

# ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ И СИСТЕМЫ

УДК 656.62/629.783/621.396.932

**В. В. Каретников,  
И. В. Пашенко,  
А. И. Соколов**

## ПОСТРОЕНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ И КОНТРОЛЯ ВЫСОКОТОЧНЫМ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫМ ПОЛЕМ ГНСС ГЛОНАСС НА СЕВЕРНОМ МОРСКОМ ПУТИ

*В настоящее время на Северном морском пути (СМП) наблюдается ежегодный рост объемов перевозок, осуществляемых морским флотом, поэтому существует острая необходимость построения системы управления и контроля высокоточным дифференциальным полем ГНСС ГЛОНАСС. Построение такой системы позволит качественным образом осуществлять контроль дифференциального поля, что позволит повысить уровень безопасности мореплавания. На СМП внедрено и функционирует шесть контрольно-корректирующих станций (ККС), которые формируют дифференциальное поле независимо друг от друга, причём комплексный контроль параметров дифференциального поля практически не ведётся. Не существует технологий, позволяющих осуществлять качественный контроль и управление дифференциальным полем ГНСС ГЛОНАСС. В данной статье представлены предложения, которые позволят сформировать на СМП систему управления и контроля высокоточным дифференциальным полем ГНСС ГЛОНАСС.*

*Ключевые слова: система мониторинга, СМП, контрольно-корректирующая станция, дифференциальное поле, безопасность мореплавания.*

**С**ЕВЕРНЫЙ морской путь (СМП) — кратчайший морской путь между Европейской частью России и Дальним Востоком, который определяется законодательством РФ как исторически сложившаяся национальная единая транспортная коммуникация России в Арктике. СМП проходит по морям Северного Ледовитого океана (Карское, Лаптевых, Восточно-Сибирское, Чукотское) и частично Тихого океана (Берингово море). Длина СМП от Карских Ворот до бухты Провидения составляет около 5600 км. СМП организационно делится на:

- западный сектор Арктики от Мурманска до Дудинки, который обслуживается ледоколами Мурманского морского пароходства;
- восточный сектор Арктики от Дудинки до Чукотки, обслуживается ледоколами Дальневосточного морского пароходства.

РФ сегодня продолжает освоение и использование СМП. В ближайшем будущем прогнозируется увеличение общего объема грузопотока по трассе «СМП». В соответствии с уже начатыми проектами по освоению газовых месторождений полуострова Ямал и другими проектами по развитию Сибири и Дальнего Востока арктическая морская транспортная система должна обеспечить к 2020 г. объем перевозок по СМП до 64 млн т. Поэтому работы по оснащению СМП ККС ГНСС ГЛОНАСС, несмотря на имеющиеся трудности, связанные с отсутствием необходимой инфраструктуры и дополнительными транспортными затратами, являются на сегодняшний день наиболее актуальными.

На данный момент на СМП установлены и эксплуатируются шесть ККС: на о. Олений, на мысе Стерлигова, на о. Андрея, на о. Столбовой, на р. Индигирка, на о. Каменка. Все эксплуатируемые ККС работают независимо друг от друга, ими не сформировано сплошное дифференциальное поле, также отсутствует централизованный контроль за работой существующих ККС. Актуальная на данный момент картина расположения ККС на СМП показана на рис. 1.

В соответствии с Государственной программой РФ «Развитие транспортной системы», подпрограммой «Морской и речной транспорт», подпрограммой «Развитие гражданского использова-

ния системы ГЛОНАСС на транспорте», Постановлением Правительства РФ от 15 апреля 2014 г. № 319 для организации высокоточного дифференциального сервиса в районе СМП и устьевых районов северных рек предполагается использование дополнительно к существующим ещё восьми ККС, работающих в СВ-диапазоне. Эти ККС предполагается разместить в следующих опорных пунктах: мыс Тонкий (Югорский Шар), о. Визе (Карское море), пос. Новорыбное (устье р. Хатанга), о. Котельный (море Лаптевых), ККС Янрангай (Восточно-Сибирское море, пос. Певек), о. Врангеля (Чукотское море), мыс Дежнева (Чукотское море), пос. Провидения (Чукотка) (рис. 2).

