

УДК 621.436

Дакі О. А., Ткаченко В. В., Будолак С. Ю., Бажак О. В.

## МОДЕЛЬ РОБОТИ МАЛОРОЗМІРНОГО ДИЗЕЛЯ ЗАСОБУ КОЛЕКТИВНОГО ПОРЯТУНКУ ПРИ ВИКОНАННІ СТАНДАРТНОЇ РЯТУВАЛЬНОЇ ОПЕРАЦІЇ

*Призначенням засобу колективного порятунку та його енергетичної установки є порятунок екіпажу і пасажирів судна у випадку виникнення критичної ситуації за максимально короткий час, що менший або дорівнює гранично нормативному часу, який встановлений вимогами (Safety of Life at Sea) – СОЛАС. Для моделювання рятувальної операції та оцінки тривалості виконання окремих операцій, етапів і в цілому всієї операції може бути використана модель функціонування енергетичної установки при реалізації стандартної рятувальної операції, що і розробляється в цій статті.*

*На підставі даної моделі доцільно досліджувати параметри і показники, як енергетичної установки, так і судна в цілому. На основі наукового розкриття взаємозв'язків між ними встановити закономірності підвищення оперативності застосування і покращення експлуатаційних характеристик, а також розробити:*

*– критерії оцінювання постійної готовності, надійності функціонування та енергетичної ефективності енергетичної установки засобу колективного порятунку;*

*– основи підвищення зберігання, надійності своєчасного запуску та функціонування, пускових й маневрених властивостей дизеля енергетичної установки засобу колективного порятунку.*

*Актуальність даної статті обумовлена: великою кількістю аварій і катастроф на воді з численними людськими жертвами; підвищенням вимог до забезпечення безпеки на воді; якісною зміною вимог до дизелів енергетичної установки засобу колективного порятунку; затребуваністю задачі удосконалювання існуючих дизелів енергетичної установки засобу колективного порятунку. Узагальнюючим фактором вище викладеного є нагальна потреба розробки моделей та методів забезпечення високого рівня надійності при заданих функціональних характеристиках дизеля засобу колективного порятунку на всіх етапах його життєвого циклу.*

**Ключові слова:** безпека на морі, засіб колективного порятунку, енергетична установка, надійність, модель, рятувальна операція.

**Постановка проблеми.** Важливим напрямком забезпечення безпеки морських суден, разом з підвищенням надійності самих суден є оснащення їх безвідмовними та ефективними засобами колективного порятунку (ЗКП). Найбільш ефективними ЗКП, здатними в стислий термін забезпечити проведення рятувальної операції та відхід екіпажа й пасажирів на безпечну відстань від судна, що терпить лихо, є моторні рятувальні шлюпки, оснащені надійними енергетичними установками (ЕУ) на базі малорозмірних дизелів. Отже, умовою успішного проведення рятувальної операції є, у першу чергу, безвідмовна й ефективна робота малорозмірного дизеля ЕУ ЗКП.

Для проведення теоретичних та експериментальних досліджень з метою підвищення оперативності застосування та покращення функціональних характеристик ЕУ ЗКП виникла необхідність у розробці моделі роботи ЕУ ЗКП при реалізації стандартної рятувальної

операції. На базі даної моделі доцільно досліджувати параметри і показники, як ЕУ, так і судна в цілому, на основі наукового розкриття взаємозв'язків між ними встановити закономірності підвищення оперативності застосування і покращення експлуатаційних характеристик, а також розробити:

– критерії оцінювання постійної готовності, надійності функціонування та енергетичної ефективності ЕУ ЗКП;

– основи підвищення зберігання, надійності своєчасного запуску та функціонування, пускових й маневрених властивостей дизеля ЕУ ЗКП.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Аналіз виконаних раніше досліджень, присвячених проблемам підвищення функціональних характеристик дизелів ЕУ ЗКП і удосконалення процесів організації рятувальних операцій [1–5] показав, що в цих роботах розглядалися окремі експлуатаційні показники і параметри дизеля без комплексного підходу до підвищення ефективності і надійності функціонування дизеля при реалізації рятувальної операції. Тому, з огляду на особливу важливість і актуальність проблеми порятунку людського життя на морі, виникла необхідність проведення комплексних досліджень процесів реалізації рятувальних операцій з метою підвищення надійності і функціональних характеристик дизелів рятувальних шлюпок з урахуванням впливу різних факторів та особливостей функціонування дизеля при реалізації рятувальної операції.

