

РАЗРАБОТКА МОРСКИХ И ШЕЛЬФОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НЕФТИ И ГАЗА

УДК 528.475

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

АНАЛИЗ ОСОБЕННОСТЕЙ ПРОГРАММНЫХ МОДУЛЕЙ EIVA ПРИМЕНИТЕЛЬНО К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ ПРОМЫШЛЕННОЙ ГИДРОГРАФИИ

EIVA HYDROGRAPHIC SOFTWARE MAIN FEATURES ANALYSIS FOR THE OFFSHORE SURVEY IMPLEMENTATION

Дается анализ современных гидрографических информационных технологий и рассматриваются основные особенности семейства программных продуктов EIVA с точки зрения их эффективности для решения задач, обеспечивающих поддержку создания инфраструктуры морских месторождений углеводородного сырья. Рассматривается возможность использования программного модуля NaviPac для изучения в рамках учебного процесса на кафедре гидрография моря университета.

The brief review of modern hydrographic technologies is followed by EIVA hydrographic software main features analysis for goals and objectives of the Industrial Offshore Surveying. The possibility of the NaviPac software module of implementation for hydrographic training in the State University for marine and inland shipping is discussed.

Ключевые слова: гидрографические информационные технологии, гидрографическое обеспечение морской деятельности, промышленная гидрография, специальная навигация судов, подводные технические средства, подготовка гидрографов.

Key words: modern hydrographic technologies, Industrial Offshore Surveying, survey vessels, Remote Operated Vehicle, hydrographic training.

Введение

Последние десятилетия отмечены бурным развитием геоинформационных и гидроакустических технологий, в том числе технологий съемки рельефа дна. Современная морская деятельность ставит задачи получения рельефа дна с детальностью, сопоставимой с детальностью рельефа суши, и имеющиеся технологии позволяют это обеспечить.

Особую актуальность приобретает гидрографическое программное обеспечение, реализованное в электронных гидрографических информационных системах (ЭГИС), без которых в настоящее время невозможно выполнение любых морских работ. В мире сложился рынок морских технологий, в том числе технологий для гидрографических применений. Определились мировые лидеры по различным направлениям гидрографической деятельности [1].

В соответствии с классификацией Международной Гидрографической организации (МГО) в зависимости от специализации различают следующие основные направления гидрографической деятельности:

- съемки для создания морских навигационных карт в интересах безопасности мореплавания (*Nautical Charting*) или традиционная гидрография;
- съемки для управления прибрежными зонами (*Surveys for Coastal Zone Management*) или инженерная гидрография;
- съемки для эксплуатации природных ресурсов в удаленной морской зоне (*Industrial Offshore Surveying*) или промышленная гидрография.

В настоящее время на мировом рынке гидрографических технологий имеется целый ряд промышленных ЭГИС, среди которых следует выделить: Hupack MAX (фирма “Hupack”) [2, 47–54; 3, с. 349–361], Hydro Pro (фирма “TRIMBLE”), QINSy (фирма “Quality Positioning Services — QPS”) [4, с. 34–39], EIVA (фирма “EIVA”), SIS (фирма “Kongsberg”), PDS-2000 (фирма “RESON”), CARIS HIPS (фирма “CARIS”) и др. Каждая из указанных ЭГИС имеет свои особенности и оптимальным образом поддерживает определенные направления гидрографической деятельности. Наиболее популярной в России является ЭГИС QINSy, направленная на решение главным образом задач промышленной гидрографии и выполнение съемок с многолучевым эхолотом (МЛЭ).

Гидрографические технологии, предназначенные для поддержки комплекса работ, связанных с созданием инфраструктуры морских нефтегазовых месторождений, должны обеспечивать эффективное решение следующих основных задач:

- съемку рельефа дна с помощью МЛЭ в месте установки буровой платформы, а также по трассе ее буксировки к месту установки;
- вывод буровой платформы в заданную позицию с помощью буксиров;
- заводку якорей буровой платформы с помощью буксиров и установку их в проектное положение;
- позиционирование буровой платформы с помощью заведенных якорей и установку в проектные координаты с учетом заданных допусков;
- съемку рельефа дна с помощью МЛЭ по трассе для проектирования прокладки трубопроводов;
- инспекцию проложенных трубопроводов с помощью МЛЭ и телеуправляемых подводных аппаратов, оборудованных МЛЭ.

Для решения указанных, а также и многих других задач промышленной гидрографии в последние годы все чаще начинает использоваться семейство гидрографических программных продуктов фирмы “EIVA”.

Анализ особенностей семейства программных продуктов фирмы “EIVA”

Семейство программных продуктов фирмы “EIVA” объединяет пять основных модулей.

Программные модули NaviPac, NaviScan работают в реальном масштабе времени (навигация и сбор данных однолучевых эхолотов и МЛЭ). Модули NaviEdit, NaviModel, NaviPlot, предназначенные для пост-обработки, создания цифровых моделей рельефа и окончательных продуктов съемки (аналоговые и цифровые планшеты и экспорт данных в ГИС-форматы), функционируют в режиме разделения времени.

Программные продукты фирмы “EIVA” разработаны с использованием сетевой идеологии «клиент-сервер». Блок-схема взаимодействия моделей и потоки данных представлены на рис. 1.

