. These systems demonstrate that human ingenuity hasn't stalled and continues to drive the development of engine manufacturing. They help regulate fuel supply and the combustion process in internal combustion engines using electronic control, achieving impressive results in terms of the accuracy of fuel injection into the combustion chamber and the automatic regulation of injection under various loads. This, in turn, leads not only to a reduction in the specific effective fuel consumption but also to a decrease in exhaust gas emissions into the atmosphere.

This happens due to:

- the engine operating with optimized fuel delivery under partial and maximum loads;
- the maintenance of performance characteristics that correspond to the technical condition of a «new engine» throughout the entire service life of the engine.

Objects and research methods

Figure 1 shows the engine control unit, which helps not only to manage the selection of modes such as «Fuel Economy Mode» and «Emission Reduction Mode», but also to protect the engine from accidents and various types of damage, and to control the parameters of the engine's operating processes. This control unit is what gives the engine its name — «intelligent engine».

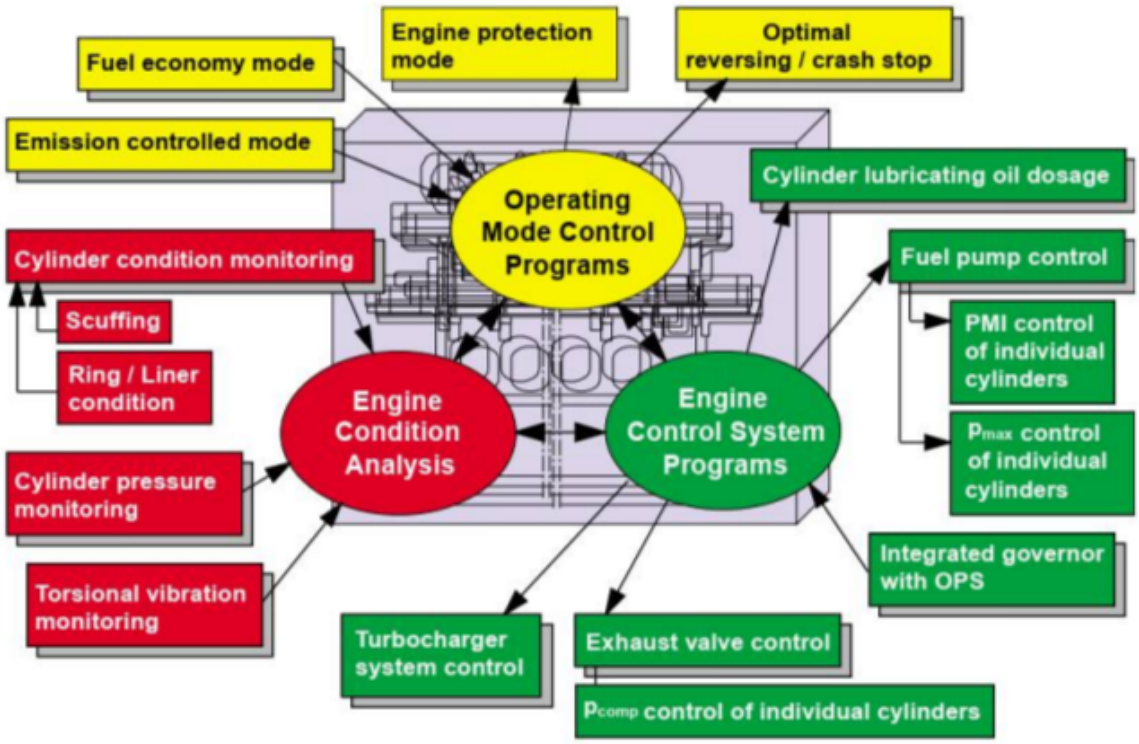


Figure 1. Control programs for an «intelligent engine»

Let’s take a brief look back at history: how internal combustion engines were developed. One of the pioneers and creators of the internal combustion engine in 1876 was the German inventor Nikolaus Otto. He proposed using a mixture of gasoline and a compressed air charge to drive the piston: he came up with a method for supplying fuel to the cylinder in such a way that the fuel mixture would not explode immediately, and the combustion phases would be extended. This led to a controlled and regulated process, eliminating explosions and the destruction of all engines invented prior to that date. It was a gaspiston engine with spark and prechamber ignition; power generation took place over four cycles, which is why it came to be known as an Ottocycle engine. (Fig. 2). The fuel was illuminating gas.

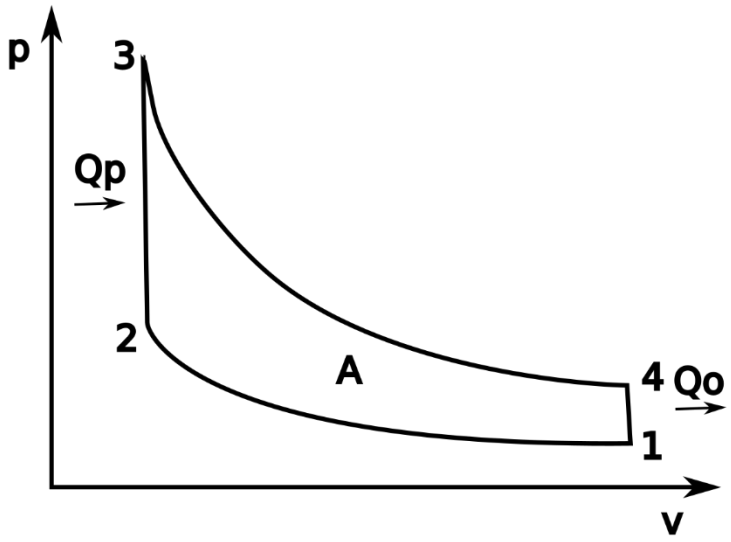


Figure 2. The Otto cycle

Section 1-2 corresponds to the process of rapid compression of air and lighting gas;
Section 2-3 corresponds to the combustion of the compressed combustible mixture;
Section 3-4 corresponds to expansion;
Section 4-1 corresponds to the release of combustion products through the exhaust valve, with the pressure being slightly higher than atmospheric.
The figure below shows the same engine that was first tested in 1862 (Fig. 3).

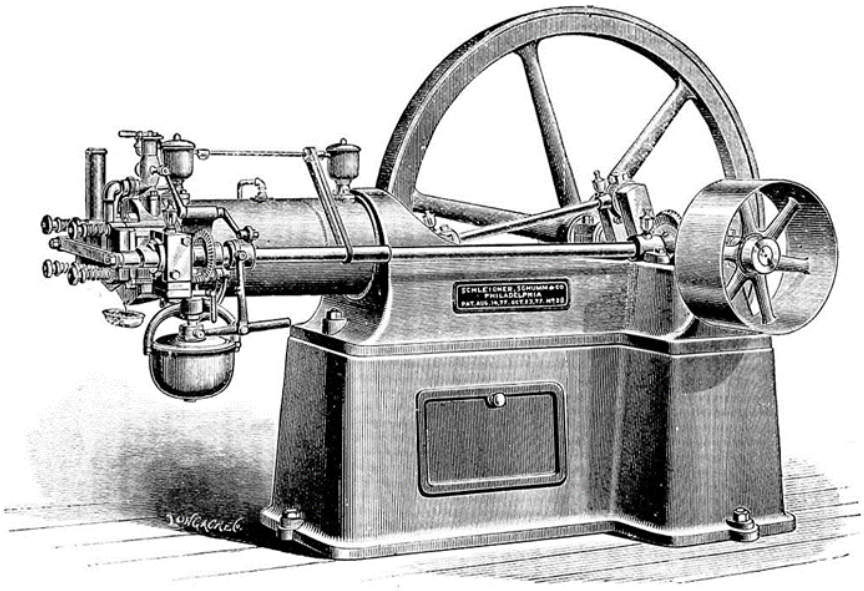


Figure 3. The Otto engine

It had a slide valve control with gasflame ignition. Over the 15 years that preceded the development of the Otto engine, the engine's power never exceeded 3 hp. In those distant times, that was a lot of power. Only several years after the invention of the Otto engine was it possible to increase the engine's power to 1,000 hp. Nikolaus Otto was the first to adjust the fuel combustion phases and be able to control them (Fig. 4).

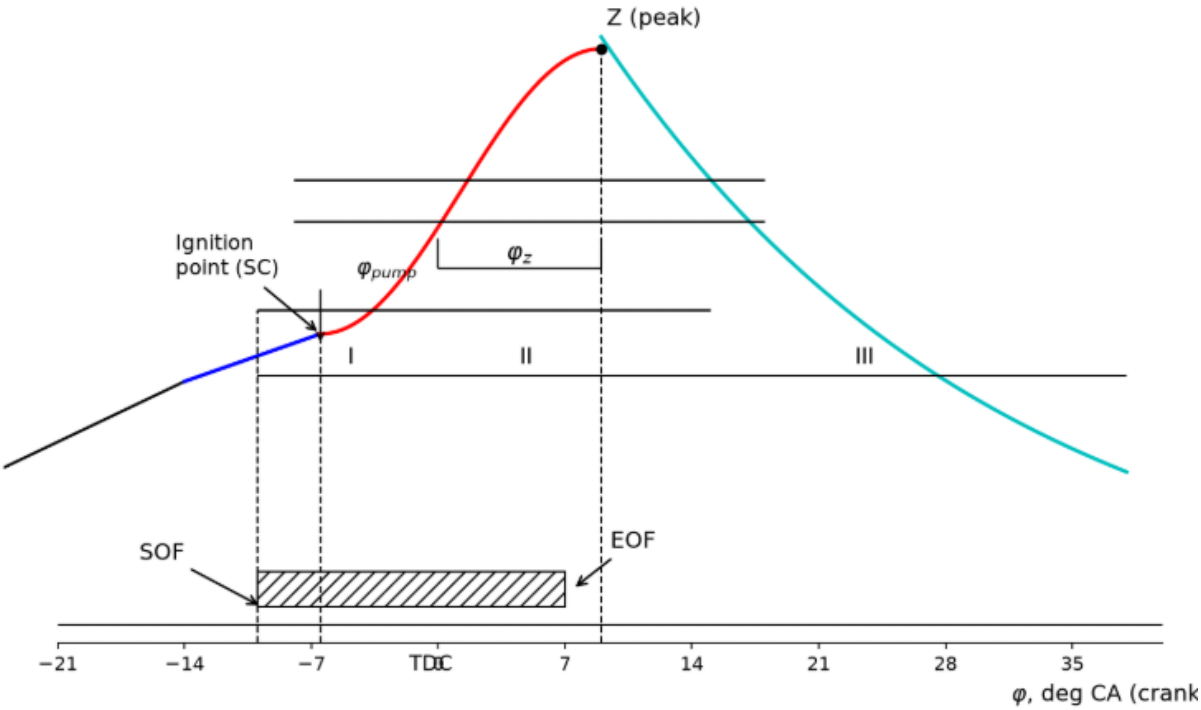


Figure 4. Fuel combustion phases

- SOF (start of fuel delivery),
- EOF (end of fuel delivery)

- TDC (top dead center)
- Ignition point (start of visible combustion)
- Фpump
- φz (crank angle at peak pressure)
- I - ignition delay
- II - rapid fuel combustion
- III – diffusion combustion and after burning
- φ, deg CA (degrees of crank angle)

Results and their discussion

It was difficult, but the design engineers did not stand still and moved forward to bring the fuel combustion process to the optimal operating mode and, consequently, to achieve the highest thermal efficiency; it was necessary to precisely adjust the fuel supply to the cylinder, which is determined by the shape of the fuel cam in traditional MAN B&W diesel engines (Fig. 5).

