

УДК 629.5.01

**КОНЦЕПТ МНОГОЦЕЛЕВОГО РЕЧНОГО СУДНА-ЕЛЕКТРОХОДА  
НА АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЯХ**

**Г.В. Егоров**

д.т.н., профессор, генеральный директор

**Н.В. Автутов**

главный конструктор, директор по перспективному развитию

**А.Г. Егоров**

мл. научн. сотрудник

*Морское инженерное бюро, г. Одесса*

**Аннотация.** Обоснована универсальная платформа-электроход на аккумуляторных батареях, которая отличается от «классических» судов технического флота: экономией топлива; пониженным уровнем шума и вибрации; экологичностью; модульностью (имеется возможность установки различного оборудования в зависимости от поставленных задач).

**Ключевые слова:** проектирование, технический флот, судно-электроход, аккумуляторные батареи.

УДК 629.5.01

**КОНЦЕПТ БАГАТОЦІЛЬОВОГО РІЧКОВОГО СУДНА-ЕЛЕКТРОХОДА  
НА АКУМУЛЯТОРНИХ БАТАРЕЯХ**

**Г.В. Єгоров**

д.т.н., професор, генеральний директор

**М.В. Автутов**

головний конструктор, директор по перспективному розвитку

**О.Г. Єгоров**

мол. наук. співпрацівник

*Морське інженерне бюро, м. Одеса*

**Анотація.** Обґрунтована універсальна платформа-електрохід на акумуляторних батареях, яка відрізняється від «класичних» суден технічного флоту: економією палива; зниженим рівнем шуму й вібрації; екологічністю; модульністю (є можливість установки різного встаткування залежно від поставлених задач).

**Ключові слова:** проектування, технічний флот, судно-електрохід, акумуляторні батареї.

UDC 629.5.01

CONCEPT OF A MULTI-PURPOSE RIVER SHIP-ELECTRIC INPUT  
ON ACCUMULATOR BATTERIES

**G.V. Yegorov**

Doctor of Technical Sciences, Professor, General Director

**N.V. Aututov**

Chief Designer, Director for Prospective Development

**A.G. Yegorov**

ml. scientific employee

*Marine Engineering Bureau, Odessa*

**Abstract.** *Multipurpose electric propulsion vessel-platform on accumulator storage batteries has been grounded. She differs from «classical» vessels of technical fleet by: fuel saving; lowered noise and vibration level; environmental friendliness; modularity (there is possibility of installation of different equipment depending on objectives).*

**Keywords:** *design, technical fleet, electric propulsion vessel, accumulator storage batteries.*

**Постановка проблемы.** Электроход, т.е. судно, движущееся на электрической энергии, идея далеко не новая. Можно вспомнить танкер «Вандал», который был первым в мире дизель-электроходом, судном с гребными электродвигателями. Судно построили на Сормовском заводе в Нижнем Новгороде в 1903 году, а двигатели мощностью по 120 л.с. были установлены в Санкт-Петербурге. Электрическая передача на винты осуществлялась с помощью трёх генераторов и электромоторов и позволяла обеспечить реверс главных двигателей и менять мощность и скорость в широком диапазоне.

Сейчас электроходы применяются осознанно, например, когда требуется работа судна на разных скоростях и с разными упорами на винте (паромы, ледоколы, многофункциональные суда вспомогательные, суда технического флота), или когда много потребителей электроэнергии помимо движения (пассажирские суда).

Необходимость создания экологического транспорта для мегаполисов и наличие предприятий, которые сами генерируют энергию на своих гидроэлектростанциях, привели к обсуждению идеи создания перспективных судов речного технического флота на электротяге, а также других судов, работающих на бассейне, например, пассажирских.

**Целью статьи** является создание облика перспективного судна – электрохода, работающего от аккумуляторов в условиях наличия относительного дешевого (например, ночью) электричества, вырабатываемого на гидроэлектростанциях региона.

В зависимости от установленного модуля электроход сможет выполнять подводно-технические работы, использоваться при перевозке грузов, тралении и промерах глубин, а также как буксир.

**Примеры современных многофункциональных судов-электроходов.** Например, одно из самых удачных современных спасателей – проект Морского Инженерного Бюро MPSV07 типа «Спасатель Карев» – дизель-электроход [2].

Именно он стал и первой удачной универсальной платформой для реализации сразу нескольких различных функций (см. рисунок 1).

Четыре многофункциональных электрохода серии типа «Спасатель Карев» на сегодняшний день являются самыми большими и значимыми спасательными судами, построенными на отечественных верфях за счет средств программы по развитию транспортной системы.

