

УДК 624.131.3:550.834.08:550.822.3

НИС «Геофизик»: новый инженерно-геологический комплекс



Г.С. Казанин, д.т.н.,
академик РАН,
Тел. 7 8152 45 07 09
kazaning@mage.ru
info@mage.ru



А.С. Макаров
makarov@mage.ru



Г.И. Иванов, д.г.-м.н.
Тел. +7 911 313 11 12
ivanov.gi@mage.ru



М.В. Саркисян
m.sarkisyan@mage.ru

/ОАО «МАГЭ»/

Поднята проблема, связанная со старением научного флота и несоответствием возможностей научно-исследовательских судов требованиям нефтегазовых компаний. Рассказывается о комплексном переоборудовании и переоснащении научно-исследовательского судна с целью его специализации для морских инженерных изысканий. Представлено высокотехнологичное оборудование нового поколения, показаны его возможности и решаемые с его помощью задачи.

Ключевые слова: научно-исследовательское судно (НИС) «Геофизик», морские инженерные изыскания, модернизация научно-исследовательского оборудования, судовые дизель-генераторы, сейсмика, электрокомпрессор высокого давления, спутниковая связь, определение местоположения судна, спутниковые навигационные системы, спутниковые приемники, инерциальная навигационная система, выявление геологических аномалий, комплекс сейсморазведки высокого разрешения (СВР), сейсмокоса, пневмопушки, контроллер пневмоисточников, излучатели, генератор энергии, пьезококса, гидролокатор бокового обзора (ГЛБО), магнитометрические исследования, морской магнитометр, короткобазисная глобальная акустическая система позиционирования, эхолот, профилограф скорости звука, пробоотборники, отбор керна.

Одной из основных проблем российского научного флота является старение судов. Большинство судов было построено в 80-90 годы прошлого столетия и в настоящее время не соответствуют требованиям, предъявляемым нефтегазовыми компаниями. Для решения этой проблемы ОАО «МАГЭ» в 2015 г. провело комплексное переоборудование и переоснащение НИС «Геофизик» с целью специализации его в дальнейшем для морских инженерных изысканий (рис. 1). Работы были направлены на модернизацию как общесудовых механизмов и аппаратуры, так и научно-исследовательского оборудования.

Современная научная аппаратура требует надежного источника электропитания, производящего электроэнергию с высокими показателями качества, исключающими сбои и выходы из строя систем на микропроцессорной основе. Кроме того, сейчас предъявляются высокие требования к энергоэффективности и экологической безопасности судовых электростанций. В целях соответствия оборудования данным требованиям на борту НИС «Геофизик» была произведена замена судовых дизель-генераторов 6ЧН18/22 на современные дизель-генераторы Cummins N855, обладающие высокой надежностью и низкими выброса-

ми в атмосферу вредных окислов азота NOx. Потребление топлива при этом снизилось на 20 %.

При проведении инженерных изысканий методом сейсмоки высокого разрешения большое значение имеет качество воздуха высокого давления (150 кгс/см кв.), который используется в сейсмоисточниках. Особенно это касается работы в осенне-зимний период, при низких температурах воздуха и воды, когда происходит усиленное образование наледи и загустение водомасляной эмульсии в управляющих клапанах пневмоисточников; при этом пневмоисточники выходят из строя. Их приходится извлекать из воды на палубу судна, отогревать, чистить и опускать обратно. Это приводит к значительным потерям рабочего времени в период довольно короткого в северных широтах полевого сезона.

Для обеспечения подачи воздуха высокого давления с низким содержанием водомасляной эмульсии на борту НИС «Геофизик» был установлен электрокомпрессор высокого давления 2BM-5/221 Краснодарского компрессорного завода, имеющий большую производительность и энергоэффективность по сравнению с прежними компрессорами ДК-10. Опыт эксплуатации компрессора 2BM-5/221 в течение полевого сезона 2015 г. показал его высокую надежность и полное соответствие рабочим параметрам, заявленным производителем. Кроме того, новый компрессор изготавливается в России, на 90 % из российских комплектующих, т.е. поставки необходимого ЗИПа (в будущем) не подпадут под антироссийские санкции.