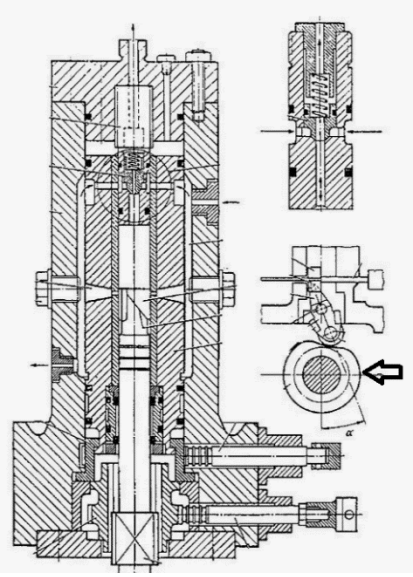


Figure 5. Fuel pump and fuel knuckle on the camshaft

The main components of the fuel supply system are:
- fuel pumps (Fig. 6). They have undergone very significant design changes.

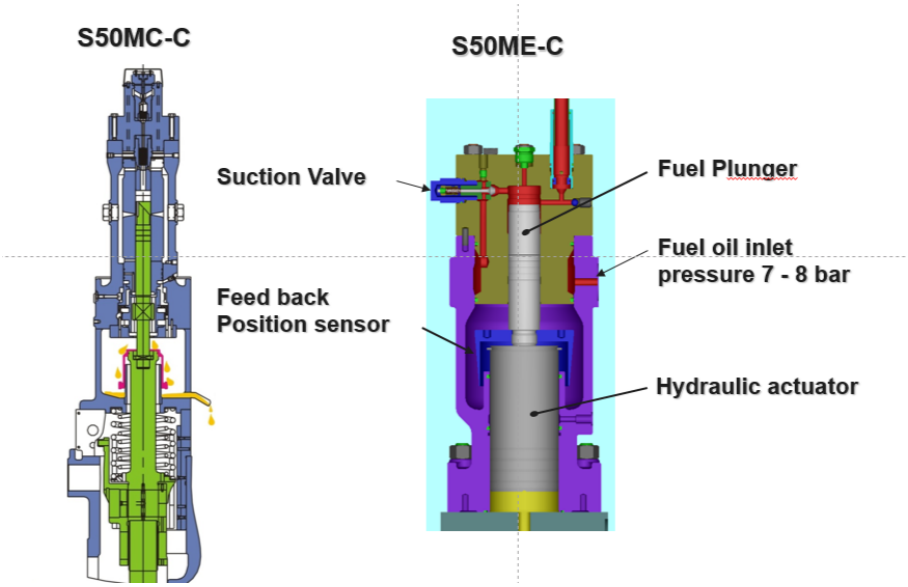


Figure 6. MAN B&W MC-C highpressure fuel pump and MAN B&W ME-C booster pump

- injectors (no major design changes)/
- highpressure fuel lines (no design changes, etc.

As shown in Figure 6: the pump drive has changed — the MAN B&W MC-C high-pressure fuel pump (HPFP) is driven by the engine's camshaft, while the MAN B&W ME-C is driven by the high-pressure hydraulic system. In the first case, the camshaft lobe geometry regulates the fuel supply; in the second case, the fuel supply is adjusted electronically and by the hydraulic system.

There is also an intermediate version of the MAN B&W ME-B, which has a camshaft, but the fuel supply is controlled electronically.

The duration of fuel injection at rated power is approximately in the region of 20 ° rotation of the crankshaft, and the maximum combustion pressure is reached after the piston passes the Upper Dead Center (TDC). In order to increase thermal efficiency, it is necessary that the supplied fuel (after reaching the maximum combustion pressure in the combustion chamber) burns out as soon as possible so that the expansion coefficient becomes the highest.

Considerable attention is paid to continuous monitoring of the engine's operating parameters (Fig. 7); in the event of any malfunction, the emergency warning alarm and protective systems are activated, and accordingly, the engine will either be automatically stopped or its speed will be reduced to the minimum permissible level, in accordance with the manufacturer's instructions.

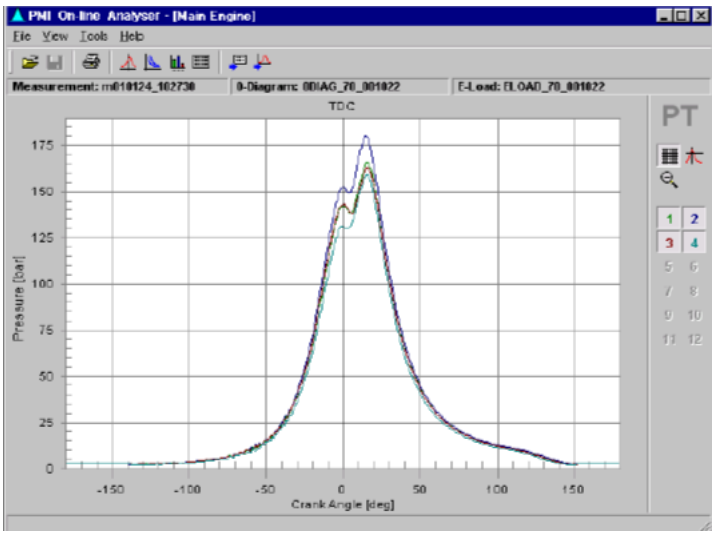


Figure 7. Expanded indicator diagrams of the MAN ME-C marine diesel engine

The most important difference in the fuel supply system is that the marine internal combustion engine has become electronic; the computer now controls the fuel supply, and this has led not only to a reduction in specific fuel consumption but also to a decrease in emissions of exhaust gases into the atmosphere, such as NOx, CO, and CO2.

Conclusion

The development of marine internal combustion engines is progressing at a rapid pace – new internal combustion engines are being developed, and not only traditional types of fuel (heavy and diesel fuel) are being used, but also environmentally friendly types of fuel, such as methane, methanol, and ammonia. This makes it possible to reduce the emission of harmful gases into the atmosphere and extend the life of our planet. We will discuss this in the next article.

Bibliography

1. Andreev A.A., Sobolenko A.N. Features of the design of the fuel supply and gas exchange units of the main ship engine “HYUNDAI-WinGD-WARTSILA W7-X62DF”. Vestnik of Admiral G.I. Nevelskoy MSU. 2025, Issue 100, pp. 14–23.
2. Manufacturer’s instructions for MAN B&W MC-C.
3. Manufacturer’s instructions for MAN B&W ME-C.
4. N.I. Korolev, Regulation of Marine Diesel Engines.

Поступила в редакцию 10 ноября 2026 г.

УДК: 656.6; 656.61; 656.62

Алгоритмизация управления подготовкой главного двигателя к пуску

Дзюба Глеб Вадимович [1], gleb_292003@mail.ru

[1] Морской государственный университет имени адмирала Г.И. Невельского, г. Владивосток

В статье рассматривается современная судовая энергетическая установка (СЭУ), которая представляет собой сложный комплекс, требующий высокой надежности, точности и безопасности. Особое значение в процессе эксплуатации судовых дизелей имеет этап подготовки к пуску, от правильности выполнения которого зависит безаварийность работы силовой установки, ресурс ключевых деталей и безопасность мореплавания в целом. Внедрение современных электронных систем управления (ECS — Engine Control System) и принципов автоматизации позволяет перейти от жестких регламентов к алгоритмизированному управлению предпусковыми операциями.

Ключевые слова: судовая энергетическая установка (СЭУ), алгоритм, главный двигатель, пуск.

Algorithmization of main engine preparation for start control

Dzyuba Gleb V.,[1] gleb_292003@mail.ru

[1] Maritime State University named after Admiral G.I. Nevelskoy, Vladivostok

The article discusses a modern marine power plant (MPS), which is a complex complex that requires high reliability, accuracy and safety. Of particular importance during the operation of marine diesel engines is the stage of preparation for launch, the correctness of which depends on the trouble-free operation of the power plant, the resource of key parts and the safety of navigation in general. The introduction of modern electronic control systems (ECS - Engine Control System) and automation principles allows you to move from strict regulations to algorithmic control of pre-start operations.

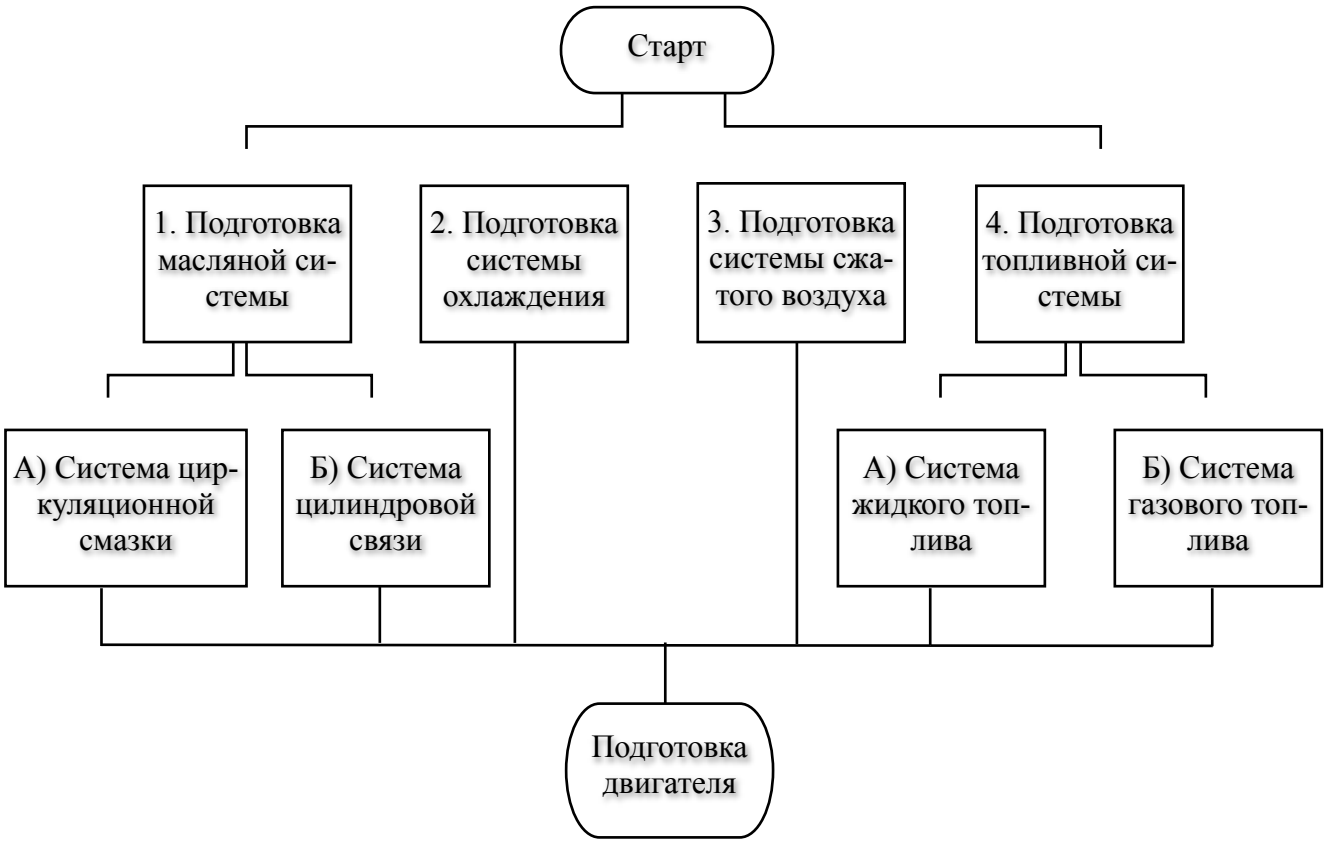
Keywords: ship power plant (SEU), algorithm, main engine, launch.