Они предназначены для самых разнообразных задач, требующих различных режимов движения и тяги:

- патрулирование, аварийно-спасательное дежурство в районах судоходства, рыбного промысла, морских нефтяных и газовых промыслов;

- оказание технической поддержки и помощи в районах опасных для мореплавания и добычи морепродуктов, обслуживание транспортных операций в портах;

- поиск и оказание помощи терпящим бедствие судам;

- поиск, спасение, эвакуация и размещение людей, оказание им медицинской помощи;

- снятие с мели и рифов аварийных судов, откачка воды из затопленных отсеков;

- буксировка аварийных судов и объектов к месту убежищ, а также выполнение морских буксировок судов, плавучих объектов и сооружений во льдах и на чистой воде;

- оказание помощи судам и выполнение спасательных работ в ледовых условиях и на чистой воде;

- оказание помощи в тушении пожаров на плавучих и береговых объектах, доступных для подхода с моря;

- тыловое и техническое обеспечение, в том числе выполнение подводно-технических работ водолазов на глубинах до 60 метров и выше;

- тушение горящего на воде топлива, ликвидация аварийных разливов нефти и нефтепродуктов (ЛАРН);

- освидетельствование и очистка подводной части корпуса судов, плавучих и береговых объектов;

- обследование морского дна и поврежденных объектов на глубинах до 1000 м.



Рис. 1. Общий вида судна проекта MSPV07 – «Спасатель Кавдейкин»

Наличие сложного сочетания функций приводит к взаимно противоречивым тенденциям в выборе пропульсии, обводов, главных размеров и других свойств судна.

В частности, при выборе пропульсивного комплекса приходится одновременно выполнять условия по пяти возможным режимам эксплуатации:

- переход с эксплуатационной скоростью (примерно 70 % от полного хода), характерный для нахождения в заданном районе и для обычных переходов судна;
- режим полного хода при выходе на спасение – достижение высокой скорости свободного хода, что обеспечивает снижение времени подхода к аварийному судну;
- буксировка плавучих объектов – обеспечение необходимой тяги на гаке при выполнении буксировочных операций;
- обеспечение достаточного упора для стягивания аварийного судна с мели;
- эксплуатация во льдах, в том числе обеспечение ледокольных функций, для судов ледового плавания обеспечение требуемой мощности.

Кроме того, при нахождении спасаемого судна на мели, судну желательно иметь минимальную осадку, тогда оно сможет ближе подойти к объекту, а в некоторых случаях – обойти аварийное судно за бровкой глубоководного фарватера.

Понятно, что для судов с ограниченной осадкой скорость свободного хода и тяга движителей ограничивается условием полной переработки мощности главных двигателей, что, в свою очередь, определяется ограничением диаметра гребных винтов для предотвращения их аэрации и кавитации.

Форма корпуса проекта MPSV07 создавалась с использованием методов вычислительной гидромеханики (CFD моделирования), с проведением последующих проверочных модельных испытаний в опытовых бассейнах (глубоководном и ледовом). В качестве основных средств движения и управления судна типа «Спасатель Карев» оборудованы полноповоротными винто-рулевыми колонками (ВРК). Гребные винты диаметром 2600 мм изготовлены из нержавеющей стали. Привод каждой ВРК осуществляется от гребного электродвигателя мощностью 2265 кВт. Винто-рулевые колонки обеспечивают судну скорость не менее 15 узлов и упор на швартовых около 75 т (см. рисунок 2 – «Спасатель Карев» буксирует подводную лодку).

Максимальная скорость, достигнутая на испытаниях, составила 15,6 узлов.

Корпус и винто-рулевой комплекс судна проекта MPSV07 спроектирован на ледовую категорию Arc 5, при этом предусмотрена возможность эксплуатации судна при температурах до минус 40 °С.

Главная энергетическая установка – дизель-электрическая, состоящая из четырёх главных дизель-генераторов переменного тока 690 В, 50 Гц электрической мощностью 1370 кВт каждый.



*Рис. 2. Буксировка подводной лодки электроходом проекта MPSV07 «Спасатель Карев» из Санкт-Петербурга в Калининград*

**Первое современное отечественное круизное судно-электроход.** 31 мая 2017 года в Санкт-Петербурге состоялось крещение первого построенного в XXI веке круизного пассажирского судна смешанного река-море плавания «Штандарт» проекта PV09 (строительный номер 100) [1].

Круизное пассажирское судно проекта PV09 (см. рисунок 3) предназначено для совершения круизных рейсов по европейским внутренним водным путям, в том числе через Волго-Балт, Волго-Дон, Беломорско-Балтийский канал, по Волге, Москве-реке, на линиях, соединяющих порт Москва, порт Санкт-Петербург и порт Беломорск через Беломорско-Балтийский канал, с возможностью выхода в Белое море и на Соловецкие острова, в Финский залив, Каспийское, Азовское и Черное моря.



*Рис. 3. Общий вид  
круизного пассажирского судна-электрохода проекта PV09*

Оно стало прототипом для концепта PV300VD. Это, по сути, начало той «линейки» круизных судов, к постройке которых приступили астраханский завод «Лотос» и нижегородский завод «Красное Сормово».