**Метою статті** є розробка моделі роботи малорозмірного дизеля засобу колективного порятунку при виконанні стандартної рятувальної операції.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Засоби колективного порятунку на морських судах повинні знаходитися в постійній готовності до негайного застосування в дію і реалізації рятувальної операції в будь-яких умовах, можливих в експлуатації. На рис. 1 наведено структурну схему малорозмірного дизеля, який може застосовуватися для засобів порятунку та інших малорозмірних суден.

Енергетична установка представляє собою двигун внутрішнього згоряння (4) із запаленням від стиску, обладнаний: реверсивно-редукторної передачею (3) для роз'єднання валопроводу (2) від двигуна, забезпечення необхідної частоти обертання гребного гвинта (1) і руху ЗКП переднім і заднім ходом; водяними насосами для осушення ЗКП (7) і зрошення танкерного ЗКП (9); основною – ручною і дублюючою – електростартерними системами пуску й інших вузлів систем життєзабезпечення ЕУ ЗКП.

Моторні ЗКП згідно міжнародних і національних норм, зберігаються на судах у стані постійної готовності для негайного використання в будь-яких умовах, можливих в експлуатації. Їх застосовують тільки в трьох випадках:

1) при проведенні планових навчальних або тренувальних занять для екіпажу або пасажирів;

2) при наданні допомоги і порятунку особам, які опинилися за бортом судна;

3) евакуації екіпажу і пасажирів із судна, що терпить лихо.

Після того, як боротьба за живучість аварійного судна визнана безнадійною і подальше перебування пасажирів та екіпажу на судні, що гине, небезпечно для їх життя, по команді "Залишити судно" починається рятувальна операція.

Стандартна рятувальна операція [6–7], реалізовується послідовно та безперервно, вона складається з множини підоперацій, які виконуються часто паралельно, а вся операція складається з п'яти взаємопов'язаних етапів (рис. 2).

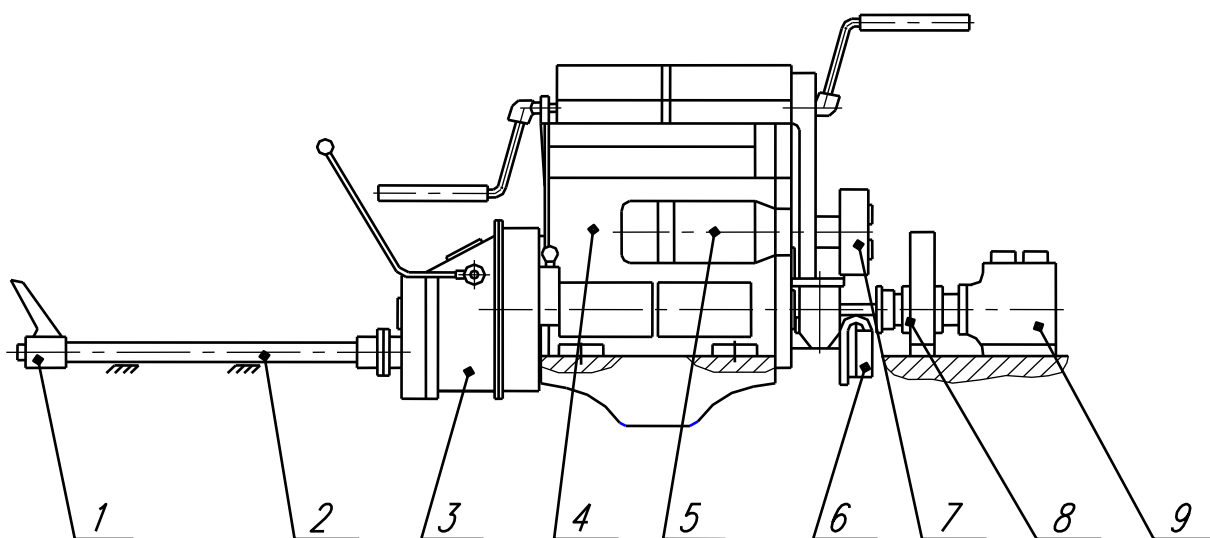


Рисунок 1 – Загальний вигляд енергетичної установки засобу колективного порятунку:

- 1 – гвинт гребний; 2 – валопровід; 3 – реверс-редукторна передача;
- 4 – двигун; 5 – генератор живлення бортової мережі і радіостанції;
- 6 – насос забортної води; 7 – насос осушення;
- 8 – добір потужності з торця коленвалу; 9 – насос зрошення

На першому етапі здійснюється паралельно збір екіпажу і пасажирів для посадки в ЗКП, підготовку ЗКП для посадки людей і ЕУ для пуску, а також запуск ЕУ на палубі. Одночасне виконання даних операцій дозволяє скоротити тривалість першого етапу і визначити його величину. За даними [8–9] тривалість підготовки  $\tau_0$  та пуску  $\tau_{II}$  двигуна у сумі не повинна перевищувати тривалість збору людей до місця посадки в ЗКП ( $\tau_{ЗБ}$ ), а тривалість підготовки ЗКП для посадки людей ( $\tau_{ЗКП}$ ) повинна бути меншою за ( $\tau_{СБ}$ ). У зв'язку з тим, що умова  $\tau_{ЗКП} < \tau_{ЗБ}$ , як правило, завжди дотримується, через малу трудомісткість підготовки ЗКП для посадки людей і складності операцій збору людей до місць посадки в ЗКП, можна написати:  $\tau_0 + \tau_{II} \leq \tau_{ЗБ}$ .

Отже, гранично припустимі тривалості операцій підготовки і пуску двигуна можна визначити за найменшим значенням  $\tau_{ЗБ}$ .