Установка дополнительной ККС, по всей видимости, позволит обеспечить надлежащий уровень сопряжения и перекрытие зон действия соседних ККС. Таким образом, весь СМП будет охвачен сетью ККС, которые будут способствовать повышению точности и достоверности определения координат судов, что в свою очередь, будет способствовать повышению уровня безопасности мореплавания [1]. Все ККС предлагается оборудовать средствами коммуникации, которые позволят осуществлять обмен электронной корреспонденцией, и коротковолновыми приёмопередатчиками, объединёнными в единую сеть.

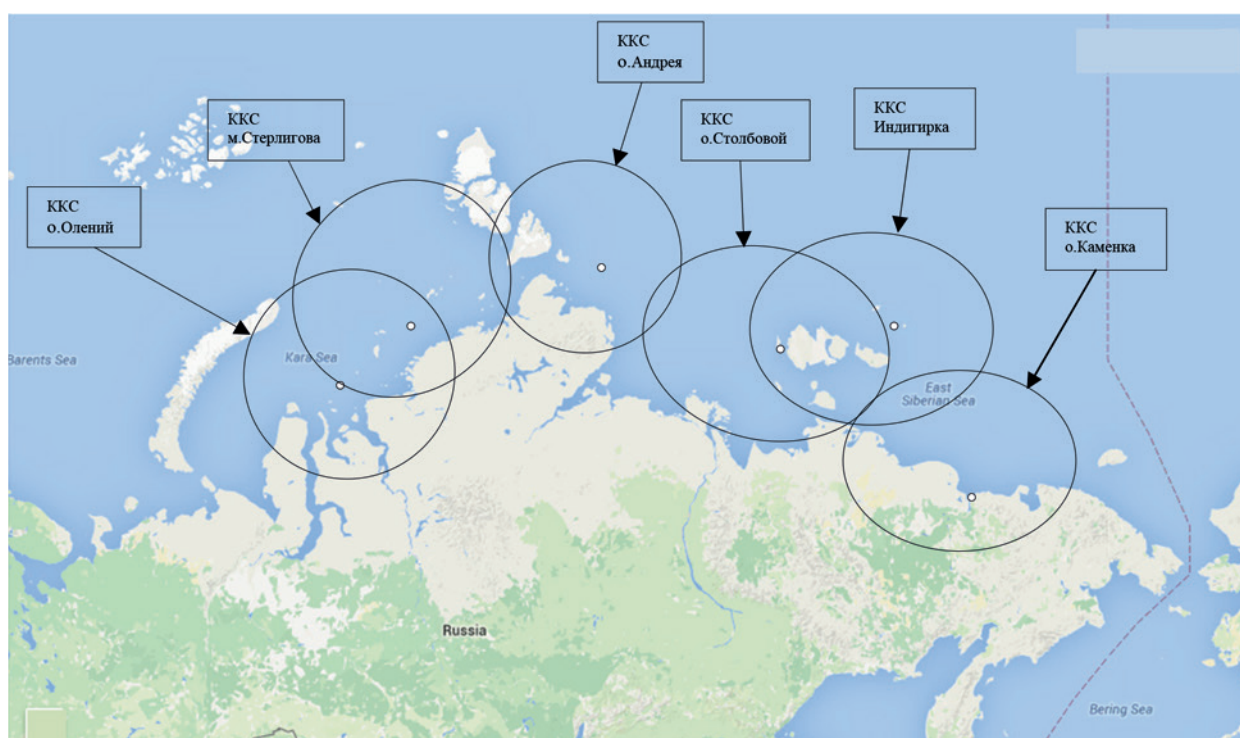


Рис. 1. Существующая картина дифференциального поля на СМП

В соответствии с принятой концепцией, сплошное радионавигационное поле дифференциальной поправки ГЛОНАСС должно образовываться путём построения сети локально-дифференциальных подсистем (ЛДПС). При этом должно обеспечиваться перекрытие рабочих зон ККС как минимум на 10 – 15 %, а достаточным перекрытием принято считать 30 % [1].

Принимая во внимание изложенное, предложим вариант построения системы мониторинга высокоточного дифференциального поля ГНСС ГЛОНАСС в рассматриваемом регионе. Для интеграции данных о состоянии ГНСС на всех участках СМП следует построить систему управления и контроля высокоточным дифференциальным полем ГНСС ГЛОНАСС на СМП, которая может состоять из Центральной службы мониторинга дифференциального поля (ЦСМД) и цепи ККС [1].