Все главные общепроектные решения концепта PV300VD были отработаны на PV09, в том числе архитектура и особенно боковой вид, свойственный яхтам и круизным судам XXI века; помещения и каюты с максимальным остеклением (большими окнами); «плавучая гостиница» с устройством полноценных балконов, носовым обзорным салоном; двухуровневой «солнечной» палубой с баром, бассейном, в плохую погоду часть палубы закрывается при помощи сдвижного тента; дизель-электрическая пропульсия; полноповоротные винто-рулевые колонки в качестве единого средства движения и управления судном.

Крайне сложным было сочетание ограничения по осадке и длине (для работы на реке Ока), по надводному габариту (для прохода под мостами на Москве-реке в центральной части города), по ширине судна (для работы на ББК).

Движение и управляемость судна обеспечивается двумя кормовыми полноповоротными двухвинтовыми винто-рулевыми колонками (ВРК) с винтами фиксированного шага с механической мощностью на входном валу по 1100 кВт каждая с приводами от гребных электродвигателей электрической мощностью 1200 кВт каждый.

Главная энергетическая установка – дизель-электрическая. Состоит из четырех главных дизель-генераторов электрической мощностью по 830 кВт каждый, питающих главную электрическую сеть судна от которой, в том числе, питается гребная электрическая установка (ВРК).

Для обеспечения полного контроля над движением судна при маневрировании на малом ходу, швартовых операциях и постановке судна в док предусматривается установка системы управления судном, которая связывает все движители судна (винты, ВРК и подруливающие устройства) в единый модуль и при этом управление всеми этими движителями осуществляется при помощи одного джойстика.

Для круизного пассажирского судна, у которого потребности пассажирской части в энергии соизмеримы с потребностями в энергии для движения, применение электродвижения обеспечивает значительные преимущества при постройке и, в особенности, при эксплуатации.

Электродвижение позволило при постройке исключить один дизель-генератор по мощности и сократить в целом количество дизелей – установлено 4 главных дизель-генератора вместо 3 главных двигателей и 3 дизель-генераторов.

Во время нормальной эксплуатации гребные электродвигатели и остальные судовые потребители обеспечиваются энергией двумя главными дизель-генераторами. Третий дизель-генератор находится в резерве или работает при ходе с увеличенной скоростью либо при плохих погодных условиях. На четвертом дизель-генераторе можно проводить техническое обслуживание.

Дизель-электрическая СЭУ обеспечивает более высокую экономичность на малых и средних ходах, а также во время рейсов судна с частыми остановками и маневрами. Электрическая передача позволяет применять гребные винты с наилучшим коэффициентом полезного действия и использовать первичные двигатели в наиболее экономичном режиме, так как между первичным двигателем и винтом может быть выбрано практически любое передаточное число.

Сейчас также обсуждаются перспективы танкеров-электроходов.



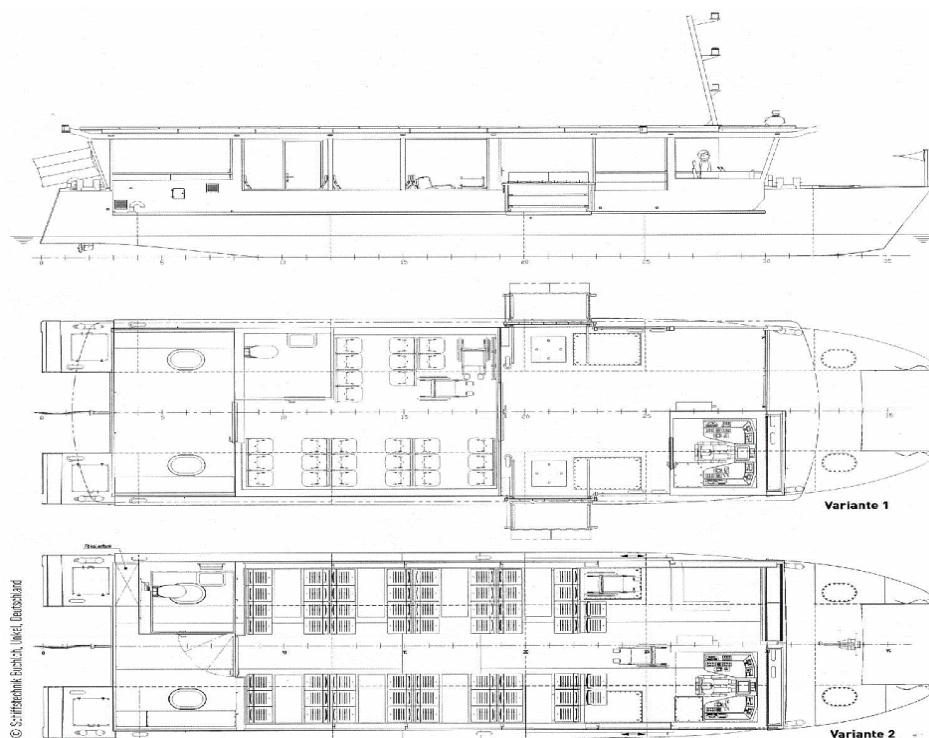
**Меняем источник энергии – переходим от нефти к возобновляемым источникам электроэнергии.** Всегда главным был вопрос об источнике энергии. Двигатели внутреннего сгорания, паровые машины, паровые турбины.

