

## РЕФЕРАТЫ

УДК 656.61.052

Вагушенко Л.Л., Козаченко А.Ю., Станкевич К.Я. Способ определения двух шаговых маневров расхождения с учетом МППСС-72 // Автоматизация судовых технических средств: науч. -техн. сб. – 2019. – Вып. 25. – Одесса: НУ "ОМА". – С. 5 – 16.

Предлагается способ выбора комбинированных Z-маневров в режиме диалога с бортовой системой предупреждения столкновений. При его разработке у «целей» образовывались домены опасности в виде круга, центр которого находится впереди по линии диаметральной плоскости от центра массы «цели». Это позволило учесть повышенную опасность пересечения ее курса по носу, используя простой по форме домен. Радиус домена определялся в зависимости от допустимой при расхождении в данных условиях плавания дистанции по водной поверхности между ближайшими друг к другу точками двух судов, размеров этих судов, погрешности определения расстояния кратчайшего сближения. Требования МППСС-72 при выборе маневров расхождения учитывались путем увеличения радиуса домена самой опасной «цели» для вариантов маневров, которые согласно МППСС-72 следует избегать, но которые в сложных ситуациях могут оказаться эффективнее действий, предлагаемых этими правилами.

Перед поиском маневра задаются границы его параметров: поворотов влево и вправо, изменений скорости, отхода влево и вправо от маршрута, интервала инициации. Нахождение маневра основывалось на выделении областей допустимых значений его параметров по отношению ко всем «целям». Алгоритм такого нахождения включает выделение оператором опорных параметров маневра и операции, выполняемые системой (присвоение опорным параметрам значений по умолчанию, получение областей допустимых значений расчетных параметров маневра и их рациональных значений, вычисление потерь ходового времени, отображение полученных результатов). Инерционность собственного судна учитывалась с помощью упрощенной разностной модели его динамики. Для возможности коррекции рассчитанных системой маневров предложено использовать диаграммы допустимых значений расчетных параметров. Они могут отображаться на периферии экрана, с их помощью оператор просто может выбрать подходящий вариант маневра.

Представлена методика выбора комбинированного Z-маневра с заданным началом и величиной изменения скорости. Основной составной частью этой задачи является получение множества опасных значений отхода от маршрута при назначенном угле отклонения от курса. Корректность этой методики была проверена путем моделирования расхождения в различных ситуациях сближения судов. Результаты одного из таких примеров приводятся в статье. Предложенный способ выбора комбинированных Z-маневров в режиме диалога оператора с системой позволяет в ситуации с несколькими судами обеспечить простоту выбора их эффективного варианта с получением информации о дистанции отхода от линии пути, что важно в стесненных водах, представляет зоны всех допустимых вариантов маневра, не загромождает этими

зонами контролируемой при судовождении область впереди собственного судна. Этот способ может быть использован в бортовых системах предупреждения столкновений.

Вагущенко Л.Л., Козаченко О.Ю., Станкевич К.Я. Спосіб визначення двохкрокових маневрів розходження з урахуванням МППСС-72 // Автоматизація судових технічних засобів: наук. -техн. зб. – 2019. – Вип. 25. – Одеса: НУ "ОМА". – С. 5 – 16.

Пропонується спосіб вибору комбінованих Z-маневрів в режимі діалогу з бортовою системою попередження зіткнень. При його розробці у «цілєй» утворювалися домени небезпеки у вигляді кола, центр якого знаходиться попереду по лінії діаметральної площини від центру маси «цілі». Це дозволило врахувати підвищену небезпеку перетину її курсу по носі, використовуючи простий за формою домен. Радіус домену визначався в залежності від допустимої при розходженні в даних умовах плавання дистанції по водній поверхні між найближчими друг до друга точками двох суден, розмірів цих суден, похибки визначення відстані найкоротшого зближення. Вимоги МППСС-72 при виборі маневрів розходження враховувалися шляхом збільшення радіусу домену найнебезпечнішої «цілі» для варіантів маневрів, які згідно з МППСС-72 слід уникати, але які в складних ситуаціях можуть виявитися ефективніше дій, що пропонуються цими правилами.

Перед пошуком маневру задаються межі його параметрів: поворотів вліво і вправо, змін швидкості, відходу вліво і вправо від маршруту, інтервалу ініціації. Знаходження маневру ґрунтувалося на виділення областей допустимих значень його параметрів по відношенню до всіх «цілєй». Алгоритм такого знаходження включає виділення оператором опорних параметрів маневру і операції, що виконуються системою (привласнення опорним параметрам значень за замовчуванням, отримання областей допустимих значень розрахункових параметрів маневру і їх раціональних значень, обчислення втрат ходового часу, відображення отриманих результатів). Інерційність власного судна враховувалася за допомогою спрощеної різностной моделі його динаміки. Для можливості корекції отриманих системою маневрів запропоновано використовувати діаграми допустимих значень розрахункових параметрів. Вони можуть відображатися на периферії екрану, з їх допомогою оператор просто може вибрати підходящий варіант маневру.

Представлена методика вибору комбінованого Z-маневру з заданим початком і величиною зміни швидкості. Основною складовою частиною цього завдання є отримання множини небезпечних значень відходу від маршруту при призначеному куті відхилення від курсу. Коректність цієї методики була перевірена шляхом моделювання розходження суден у різних ситуаціях. Результати одного з таких прикладів наводяться в статті. Запропонований спосіб вибору комбінованих Z-маневрів в режимі діалогу оператора з системою дозволяє: в ситуації з декількома суднами забезпечити простоту вибору їх ефективного варіанту з отриманням інформації про дистанції відходу від лінії шляху, що важливо в обмежених водах; надає зони всіх допустимих варіантів маневру; не захаращує цими зонами на екрані контрольовану при

судноводінні область попереду власного судна. Цей спосіб може бути використаний в бортових системах попередження зіткнень.

Vagushchenko Leonid, Kozachenko Alexander, Stankevich Konstantin Method for determining two step evasive maneuvers taking into account COLREG // Automation of ship technical facilities. – 2019. – Vol. 25. – P. 5 – 16.

The method of facilitation of the selection of combined Z-maneuvers in dialogue mode with the onboard collision avoidance system is offered. During its development circular domains of danger were formed around the targets. The center of the domain is shifted from the mass center of the target along the line of the diametrical plane in the direction of the bow. This made it possible to take into account the increased risk of crossing ahead of the target using a simple form of the domain. The radius of the domain was determined depending on the allowed distance on the water surface between two vessels in the given conditions of navigation, the sizes of these vessels, and the error in determining the distance at the closest point of approach. Requirements of COLREG when choosing evasive maneuvers were taken into account by increasing the radius of the domain of the most dangerous target for maneuvers, which according to COLREG should be avoided, but which in difficult situations can be more effective than the actions prescribed by these rules.

Before the maneuver searching the limits of its parameters (turns to port and to starboard, changes in speed, departure to the left and right of the route, the interval of initiation) are set. The finding of the maneuver was based on the selection of the areas of permissible values of its parameters in relation to all targets. The algorithm for such finding includes the assignment of the reference parameters of the maneuver by the operator and operations that performed by the system (assigning default values to the reference parameters, obtaining areas of allowable values for the calculated parameters of the maneuver and their rational values, calculating sailing time losses, displaying the results). The inertia of the own ship was taken into account using a simplified difference model of her dynamic. To correct the maneuvers recommended by the system it is proposed to use diagram of allowable values of the calculated parameters. It can be displayed on the periphery of the screen. The operator can simply choose the appropriate version of the maneuver with help of this diagram.