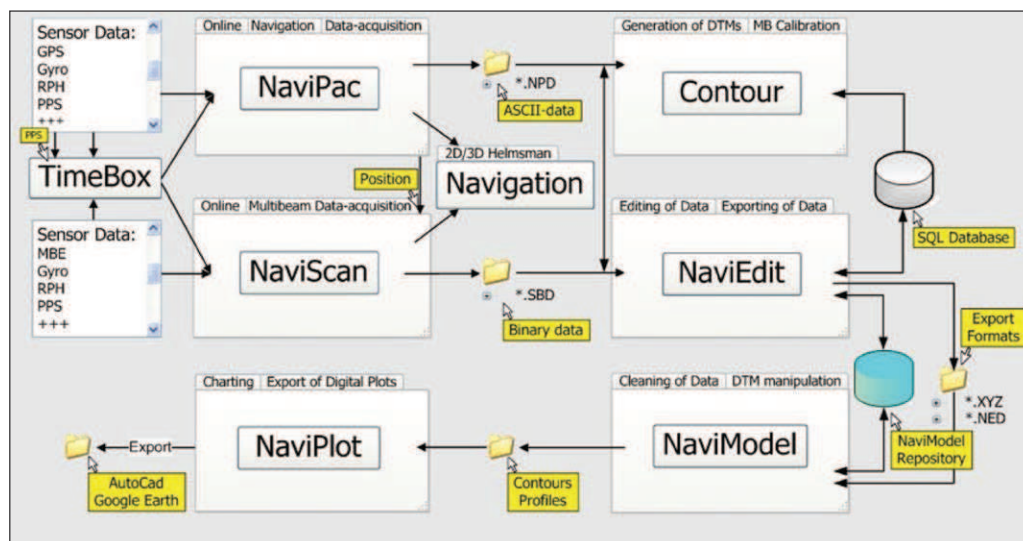


Рис. 1. Блок-схема взаимодействия моделей и потоки данных EIVA (фирма “EIVA”)

Минимальный состав аппаратных средств для обеспечения работы моделей NaviPac, NaviScan, NaviEdit на исследовательском судне представлен на рис. 2.

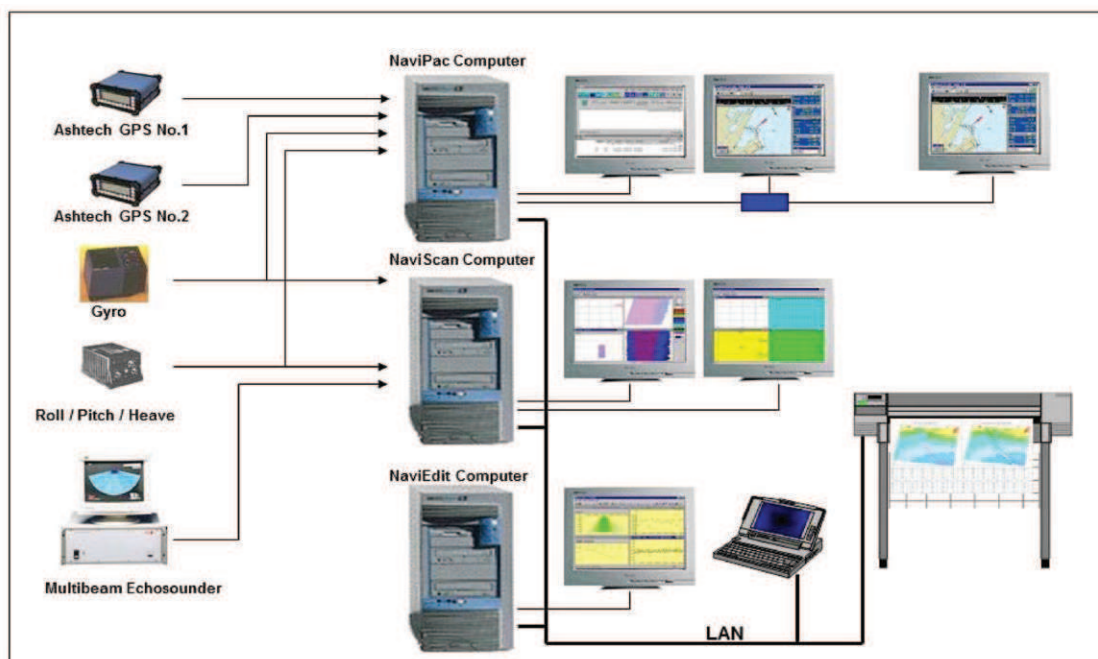


Рис. 2. Аппаратные средства для работы моделей NaviPac, NaviScan, NaviEdit на судне (фирма EIVA)

Программный модуль NaviPac для обеспечения исследовательской интегрированной навигации (Integrated Navigation) судов и подводных технических средств (ПТС) создан в целях обеспечения следующих видов морской деятельности:

- гидрографических и океанографических исследований;
- геофизических исследований, включая сейсмические работы 2D;
- морских научно-исследовательских работ;
- съемки в портах и гаванях;
- поддержки работ по установке конструкций в морских условиях;
- прокладки и мониторинга морских трубопроводов;
- управления баржами, буксирами и специальными судами;
- установки буровых платформ в удаленных морских зонах;
- слежения и поддержки эксплуатации ПТС — телеуправляемых и автономных подводных аппаратов;
- дноуглубительных работ.

Основное направление применения модуля NaviPac — это промышленная гидрография (Offshore survey), гидрографическая поддержка создания инфраструктуры морских месторождений углеводородного сырья.

Программный модуль NaviPac обеспечивает возможность подключения большого количества внешних датчиков, установленных как на самом надводном судне (объекте), так и на ПТС.

Информация от сопряженных датчиков отображается в специальных окнах в алфавитно-цифровом виде, а также в графическом окне Helmsman Display, изображенном на рис. 3.

Имеется возможность отображения информации в трехмерном виде (3D) с использованием специального программного модуля 3D Display. В окне программного модуля 3D Display в реальном масштабе времени могут отображаться «объекты» (суда, буровые платформы, ПТС), а также загруженные цифровые модели рельефа, которые были получены ранее либо созданы в процессе выполнения съемки с МЛЭ. Окно модуля 3D Display показано на рис. 4

В этом окне возможно также отобразить и другие объекты съемки, например трубопроводы, проложенные на морском дне, и установленные над дном маяки-ответчики навигационной гидроакустической системы с длинной базой (ГАНС ДБ).

