

УДК 656.61.089.2+629.5.022-027.236

Парменова Д.Г.  
НУ «ОМА»

## **КОНСТРУКЦИЯ ФОРМЫ КОРПУСА СУДНА, ОБЕСПЕЧИВАЮЩАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ МОРЕПЛАВАНИЯ И ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ**

**Постановка проблемы.** В настоящее время вопросы экономии энергетических ресурсов являются ключевыми для всех отраслей мирового хозяйства. Экономия энергии дает возможность снизить эксплуатационные расходы, сократить выбросы парниковых газов и уменьшить объемы использования природных ресурсов. Для энергоемких производств существенное улучшение энергоэффективности может быть достигнуто оптимизацией энергопотребления и увеличением объема использования энергии из возобновляемых источников.

С целью экономии энергопотребления для предотвращения загрязнения окружающей среды морскими судами были приняты новые поправки к конвенции МАРПОЛ и в Приложение VI «Правила предотвращения загрязнения атмосферы с судов» была включена Глава 4, в которой Правило 22 устанавливает требования в отношении энергетической эффективности судов. В соответствие с этими требованиями с 1 января 2013 года для новых судов вводится обязательный расчет показателя энергетической эффективности судов (Energy Efficiency Design Index - EEDI), а для существующих судов вводится обязательная разработка и внедрение Судового плана управления энергетической эффективностью (Ship Energy Efficiency Management Plan - SEEMP) [1].

Целью Судового плана управления энергетической эффективностью судна (SEEMP) является создание механизма для компании по улучшению энергетической эффективности эксплуатации судов.

План управления энергетической эффективностью судна является инструментом управления, который поможет компании в управлении текущей природоохранной деятельностью своих судов и направлен на улучшение их энергетической эффективности в четыре этапа: планирование, внедрение, мониторинг и самооценка с целью постоянного улучшения энергетической эффективности. Эти компоненты играют важную роль в непрерывном цикле постоянного

улучшения управления энергетической эффективностью судна и при каждом повторении цикла некоторые элементы Судового плана управления энергетической эффективностью в случае необходимости должны изменяться, в то время как другие могут оставаться неизменными.

В Резолюции МЕРС.213(63) «Руководство 2012 года по разработке плана управления энергоэффективностью судна (ПУЭС)» предложены рекомендации по разработке ПУЭС с детализацией некоторых методов, направленных на улучшение энергоэффективности судна с целью снижения потребления топлива [2].

Существует три основных направления улучшения энергетической эффективности и снижения потерь энергии:

- инновационные проектирование и технологии;
- оптимизация и модернизация компонентов и систем;
- оптимизация режимов эксплуатации и совершенствование технического менеджмента (процедуры).

Методы улучшения энергетической эффективности следующие:

- 1) Топливосберегающая эксплуатация, которая включает в себя:
  - улучшенное планирование рейса;
  - проводка наивыгоднейшими путями с учетом погоды;
  - точно в срок (обеспечение эффективной и своевременной связи со службами портов);
  - оптимизация скорости;
  - оптимизированная мощность на валу.
- 2) Оптимизированное управление судном, которое обеспечивается:
  - оптимальным дифферентом;
  - оптимальным балластом;
  - оптимальным грузовым планом;
  - выбором оптимального гребного винта и обеспечением оптимального набегающего на гребной винт потока;
  - оптимальным использованием рулевого устройства и системы управления курсом судна (авторулевые).
- 3) Уход за корпусом.
- 4) Пропульсивная система (использование двигателей с электронным управлением).
- 5) Техническое обслуживание пропульсивной системы.
- 6) Утилизация отходящего тепла.

- 7) Улучшенное управление флотом.
- 8) Улучшенная обработка грузов.
- 9) Управление энергопотреблением.
- 10) Тип топлива.

Вышеперечисленные методы и пути их реализации на уровнях проектирования и организации эффективного технического менеджмента и эксплуатации, представлены в таблице 1.