A technique for selecting a combined Z-maneuver with a given start point and magnitude of speed change is presented. The main component of this task is to obtain a set of dangerous values of departure from the route at a designated course deviation. The correctness of this technique was verified by simulating collision avoidance processes in various situations. The results of one of such examples are given in the article. The proposed method provides the ease of determining the combined Z-maneuvers in the dialogue mode of the operator with the system in situations with several ships, provides all acceptable options of that maneuver and the distance of departure from the track line, which is important in confined waters. This method can be used in onboard collision avoidance systems.

Ключевые слова: предупреждение столкновений; домены опасности; комбинированный Z-маневр; МППСС-72; алгоритм поиска; диаграмма для выбора маневра.

Ключові слова: попередження зіткнень; домени небезпеки; комбінований Z-маневр; МППСС-72; алгоритм пошуку; діаграма для вибору маневру.

Keywords: collision avoidance; domain of danger; combined Z-maneuver; COLREG; search algorithm; chart for choosing a maneuver.

Табл. 1. Ил. 8. Список лит.: 8 назв.

#### УДК 629.5.03

Горб С.И. Оптимизация главного двигателя на режиме экономического хода судна // Автоматизация судовых технических средств: науч. -техн. сб. – 2019. – Вып. 25. – Одесса: НУ "ОМА". – С. 17 – 34.

Пониженные скорости судов применяются с целью экономии топлива для прихода судов "точно в срок" и, если имеется избыток тоннажа. При длительной эксплуатации судов на экономических скоростях возникает проблема улучшения рабочих процессов главного дизеля за счёт изменения регулировочных параметров по сравнению с паспортными, которые оптимизированы для 80 ... 85 % номинальной мощности. Такое перерегулирование особенно актуально, если наблюдается рост температур газов из-за ухудшения подачи воздуха в цилиндры.

В связи с изложенным поставлена задача выявить регулировочные параметры, изменением которых наиболее эффективно улучшить воздухообеспечение цилиндров на частичных режимах.

В качестве объекта исследования выбран четырёхтактный главный двигатель YANMAR 8N330-EN теплохода "Senata" с номинальной частотой вращения 620 мин<sup>-1</sup> и с турбоагнетателем VTR354-11.

Исследование выполнено с использованием методики численного моделирования на режиме с частотой вращения 502 мин<sup>-1</sup>. Проанализировано влияние на показатели рабочих процессов:

- геометрической степени сжатия;
- угла опережения впрыска;
- угла открытия выпускных клапанов;
- угла закрытия впускных клапанов;
- проходного сечения соплового аппарата турбины;
- температуры наддувочного воздуха;
- подпора воздуха в машинном отделении;
- "тяжести" гребного винта.

По результатам исследования сделаны следующие выводы.

1. Для улучшения рабочих процессов дизеля на экономических скоростях судна можно рекомендовать:

- регулировку впускных клапанов на более раннее закрытие;
- применение более толстых прокладок под крышками цилиндров для уменьшения геометрической степени сжатия;
- небольшое уменьшение угла опережения впрыска топлива;
- организацию подпора воздуха в машинном отделении.

2. Кардинальное улучшение рабочих процессов дизеля на экономических ходах возможно за счёт "облегчения" гребного винта, что может быть достиг-

нута подрезкой и полировкой поверхности лопастей, а также изменением передаточного отношения редуктора.

Горб С.І. Оптимізація головного двигуна на режимі економічного ходу судна // Автоматизація суднових технічних засобів: наук. -техн. зб. – 2019. – Вип. 25. – Одеса: НУ "ОМА". – С. 17 – 34.

Знижені швидкості суден застосовуються з метою економії палива для приходу суден "точно в строк" і, якщо є надлишок тоннажу. При тривалій експлуатації суден на економічних швидкостях виникає проблема поліпшення робочих процесів головного дизеля за рахунок зміни параметрів, що регулюються, у порівнянні з паспортними, які оптимізовані для 80 ... 85 % номінальної потужності. Таке перегулювання особливе актуально, якщо спостерігається зростання температур газів через погіршення подачі повітря в циліндри.

У зв'язку з викладеним поставлене завдання виявити параметри, що регулюються, зміною яких найбільше ефективно поліпшити повітропостачання циліндрів на часткових режимах.

У якості об'єкта дослідження обраний чотиритактний головний двигун YANMAR 8N330-EN теплохода "Senata" з номінальною частотою обертання 620 хв<sup>-1</sup> і з турбоагнітачем VTR354-11.

Дослідження виконане з використанням методики чисельного моделювання на режимі із частотою обертання 502 хв<sup>-1</sup>. Проаналізований вплив на показники робочих процесів:

- геометричного ступеня стиску;
- кута випередження упорскування;
- кута відкриття впускних клапанів;
- кута закриття впускних клапанів;
- прохідного перетину соплового апарата турбіни;
- температури наддувального повітря;
- підпору повітря в машинному відділенні;
- "ваги" гребного гвинта.

За результатами дослідження зроблені наступні висновки.

1. Для поліпшення робочих процесів дизеля на економічних швидкостях судна можна рекомендувати:

- регулювання впускних клапанів на більш раннє закриття;
- застосування більш товстих прокладок під кришками циліндрів для зменшення геометричного ступеня стиску;
- невелике зменшення кута випередження упорскування палива;
- організацію підпору повітря в машинному відділенні.

2. Кардинальне поліпшення робочих процесів дизеля на економічних ходах можливо за рахунок "полегшення" гребного гвинта, що може бути досягнуте підрізанням і поліруванням поверхні лопат, а також зміною передатного відношення редуктора.

Gorb S.I. Optimization of the main engine on the vessel economy speed // Automation of ship technical facilities. – 2019. – Vol. 25. – P. 17 – 34.

Reduced vessel speeds are used to save fuel for the arrival of vessels "just in

time" and in cases of tonnage excess. After long-term operation of vessels at economic speeds, the problem of improving the working processes of the main engine can arise due to changes in the adjustment parameters in comparison with the trial parameters, which are optimized for 80 ... 85% of the rated power. These changes are especially important in case of growing gas temperatures due to lack of the air supply to the cylinders.

In view of the foregoing, we assigned the task to identify the adjusting parameters, the changes in which will be the most effective way to improve the cylinder air supply on special modes.

The four-stroke YANMAR 8N330-EN main engine of the m/v "Senata" with a nominal rotational speed of  $620 \text{ min}^{-1}$  and a VTR354-11 turbocharger was chosen as the object of research.

The research was performed using the numerical simulation technique in the mode with a rotation frequency of  $502 \text{ min}^{-1}$ . Analyzed the influence on the following data:

- geometric compression ratio;
- injection advance angle;
- opening angle of exhaust valves;
- closing angle of the intake valves;
- the flow area of the nozzle apparatus of the turbine;
- charge air temperature;
- excess air pressure in the engine room;
- "gravity" of the propeller.

According to the results of the research, the following conclusions had been done.

1. To improve the working processes of a diesel engine at economical speeds of a vessel, we can recommend:

- adjustment of inlet valves for earlier closing;
- usage of the thicker gaskets under the cylinder heads to reduce the geometric compression ratio;
- a slight decrease in fuel injection advance angle;
- setup of excess air pressure in the engine room.

