

Информационные сообщения

УДК 550.832

О. В. Калугин, П. И. Власенко, Е. П. Власенко
ООО «Нефтегазгеофизика»

НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРОГРАММНО-АППАРАТУРНЫХ КОМПЛЕКСОВ ДЛЯ КАРОТАЖА НА БУРОВЫХ ТРУБАХ СОВРЕМЕННОЙ АППАРАТУРОЙ ООО «НЕФТЕГАЗГЕОФИЗИКА»

Описаны решения проблем, выявленных и накопленных за многолетний опыт эксплуатации автономных приборов, разрабатываемых с конца 90-х годов прошлого столетия.

Ключевые слова: каротаж, аппаратура, автономные скважинные комплексы, исследования.

Глоссарий

БУП – блок управления и памяти, при регистрации организовывает опрос БСИ, результаты опроса записывает во флеш-память, в тестовом режиме принимает команды от персонального компьютера (ПК) и отвечает сам или транслирует команду в БСИ в зависимости от адреса, указанного в команде.

БСИ – блок сбора информации (методный модуль), отвечает на сервисные команды и команды опроса, является основным источником геофизической и технологической информации, имеется возможность обмена с модулем напрямую или через БУП.

Сервис – отдельная программная компонента, реализованная в виде EXE-файла или DLL, вызываемая обычно из меню монитора основной программы.

Рабочая директория – папка на ПК, которая создается перед проведением ГИС, в нее помещаются файлы подготовки приборов к автономному режиму работы, данные регистрации и послекаротажной обработки.

Для геофизических исследований горизонтальных и наклонных скважин с конца 90-х годов прошлого столетия в России стал широко применяться каротаж на буровых трубах с использованием скважинных автономных приборов и наземных датчиков измерения глубины. Многолетняя эксплуатация разработанной в ООО «Нефтегазгеофизика» аппаратуры и соответствующего программного обеспечения (ПО ServiceMS [1]) показала высокие характеристики по надежности при решении задач геофизических исследований скважин (ГИС). Серийно изготавливаемая аппаратура в ООО «Нефтегазгеофизика» представляла собой самостоятельные автономные приборы для выполнения различных методов ГИС [3]. Специальные соединительные устройства на концах прибора позволяли состыковать их друг с другом путем вертикальной сборки на устье скважины, что давало возможность их комплексирования в сборки для выполнения комплекса ГИС. Тестирование приборов, подготовка к каротажу, считывание данных из приборов производились с каждым из них по отдельности. Но реалии времени таковы, что буровикам и нефтяникам – конечным потребителям результатов ГИС – требуется более оперативно получать заключение по выполненному каротажу. Геофизикам же, непосредственно использующим нашу автономную аппаратуру, наряду с быстродействием хотелось бы больше гибкости и простоты при использовании программно-аппаратурных комплексов. Поэтому в 2009 г. в ООО «Нефтегазгеофизика» (НГГ) началась реализация концепции комплексного автономного прибора (КАП), в котором присутствует один модуль регистрации (БУП) с унифицированным по протоколу обмена списком блоков сбора информации (БСИ). При решении конкретных геофизических задач выбирались те или иные списки БСИ, причем список подключенных к БУП БСИ определялся автоматически, а шаг опроса каждого БСИ при регистрации мог быть разным. Обеспечение питанием прибора в автономном режиме осуществляется, как и ранее, напряжением 12 В, и поэтому число подключенных БСИ к БУП осталось ограниченным. Память регистрации (флеш-память в 1 Гб) конструктивно размещалась внутри БУП (в корпусе КАП), и считывание зарегистрированной информа-

