КАЗАНСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ИНСТИТУТ ФИЗИКИ

Кафедра радиоэлектроники

М.Н.ОВЧИННИКОВ, Г.Г.КУШТАНОВА, А.Г. ГАВРИЛОВ,

В.Л. ОДИВАНОВ

РАДИОЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ ФЛЮИДОНАСЫЩЕННЫХ ПЛАСТОВ

Учебно-методическое пособие

Казань – 2017

УДК 004.896:532.546:622.32
О–35

Принято на заседании кафедры радиоэлектроники
Протокол № 1 от «26» января 2017 г

Рецензент:
канд. физ.-мат. наук, зав. лаб. **Я.В. Фаттахов**

Овчинников М.Н.
Радиоэлектронные системы контроля параметров флюидонасыщенных пластов Учебно – методическое пособие / М.Н. Овчинников, Г.Г. Куштанова, А.Г. Гаврилов, В.Л. Одиванов – Казань: Казанский (Приволжский) федеральный университет, 2017. – 90с.

Настоящее учебно-методическое пособие адресовано, в первую очередь, студентам – бакалаврам, магистрантам и аспирантам, обучающимся по профилям «Радиофизика», «Радиофизические измерения», «Радиофизические методы по областям применения», «Разработка и эксплуатация нефтяных месторождений», а также широкому кругу читателей, интересующихся указанными проблемами.

Излагаются основы проектирования и разработки радиоэлектронных систем для осуществления контроля параметров флюидонасыщенных коллекторов гидродинамическими методами. Дано подробное описание комплектующих изделий современных радиоэлектронных систем в области первичной и вторичной регистрирующей аппаратуры. Представлены примеры применения различных вариантов радиоэлектронных систем в практике промысловых исследований.

© Овчинников М.Н., Куштанова Г.Г.,
Гаврилов А.Г., Одиванов В.Л., 2017
© Казанский университет, 2017

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ 5

РАЗДЕЛ 1. РАДИОЭЛЕКТРОННАЯ АППАРАТУРА ДЛЯ ГИДРОПРОСЛУШИВАНИЯ ФЛЮИДОНАСЫЩЕННЫХ ПЛАСТОВ 7

1.1 Структурная схема КТС «АСКУ-ВП» 7

1.2 КТС АРМ Оператора и АРМ Инженера исследователя 11

1.3 КТС шкафа контроллера куста скважин “МРВ-1” 15

1.4 КТС шкафа контроллера скважины 29

РАЗДЕЛ 2. РАДИОЭЛЕКТРОННАЯ АППАРАТУРА ДЛЯ САМОПРОСЛУШИВАНИЯ СИСТЕМЫ «ПЛАСТ-СКВАЖИНА» МЕТОДОМ ВЫСОКОЧАСТОТНЫХ ФИЛЬТРАЦИОННЫХ ВОЛН ДАВЛЕНИЯ 55

2.1 Структурная схема КТС «АСК-1» 55

2.2 «АСК-2» для самопрослушивания системы «пласт - скважина» 59

РАЗДЕЛ 3 КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ И ДАТЧИКИ 72

3.1 Манометры и уровнемеры 72

3.2 Расходомеры 75

3.3 КИП для «АСКУ–ВП», «АСК-1» и «АСК-2» 77

3.4 Дистанционный электронный устьевой манометр 79

3.5 Паспортные характеристики КИП 82

РАЗДЕЛ 4 ПРИМЕРЫ ПРОМЫСЛОВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ 84