Во время выполнения инженерных изысканий методом донного опробования необходимо удерживать судно на точке пробоотбора с минимальными отклонениями. Поскольку НИС «Геофизик» не имеет системы динамического позиционирова-



Рис. 1. НИС «Геофизик»

ния, удержание планировалось осуществлять с помощью якорей и носового подруливающего устройства. Для этого имеющееся на судне подруливающее устройство было модернизировано: установлена новая тиристорная система управления, позволяющая плавно регулировать частоту вращения приводного электродвигателя. Опыт использования модернизированного подруливающего устройства при выполнении донного опробования дал положительные результаты.

Комплексное переоборудование судна потребовало установки новых геологических лебедок с автономными гидроагрегатами и с увеличенной канатоемкостью барабанов; подверглись модернизации порталы для спуска-подъема геологического оборудования. В связи с расширением спектра методик, используемых при проведении морских инженерных изысканий, дополнительно были установлены выдвижные штанги для профилографа и измерителя течений. Была также смонтирована новая сейсмическая лебедка, в связи с чем подверглась модернизации общесудовая система гидравлики и был установлен дополнительный гидравлический

агрегат, обеспечивающий работу сейсмической лебедки. В связи с увеличением нагрузки на рабочую палубу из-за установки дополнительных лебедок, выдвижных штанг и геологического оборудования потребовалась полная замена листов рабочей палубы и подпалубного набора с установкой новой теплоизоляции.

Для улучшения качества спутниковой связи и уменьшения финансовых затрат судно было дооборудовано новой системой V-sat. Она позволяет производить устойчивую передачу данных в средних и высоких географических широтах при приемлемой стоимости трафика.

В целях улучшения условий труда научного состава, а также в связи с возросшим тепловыделением увеличенного количества научной аппаратуры была переоборудована система кондиционирования воздуха в помещениях навигационной аппаратуры и вычислительного центра.

Важнейшим элементом морских ГРП является определение местоположения судна и забортных устройств, которое осуществляется с помощью глобальных спутниковых навигационных систем GPS и ГЛОНАСС.



На НИС «Геофизик» установлены профессиональные спутниковые приемники C-Nav 3050 производства C&C Technologies и инерциальная навигационная система Seapath 330 производства Kongsberg Seatex, которые позволяют получать высокоточную и достоверную информацию о позиции судна.

С целью изучения верхней части разреза и для выявления потенциально опасных геологических аномалий (зон заземленного газа), которые могут при проведении эксплуатационного бурения привести к возникновению аварийных ситуаций или катастрофам, на судне установлен комплекс сейсморазведки высокого разрешения (СВР). Регистрирующая система представлена станцией XZoneBottomFish производства ООО «Си Технологии Инструмент» (Россия). В качестве приемного устройства используется российская 192-канальная цифровая коса модели XZoneBottomFish с активной длиной 1200 м и расстоянием между каналами 6,25 м. Стабилизация сейсмокосы на заданной глубине осуществляется при помощи компасных контроллеров глубины DigiBird 5011E. Положение сейсмокосы непрерывно выводится на дисплей управляющего контроллера DigiCOURSE в табличной и графической форме. На конце сейсмической косы установлен концевой буй PartnerPlast 800L, оборудованный проблесковым маячком, радаром-рефлектором и GNSS-приемником.

В качестве источника упругих колебаний используется кластер, состоящий из 4 пневмопушек G.GUN II объемом от 150 до 40 куб. дюймов каждая. Данные пневмоисточники отличаются высокой производительностью в самых тяжелых природно-климатических условиях. Кроме того, на судне имеется альтернативный источник, состоящий из 4 пневмопушек SleeveGun по 40 куб.

дюймов каждая. Автоматический контроль и синхронизация работы пушек осуществляются с помощью контроллера BigShot, который имеет временное разрешение 0,1 мс. Дополнительно контроллер пневмоисточников получает информацию о заглублении кластера пневмопушек. Процедуры и расчеты с целью контроля качества параметров возбуждения и регистрации сейсмического сигнала проводятся на борту НИС «Геофизик» с использованием ПО ProMAX (Landmark).

