

УДК 528.422

Ю. Г. Фирсов,
канд. техн. наук, доцент,
ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова;

И. В. Кожухов,
канд. геогр. наук, профессор,
ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова

НОВЫЕ МЕТОДЫ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ВИЗУАЛИЗАЦИИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИНЖЕНЕРНОЙ БАТИМЕТРИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ

THE NEW THREE DIMENSIONAL VISUALIZATION TECHNIQUES FOR BATHYMETRIC ENGINEERING SURVEY

Статья посвящена перспективам развития нового научно-инженерного направления — 3D, 4D визуализации подводных ландшафтов, актуального в том числе для решения вопросов контроля динамических процессов на дне водоемов. Новейшие технологии производства гидрографических работ позволяют изображать подводный микрорельеф в объемном трехмерном виде. Пространственная визуализация донной поверхности в свою очередь дает возможность отслеживать динамику отдельных форм подводного рельефа и таким путем решать целый ряд практических задач.

This article deals with the prospects of the new scientific engineering area - the 3D-4D seafloor landscape visualization which might be urgent for the bottom dynamic processes control. The latest hydrographic techniques and computer software developments provide the possibility for 3D microrrelief visualization. Three dimensional visualization techniques can provide an unprecedented perspective for solving a number of applied problems including analysis of seafloor morphology and processes.

Ключевые слова: инженерная батиметрическая съемка, трехмерная визуализации подводных ландшафтов, мониторинг подводного рельефа. 3D геоизображения цифровой модели рельефа.

Key words: for bathymetric engineering survey, three dimensional bottom landscapes visualization, seafloor monitoring, 3D digital terrain model image.

3 А ПОСЛЕДНИЕ 10–15 лет технология выполнения гидрографических работ претерпела радикальные изменения благодаря внедрению новейших гидроакустических сонаров, спутниковых средств позиционирования и портативной вычислительной техники. В результате использования информационных технологий появилась возможность резко сократить время между выполнением съемок и представлением окончательных результатов. Одновременно информационные технологии позволили существенно повысить объемы собираемой батиметрической информации. Приведем следующие цифры по объемам информации за один час съемки: однолучевой эхолот (33/210 кГц) — 72 000 глубин; в то время как многолучевой эхолот (МЛЭ) с 240 лучами за аналогичный период дает 17 280 000 глубин. Новейшие МЛЭ имеют 400 лучей и более [1].

Современная электронная гидрография обладает арсеналом средств и методов, способных получать цифровые модели подводного рельефа с точностью, соизмеримой с цифровыми моделями суши. Отличие заключается в том, что цифровые модели суши доступны прямому контролю и независимой проверке их достоверности, а дно акваторий скрыто от визуального наблюдения и поэтому контроль качества цифровой модели может быть осуществлен только косвенными методами.

Применение МЛЭ является ведущей тенденцией в современной гидрографии. При этом основное внимание уделяется мелководным МЛЭ, способным работать на одной из частот в диапазоне от 200 до 400 кГц, используя при этом линейно-частотную модуляцию, и обеспечивать управление сектором излучения. При использовании современных МЛЭ возникает проблема наиболее наглядного представления результатов батиметрической съемки. Причем объемы батиме-

трической информации настолько велики, что использование каждой отметки глубины становится невозможным. Необходимо применять батиметрические цифровые модели рельефа, которые могут быть реализованы на основе регулярных сеток (гридов) и нерегулярных триангуляционных сеток. Большинство гидрографических пакетов программ используют батиметрические модели на основе «гридов».

Несмотря на совершенствование технологий сбора и окончательной обработки, итоговое представление результатов съемки осуществляется путем построения отчетного планшета заданного масштаба, но только с использованием современных принтеров и плоттеров. Для традиционной гидрографической деятельности, связанной с созданием морских навигационных карт, планшеты имеют масштабы, как правило, не крупнее 1:10 000. Представление отчетного планшета в виде твердой копии в таких масштабах может быть вполне оправдано, хотя большинство деталей микрорельефа при этом будет потеряно.