2. The best improvement in the working processes of a diesel engine on economical speeds can be done with the change of the propeller shape, that can be achieved by cutting and polishing of the surface of the blades, as well as by changing of the gearbox gear ratio.

Ключевые слова: пониженные скорости судов; главный двигатель; температуры газов; воздухообеспечение цилиндров; впускные клапаны; степень сжатия; облегчение гребного винта.

Ключові слова: знижені швидкості суден; головний двигун; температури газів; повітропостачання циліндрів; впускні клапани; ступень стиску; полегшення гребного гвинта.

Keywords: reduced vessel speed; main engine; gas temperatures; celinder air supply; inlet valves; compression ratio; propeller shape.

Табл. 9. Ил. 1. Список лит.: 8 назв.

УДК 621.431.74

Горб С.И., Сандлер А.К., Будуров Н.И. Повышение эффективности работы главного двигателя корректировкой упора гребного винта // Автоматизация судовых технических средств: науч. -техн. сб. – 2019. – Вып. 25. – Одесса: НУ "ОМА". – С. 35 – 52.

Суда с винтами фиксированного шага эксплуатируются в широком диапазоне упора гребного винта, который зависит от загрузки судна, обрастания корпуса, ветро-волновых условий плавания, течений и влияния мелководья. Чтобы предотвратить перегрузки главного двигателя при "тяжёлом" винте, уменьшают частоту вращения винта. Однако при этом уменьшается подача воздуха турбокомпрессором и растут температуры газов в начале выпуска. Чтобы не допустить перегрев выпускных клапанов приходится существенно уменьшать частоту вращения главного двигателя, то есть существенно "жертвовать" скоростью движения судна.

В результате исследования режимов работы малооборотного двухтактного главного дизеля с изобарным наддувом показано, что при "тяжёлом" винте за счёт регулировки параметров дизеля можно добиться только небольшого улучшения эффективности его работы:

изменение геометрической степени сжатия не приводит к существенному изменению рабочих процессов;

перерегулирование угла опережения впрыска не позволяет устранить проблему повышенных температур газов и не даёт экономии топлива, сравнимой с экономией от использования экономической скорости судна;

при более раннем выпуске видна тенденция повышения температуры газов перед турбиной; при более позднем выпуске температура газов перед турбиной несколько уменьшается одновременно с небольшим уменьшением суммарного индикаторного КПД;

за счёт более раннего начала сжатия воздуха в цилиндре можно немного исправить недостатки рабочего процесса и увеличить мощность дизеля на 5,6 %;

при уменьшении проходного сечения соплового аппарата турбины температура в цилиндре в момент начала выпуска уменьшается незначительно, а температура газов перед турбиной увеличивается, что не позволяет признать корректировку проходного сечения эффективным способом улучшения рабочих процессов;

на частичных ходовых режимах судна целесообразно стремиться к максимальному охлаждению воздуха наддува, так как уменьшение температуры воздуха в рабочем диапазоне на 5 К приводит к уменьшению температуры газов перед турбиной на 4 ... 9 К и уменьшению температуры в цилиндре в момент начала выпуска на 20 ... 22 К;

за счёт создания подпора воздуха в машинном отделении можно уменьшить температуру газов перед турбиной до 10 К.

Однако, если "облегчить" гребной винт, например, на 3 %, то мощность двигателя можно повысить на 7 % при условии не превышения температуры в цилиндре в момент начала выпуска. При этом температуры газов на линии

расширения уменьшаться, а средняя температура газов перед турбиной повысится в допустимых пределах.

Для корректировки упора гребного винта предложена система управления, которая в случае "утяжеления" винта подаёт воздух или газы на всасывающую поверхность винта, что приводит к уменьшению упора и соответственно момента сопротивления винта.

Система содержит датчик частоты вращения гребного винта и датчик хода рейки топливных насосов главного двигателя. Сигнал от датчика частоты вращения поступает в функциональный преобразователь, который для каждого значения частоты вращения вырабатывает желательное значение нагрузки двигателя, то есть фактически воспроизводит паспортную винтовую характеристику. Если сигнал от датчика хода рейки (фактической нагрузки) превысит сигнал функционального преобразователя, система открывает клапан, который регулирует подачу воздуха или газов к гребному винту. Момент сопротивления винта уменьшится и регулятор частоты вращения главного двигателя начнёт уменьшать ход рейки топливных насосов до тех пор, пока сигналы хода рейки и функционального преобразователя не станут равными, что прекратит увеличение открытия клапана, регулирующего подачу воздуха (газов) к гребному винту.

Применение предложенной системы обеспечивает улучшение рабочих процессов дизеля на ходовых режимах судна. Это позволяет эксплуатировать суда с винтами фиксированного шага с большими скоростями при их движении в грузу и при повышенном сопротивлении движению корпуса судна.

Горб С.І., Сандлер А.К., Будуров М.І. // Автоматизація суднових технічних засобів: наук. -техн. зб. – 2019. – Вип. 25. – Одеса: НУ "ОМА". – С. 35 – 52

Судна з гвинтами, крок яких фіксований, експлуатуються в широкому діапазоні упору гребного гвинту, який залежить від їх завантаження, обростання корпусу, вітро-хвильових умов плавання, течій і впливу мілководдя. Щоб запобігти перевантаженню головного двигуна при "важкому" гвинті, зменшують частоту його обертання. Однак при цьому зменшується подача повітря турбокомпресором і ростуть температури газів на початку випуску. Щоб не допустити перегріву випускних клапанів доводиться істотно зменшувати частоту обертання головного двигуна, тобто "жертвувати" швидкістю руху судна.

У результаті дослідження режимів роботи малооборотного двухтактного головного дизеля з ізобарним наддуванням показано, що при "важкому" гвинті за рахунок регулювання параметрів дизеля можна домогтися тільки невеликого поліпшення ефективності його роботи:

зміна геометричної ступеня стиснення не приводить до істотної зміни робочих процесів;

перерегулювання кута випередження впорскування не дозволяє усунути проблему підвищених температур газів і не дає економії палива, порівнянної з економією від використання економічної швидкості судна;

при більш ранньому випуску помітна тенденція підвищення температури газів перед турбіною; при більш пізньому випуску температура газів перед турбіною декілька зменшується одночасно з невеликим зменшенням сумарного індикаторного ККД;

за рахунок більш раннього початку стиснення повітря в циліндрі можна трохи виправити недоліки робочого процесу і збільшити потужність дизеля на 5,6 %;

при зменшенні прохідного перетину соплового апарату турбіни температура в циліндрі в момент початку випуску зменшується незначно, а температура газів перед турбіною збільшується, що не дозволяє визнати коригування прохідного перетину ефективним способом поліпшення робочих процесів;

на часткових ходових режимах судна доцільно прагнути до максимального охолодження повітря наддування, тому що зменшення температури повітря в робочому діапазоні на 5 К призводить до зменшення температури газів перед турбіною на 4 ... 9 К і зменшення температури в циліндрі в момент початку випуску на 20 ... 22 К;

за рахунок створення підпору повітря в машинному відділенні можна зменшити температуру газів перед турбіною до 10 К.

Однак, якщо "полегшити" гребний гвинт, наприклад, на 3 %, то потужність двигуна можна підвищити на 7 % за умови не перевищення температури в циліндрі в момент початку випуску. При цьому температури газів на лінії розширення зменшуються, а середня температура газів перед турбіною підвищиться в допустимих границях.