В качестве объекта исследования рассматриваются судовые двухтактный малооборотный двигатель с электронно-гидравлическим управлением (WinGD X62DF) [1, 2]. Методология исследования базируется на системном анализе технологических процессов подготовки судовой энергетической установки к пуску после различных периодов стоянки (кратковременной или длительной), анализе требований эксплуатационной документации.

Алгоритм управления подготовкой пуска главного двигателя:

1. Подготовка системы смазки двигателя;

2. Подготовка системы охлаждения двигателя;
3. Подготовка воздушной системы двигателя;
4. Подготовка топливной системы двигателя [4];



1. А) Подготовка системы циркуляционной смазки

Циркуляционная система смазки двигателя WINGD 6X62DF обеспечивает смазку подшипников, охлаждение поршней и работу серво-гидравлики [2].

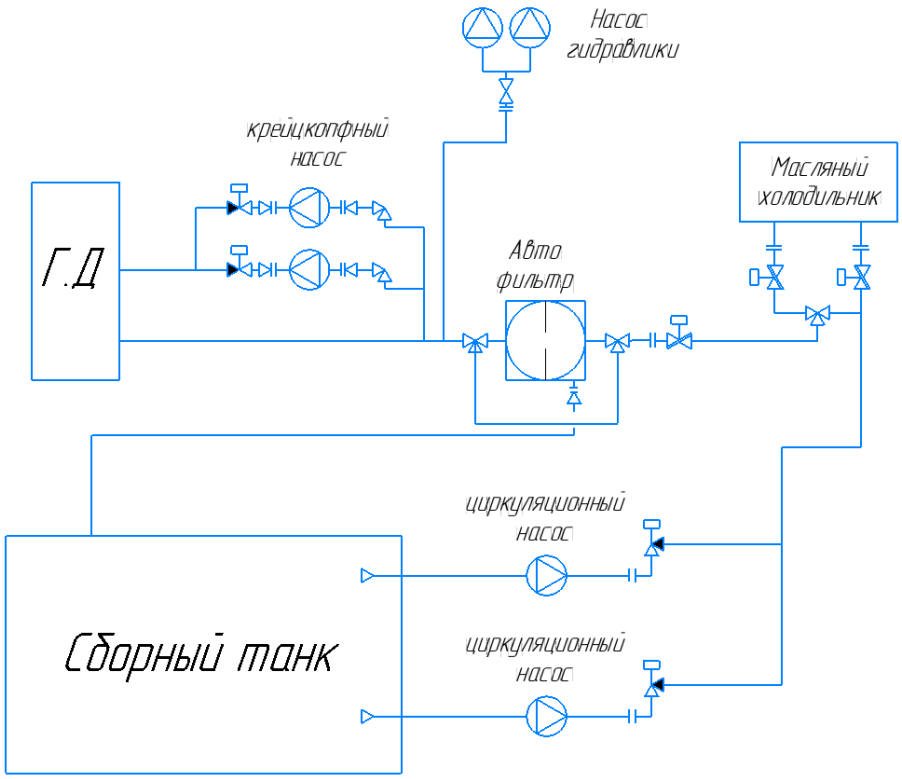


Рис.1. Упрощенная схема циркуляционной смазки

Проверка уровня масла	• Проверка уровня масла в сборном танке, в случае если он ниже необходимого, процедура
Подготовка запорной арматуры и фильтров	• Установить клапаны всасывания и нагнетания циркуляционного насоса в рабочее положение
Подготовка и пуск масляных насосов	• Запустить насосы циркуляционной смазки и
Контроль рабочих параметров	• Контроль рабочего давлени и подачи насосов(4 бара)

1. Б) Подготовка системы цилиндровой смазки

Цилиндровая система смазки обеспечивает смазку зеркала втулки цилиндра.

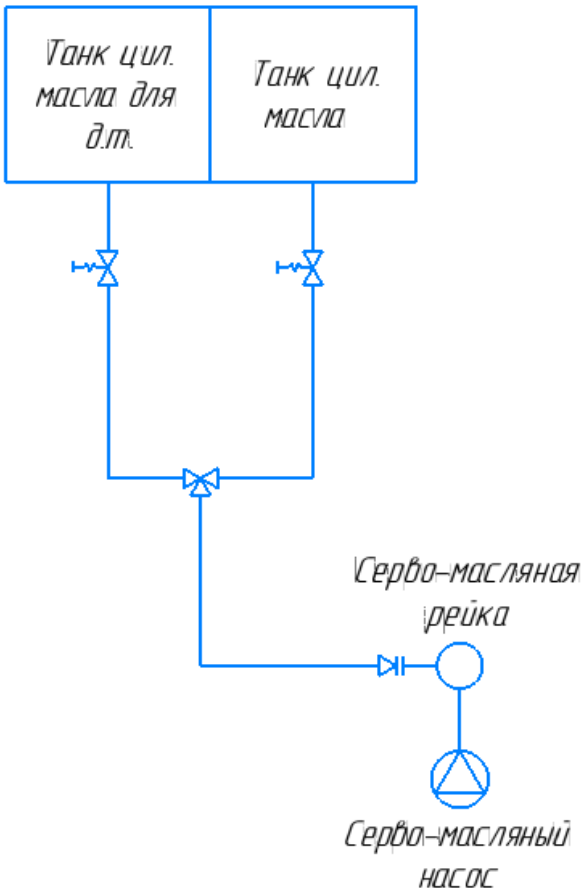


Рис.2. Упрощенная схема цилиндровой смазки

Проверка уровня масла	• Проверка уровня масла в танках цилиндровой смазки
Подготовка запорной арматуры и фильтров	• Убедиться в том, что клапаны всасывания и нагнетания цилиндрового насоса в открытом положении
Подготовка и пуск масляных насосов	• Убедиться, что все цилиндровые насосы подключены к серво-масляной рейке и к линии подачи масла на лубрикаторы
Контроль рабочих параметров	• Контроль рабочего давления

2. Подготовка системы охлаждения:

Система охлаждения предназначена для отвода избыточного тепла от деталей, соприкасающихся с горячими газами (цилиндровые втулки, крышки цилиндров, корпуса выхлопных клапанов), а также для охлаждения наддувочного воздуха и смазочного масла.

Система выполнена по закрытому двухконтурному принципу. Охлаждение втулок и крышек цилиндров и корпуса клапана осуществляется замкнутым высокотемпературным контуром пресной воды. Низкотемпературный контур охлаждения предназначен для воздухоохладителей

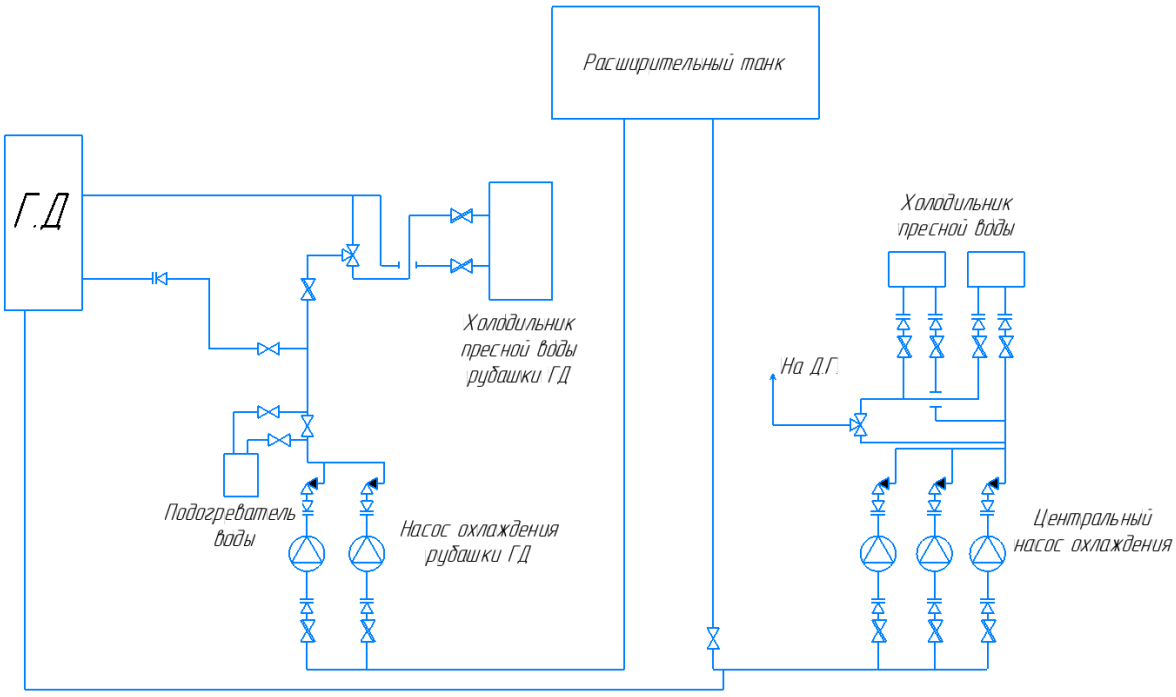


Рис. 3. Упрощенная схема охлаждения Г.Д.

Проверка уровня и температуры охлаждающей воды	• Проверка уровня воды в расширительной цистерне, необходимого для заполнения системы и компенсации температурного расширения воды. Если уровень ниже, необходимо открыть клапаны пополнения
Подготовка запорной арматуры	• Открыть клапаны подачи и возврата воды
Подготовка и пуск охлаждающих насосов	• Запустить насосы высоко и низкотемпературных контуров
Контроль рабочих параметров	• Контроль рабочего давления и подачи насосов • Контроль температуры охлаждающей жидкости

3. Подготовка воздушной системы

Система сжатого воздуха предназначена для обеспечения пуска, управления клапанами и работы автоматики.