ции могло продолжаться до двух часов (например, данные приборов акустического каротажа). Для решения сложных задач ГИС в сборку включалось несколько КАП, что удлиняло сборку и создавало дополнительное неудобство в виде программирования каждого КАП и последующего считывания информации с каждого БУП КАП. По результатам опыта эксплуатации КАП и с учетом вышеперечисленных неудобств в 2016 г. разработан КАП с напряжением питания 48 В постоянного тока. Память регистрации (2 Гб с резервированием, 4 Гб без резервирования) вынесена в замыкающую заглушку (FDISK), которая после подготовки прибора к регистрации устанавливается в прибор для визуального контроля и старта перехода КАП в автономный режим работы, а также последующего сохранения зарегистрированных данных БСИ, а после регистрации подключается оператором к ПК через USB-интерфейс для считывания зарегистрированной информации. Устройство FDISK определяется средствами Windows как внешнее съемное устройство памяти, время копирования данных с FDISK при полностью заполненной памяти (2 Гб) – не более 5 минут. Кроме логического диска регистрации в FDISK предусмотрен и общедоступный логический диск, который можно использовать для технологических целей. В одном сеансе работы может быть до 32 БСИ, причем питание приборов вынесено в отдельный модуль, который подключен к БУП аналогично остальным БСИ. Все модули в составе КАП, в том числе и модуль питания, имеют унифицированные узлы длястыковки между собой, что обеспечивает гибкость в формировании состава сборки комплекса. Модуль питания обеспечивает энергоснабжение КАП номинальным напряжением +48 В постоянного тока на основе аккумуляторных батарейных блоков или литиевых первичных элементов в зависимости от температуры окружающей среды эксплуатации, а также осуществляет измерение и контроль параметров выходных напряжений и тока потребления КАП. Номинальной емкости модуля питания достаточно для работы КАП в автономном режиме для проведения стандартного комплекса ГИС не менее 30 часов при одновременной работе 12 приборов (в каждом приборе может быть установлено несколько БСИ, но не более 32 на один КАП). В составе КАП предусмотрен технологический модуль, который измеряет технологические параметры при спуско-подъемных операциях с момента установки FDISK в БУП. Технологический модуль фиксирует давление, натяжение, внешнюю температуру, со-противление жидкости, показания акселерометров. Позже был раз-

работан ряд КАП такой же архитектуры, но с питанием 12 В – так называемой малой интеграции.

Для наземной поддержки КАП разработаны:

– блок наземный технологический, который работает совместно с персональным компьютером (ПК) и обеспечивает питание КАП, позволяет проводить работы по проверке функционирования и подготовке КАП к каротажу в автономном режиме через БУП, а также калибровку и проверку работоспособности модулей, выполняющих тот или иной метод ГИС, по отдельности. В составе блока имеются источник питания, несколько интерфейсов RS-485 для работы с КАП или отдельными модулями, а также USB-интерфейсы для связи с ПК и FDISK;

– многоканальное зарядное устройство (до 12 каналов) вынесено в отдельное устройство и предназначено только для обслуживания (проведения циклов заряд/разряд) аккумуляторных батарейных блоков, входящих в состав модуля питания;

– модернизирован наземный измеритель глубины («Глубиномер-7») [2], позволяющий надежно работать и при -40°C .

Для поддержки КАП и общего повышения производительности доработано программное обеспечение (ПО) ServiceMS. Реализованы следующие пользовательские возможности поддержки КАП:

– введены в состав ПО расчетные DLL-библиотеки, которые применяются как при проведении тестирования БСИ, так и при получении физических величин из зарегистрированных данных, что позволяет оператору быстро и более качественно оценивать данные, поступающие от БСИ, а программистам не разрабатывать специальные программы первичной обработки для относительно несложных модулей;

– оператору каротажа дается возможность протестировать скважинные модули, входящие в состав КАП, на этапе составления сборки, что существенно экономит время при подготовке к каротажу длинной вертикальной сборки при выявлении неработоспособного модуля;

– возможность иметь в сборке «одинаковые» (с одинаковой меморикой) приборы с дополнительной идентификацией по заводским номерам, что обеспечивает взаимозаменяемость БУП;

– возможность задания каждому БСИ своего интервала регистрации (времени включения/выключения) и шага опроса при подготовке прибора к каротажу;

– оперативная выдача таблицы качества регистрации каротажных модулей сразу после копирования зарегистрированных данных с FDISK;