Для коригування упору гребного гвинту запропонована система управління, яка у разі "обваження" гвинту подає повітря або гази на всмоктувальну поверхню, що призводить до зменшення упору і відповідно моменту опору гвинту.

Система містить датчик частоти обертання гребного гвинту і датчик ходу рейки паливних насосів головного двигуна. Сигнал від датчика частоти обертання надходить до функціонального перетворювача, який для кожного значення частоти обертання виробляє бажане значення навантаження двигуна, тобто фактично відтворює паспортну гвинтову характеристику. Якщо сигнал від датчика ходу рейки (фактичного навантаження) перевищить сигнал функціонального перетворювача, система відкриває клапан, який регулює подачу повітря або газів до гребного гвинта. Момент опору гвинту зменшиться і регулятор частоти обертання головного двигуна почне зменшувати хід рейки паливних насосів до тих пір, поки сигнали ходу рейки і функціонального перетворювача не стануть рівними, що припинить збільшення відкриття клапана, який регулює подачу повітря (газів) до гребного гвинта.

Застосування запропонованої системи забезпечує поліпшення робочих процесів дизеля на ходових режимах судна. Це дозволяє експлуатувати судна з гвинтами, крок яких фіксований, з більшими швидкостями у завантаженому стані і під час підвищеного опору руху корпусу судна.

Gorb Sergii, Sandler Albert, Budurov Mykola Increasing of the main engine efficiency by propeller thrust correction // Automation of ship technical facilities. – 2019. – Vol. 25. – P. 35 – 52.

Vessels with fixed-pitch propellers are operated in a wide range of propeller thrust, which depends on the loading of the vessel, hull fouling, wind-wave sailing conditions, currents and the influence of shallow water. To prevent overload of the main engine with a "heavy" propeller it needs to reduce the speed of propeller. However, this reduces the air supply of the turbocharger and increases the temperature of the gases at the beginning of exhaust process. In order to prevent overheating of the exhaust valves, it is necessary to reduce the speed of the main engine considerably, that is, to substantially "sacrifice" the speed of the vessel.

The result of research of the operating modes of low-speed two-stroke main diesel engine with isobaric supercharging is demonstrated that with a "heavy" propeller, by tuning the diesel parameters, only a slight improvement in its efficiency can be achieved:

- a change in the geometric degree of compression does not lead to a essential change in the operating processes;

- retuning of injection timing does not allow to eliminate the problem of elevated gas temperatures and does not give fuel savings comparable to the savings from using the economical speed of the vessel;

- with earlier gas releasing there is a tendency of increasing the temperature of the gases before the turbine; with later releasing the temperature of the gases before turbine decreases simultaneously with a slight decreasing of total indicator efficiency;

- due to the earlier air compression in the cylinder, it is possible to slightly correct the weak points of the operating process and increase the diesel power by 5,6 %;

- with a bore decreasing of the turbocharger nozzle ring the temperature in the cylinder at the beginning of exhaust process decreases slightly, and the temperature of the gases before turbine increases, which does not allow to recognize the correction of the bore as an effective way to improve operating processes;

- on partial vessel operating modes it is advisable to strive for maximum cooling of the charging air, since a decrease in air temperature in the operating range by 5 K leads to a decrease in gas temperature before turbine by 4 ... 9 K and a decrease in temperature in the cylinder at the beginning of exhaust process by 20 ... 22 K;

- by creating air back-up in the engine room, the temperature of the gases before turbine can be reduced up to 10 K.

However, if the propeller would be "lighter", for example, by 3 %, then engine power can be increased by 7 % provided that the temperature in the cylinder is not exceeded at the beginning of exhaust process. In this case, the gas temperatures on the expansion line decrease, and the average gas temperature before turbine rises within the permissible limits.

The proposed control system for thrust correction of the propeller which in the case of a "heavier" propeller delivers air or gases to the suction surface of the propeller and thus leads to decrease of thrust as well as the resistance moment of the propeller.

The system comprises a propeller speed sensor and a fuel rail sensor of the main engine fuel pumps. The signal from the speed sensor enters a functional converter, which for each value of the speed generates the desired value of the engine load. Moreover, it actually reproduces the passport propeller characteristic. If the signal from the fuel rail sensor (actual load) exceeds the signal of the functional converter, the system opens a valve that regulates the flow of air or gases to the propeller. The moment of propeller resistance will decrease and the governor of the main engine will reduce the fuel supply to fuel pumps until the signals of the fuel rail and the functional converter become equal, which will stop the opening of the flow regulating valve of air (gases) to the propeller.

The application of the proposed system provides an improvement in the operating processes of a diesel engine on the vessel operating modes. This makes it possible to operate vessels with fixed-pitch propellers with higher speeds during their movement in the load conditions and with increased resistance to the movement of the vessel's hull.

Ключевые слова: главный дизель; рабочий процесс; температура газов; перегрузка дизеля; газотурбинный наддув; тяжёлый винт; корректировка упора гребного винта; подача воздуха к гребному винту.

Ключові слова: головний дизель; робочий процес; температура газів; перевантаження дизеля; газотурбінне наддування; важкий гвинт; коригування упору гребного гвинту; подача повітря до гребного гвинту.

Keywords: main diesel engine; operating process; gas temperature; diesel overload; supercharging system; heavy propeller; correction of propeller thrust; air supply to the propeller.

Табл. 9. Ил. 1. Список лит.: 14 назв.

УДК 621:62.052.8

Михайленко В.С., Лажечников В.Ф. Усовершенствование системы управления рециркуляцией дымовых газов судового вспомогательного котла // Автоматизация судовых технических средств: науч. -техн. сб. – 2019. – Вып. 25. – Одесса: НУ "ОМА". – С. 53 – 62.

Проанализированы технологии снижения содержания оксидов азота в дымовых газах паровых котлов. Несмотря на большой объем выполненных исследований, работы большинства ученых направлены на снижение выбросов оксидов азота методами селективного каталитического и некаталитического восстановления оксидов азота. Указанные методы хотя и обеспечивают высокую степень очистки дымовых газов, но при этом связаны со значительными финансовыми затратами и основаны на использовании опасных химических реагентов. Также по данным ряда исследований скрубберы установлены на более чем на 1 % от общего числа судов, и отраслевые аналитики предсказывают, что к 2020 году их число вряд ли превысит 10 – 20 %. Поэтому проблема разработки и внедрения на судах новых, экономически относительно недорогих и экологически эффективных методов очистки отработавших газов су-

довых дизелей и котлов от оксидов азота и серы в связи со строгими требованиями МК МАРПОЛ о содержании вредных выбросов является актуальной.

Показано, что использование метода рециркуляции дымовых газов в воздухоподогревателе котла позволяет снизить содержание  $\text{NO}_x$  до 30 %. В виду ужесточения требований Приложения VI МК МАРПОЛ по снижению вредных выбросов в районах контроля, было предложено апробация технологии рециркуляции дымовых газов в судовых котлах. В виду специфики работы судовых агрегатов и наличия существенных нелинейностей, для оптимизации работы системы управления рециркуляции предложен нейросетевой регулятор. Для возможности моделирования предлагаемой нейросетевой САУ приведены дифференциальные уравнения описывающие протекание динамических процессов в газоходе и воздуховоде и рассчитаны их коэффициенты при нагрузке парового котла 25 % от номинальной. На основе экспериментальных данных работы судового котла Mitsubishi и полученных аналитических моделей проведено обучение нейросетевого регулятора для достижения минимально возможного содержания  $\text{NO}_x$ . Имитационное моделирование предлагаемой САУ продемонстрировало снижение  $\text{NO}_x$  на 14 % по сравнению с традиционной системой действующей на основе ПИД – алгоритма управления.