## Транспортні технології

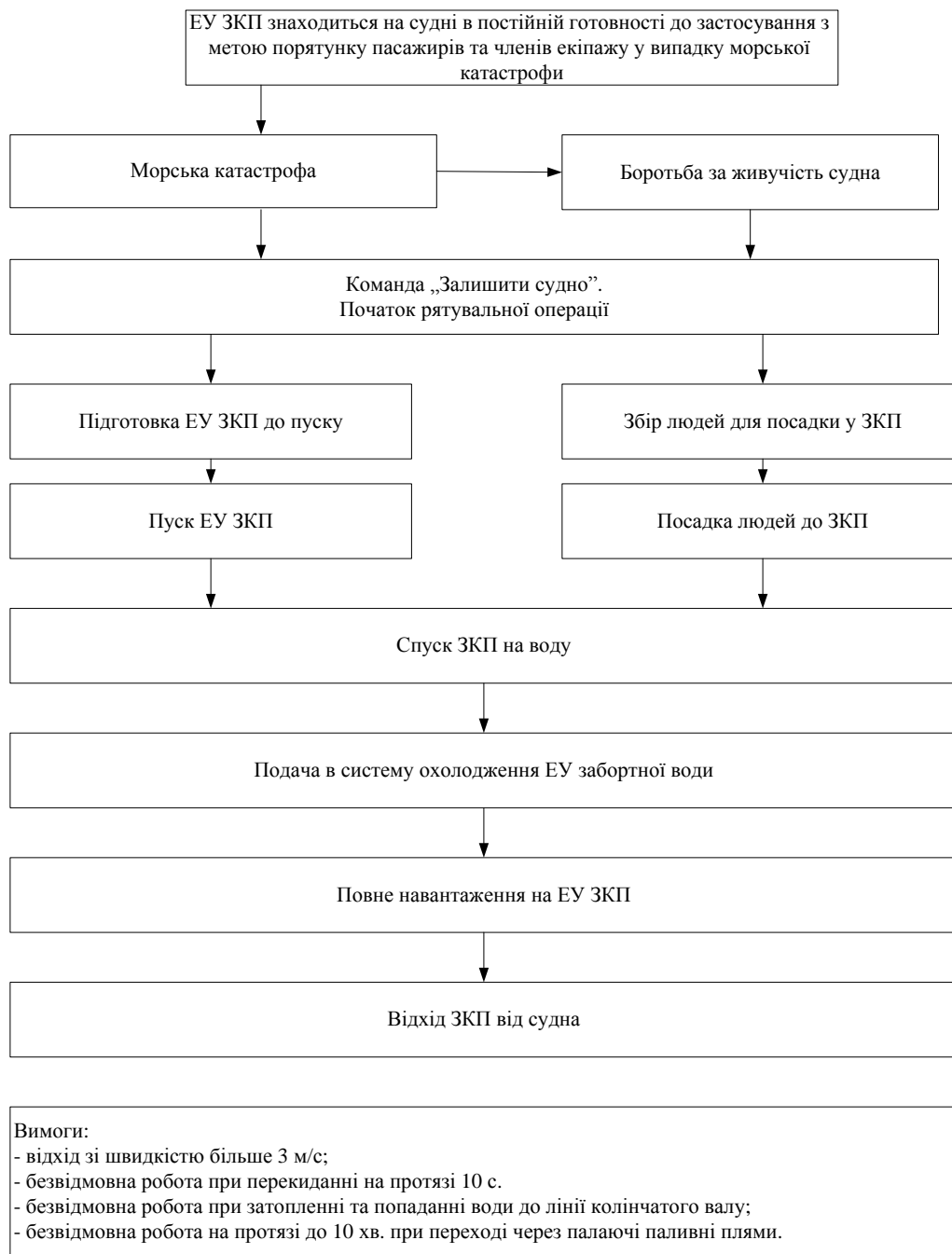


Рисунок 2 – Модель роботи ЕУ ЗКП при проведенні рятувальної операції

За даними роботи [10] найменша тривалість операцій збору людей до місця посадки в ЗКП залежить від швидкості руху членів екіпажу і пасажирів по коридорах, трапам і відкритим ділянкам палуби, їх віку і статі, часу доби та освітленості, крену судна і багатьох інших факторів і тому завжди має визначене значення, величина, що, наприклад, на рибальських і вантажних суднах довжиною до 100 м та з екіпажем до 22 осіб складає (120...150) с.

В інших випадках використовуються моторні ЗКП  $\tau_{ЗБ} > 120$  с. Це дозволяє зробити висновок: на підготовку та пуск ЕУ, без втрати ефективності рятувальної операції можна затратити до 120 с, що не є протиріччям відносно вимоги (дизель ЕУ повинен запускатися з однієї з трьох спроб за час, що не перевищує 60 с). Отже, для першого етапу рятувальної операції можна прийняти:

$$\tau_{ЗБ} = 120 \text{ с.}; \tau_{П} = \sum_{i=1}^3 \tau_{Пi} \leq 60 \text{ с.}; \tau_0 \leq 60 \text{ с.},$$

де:  $\tau_{Пi} \leq 20$  с. тривалість пускової спроби.

На другому етапі здійснюється паралельно посадка людей у ЗКП і прогрівання двигуна на холостому ході на палубі без води в системі охолодження протягом не більш 7 – 10 хв. Одночасне виконання зазначених операцій дозволяє скоротити тривалість другого етапу і визначити тривалість початкової стадії прогріву двигуна.

Тривалість другого етапу  $\tau_{ПС}$ , як і першого, залежить від різних факторів та одночасно визначає тривалість початкової стадії прогріву двигуна. Для оцінки  $\tau_{ПС}$  можна використовувати заміри часу посадки людей до ЗКП, що виконані в натурних умовах [10, 11], які співпадають з тривалістю до 180 с, що встановлена Міжнародною конвенцією СОЛАС.

Тому тривалість початкової стадії прогріву двигуна на ЗКП можна прийняти  $\tau_{ПС} = 180$  с.

На третьому етапі здійснюється паралельно спуск ЗКП на воду і заключну стадію прогріву двигуна. Тривалість третього етапу  $\tau_{СП}$  і заключна стадія прогріву двигуна не повинна перевищувати 120 с. Отже, для сумарної тривалості роботи ЕУ ЗКП на холостому ході до надходження в систему охолодження забортної води, для тривалості прогріву двигуна  $\tau_{ПР}$  можна записати:  $\tau_{ПР} = \tau_{ПС} + \tau_{СП} = 180 + 120 = 300$  с.

На четвертому етапі, на самому початку ЕУ витримує температурні навантаження, що виникають у прогрітих деталях двигуна від зіткнення з забортною водою з можливою температурою до 271К, а потім приймати повне навантаження і завершувати евакуацію людей шляхом відходу ЗКП від судна, що гине, з конвенційною швидкістю не менш 3,1 м/с, щоб уникнути можливого влучення шлюпки під борт судна, яке перевертається. Тут 3,1 м/с (6 вузлів) – це та максимально можлива швидкість, яку може розвинути ЗКП із двигуном потужністю до 25 кВт, у повному навантаженні.