При инженерных батиметрических съемках, доля которых в современных условиях постоянно увеличивается, масштабы отчетных планшетов, как правило, составляют 1:5000 и крупнее. При этом конечных потребителей: специалистов, изучающих динамику рельефа, а также проектировщиков гидротехнических сооружений, интересуют именно *детали микрорельефа*, которые могут быть отображены только на крупных масштабах и *плохо воспринимаются на плоском (2D) изображении*.

Последние годы были отмечены началом интенсивной эксплуатации природных ресурсов в российской Арктике. Строятся новые порты, выполняются дноуглубительные работы, осуществляется прокладка наземных и подводных трубопроводов. Приведем конкретный пример [2]. Для обеспечения функционирования порта Сабетта в северной части Обской губы была намечена трасса морского канала, на котором в 2011–2013 гг. были выполнены инженерные батиметрические съемки для дноуглубительных работ. Проект трассы морского канала северной части Обской губы показан на рис. 1.

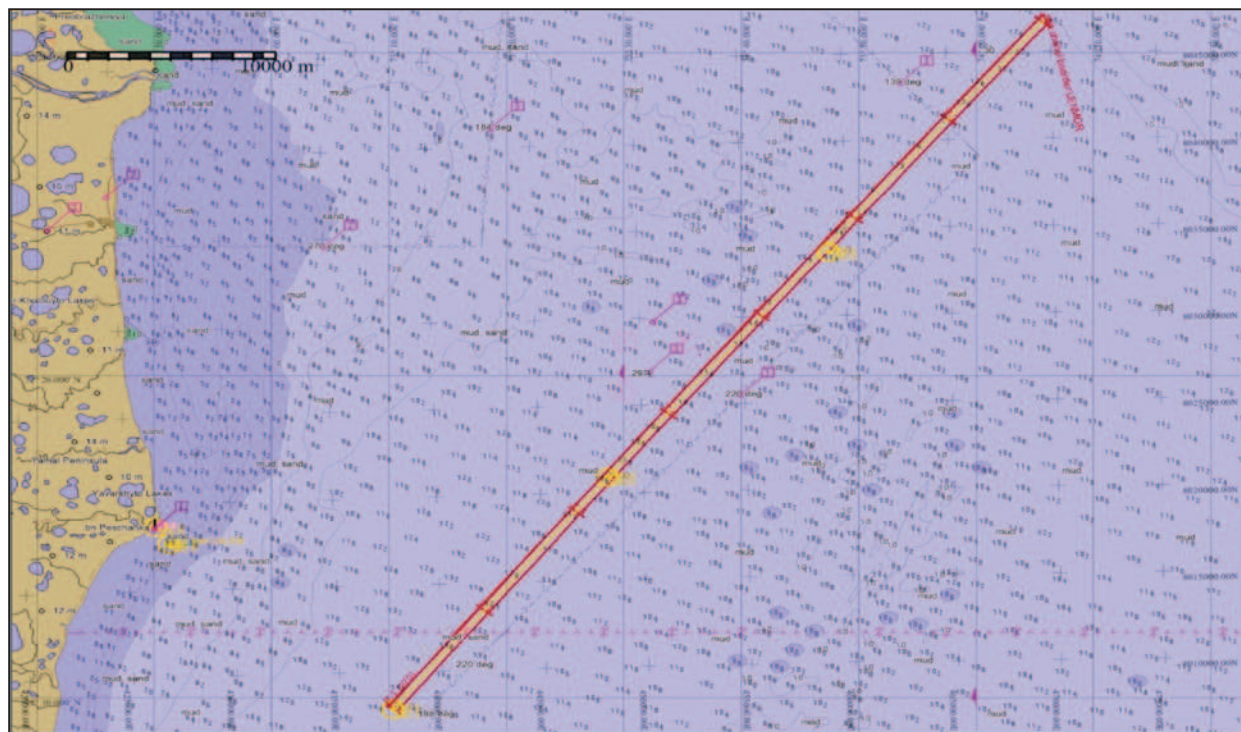


Рис. 1. Фрагмент навигационной морской карты с проектом морского канала

Результаты инженерной батиметрической съемки были традиционно представлены в виде набора электронных планшетов в формате dwg и распечатаны в масштабе 1: 5000. Фрагмент планшета инженерной батиметрической съемки северной части морского канала показан на рис. 2.