Одним из важнейших методов изучения верхнего слоя осадков является непрерывное сейсмоакустическое профилирование. На судне установлена полностью обновленная система – начиная от источника энергии и заканчивая регистрирующими комплексами и ПО производства компании Geomarine Systems, Нидерланды.

В качестве источника сигнала выступают электродинамический (бумер) и электроискровые (спаркер) излучатели, которые характеризуются стабильностью энергетических характеристик. Данные излучатели располагаются на своих носителях-буксирах, которые оснащены поплавками, что позволяет регулировать заглубление источника. Спаркер не требует обслуживания, так как электроды не подвержены выгоранию и предназначены для работы на глубинах от 2 до 2500 м, частота сигнала варьируется от 500 до 1000 Гц путем настройки генератора энергии. Глубинность освещения разреза данного источника достигает 400 мс. Бумер работает в диапазоне частот 2-4 кГц при регулировке подаваемой энергии 100-400 Дж, что позволяет излучать сигнал несколько раз в секунду.

На судне установлен генератор энергии Geo-Spark, с помощью которого можно получать энергию до 16 кДж при напряжении в 5,6 кВ. Источник энергии раз-

работан таким образом, чтобы исключить возможные ошибки со стороны персонала.

Прием и регистрация отраженных волн по методу одноканального НСАП осуществляются с помощью установленной одноканальной пьезокосы Geo-Sense Mini-Streamer (группа длиной 2,8/9,2 ма из 8/24 гидрофонов типа AQ-2000, расположенных на расстоянии 40 см друг от друга) и системы регистрации Mini-Trace II (24 бит, динамический диапазон 112 дБ), способной вести запись сейсмических данных в формате Seg-Y.

Для приема и регистрации отраженных волн по методу многоканального НСАП используется многоканальная пьезокоса Geo-Sense Ultra Hi-Res 48 Channel Streamer (48 каналов с шагом 3,125 м, 3 гидрофона типа AQ-2000 в группе на базе 50 см) с длиной двух активных секций 150 м. Применяется также система регистрации на базе двух сейсмических модулей MultiTrace (24 бит, динамический диапазон 110 дБ), встроенных в лебедку сейсмокосы, позволяющая вести запись сейсмических данных в форматах Seg-D и Seg-Y.

При изучении акустического изображения морского дна и выявлении опасных техногенных и геологических объектов применяется установленный на судне современный цифровой гидролокатор бокового обзора (ГЛБО) KleinSystem 3000.

Технические параметры ГЛБО KleinSystem 3000:

- рабочая частота: 100 / 445 кГц;
- ширина луча в горизонтальной плоскости: 1-2°;
- ширина луча в вертикальной плоскости: 40°;
- возможность регулировки луча: 5/10/15/20/25°;
- разрешающая способность: не менее 1/400 от ширины обзора;
- скорость буксировки: 1-12 уз.;

- рабочая высота «рыбы» над дном: 1-47 % от горизонтальной ширины обзора;

- максимальная глубина буксировки: 1500 м;

- датчики: курса, крена, дифферента, давления.

Буксировка ГЛБО осуществляется с помощью регулируемой электрогидравлической лебедки DT Marine 3050ENLWR с гидравлической П-рамой. Лебедка укомплектована тросоукладчиком, пультом дистанционного управления, токосъемником на восемь контактов, счетчиком вытравливания троса и соответствующим канифас-блоком. Лебедка может управляться из аппаратной и/или с места ее размещения. Спуск-подъем заборного устройства для оперативного контроля осуществляется с места размещения лебедки, а корректировка глубины в случае необходимости – из лаборатории с рабочего места оператора, на котором установлены мониторы, передающие изображения с палубных видеокамер, что позволяет безопасно осуществлять управление лебедкой с места оператора.

Для выполнения магнитометрических исследований на судне предусмотрен морской магнитометр SeaSPY2 (MarineMagnetics, Канада) в конфигурации продольного градиентометра. Система SeaSPY2 является полностью цифровой. Измерение сигнала магнитометра производится внутри буксируемой гондолы магнитометра, где сигнал наиболее сильный и в наибольшей степени защищен от внешних помех.