Фактически сжигалось топливо, как правило, нефтепродукты преобразовывались в электрическую энергию, которая в свою очередь шла на гребные электродвигатели, далее на винты, водометы, гребные колеса.

Развитие науки и техники позволило найти и иным источникам электроэнергии, причем возобновляемым. От солнца – солнечные батареи и от электрических сетей через накопители – аккумуляторы к двигателям.

Такое решение приводит к заметному снижению выбросов в окружающее пространство, вплоть до «нулевого». Это действительно технологии будущего.

Пример судна, работающего от энергии солнца – пассажирское прогулочное судно компании CIG проекта FS 1850 [4] (см. рисунок 4).



*Рис. 4. Общее расположение пассажирского судна, работающего на солнечных батареях*



Примером объекта, работающего от береговых сетей, являются некоторые типы земснарядов. Если земснаряд получает электроэнергию с берега, то его судовая энергетическая установка (СЭУ) так же, как и сам земснаряд, оказываются значительно проще в постройке и обслуживании. Поэтому по возможности, в частности в гидромеханизации строительства, стремятся использовать земснаряды именно с такими СЭУ.

Отечественная промышленность строила такие землесосы шести типов большими сериями с диаметром нагнетательного трубопровода 0,3-0,8 м и мощностью двигателя грунтового насоса до 4400 кВт [3].

В таблице 1 приведены основные характеристики этих снарядов.

Электроснабжение осуществляется обычно по воздушным линиям электропередач и гибким шланговым кабелем, проложенным по плавучему трубопроводу. Главные электродвигатели на отечественных судах работают на напряжении 6 кВ.

Другие потребители, за исключением мощных двигателей механического разрыхлителя, питаются напряжением 380-220 В. На землесосе часто предусматривают резервный дизель-генератор 380/220 В мощностью 50-100 кВт.

В качестве главных обычно используют синхронные двигатели, позволяющие компенсировать реактивную мощность, но не допускающие регулирования частоты вращения. Из-за этого при эксплуатации на укороченный трубопровод, чтобы избежать перегрузки двигателей, приходится использовать наиболее неэкономичный дроссельный способ регулирования.

Таблица 1

*Основные характеристики землесосов,  
оборудованных электрическими установками*

Характеристика	Значение характеристики для землесоса					
	100-40К	300-40	350-50Л	350-50Т	500-60	1000-80
Диаметр нагнетательного трубопровода, мм	300	500	500	500	600	800
Дальность отвода грунта, м	1300	1000	2000	2000	2500	3500
Мощность, кВт:						
общая	481,5	1227	1450	2300	2900	5130
главного двигателя	380	864	1250	1250	2437	4400
Параметры грунтового насоса на воде в оптимальном режиме:						
подача, м <sup>3</sup> /ч	1200	3000	3600	3600	5600	11000
напор, м	43	45	60	60	60	80
Размеры корпуса <i>L x B x H x T</i> , м	22,21x8,0x 1,61x0,74	30x9,5x 2,0x1,0	31x9,5 x2,0x1,1	38x10,4 x2,7x1,7	37x10x 2,3x1,1	45x12x 2,85x1,42

В качестве главных обычно используют синхронные двигатели, позволяющие компенсировать реактивную мощность, но не допускающие регулирования частоты вращения. Из-за этого при эксплуатации на укороченный грунтопровод, чтобы избежать перегрузки двигателей, приходится использовать наиболее неэкономичный дроссельный способ регулирования.

Много землесосов с электрической СЭУ строится в США и Японии. В Японии почти половина землесосов с механическими разрыхлителями не имеет автономной СЭУ. Мощность главных двигателей японских землесосов достигает 4000 кВт, однако чаще она составляет 1000-1500 кВт.

Земснаряды других типов с электрической СЭУ обычно не строят.

Но вот насколько такие технические решения, привлекательные для экологически чувствительных зон (природоохранные территории, мегаполисы), экономически оправданы?

Этот вопрос действительно сдерживает широкое применение батарей на флоте.

Для солнечных батарей требуется соответствующая погода, для работы от сетей – дешевая электроэнергия в сети.

Предпосылки экологические – «налицо».

А вот с точки зрения экономики абсолютно удачным является наличие предприятия «Канал им. Москвы», которое само генерирует энергию на своих гидроэлектростанциях. За счет неравномерного графика потребления электроэнергии резервы временной свободной мощности достигают 15-17 млн кВтч из общего годового объема выработки, которые могут использоваться для зарядки перспективных судов технического флота на электротяге, а также других судов, работающих на бассейне, например, пассажирских.