– автоматический импорт технологических параметров в LIS-файлы скважинных модулей, входящих в состав КАП; механизм импорта параметров основан на открытых для пользователя гlosсариях с гибкой возможностью добавления/исключения;

– сохранение рабочей директории с данными о подготовке к каротажу на логическом диске FDISK, что дает возможность вести послекаротажную обработку на любом ПК с установленным ПО ServiceMS;

– список отчетов по каротажу расширен таблицей опроса БСИ (табл. 1) и таблицей функционирования аккумуляторов/батарей (табл. 2);

– в меню тестирования добавились две новые возможности: автоопределение БСИ без подключенного БУП (кнопка «АвтоКАП») и сервис обслуживания FDISK, позволяющий в удобном виде определять работоспособность устройства (рис. 1);

– наличие программы сервисного просмотра первичных файлов регистрации (копия логического диска регистрации) с разнообразным набором фильтров, что значительно сократило время анализа при аварийных ситуациях.

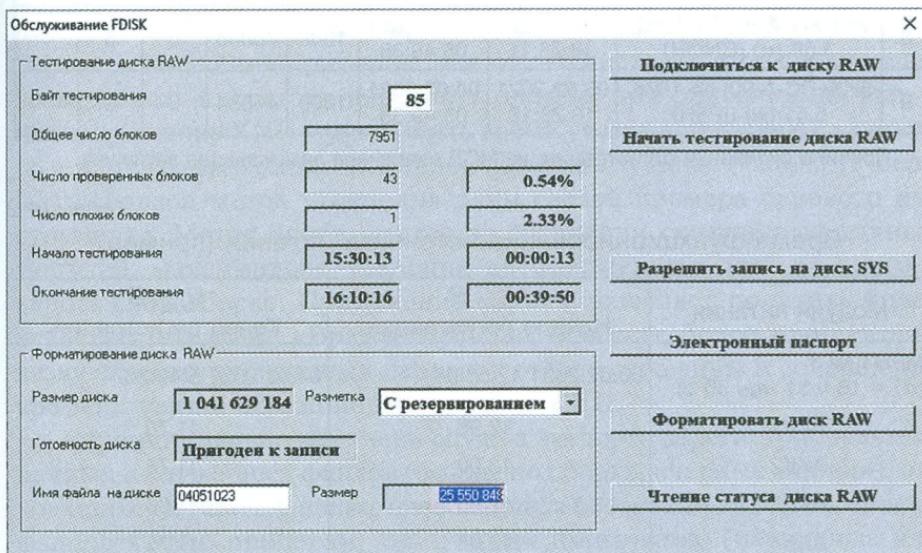


Рис. 1. Диалог обслуживания FDISK

Таблица 1
Результаты опроса БСИ (пример)

| № п/п | БСИ | Начало регистра- ции | Конец регистра- ции | Шаг опроса, мс | Всего кадров | Нет ответов БСИ | Наруше- ния КС | Пустые кадры |
|-------------|--|----------------------------|---------------------------|-------------------|-----------------|--------------------|-------------------|-----------------|
| HTMT № 1003 | | | | | | | | |
| 1 | МСД-А-90, № 1003, 0,83 (м) (MSDA) | 03.02.2021 12:58:10 | 04.02.2021 05:49:38 | 1000 | 60681 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | МП-А-102-3, № 3, 3,98 (м) (MPH3) | 03.02.2021 12:58:08 | 04.02.2021 05:49:38 | 1000 | 60682 | 0 | 0 | 0 |
| 3 | МТК-А-90, № 1003, 2,49 (м) (MTKH) | 03.02.2021 12:58:12 | 04.02.2021 05:49:38 | 1000 | 60679 | 0 | 0 | 0 |
| 4 | ЭКВР-А-90, № 1001, 14,60 (м) (LLFH) | 03.02.2021 18:28:04 | 04.02.2021 05:49:38 | 1000 | 40890 | 0 | 0 | 0 |
| 5 | ГК-А-90, № 1201, 1,47 (м) (GKEH) | 03.02.2021 18:28:07 | 04.02.2021 05:49:38 | 1000 | 40889 | 0 | 0 | 0 |
| 6 | АСПГ-А-90, № 1084, 4,72 (м) (USSH) | 03.02.2021 18:28:09 | 04.02.2021 05:49:37 | 1000 | 40887 | 0 | 1 | |
| 7 | ЗГГК-ЛП-А-90, № 2005, 2,15 (м) (LDCH) | 03.02.2021 18:28:13 | 04.02.2021 05:49:38 | 1000 | 40885 | 0 | 0 | |
| 8 | 2ННК-Т-А-90, № 1002, 3,69 (м) (CNOH) | 03.02.2021 18:28:11 | 04.02.2021 05:49:38 | 1000 | 40886 | 0 | 0 | |
| 9 | 5ИК+ПС-А-90, № 1076, 5,51 (м) (IP5H) | 03.02.2021 18:28:15 | 04.02.2021 05:49:38 | 1000 | 40884 | 0 | 0 | |