Михайленко В.С., Лажечников В.Ф. Удосконалення системи управління рециркуляцією димових газів суднового допоміжного котла // Автоматизація судових технічних засобів: наук. -техн. зб. – 2019. – Вип. 25. – Одеса: НУ "ОМА". – С. 53 – 62.

Проаналізовано технології зниження вмісту оксидів азоту в димових газах парових котлів. Незважаючи на великий обсяг виконаних досліджень, роботи більшості вчених спрямовані на зниження викидів оксидів азоту методами селективного каталітичного і некаталітичного відновлення оксидів азоту. Зазначені методи хоча і забезпечують високу ступінь очищення димових газів, але при цьому пов'язані зі значними фінансовими витратами і засновані на використанні небезпечних хімічних реагентів. Також за даними ряду досліджень скрубери встановлені на більш ніж на 1 % від загального числа судів, і галузеві аналітики пророкують, що до 2020 року їх число навряд чи перевищить 10 – 20%. Тому проблема розробки і впровадження на судах нових, економічно відносно недорогих та екологічно ефективних методів очищення відпрацьованих газів судових дизелів і котлів від оксидів азоту і сірки в зв'язку зі строгими вимогами МК МАРПОЛ про вміст шкідливих викидів є актуальною.

Показано, що використання методу рециркуляції димових газів в повітропроводі промислового котла дозволяє знизити вміст  $\text{NO}_x$  до 30 %. З причини посилення вимог Додатка VI МК МАРПОЛ щодо зниження шкідливих викидів в районах контролю, було запропоновано апробация технології рециркуляції димових газів в судових котлах. З причини специфіки роботи судових агрегатів та наявності істотних нелінійностей, для оптимізації роботи системи управління рециркуляції запропонований нейросетевой регулятор. Для можливості моделювання запропонованої нейросетевой САУ наведені диференціальні рівняння описують протікання динамічних процесів в газоході і повіт-

рядом і розраховані їх коефіцієнти при навантаженні парового котла 25 % від номінальної. На основі експериментальних даних роботи суднового котла Mitsubishi і отриманих аналітичних моделей проведено навчання нейромережевого регулятора для досягнення мінімально можливого змісту NOx. Імітаційне моделювання запропонованої САУ продемонструвало зниження NOx на 14 % в порівнянні з традиційною системою діючою на основі ПІД - алгоритму управління. Впровадження представленої системи на судах дозволить істотно знизити вміст шкідливих викидів в атмосферу.

Mikhailenko V.S., Lozhechnikov V.F. Improvement of the flue gas recirculation control system of the ship auxiliary boiler speed // Automation of ship technical facilities. – 2019. – Vol. 25. – P. 53 – 62.

The technologies for reducing the content of nitrogen oxides in the flue gases of steam boilers are analyzed. Despite the large amount of research, the work of most scientists is aimed at reducing emissions of nitrogen oxides by selective catalytic and non-catalytic reduction of nitrogen oxides. Although these methods provide a high degree of flue gas purification, they are associated with significant financial costs and are based on the use of hazardous chemicals. Also, according to a number of studies, scrubbers are installed on more than 1 % of the total number of vessels, and industry analysts predict that by 2020 their number is unlikely to exceed 10 – 20 %. Therefore, the problem of developing and introducing on ships new, economically relatively inexpensive and environmentally efficient methods for purifying the exhaust gases of marine diesel engines and boilers from nitrogen and sulfur oxides in connection with the strict requirements of MK MARPOL regarding the content of harmful emissions is relevant.

It is shown that the use of the method of recirculation of flue gases into the duct of an industrial boiler reduces the NOx content to 30 %. In view of toughening the requirements of MARPOL Annex VI MK on reducing harmful emissions in control areas, it was proposed to test the flue gas recirculation technology in ship boilers. In view of the specifics of the operation of ship aggregates and the presence of significant non-linearities, a neural network regulator is proposed to optimize the operation of the recirculation control system. To simulate the proposed neural network of self-propelled guns, differential equations are given that describe the flow of dynamic processes in the gas duct and duct and their coefficients are calculated at a steam boiler load of 25 % of the nominal. Based on the experimental data on the operation of the Mitsubishi marine boiler and the obtained analytical models, a neural network controller was trained to achieve the lowest possible NOx content. Simulation of the proposed self-propelled guns showed a 14 % reduction in NOx compared to the traditional system based on the PID control algorithm.

Ключевые слова: судовой котел; рециркуляция; оксиды азота; система управления; нейронная сеть.

Ключові слова: судновий котел; рециркуляція; оксиди азоту; система управління; нейронна мережа.

Keywords: marine boiler; recirculation; nitrogen oxides; control system; neural network.

Табл. 1. Ил. 5. Список лит.: 8 назв.

УДК 681.58

Михайлов С.А., Харченко Р.Ю. Повышение эффективности функционирования эргатических систем управления микроклиматом судовых помещений // Автоматизация судовых технических средств: науч. -техн. сб. – 2019. – Вып. 25. – Одесса: НУ "ОМА". – С. 63 – 71.

В работе рассмотрен альтернативный метод эксплуатации эргатических систем управления микроклиматическими параметрами судовых помещений с применением интеллектуальных систем в едином комплексе. Область применения подобных технологий имеет перспективы на судах, так как современное судно является сложным нелинейным объектом, на котором активно внедряются интегрированные системы, которые в комплексе решают задачи управления судовыми техническими средствами. Несмотря на большой интерес к этим технологиям и научные наработки в данной области в отношении судов, данное направление все еще остается слабо развитым и во многих сложных подсистемах судна управление осуществляется устаревшими методами, в большинстве не обеспечивая должного качества и надежности.

В архитектуру таких гибридных систем интегрированы, в зависимости от поставленной задачи, различные интеллектуальные модули – нейронные сети, генетические алгоритмы, нечеткие контроллеры, системы поддержки принятия решений (СППР), адаптивные системы и другие составляющие так называемого «искусственного интеллекта». Эти системы успешно реализуют опыт и знания экспертов, а также обладают способностью к самообучению.

Экспертные системы (ЭС), лежащие в основе СППР, имеют ряд недостатков, связанных с невозможностью учитывать опыт, знания и интуицию человека. В публикации предлагаются к применению в эргатической системе управления микроклиматом – нечеткие экспертные системы, которые имитируют рассуждения эксперта в виде словесных или лингвистических предположений, используя аппарат теории нечетких множеств. Показано, что в СППР многих судовых эргатических подсистем подобные технологии, основанные на нечеткой логике, достаточно актуальны и могут получить широкое распространение.

Предложена нечеткая экспертная интеллектуальная модель определения уровня комфортности для членов экипажа и пассажиров судна учитывающая индивидуальные особенности человека, что позволяет достичь высокого уровня самочувствия и снижения заболеваемости.

В результате исследований установлено, что применение интеллектуальных сетей позволило решить задачу оптимизации процессов воздухообмена. Имитационные эксперименты предложенных моделей продемонстрировали их эффективность по сравнению с традиционными в плане достижения лучших показателей качества процессов эксплуатации и наличием возможности учета знаний экспертов.