Окно модуля 3D Display в комплексе с 2D графическим окном Helmsman Display создает весьма реалистичное представление о выполняемой работе и решаемой задаче навигационно-гидрографического обеспечения конкретного вида морской деятельности.

Одной из важных функций программного модуля NaviPac является мониторинг целостности системы датчиков и программного обеспечения реального времени. Для этого осуществляется непрерывный контроль за состоянием работы всех подключенных датчиков как на надводных объектах (судах), так и на ПТС. Мониторинг целостности включает систему контроля качества позиционирования на основе сравнения данных от нескольких GNSS-приемников, а также расчет точности определения позиции на основе стандартного отклонения координат.

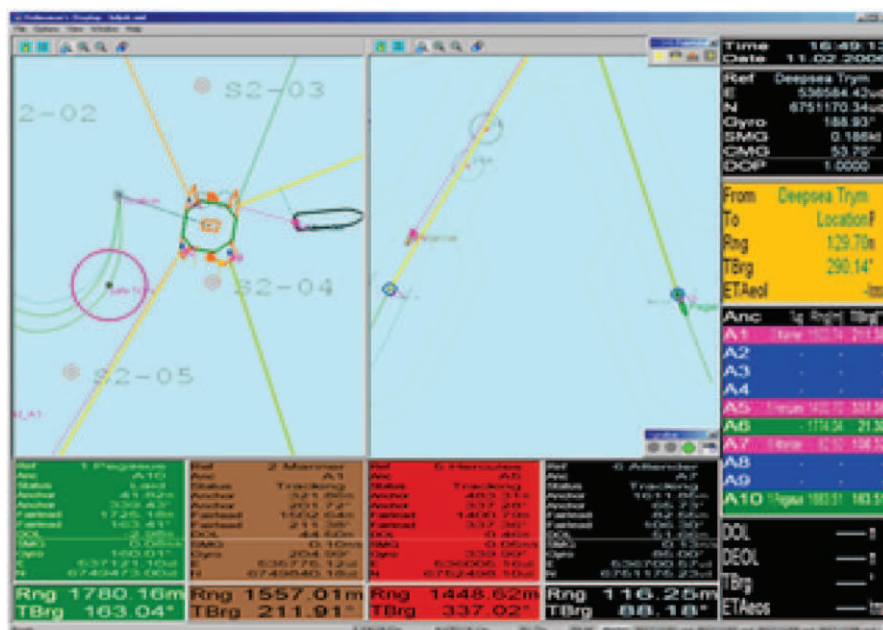


Рис. 3. Графическое окно Helmsman Display (фирма “EIVA”)

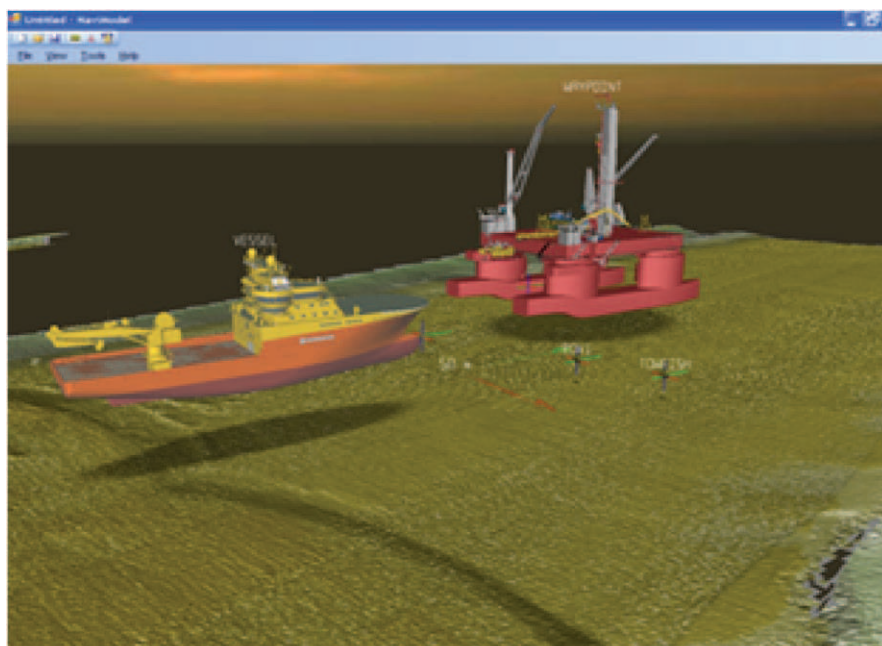


Рис. 4. Окно программного модуля 3D Display (фирма “EIVA”)

В составе модуля NaviPac имеется изощренная система тревог и предупреждений, которую пользователь может самостоятельно настраивать под конкретную решаемую задачу навигационно-гидрографического обеспечения.

Другой важной функцией модуля NaviPac является регистрация данных в текстовый файл формата *.npr (возможен выбор одного из трех вариантов этого формата).

В графическом окне Helmsman Display могут отображаться картографические подложки в виде растровых и векторных карт (изображений) форматов: *.tif, *.dxf, *.dwg, *.dis.

Программный модуль NaviScan может функционировать только в комплексе с модулем NaviScan.

Программный модуль NaviScan предназначен для обеспечения контроля целостности системы МЛЭ и регистрации данных (Sonar Data Acquisition). При этом решаются следующие задачи:

- возможность подключения практически всех типов МЛЭ;
- обеспечение использования МЛЭ на судне и ПТС;
- обеспечение получения данных о вертикальном распределении скорости звука в воде (ВРСЗ) в реальном масштабе времени с использованием буксируемого датчика скорости звука;
- обеспечение высокоточной синхронизации времени GNSS-МЛЭ;
- регистрация данных МЛЭ в собственном формате SBD и универсальном формате XTF;
- контроль качества данных МЛЭ в реальном масштабе времени;
- создание цифровой модели рельефа (ЦМР) реального времени.