4.1 Межскважинное гидропрослушивание пласта 84

4.2 Самопрослушивание системы «пласт-скважина» 86

ЛИТЕРАТУРА 88

Перечень условных обозначений и сокращений

АРМ – автоматизированное рабочее место

АСК – автоматизированная система контроля

АСУ ТП – автоматизированная система управления технологическими процессами

ГЗУ – групповая замерная установка

ДЭУМ – дистанционный электронный устьевой манометро

КИП – контрольно–измерительные приборы

КНС – кустовая насосная станция

КТС – комплекс технических средств

АСКУ–ВП – автоматизированная система контроля и управления выработкой пласта

МРВ – монитор реального времени

НКТ – насосно-компрессорные трубы

ОЗУ – оперативное запоминающее устройство

ПК – персональный компьютер

ПО – программное обеспечение

СКЖ – счетчик количества жидкости

СВУ – счетчик воды ультразвуковой

СУБД – система управления базами данных

УСО – устройство связи с объектом

ФВД – фильтрационные волны давления

ФПП – фильтрационные параметры пласта

ЭНП – энергонезависимая память

ВВЕДЕНИЕ

Исследование гидродинамических характеристик пластов и скважин различными методами на протяжении нескольких десятков лет являлось основным научным направлением сотрудников кафедры радиоэлектроники Казанского государственного университета. Для решения этих задач были разработаны необходимые контрольно - измерительные приборы (КИП) и средства автоматизации экспериментов. Первые попытки автоматизации экспериментов на кафедре радиоэлектроники КГУ относятся к 70-м годам прошлого столетия, когда промышленность еще не выпускала приборов достаточной для этих экспериментов чувствительности и стабильности. Исторически сложилось так, что в рамках хоздоговорных работ при проведении промысловых нестационарных гидродинамических исследований сотрудниками кафедры в эти годы широкое применение и, соответственно, развитие получил метод фильтрационных волн давления (ФВД). Метод ФВД, в котором регистрируются параметры реакции объекта на периодические воздействия, является наиболее помехоустойчивым, достоверным, но, в то же время, самым трудоёмким и трудозатратным из известных гидродинамических методов исследования пластов и скважин. Источником возмущающих колебаний служит скважина, на забое которой задается по периодическому во времени закону изменение дебита и давления. В этом случае в пласте по радиусу от скважины-источника будут распространяться фильтрационные волны давления, затухание амплитуды и скорость распространения которых будут определяться частотой ФВД, гидродинамическими параметрами пласта и возмущающей скважины. Работа скважины в периодическом режиме должна быть довольно длительной, обычно более трех периодов колебаний, для установления в любой точке исследуемого интервала пласта квазистационарного периодического режима, характеризующегося постоянством амплитуды колебаний давления и сдвига фазы. Подобные задачи

решены в теории теплопроводности и относятся к типу задач без начальных условий [1]. Применительно к исследованию пластов и скважин решение этих задач представлено в работе [2]. При использовании метода ФВД из отклика на воздействие выделяется периодическая составляющая, что позволяет существенно снизить влияние помех, не связанных с полезным сигналом, таких как дрейф пластового давления.

Метод ФВД позволяет проводить два вида гидродинамических исследований - самопрослушивание (зондирование призабойной зоны скважины) и гидропрослушивание (зондирование межскважинных интервалов). В первом случае исследуется отклик системы «пласт-скважина» в форме изменения забойного давления на периодическое изменение расхода жидкости, закачиваемой в скважину. В случае гидропрослушивания используются данные прохождения ФВД в межскважинном пространстве пласта. Изменение дебита задается на забое возмущающей скважины. На реагирующих скважинах, расположенных на известных по пласту расстояниях от возмущающей скважины, регистрируется изменение их забойного давления. Рассчитывая затухание амплитуды и временные задержки периодического сигнала давления, для каждой из реагирующих скважин, рассчитывают фильтрационные параметры выделенного интервала пласта.

Главное отличие метода самопрослушивания от метода гидропрослушивания заключается в значительной разнице частот (периодов) возмущающих колебаний. При самопрослушивании используются периоды в диапазоне от 30секунд до 30минут. При гидропрослушивании – периоды от нескольких часов до нескольких суток. Это условие предопределило два основных направления в конструировании и разработке КИП и программно-аппаратных комплексов вторичной регистрирующей аппаратуры. В первом случае наиболее важна такая характеристика как быстродействие вторичной регистрирующей аппаратуры, во втором – высокая разрешающая способность первичных датчиков.