Таблица 1. Методы улучшения энергетической эффективности судна

№	Метод	Проект	Эксплуатация
1.	Оптимизация конструкции корпуса	+	
2.	Эффективная пропульсивная установка	+	+
3.	Новые материалы и технологии	+	
4.	Предотвращение органического обрастания		+
5.	Использование тепловых потерь	+	+
6.	Утилизационные котлы	+	+
7.	Настройки и компоненты	+	+
8.	Оптимизация режимов эксплуатации		+
9.	Оптимизация режимов работы оборудования		+
10.	Оптимизация загрузки судна (дифферент, осадка)		+
11.	Планирование рейса с учётом прогноза погоды		+
12.	Оптимизация скорости судна		+
13.	Работа со службами порта		+
14.	Контроль за энергопотреблением		+
15.	Экономия энергопотребления и энергоменеджмент	+	+
16.	Обучение и подготовка судового персонала		+

**Целью исследования** является рассмотрение нового типа судового корпуса с усовершенствованной гидродинамической конструкцией подводной части корпуса, которая позволит повысить энергетическую эффективность морских судов и обеспечит безопасность мореплавания.

**Результаты исследований.** Одним из методов повышения энергоэффективности является оптимизация конструкции корпуса, который реализуется на этапе проектирования оконечностей и формы корпуса судна. Носовая и кормовая оконечности судна и форма корпуса судна имеют большое значение, поскольку оказывают влияние на работу гребного винта.

Так как винт, расположенный в кормовой оконечности судна, при работе не изолирован от корпуса, а взаимодействует с ним, то условия работы винта подвергаются изменениям.

Таким образом, это взаимодействие разделяют на две части:

1. Влияние корпуса на работу винта.
2. Влияние винта на величину перепада давления воды между носовой и кормовой частями судна, который определяет сопротивление воды движению корпуса судна.

Влияние корпуса на работу винта проявляется в образовании попутного потока, изменяющего поступательную скорость движения винта относительно возмущенной судном воды по сравнению с его перемещением в спокойной воде.

В свою очередь влияние винта на корпус судна проявляется в образовании силы засасывания, увеличивающей сопротивление воды движению судна, так как в процессе работы гребной винт, засасывая воду из-под кормы судна, отбрасывает ее назад, т.е. в сторону, противоположную движению судна.

Для снижения отрицательного взаимного влияния корпуса судна и гребного винта предлагается новый тип корпуса судна [3], изображенный на рисунке 1, а и 1, б.

Корпус судна содержит надводный корпус А и подводный корпус Б с границей разделения на уровне конструктивной ватерлинии 3.

Надводный корпус А предусмотрен в классическом исполнении в носовой части с наклонным форштевнем 5, по бокам которого закреплены борта 1. В носовой части корпуса А по обеим сторонам форштевня 5 в нижней его части при переходе бортов 1 в радиус днища 9 выполнены впадины 6.

Борта 1 корпуса А от конструктивной ватерлинии до верхней палубы 4 имеют небольшой развал. В носовой части угол развала соответствует углу наклона форштевня 5. Верхняя палуба по всему периметру соединена с верхней частью бортов 1 и верхней частью транца 7 в корме.

Подводный корпус Б состоит из трех конструктивных частей. Основная часть подводного корпуса Б (цилиндрическая вставка от носового до кормового перпендикуляра) в поперечном сечении по наружным обводам мидель-шпангоута имеет очертание своеобразной синусоидальной формы, являющейся контуром днища 9 и бортов 2 подводного корпуса Б.