Михайлов С.А., Харченко Р.Ю. Підвищення ефективності функціонування ергатичних систем управління мікрокліматом судових приміщень // Автоматизація судових технічних засобів: наук. -техн. зб. – 2019. – Вип. 25. – Одеса: НУ "ОМА". – С. 63 – 71.

У роботі розглянуто альтернативний метод експлуатації ергатичних систем управління мікрокліматичними параметрами судових приміщень із застосуванням інтелектуальних систем в єдиному комплексі.

Область використання подібних технологій має перспективи на судах, тому як сучасне судно є складним нелінійним об'єктом, на якому активно впроваджуються інтегровані системи, які в комплексі вирішують завдання управління судовими технічними засобами. Незважаючи на великий інтерес до цих технологій і наукові напрацювання в даній області стосовно суден, даний напрямок все ще залишається слабо розвиненим, і в багатьох складних підсистемах судна управління здійснюється застарілими методами, в більшості не забезпечуючи належної якості та надійності.

В архітектуру таких гібридних систем інтегровані, в залежності від поставленого завдання, різні інтелектуальні модулі – нейронні мережі, генетичні алгоритми, нечіткі контролери, системи підтримки прийняття рішень (СППР), адаптивні системи та інші складові так званого «штучного інтелекту». Ці системи успішно реалізують досвід і знання експертів, а також мають здатність до самонавчання.

Експертні системи (ЕС), що лежать в основі СППР, мають ряд недоліків, пов'язаних з неможливістю враховувати досвід, знання і інтуїцію людини. У публікації пропонуються до застосування в ергатичній системі управління мікрокліматом – нечіткі експертні системи, які імітують міркування експерта у вигляді словесних або лінгвістичних припущень, що використовують апарат теорії нечітких множин. Показано, що в СППР багатьох судових ергатичних підсистем подібні технології, засновані на нечіткій логіці, достатньо актуальні і можуть отримати велике поширення.

Запропонована нечітка експертна інтелектуальна модель визначення рівня комфортності для членів екіпажу та пасажирів судна яка враховує індивідуальні особливості людини та дозволяє досягти високого рівня самопочуття і зниження захворюваності.

В результаті досліджень встановлено, що застосування інтелектуальних мереж дозволило вирішити завдання оптимізації процесів повітрообміну. Імітаційні експерименти запропонованих моделей продемонстрували їх ефективність у порівнянні з традиційними в плані досягнення найкращих показників якості процесів експлуатації і наявністю можливості врахування знань експертів.

Mikhailov S.A., R. Kharchenko R.Yu Improving the efficiency of functioning the ship ergatic microclimate control systems of ship spaces speed // Automation of ship technical facilities. – 2019. – Vol. 25. – P. 63 – 71.

The work considers an alternative method of operating ergatic control systems for microclimatic parameters of ship premises using intelligent systems in a single complex. The field of application of such technologies has prospects on ships, since a modern ship is a complex non-linear object, on which integrated systems are actively being implemented, which together solve the tasks of controlling shipboard technical equipment. Despite the great interest in these technologies and scientific developments in this area in relation to ships, this direction is still underdeveloped

and in many complex subsystems of the vessel, management is carried out by outdated methods, most of which do not provide the proper quality and reliability.

Depending on the task, various smart modules are integrated into the architecture of such hybrid systems - neural networks, genetic algorithms, fuzzy controllers, decision support systems (DSS), adaptive systems and other components of the so-called "artificial intelligence". These systems successfully implement the experience and knowledge of experts, and also have the ability to self-learn.

The expert systems (ES) underlying the DSS have a number of disadvantages associated with the inability to take into account the experience, knowledge and intuition of a person. The publication proposes to use in an ergatic climate control system - fuzzy expert systems that mimic the expert's reasoning in the form of verbal or linguistic assumptions using the apparatus of the theory of fuzzy sets. It is shown that in DSS of many ship ergatic subsystems such technologies based on fuzzy logic are quite relevant and can be widely used.

A fuzzy expert intellectual model is proposed for determining the level of comfort for crew members and passengers of the vessel, taking into account individual characteristics of a person, which allows to achieve a high level of well-being and reduce morbidity.

As a result of research, it was found that the use of intelligent networks allowed us to solve the problem of optimizing air exchange processes. Simulation experiments of the proposed models have demonstrated their effectiveness compared to traditional ones in terms of achieving the best indicators of the quality of operation processes and the availability of the ability to take into account the knowledge of experts.

Ключевые слова: гибридные интеллектуальные сети; нечеткие контроллеры; активная адаптация; климат-контроль; системы поддержки принятия решений; фазификация; база знаний.

Ключові слова: гібридні інтелектуальні мережі; нечіткі контролери; активна адаптація; клімат-контроль; системи підтримки прийняття рішень; фазифікація; база знань.

Keywords: hybrid intelligent networks; fuzzy controllers; active adaptation; climate control; decision support systems; fuzzification; knowledge base.

Табл. 1. Ил. 4. Список лит.: 8 назв.

УДК 656.61

Петровський А.В. Автоматична обробка стандартних помилок ECDIS // Автоматизація судових технічних засобів: наук. -техн. зб. – 2019. – Вип. 25. – Одеса: НУ "ОМА". – С. 72 – 78.

Описані переваги ECDIS і труднощі, з якими зіштовхуються штурмани при використанні деяких її функцій, зокрема, автоматизації процесу оновлення карт. Такі помилки не завжди можна точно ідентифікувати, крім того, витрачається час на пошук варіантів їх вирішення. Велика частина таких помилок вимагає повідомлення УКНО або наявності інженерних знань з програмного забезпечення для їх вирішення. Однак є помилки, які можливо вирішити засобами самого ECDIS, не привертаючи до них уваги штурмана. Пропонується використання алгоритму, що дозволяє реалізувати таку задачу.

Петровский А.В. Автоматическая обработка стандартных ошибок ECDIS // Автоматизация судовых технических средств: науч. -техн. сб. – 2019. – Вып. 25. – Одесса: НУ "ОМА". – С. 72 – 78.

Описаны достоинства ECDIS и трудности, с которыми сталкиваются штурманы при использовании некоторых ее функций, в частности, автоматизации процесса обновления карт. Такие ошибки не всегда можно точно идентифицировать, кроме того, тратится время на поиск вариантов их решения. Большая часть таких ошибок требует уведомления УКНО или наличия инженерных знаний по программному обеспечению для их решения. Однако есть ошибки, которые возможно решить средствами самого ECDIS, не привлекая к ним внимания штурмана. Предлагается использование алгоритма, позволяющего реализовать такую задачу.

Petrovskyi Andrii Valerevich Automatic processing of ECDIS standard errors // Automation of ship technical facilities. – 2019. – Vol. 25. – P. 72 – 78.

ECDIS is currently the most up-to-date navigation information system, which greatly facilitates the navigator's work by automating his work and improving the safety of navigation. According to IMO requirements, all certified ECDIS have a warning system in the event of violations of integrated equipment, signal loss: location, radar, rate of change, direction of movement of the ship and inability to comply with the radar image. ECDIS also has developed quality standards for converting ENC to its internal SENC format. However, in practice navigators have problems of handling errors caused by the use of a particular ECDIS function. The reasons are: own algorithms for converting ENC to SENC format; insufficient stability of the software; methods used by software developers to implement navigator actions in the ECDIS interface. And, if the first and the second are considered, then the last - is not, since it is the own thing of the software developers. Most ECDIS have automatic / automated map loading and updating. However, the insufficient level of error handling that occurs when updating card collections by programmatic methods requires additional time spent by the navigator to resolve such issues manually.