Причина окончания регистрации: из МСД извлечена замыкающая заглушка.

Таблица 2
Время функционирования источника питания (пример)

| Модули питания | $U_{\text{АКК}}, \text{ В}$ Начало регистрации | $U_{\text{АКК}}, \text{ В}$ Конец регистрации |
|-------------------------------------|---|--|
| MPH3 № 3 (dT = 16 ч 51 мин 30 с) | 03.02.2021 12:58:08 | 04.02.2021 5:49:38 |
| AKK1 | 12,96 | 11,70 |
| AKK2 | 13,00 | 11,76 |
| AKK3 | 12,95 | 11,80 |
| AKK4 | 12,98 | 11,75 |
| AKK | 51,89 | 47,01 |
| Ток, мА | 66,00 | 249,00 |

В рамках расширения общей производительности и пользовательской привлекательности в ПО ServiceMS добавлены и модифицированы следующие сервисы:

- создание списка приборов и БСИ для конкретной фирмы (фильтр приборов, эксплуатирующихся у заказчика), что упрощает для пользователя ручной выбор приборов в полном перечне автономных приборов, поддерживаемых ПО ServiceMS, и в несколько раз сокращает время процедуры автоопределения подключенных приборов (диалог формирования списка приборов показан на рис. 2);
- открытый сервис рисунков модулей, что позволило создавать изображения каротажных сборок на одном листе формата А4, выдавать на печать и автоматически формировать файл рисунка в рабочей директории; информация на рисунке предназначена как для буровиков, так и для интерпретаторов КИП, пример изображения сборки показан на рис. 3;
- включение в список глоссариев перечня съемных навесных устройств (например, отклонителей) для скважинных модулей, конкретная привязка/непривязка происходит на этапе формирования сборки и находит отражение как на рисунке сборки, так и в виде таблицы в шапке выходных файлов в формате LIS;
- редактирование компоновки сборки после ее спуска в скважину, позволяющее добавлять/убирать механические устройства, редактировать смещения приборов, менять их местами; этот сервис дает возможность оператору исправить ошибки при описании сборки, а интерпретатору КИП — уменьшить время увязки каротажных данных;
- в программу создания файлов «Время–глубина» (файлы Ti_dept.las) добавлен метод уточнения длин свечей промера бурового инструмента. Метод основывается на сравнении скважинных данных модулей, максимально удаленно расположенных друг от друга в каротажной сборке. Применение метода позволяет получить более качественный файл «Время–глубина», а значит, более точную привязку зарегистрированных данных к стволу скважины и сокращение времени увязки скважинных данных в КИП;
- принципиально изменена служба экспорта зарегистрированных данных и служебных файлов (файлы по сборке, «черные ящики»), находящихся в рабочей папке, позволяющая осознанно выбирать списки файлов как по приборам, так и по их назначению (первичные или расчетные данные), причем на выходе из выбранных файлов сразу формируется архивный файл формата zip; такой подход позволил

минимизировать объем передаваемых данных и время для передачи через Интернет как в КИП, так и в инженерные службы (диалог сервиса показан на рис. 4);