Необходимость создания экологического транспорта для региона и возможности генерирующего предприятия привели к обсуждению идеи создания единой судовой универсальной платформы на электротяге.

Кроме того, существующий флот предприятия требует обновления по возрасту и техническому состоянию. Средний возраст всего технического флота ФГБУ (193 единицы) составляет 39,5 лет. По данным предприятия, на начало 2018 года 11 судов из 193 имели техническое состояние «негодное», 8 судов в навигацию 2017 года не эксплуатировалось. Большинство единиц флота в силу физического и морального старения нуждаются в обновлении и модернизации, всего 2 судна находилось в процессе переоборудования в 2017 году, 4 судна ожидало слипования.

Этот флот требуется замены на новые суда. Такие суда должны быть многоцелевыми, а также учитывать современные требования к экологической безопасности.

Для решения поставленной задачи была выполнена научно-исследовательская работа, в результате которой был сформирован облик перспективного судна, работающего на электротяге проекта BLV03 (см. рисунок 5).

В зависимости от установленного модуля электроход сможет выполнять подводно-технические работы, использоваться при перевозке грузов, тралении и промерах глубин, а также как буксир.

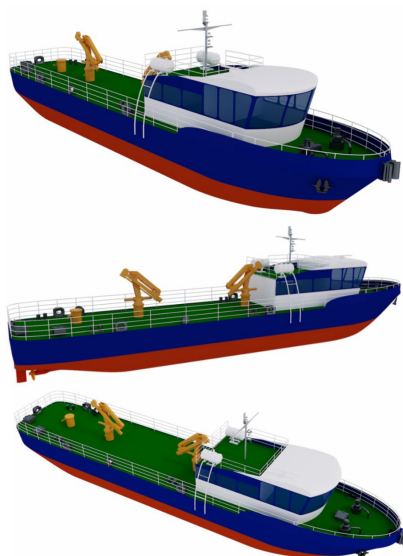
Основные характеристики судна: длина габаритная 29,22 м, длина по ватерлинию 26,89 м, ширина расчетная 5,00 м, высота борта 2,70 м, осадка 1,10 м, мощность гребного электродвигателя 2x180 кВт, экипаж 5 человек, скорость хода 20 км/час.

В соответствии с предполагаемыми районами выполнения промерных и других работ выбран класс  $\times$  Р 1,2 (лед 10) А РРР.

Общее расположение судна проекта BLV03 можно увидеть на рисунке 6.

Помещения для экипажа, осуществляющего дневное и ночное дежурство, расположены в носовой части судна.

На основании выполненного анализа, ввиду явного преимущества монокорпусного судна по сравнению с катамараном при строительстве (более низкая трудоемкость, что важно при серийной постройке), при проектировании нового обстановочного судна проекта BLV03 применялась монокорпусная конструкция.



*Рис. 5. Общий вид единой универсальной платформы технического флота на электротяге проекта BLV03*

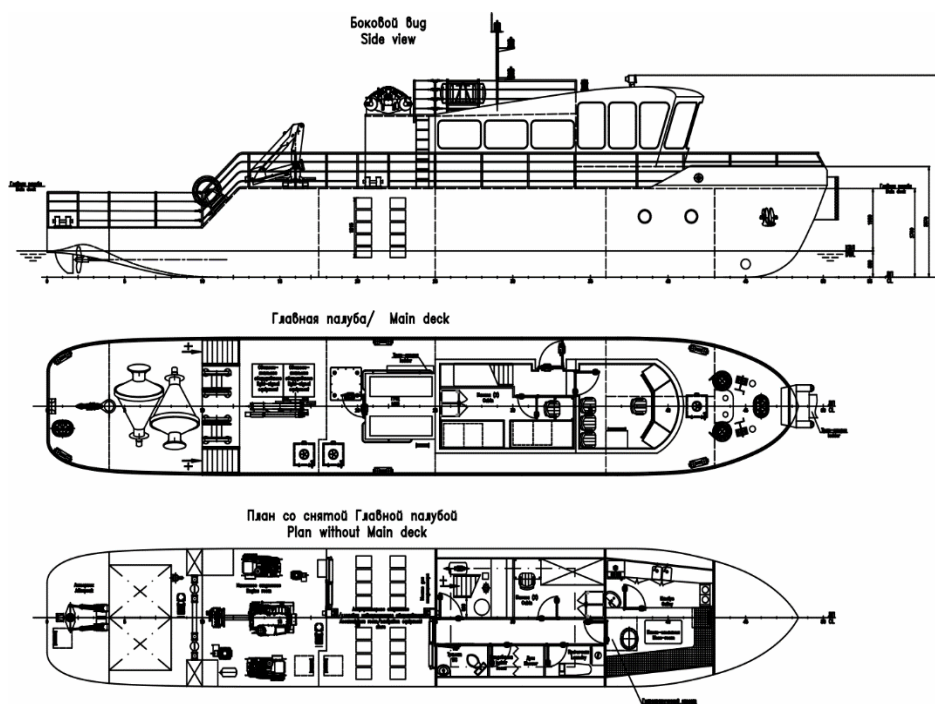


Рис. 6. Общее расположение единой универсальной платформы технического флота на электротяге проекта BLV03