Магнитометр SeaSPY2 можно использовать одновременно с гидролокаторами бокового обзора KleinSystem 3000. Система KleinSystem 3000 имеет возможность подключения магнитометра SeaSPY2 посредством интеграционного кабеля для выполнения магнитометрической съемки. В этом случае несущая гондола магнитометра будет следовать

непосредственно позади буксируемого тела ГЛБО на расстоянии 10 м. Данные с магнитометра поступают на ПК сбора и обработки с общим потоком данных гидролокатора.

Для позиционирования буксируемого оборудования и донных пробоотборников установлена короткобазисная глобальная акустическая система позиционирования IXBlue GAPS-4G. При этом необходимо отметить следующие преимущества данной системы:

- отсутствие требований к калибровке при перестановке; внутренняя инерциальная система и GPS обеспечивают корректировку всех отклонений акустической антенны;

- позиционирование на поверхности и под водой, позиционирование множества подводных объектов, определение курса, ориентации, движения и координат судна обеспечения;

- гарантированная постоянная точность 0,2 %, включающая измерения датчиков курса, крена и дифферента, в отличие от других USBL (системы подводного позиционирования с короткой базой), которые предлагают только точность акустической системы;

- устойчивость к сбоям и отключению GPS – используя высокоточную инерциальную систему Phins, GAPS может фильтровать сбой GPS и выдавать ровное позиционирование;

- позиционирование в реальном времени на любой глубине с частотой 10 Гц – GAPS использует самые современные методы математической фильтрации для получения ровного и непрерывного позиционирования;

- совместимость с любыми транспондерами (маяк-приемоответчик).

С целью выполнения батиметрической съемки рельефа дна с высоким разрешением на судне смонтирован и установлен программно-аппаратурный комплекс на базе многолуче-

вого эхолота EM 2040C производства Kongsberg Maritime AS с двумя гидроакустическими антеннами. Кроме того, комплекс включает в себя инерциальную навигационную систему GPS/ГЛОНАСС Seapath 330 с датчиком перемещений судна MRU 5, интегральную навигационную систему QINSy Survey и комплекс обработки батиметрических данных QINSy Office. Данный эхолот обеспечивает специальные требования международной гидрографической организации IHO S44 и соответствует стандартам спецификации LINZ. В дополнение к многолучевому эхолоту установлен однолучевой двухчастотный эхолот EA600 также производства Kongsberg Maritime AS, способный измерять глубины до 3000 м с высокой точностью.

На судне размещен профилограф скорости звука Midas SVP, обеспечивающий исследование скорости распространения звука по всей толще воды. Результаты измерений передаются в навигационный комплекс QINSy для дальнейшей обработки данных батиметрии, ГЛБО и НСАП. Midas SVP является наиболее точным профилографом скорости звука в мире. Он оснащен датчиком скорости звука, высокоточным датчиком давления с температурной компенсацией и быстродействующим датчиком температуры. Профилограф имеет внутренний источник питания и работает в автономном режиме, что позволяет записывать все измеряемые параметры во внутреннюю энергонезависимую флэш-память.

Более того, для измерения скорости звука установлена современная система Underway SVP, позволяющая проводить измерения на ходу судна.

С целью получения дополнительной информации о колебаниях уровня моря на судне имеются измерители Valeport miniTide с системой акустических размыкателей IXBlue Oceano.



Рис. 2. Погружная система пробобора

Геотехнический пробобор на судне осуществляется пробоборниками вибрационного и гравитационного типа. Вибрационный пробоборник GEO-VIBRO CORER 3000+6000 рассчитан на работу при максимальной глубине воды до 200 м (рис. 2). Конструкция вибропробоборника предполагает использование колонковых труб длиной 3 и 6 м, при этом он может быть собран в различной компоновке с длиной керноприемной части 3, 6 и 9 м. Внутри колонковых труб для обеспечения сохранности и простоты извлечения керна на палубу используются ПВХ-вкладыши с внутренним диаметром 106 мм. Выход керна составляет не менее 90 %. Лучше всего пробоборник зарекомендовал себя при работах на песчаных осадках и глинистых осадках с консистенцией от мягкопластичной до полутвердой, где гравитационные и поршневого типа пробоборники не могут обеспечить отбор керна на необходимой глубине.