– из общесистемного «черного ящика» данные обмена между ПК и приборами вынесены в отдельный «черный ящик», что значительно сократило время получения отчетов; следует заметить, что перечень запоминаемых в «черных ящиках» данных и событий значительно расширился;

– сервис просмотра «черных ящиков» значительно расширился по наполняемости и сократился по времени формирования, что позволило квалифицированно принимать решение на основе программного анализа зарегистрированных данных на предмет сбоев и отказов при каротаже;

– внедрен сервис по установке ПО ServiceMS, установка ПО реализована на системе создания установочных программ Nullsoft Scriptable Install System (NSIS) [4]. Актуальная версия ПО ServiceMS размещена на сайте ООО «Нефтегазгеофизика» [5]; с помощью данного сервиса не только автоматически копируется каталог версии ПО, но и производится настройка программного комплекса с инсталляцией необходимых для работы драйверов наземного оборудования и устройств;

– создан сервис по удаленному обновлению программных компонент ПО ServiceMS (через сеть Интернет) без переустановки полной версии, в том числе обновления исполняемых файлов, расчетных библиотек с сохранением пользовательских файлов: форматов визуализации, метрологических файлов, сборок, инициализационных файлов, что дает возможность пользователю сократить время на поиск вручную пользовательских файлов и последующее копирование в текущую версию.

Все вышеперечисленные разработки в программном обеспечении, вытекающие из возможностей реализованных аппаратурно-методических комплексов, значительно расширяют круг решаемых задач конечных пользователей. Применение новых программно-аппаратных комплексов дает возможность проведения ГИС автономными приборами и позволяет одновременно использовать в каротажных сборках приборы новой и старой архитектуры; оперативно менять списки методных модулей; значительно сократить время получения заключения по проведенному каротажу на трубах; повысить мобильность каротажных партий; упрощенно получать и использовать новые версии программного обеспечения.