Контроль целостности системы МЛЭ заключается в автоматическом мониторинге правильности работы сопряженных датчиков (GNSS, MRU, GYRO, SVP), а также самого МЛЭ. Мониторинг правильности работы датчиков осуществляется путем визуального контроля графического представления их информации по времени. Такое изображение позволяет отмечать грубые ошибки (сбои) и контролировать правильность работы датчиков. Мониторинг правильной работы МЛЭ осуществляется путем визуального контроля информации, отображаемой в следующих окнах: 2D и 3D представление ЦМР (DTM), наборы поперечных профилей глубин. Экран модуля NaviScan с набором окон 2D/3D ЦМР реального времени представлен на рис. 5.

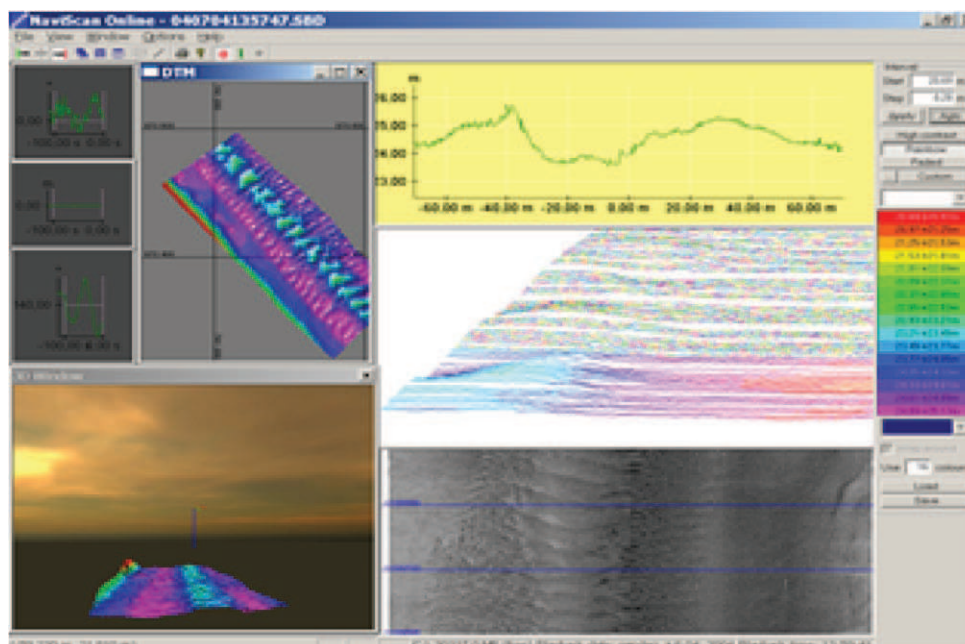


Рис. 5. Экран модуля NaviScan с набором окон (2D/3D ЦМР реального времени) (фирма “EIVA”)

Программный модуль NaviScan обеспечивает одновременное получение батиметрической информации (ЦМР) и сонарного изображения (опция гидролокатора бокового обзора МЛЭ).

Экран модуля NaviScan с окном сонарного изображения МЛЭ представлен на рис. 6.

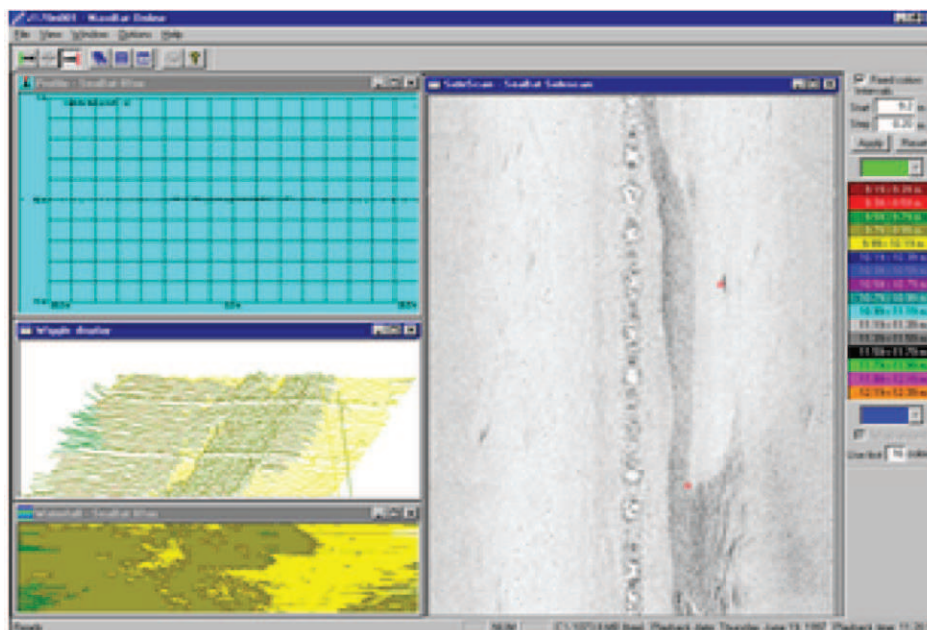


Рис. 6. Экран модуля NaviScan с окном сонарного изображения и поперечными профилями глубин МЛЭ (фирма “EIVA”)

Особенностью программного модуля NaviScan является отсутствие учета ВРСЗ в реальном масштабе времени при формировании цифровой модели рельефа.

Программный модуль NaviScan обеспечивает регистрацию батиметрических и сонарных двоичных данных в файле формата sbd.

