

Дакі О.А., Колесник В.В., Дорофєєва З.Я., Тришин В.В., Якусевич Ю.Г.

МОДЕЛІ АВТОМАТИЗАЦІЇ ЕЛЕМЕНТІВ СУДНА

В статті розглядаються моделі автоматизації елементів судна. При цьому зазначається, що сучасне судно є більш скомпонованим об'єктом при управлінні яким підвищується складність елементів і завдань, це призводить до необхідності автоматизації всього судна. Так, як одна людина (як і вахта в цілому) не здатна ефективно управляти всіма технологічними процесами на судні, контролювати всі параметри двигунів, судових систем, допоміжних систем. У цьому випадку актуальним є застосування сучасних інформаційних технологій. В роботі зазначається, що комплексна автоматизація суден дозволяє собою підвищити технічну безпеку плавання та скоротити чисельність екіпажа. Вона сприяє також збільшенню ресурсу судових технічних засобів; економії палива завдяки вибору раціональних режимів роботи; скороченню шляху в результаті точності втримування курсу при плаванні; підвищенню надійності механізмів. Завдання комплексної автоматизації містить раціональний розподіл функцій управління та контролю між людиною-оператором та засобами автоматики.

Так, наприклад, системи автоматизації допоміжних двигунів генераторів реалізуються в комплексі з автоматизацією суднової електро-енергетичної установки (ЕЕУ). Сучасні системи автоматичного управління ЕЕУ судна забезпечують захист, контроль та управління допоміжними генераторами. Особливої уваги заслуговують моделі автоматизації котлової установки. Засоби автоматизації котлів здійснюють функції захисту при зупинці паливного насоса, загасанні факелу або відсутності процесів горіння палива. Автоматичне управління ведеться двохопозиційною системою регулювання.

Таким чином, комплексна автоматизація суден дозволяє підвищити технічну безпеку плавання та скоротити чисельність екіпажа. Вона також сприяє збільшенню ресурсу судових технічних засобів; економії палива, завдяки вибору раціональних режимів роботи; скороченню шляху в результаті точності втримування курсу при плаванні; підвищенню надійності механізмів. Завдання комплексної автоматизації містить раціональний розподіл функцій управління та контролю між людиною-оператором та засобами автоматики.

Ключові слова: автоматизація, інформатизація, контроль технологічних процесів. суднова енергетична установка.

Постановка проблеми. Сучасне судно являє собою складний об'єкт, управління яким зі зростанням складності елементів є завданням, що потребує автоматизації. Одна людина (як і вахта в цілому) не здатна ефективно управляти всіма технологічними процесами на судні, контролювати всі параметри двигунів, судових систем, допоміжних систем. У цьому випадку актуальним є застосування сучасних інформаційних технологій. Стрімкий розвиток інформаційних технологій, програмного забезпечення та мікроелементної бази дозволило зробити висновок про можливість нового рівня автоматизації процесів управління. Найбільш складним є управління судновою енергетичною установою (СЕУ).

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Відзначимо, що питання автоматизації та інформатизації процесів управління складними організаційно-технічними системами в цілому та судновою енергетичною установкою, зокрема, є достатньо актуальним та знайшло відображення у роботах Абрамова Г.А., Бажана П.І., Безюкова О.К., Вагуценка Л.Л., Васильєва С.М., Єрофєєва В.Л., Захарова О.О., Поспєлова Д.А., Решняка В.І., Рудницького В.І., Садовського В.М., Самикіна Г.А., Чіркова М. М.

Отже **метою** даної статті є розробка моделей системи управління елементами СЕУ.

Виклад основного матеріалу.

I. Автоматизоване управління головним двигуном (ГД) сучасного судна

Метою управління ГД є підтримка на заданому режимі швидкості судна і її зміна відповідно до прийнятої програми, а також виконання операцій щодо підготовки до пуску, пуск, зупинка й реверсування двигуна. Управління здійснюється за допомогою пристроїв: пускових, паливорегулюючих, реверсивних. Управління двигуном полягає в перебудові режимів його роботи, тобто в зміні навантаження і частоти обертання колінчатого вала двигуна [1]. Як правило, для досягнення цілей управління ГД використовується системи дистанційного автоматизованого управління (ДАУ), які забезпечують автоматизоване управління пуском, реверсом, зміною режиму роботи.