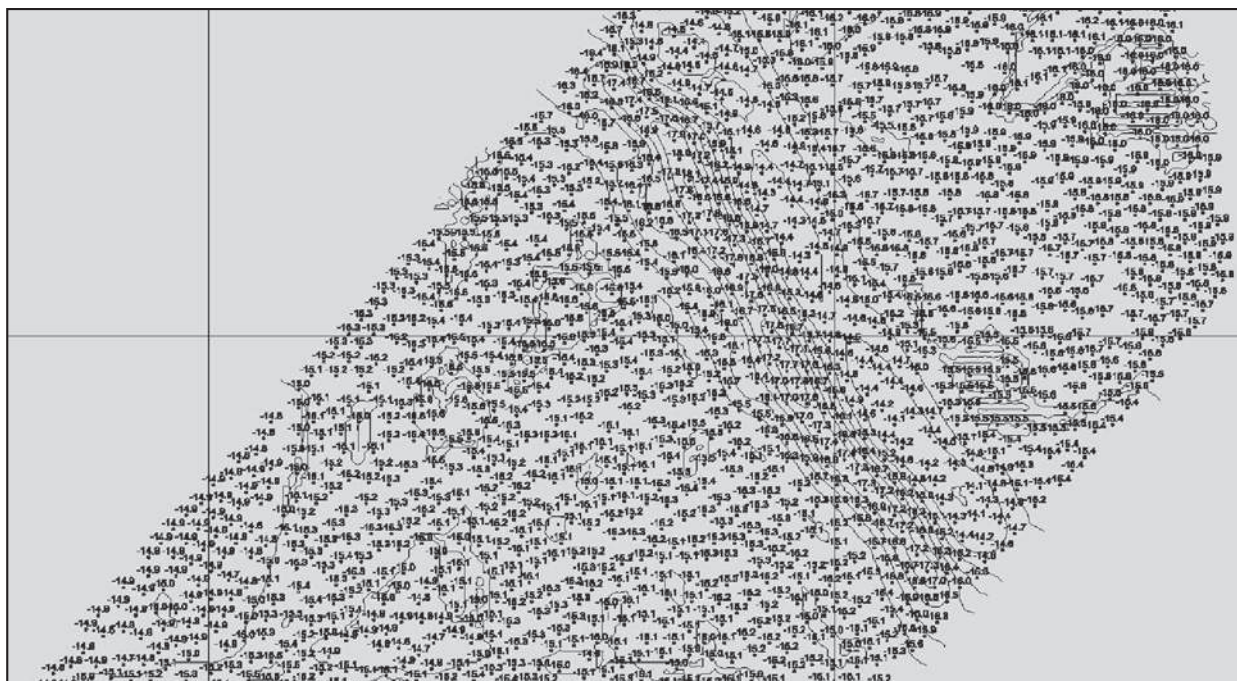


Рис. 2. Фрагмент планшета инженерной батиметрической съемки в масштабе 1:5000
(изобаты с интервалом 1 м и отметки глубин)

В качестве альтернативы результаты крупномасштабной съемки были также представлены в трехмерном (3D) изображении. Имеются специальные пакеты программ 3D представления результатов гидрографических работ, одной из которых является пакет программ Fledermause (фирмы “QPS”, Голландия) [8, р. 7–17].

Пакет программ Fledermause — это мощная система 3D визуализации огромных массивов данных, может также использоваться для решения следующих основных задач:

- площадное редактирование данных батиметрий, полученных при съемке многолучевым и однолучевым эхолотом;
- полный статистический анализ качества многолучевой съемки;
- обработка с использованием технологии CUBE для моделирования погрешностей батиметрической цифровой модели рельефа с редактированием гипотез и получением цифровой модели погрешностей;
- трехмерная визуализация результатов батиметрической съемки.

Возможно также решение следующих дополнительных задач, необходимых для наглядного представления результатов батиметрической съемки:

- нанесение новых батиметрических данных на уже имеющийся «грид»;
- планирование батиметрической съемки на трехмерной модели рельефа;
- создание электронных и твердых копий 2D и 3D рельефа (карт и объемных изображений);
- создание видеоклипов (пролет над рельефом по заданной траектории) в формате MPEG с целью последующей демонстрации и популяризации результатов батиметрической съемки.