Модуль обеспечивает решение следующих задач:

- управление базой данных MicrosoftDB (SQL Server database);
- настраиваемый импорт данных ВРСЗ, гидрологии и поправок уровня из файлов любого формата;
- обеспечение импорта данных МЛЭ различных форматов;
- выполнение графического редактирования данных сопряженных датчиков;
- формирование отчета по контролю качества площадной съемки с МЛЭ;
- мониторинг и инспекцию трубопроводов на дне на основе обработки батиметрической информации;
- обработку данных 2D сейсмики;
- стандартный экспорт данных.

Основная задача модуля NaviEdit заключается в устранении грубых ошибок (сбоев), а также систематических ошибок в зарегистрированных показаниях датчиков МЛЭ и самих данных МЛЭ. Устранение сбойных измерений датчиков МЛЭ может осуществляться вручную с использованием инструментов редактирования, предусмотренных в соответствующих графических окнах.

Исправление глубин за уровень (ввод поправок уровня по данным уровенных постов) возможно в классическом варианте, а также на основе использования технологии RTK-уровней [5]. Для учета рефракции звуковых лучей МЛЭ могут использоваться данные гидрологии (температура, соленость, давление) или ВРСЗ, полученное с помощью измерителя скорости звука. Экран модуля NaviEdit с окнами датчиков, обеспечивающих графическое редактирование, представлен на рис. 7.

Особый интерес представляет инструмент для мониторинга и инспекции трубопроводов на дне на основе обработки батиметрической информации, который выделен в качестве отдельной процедуры. Окно мониторинга и инспекции трубопроводов показано на рис. 8.

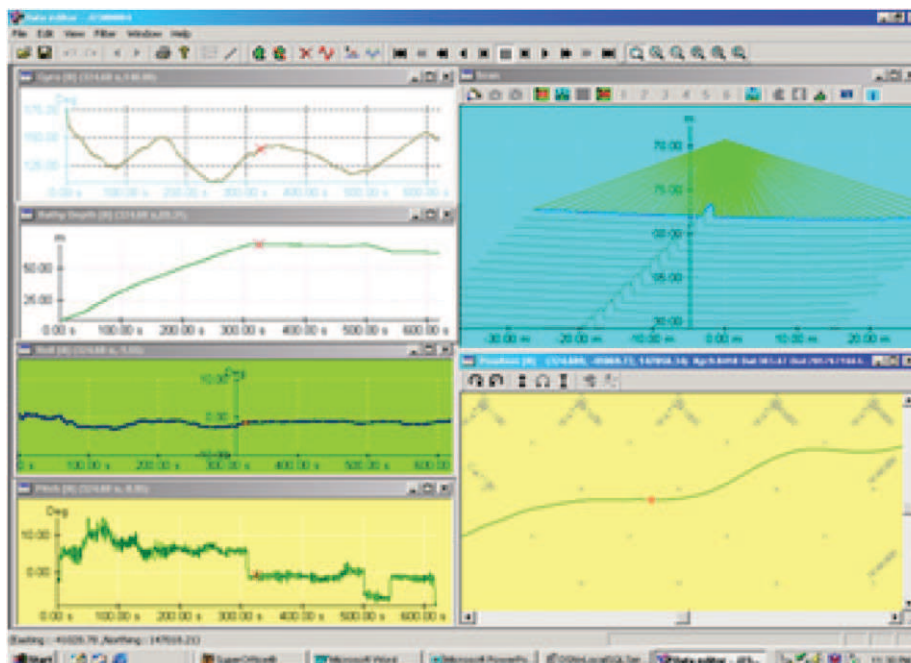


Рис. 7. Экран модуля NaviEdit с графическими окнами датчиков МЛЭ (фирма “EIVA”)

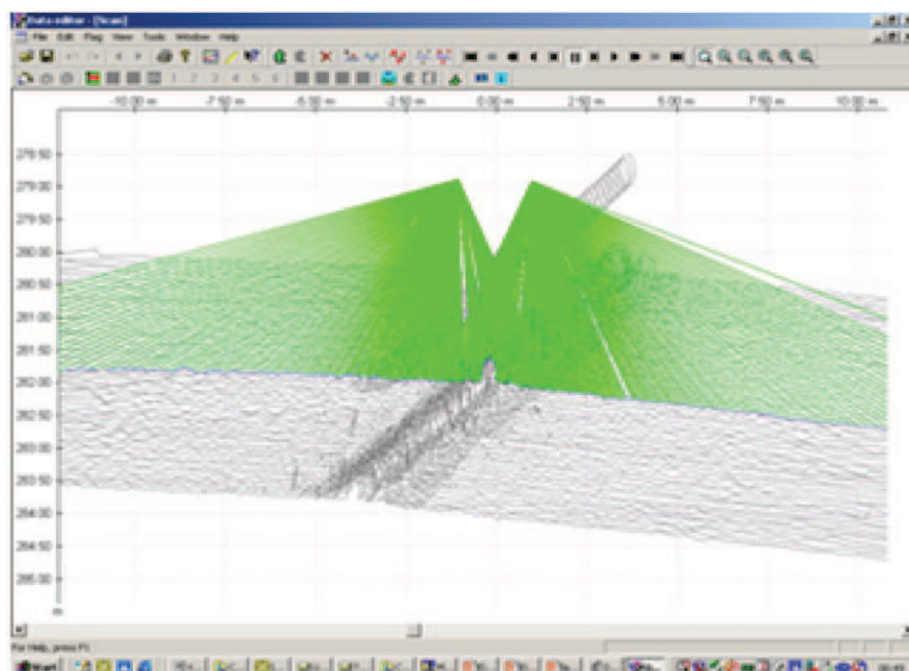


Рис. 8. Окно мониторинга и инспекции трубопроводов (фирма “EIVA”)

Программный модуль NaviEdit допускает ограниченный инструментарий фильтрации данных МЛЭ (устранение сбойных глубин) в полосе обзора, однако данная опция в полной мере реализована в другом программном модуле — NaviModel.