ЦСМДП будет являться так называемым управляющим центром, функцией и задачей которого будет оценка коррекционных данных от базовых отсчетных станций, определение точности всех ГНСС сигналов, полученных от каждой отсчетной станции, расчёт погрешности и проверка

достоверности всей автоматизированной системы мониторинга параметров дифференциального поля на СМП [1].

В местах сопряжения, предполагаемых зон действия сигналов ККС, предлагается установить удалённые пункты контроля (УПК) на базе аппаратуры мобильного мониторинга дифференциального поля (АММ), также потребуется установка удалённых контрольно-управляющих станций (УКУС), для контроля целостности дифференциального поля (рис. 3). УКУС могут быть развёрнуты по административному признаку.

УКУС, по всей видимости, можно будет использовать для:

- повышения навигационной безопасности плавания, в том числе на подходах к портам, а также в других местах с ограниченной возможностью маневрирования;
- повышения точности навигационных данных;
- обеспечения контроля целостности ГНСС ГЛОНАСС;
- обеспечения координирования аварийно-спасательных работ;
- обеспечения высокоточной геодезической привязки средств навигационного оборудования на подходах к портовым комплексам;
- применения в автоматической идентификационной системе для автоматизации процесса опознавания и регистрации судов в зоне действия ККС;
- использования в составе систем управления движением судов для контроля за движением судов в подходных зонах к портам, местах интенсивного судоходства, в узкостях и экологически опасных районах.

Набор конкретных задач, решаемых УКУС, предлагается определять особенностями каждого района.

Мониторинг и контроль целостности ГНСС ГЛОНАСС предлагается осуществлять при помощи информационных каналов многофункциональной системы персональной спутниковой связи и передачи данных с космических аппаратов (КА) на низких орбитах [2], построенной на базе малых спутников. Данная спутниковая система уже функционирует в районе СМП и устьевых районов северных рек. В данный момент действует ряд опытных зон, находящихся в районах, не охваченных наземными сетями GSM.



Рис. 2. Планируемая система мониторинга высокоточного дифференциального поля ГНСС ГЛОНАСС

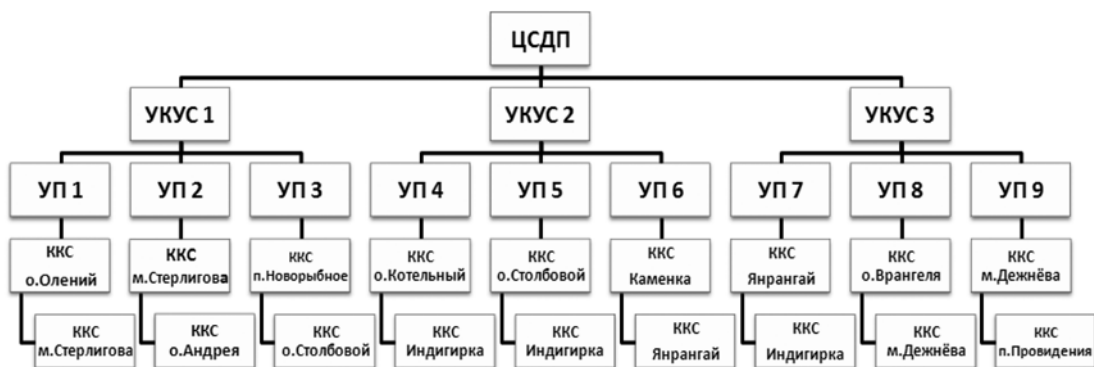


Рис. 3. Схема структуры системы мониторинга дифференциального поля на СМП

В испытаниях отрабатывалась передача координатной информации, тревожных и текстовых сообщений с транспортных средств в центр мониторинга, расположенный в технопарке «Якутия». Также обеспечивалась и обратная связь (рис. 4).

Береговые средства связи в Арктике не охватывают большей части региона, действуя лишь на незначительном удалении от берега. К тому же, учитывая ландшафт (ледовое поле / открытая вода) развитие в регионе средств связи наземного базирования носит ограниченный характер — использование спутниковой связи является во многих случаях единственной альтернативой.