В дополнение к вибропробоборнику на судне имеется пробоборник донных осадков колонковый гидростатический, который позволяет отбирать пробы на различной глубине (от 3 до 6,5 м) в зависимости от выбора длины керноприемной трубы.

Для изучения физико-механических свойств донных осадков и анализа грунтов на судне располагается специализированная лаборатория.

Литература

1. Иванов Г.И. Морская геофизика на самом современном уровне // Нефть. Газ. Новации. – 2014. – № 1. – С. 28-30.

2. Казанин Г.С., Иванов Г.И., Макаров Е.С. Комплексная геофизическая экспедиция к Северному полюсу – «Арктика-2014» // Научно-технические проблемы освоения Арктики. – М.: Наука, 2015. – С. 162-166.

3. Казанин Г.С., Иванов Г.И. Инновационные технологии – основа стабильного развития ОАО «МАГЭ» // Разведка и охрана недр. – 2014. – № 4. – С. 3-7.

4. Казанин Г.С., Заяц И.В., Иванов Г.И., Макаров Е.С., Васильев А.С. Комплексные геофизические исследования в районе Северного полюса // Океанология. – 2016. – № 2. – С. 344-349.



НЕ ПРОПУСТИТЕ КЛЮЧЕВОЕ СОБЫТИЕ ОТРАСЛИ!

XIII МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

20 мая 2016, Москва

ОСВОЕНИЕ ШЕЛЬФА РОССИИ И СНГ – 2016



ОСНОВНЫЕ ФОРМАТЫ КОНФЕРЕНЦИИ

- **ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ:** узнайте из уст представителей органов государственной власти, регулирующих развитие отрасли, о последних изменениях в государственной стратегии недропользования на шельфе, инвестиционном климате и новых возможностях развития регионов, в которых реализуются шельфовые проекты
- **ИНТЕРАКТИВНЫЕ ДИСКУССИИ:** примите участие в обсуждении наиболее актуальных вопросов развития отрасли и получите четкие ответы на волнующие злободневные вопросы о проблемах, тенденциях, перспективах реализации текущих шельфовых проектов от ведущих игроков отрасли
- **CASE-STUDIES:** получите открытый доступ к инновационным решениям отрасли и уникальному опыту российских и зарубежных лидеров рынка

ОСНОВНЫЕ ТЕМАТИЧЕСКИЕ БЛОКИ КОНФЕРЕНЦИИ

- Влияние текущей политико-экономической ситуации на развитие отрасли в России. Как может повлиять уход западных компаний на реализацию проектов на российском шельфе в ближайшие годы?
- Перспективы реализации оффшорных проектов в России в 2016-2017 годах
- Экономическая целесообразность освоения российского шельфа в условиях низких цен на нефть и газ
- Что изменилось в освоении российского шельфа после ввода санкций? Смогут ли российские сервисные компании самостоятельно заменить приостановившие деятельность из-за санкций западные компании? Имеется ли у них соответствующий опыт, оборудование и кадры?
- Заменят ли сервисные компании из Китая, Кореи и других стран АТР на российском рынке западные компании, приостановившие деятельность из-за санкций?
- Освоение шельфа южных, арктических и дальневосточных морей: опыт реализации проектов, планы и прогнозы, проблемы и пути их решения

МЕДИАПАРТНЕРЫ

ГЕНЕРАЛЬНЫЙ МЕДИАПАРТНЕР:



ГЕНЕРАЛЬНЫЙ ИНТЕРНЕТ-ПАРТНЕР:



ОФИЦИАЛЬНЫЙ МЕДИАПАРТНЕР:



СТРАТЕГИЧЕСКИЙ МЕДИАПАРТНЕР:



+7 (495) 502 54 33
+7 (495) 778 93 32



Konstantinova.Elena@rpi-inc.ru



www.rpi-conferences.com