На даний час підхід до розробки і технічних рішень систем ДАУ ГД є цілком сформованим [2, 3]. Системи ДАУ, як правило, характеризуються такими особливостями:

- є розподіленими або зосередженими мікропроцесорними системами;
- виконуються, за рідкісним винятком, цілком електричними, взаємодіючими з пневматичними та електричними пуско-реверсивними системами (ПРС) ГД.

Застосування мікропроцесорної та комп'ютерної техніки в системах ДАУ дає широкі можливості налаштування параметрів систем й зміни алгоритмів їх роботи для кожного конкретного випадку. Системи надають обслуговуючому персоналу максимум інформації в зручній формі про стан ГД і самої системи ДАУ, що дозволяє приймати обґрунтовані рішення з управління ГД при його нормальній роботі й в аварійних ситуаціях.

Система автоматизації головного суднового дизеля являє собою частину комплексу засобів автоматизації СЕУ.

Призначення системи автоматизації суднового ГД показано на рис. 1.

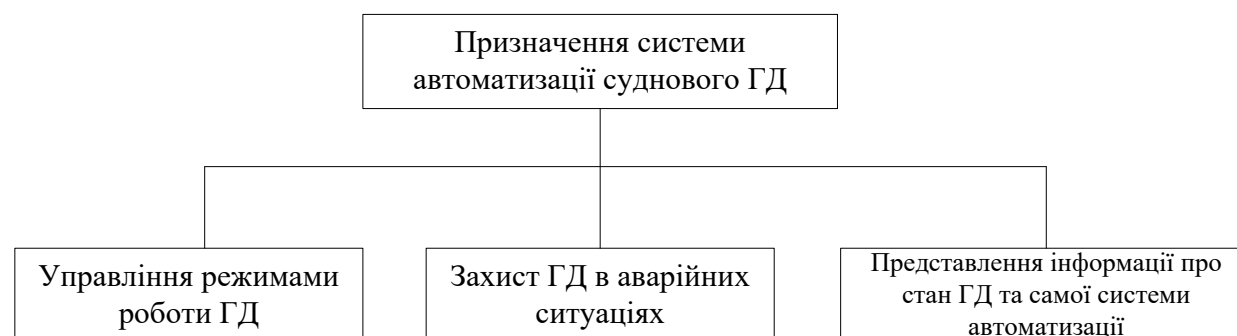


Рисунок 1 – Призначення системи автоматизації суднового ГД

Для суднових ГД основними функціями їх систем автоматизації є:

- пуск, зупинка, реверс і зміна частоти обертання колінчатого вала,
- зміна частоти обертання ГД за часовими програмами, які забезпечує відсутність теплових перевантажень дизеля;

- обмеження частоти обертання та запобігання його перевантаженню;
- аварійна зміна частоти обертання ГД із максимально можливою швидкістю;
- аварійна зупинка ГД із постів управління або за сигналами з системи захисту;
- зниження частоти обертання ГД до безпечного рівня за сигналами з системи захисту;
- контроль справності системи автоматизації ГД як при працюючому, так і при непрацюючому дизелі;
- виконавча (світлова), аварійна та аварійно-попереджувальна (світлова і звукова) сигналізація.

Функціональна схема системи автоматизації ГД, реалізована на сучасних судах внутрішнього плавання, наведена на рис. 2.