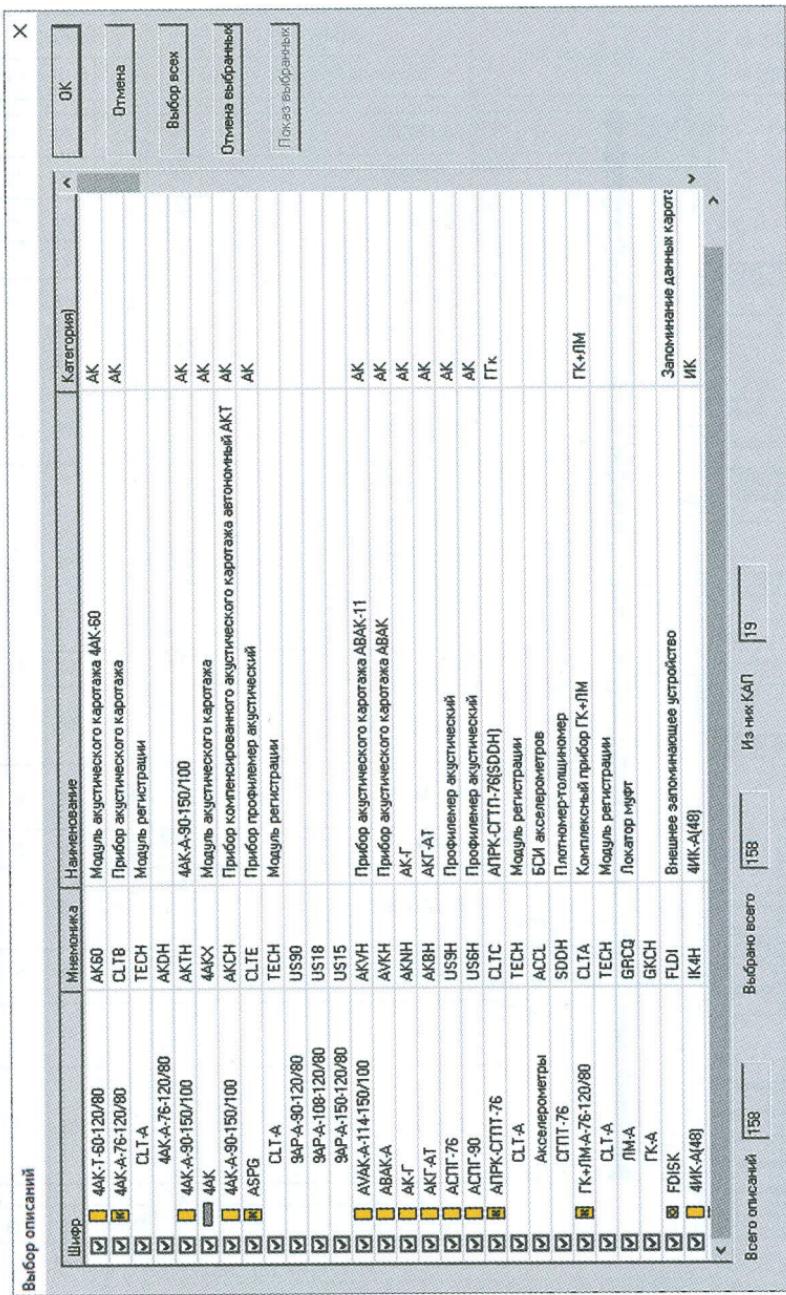


Рис. 2. Диалог выбора скважинных модулей

| «Мертвый конец», м | Изображение | Описание | | Прибор | |
|--------------------------------|---------------|------------------------------|-------|--------|----------|
| | | Расстояние от низа сборки, м | | L, м | D, мм |
| | DAAC | 3-86/Tr80x8 | 45,44 | 0,39 | 90 18 |
| | DAAC | 3-86/Tr80x8 | 45,05 | 0,39 | 90 18 |
| | DAAC | 3-86/Tr80x8 | 44,66 | 0,39 | 90 18 |
| | DR4C | ГСВ-А-90 | 44,27 | 0,72 | 90 25 |
| 43,55 NFMS, TPMS | MSDA | МСД-А-90, 1003 | 43,55 | 0,83 | 108 30 |
| 42,72 VAC3 | MPH3 | МП-А-102-3, 3 | 42,72 | 3,98 | 108 170 |
| 37,49 ACCE, HAMN HAMX, ITTM | MTKH | MTK-А-90, 1003 | 38,74 | 2,49 | 108 85 |
| 36,82 RB | OCA-124 LLFH | | 36,25 | | |
| 36,39 PRES, TEMP | | | | | |
| 33,56 SP | | ЭКБР-А-90, 1201 | | 14,60 | 108 386 |
| 26,47 LF1-LF6 | | | | | |
| 20,55 GR | GKEN | ГК-А-90, 1201 | 21,65 | 1,47 | 108 48 |
| 18,23 WF1U-WF9U | OCA-124 USSH | | 20,18 | 2,38 | 108 136 |
| | OCA-124 | АСПГ-А-90, 1084 | | | |
| | Шарнир DSBC | | | | |
| | Шарнир | СУ-А-90-02 | 17,80 | 1,62 | 90 48 |
| | DR4C | ГСВ-А-90 | 16,18 | 0,72 | 90 25 |
| | LDCH | | 15,46 | | |
| 14,06 RHOB | 1,53 Источник | ЗГГКЛП-А-90, 2005 | | 2,15 | 108 114 |
| 13,31 ITNL, TRNP | CНОН | | | | |
| 12,13 RFTN | 1,5 Источник | 2ННКТ-А-90, 1002 | 13,31 | 2,07 | 108 0 |
| 11,97 RNTN | Шарнир DSBC | | | | |
| | Шарнир | СУ-А-90-02 | 11,24 | 1,62 | 90 48 |
| 8,48 IR4A | OCA-124 IP5H | | 9,62 | | |
| 7,80 IR3A | | | | | |
| 7,45 IR2A | | | | | |
| 7,15 IR1A | | 5ИК+ПС-А-90, 1076 | | | |
| 6,94 IR0A | | | | | |
| 6,07 IKSP | OCA-124 | | 6,00 | | |
| | | | | | |
| | | Итого | | 45,44 | 108 1238 |
| | | | | | |
| | | 03.02.2021 12:49:07 | | | |