Связь в Арктике необходима как для мобильных, так и для стационарных пользователей, что делает востребованной решения на базе низкоорбитальной системы подвижной спутниковой связи «Гонец». Система обеспечивает полное покрытие Арктического региона, включая приполярный и полярный районы. Приоритетным направлением развития связи в Арктике является связанное обеспечение СМП.

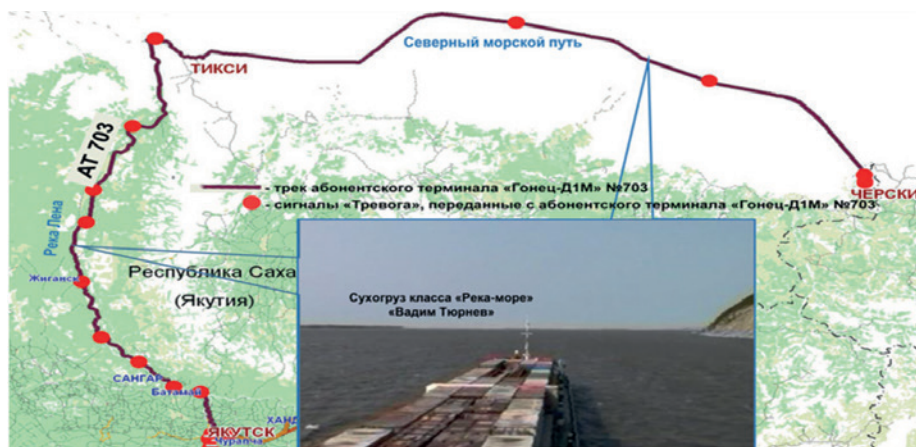


Рис. 4. Спутниковая связь в Якутии. Судходная трасса по р. Лена с выходом на судходную магистраль СМП

Спутниковая система «Гонец» способна обеспечить на всем протяжении СМП и в любой точке Арктического региона [2]:

- обмен сообщениями с абонентами сетей общего пользования;
- доставку на суда и другим пользователям метеорологической информации;
- возможность отслеживать перемещение судов и других мобильных объектов посредством передачи их координат в диспетчерские центры средствами системы «Гонец»;
- обеспечение связи между судами и другими абонентами на Северном морском пути;
- возможность отправки сигналов бедствия;
- связь с береговыми службами;

– сбор и передачу различных телеметрических данных с судов (скорость хода, запас горючего и т. п.) и различных отраслевых объектов;

– экстренное оповещение регионов при угрозе ЧС.

Необслуживаемые терминалы «Гонец» могут быть установлены непосредственно на буюх или других специальных плавающих объектах, где осуществляется сбор данных о качестве параметров высокоточного навигационного поля. Для связи устанавливается штыревая антенна. Сбор данных может производиться как по запросу спутника, так и по мере накопления информации [2].

Внедрение ЦСМДП, по всей видимости, позволит:

– повысить уровень навигационной безопасности плавания на СМП;

– обеспечить контроль целостности ГНСС ГЛОНАСС [3], [4];

– обеспечить интегрирование данных о состоянии ГНСС ГЛОНАСС на всех участках СМП на основе информации, получаемой от ККС [5];

– обеспечить централизованный контроль и оптимальное управление работой ККС [6], [7];

– обеспечить контроль характеристик навигационного поля [8].

Построение системы управления и контроля высокоточным дифференциальным полем ГНСС ГЛОНАСС на СМП должно обеспечить:

– решение большого круга задач (контроль перевозки опасных грузов, навигация судов морского флота, высокоточные гидрографические исследования);

– внедрение конкурентно способной российской аппаратуры;

– значительное снижение риска аварий судов, выполнение международных соглашений в области повышения уровня безопасности судоходства, повышения уровня экологической безопасности [9].

Построение такой системы на СМП не только существенно повысит уровень безопасности судоходства, но также позволит уменьшить риск экологических катастроф, обеспечит решение многих задач, поставленных в данном регионе и во всей стране в целом [10]. Представленная в данной статье система управления в полной мере соответствует Морской доктрине Российской Федерации, которая была представлена в Послании Президента РФ Федеральному собранию от 4 декабря 2014 г., также данная система управления в полной мере соответствует решению по итогам заседания президиума Совета при Президенте Российской Федерации по модернизации экономики и инновационному развитию России «О разработке и реализации Национальной технологической инициативы» от 9 июня 2015 г.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. К вопросу построения автоматизированной системы мониторинга параметров высокоточного навигационного поля / В. В. Каретников, И. В. Пашенко, А. И. Соколов, И. Г. Кузнецов // Морская радиоэлектроника. — 2015. — № 2 (52). — С. 24–27.