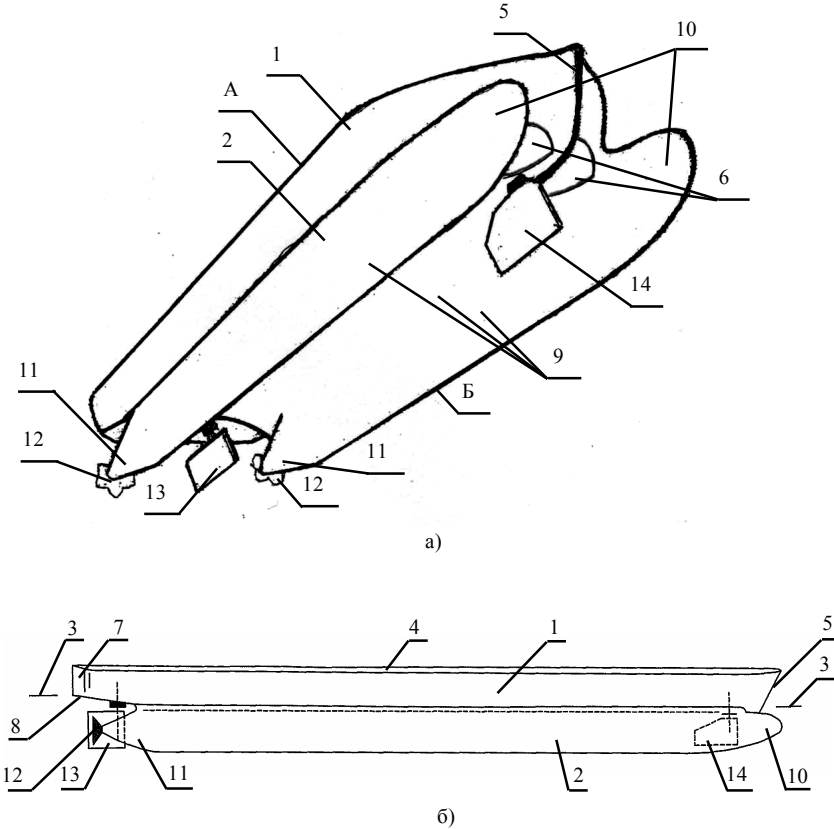


Рис. 1. Вид корпуса судна: а) вид корпуса судна в изометрической проекции; б) фронтальный вид судна:

1 – надводный борт; 2 – подводный борт; 3 – конструктивная ватерлиния; 4 – верхняя палуба; 5 – форштевень; 6 – впадины днища; 7 – транец кормы; 8 – редан; 9 – днище судна; 10 – конусообразные рассекатели; 11 – конусообразные конструкции; 12 – валы гребных винтов; 13 – кормовой руль; 14 – носовой руль

В носовой части корпуса Б расположены конусообразные рассекатели 10 с эллипсоидными основаниями, формирующих днище 9. Вершины конусообразных рассекателей 10 имеют бульбообразную форму.

Корма подводного корпуса Б содержит усеченный транец 7, выполняющий роль редана 8, конусообразные конструкции 11, являющиеся продолжением бортов 2 и днища 9. Центры вершин конусообразных конструкций 11 смещены по горизонтальной линии от центров их оснований в наружную сторону подводного корпуса Б, через которые выходят валы гребных винтов 12.

За кормовым перпендикуляром по килевой линии, чуть выше нижней точки боковой проекции редана 8 выведен баллер, на котором закреплено перо кормового руля 13. Второй руль 14 установлен впереди подводного корпуса Б по килевой линии не далеко от нижней части форштевня 5 под днищем 9.

Описанные конструктивные решения обводов позволяют значительно расширить корпус судна в целом, и за счет «вывернутого» радиуса днища 9 уменьшить площадь плоскости мидель-шпангоута в нижней части подводного корпуса Б, который рассекает глубинные слои воды с высоким давлением, создавая/придавая этим частям гидродинамические формы с хорошей обтекаемостью от носа до кормы судна.

Увеличение ширины корпуса предлагаемым путем дает возможность значительно увеличить водоизмещение судна, что может быть основанием для сокращения его длины. Предполагается, что при посадке судна на мель такой корпус не сломается и оно не перевернется. Самые оптимальные соотношения между длиной и шириной корпуса 2,5:1. Высота бортов 1 может быть разная в зависимости от предназначения судна.

Предложенная конструкция обеспечит остойчивость судна за счет того, что обводы миделевого сечения корпуса, с максимально поднятым днищем 9 по килевой линии, дают очертание двух симметричных объемов, из которых состоит предлагаемый корпус, конкретно, его подводная часть, которая участвует в водоизмещении судна. Таким образом, приложенный вес судна и вес перевозимого груза делится на две части с центрами тяжести по бортам 1 и 2 судна, а водное пространство между ними служит для них «кормыслом», и чем шире водное пространство, тем лучше будет остойчивость судна и даже при значительных высотах надпалубных конструкций

сильные боковые ветра не смогут нарушить остойчивость судна. Большие волны и волны, порожденные цунами, в открытом море для больших судов в продольном плане корпуса будут обтекать синусоидальную форму подводного корпуса, незначительно расшатывая судно. Встречные такие же волны из-за большой длины и ширины судна не смогут повлиять на остойчивость.