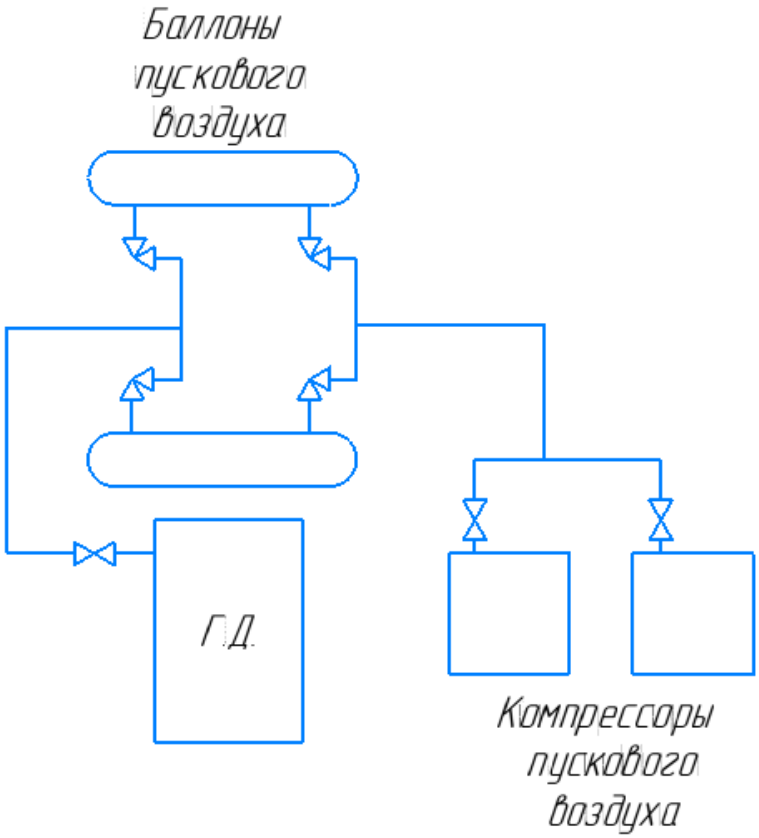


Рис. 4. Упрощенная схема сжатого воздуха

Проверка давления в баллонах пускового воздуха	• Проверить давление воздуха в главных пусковых баллонах (25-30 бар), если оно ниже необходимо запустить воздушный компрессор и пополнить их
Продувка баллонов от конденсата	• Открыть дренажные клапаны пусковых баллонов для удаления скапливающейся влаги и масла
Проверка запорной арматуры	• Открыть клапаны подачи воздуха, а также главный пусковой клапан

4. А) Подготовка системы жидкого топлива

Система жидкого топлива предназначена для подачи тяжелого или дизельного топлива к форсункам для основного режима работы или для запального зажигания в газовом режиме работы.

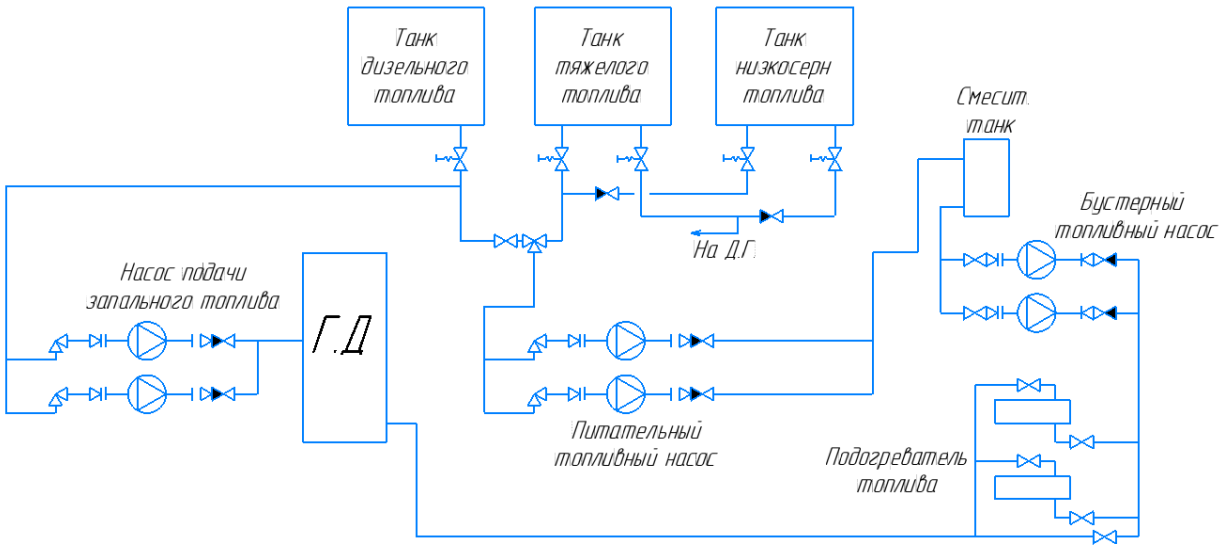


Рис. 5. Упрощенная схема жидкого топлива

Проверка уровня и температуры топлива	• Проверка уровня дизельного и тяжелого топлива
Подготовка запорной арматуры и фильтров	• Установить клапаны системы в рабочее положение
Подготовка и пуск топливных насосов	• Запустить топливоподкачивающие и топливоподающие насосы
Контроль рабочих параметров	• Контроль рабочего давления и подачи насосов • Контроль температуры топлива

4. Б) Подготовка газового топлива

Система газового топлива предназначена для подачи природного газа в цилиндры двигателя и обеспечения безопасной работы в газовом режим

Проверка уровня газа	• Проверка уровня газа
Подготовка запорной арматуры	• Закрыть главный стопорный клапан, клапан
Подготовка и тест газовой системы	• • Проверка герметичности трубопроводов между GVU и двигателем • Проверка герметичности на выпускной и топливной стороне • Активировать тестовый режим
Инертизация и продувка	• Удалить остатки газа в трубопроводе при помощи инертного газа (N2)
Переход на газовый режим	• Перевести двигатель на дизельное топливо и нагрузить менее 80% • Выбрать переход на газ

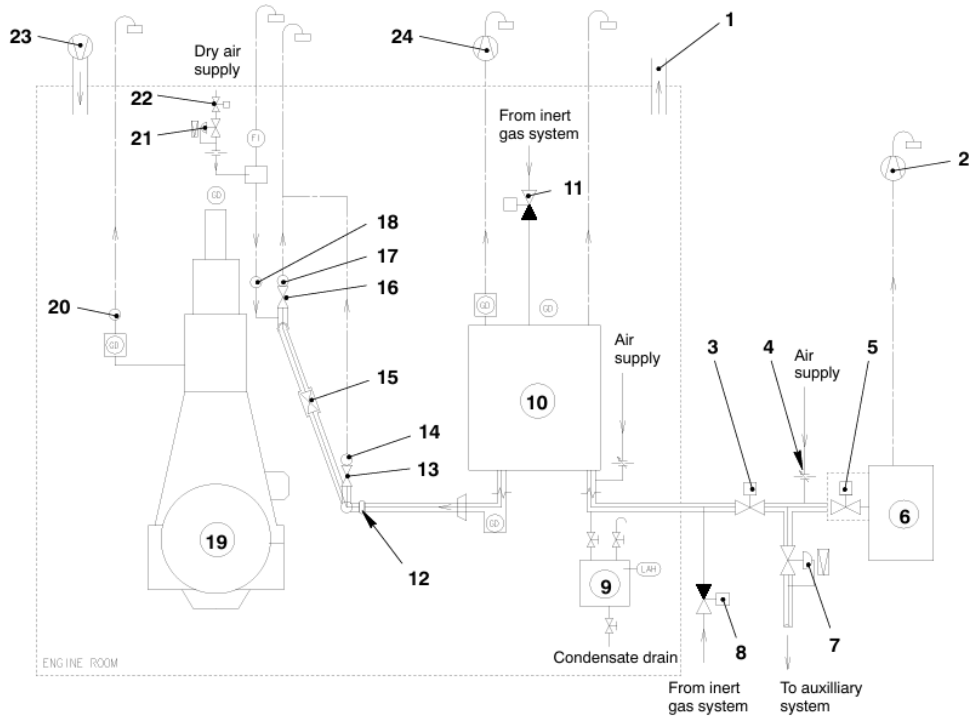


Рис. 6. Схема подачи газового топлива к двигателю

Алгоритмизация процедур имеет критически важно значение и необходима для решения следующих задач:

Предотвращение аварий и катастроф: Использование СПГ на судне несет повышенные риски возгорания, взрыва, утечек газа. Пошаговая алгоритмизация исключает человеческий фактор и минимизирует риск детонации.

Защита дорогостоящего оборудования от поломок: Двигатели такого класса работают в условиях колоссальных тепловых и механических нагрузок. Предпусковая прокачка масел и воды, выравнивание температур, контроль вязкости топлива и удаление воздушных пробок предотвращают задиры втулок, трещины в крышках цилиндров и выход из строя топливной аппаратуры высокого давления.

Экологическая и промышленная безопасность: Соблюдение регламентов предотвращает загрязнение акваторий и атмосферы, аварийные выбросы топлива или газов, а также обеспечивает штатное выполнение требований международных морских конвенций (например, кодекса IGF для судов, использующих газы или другие топлива с низкой температурой вспышки).

Отказоустойчивость и непрерывность хода судна: Четкая последовательность переключения между режимами гарантирует плавность работы энергетической установки, безаварийное маневрирование в стесненных водах и стабильность электроснабжения всего судна.

Применение алгоритма в тренажерах для подготовки специалистов

Такой алгоритм ложится в основу программного обеспечения современных судовых тренажеров машинного отделения. Его применяют следующим образом:

Создание сценариев пошагового контроля:

Курсант на виртуальном пульте управления должен физически или через интерфейс выполнить все пункты алгоритма. Тренажер не позволит перейти к пуску главного двигателя, пока шаги не будут выполнены в правильной последовательности.

Отработка аварийных и внештатных ситуаций:
Инструктор может заложить в тренажер сбой (например, падение давления в контуре охлаждения или ложное срабатывание датчика утечки газа). Алгоритм помогает курсанту мгновенно диагностировать проблему, опираясь на логику работы систем управления (ECS / CCM-20), и правильно выполнить процедуру аварийного переключения или остановки.

Обучение безопасной работе с двухтопливными системами (LNG/Dual-Fuel):
Особое внимание на тренажерах уделяется процедурам подготовки газовых магистралей. Алгоритмизация учит будущих инженеров безопасно обращаться с криогенным топливом и предотвращать взрывоопасные ситуации до того, как они перерастут в реальную аварийную катастрофу.

Объективная оценка и аттестация:
Тренажер фиксирует каждое действие курсанта, время реакции и отклонения от регламента мануала. Это позволяет беспристрастно оценить готовность специалиста к несению вахты на реальном судне с двигателями WinGD.

Список литературы

1. Final drawings for main engine HYUNDAI – WinGD W7X62DF.
2. Двигатели двойного рода топлива [Электронный ресурс] // Winterthur Gas & Diesel Ltd– Режим доступа: https://wingd.com/
3. Андреев А.А., Соболенко А.Н. Особенности конструкции узлов топливоподачи жидкого топлива и газообмена главного судового двигателя «HYUNDAI-WinGD-WARTSILA W7-X62DF». Вестник Морского государственного университета. Вып. 100/2025. С. 4 – 13.
4. Андреев А.А., Соболенко А.Н. Особенности конструкции деталей ЦПГ главного судового двигателя «HYUNDAI-WinGD-WARTSILA W7-X62D. Вестник Морского государственного университета. Вып.100/2025. С. 13 – 23.

Поступила в редакцию 10 ноября 2026 г.

УДК 629.5.035

Последствия отсутствия прямого контроля температур поршней судовых двигателей внутреннего сгорания

Дзюба Глеб Вадимович [1], gleb_292003@mail.ru

[1] Морской государственный университет имени адмирала Г.И. Невельского, г. Владивосток

Рассмотрена тепловая напряжённость поршней судовых двигателей внутреннего сгорания и ограничения косвенных методов контроля их температуры. Показано, что отсутствие прямых измерений приводит к несвоевременному выявлению перегрева и переохлаждения, а как следствие, к трещинам и прогару днища, залеганию колец, задирам, низкотемпературной коррозии и неоправданным затратам на обслуживание. Рассмотрены технические средства прямого измерения температуры и возможность перехода к обслуживанию по техническому состоянию.