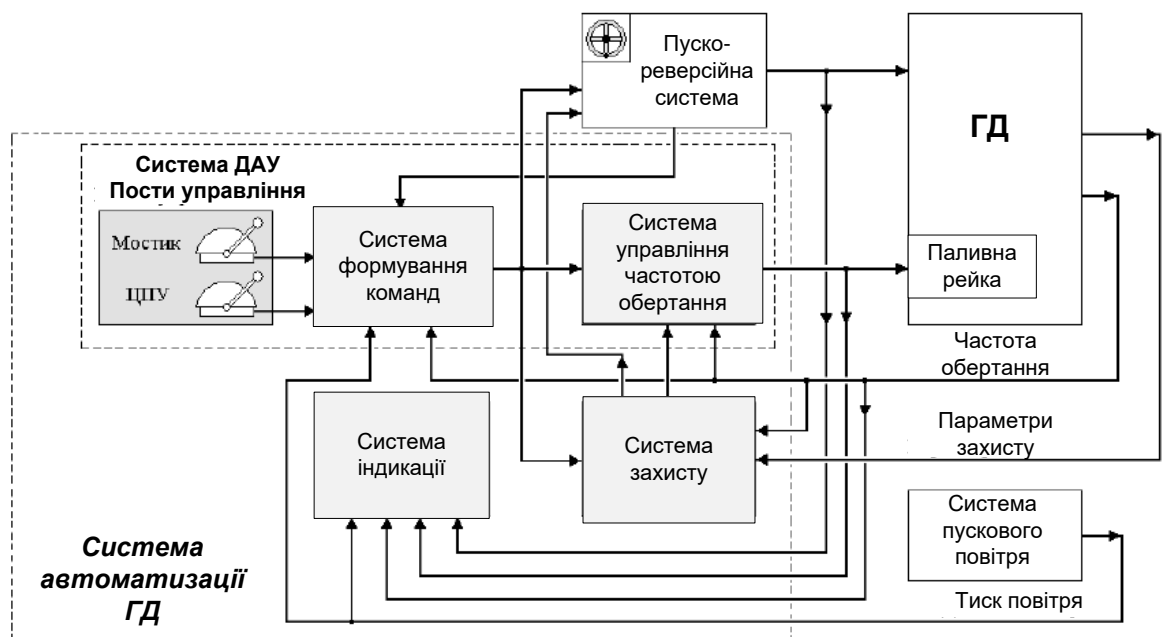


Рисунок 2 – Функціональна схема системи автоматизації головного двигуна

Система автоматизації ГД складається з трьох підсистем (рис. 3).

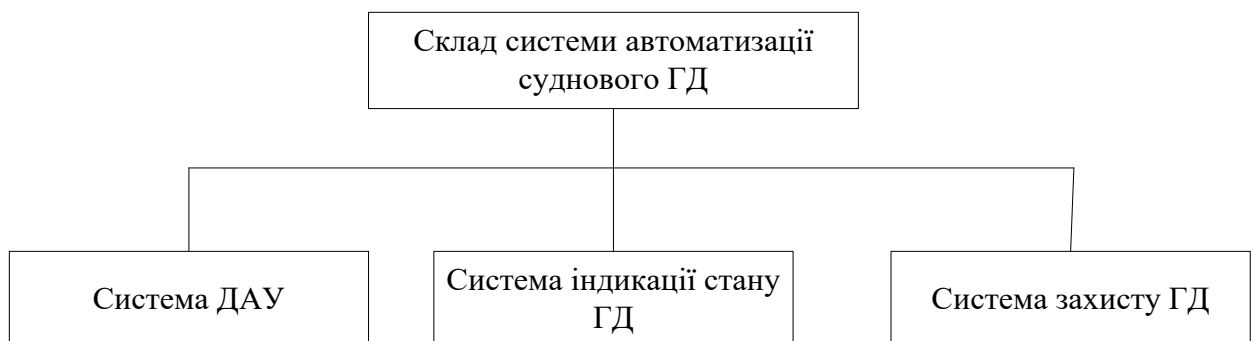


Рисунок 3 – Склад системи автоматизації ГД

Система ДАУ керує режимами роботи ГД та містить:

- маневрові пристрої на постах управління ГД та у рульовій рубці (на ходовому містку) та у центральному посту управління (ЦПУ) машинного відділення (пост аварійного управління ГД входить до складу ПРС);

- систему формування командних сигналів, які управляють двигуном;
- систему управління частотою обертання ГД, що впливає на систему подачі палива (паливну рейку).