РАЗДЕЛ 1. РАДИОЭЛЕКТРОННАЯ АППАРАТУРА ДЛЯ ГИДРОПРОСЛУШИВАНИЯ ФЛЮИДОНАСЫЩЕННЫХ ПЛАСТОВ

Для промысловых гидродинамических исследований на нефтяных месторождениях на кафедре радиоэлектроники Казанского университета был разработан и неоднократно усовершенствовался комплекс технических средств - «Автоматизированная система контроля и управления выработкой пластов» («АСКУ-ВП»)[3]. Последний вариант «АСКУ-ВП» реализован в 1996г. на опытно-промышленном участке нефтяного пласта Центрально - Азнакаевской площади, а в 1998г - на аналогичном участке Березовской площади Ромашкинского нефтяного месторождения[4,5]. Система позволяет проводить весь комплекс гидродинамических исследований, описанный выше. «АСКУ-ВП» предназначена для контроля текущего состояния полей гидропроводности, пьезопроводности и водонасыщенности и адаптирована на цели и задачи реализации принципов технологии «Оптимальной выработки нефтяного пласта» (ОВНП). Объектами контроля являются добывающие и нагнетательные скважины, расположенные на площади.

1.1 Структурная схема КТС «АСКУ-ВП»

Структурная схема КТС «АСКУ-ВП» представлена на рис.1. КТС «АСКУ-ВП» поддерживает многоуровневую сетевую структуру. Верхний уровень – это автоматизированный диспетчерский пункт с аппаратурой связи и специализированным вычислительным комплексом на базе ПЭВМ типа IBM PC. Он предназначен для накопления и систематизации информации, получаемой от подсистемы нижнего уровня, расчета фильтрационных параметров пласта (ФПП), решения задач управления выработкой пласта. На

этом уровне представлены две ПЭВМ, соединенные в локальную сеть: АРМ Оператора и АРМ Инженера–исследователя.