Ключевые слова: судовой двигатель внутреннего сгорания; поршень; температурный режим; тепловая напряжённость; контроль температуры; техническое состояние.

Consequences of the lack of direct temperature control of marine internal combustion engine pistons

Dzyuba Gleb V.,[1] gleb_292003@mail.ru

[1] Maritime State University named after Admiral G.I. Nevelskoy, Vladivostok

The article considers the thermal loading of pistons in marine internal combustion engines and the limitations of indirect methods of monitoring their temperature. It is shown that the lack of direct measurements leads to late detection of overheating and overcooling, and consequently to cracks and burn-through of the piston crown, ring sticking, scuffing, low-temperature corrosion and unjustified maintenance costs. Technical means of direct temperature measurement and the transition to condition-based maintenance are discussed.

Keywords: marine internal combustion engine; piston; thermal regime; thermal loading; temperature monitoring; technical condition.

Введение

Надёжность и ресурс судовых двигателей внутреннего сгорания во многом определяются тепловым состоянием деталей цилиндропоршневой группы [1, 2]. Вопросам теплонапряжённости и локального теплообмена в камере сгорания посвящены фундаментальные работы [3–5], а экспериментальные методы определения температурных полей поршней и крышек цилиндров рассмотрены в [6, 7]. Форсирование двигателей по давлению наддува и среднему эффективному давлению, ужесточение экологических требований и переход на малосернистые топлива повышают требования к поддержанию оптимального температурного режима.

Вместе с тем в судовой эксплуатации температуру поршней, как правило, не измеряют непосредственно, а о тепловом состоянии судят по косвенным параметрам. Это определяет актуальность темы статьи.

Цель работы: показать, к каким последствиям приводит отсутствие прямого контроля температурного режима поршней судовых двигателей, и обосновать целесообразность его внедрения. Задачи: рассмотреть тепловую напряжённость поршней и существующие способы контроля их температуры; оценить последствия отсутствия прямого контроля; определить пути решения проблемы. Методы исследования: анализ научно-технической литературы и обобщение известных данных.

1. Тепловая напряжённость поршней судовых ДВС и существующие способы контроля температуры

Поршень судового двигателя внутреннего сгорания работает в самых тяжёлых условиях среди деталей цилиндропоршневой группы. Его днище контактирует с газами, температура которых в цикле достигает 1800-2000 °С, а нагрузка меняется с частотой вращения вала. К термическим напряжениям добавляются механические от давления сгорания и сил инерции. Тепловая напряжённость поршня определяется температурой и градиентом температур по сечению днища, а также неравномерностью нагрева по высоте и окружности.

Для судовых двигателей эта проблема особенно актуальна. Длительная работа на режимах, близких к номинальным, использование тяжёлых топлив с высоким содержанием серы и ванадия и неравномерность нагрузки по цилиндрам приводят к тому, что поршень может эксплуатироваться вблизи пределов своей надёжности. Предельные значения температуры зависят от материала. Для стальных и чугунных днищ допустимый уровень заметно выше, чем для алюминиевых сплавов, а температура зоны верхней поршневой канавки ограничена условием стабильности масляной плёнки и отсутствия интенсивного нагарообразования [6].

Для отвода теплоты применяют масляное (в том числе «коктейльное») или водяное охлаждение полости днища, а у малооборотных двигателей с крейцкопфом охлаждающую среду подводят через телескопические трубы или шарнирные устройства. Эффективность охлаждения зависит от расхода и температуры охлаждающей среды, состояния полостей и степени загрязнения их отложениями. По мере эксплуатации она постепенно снижается. В результате фактический температурный режим поршня может отличаться от расчётного, заложенного при проектировании [3, 4].

В судовой практике контроль теплового состояния поршня ведётся преимущественно косвенно. Судовые механики ориентируются на температуру выпускных газов за каждым цилиндром, температуру охлаждающей среды на выходе из поршня, температуру охлаждающей

воды и масла на выходе из цилиндровых втулок, а также на давление в конце сжатия и сгорания. Дополнительными признаками служат внешний вид и состояние поршневых колец при периодических осмотрах через продувочные окна [1].

Косвенные методы имеют принципиальные ограничения. Температура выпускных газов отражает полноту сгорания и режим работы цилиндра, но не связана однозначно с температурой днища. Температура охлаждающей среды на выходе усредняет тепловой поток по всей полости и не позволяет выявить локальный перегрев, например в зоне огневого пояса или над камерой сгорания. Датчики на втулках фиксируют температуру стенки, а не поршня. Кроме того, косвенные параметры реагируют на ухудшение теплоотвода с запаздыванием, когда процесс уже перешёл в опасную стадию. Поэтому реальный температурный режим поршня в эксплуатации остаётся фактически неизвестным, а решения об управлении двигателем принимаются на основе недостаточных данных [2, 5]. Именно это создаёт предпосылки для последствий, рассмотренных далее.

2. Последствия отсутствия прямого контроля температурного режима поршней

Отсутствие прямых измерений приводит к тому, что отклонения теплового состояния поршня выявляются только по вторичным признакам. Последствия зависят от направления отклонения: перегрев и переохлаждение поршня одинаково опасны, но проявляются по-разному.

Перегрев поршня является наиболее тяжёлым случаем. Рост температуры днища повышает термические напряжения и снижает прочность материала. Это ведёт к образованию трещин, а при длительном воздействии к прогару днища, особенно в зоне огневого пояса и кромки камеры сгорания [2, 4]. Повышение температуры в районе верхних канавок ускоряет коксование масла: нагар скапливается в канавках, кольца теряют подвижность и залегают. Прорыв газов через залёгшие кольца разрушает масляную плёнку на зеркале цилиндра, возникают задиры втулки и поршня. В предельном случае происходит заклинивание поршня, которое может привести к обрыву шатуна и разрушению двигателя [2]. Косвенные параметры при этом долго остаются в допустимых пределах: температура выпускных газов и охлаждающей среды на выходе реагирует на локальный перегрев с задержкой.

Переохлаждение поршня также наносит ущерб. При низкой температуре днища и стенки втулки на сернистых топливах продукты сгорания конденсируются, образуется серная кислота и развивается низкотемпературная коррозия. Растёт износ колец и втулки, увеличивается расход цилиндрового масла, которое применяют для нейтрализации кислоты. Без прямых данных механик не может определить, в какой зоне поршень работает ниже оптимума, и вынужден ориентироваться на средние значения.

Ещё одно следствие связано с организацией обслуживания. Когда фактическое состояние поршней неизвестно, ремонты назначают по наработке, а не по техническому состоянию. Часть поршней вынимают и осматривают преждевременно, а часть остаётся в работе до появления явных признаков неисправности. Аварийные остановки и внеплановые ремонты в рейсе обходятся дороже плановых из-за простоя судна, срочной доставки запасных частей и возможных штрафов за срыв рейса.

В совокупности это отражается на трёх показателях. Во-первых, на безопасности мореплавания: потеря хода или пожар в картере в стеснённых водах создаёт угрозу судну и экипажу. Во-вторых, на экономике эксплуатации: растут затраты на запасные части, топливо и цилиндровое масло. В-третьих, на ресурсе двигателя: систематическая работа с отклонениями от расчётного теплового режима сокращает срок службы цилиндропоршневой группы.

Эти обстоятельства делают актуальным поиск способов прямого контроля температуры поршней, о которых пойдёт речь в следующем разделе.

3. Пути решения проблемы и перспективы внедрения прямого контроля

Решением проблемы является переход от косвенной оценки к прямому измерению температуры поршня. Для этого применяют несколько групп технических средств.

Первая группа включает термоиндикаторы: термокраски и термоиндикаторные вставки, которые необратимо меняют цвет или структуру при достижении заданной температуры. Они просты и дёшевы, но дают только максимальное значение за период работы и требуют вскрытия двигателя для считывания. Поэтому их используют в основном при испытаниях и доводке, а не для постоянного контроля.

Вторая группа основана на термопарах, закреплённых в днище и стенках поршня [5, 6]. Сигнал передаётся с движущейся детали через токосъёмные устройства: механические тяги, рычажные системы или скользящие контакты. Метод даёт непрерывные данные по нескольким точкам, однако конструкция сложна, а надёжность передачи сигнала в условиях вибрации, масляного тумана и высокой температуры ограничена. Для исследования локального теплообмена на поверхности камеры сгорания применяют и градиентные датчики теплового потока [7].

Третья группа охватывает беспроводные решения: датчики температуры с автономным питанием или питанием от встроенного генератора и передачей данных по радиоканалу, а также оптические и инфракрасные средства бесконтактного измерения. Они лишены недостатков токосъёма и позволяют вести наблюдение в реальном времени. Ограничением остаются стоимость, необходимость адаптации конструкции поршня и требования к стойкости электроники при температурах, характерных для зоны огневого пояса.

Наибольшую пользу прямые измерения приносят при использовании их данных для диагностики. Сопоставление фактической температуры с допустимыми пределами для каждого цилиндра позволяет вовремя выявлять засорение полостей охлаждения, снижение расхода охлаждающей среды, неисправность форсунок и неравномерность нагрузки. Накопленные данные образуют основу для перехода от планово-предупредительного обслуживания к обслуживанию по техническому состоянию, при котором работы назначают по результатам контроля, а не по календарной наработке. Дополнительно измеренная температура может использоваться системой управления для автоматической корректировки подачи охлаждающей среды и цилиндрового масла.

Эффективность внедрения оценивают по нескольким показателям: числу аварийных отказов цилиндропоршневой группы, затратам на ремонт и запасные части, расходу цилиндрового масла, времени простоя судна и межремонтному ресурсу двигателя. Ожидаемый эффект состоит в сокращении числа внеплановых остановок, снижении затрат на обслуживание и увеличении срока службы деталей. Количественные оценки следует получать по результатам опытной эксплуатации на конкретных типах двигателей, поскольку они зависят от конструкции, режимов работы и качества топлива.

Заключение

Отсутствие прямого контроля температурного режима поршней делает невозможным своевременное выявление как перегрева, так и переохлаждения. Это приводит к повышенному риску тяжёлых аварий, преждевременному износу и неоправданным затратам. Судовладельцам и судовым механикам целесообразно: учитывать ограничения косвенных методов при анализе состояния двигателя; внедрять средства прямого измерения хотя бы на ответ-

ственных и наиболее нагруженных двигателях; использовать получаемые данные для организации обслуживания по техническому состоянию. Дальнейшие исследования следует направить на повышение надёжности и снижение стоимости датчиков, пригодных для длительной эксплуатации в судовых условиях.