Программный модуль NaviModel предназначен для выполнения двух основных функций:

- автоматической и ручной фильтрации сбойных глубин от МЛЭ;
- создание цифровых моделей поверхности дна по данным от МЛЭ (Digital Terrain Modeling).

Модуль NaviModel решает следующие основные задачи:

- импорт первичной или отредактированной информации батиметрической съемки;

- сокращение массивов глубин без потери детальности создания ЦМР;
- автоматическая и ручная фильтрация сбойных глубин;
- применение оригинальных математических методов моделирования рельефа;
- контроль качества результирующих данных;
- создание мозаики на основе сонарных изображений бокового обзора;
- интегрированный инструмент объемного для инспектирования подводного трубопровода.

Отличительной особенностью модуля NaviModel является отсутствие ограничений на размеры цифровых моделей поверхности дна. Ограничения диктуются только аппаратными возможностями компьютера.

При выполнении автоматической фильтрации для устранения сбойных глубин используется оригинальная технология, разработанная в Университете Архус (Дания) [8]. Технология была коммерциализирована фирмой “EIVA” и получила наименование S-CAN cleaning. Особенностью данной технологии, в отличие от более известной технологии CUBE [6; 7], используемой в большинстве современных ЭГИС, является первоначальное формирование ЦМР на основе триангуляционной нерегулярной сети (TIN-модель) с последующим переходом к формированию ЦМР на основе регулярной модели рельефа (грида) с обоснованным размером ячейки. Окно ЦМР на основе технологии S-CAN cleaning показано на рис. 9. Особого внимания заслуживает специальный интегрированный инструмент объемного инспектирования подводного трубопровода, окно которого показано на рис. 10.

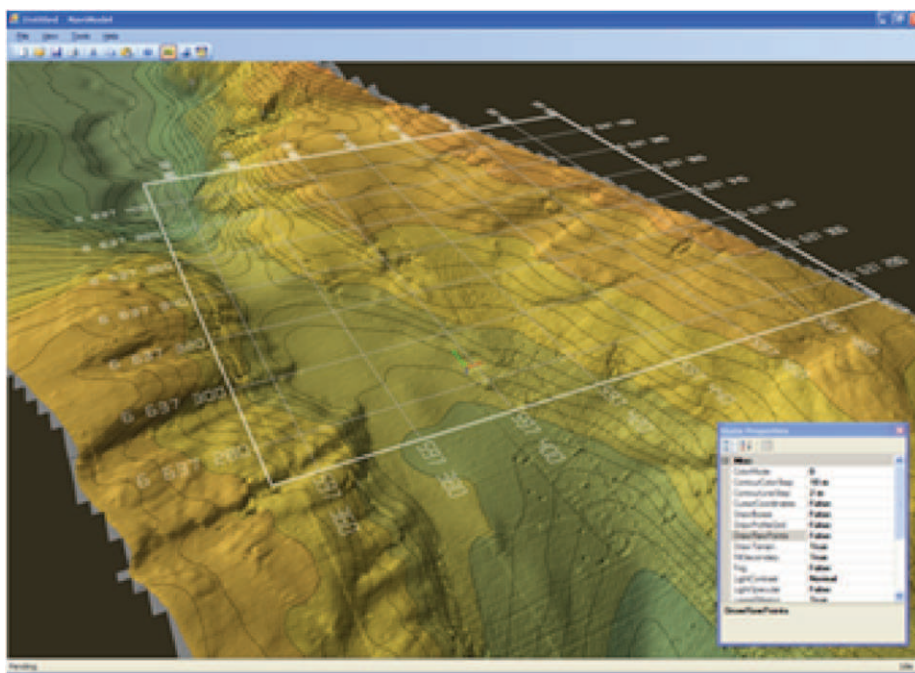


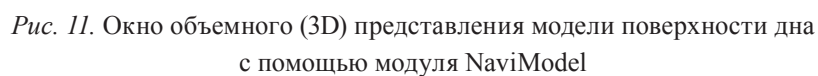
Рис. 9. Окно ЦМР, созданной на основе технологии S-CAN cleaning

Интегрированный инструмент объемного инспектирования подводного трубопровода позволяет получать количественную информацию о состоянии трубы на дне и наличии «провисаний» (free span), которые являются наиболее опасным явлением при эксплуатации.

Отметим, что в модуле NaviModel реализована инновационная программа для калибровки МЛЭ (Patch Test). Особенностью этой программы калибровки является учет взаимной корреляции при расчете поправок установочных углов крена, дифферента, курса и запаздывания приема. Такой подход исключает необходимость итерационного расчета указанных поправок, который приходится применять при использовании программы Patch Test, реализованной в ЭГИС других производителей. Вместе с тем для работы с МЛЭ на борту судна необходимо использовать весь набор моделей: NaviPac, NaviScan, NaviEdit, NaviModel.



В результате применения программного модуля *NaviModel* представляется возможным собрать всю модель поверхности дна и представить ее в среде трехмерного изображения. Окно объемного (3D) представления модели поверхности дна с помощью программного модуля *NaviModel* представлено на рис. 11.