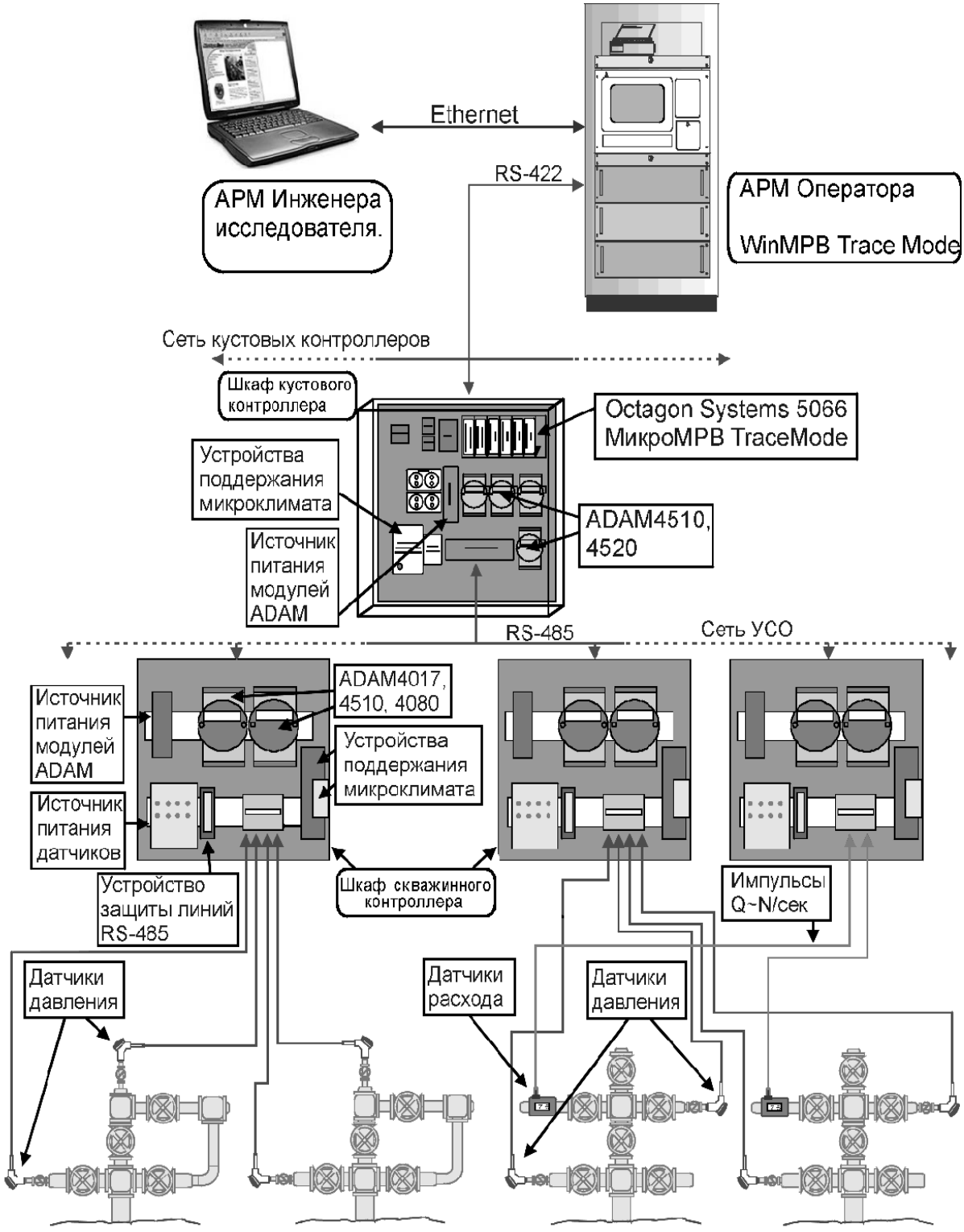

Рис. 1. Структурная схема КТС «АСКУ-ВП»

Основой алгоритма работы АРМ Оператора является периодический опрос кустового контроллера, получение от него текущих значений измеренных физических величин и сохранение полученных значений в архивном файле на жестком диске. Параллельно ведется диалог с оператором и осуществляется контроль аварийных ситуаций. База каналов АРМ Оператора состоит из двух основных частей - программного модуля обслуживающего работу сети кустовых контроллеров и модуля диалога с оператором. В систему может быть подключено до 256 кустовых контроллеров.

Программный комплекс АРМ Инженера предназначен для решения следующих задач:

1. Накопление, фильтрация и хранение входной информации в структурированном виде;
2. Обеспечение целостности и непротиворечивости хранимых данных;
3. Обеспечение возможности взаимодействия пользователя с информацией на естественном языке проблемной области, а не в инженерных терминах измерительной подсистемы;
4. Оперативность и простоту доступа к информации. Возможность извлечения данных по самым различным критериям;
5. Представление выборок в различных формах: таблицы, графики, отчеты;
6. Визуализация и первичный анализ данных с целью выявления наличия сигналов малых амплитуд посредством выделения тренда;
7. Гармонический анализ сигналов;
8. Определение фильтрационных параметров пласта по классической модели фильтрации и релаксационным моделям по данным томографии пласта методом ФВД;
9. Расчет полей гидропроводности, пьезопроводности и водонасыщенности пласта;

10. Определение оптимальных режимов работы нагнетательных и эксплутационных скважин.

Основой узла сети кустовых контроллеров является контроллер куста скважин, предназначенный для сбора, регистрации, первичной обработки и временного хранения показаний датчиков, измеряемых в процессе контроля величин. Контроллер построен на базе изделий Micro PC фирмы Octagon Systems, аппаратно и программно совместимых с PC XT/AT.

Основой алгоритма управления работой контроллера куста скважин является периодическое измерение частоты входных сигналов, опрос модулей удаленного сбора данных серии ADAM-4000 образующих полевую сеть, сохранение измеренных значений в архивном файле контроллера, передача измеренных значений по сети RS-485 в ответ на запрос компьютера АРМ оператора.