Список литературы

1. Возницкий И. В., Пунда А. С. Судовые двигатели внутреннего сгорания : учебник. Москва : Моркнига, 2010.
2. Лепский А. Г., Дамаскин А. А. Анализ возможности формирования интегрального показателя для оценки теплонапряженности деталей судового двигателя // Вестник Мурманского государственного технического университета. 2008. Т. 11, № 3. С. 451–457.
3. Кавтарадзе Р. З. Локальный теплообмен в поршневых двигателях. Москва : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2007. 472 с.
4. Костин А. К., Ларионов В. В., Михайлов Л. И. Теплонапряженность двигателей внутреннего сгорания : справочное пособие. Ленинград : Машиностроение, 1979. 222 с.
5. Руднев Б. И. Процессы локального теплообмена в камере сгорания дизелей. Владивосток : Дальнаука, 2000. 221 с.
6. Определение температурных полей деталей цилиндропоршневой группы (поршень, крышка цилиндра) : методические указания к выполнению лабораторных работ по курсу «Конструирование двигателей» / Н. Д. Чайнов, Л. Л. Мягков, Н. С. Маластовский [и др.]. Москва : МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2018.
7. Экспериментальное определение местного коэффициента теплоотдачи на поверхности камеры сгорания дизельного двигателя методом градиентной теплометрии / С. З. Сапожников, В. Ю. Митяков, А. В. Митяков [и др.] // Вестник МГТУ им. Н. Э. Баумана. Сер. Машиностроение. 2019. № 4. С. 87–96. DOI: 10.18698/0236-3941-2019-4-87-96.

Поступила в редакцию 10 ноября 2026 г.

УДК: 656.6; 656.61; 656.62/.66

Внедрение цифровых технологий и интерактивных систем в подготовку судомехаников

Дзюба Глеб Вадимович [1], gleb_292003@mail.ru
Тарасов Максим Игоревич [1], TarasovMI@msun.ru

[1] Морской государственный университет имени адмирала Г.И. Невельского, г. Владивосток

Одним из главных направлений подготовки для работы судового механика является подготовка на тренажерах TRANSAS, где в полной мере воспроизведены процессы работы судовых энергетических установок и технических средств.
Однако имеется достаточно большое количество трудностей при выполнении упражнений на моделях TRANSAS, и почти все они связаны с неимением должных знаний в техническом английском языке и расшифровке иностранного интерфейса. Разработка учебных пособий подготовки, которые будут просты в понимании и позволяющие в короткий срок освоить упомянутые аббревиатуры, может решить эту проблему.

Ключевые слова: цифровые технологии, интерактивное тестирование, уровень профессиональной компетентности.

Implementation of digital technologies and interactive systems in the training of ship mechanics

Dzyuba Gleb V.,[1] gleb_292003@mail.ru
Tarasov Maksim I., [1] TarasovMI@msun.ru

[1] Maritime State University named after Admiral G.I. Nevelskoy, Vladivostok

One of the main areas of training for a ship's engineer is training on TRANSAS simulators, where the processes of operation of ship power plants and technical equipment are fully replicated. However, there are quite a number of difficulties when performing exercises on TRANSAS models, and almost all of them are related to the lack of adequate knowledge of technical English and the decoding of foreign interfaces. The development of training manuals that are easy to understand and allow one to master the aforementioned abbreviations in a short time could solve this problem.

Keywords: digital technologies, interactive testing, level of professional competence.

1. Введение и актуальность цифровизации

Цифровизация в морской индустрии далеко не новшество, но она является ключевым способом решения многих задач. Современные морские суда во многой степени оборудованы компьютерами. Это очень сильно помогает в работе, как механикам, так и судоводителям. Ведь в первую очередь эти системы могут заранее предупредить об опасности столкновения, или о критических параметрах судовой энергетической установки. Механики в центральном пункте управления могут контролировать работу почти всех судовых механизмов, будь то котел или насос. Внедрение цифровых технологий на суда с каждым годом необходимо в первую очередь для повышения безопасности мореплавания и снижения угроз для здоровья членов экипажа, а также морской и воздушной среды.

Но внедрение этих технологий таит в себе много опасностей. Для управления судовыми компьютерами необходима соответствующая подготовка кадров. Большинство судов строятся за границей, а это создает некий барьер во взаимодействии человека с машиной, так как интерфейс и условные обозначения механизмов могут отличаться. Морякам необходимо четко знать иностранный язык, а также аббревиатуры и обозначения, чтобы в полной мере понимать систему оповещения и безопасности на борту. Все необходимые навыки отрабатываются на тренажерах TRANSAS. Тренажер позволяет смоделировать различные ситуации, которые могут возникнуть при эксплуатации судна, также в нем представлены все основные типы судов. Данный тренажер имеет очень высокое сходство с компьютерами на борту настоящего судна. компьютерами на борту настоящего судна [1-5].

2. Практическая подготовка на тренажерах TRANSAS

Одним из главных направлений подготовки для работы судового механика является подготовка на тренажерах TRANSAS, где в полной мере воспроизведены процессы работы судовых энергетических установок и технических средств.

Курсантам/студентам и выпускникам морского университета представляется отличная возможность обучения на данных тренажерах для подготовки к дальнейшей работе на судах иностранной постройки. Тренажер позволяет смоделировать различные ситуации, которые могут возникнуть при эксплуатации судна, также в нем представлены все основные типы судов. Данный тренажер имеет очень высокое сходство с компьютерами на борту настоящего судна [6].

Однако имеется достаточно большое количество трудностей при выполнении упражнений на моделях TRANSAS, и почти все они связаны с неимением должных знаний в техническом английском языке и расшифровке иностранного интерфейса. Суммарное количество обозначений превышает четыре тысячи единиц.

Разработка учебных пособий подготовки, которые будут просты в понимании и позволяющие в короткий срок освоить упомянутые аббревиатуры, может решить эту проблему. Таким образом, коллектив преподавателей в составе Гомзякова М. В., Пастухова С. В., Тарасова М. И. разработал базу данных для проверки знаний курсантами обозначений, аббревиатур и сокращений при помощи компьютерного тестирования. Данное тестирование должно проводиться перед началом лабораторной работы, чтобы выявить слабые места в знании технического английского языка и интерфейса. По результатам тестирования можно сделать вывод о достаточном знании интерфейса, в ином случае продолжить обучение по БД. А также базы данных можно использовать в самостоятельной подготовке всем слушателям и курсантам.

На разработанные базы данных отправлены заявки в Роспатент для регистрации интеллектуальной собственности. Подразумевается, что использование этих материалов сможет повысить качество подготовки специалистов в достаточной мере в рамках плана обучения.

3. Методология внедрения интерактивного тестирования и структура базы данных

Для обеспечения эффективности компьютерного тестирования база данных, разработанная коллективом авторов (Гомзяков М. В., Пастухов С. В., Тарасов М. И.), была структурирована по модульному принципу. Каждый модуль отвечает за конкретный функциональный блок судовой энергетической установки (СЭУ) и сопутствующих систем:

Наименование модуля	**Функциональное наполнение**	**Основные контролируемые элементы**
Main Machinery & Propulsion	Главные двигатели и валопровод	Системы управления топливоподачей, охлаждением, смазкой, аварийно-предупредительная сигнализация
Auxiliary Systems	Вспомогательное оборудование	Сепараторы, вспомогательные котлы, опреснительные установки, компрессоры, насосные станции
Safety & Auxiliary Systems	Общесудовые системы и безопасность	Балластная, осушительная, противопожарная системы, контроль выбросов и охрана окружающей среды

Процесс тестирования построен по адаптивному алгоритму: курсанту предлагаются задания различного уровня сложности — от идентификации базовых сокращений до распознавания графических мнемосхем и критических аварийных сигналов непосредственно с интерфейса TRANSAS. Такая входная проверка перед началом практических занятий на тренажере позволяет преподавателю за 5–10 минут оценить степень готовности всей группы и сфокусировать внимание на наиболее проблемных элементах.

4. Анализ результатов и практическая значимость

Тестирование разработанной базы данных в морском университете показало, что успеваемость курсантов значительно выросла. Мы сравнили результаты студентов, которые занимались по новой базе данных, с теми, кто учился по старой программе. Вот что получилось:

1. Адаптация стала быстрее: курсанты стали в среднем на 35-40% быстрее осваивать интерфейс и основные системы управления судном на тренажере TRANSAS.

2. Меньше серьёзных ошибок: число неправильных действий при ликвидации аварийных ситуаций (например, когда судно обесточено, упало давление масла или перегрелась охлаждающая жидкость) сократилось почти вдвое.
3. Улучшение знаний технического английского: отработка терминов и сокращений помогает курсантам увереннее выполнять сложные задания, убирая языковой барьер.

Кроме того, занимаясь самостоятельно с базой данных, студенты могут наверстывать упущенное в удобное для них время, регулируя нагрузку и направление занятий.

5. Перспективы развития и патентование

Подача заявок в Роспатент на регистрацию объектов интеллектуальной собственности подчёркивает новизну и практическую ценность разработанного программно-методического комплекса. В дальнейшем планируется расширение функций базы данных за счёт:

- Внедрения интерактивных визуальных тренажёров-симуляторов отдельных панелей управления;
- Добавления голосового сопровождения и аудиомодулей для отработки правильного произношения технической терминологии на английском языке;
- Интеграции с мобильными устройствами для обеспечения непрерывного доступа обучающихся к материалам в условиях морской практики.

Таким образом, внедрение инновационных учебно-методических средств и специализированных баз данных является необходимым шагом в трансформации морского образования. Это позволяет не только повысить уровень профессиональной компетенции будущих судомехаников, но и напрямую влияет на повышение безопасности мореплавания, защиту человеческой жизни и сохранение окружающей среды при эксплуатации современных высокоавтоматизированных судов [7].

Список литературы

1. Соболенко А. Н., Корнейчук Ю. А., Глазюк Д. К. Обобщение опыта эксплуатации тренажёров машинного отделения морского судна // Вестник АГТУ. Сер.: Морская техника и технология. 2016. №2. С. 59–69.
2. Соболенко А.Н. Обобщение опыта тренажёрной подготовки судомехаников. Материалы и доклады Международной научно-технической конференции «Фундаментальные исследования океанотехники и морской инфраструктуры: Теория. Эксперимент. Практика». г. Комсомольск-на-Амуре, 2015 г. с. 200-203.
3. Соболенко А.Н., Глазюк Д.К. Повышение эффективности и безаварийности работы СЭУ посредством тренажёрной подготовки её операторов. «Рыбное хозяйство» № 1, - М.:, 2014 г. с.12 – 14.
4. Глазюк Д.К., Соболенко А.Н. Тренажёрная подготовка – средство привития культуры безопасности эксплуатации СЭУ // Материалы Региональной научно-методической конференции «Состояние и тенденции развития уровневого высшего профессионального образования в России» - Владивосток: Дальрыбвтуз, 2011 г. 0,25 п.л., с. 84-86.
5. Глазюк Д.К., Соболенко А.Н. Тренажёрная подготовка – средство привития культуры безопасности эксплуатации СЭУ // Материалы Региональной научно-методической конференции «Состояние и тенденции развития уровневого высшего профессионального образования в России» - Владивосток: Дальрыбвтуз, 2011 г. 0,25 п.л., с. 84-86.

6. Вагабов И.И., Корнейчук Ю.А., Соболенко А.Н. Тренажер Дизельсим – уникальное средство приведения компетентности судовых механиков в соответствие с требованиями конвенции ПДНВ 78/95 // Материалы Региональной научно-практической конференции «Региональная кадровая политика и механизм ее реализации в Дальневосточном федеральном округе». Владивосток, 2002. 0,12 п.л., с. 41-44.
7. Соболенко А.Н. Совместное использование тренажёра и персонального компьютера для обучения и аттестации судовых механиков // Материалы юбилейной научн. конф. 8-12 апреля 1996 г. «Рыбохозяйственные исследования океана». Дальрыбвтуз, Владивосток, 1996 г. 0,06 п.л., с. 93-94.