Рис. 3. Пример изображения сборки

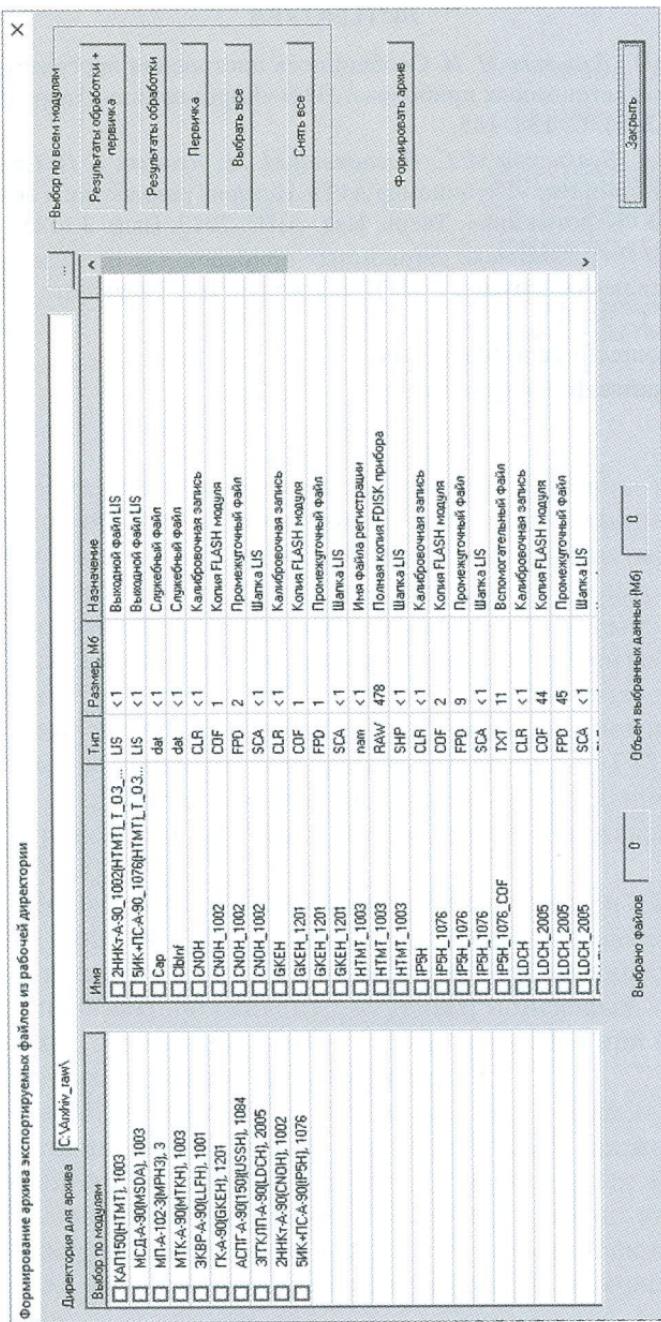


Рис. 4. Диалог формирования экспорта

ЛИТЕРАТУРА

1. Власенко Е. П., Власенко П. И. Особенности построения программной среды для скважинных автономных приборов // HTB «Каротажник». Тверь: Изд. АИС. 2020. Вып. 3 (303). С. 138–145.
2. Денисов Ю. А., Буяльский М. Г., Наваркина М. М., Яковлев А. П. Программно-измерительный комплекс «Глубиномер А1Т». История разработки и опыт использования // HTB «Каротажник». Тверь: Изд. АИС. 2013. Вып. 3 (225). С. 84–98.
3. Хаматдинов Р. Т. Комплекс автономных приборов для исследования пологих и горизонтальных скважин // HTB «Каротажник». Тверь: Изд. АИС. 2008. Вып. 10 (175). С. 3–16.
4. https://nsis.sourceforge.io/Main_Page.
5. <http://www.karotazh.ru/ru/programs>.