В 2011 г. батиметрическая съемка на морском канале была выполнена с использованием МЛЭ ЕМ 3002 (частота 300 кГц, количество лучей 400). Точность позиционирования глубин на дне составила 0,5 м (95 %). Точность исправленной глубины 0,25 %. Размер грида 1×1 м.

Батиметрическая 2D модель морского канала в среде пакета Fledermause показана на рис. 3.

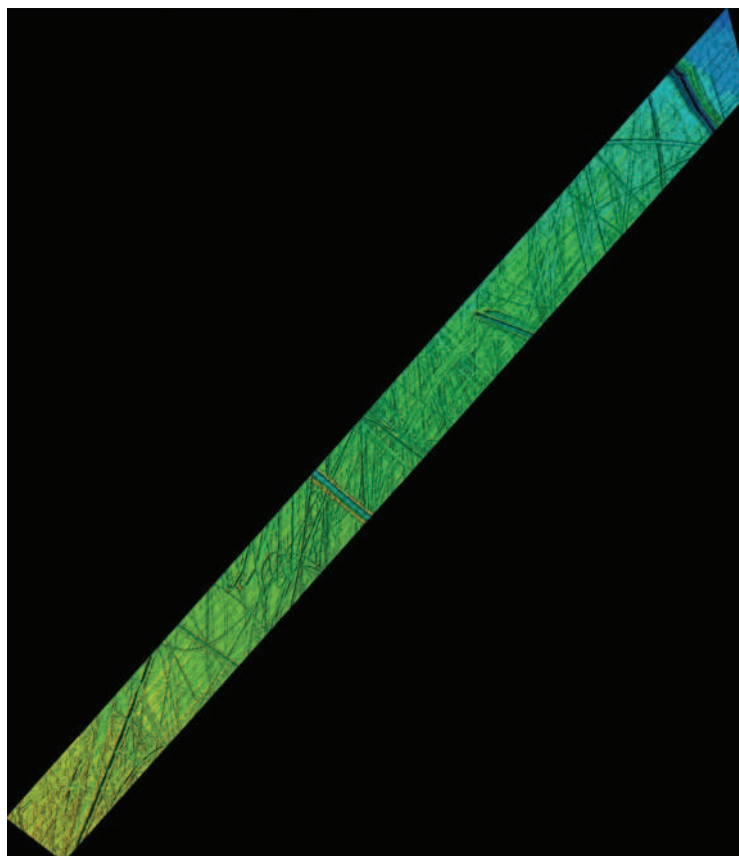


Рис. 3. Батиметрическая 2D модель морского канала в среде пакета Fledermause

Фрагмент планшета инженерной батиметрической съемки в масштабе 1:5000, изображенный в варианте 2D на рис. 2 с использованием пакета Fledermause в 3D изображении, показан на рис. 4.