С помощью программного модуля *NaviPlot* решаются задачи:

- компоновка планшета;
 - формирование легенды съемки, представленной на планшете;
 - прокладка результатов съемки в проекционных координатах XY ;
 - формирование секущих и произвольных профилей;
 - нанесение на планшеты трасс подводных трубопроводов;
 - импорт и экспорт данных в формате AutoCAD;
 - экспорт результатов съемки в формате электронной карты обменного формата S57;
 - распечатка планшета на принтере или плоттере в среде ОС Windows.
- Окно модуля *NaviPlot* представлено на рис. 12

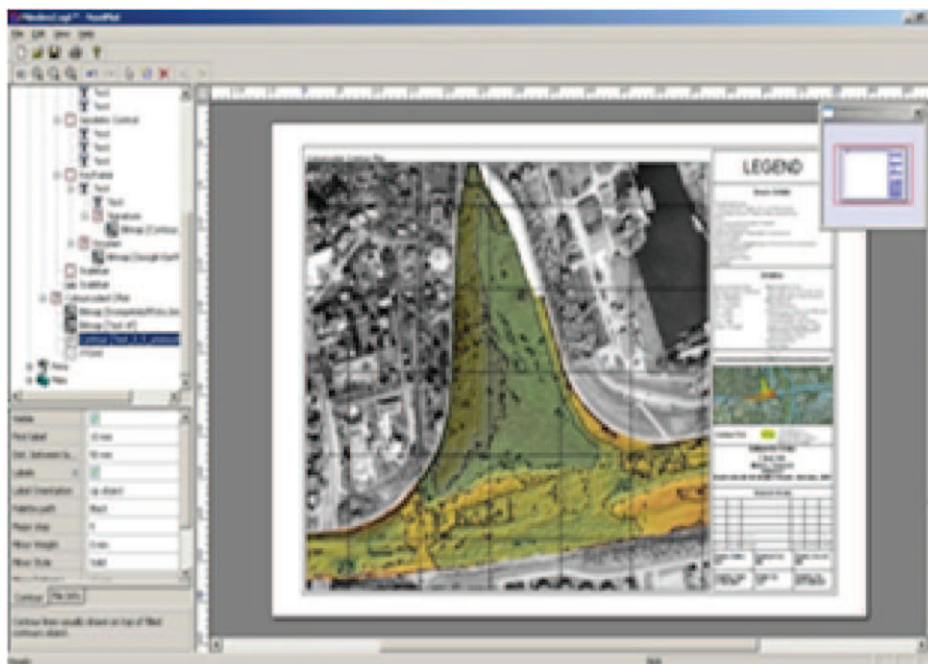


Рис. 12. Окно модуля *NaviPlot* с представлением ЦМР

Основные выводы по результатам анализа возможностей семейства программных продуктов фирмы “EIVA”

1. Гидрографическая технология на основе набора модулей EIVA, построенная на сетевой платформе «клиент-сервер», имеет огромные возможности, но достаточно сложна в освоении.

Преимуществом является хорошая документация, в которой детально описаны все основные модули. Вся документация выложена на сайте фирмы “EIVA” и доступна в сети Интернет.

2. Основой обучения использованию набора модулей EIVA является освоение модуля *NaviPac*, который объединяет две главные процедуры: *NaviConfiguration* и *NaviPac-online*.

С помощью процедуры *NaviConfiguration* осуществляются все настройки съемки, включая назначение геодезических параметров (выбор эллипсоида и картографической проекции), определение параметров объектов (суда, ПТС), настройки для автоматического сбора данных от оборудования, установленного на «объектах». Процедура включает также геодезический калькулятор и программу расчета для геодезического азимута по наблюдениям Солнца.

3. Удобной особенностью модуля *NaviPac* является возможность использования встроенных имитаторов всех типов оборудования, что позволяет выполнить всю настройку съемки в имитационном режиме. Система *NaviPac-online* также имеет встроенный имитатор, позволяющий задавать вручную координаты исходной точки, величины курса и скорости для отображения в окне *Helmsman Display*. Использование модуля *NaviPac* в имитационном режиме не требует наличия на компьютере ключа программной защиты. При этом учащиеся могут зарегистрироваться на фирме “EIVA” и получить разрешение на использование модуля *NaviPac* в учебных целях.

4. Сильной стороной гидрографического программного обеспечения EIVA является ее очевидная направленность для решения задач промышленной гидрографии - гидрографическая поддержка всего комплекса работ для создания инфраструктуры морских месторождений углеводородного сырья.

5. Использование сетевой идеологии «клиент-сервер» имеет преимущество, которое особенно заметно проявляется при использовании на судне, имеющем локальную сеть. При этом основное окно модуля реального времени — графическое окно Helmsman Display (см. рис. 3), может быть транслировано по сети в любое помещение, оборудованное локальной сетью, и отображено на периферийных компьютерах без необходимости использования дополнительного ключа программной защиты. Такая возможность позволяет отображать окно Helmsman Display не только в лабораториях судна, но даже в каютах сотрудников.

6. В общем составе работ по гидрографической поддержке мониторинга инфраструктур морских месторождений следует выделить специальные инструменты инспектирования (мониторинга) подводного трубопровода, которые позволяют получать информацию о состоянии трубы на дне в виде акустического и видеоизображений. Работы по мониторингу подводных трубопроводов приобретают в настоящее время все возрастающее значение. Для удовлетворения высоких требований, предъявляемых фирмами к такого рода программному обеспечению, компания «EIVA» осуществила разработку уникального комплекта моделей NaviSuite Nardoa. При этом используется стандартный набор программных модулей EIVA, но предусматривается, что МЛЭ и «трекер» установлены на телеуправляемом подводном аппарате, который также оборудован видеокамерами. Предусматривается интеграция акустической и видеоинформации в модуле NaviPac + NaviScan, а также пост-обработка батиметрических данных в модуле NaviEdit. Окончательное представление результатов в 3-мерном виде с обеспечением интеграции изображения модели рельефа дна, трубопровода и его видеоизображения осуществляется в программном модуле NaviModel (рис. 13). Данное технологическое решение для мониторинга подводного трубопровода является уникальным.