Система захисту формує сигнали:

- аварійної зупинки дизеля;
- аварійного зниження частоти обертання колінчатого вала.

Для цього на систему захисту подаються сигнали:

- частоти обертання колінчатого вала;
- інші параметри ГД, за якими виконується захист;
- сигнали скидання захисту із системи формування команд.

Сигнал аварійної зупинки дизеля надходить до ПРС, яка припиняє подачу палива до ГД. Також цей сигнал йде в систему управління частотою обертання й встановлює паливну рейку в положення нульової подачі палива в ГД.

Сигнал аварійного зниження частоти обертання надходить у систему управління частотою обертання для установки заданої зниженої частоти обертання колінчатого вала ГД.

Система індикації ГД представляє оператору необхідну інформацію:

- про стан ГД;
- про проходження сигналів управління ГД;
- про стан елементів ПРС та інших елементів системи автоматизації ГД.

Дана інформація виробляється за входними сигналами:

- частоти обертання колінчатого вала ГД;
- тиску пускового повітря;
- положення паливної рейки;
- положення елементів ПРС.

II. Автоматизація суднових електростанцій

Для дизельних двигунів (ДД) – первинних дизелів генераторів (ДГ) – в основному передбачається дистанційне автоматизоване та автоматичне управління. При цьому основними цілями управління є пуск і зупинка при дистанційній подачі команд або при досягненні керованим параметром визначеного значення, а також регулювання (підтримка на заданому рівні) частоти обертання колінчатого вала.

Системи автоматизації допоміжних двигунів генераторів реалізуються в комплексі з автоматизацією суднової електро-енергетичної установки (ЕЕУ). Сучасні системи автоматичного управління ЕЕУ судна забезпечують захист, контроль та управління допоміжними генераторами.

Захист допоміжних генераторів здійснюється:

- від струмів короткого замикання;
- від перевантаження по струму та активній потужності;
- від зворотної потужності;
- за мінімальною напругою;
- за дев'ятикратною частотою.

Система автоматичного управління забезпечує:

- запуск резервного (резервних) ДГ при запасі потужності менш заданого значення або запиті на включення потужного споживача, наприклад, електродвигуна носового підрулюючого пристрою;

- зупинку ДГ при сумарному навантаженні менш заданого значення з попереднім розвантаженням і відключенням генераторних автоматів;
- блокування зупинки ДГ при низькому навантаженню;
- запуск резервного ДГ при несправності працюючого ДГ (низький тиск мастила, підвищена температура охолоджувальної рідини), розвантаження, відключення і зупинку несправного ДГ після підключення резерву;
- автоматичну синхронізацію ДГ;
- розподіл активних навантажень при паралельній роботі генераторів;
- підтримка частоти мережі в заданих межах;
- блокування пуску потужного споживача, якщо запас потужності недостатній при отриманні запиту на запуск потужного споживача;
- контроль параметрів електроенергетичної установки;
- автономну роботу будь-якого генератора на з'єднані секції шин;
- рівнобіжну роботу генераторів;
- відключення менш відповідальних споживачів при перевантаженні генераторів у двох ступенів;
- запуск аварійного дизель-генератора при зникненні напруги на шинах головного розподільного щита.

Ведучими світовими виробниками і розроблювачами в області автоматизації суднових електростанцій є фірми Selco A/S (модулі Tline, S6000, S6100, S6200, S6250, M2000, M2500), Deif A/S (контролери PPM3, PPM4), ABB (контролер Synpol D), Stuke Elektronik Gmb (контролер SYMAP).

На сучасних судах в основному застосовуються контролери PP3 фірми Deif. Такі системи знайшли застосування на судах проектів RSD44, RST25, RST54, 52, TG04, BLV2, PV300 та ін.

Типова схема реалізації системи автоматичного управління ЕЕУ судна наведена на рис. 4.