Поступила в редакцию 10 ноября 2026 г.

УДК 656.61.08

Оборудование и технологические особенности морского порта на примере южнокорейского порта Пусан

Переславцев Николай Иванович

Морской государственный университет имени адмирала Г.И. Невельского, г. Владивосток

В статье автор на примере южнокорейского порта Пусан рассказывает о техническом оснащении и особенностях производственного функционирования типичного морского порта. Основное внимание уделяется необходимости и различным направлениям использования автоматических и автоматизированных узлов и оборудования, ускоряющих и облегчающих работу персонала. Обозначается цель такого подхода: выделение и конкретизация моментов, полезных для настоящего или будущего использования в портах российского Дальнего Востока.

Ключевые слова: контейнерный терминал, контейнерные краны, ричстакеры, автоматизированные ворота

Equipment and technological peculiarities of the seaport taking as an example South Korean Port of Busan

Pereslavtsev Nikolai I.

Maritime State University named after Admiral G.I. Nevelskoy, Vladivostok

Taking as an example South Korean Port of Busan the author tells about the technical equipment and technological peculiarities of production processes in a typical seaport. The main focus is on the need and various areas of using automated and automation components that simplify and streamline the work of port staff. The purpose of such approach is to identify and specify effective and helpful points for current or future use in the ports of the Russian Far East.

Keywords: container terminal, container cranes, reach stackers, Smart Gate

Порты Республики Корея играют ключевую роль в экономике страны и в международной торговле. Доходы от внешнеторговых сделок составляют 84.6% ВНП, 99.9% внешней торговли идет через порты, 76,8 всех контейнерных грузов обрабатывает Пусанский порт (для сравнения Инчхон – только 7%). [19; 12]

89% кранового оборудования в Северном (самом старом по периоду существования) порту Пусана – отечественного производства. С переходом все большего объема грузовых операций в Новый порт,

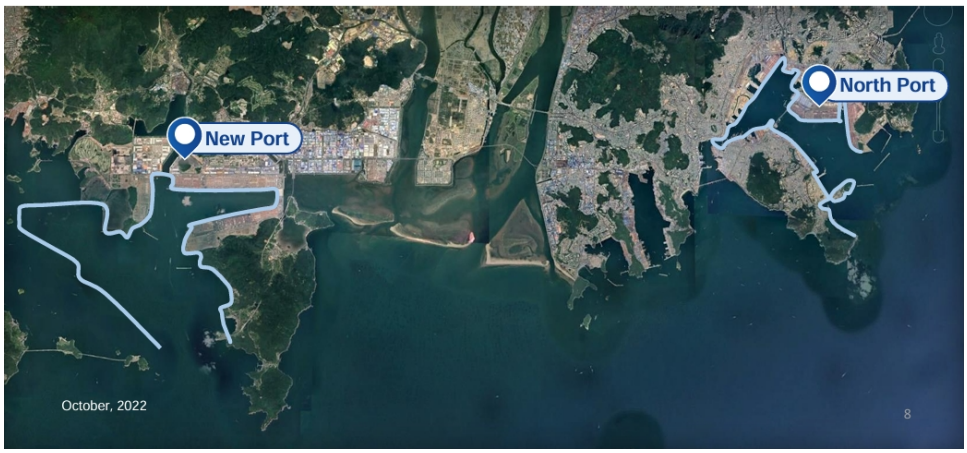


Фото 1. Карта-схема порта Пусан с расположением Нового порта и Северного порта. Источник [18]

импортное крановое оборудование стало занимать там до 86% в силу рыночной конкуренции, более приемлемых цен и т.д. [19]. Южнокорейские изготовители оборудования оказались в сложной, выходящей в кризисную, ситуации, объемы производства начали падать. Причем, сами южнокорейцы говорят, что это (то есть снижение качества конкурентной среды для производителей портового оборудования) - глобальная тенденция, то есть касается не только Пусана. [19]

Для исправления ситуации и поддержки отечественных изготовителей на мировом рынке, в рамках модернизации новых пирсов грузовых терминалов в портах Р.Корея правительство с 2023 года реализует Инициативу по внедрению южнокорейской крановой продукции (Korean-made Ports Crane Initiative). Поставлена задача довести степень локализации отечественного кранового оборудования на новых автоматизированных терминалах до 87%. [19].

В этом контексте следует упомянуть, что в декабре 2024 г. на заседании правительства РК были озвучены планы инвестировать в развитие порта Пусан 10 млрд. долл. в течение последующих 20-ти лет. Подразумевается, что в процессе расширения портового комплекса в Чинхэ (Jinhae New Port) и Нового порта в Пусане (Busan New Port) к существующим 40 причалам добавится еще 26, соответственно почти вдвое увеличатся мощности по перевалке контейнерных грузов [17]. Вот и заказчики необходимой для их работы крановой продукции.

Далее рассматривается ситуация по кранам STS (ship to shore), ричстакерам, устройствам транспортерного типа, устройствам контроля въезда-выезда на территорию порта и внутри нее.

А. Изготовители кранов и кранового оборудования для порта Пусан (в целом).

ZPMC (Китай) - 257, Doosan (Южная Корея) - 91, Hanjin (Южная Корея) - 47, Samsung (Южная Корея) - 38, Hyundai (Южная Корея) - 17, Daewoo (Южная Корея) - 5, Buil (Южная Корея) - 3, HDHM (Китай) - 8, Mitsubishi (Япония) - 3, Mitsui (Япония) - 1. По крановому оборудованию (механика и электрика) доля отечественной продукции составляет только 33.7%. [19]

Южнокорейские производители:

Doosan Heavy Industries & Construction специализируется на автоматизированных рельсовых кранах (ARMG) для контейнерных терминалов, включая поставки новой автоматизации для пирсов.

В *Hanjin Shipbuilding & Construction (HJSC)* осуществляют сборку и установку тяжелых перегрузочных и крановых систем на терминалах порта.

Hyundai Heavy Industries / Hyundai Engineering & Construction - флагманы южнокорейского тяжелого машиностроения, выпускающие гигантские портовые краны и участвующие в строительстве новых терминалов.

Таким образом, мы видим, что на рынке кранов в Пусане доминирует **китайская продукция от ZPMC** (54.7%). [19]

Компания Shanghai Zhenhua Heavy Industries Co, Ltd (ZPMC) - государственное предприятие КНР с годовым оборотом в 6 млрд долларов США, производитель портового, морского и судостроительного оборудования, инженерных судов и крупногабаритных металлоконструкций [8].

ZPMC занимает 82% на мировом рынке кранов-перегружателей STS [8], удерживая лидирующие позиции среди поставщиков (5 кранов STS есть в ВМТП [14]). В самом Китае ее изделия ценятся очень высоко. Порты Шанхая и Гонконга укомплектованы техникой ZPMC более чем на 80%. Держит также первенство по производству автоматизированных козловых кранов на рельсовом ходу (Automated Rail-Mounted Container Gantry Cranes - ARMG)

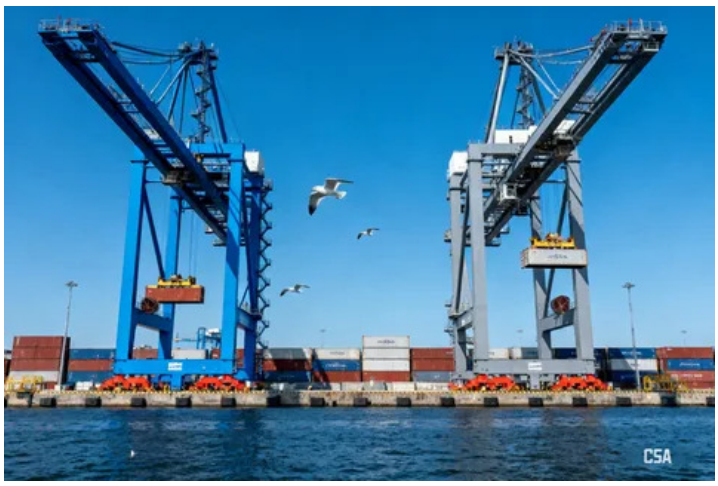


Фото 2. Краны STS

Другие участники мирового рынка по производству кранов STS.

Wuxi Hugang Technology Co., Ltd. (брэнд Wuxi) Китайская компания является ведущим игроком в области производства контейнерных кранов STS. Краны Wuxi Hugang оснащены высокоточными подъёмными механизмами, которые обеспечивают плавную и точную погрузку контейнеров.

Noell Crane Systems (брэнд Noell). Немецкая компания с многолетним опытом работы в сфере производства портового оборудования. Краны Noell Crane Systems использовались во многих крупных портах мира, доказав свою надёжность и производительность.

Weihua Crane Group (брэнд Weihua). Лидер в производстве портовых кранов в Китае. Компания занимается проектированием и производством портальных кранов STS, портальных контейнеровозов, RMG, RTG и портальных кранов.

Liebherr Maritime (брэнд Liebherr). Германия-Швейцария. Многоцелевой холдинг. Судовые, перегрузочные, оффшорные, портовые краны.

SANY HEAVY INDUSTRY (брэнд SANY) – китайский производитель специализированной дорожно-строительной, портовой и другой специальной техники.

Б. Другими важными элементами портового оборудования являются ричстакеры (специализированный погрузчик для операций с контейнерами). Ежегодно в мире продается примерно 2000 ричстакеров, а общий парк достигает 15 тысяч.



Фото 3. Ричстакеры

Наиболее заметные изготовители ричстакеров, используемых в южнокорейских портах.

ZPMC, SANY - (Китай, основная часть оборудования в корейских портах по причине минимальных транспортных расходов при доставке, налаженного сервисного обслуживания). Сами корейцы выделяют прежде всего эти брэнды, исходя из приемлемой стоимости, различной грузоподъемности,общей функциональности, надежности и т.д.

Также известны европейские поставщики. **Kalmar Industries** (Швеция, обеспечение более 40% мирового рынка ричстакеров). Еще около 50% - **SMV Konecranes SMV** (Финляндия, подъемно-транспортное оборудование разных видов), **CVS Ferrari** (Италия), **Fantuzzi** (Италия, грузоподъемная техника).

50% мирового рынка пользователей ричстакеров занимает Европа. Перспективные, растущие рынки для европейцев – например, Индия, ее порты Mumbai и Chennai. [7;13].

В. *AGV (Automated Guided Vehicle) – автоматически управляемые транспортные средства,* используются для горизонтального перемещения грузов между причалом и грузовым двором, а также на открытых и закрытых товарных площадках, внедряются в рамках расширения масштабов и возможностей для оперативного планирования, оптимизации и управления грузопотоками.



Фото 3



Фото 4

Особое внимание уделяется их задействованию в процессе расширения Нового порта Пусана (имеется в виду, прежде всего, полностью автоматизированный контейнерный терминал, открытый в 2024 г.).



Фото 5 Фото 3-5 – Автоматически управляемые транспортные средства

Накануне открытия роботизированного терминала Нового порта Пусан были проведены гибридные испытания AGV, применяемых для перемещения грузов и оснащенных системой ориентирования в пространстве. AGV используются на терминале в качестве горизонтального транспорта.

До запуска новой системы управления терминалом выполнялись тщательные испытания автоматизированного горизонтального транспорта, в ходе которых он тестировался совместно с морскими контейнерными козловыми кранами и наземными кранами грузового двора, управляемыми полностью механически.