Таким чином, повну потужність необхідну для руху ЗКП зі швидкістю не менш 3,1 м/с і роботу всіх систем життєзабезпечення ЕУ повинна розвивати через 5 хвилин після пуску двигуна.

На п'ятому етапі рятувальної операції ЕУ повинна забезпечувати:

- рух ЗКП із заданою швидкістю ходу;
- роботу всіх систем життєзабезпечення ЗКП, у тому числі насосів осушення і зрошення ЗКП, генераторів зарядки акумуляторної батареї та живлення бортової мережі й радіостанції;

– безвідмовне функціонування у випадку потрапляння води до ЗКП й затоплення ЕУ по лінії осі колінчатого вала; перекиданні ЗКП із затримкою протягом 10 с у положенні, переверненому на 1800; проходженні танкерного ЗКП зони розливу палива (нафтопродуктів) протягом 8...10 хв;

– безвідмовне функціонування протягом часу, який необхідний для виходу в безпечну зону або на оживлені морські шляхи, не менш 24 годин після відходу ЗКП від борта аварійного судна.

Рятувальну операцію прийнято вважати завершеною успішно, якщо вона була технічно здійснена, а час її реалізації був коротшим тривалості загибелі судна. Ефективність її прийнято оцінювати абсолютною або відносною кількості врятованих людей [1, 10].

## ВИСНОВКИ

Аналіз розробленої моделі та алгоритму функціонування ЕУ, а також комплексу вимог, що є наслідком проведених досліджень свідчить, що експлуатаційними якостями, які визначають успішне завершення евакуації людей із судна, яке гине, є комплексні оціночні показники:

– підтримання ЕУ ЗКП в постійній готовності для негайного застосування в дію при можливих тривалих періодах перебування в стані готовності;

– оперативність ЕУ при застосуванні, що включає швидку підготовку до пуску, пуск, прогрів і видачу максимальної потужності протягом заданого періоду часу при температурах навколишнього середовища до 258К;

– максимально можливу надійність функціонування ЕУ при будь-яких умовах, можливих при евакуації людей із судна, яке гине.

### *Список використаних джерел:*

1. *Алексеев, В. В.* Анализ показателей функциональной эффективности энергетической установки средств коллективного спасения экипажей морских судов / *В. В. Алексеев* // Теоретические и практические аспекты современной науки : материалы IX Междунар. научно-практ. конф. (Москва, 16 октября 2013 г.). – М., 2013. – С. 10–19.

2. *Дюмин, И. Е.* Проблемы совершенствования ремонта и повышения эффективности использования автомобильных двигателей: дис. ... докт. техн. наук : 05.22.10 / *Дюмин Иван Елисеевич.* – Харьков, 1979. – 388 с.

3. *Каргин С. А.* Теоретическое обоснование и экспериментальное исследование рабочего процесса судового ДВС с комбинированным смесеобразованием и принудительным воспламенением : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.08.05 / *Каргин Сергей Александрович.* – Астрахань, 2006. – 177 с.

4. *Фатахов, М. М.* Пути улучшения маневренных качеств дизельных энергетических установок малых судов / *М. М. Фатахов, М. М. Аливагабов, М. А. Масуев* // Вестник АГТУ. – 2005. – № 6. – С. 155–157.

5. *Чайнов, Н. Д.* Конструирование двигателей внутреннего сгорания / *Н. Д. Чайнов, Н. А. Иващенко, А. Н. Краснокутский, Л. Л. Мягков*; под ред. *Н. Д. Чайнова.* – М.: Машиностроение, 2008. – 496 с.



6. *Алексеев, В. В.* Структура реализации стандартной спасательной операции с вводом в действие энергетической установки спасательной шлюпки / *В. В. Алексеев* // Вестник АГТУ. – 2013. – № 2. – С. 72–78.
7. *Алексеев, В. В.* Математическое моделирование процесса реализации спасательной операции / *В. В. Алексеев* // Второй балтийский международный форум (Светлогорск, 27–28 мая 2014 г.): тез. докл. – Калининград, 2014. – Т. 1. – С. 15–17.
8. *Аливагабов, М. М.* Специфические условия эксплуатации энергетических установок средств коллективного спасения и требования к ним / *М. М. Аливагабов* // Двигателестроение. – 1985. – № 2. – С. 14–16.
9. *Аливагабов, М. М.* Двигатели спасательных шлюпок и катеров : моногр. / *М. М. Аливагабов*. – Л. : Судостроение, 1980. – 224 с.
10. *Александров, М. Н.* Безопасность человека на море : моногр. / *М. Н. Александров*. – Л. : Судостроение, 1983. – 208 с.
11. *Александров, М. Н.* Вероятностный метод оценки эффективности спасательных средств морских судов / *М. Н. Александров* // Судостроение. – 1971. – № 9. – С. 6–16.