2. Многофункциональная система персональной спутниковой связи и передачи данных с космических аппаратов на низких орбитах «Гонец-Д1М» [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.gonets.ru/> (дата обращения: 12.11.2015).

3. Каретников В. В. Развитие и перспективы современных инфокоммуникационных систем для обеспечения судоходства на внутренних водных путях России / В. В. Каретников, А. А. Сикарев // Журнал университета водных коммуникаций. — 2010. — № 4. — С. 74–77.

4. Каретников В. В. Перспективы комплексирования речных инфокоммуникационных технологий для повышения безопасности судоходства на внутренних водных путях / В. В. Каретников, В. А. Бекряшев // Речной транспорт (XXI век). — 2014. — № 2 (67). — С. 49–53.

5. Каретников В. В. Топология дифференциальных полей и дальность действия контрольно-корректирующих станций высокоточного местоопределения на внутренних водных путях / В. В. Каретников, А. А. Сикарев. — СПб.: Изд-во ГУМРФ им. адм. С. О. Макарова, 2013. — 525 с.

6. Разработка предложений и методов применения системы ГЛОНАСС, перспективных ГНСС и их функциональных дополнений в составе системы управления движением судов и АИС: отчет по НИР «Управление-река». — СПб.: СПГУВК, 2010. — 215 с.

7. Каретников В. В. Методы построения радионавигационных полей для информационного обеспечения автоматизированных систем управления движением судов: дис. ... д-ра техн. наук: 05.13.06 / В. В. Каретников. — СПб., 2011. — 333 с.

8. Каретников В. В. Архитектура зон действия локальных дифференциальных подсистем, работающих для нужд внутреннего водного транспорта / В. В. Каретников. — СПб.: Изд-во Политехнического университета, 2010. — 178 с.

9. Кульнев В. Анализ направлений и состояния разработок функциональных дополнений к спутниковым радионавигационным системам / В. Кульнев, С. Михайлов // Беспроводные технологии. — 2006. — № 4. — С. 61–69.

10. Постановление Правительства РФ от 20 августа 2001 г. № 587 «О Федеральной целевой программе по использованию глобальной навигационной спутниковой системы ГЛОНАСС в интересах гражданских пользователей». — М.: Минтранс, 2001. — 5 с.

## **BUILDING A SISTEM OF MANAGEMENT AND CONTROL HIGH-PRECECISION DIFFERENTIAL FIELD GLONASS ON THE NORTHERN SEA ROUTE**

*Currently, the Northern Sea Route (NSR) annual growth volume of traffic carried by the marine fleet. Therefore there is an urgent need to build a system of management and control of high-precision differential field GLONASS. The construction of such a system would allow a qualitative way to exercise control of a differential field, which will increase the level of safety of navigation. On NSR implemented and operates five-control correction station (CCS), which form a differential field independently, with comprehensive control options differential field is almost not conducted. There are no technologies that allow for quality control and management of the differential field of GLONASS. This article presents the proposals that will form the NSR system management and control high-precision differential field GLONASS.*

*Keywords: monitoring system, NSR, control and correction station, differential field, safety of navigation.*

### **REFERNCES**

1. Karetnikov, V. V., I. V. Paschenko, A. I. Sokolov, I. G. Kuznetsov. “On the construction of automated monitoring system parameters precision navigation field.” *Marine Radio-electronics* 2(52) (2015): 24–27.

2. Multifunctional personal satellite communication system and data from spacecraft in low orbits “Gonec DIM”. Web. 12 Nov. 2015 <<http://www.gonets.ru/>>.

3. Karetnikov, V. V., and A. A. Sikarev. “Development and prospects of modern communicational systems to facilitate shipping on the inland waterways of Russia.” *Zhurnal universiteta vodnyh kommunikacij* 4 (2010): 74–77.