It is proposed to use a general map updating algorithm, which programmatically solves some emerging errors without the participation of the operator, and for the latter - reports are generated for sending to the appropriate organizations, which increases the automation of the navigator's work. There are four types of errors: cells cart damage; bugs that can only be corrected with the scheme Administrator/ engineer; errors that should be provided to UKHO Customer Services to further assist them in resolving them; other errors that may be detected while updating the map. Each type of bug is scheduled to use its database.

Ключевые слова: ECDIS; алгоритм; ошибка; обновление карт; коллекция карт; УКНО.

Ключові слова: ECDIS; алгоритм; помилка; оновлення карт; колекція карт; УКНО.

Keywords: ECDIS; algorithm; error; map update; map collection; UKHO.

Ил. 4. Список лит.: 9 назв.

УДК 621.829

Сагин С.В., Куропятник А.А. Оптимизация режимов работы системы перепуска выпускных газов судовых среднеоборотных дизелей // Автоматизация судовых технических средств: науч.-техн. сб. – 2019. – Вып. 25. – Одесса: НУ "ОМА". – С. 79 – 89.

Проанализированы режимы перепуска выпускных газов (EGW) судового среднеоборотного дизеля 6L20 Wartsila. Приведены результаты исследования по определению влияния степени перепуска выпускных газов на эмиссию оксидов азота, удельный эффективный расход топлива и температуру выпускных газов дизеля. Эксперименты выполнялись как для разной степени открытия перепускного клапана (0 ... 10 %) и для разной нагрузки на дизель (55 ... 85 %). По результатам эксперимента были построены графические зависимости эмиссии оксидов азота  $NO_x$  от степени открытия клапана перепуска выпускных газов  $\delta_{EGW}$ . В качестве критерия, позволяющего оценить эффективность использования системы перепуска для различных режимов, предложено рассмотреть площадь под кривой  $NO_x=f(\delta_{EGW})$ . Экспериментально установлено, что использование перепуска газов способствует снижению эмиссии оксидов азота судовых дизелей. Относительное снижение выбросов оксидов азота находится в пределах 3,33 ... 15,42 % и зависит от количества газов, перепускаемых помимо газотурбоагрегата, и мощности дизеля. Наибольший уровень снижения эмиссии  $NO_x$  соответствует 75 ... 85 %-ой нагрузке – самым распространенным режимам работы судовых среднеоборотных дизелей при их использовании в качестве дизель-генераторов в составе судовой электростанции. Установлено, что использование системы EGW приводит к росту удельного эффективного расхода топлива. При этом для режимов, соответствующих 55 ... 65 %-ой нагрузке его увеличение составляет 2,66 ... 4,43 %. Для нагрузки  $0,85N_{ном}$  увеличение удельного расхода топлива не превышает 1,2 %. Также определено, что использование системы EGW вызывает рост тепловой напряженности дизеля (которая оценивалась по значению температуры выпускных газов  $t_r$ ). Определение эффективности использования системы EGW, как одного из способов обеспечения требований Приложения VI МАРПОЛ по ограничению эмиссии  $NO_x$ , должно производиться путем комплексной оценки следующих параметров работы дизеля: количество  $NO_x$  в выпускных газах, увеличение удельного эффективного расхода топлива  $\Delta b_e$ , температура выпускных газов  $t_r$ .

Сагин С.В., Куропятник О.А. Оптимізація режимів роботи системи перепуску випускних газів суднових середньооборотних дизелів // Автоматизація судових технічних засобів: наук.-техн. зб. – 2019. – Вып. 25. – Одеса: НУ "ОМА". – С. 79 – 89.

Проаналізовано режими перепуску випускних газів (EGW) суднового середньооборотного дизеля 6L20 Wartsila. Наведено результати дослідження щодо визначення впливу ступеня перепуску випускних газів на емісію оксидів азоту, питому ефективну витрату палива і температуру випускних газів дизеля. Експерименти виконувалися для різного ступеня відкриття перепускного клапана (0 ... 10 %) та для різного навантаження на дизель (55 ... 85 %).

За результатами експерименту були побудовані графічні залежності емісії оксидів азоту  $\text{NO}_x$  від ступеня відкриття клапана перепуску випускних газів  $\delta_{EWG}$ . Як критерій, що дозволяє оцінити ефективність використання системи перепуску для різних режимів, запропоновано розглянути площу під кривою  $\text{NO}_x=f(\delta_{EWG})$ . Експериментально встановлено, що використання перепуску газів сприяє зниженню емісії оксидів азоту суднових дизелів. Відносне зниження викидів оксидів азоту знаходиться в межах 3,33 ... 15,42 % і залежить від кількості газів, яка спрямовується зовні газотурбоагнетача, і потужності дизеля. Найбільший рівень зниження емісії  $\text{NO}_x$  відповідає 75...85 %-ому навантаженню – найпоширенішим режимам роботи суднових середньооборотних дизелів при їх використанні в функції дизель-генераторів у складі суднової електростанції. Встановлено, що використання системи EGW призводить до зростання питомої ефективної витрати палива. При цьому для режимів, відповідних 55 ... 65 %-ому навантаженню його збільшення становить 2,66 ... 4,43 %. Для навантаження  $0,85N_{\text{ном}}$  збільшення питомої витрати палива не перевищує 1,2 %. Також визначено, що використання системи EGW викликає зростання теплової напруженості дизеля (яка оцінювалася за значенням температури випускних газів  $t_r$ ). Визначення ефективності використання системи EGW, як одного із способів забезпечення вимог Додатка VI МАРПОЛ щодо обмеження емісії  $\text{NO}_x$ , має проводитися шляхом комплексного оцінювання наступних параметрів роботи дизеля: кількість  $\text{NO}_x$  в випускних газах, збільшення питомої ефективної витрати палива  $\Delta b_e$ , температура випускних газів  $t_r$ .

Sagin S.V., Kuropyatnyk O.A. Optimization of operating modes exhaust gas wastegate system of marine medium speed diesel // Automation of ship technical facilities. – 2019. – Vol. 25. – P. 79 – 89.

The modes of exhaust gas bypass of a marine medium-speed diesel engine 6L20 Wartsila are analyze. The results of studies to determine the effect of the degree of bypass of exhaust gases on the emission of nitrogen oxides, specific effective fuel consumption and temperature of the exhaust gases of a diesel engine are presented. The experiments were performed both for different degrees of opening of the bypass valve (0 ... 10 %) and for different loads on the diesel engine (55 ... 85 %). According to the results of the experiment, graphical dependences of the emission of nitrogen oxides  $\text{NO}_x$  on the degree of opening of the exhaust gas bypass valve  $\delta_{EWG}$  were constructed. As a criterion for evaluating the efficiency of using the bypass system for various modes, it is proposed to consider the area under the curve  $\text{NO}_x=f(\delta_{EWG})$ . It has been experimentally established that the use of gas bypass helps to reduce the emission of nitrogen oxides of marine diesel engines. The relative reduction of nitrogen oxide emissions is in the range 3.33 ... 15.42 % and depends on the amount of gases bypassed in addition to the gas turbocharger and the diesel power. The highest level of  $\text{NO}_x$  emission reduction corresponds to 75 ... 85 % load - the most common mode of operation of marine medium-speed diesel engines when they are used as diesel generators in a marine power plant. It is established that the use of the EGW system leads to an increase in the specific

effective fuel consumption. Moreover, for the modes corresponding to the 55 ... 65% load, its increase is 2.66 ... 4.43 %. For a  $0.85N_{\text{enom}}$ , the increase in specific fuel consumption does not exceed 1.2 %. It was also determined that the use of the EGW system causes an increase in the thermal tension of the diesel engine (which was estimated by the value of the exhaust gas temperature  $t_g$ ). Determining the efficiency of using the EGW system as one of the ways to meet the requirements of MARPOL Annex VI to limit  $\text{NO}_x$  emissions should be carried out by a comprehensive assessment of the following diesel operation parameters: the amount of  $\text{NO}_x$  in the exhaust gases, the increase in the specific effective fuel consumption  $\Delta b_e$ , the temperature of the exhaust gases  $t_g$ .