Основным преимуществом катамарана, работающего на реке, является увеличенная по сравнению с однокорпусным судном площадь грузовой палубы, помещений и палуб – но на проекте BLV03 за счёт удлинения корпуса судна удалось увеличить полезную рабочую площадь грузовой палубы, причем в перспективе на базе такой платформы можно сделать вполне рациональное пассажирское судно местных линий или прогулочное.

В качестве движительно-рулевого комплекса приняты полноповоротные винто-рулевые колонки (ВРК) как наиболее оптимальные для предполагаемых работ (см. рисунок 7).

Прорабатывались также варианты работы классического комплекса винт-руль (см. рисунок 8) и водомётного движителя (см. рисунок 9).

Основным преимуществом пропульсивного комплекса с ВРК является существенное улучшение маневренности судна (особенно важно при эксплуатации судна в стесненных условиях), при относительной дешевизне изделия, простоте монтажа и возможности модульной замены без постановки судна в док.

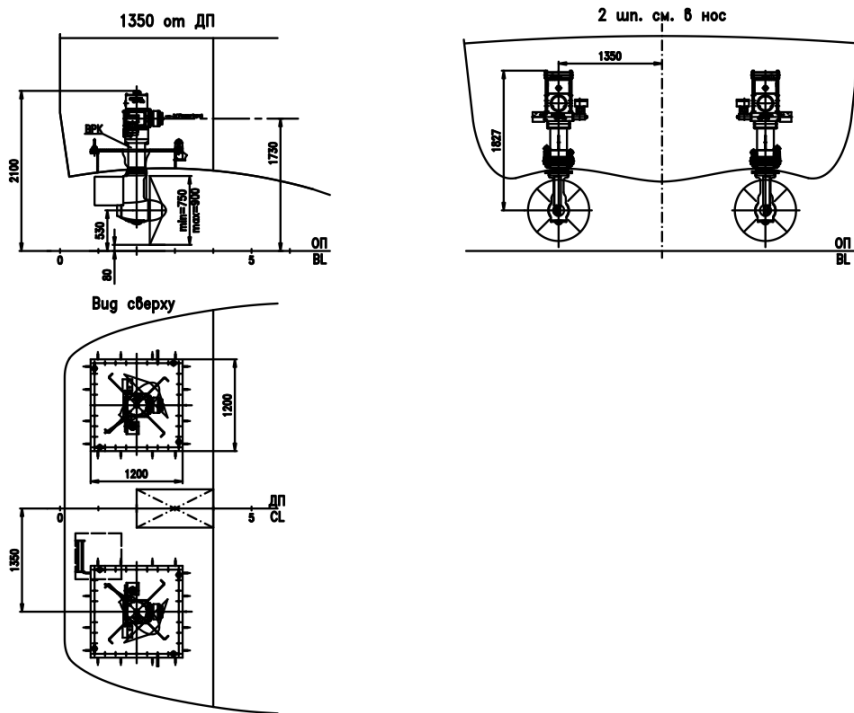


Рис. 7. Расположение ВРК для единой универсальной платформы проекта BLV03

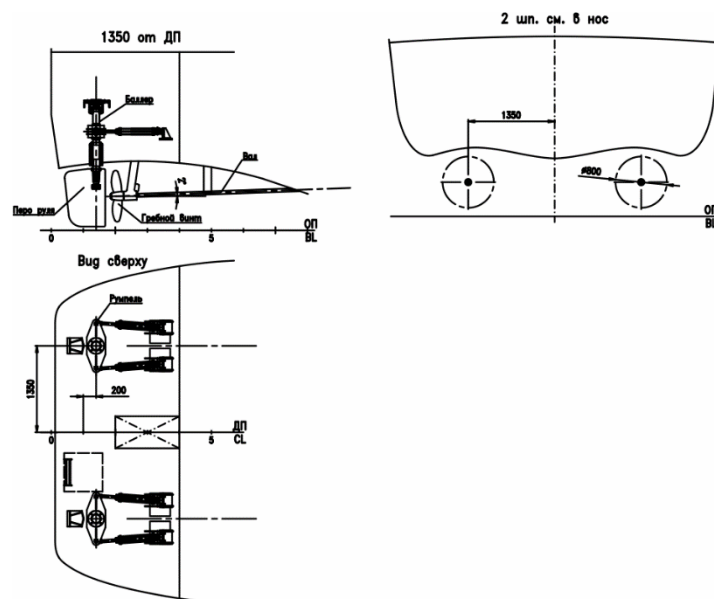


Рис. 8. Расположение классического комплекса винт-руль для единой универсальной платформы проекта BLV03