Гибридные тестовые сценарии создавались в коллаборации компаниями Piscesoft (южнокорейская компания, специализирующаяся на системной интеграции и автоматизации процессов) и AKQUINET (ФРГ, компания предлагает широкий спектр IT-услуг, включая внедрение ERP-систем (SAP и Microsoft), разработку индивидуальных программных решений, а также аутсорсинг IT-систем для бизнеса разного масштаба. В тестировании также участвовала южнокорейская DGT Corporation (специализируется на производстве полупроводников, электронных компонентов и связанных с ними устройств, а также электронных ламп и их частей, за исключением стеклянных заготовок). [10;11]

100 AGV для автоматизированного терминала Нового порта обязалась поставить южнокорейская *Hyundai Rotem.* Компания производит железнодорожный подвижной состав, военную технику и заводское оборудование. Является частью *Hyundai Motor Group.*

Г. Устройства контроля въезда-выезда на территорию порта и внутри него (“smart gate”)

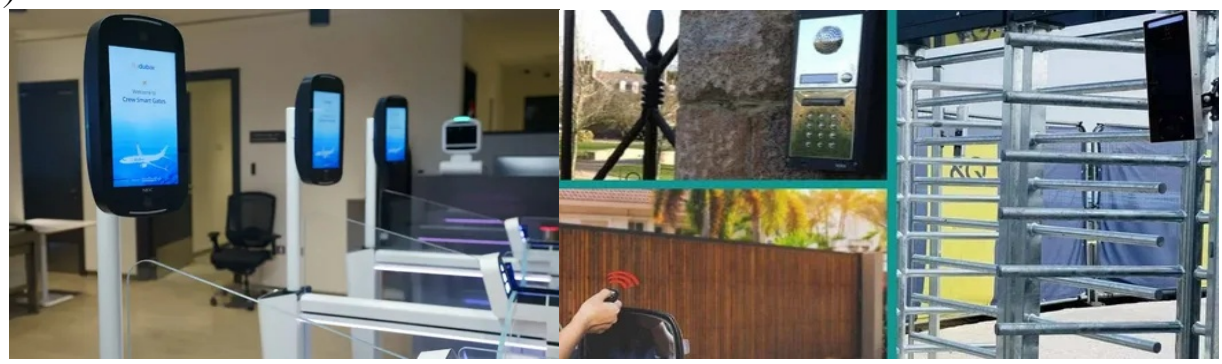


Фото 6. Контроль въезда-выезда на территорию

Smart Gate в морских портах — это интегрированная система ворот, которая использует различные технологии для автоматизации и оптимизации процедур въезда и выезда транспортных средств и грузов. Она направлена на повышение эффективности работы порта, безопасности и снижение времени обработки грузов.

Преимущества Smart Gate

а) Повышение безопасности. Использование передовых методов идентификации и проверки снижает риск несанкционированного доступа и потенциальных угроз. Многие морские порты — это пограничные пункты и стратегические объекты, поэтому вопрос безопасности на их территории стоит особенно остро. Персонал и обычные системы видеонаблюдения не способны обеспечить ее на все 100%.

Вторая проблема связана с объемом данных: мировая судоходная отрасль ежедневно генерирует 100–120 млн единиц информации из разных источников. Если обрабатывать их в единой системе, эффективность всех процессов повышается на 5–10%.

Решение — «умные» системы контроля допуска с распознаванием лиц и/или биометрии. Они позволяют мгновенно определить, имеет ли человек право проходить на территорию порта (или его определенную зону) или пересекать границу и хранить данные обо всех его перемещения.

б) Повышение эффективности и производительности. Автоматизация процессов сокращает заторы и время ожидания для грузовиков и грузов, позволяет предварительно регистрировать информацию водителей, ускоряя проверку и въезд в порт.

в) Точный сбор и анализ данных. Информация о времени въезда и выезда, деталях транспортных средств и грузовых манифестах помогает портам анализировать транспортные потоки, распределять ресурсы и оптимизировать операции.

г) Интеграция с другими системами порта. Улучшает координацию между различными заинтересованными сторонами, ускоряет оформление документов и таможенное оформление.

д) Сокращение бумажного документооборота и переход на безбумажные методы работы.

В рамках внедрения систем «умного порта» Пусан сотрудничает со следующими разработчиками и изготовителями.

MINATO – японский холдинг, специализируется на цифровой специальной технике (модули и карты памяти, компьютерные устройства, оборудование для он-лайн и «живых» конференций и т.п.

Advantech — тайваньская компания по разработке и производстве промышленной электроники и решений для автоматизации.— предлагает комплексное решение Smart Port 4.0, которое включает систему Smart Gate и управления грузовиками. В систему входит камера для автоматического распознавания номерных знаков, номеров шасси и контейнеров. Компьютеры на грузовиках передают данные в режиме реального времени на компьютер шлюза, а шлюзы проверяют личность водителей, предоставляют доступ и распределяют задачи.

Huawei Enterprise (Китай) — разработала решение Smart Gate для таможенных органов, которое обеспечивает централизованный надзор за операциями, автоматическую идентификацию и оформление документов. Цель решения — повысить эффективность работы и ускорить оформление грузов.

Smart-Tecs (США) — компания разрабатывает и внедряет автоматизированные программные и охранные решения для транспортной отрасли. Предоставляет услуги по анализу бизнес-процессов, проектированию приложений, системной интеграции, разработке middleware-платформ, отчётности по KPI, установке аппаратного оборудования и технической поддержке в режиме 24/7.

Samsung Electronic, - (Южная Корея) – полупроводники, микросхемы, транзисторы для электронного оборудования систем автоматического контроля и управления.

Некоторые направления деятельности Smart-Tecs:

Системы автоматизации ворот для морских терминалов. Компания предлагает платформы для автоматизации ворот, включая Gate Operating System (GOS) и OCR-системы. Эти решения используются на объектах в Северной Америке и Европе.

Беспроводные решения для мобильного оборудования. Например, Trident — программное решение с промышленным одноплатным компьютером, которое обеспечивает повышенную производительность беспроводной связи и может включать встроенный GPS-приёмник.

До начала COVID-пандемии отдельные сделки по портовому оборудованию российских потребителей с поставщиками из Европы, США, Японии еще были возможны. Так, Владивостокский морской торговый порт в 2020 г. приобрел в рамках модернизации портового оборудования для 9 причала универсального терминала портальный кран от Liebherr [2]. Однако уже в 2021 г. восемь кранов на пневматическом и рельсовом ходу (типов RTG и RMG) ВМТП заказал у ZPMC [3].

Имеются основания полагать, что подобная ситуация (ориентация на партнеров в Китае, в меньшей степени в Южной Корее и импортозамещение) будет сохраняться и далее, в течение неопределенного времени, и ее придется учитывать в реализации имеющихся и перспективных планов по обустройству глубоководного порта-хаба на территории российского Дальнего Востока.

Список литературы

1. AGV-роботы: автоматизированные управляемые транспортные системы для складов и производства. 21.02.2026, Yandex Robotics – веб-портал, URL: https:// robotics.yandex.ru / blogs/agv-roboti/
2. ВМТП приобрел новый портальный кран Liebherr грузоподъемностью 124 тонны, 09.04.2020, Ассоциация морских торговых портов, веб-портал, URL: https://morport.com / rus/news/vmtp-priobrel-novyy-portalnyy-kran-liebherr-gruzopodemnostyu-124-tonny
3. ВМТП заказал восемь кранов в рамках перспективной программы развития порта до 2025 года, 27.12.2021, URL: https://portnews.ru/news/323258/
4. Гибкая логистика складов и производств с применением AGV. 10.11.2021, Korabel.ru – веб- портал, URL: https:// www. korabel. ru / news/comments/ gibkaya_logistika_skladov_i_proizvodstv_s_primeneniem_agv.html
5. Имя этого порта – Пусан, страна – Южная Корея. «Морские порты», №10 (81) 2009. Информационно-аналитический журнал, сс. 42-45
6. Как устроен «умный» порт и когда он появится в России. 03.02.2022. РБК-Тренды, веб-портал, URL: https://trends.rbc.ru/trends/industry/61fb933e9a794754d972873b
7. Контейнерные погрузчики. 02.11.2024, KTK Group – веб-портал, URL: https:// ktku.ru/ aboutcontainers/tpost/ej2aixvn91-konteinernie-pogruzchiki
8. Компания ZPMC Russia, web-портал, URL: https://www.zpmc-russia.com/company/o – nas/
9. Полностью роботизированный портовый терминал появился в Корее, 19.04.2024, https:// multirail.ru/novosti/novosti-otrasli/525-polnostyu-robotizirovannyj-portovyj-terminal-poyavilsya-v-koree
10. Полностью роботизированный портовый терминал появился в Корее, 19.04.2024, Транс-сервис, логистический веб-портал, URL: https://tran-service.ru /news/logistics/2024/ robotizirovanniy-terminal-v-koree/
11. Порт Пусана. URL: https://ru.ruwiki.ru/wiki/Порт_Пусана?utm_referrer= https://yandex.ru системы для складов и производства
12. Ричстакеры в Юго-Восточной Азии. 03.11.2006, Склад и Техника, Журнал практической логистики, веб-портал, URL: http://sitmag.ru/article/10409-richstakery-v-yugo-vostochnoy-azii
13. «Росатом» у причала: как устроен Владивостокский морской торговый порт. 29.07.2024. Страна Росатом, веб-портал, URL: https://strana-rosatom.ru/2024/07/29/rosatom-u-prichala-kak-ustroen-vladi/
14. Что такое ричстакер и зачем он нужен. 11.11.2018, СНАБ-АВТО – веб-портал, URL: https:// snabavto.com/post/blog/chto-takoe-richstaker-i-zachem-on-nuzhen/
15. Южнокорейский порт Пусан запускает Первый автоматизированный контейнерный терминал. 09.04.2024, URL: https://vk.com/wall-208567606_3375

16. Южная Корея удвоит мощности порта Пусан. 12.12.2024, Infranews, веб-портал, URL: https:// www.infranews.ru /info/66489-yuzhnaya-koreya-udvoit-moshhnosti-porta-pusan/

17. Busan Port automates 24/7 ops to boost efficiency and safety in South Korea. 26.01.2026, CHOSUNBIZ EN – веб-портал, URL: https//biz.chosun.com/en/en-society/2026/01/24/NCS4IDG7ZRCVLCA3XPXBK4UAFU/

18. Korean-Made Port Crane Initiative. Презентация от Администрации порта Пусан, URL: https://sustainableworldports.org/project/busan-port-authority-korean-made-port-cranes-initiative/

19. Sea Freight in Busan Port. URL: https://logisticiran.com/en/blog/show/109/seafreight-in-busan-port

Поступила в редакцию 28 июля 2026 г.

ВЕСТНИК
МОРСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА

Выпуск 104/ 2026

Дата выхода в свет – 16 ноября 2026 г.
Выходит четыре раза в год.

Зарегистрировано Федеральной службой по надзору
в сфере связи и массовых коммуникаций.
Свидетельство о регистрации Эл № ФС77-82589 от 30.12.2021.

Учредитель и издатель – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Морской государственный университет имени адмирала Г.И. Невельского».

Адрес учредителя, издателя и редакции: 690003, Россия, г. Владивосток, ул. Верхнепортовая, 50а.
Электронная почта редакции: vestnik@msun.ru; телефон редакции: +7 (423) 251-76-36.