Сеть контроллеров скважин включает в себя один конвертер RS-232/485 модели ADAM-4520, который установлен в шкафу кустового контроллера, и двадцать контроллеров скважин, которые образуют узлы сети. В контроллерах скважин установлены модули аналогового ввода ADAM-4017, счетчики/частотомеры ADAM-4080 и повторители ADAM-4510. Конвертер ADAM-4520 осуществляет преобразование интерфейсов RS-232 и RS-485. Шина RS–485 работает по 2-х проводной линии. Модули ADAM-4017 работают в режиме измерителя тока в диапазоне от 0 до 20 мА и преобразуют сигналы от датчиков с унифицированным токовым выходом в цифровой код. Модули ADAM-4080 преобразуют частоту сигнала от датчиков в цифровой код. По запросу кустового контроллера закодированные величины передаются по сети ADAM. Конвертер ADAM-4520 подключается к последовательному порту COM2 процессорной платы кустового контроллера. Модули серии ADAM-4000 предварительно сконфигурированы и запрограммированы.

1.2 КТС АРМ Оператора и АРМ Инженера исследователя

Оба автоматизированных рабочих места (АРМ) (см. рис.1) имеют в составе идентичные компьютеры. Отличия комплектации обусловлены только решаемыми задачами и рассмотрены далее по тексту. АРМ Оператора выполнен в виде стойки. Стойка предназначена для монтажа оборудования, имеющего крепёжные элементы для установки в 19” стойку. 19” стойка выполнена из металлических конструкций и имеет опорные ролики, позволяющие легко перемещать её в любом направлении. АРМ Инженера размещается на специальном компьютерном столе. Все устройства АРМ питаются от сети напряжением ~220В. Пакет розеток для подключения кабелей питания размещён на стойке АРМ Оператора и имеет автомат электрозащиты. К пакету розеток также подключается контроллер «МРВ-1».

1.2.1 Источник бесперебойного питания “APS Smart UPS700”

Данное устройство предназначено для обеспечения непрерывного питания АРМ Оператора и АРМ Инженера. Устройство обеспечивает защиту АРМ от скачков напряжения в сети, а также поддержание питания АРМ, в случае полного отключения электроэнергии, в течение интервала времени достаточного для корректного завершения работы компьютеров АРМ. Подробнее смотрите документацию на “APS Smart UPS700”. Он поддерживает интерфейс с компьютером для контроля и управления своей работой и состоянием электропитания. Специальное программное обеспечение выполняет мониторинг функций UPS, тестирование и способно автоматически завершать работу программного обеспечения АРМ Оператора в случае пропадания электропитания, перегрузок или в других аварийных ситуациях. После отключения UPS переводится в дежурный режим и при восстановлении электропитания автоматически включается. При этом на АРМ Оператора

произойдёт загрузка ОС и программного проекта ИИК, что полностью восстановит его работу без вмешательства дежурного оператора.

1.2.2 Процессорный модуль

Процессорный модуль выполнен в пылезащищённом ударопрочном корпусе “IPC-610” фирмы Advantech. В корпусе размещены: источник питания, шасси для плат расширения, объединительная панель устройств с системными шинами ISA и PCI, вентиляторы с воздушным фильтром. Также в корпус установлен одноплатный компьютер “PCA-6159”, дисковод для гибких дисков 1.44Мб, жесткий диск “Seagate” 2.1Гб, устройство чтения компакт дисков, сетевой адаптер “PCI Ethernet adapter”, звуковая карта “Creative Sound Blaster 16 PnP” (только для АРМ Оператора).

Технические характеристики “PCA-6159”:

- Процессор Pentium-200MMX;
- ОЗУ 64Мб;
- Системные шины ISA, PCI;
- Интерфейсы SCSI, IDE, Floppy Drive, два COM-порта, LPT1-порт, порт клавиатуры;
- TP Ethernet адаптер;
- VGA адаптер 1Мб;
- Сторожевой таймер.