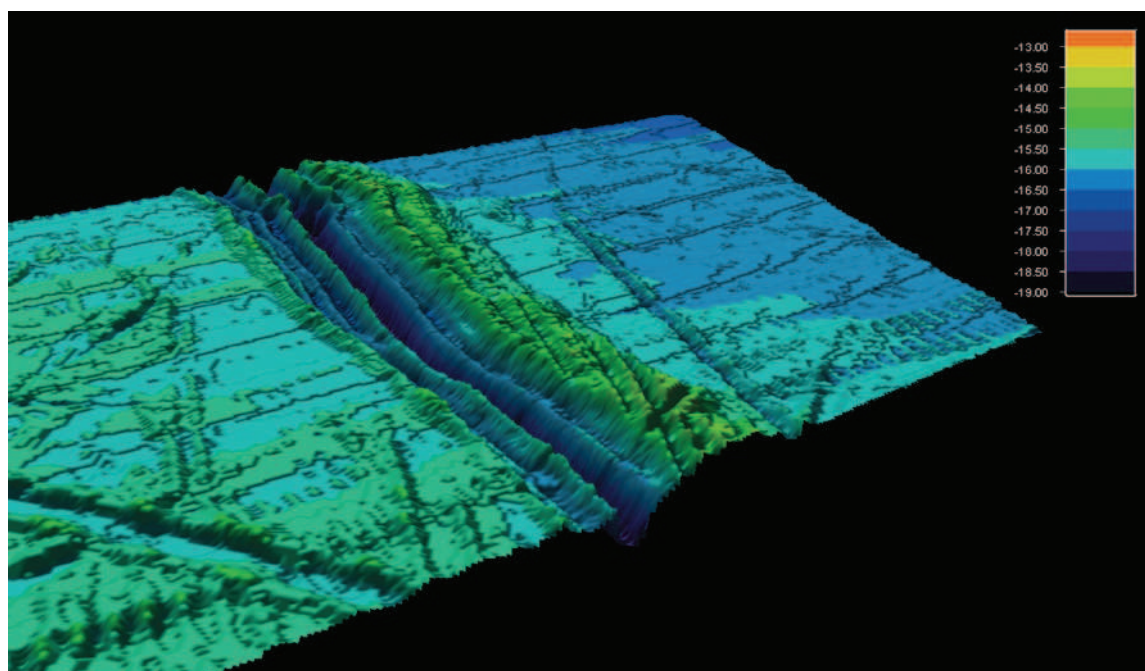


Рис. 4. Фрагмент цифровой модели рельефа самой северной части морского канала (грид 1×1 м) в 3D изображении

3D изображения обладают реалистичностью и детальностью. Это позволяет непосредственно видеть детали микрорельефа и в целом осуществлять оценку подводного ландшафта. Особенно ценным инструментом является возможность получения 4D изображений, в которых четвертым измерением является установленная шкала времени. Это особенно актуально в связи с тем, что большое число инженерных задач связано именно с мониторингом состояния подводного рельефа. Применение для этих целей информации, наносимой на бумажные или электронные 2D планшеты, не позволяет *наглядно и эффективно* решать задачи мониторинга подводного рельефа.

С появлением описанных выше новых возможностей выполнения гидрографических работ, позволяющих в оперативные сроки получать изображение микрорельефа в трехмерном варианте, возникла благоприятная ситуация для разработки ранее невозможных направлений в области природопользования.

Дело в том, что изменение отметок дна в прибрежной полосе либо как следствия штормовой активности, либо по иным причинам сопровождается перестройкой подводного рельефа, что влечет за собой ряд эксплуатационных сложностей. К ним можно отнести такие явления, как заносимость подходов каналов, блокировка водозаборных ковшей подводными песчаными банками, деградация пляжных территорий и пр.

Для контроля подобных ситуаций на первый план в инженерной практике выступает вопрос о правильной интерпретации самого понятия «поток наносов» [3, с. 30–34].

Следует отметить, что характер механического переноса твердого материала в водной среде весьма разнообразен. Транспорт наносов под влиянием гидрогенных сил может осуществляться в форме влекомости (без отрыва твердых частиц от дна), сальтации (полувзвеси), связанной с изменением фаз конкретной штормовой волны, может наблюдаться также в виде взвеси (по всему сечению водного потока) и, наконец, в режиме флотации, то есть в поверхностном слое воды.

Исходя из логики многочисленных расчетных вариантов, заимствованных из отечественных и иностранных источников, напрашивается вывод, что большинством современных авторов твердый поток отождествляется с направленным переносом твердых частиц в воде, так называемым дисперсоидом, где ведущая роль отведена именно взвешенной его фазе по стандартной схеме, когда сам процесс подчиняется законам дисперсных сред. Однако при решении тех или иных инженерных задач возникла необходимость в корне пересмотреть представление об этом процессе и уточнить некоторые его детали.

Еще В. В. Лонгиновым совместно с одним из авторов настоящей статьи было высказано сомнение относительно слишком упрощенной, можно сказать, механистичной трактовки понятия «поток наносов». В частности, отмечалось, что «даже при установившемся гидрологическом режиме движение наносов вдоль отмелого берега носит пульсирующий, разрывной характер. В процессе такого перемещения формируются аккумулятивные и эрозионные формы, расчленяющие первоначально прямолинейный берег на ритмично повторяющиеся участки движения наносов» [4, с. 46–48].