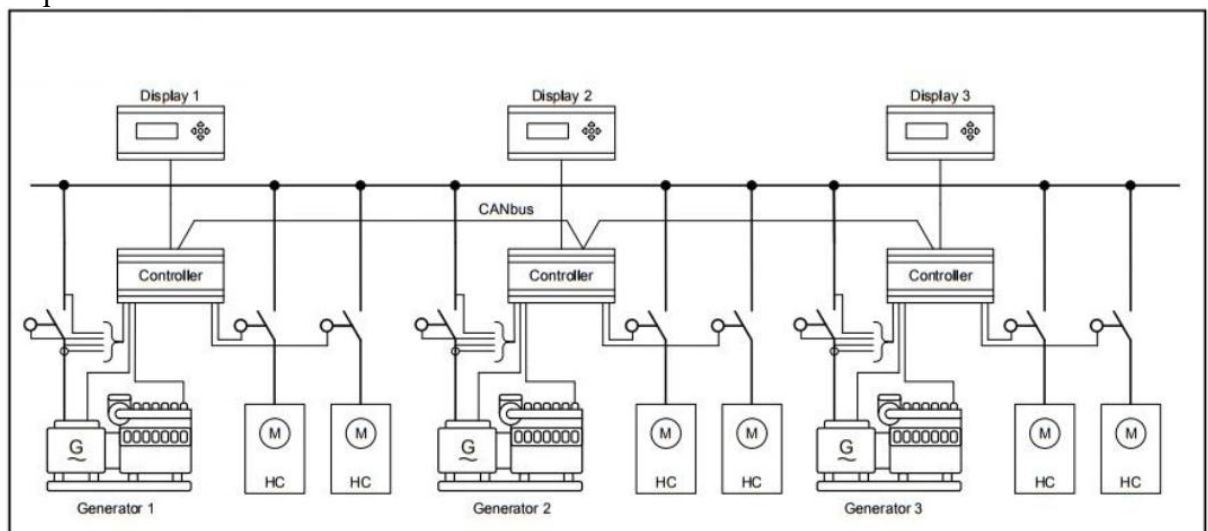


Рисунок 4 – Структурна схема автоматичного управління судною ЕЕУ

У наведеній схемі кількість генераторів може варіюватися.

Обмін інформацією між контролерами здійснюється по шині CANbus.

Системи автоматики суднової електростанції на сучасних судах, як правило, мають розподілену структуру, тобто кожен ДГ має окремий контролер.

Дане технічне рішення дозволяє підвищити надійність усієї системи, оскільки вихід з ладу одного або декількох контролерів дозволяє системі зберегти працездатний стан.

III. Автоматизація котлової установки.

Окремої уваги заслуговують моделі автоматизації котлової установки. Допоміжні автономні парові і водогрійні котли обладнуються автоматичними регуляторами, що підтримують рівень води в котлі та тиск пари/температури води. При досягненні мінімального рівня води в котлі здійснюється його підживлення з автоматичним включенням насоса води. Засоби автоматизації котлів здійснюють функції захисту при зупинці паливного насоса, загасанні факелу або відсутності процесів горіння палива. Автоматичне управління ведеться двохпозиційною системою регулювання.

Утилізатори теплоти відпрацьованих газів (ВГ) в основному обладнують електромеханічними засобами управління, які працюють також за принципом двохпозиційної системи регулювання. При мінімальній температурі води (тиску пари) вони встановлюють заслінку в положенні, при якій котел з'єднується з випускним колектором ГД, а при максимальній температурі (тиску) перемикає заслінку в положення, при якому котел відключається від випускного колектора ГД. Необхідно відзначити, що системам управління утилізаторів ВГ досить мало приділяється уваги як виробниками, так і проєктантами суднових засобів автоматизації.

VI. Комп'ютерні системи управління.

На сучасних судах усі частіше знаходять застосування комп'ютерні системи контролю та управління судновими технічними засобами. Світовим лідером з виробництва таких систем є фірма Kongsberg, що пропонує багатофункціональну систему для управління технологічними процесами на судах (управління електроживленням, електродвигунами, насосами, клапанами, баластом, паливними і вантажними системами і т. д.). Система може обробляти до 20 000 точок введення/виведення. Через велику кількість оброблюваних даних, а також різних системних функцій, система реалізована на базі ієрархічної архітектури з модульною структурою.