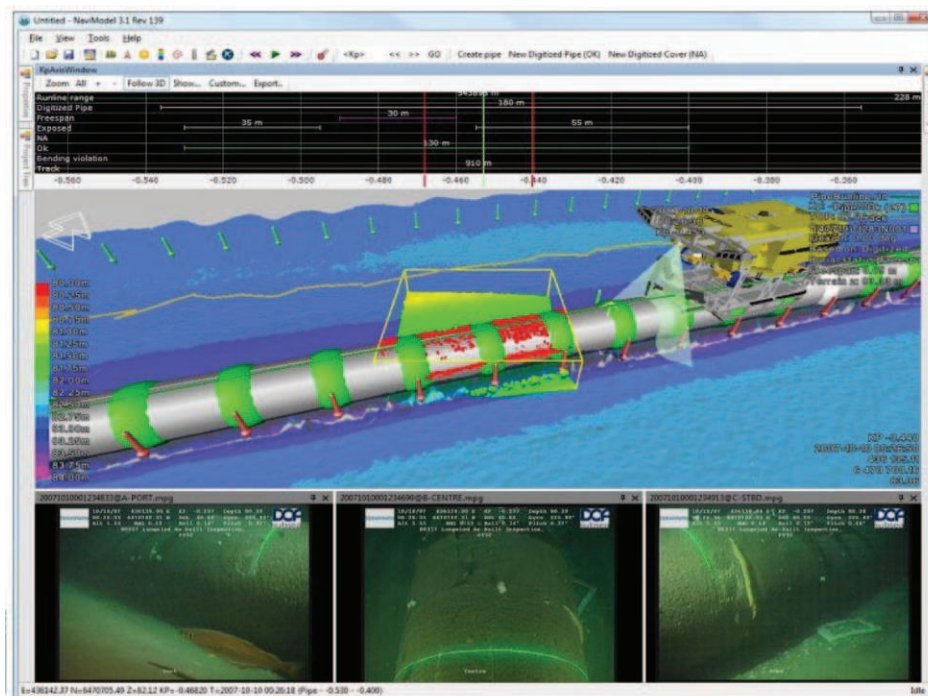


Рис. 13. Результат представления 3D модели рельефа, положения трубопровода и его видеоизображения в модуле NaviModel

7. Ближайшим конкурентом гидрографического программного обеспечения EIVA является ЭГИС QINSy (Quality Integrated Navigation System)/Fledermause голландской фирмы «QPS». Тех-

нологические возможности QINSy/Fledermause в части батиметрии и сонарного изображения от МЛЭ не уступают программному обеспечению EIVA. Однако при решении задач промышленной гидрографии, особенно мониторинге подводных трубопроводов, программное обеспечение EIVA имеет определенные преимущества.

8. Гидрографическое программное обеспечение EIVA является целесообразным выбором для крупной компании, осуществляющей добычу нефти и/или газа на шельфе, имеющей в своем составе гидрографическое подразделение, эксплуатирующее геофизическое судно с локальной сетью, и телеуправляемый подводный аппарат с большим набором оборудования, включая МЛЭ, «треккер» и набор специализированных датчиков.

Головной морской вуз Минтранса РФ — Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова (ГУМРФ), при подготовке гидрографов на арктическом факультете уже использует в учебном процессе ЭГИС Hurack MAX и QINSy [2; 4].

Основные усилия по внедрению программных модулей EIVA в учебный процесс ГУМРФ будут направлены на создание в 2014–2015 гг. учебного курса по модулю NaviPac.

Новые гидрографические технологии позволяют использовать значительно меньший состав персонала, при этом требования к подготовке гидрографов значительно повышаются. Применение новых гидрографических технологий позволяет не только выполнять съемки в сжатые сроки и меньшим составом исполнителей, но и радикально сократить время пост-обработки и представления конечных результатов.

Список литературы

1. *Фирсов Ю. Г.* Современные технологии морских геодезических работ при нефтегазодобыче на шельфе / Ю. Г. Фирсов, В. Н. Баландин, И. В. Меньшиков // Геодезия и картография. — 2010. — Вып. 6.
2. *Фирсов Ю. Г.* Современные гидрографические технологии и практическая подготовка инженеров-гидрографов в Государственной морской академии / Ю. Г. Фирсов // Эксплуатация морского транспорта / под ред. Емельянова. — М.: Наука, 2003.
3. *Изаак И. Э.* Обследование навигационных опасностей многолучевой эхолокационной системой с помощью программного обеспечения HYPACK MAX / И. Э. Изаак, Ю. В. Смагин // Современное состояние и проблемы навигации и океанографии: тр. конф. — СПб.: ГНИНГИ, 2007.
4. *Фирсов Ю. Г.* Контроль качества трехмерного позиционирования в электронной гидрографии / Ю. Г. Фирсов // Эксплуатация морского транспорта: ежекварт. сб. ст. ГМА. — СПб.: ГМА, 2009. — Вып. 3 (57).
5. *Фирсов Ю. Г.* Основы гидроакустики и использования гидрографических сонаров: учеб. пособие / Ю. Г. Фирсов; ГМА имени адмирала С. О. Макарова. — СПб.: Изд-во «Нестор-ИСТОРИЯ», 2010. — 348 с.
6. *Calder B.* CUBE user's manual: Technical report / B. Calder, D. Wells; Center for Coastal and Ocean Mapping and NOAA, UNH Joint Hydrographic Center, University of New Hampshire. — Jan. 2007. — Version 1.13.
7. *Calder B. R.* Automatic processing of high-rate, high-density multibeam echosounder data / B. R. Calder, L. A. Mayer // Geochemistry, Geophysics, Geosystems. — June 2003. — № 4 (6).
8. *www.scalgo.com* — сайт датской фирмы “Scalgo”.