4. Karetnikov, V. V., and V. A. Bekryashev. “Perspektivy kompleksirovaniya rechnyh infokommunikacionnyh tehnologij dlja povysheniya bezopasnosti sudohodstva na vnutrennih vodnyh putjah.” *River Transport (XXI<sup>st</sup> century)* 2(67) (2014): 49–53

5. Karetnikov, V. V., and A. A. Sikarev. *Topologija differencialnyh polej i dalnost dejstvija kontrolno-korrektirujushhh stancij vysokotochnogo mestoopredelenija na vnutrennih vodnyh putjah*. SPb.: GUMRF im. adm. S.O. Makarova, 2013.

6. Razrabotka predlozhenij i metodov primenenija sistemy GLONASS, perspektivnyh GNSS i ih funkcionalnyh dopolnenij v sostave sistemy upravlenija dvizheniem sudov i AIS: otchet po NIR «Upravlenie-reka». SPb.: SPGUVK, 2010.

7. Karetnikov, V. V. Metody postroeniya radionavigacionnyh polej dlja informacionnogo obespechenija avtomatizirovannyh sistem upravlenija dvizheniem sudov: Abstract of Dr. dissertation. SPb., 2011.

8. Karetnikov, V. V. *Arhitektura zon dejstvija lokalnyh differencialnyh podsystem, rabotajushhh dlja nuzhd vnutrennego vodnogo transporta*. SPb.: Izd-vo Politehnicheskogo universiteta, 2010.

9. Kulnev, V., and S. Michailov. "Analiz napravlenij i sostojanija razrabotok funkcionalnyh dopolnenij k sputnikovym radionavigacionnym sistemam." *Wireless Technologies* 4 (2006): 61–69
10. Russian Federation. Government resolution № 587. 20 August 2001. O Federalnoj celevoj programme po ispolzovaniju globalnoj navigacionnoj sputnikovoj sistemy GLONASS v interesah grazhdanskih polzovatelej. M.: Mintrans, 2001.

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

*Каретников Владимир Владимирович* — доктор технических наук, профессор.  
ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова»  
*spguwc-karetnikov@yandex.ru*  
*Пащенко Иван Владимирович* — кандидат технических наук, доцент.  
ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова»  
*ivanpashchenko@rambler.ru*  
*Соколов Андрей Игоревич* — аспирант.  
*Научный руководитель:*  
Каретников Владимир Владимирович  
ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова»  
*sokolov.ai@bk.ru*

#### INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

*Karetnikov Vladimir Vladimirovich* — Dr. of Technical Science, professor  
Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping  
*spguwc-karetnikov@yandex.ru*  
*Pashchenko Ivan Vladimirovich* — PhD, associate professor  
Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping  
*ivanpashchenko@rambler.ru*  
*Sokolov Andrei Igorevich* — postgraduate.  
*Supervisor:*  
Karetnikov Vladimir Vladimirovich.  
Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping  
*sokolov.ai@bk.ru*

УДК 621.12.001

**В. В. Романовский,  
М. А. Сюбаев,  
И. М. Болвашенков**

### ВЫБОР ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН ДЛЯ ГРЕБНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

*В статье рассматриваются вопросы определения параметров электрических машин используемых в настоящее время в гребных электрических установках судов ледового плавания и ледоколов. Как известно, основными аргументами в пользу применения повышенного напряжения (до 11 кВ) являются повышение единичной мощности электрических машин, уменьшение сечения проводов, повышение КПД всей установки и др. Однако использование классических методов анализа заданных конструкторскими решениями параметров электрических машин для мощностного ряда гребных электрических установок ледоколов позволило разработать конкретные рекомендации для выбора электрических машин переменного тока. Показана взаимосвязь электрических параметров главных электрических машин для наиболее эффективной работы в эксплуатационных режимах. Приведены конкретные рекомендации для судовладельцев, такие как необходимость представления обоснованных расчетов главных электрических машин, соответствующих различным напряжениям, экспериментальные материалы по определению их КПД, выбор частоты питающего напряжения и преобразователей гребной электроустановки.*

*Ключевые слова:* гребные электрические установки, электрические машины, ледоколы

**Р**ЕШЕНИЕ задач строительства и модернизации гребных электрических установок (ГЭУ) уже начато, при этом проявляется явная тенденция применения электрических машин (ЭМ) с повышенными (более 1 кВ) паспортными значениями напряжения якорей ( $U$ ). На судах ледового плавания и ледоколах применяются различного рода гребные электрические