1.2.3 Монитор

В АРМ используется монитор “Tatung CRT-14”. На АРМ Оператора монитор устанавливается в защитный корпус “IPC-6520” фирмы Advantech.

1.2.4 Принтер

На АРМ Инженера установлен принтер “Epson LQ-100+”.

1.2.5 Конвертер РС-485

Конвертер предназначен для поддержки обмена через интерфейс стандарта RS-485/422. АРМ Оператора запрашивает данные по сети от кустовых контроллеров. В первой очереди ИИК опрашивается один контроллер. Обмен данными ведётся через последовательный дуплексный протокол передачи данных RS-422, со скоростью обмена 19200бит/сек. Конвертер РС-485 обеспечивает преобразование сигналов интерфейсов RS-232/RS-422. Конвертер содержит световые индикаторы, сигнализирующие о передаче последовательности данных: жёлтый – от RS-232 к RS-422, зелёный – от RS-422 к RS-232.

1.2.6 Блок-схема соединений устройств АРМ

На рис. 2 представлена блок–схема соединений устройств АРМ Оператора и АРМ Инженера – исследователя.

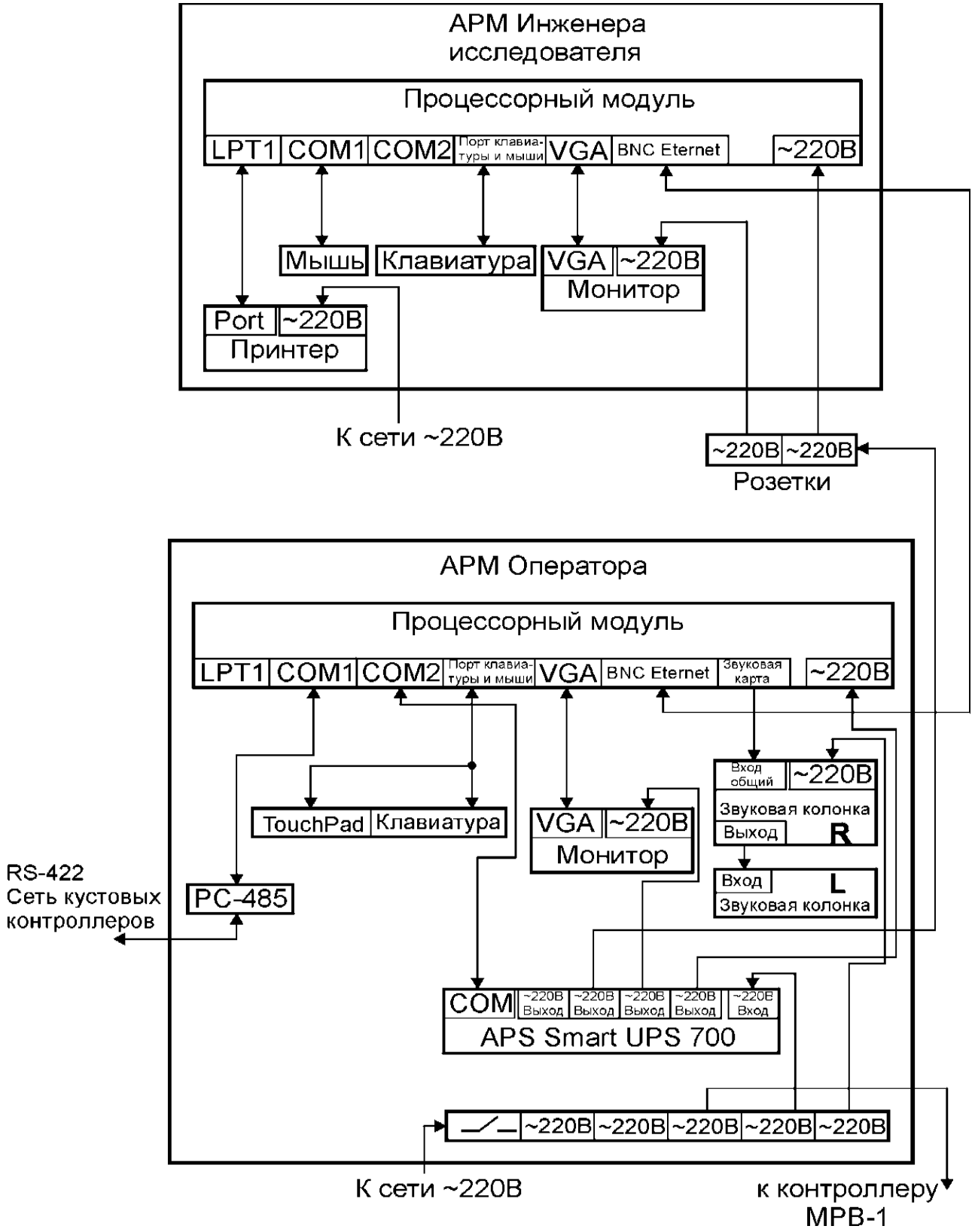

Рис. 2. Блок-схема соединений АРМ Оператора и АРМ Инженера – исследователя

1.3 КТС шкафа контроллера куста скважин “МРВ-1”

Контроллер построен на базе изделий Micro PC фирмы Octagon Systems, аппаратно и программно совместимых с PC XT/AT. Тип модулей центрального процессора (МЦП) Octagon был предложен фирмой “Octagon systems” в 1990 году. При их проектировании было реализовано несколько ключевых идей: совместимость на аппаратном и программном уровне с IBM PC, компактность, способность выдерживать жесткие условия эксплуатации, малая потребляемая мощность.

В результате этих разработок появились МЦП Octagon, практически совместимые по физическим и электрическим параметрам с изделиями данного класса, снабжённые 8-ми разрядной шиной ISA и набором стандартных портов ввода/вывода для подключения периферийного оборудования. Такая реализация идеи позволяет использовать для разработки программного обеспечения полноценный персональный компьютер.

1.3.1 Контроллер на основе МЦП Octagon 5066-AMD586-133MHz-4Mb

Система состоит из следующих изделий:

- платы центрального процессора 5066
- платы расширения на 6 гнезд – 5206;
- источника вторичного электропитания – 5101 обеспечивающего необходимые для питания платы ЦП и плат расширения стабилизированные напряжения 5В/3.5А, 12В/0.4А, -12В/0.4А;
- платы интерфейса с накопителями на магнитных дисках и встроенного в нее накопителя на 3.5” floppy disk – 5815;
- платы флэш диска фирмы M-Systems FD301 ёмкостью 4Мб;
- набора необходимых коммуникационных кабелей и руководств пользователя.

1.3.1.1 Универсальная плата центрального процессора 5066

Серия 5066 является усовершенствованным изделием 5025(5025A) и особенно полезна для систем реального времени, находящихся под управлением таких ОС РВ, как QNX. Эти процессорные платы могут также работать под управлением WINDOWS. Наличие твердотельного диска, широкий температурный диапазон и компактность делают её идеально подходящей для многих приложений. На плате установлен процессор типа AMD586 с тактовой частотой 133МГц, объем оперативной памяти 4Мбайт.

Плата 5066 имеет встроенную в ПЗУ операционную систему ROM-DOS6.22. Операционная система может загружаться с платы процессора, с электронного диска, с гибкого или жесткого диска. На плате имеется специальная кнопка для перезагрузки системы. SETUP-информация записана на плате в специальной энергонезависимой EEPROM памяти.

Система аварийного перезапуска перезагружает ОС, если произошло зависание программы. Аварийный таймер управляется программой. Период ожидания составляет 1.2 секунды.

Плата 5066 имеет встроенный календарь/таймер, совместимый с ПК IBM PC AT. Для непрерывного хода часов предусмотрена возможность подключения к плате батареи.

Плата поддерживает работу с несколькими электронными дисками:

- Электронный диск SSD0 имеет объём 512Кб и содержит BIOS и ROM-DOS6.22. В сокет SSD0 может быть установлена статическая память SRAM объёмом до 512Кб.
- Диск SSD1 используется для размещения программ пользователя. Встроенный в плату программатор флэш–памяти предназначен для удаленного её перепрограммирования через последовательный порт.