Выражаясь более простым языком, поток наносов было бы слишком прямолинейно представлять своего рода «мутной речкой».

Сопоставление результатов серии батиметрических съемок еще на прежней инструментальной базе позволило оценить степень динамической активности морского дна в зоне волнового влияния, а также обнаруживать на его поверхности положительные образования типа песчаных волн и более крупных форм, известных как подводные песчаные валы. Исследования показали, что именно такие формы под воздействием внешних сил способны от шторма к шторму перемещаться в пространстве, выступая тем самым как главный рельефообразующий фактор [5, с. 71–75]. Скапливаясь, к примеру, в зонах относительной волновой тени или смещаясь в области искусственно углубленного дна, они как раз и создают проблемы для местной навигации, могут порождать дополнительные сложности при эксплуатации морских сооружений и служат единицами анализа в процессе исследований динамики пляжных территорий.

Таким образом, в ряде прикладных задач поток наносов рациональнее отождествлять с перемещением масс сыпучего материала в виде выпуклых подвижных форм, рассматривая их как некие статистические совокупности. Одновременно не следует вдаваться в детали формирования конкретных наносодвижущих импульсов, тем более вникать в механизм движения отдельных песчинок. Излишняя детализация этого процесса способна далеко увести от решения тех или иных прикладных задач.

Данное направление можно позиционировать как береговую инженерию, инженерно-ресурсную экологию или, наконец, как подводное ландшафтоведение. В любом случае современная гидрография позволяет воспроизводить подводный рельеф в объемном виде, что дает возможность фиксировать простейшие элементы системы на уровне опознания образа и контролировать их динамику с хронологической привязкой к конкретным штормовым циклам. Новый метод к тому же дает возможность с высокой оправдываемостью прогнозировать в прибрежной морской полосе те или иные события. Термин «событие» в данном контексте выступает не в вероятностном смысле этого слова, а в непосредственном его значении аналогично, допустим, сходу отдельных снежных лавин.

Наряду с факторами гидрогенного свойства не менее значимым является вопрос прокладки подводных трубопроводов в зоне нестабильного дна, связанного с явлением иного характера, так называемым активным термокарстом. При крупномасштабном промере трехмерная модель донной поверхности позволяет легко опознавать бугры вспучивания, западины или аласы и по возможности отслеживать процессы их образования и развития [6, с. 73–78].

Обозначенный выше перечень проблем далеко не исчерпан. Так, фрагмент цифровой модели рельефа, представленный на рис. 3 и 4, позволяет обнаружить на поверхности дна странные поперечные борозды по обе стороны от упомянутой ранее проектной трассы морского канала. Пока преждевременно давать какую-либо серьезную оценку данному явлению. Можно лишь предположить, что выявленные борозды генетически связаны с подвижками крупных глыб донного льда, так называемых стамух. Учитывая, что представленный фрагмент морского дна географически расположен в криолитозоне с интенсивным приливным режимом, такие явления вполне вписываются в общую схему рельефообразования. Подобного рода процессы мы предлагаем называть *гляциокорразией* (от лат. *glacies* — лед и *corrado* — соскребать). Для обозначения только что описанного подхода в целом напрашивается термин «батиметрический мониторинг».

Подвижки донного льда в высокоширотных морских водоемах мало изучены. Однако при прокладке в высокоширотных районах подводных коммуникаций (трубопроводы, кабельная связь и т. д.) данное направление в исследовательской практике следует считать своевременным и чрезвычайно актуальным.

В пакете программ Fledermaus данные могут быть изначально представлены в различных форматах, включая цифровые модели рельефа, растровые изображения, точки, линии и цифровые карты. Имеется свободно распространяемая программа — выювер iView4D, с ограниченным набором опций полного пакета. Эту программу могут использовать различные специалисты, не являющиеся профессиональными гидрографами, для просмотра файла «сцен», созданных в пакете программ Fledermaus. При этом обеспечивается возможность выполнения всестороннего анализа рельефа в 3D или 4D изображении, создаваемого на основе данных площадной батиметрической съемки.