Прочность корпуса обеспечивается за счет синусоидальной формы подводной части (в поперечном сечении корпуса) с тремя волнами. Согнуть или сломать такой профиль практически невозможно. Оснащение корпуса палубами, продольными и поперечными переборками значительно укрепит корпус судна и в продольном плане.

Важнейшую роль в ходкости судна играет его подводная кормовая часть. Для обеспечения плавного отрыва измещенной воды в разных частях кормы и на разных глубинных уровнях, в корме судна предусмотрен редан 8 в верхней части, а в нижней части побортно конусообразное окончание днищевых конструкций, в вершинах которых выходят валы гребных винтов 12, что значительно повлияет на улучшение ходкости судна и уменьшение кавитационных процессов.

Месторасположение руля 13 относительно гребных винтов судна 12 в значительной мере облегчает ходкость судна, так как вихревые потоки, образованные гребными винтами 12 не воздействуют на перо руля 13, а «упираясь» в водяные массы, придадут судну дополнительное ускорение.

Предусмотренные рули 13, 14, установленные по килевой линии один в носу судна, другой в корме, при положении на борт будут менять курс судна, начиная с носовой части, а кормовой руль 13 будет отклонять корму. Кроме рулей 13, 14 в управлении судном могут участвовать и гребные винты 12, варьируя своими скоростями и направлением вращения винтов 12, поэтому такое судно сможет разворачиваться на месте без помощи извне.

Ширина сегмента большого радиуса днища 9 в нижней части должна быть не меньше двух диаметров круга, образованных радиусом сегмента цилиндров, из которых состоит контур бортов 2 со скулами до конструктивной ватерлинии 3. Это условие выбрано для свободного истечения измещенной воды, обтекающей внутренние борта корпуса 2 нижней части днища 9. Для облегчения истечения тех же потоков по этому «каналу» предусмотрено

смещение центров конусов рассекателей 10 носовой части корпуса, по горизонтальной линии в сторону килевой линии на  $1/5$  радиуса сегмента цилиндра, образовавшего борта 2 судна со скулами от конструктивной ватерлинии 3 и до днища 9.

Такое смещение изменяет гидродинамические формы конусов, которые в свою очередь изменяют соотношение пропорций количества воды рассекаемой и вытесняемой носовой частью конусов рассекателей 10 с уменьшением в сторону килевой линии. Такое же смещение центров на таком же расстоянии, относительно того же самого радиуса, по той же самой горизонтальной линии предусмотрено в вершинах конусообразных конструкций 11 кормовой части судна, только в противоположную сторону от килевой линии. Это смещение должно рассеять обтекаемый поток в корме судна. Большие площади надпалубных конструкций можно рассматривать как площадки для установки солнечных батарей экономя электрическую энергию и, соответственно, расход топлива.

**Выводы.** Таким образом, за счет новой формы подводной части, а также наличия второго (дополнительного) руля, конусообразных рассекателей и впадин в носовой части подводного корпуса, обеспечивается большое водоизмещение и хорошая остойчивость. Такие суда будут иметь относительно небольшие габариты, необходимые для швартовки, будут хорошо управляемы и будут иметь более совершенные гидродинамические конструктивные характеристики подводной части корпуса, а так же большой запас прочности, что все вместе позволит конструировать суда, эффективные с энергетической точки зрения, а так же обеспечит безопасность мореплавания.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. МЕРС 60/4/35. Prevention of Air Pollution from Ships, Mandatory EEDI requirements. - Draft text for adding a new part to MARPOL Annex VI for regulation of the energy efficiency of ships.

2. Resolution МЕРС.213(63) Adopted on 2 March 2012 - 2012 Guidelines for the development of a ship energy efficiency management plan (SEEMP).

3. Пат. на винахід 114149 Україна, МПК (2017.01) В63В 1/100, В63В 1/02, В63В 1/10, В63В 1/12, В63В 1/16, В63В 1/40, В63В 3/14. Корпус судна / Делігіоз Г.Г., Парменова Д.Г. – № а 201601250; заявл. 12.02.16; опубл. 25.04.17, Бюл. № 8.