Ключевые слова: судовой среднеоборотный дизель; система перепуска выпускных газов; эмиссия оксидов азота; удельный эффективный расход топлива; температура выпускных газов.

Ключові слова: судновий середньооборотний дизель; система перепуску випускних газів; емісія оксидів азоту; питома ефективна витрата палива; температура випускних газів.

Keywords: marine diesel; exhaust gas control; gas bypass; nitrogen oxide emission; specific fuel oil consumption.

Табл. 4. Ил. 4. Список лит.: 7 назв.

УДК 656.6-042.5/.8:502/504

Суворов П.С., Тарасенко Т.В., Залож В.И. Оценка энергоэффективности для условий навигационных неопределенностей во внутреннем судоходстве // Автоматизация судовых технических средств: науч. -техн. сб. – 2019. – Вып. 25. – Одесса: НУ "ОМА". – С. 90 – 100.

Эксплуатационные расходы на топливо на судах внутреннего плавания составляют в среднем 50 ... 60 % суммы всех переменных затрат. Исследованиям проблемы уменьшения таких расходов традиционно уделяется большое внимание, а проведение таких исследований всесторонне стимулируется и финансируется также с позиций снижения вредных выбросов в атмосферу, пропорциональных снижению расхода топлива. Мероприятия по снижению вредных выбросов в пересчете к  $\text{CO}_2$  (далее и по отдельным компонентам выбросов в выпускных газах) получили дополнительный формализованный отенок и активно поддерживаются Европейской Комиссией.

Приведена оценку интенсивности дунайского судоходства в сравнении с интенсивностью судоходства на основных магистральных внутренних водных путей Европы, проанализированы характеристики судов и караванов судов, работающих на разных участках, с учетом гидрологических и навигационных особенностей и обеспеченности проходных глубин европейских внутренних водных путей и водного пути реки Дунай. Показано значение влияния навигационных условий на характеристики экономичности и экологичности работы судов во внутреннем дунайском судоходстве, что связано с постоянными изменениями режимов работы пропульсивных комплексов.

Такой многофакторный характер неопределенностей во внутреннем судоходстве негативно отображается как на себестоимости речных перевозок по Дунаю, так и на возможности расширить границы успешного поиска путей повышения (улучшения) энергоэффективности, экологичности и экономичности. Фактически в отсутствие недорогих инновационных технических и технологических решений, в наличии остаются исключительно методы рационального менеджмента. При этом потенциал улучшения экологичности и экономичности оценивается в границах до 20 % в зависимости от возраста буксира-толкача или самоходного судна в составе каравана.

Суворов П.С., Тарасенко Т.В., Залож В.И. Навігаційні умови плавання та енергоефективність суден внутрішнього плавання // Автоматизація судових технічних засобів: наук.-техн. зб. – 2019. – Вип. 25. – Одеса: НУ "ОМА". – С. 90 – 100.

Експлуатаційні витрати на паливо на судах внутрішнього плавання у середньому складають 50 ... 60 % суми усіх змінних витрат. Дослідженням проблеми зменшення таких витрат традиційно приділяється велика увага, а проведення таких досліджень всебічно стимулюється та фінансується також з позицій зниження шкідливих викидів до атмосфери, пропорційних зниженню витрати палива. Заходи з обмеження шкідливих викидів у перерахунку до CO<sub>2</sub> (далі й по окремих компонентах викидів у випускних газах) здобули додатковий формалізований відтінок та активно підтримуються Європейською Комісією.

Наведена оцінка інтенсивності дунайського судноплавства у порівнянні з інтенсивністю судноплавства на основних магістралях внутрішніх водних шляхів Європи, проаналізовані характеристики суден та караванів суден, які працюють на різних частинах, з урахуванням гідрологічних та навігаційних особливостей та забезпеченості прохідних глибин європейських внутрішніх водних шляхів та водного шляху ріки Дунай. Показане значення впливу навігаційних умов на характеристики економічності та екологічності роботи суден у внутрішньому дунайському судноплавстві, що пов'язано з постійними змінами режимів роботи пропульсивних комплексів.

Такий багатфакторний характер невизначеностей у внутрішньому судноплавстві негативно відображається як на собівартості річкових перевезень по Дунаю, так й на можливостях поширити межі успішного пошуку шляхів підвищення (покращення) енергоефективності, екологічності та економічності. Фактично, за відсутністю дешевих інноваційних технічних та технологічних рішень, у наявності залишаються виключно методи раціонального менеджменту. При цьому потенціал покращення екологічності та економічності оцінюється у межах до 20 % у залежності від віку буксира-штовхача або самохідного судна у складі каравану.

Suvorov, P., Tarasenko, T., Zalozh, V. Evaluation of energy efficiency for conditions of navigational uncertainty in the inland navigation // Automation of ship technical facilities. – 2019. – Vol. 25. – P. 90 – 100.

The cost of fuel in inland navigation could be estimated with averages 50 ... 60 % of the sum of all variable costs. A great attention is traditionally payed to re-

searches aiming to reduce such costs, and such kind of researches have been comprehensively stimulated and funded according to the positions of reducing harmful emissions to the atmosphere, and at the same time proportionally reducing fuel consumption. Measures for limitations of CO<sub>2</sub> emissions (hereinafter referred to as individual emission components in the exhaust gases) have an additional formalized effect and are actively supported by the European Commission.

The authors evaluate the intensity of Danube shipping in comparison with the intensity of navigation on the main inland waterways of Europe, compare the characteristics of ships and caravans of ships operating on different parts of the river, and focus on the hydrological features and availability of both inland waterways and river Danube. The authors acknowledge the importance of the influence of navigation conditions on the characteristics of economy and environmental performance of ships in inland Danube navigation, which is associated with the permanent change of propulsion complexes operation modes.

This multifactorial nature of uncertainty in inland navigation has a negative impact both on the cost of river transport across the Danube and on the possibilities to extend the boundaries of successfully finding ways to improve energy efficiency and cost-effectiveness. In fact, in the absence of cheap innovative technical and technological solutions, only rational management methods remain available. The potential for improvement of environmental friendliness and economy is estimated to be up to 20 % depending on the age of the pusher or self-propelled vessel in the caravan.

Ключевые слова: судоходство; река; внутренние водные пути; экономичность; вредные выбросы; навигационные условия; толкач; караван судов.

Ключові слова: судноплавство; ріка; внутрішні водні шляхи; економічність; шкідливі викиди; навігаційні умови; штовхач; караван суден.

Keywords: navigation; river; inland waterways; economy; harmful emissions; navigation conditions; pusher; caravan of the vessels.

Табл. 3. Ил. 6. Список лит.: 6 назв.