С точки зрения терминологии изображения, которые создаются в среде пакета программ Fledermaus, согласно классификации [7, с. 336] относятся к интерактивным 3–4D геоизображениям рельефа.

3D геоизображения цифровой модели являются полезным инструментом визуализации и анализа рельефа, полученного по результатам батиметрической съемки, и могут быть рекомендованы для использования как дополнение к традиционным цифровым и аналоговым гидрографическим планшетам.

Список литературы

1. Фирсов Ю. Г. Основы гидроакустики и использования гидрографических сонаров: учеб. пособие. ГМА им. адм. С. О. Макарова / Ю. Г. Фирсов. — СПб.: Нестор-ИСТОРИЯ, 2010. — 348 с.
2. Интернет-сайт Федерального агентства морского и речного флота Министерства транспорта Российской Федерации. Строительство объектов морского порта Сабетта — [Электронный ресурс]. — Электрон. дан. — Режим доступа: <http://www.morflot.ru/sabetta>
3. Кожухов И. В. Системный подход к изучению потоков наносов в мелководной зоне морей в связи с нарушением нормального режима судоходства / И. В. Кожухов // Эксплуатация морского транспорта. ГМА им. адм. С. О. Макарова. — СПб., 2010. — Вып. 3.
4. Лонгинов В. В. О заносимости частично огражденных морских каналов на отмелях песчаных берегах / В. В. Лонгинов, И. В. Кожухов // Тр. СМНИИП. — М.: Транспорт, 1966. — Вып. 12.
5. Кожухов И. В. Морфометрический и морфологический подходы при решении ряда практических задач инженерной гидрографии / И. В. Кожухов, Н. Г. Тимофеев // Эксплуатация морского транспорта. ГМА им. адм. С. О. Макарова. — СПб., 2011. — Вып. 4.
6. Кожухов И. В. Северный регион Российской Федерации как зона экологического риска и новый этап освоения Арктики / И. В. Кожухов, Ю. Г. Фирсов, Н. Ю. Гордиенко // Эксплуатация морского транспорта. ГМА им. адм. С. О. Макарова. — СПб., 2013. — Вып. 2.
7. Берлянт А. М. Картография / А. М. Берлянт. — М.: Аспект-Пресс, 2002.
8. Mayer L. A. Frontiers in Seafloor Mapping and Visualization / L. A. Mayer // Marine Geophysical Researches (J. Article). — 2005. — Vol. 27, № 1.

УДК 621.311:629.12

С. Ю. Труднев,
ст. преподаватель,
ФГБОУ ВПО «КамчатГТУ»

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ МОДЕЛИ УСТРОЙСТВА АКТИВНОЙ ЗАЩИТЫ ГЕНЕРАТОРНОГО АГРЕГАТА ОТ КРАТКОВРЕМЕННЫХ ПЕРЕГРУЗОК

DEVELOPMENT AND RESEARCH OF MODEL OF THE DEVICE OF PROTECTION OF THE GENERATING UNIT FROM SHORT-TERM OVERLOADS

В статье рассмотрены структура и принцип работы устройства, позволяющего увеличить безопасность мореплавания. Разработана математическая модель трехфазного источника питания на основе емкостных элементов. Произведены расчеты тока и емкости источника электрической энергии, а также рассчитано выходное напряжение источника бесперебойного питания. На основании математической модели разработана и исследована имитационная модель предлагаемого устройства в программе MATLAB. Выявлен положительный эффект при внедрении данного устройства.

In article the structure and the principle of operation of the device, allowing to increase safety of navigation are considered, the mathematical model of the three-phase power supply on the basis of capacitor elements is presented. Calculations of current and capacity of a source of electric energy are made, and also the output tension of the uninterruptible power supply is calculated. On the basis of mathematical model the imitating model of the offered device in the MATLAB program is developed and investigated. The positive effect is revealed at introduction of this device.

Ключевые слова: емкостной элемент, трехфазный источник питания, модель, ионисторный модуль, защита.

Key words: capacitor element, three-phase power supply, model, ionistorny module, protection.