**Даки Е. А., Ткаченко В. В., Будолак С. Е., Бажак О. В.**

## **МОДЕЛЬ РАБОТЫ МАЛОРАЗМЕРНОГО ДИЗЕЛЯ СРЕДСТВА КОЛЛЕКТИВНОГО СПАСЕНИЯ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ СТАНДАРТНОЙ СПАСАТЕЛЬНОЙ ОПЕРАЦИИ**

*Назначение средства коллективного спасения и его энергетической установки – спасение экипажа и пассажиров судна в случае возникновения критической ситуации за максимально короткое время, которое меньше или равно предельно нормативному времени, установленному требованиями (Safety of Life at Sea) – СОЛАС. Для моделирования спасательной операции и оценки продолжительности выполнения отдельных операций, этапов и в целом всей операции может быть использована модель функционирования энергетической установки при реализации стандартной спасательной операции, которая и разрабатывается в данной статье.*

*На основании данной модели целесообразно исследовать параметры и показатели, как энергетической установки, так и судна в целом. На основе научного раскрытия взаимосвязей между ними установить закономерности повышения оперативности применения и улучшения эксплуатационных характеристик, а также разработать:*

*– критерии оценки постоянной готовности, надежности функционирования и энергетической эффективности энергетической установки средства коллективного спасения;*

*– основы повышения хранения, надежности своевременного запуска и функционирования, пусковых и маневренных свойств дизеля энергетической установки средства коллективного спасения.*

*Актуальность данной статьи обусловлена: большим количеством аварий и катастроф на воде с многочисленными человеческими жертвами; повышением требований к обеспечению безопасности на воде; качественным изменением требований к дизелям энергетической установки средства коллективного спасения; востребованностью задачи совершенствования существующих дизелей энергетической установки средства*

коллективного спасения. Обобщающим фактором выше изложенного есть необходимость разработки моделей и методов обеспечения высокого уровня надежности при заданных функциональных характеристиках дизеля средства коллективного спасения на всех этапах его жизненного цикла.

**Ключевые слова:** безопасность на море, средство коллективного спасения, энергетическая установка, надежность, модель, спасательная операция.

**Daki O. A., Tkachenko V. V., Budolak S. Y., Bazhak O. V.**

## **MODEL OF OPERATION OF A SMALL-SIZED DIESEL OF A COLLECTIVE RESCUE DURING A STANDARD RESCUE OPERATION**

*The purpose of the collective rescue device and its power plant is to rescue the crew and passengers of the vessel in the event of a critical situation in the shortest possible time, which is less than or equal to the maximum standard time established by the requirements (Safety of Life at Sea) - SOLAS. To simulate a rescue operation and estimate the duration of individual operations, stages and the entire operation as a whole, a model of the operation of a power plant can be used in the implementation of a standard rescue operation, which is being developed in this article.*

*On the basis of this model, it is advisable to investigate the parameters and indicators of both the power plant and the vessel as a whole. On the basis of the scientific disclosure of the relationships between them, establish patterns for increasing the efficiency of application and improving operational characteristics, and also develop:*

*– criteria for assessing the constant readiness, operational reliability and energy efficiency of the power plant of the collective rescue facility;*

*– fundamentals of increasing storage, reliability of timely launch and operation, starting and maneuvering properties of a diesel engine of a power plant of a collective rescue facility.*

*The relevance of this article is due to: a large number of accidents and disasters on the water with numerous casualties; increasing requirements for water safety; a qualitative change in the requirements for diesel engines of the power plant of the collective rescue facility; the demand for the task of improving the existing diesel engines of the power plant of the means of collective rescue. The generalizing factor of the above is the need to develop models and methods to ensure a high level of reliability for given functional characteristics of a diesel engine, a means of collective rescue at all stages of its life cycle.*

**Keywords:** *means of collective rescue, model, power plant, reliability, rescue operation, safety at sea.*

Рецензент: д-р техн. наук, професор Тимошук О. М.

Стаття надійшла 30.11.2020 р.