Основна ідея – це поділ системи на кілька сегментів процесу. У сегменті процесу поєднують визначені функції підсистеми. Обмін даними в межах кожного сегмента процесу базується на локальній системі зв'язку (локальна шина процесу). Глобальна шина процесу з'єднує різні сегменти процесу зі з'єднаною станцією оператора. Підсистеми з'єднуються з глобальною шиною через так звані "контролери сегментів процесу" (PSC). PSC забезпечують функції мостів між підсистемою та глобальною шиною. Обидва типи систем зв'язки реалізовані як надлишкові мережі на базі CANopen. Розподілені модулі обробки (DPU) виконують процеси фізичного сполучення та віддаленої обробки, такі як моніторинг і управління підсистемою. Основне призначення LOS-пристроїв (локальна станція оператора) виражається у представленні локального доступу до інтелектуальних DPU для перевірки змінних процесу, локальних операцій або обладнання, моделювання вхідних/вихідних сигналів, налаштування параметрів і контролю внутрішньої діагностики.

Висновки. Оснащення суден сучасними системами управління, що об'єднують досягнення кібернетики, інформатики та елементи штучного інтелекту, дозволяє реалізувати принципово нові як схемні, так і алгоритмічні рішення при розробці систем управління сукупностями об'єктів.

Іншими словами, дослідження в області створення алгоритмів інтелектуального управління можуть розвиватися тільки на стику сучасної теорії управління і штучного інтелекту.

Комплексна автоматизація суден дозволяє підвищити технічну безпеку плавання та скоротити чисельність екіпажа. Вона також сприяє збільшенню ресурсу суднових

технічних засобів; економії палива, завдяки вибору раціональних режимів роботи; скороченню шляху в результаті точності витримування курсу при плаванні; підвищенню надійності механізмів. Завдання комплексної автоматизації містить раціональний розподіл функцій управління та контролю між людиною-оператором та засобами автоматики

ЛІТЕРАТУРА

1. Безюков О.К. Энергосбережение: энергетическая эффективность водного транспорта: Монография. СПб.: Изд-во ГУМРФ им. адм. С.О. Макарова. 2016. 283 с.
2. Безюков О.К. Динамика потребления энергетических ресурсов и повышение эффективности их использования. Справочник. *Инженерный журнал с приложением*. 2015. №1. С. 41-48.
3. Вагущенко Л.Л. Системы автоматического управления движением судна. 3-е изд., перераб. и доп. Одесса: Феникс, 2007. 328 с.
4. Вагущенко Л.Л. Бортовые автоматизированные системы контроля мореходности. Одесса: Феникс, 2005. 272 с.
5. Вагущенко Л.Л. Интегрированные системы ходового мостика. Одесса: Латстар, 2003. 169 с.
6. Сахаров В.В. Модели и алгоритмы оптимизации технологических процессов на объектах водного транспорта в среде MATLAB: монография. СПб.: ГУМРФ им. С.О. Макарова, 2015. 436 с.
7. Рудницкий А.В. Стохастические модели оценки эксплуатационной готовности в системе управления технической эксплуатацией группы судов. *Вестник ВГАВТ*, 2016. № 49 С. 61-68.
8. Ищенко А.С. Интеллектуальная поддержка принятия решения в задаче контроля и управления работой главного судового двигателя. *Вестник Волжской государственной академии водного транспорта*. 2005. № 14. С. 49-54.
9. Gupta, M.M. Intelligent control systems: theory and applications / ed. by M.M. Gupta, N.K. Sinha. New York: IEEE, 1996. 820 p.
10. Sutton, R.S. Reinforcement Learning: An Introduction. *The MIT Press*, 2008. 322 p.