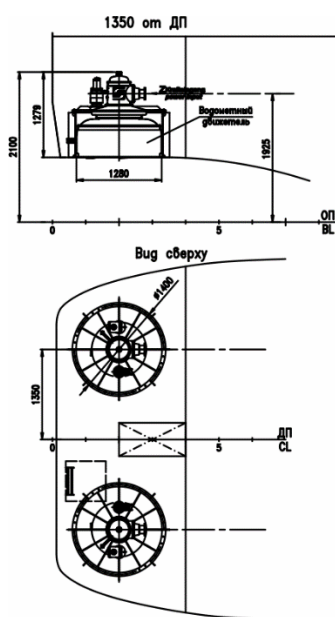


Рис. 9. Расположение водометного движителя для единой универсальной платформы проекта BLV03

Для выполнения работ по обслуживанию буев судно оборудовано телескопическими кранами-манипуляторами.

Для выполнения промерных работ судно получило многолучевой эхолот, который позволяет визуализировать в реальном времени рельеф дна.

Особый интерес на разработанном концепте представляет специально созданная ООО «НПК Морсвязьавтоматика» для проекта BLV03 единая электроэнергетическая система с гребной электрической установкой.

Был проведен анализ современных технологий накопления и выдачи электрической энергии с помощью Li-ion аккумуляторных батарей.

На основании выбранного типа аккумуляторных батарей разработали структурная схема и определили состав оборудования единой электроэнергетической системы с гребной электрической установкой на базе статических преобразователей частоты с общей шиной постоянного тока, включающих активный выпрямитель и автономный инвертор для управления асинхронным короткозамкнутым электродвигателем.

Также были определены состав единой системы управления энергетическим комплексами судна и ожидаемые массогабаритные характеристики применяемого оборудования.

Единая электроэнергетическая система с гребной электрической установкой (ЕЭЭС с ГЭУ) универсальной платформы на электротяге проекта BLV03 включает в себя:

- главную энергетическую установку на основе Li-ion аккумуляторных батарей, предназначенных для обеспечения движения судна на номинальной мощности в течение 5 часов и обеспечения работы всего вспомогательного оборудования в течение 12 часов (время полного заряда аккумуляторных батарей не более 5 часов);

- вспомогательную энергетическую установку в составе одного аварийного дизель-генератора мощностью 30 кВт;

- два гребных электрических двигателя (ГЭД) мощностью 180 кВт каждый с инвертором и синус-фильтром;

- вспомогательные механизмы и аппараты, обслуживающие энергетическую установку, включая активные выпрямители напряжения и систему питания с берега;

- питание для второстепенных потребителей 380 В и 220 В.

Основным фактором в использовании напряжения постоянного тока для распределения электроэнергии от источника питания к потребителям является применение источников постоянного напряжения – Li-ion аккумуляторных батарей. Неоспоримым преимуществом такой схемы является малое количество преобразований напряжения, а значит и более высокий коэффициент полезного действия.

Каждая аккумуляторная батарея состоит из нескольких батарей подключенных параллельно, каждая через свой коммутационный аппарат. Выход из строя одной батареи не оказывает влияния на работу всей системы. Таким образом, обеспечивается высокая надежность.

Была определена расчетная энергоемкость аккумуляторных батарей  $W$  с учетом загрузки и потери энергоемкости за 10 лет (см. таблицу 2).

*Таблица 2*

*Расчетная энергоемкость аккумуляторных батарей  $W$ , кВтч*

Скорость судна, км/ч	Круглогодичная эксплуатация (потеря емкости 30 %)	Эксплуатация 250 дней (потеря емкости 20 %)
10	767	675
15	1375	1210
20	2556	2250

Оборудование ООО «НПК Морсвязьавтоматика» более компактное и меньше весит, что для рассматриваемой задачи является определяющим.



Учитывая невозможность круглогодичной эксплуатации на ВВП, за расчетный был принят вариант восьмимесячной эксплуатации при скорости судна 20 км/ч – 2250 кВтч.