REFERENCES

1. Beziukov O.K. (2016) Enerhosberezhnye: enerhetycheskaia effektivnost vodnoho transporta: Monohrafiya [Energy saving: energy efficiency of water transport]. SPb.: Yzd-vo HUMRF ym. adm. S.O. Makarova. [in Russian]
2. Beziukov O.K. (2015) Dynamika potrebleniya enerhetycheskykh resursov y povysheniye effektivnosti ykh yspolzovaniya [Dynamics of consumption of energy resources and increasing the efficiency of their use]. Spravochnyk. *Ynzhenernyi zhurnal s prylozheniyem*. №1. [in Russian]
3. Vahushchenko L.L. (2007) Systemy avtomatycheskoho upravleniya dvyzheniyem sudna [Systems of automatic control of ship movement]. 3-e yzd., pererab. y dop. Odessa: Fenyks. [in Russian]
4. Vahushchenko L.L. (2005) Bortovye avtomatyzirovannyye systemy kontrolya morekhodnosti [Onboard automated seaworthiness control systems]. Odessa: Fenyks. [in Russian]
5. Vahushchenko L.L. (2003) Yntehrirovannyye systemy khodovoho mostyka [Integrated bridge systems]. Odessa: Latstar. [in Russian]

6. Sakharov V.V. (2015) Modely y alhorytmy optymizatsyy tekhnolohycheskykh protsessov na ob'yekтах vodnoho transporta v srede MATLAB: monohrafiya [Models and algorithms for optimization of technological processes at water transport facilities in the MATLAB environment]. SPb.: HUMRF ym. S.O. Makarova. [in Russian]
7. Rudnytskyi A.V. (2016) Stokhastycheskiye modely otsenky ekspluatatsyonnoi hotovnosti v systeme upravleniya tekhnicheskoi ekspluatatsyei hruppy sudov [Stochastic models for assessing operational readiness in the control system for the technical operation of a group of ships]. *Vestnyk VHAVT*. № 49. [in Russian]
8. Yshchenko A.S. (2005) Yntellektualnaia podderzhka pryniatiya resheniya v zadache kontrolya y upravleniya rabotoi glavnoho sudovoho dvyhatelia [Intellectual support for decision-making in the task of monitoring and controlling the operation of the main ship engine]. *Vestnyk Volzhskoi gosudarstvennoi akademyy vodnoho transporta*. № 14. [in Russian]
9. Gupta, M.M. (1996) Intelligent control systems: theory and applications / ed. by M.M. Gupta, N.K. Sinha. New York: IEEE. 820 p.
10. Sutton, R.S. (2008) Reinforcement Learning: An Introduction. *The MIT Press*. 322 p.

Daki O.A., Kolesnyk V.V., Dorofieieva Z.Ia., Tryshyn V.V., Yakusevych Yu.H.

MODELS OF AUTOMATION OF VESSEL ELEMENTS

This article considers models of automation of ship elements. It is noted that the modern ship is a more complex object in the management of which increases the complexity of the elements and tasks, which leads to the need to automate the entire ship. As one person (as well as the watch as a whole) is not able to effectively manage all technological processes on the ship, to control all parameters of engines, ship systems, auxiliary systems. In this case, the use of modern information technology is relevant. The paper notes that the complex automation of ships allows to increase the technical safety of navigation and reduce the number of crew. It also helps to increase the resource of ship's technical means; fuel economy due to the choice of rational operating modes; shortening the path as a result of the accuracy of the course when swimming; increasing the reliability of mechanisms. The task of complex automation contains a rational distribution of control and monitoring functions between the human operator and the means of automation.

So, for example, systems of automation of auxiliary engines of generators are realized in a complex with automation of ship electric power installation (EEU). Modern ship's automatic control systems provide protection, control and management of auxiliary generators. Boiler installation automation models deserve special attention. Boiler automation functions perform protection functions when the fuel pump is stopped, the torch is extinguished or there are no fuel combustion processes. Automatic control is conducted by a two-position control system.

Thus, comprehensive automation of ships allows to increase the technical safety of navigation and reduce the number of crew. It also helps to increase the life of marine equipment; fuel economy, due to the choice of rational modes of operation; shortening the path as a result of the accuracy of the course when swimming; increasing the reliability of mechanisms. The task of complex automation contains a rational distribution of control and monitoring functions between the human operator and the means of automation.

Key words: automation, informatization, control of technological processes. ship power plant.