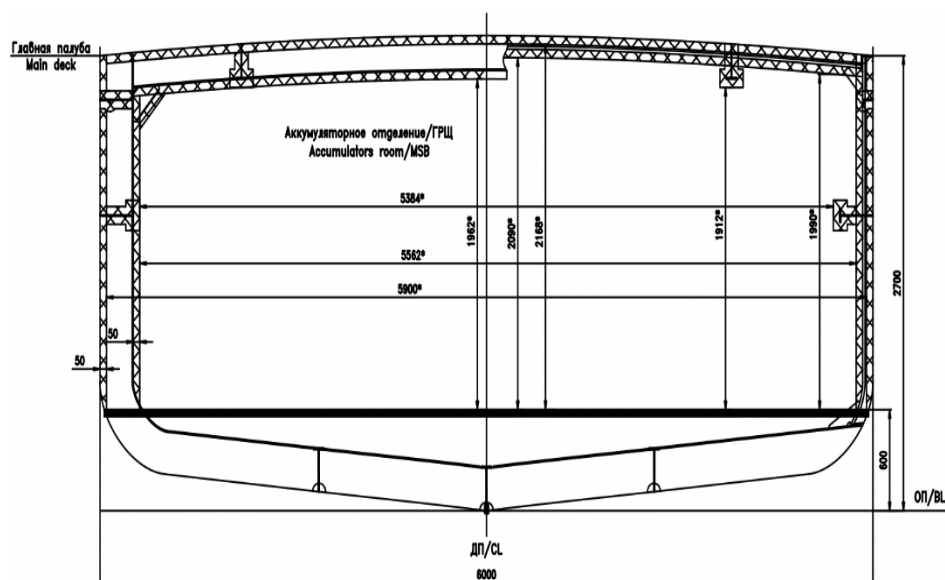
Под выбранную энергоемкость  $W = 2250$  кВтч ООО «НПК Морсвязьавтоматика» были предложены Li-ion аккумуляторные батареи собственного производства (см. таблицу 3, где приведено сравнение с батареями компании Corvus Energy).

Таблица 3

*Массогабаритные характеристики выбранного оборудования*

Производитель	$W$ , кВтч		
	Мощность аккумуляторов, кВтч	Масса аккумуляторов, т	Габаритные размеры, ШхВхГ, мм
2250 Corvus Energy	25 стоек = 2260	31,3	21625 x 1750 x 738
ООО «НПК Морсвязьавтоматика»	24 стойки = 2342	26,4	20688 x 1688 x 710

В средней части судна расположено аккумуляторное отделение, совмещенное с ГРЩ (см. рисунок 10).



*Рис. 10. Расположение аккумуляторного отделения, совмещенного с ГРЩ, на единой универсальной платформе проекта BLV03 (сечение по миделю)*

Предполагается в будущем, что судно сможет курсировать и как беспилотник – на дистанционном управлении. С помощью камер, радаров, системы GPS-мониторинга и других датчиков судно сможет без экипажа на борту прокладывать маршрут и подходить к причалу.

Таким образом, создан уникальный инновационный концепт единой универсальной платформы судна технического флота на электротяге проекта BLV03, который обеспечивает «нулевой» выброс в атмосферу близ мегаполиса.

**Заключение.** Создана единая универсальная платформа-электроход проекта BLV03, которая отличается от «классических» судов технического флота:

- экономией топлива. Li-ion аккумуляторные батареи рассчитаны на 12 часов хода. Их можно будет подзарядить на причалах генерирующего предприятия во время стоянки. На это уходит примерно до двух часов. Цена 12 часов хода – 8,5 тысяч рублей из расчета 3,6 руб. за 1 кВт. Столько придется выложить за электроэнергию по рыночной цене. Но электроэнергия, вырабатываемая собственными ГЭС на гидроузлах генерирующего предприятия, сильно дешевле. Один киловатт уже будет стоить 80 копеек, то есть за 12 часов хода – 1,9 тыс. руб. Для сравнения: 12-часовая работа судна на дизельном топливе обходится в 17,52 тыс. руб.

В итоге рыночные киловатты дешевле дизеля в два раза, а собственная электроэнергия канала – в девять раз;

- пониженным уровнем шума и вибрации;  
- экологичностью;  
- модульностью (имеется возможность установки различного оборудования в зависимости от поставленных задач).

Учитывая потребности в обновлении технического флота, разработанный концепт вполне представляется своевременным решением проблемы и может быть рекомендован к запуску в серийное строительство.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Егоров Г.В., Калугин Я.В. *Высококомфортабельное круизное судно смешанного река-море плавания ББК класса [Тезис] // Труды НТК по СМК памяти проф. В.А. Постнова. – СПб.: СПбГМТУ, Крыловский государственный научный центр, 2017. – С. 159-160.*
2. Егоров Г.В., Хаустов А.В., Автутов Н.В. *Серия многофункциональных аварийно-спасательных судов мощностью 4 МВт ледового плавания проекта MPSV07 типа «Спасатель Карев» [Текст] // Судостроение. – 2014. – № 1. – С. 18-25.*

3. *Иванов В.А., Лукин Н.В, Разживин С.Н. Суда технического флота [Текст]. – М.: Транспорт, 1982. – 366 с.*
4. *Сайт «Central Industry Group» (CIG). [Электронный ресурс]. – URL.: <https://www.centralindustrygroup.com/about/projects/hydropower11/7?catid=291> (дата обращения 22.11.2018).*

*Стаття надійшла до редакції 15.11.2018*

**Рецензенти:**

доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри «Теоретична і прикладна механіка» Одеського національного морського університету  
**А.В. Гришин**

доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри «Машинознавство» Одеського національного морського університету  
**А.В. Конопльов**