128Кб флэш диска используется системой. В сокет SSD1 может быть установлена статическая память SRAM.

На плате имеется порт клавиатуры и динамика. Его линии выведены на 10 контактный разъем. Клавиатура и динамик подключаются через интерфейс PSKI-1 к PC совместимому разъёму и клеммным колодкам. Может быть использована любая AT совместимая клавиатура.

На плате имеются два последовательных порта COM 1 и COM 2 совместимых 16C550. Они имеют 16-битную FIFO очередь доступную для процессора. Скорость передачи программируется в диапазоне от 100 до 115 Кбит в секунду. Оба порта имеют интерфейс RS-232. Необходимые для этого интерфейса напряжения вырабатываются на самой плате. COM 2 с помощью переключателя может быть переведен в режим работы интерфейса RS-485. МЦП 5066 поддерживает обмен в режиме RS-485 только по двухпроводной линии.

На плате имеется параллельный порт LPT1. Этот порт двунаправленный и может быть использован как принтерный порт или порт общего назначения. Через специальную интерфейсную плату он может быть использован для работы с 4-х строчными LCD дисплеями и функциональными клавиатурами.

Плата питается от источника постоянного напряжения 5В±5%. Потребление тока не более 1.1А. Диапазон рабочих температур от -40°C до +70°C.

1.3.1.2 Шасси для плат расширения на 6 гнезд 5206

Шасси для плат расширения размещается непосредственно в корпусе Octagon. В варианте 5206 шасси имеет 6 слотов для установки плат Micro PC. В данной системе разработки в шасси установлены платы гибких дисков 5815, центрального процессора 5066, частотомера 5300, двух коммутаторов–

формирователей сигналов частотных датчиков. С правой стороны к каркасу шасси крепится блок источника вторичного электропитания 5101. На лицевой панели источника питания 5101 имеется тумблер, позволяющий включать и выключать питание компьютера.

Механические компоненты рассчитаны на работу в температурном диапазоне от -55°C до +125°C. Изделия Octagon, включая монтажный каркас и источник питания, выдерживают ускорение 5g при вибрации и 20g при ударе. Для связи с внешними устройствами применяются разъёмы с фиксацией, с контактами, перпендикулярными плоскости плат.

Нежелательно застопоривание плат в шасси корпуса Octagon, поэтому необходимо правильно устанавливать плату в пластмассовые пазы слота, и сторона размещения радиоэлементов печатной платы должна быть обращена влево. Применение больших механических усилий должно быть полностью исключено!

1.3.1.3 Источник вторичного электропитания 5101

Данный блок питания является высокоэкономичным, с низким уровнем выходных помех и шумов. Блок применяется для получения различных выходных напряжений, необходимых в изделиях Octagon.

Технические характеристики:

1. Входное напряжение: 85-264В для всех номинальных нагрузочных состояний;
2. Диапазон входных частот: 47-440Гц;
3. Входной ток: 18А, 132В 36А, 264В;
4. Выходное регулируемое напряжение: +5В±5%;
5. Выходная мощность: 40Вт, 50°C;

6. Выходной ток и напряжение: +5В, 4А,±12В, 0,5А;

7. Ток утечки на землю: 250мкА, 110В;

8. Напряжение порога срабатывания защиты: 6.25В±0.75В;

9. Диапазон рабочих температур: от 0 до +50°С. Относительная влажность: 5-95%;

10. Размер платы: 135.25мм х 112.39мм х 50.80мм.

1.3.1.4 Плата контроллера гибких дисков 5815

Управляющая карта дисковода 5815 содержит статические чувствительные КМОП-компоненты. Контроллер флоппи дисковода является полностью IBM PC совместимым. Дисковод предназначен для использования ГМД 3.5” объемом 1.44Мб.

Для работы дисковода необходимо напряжение питания +5В.

Контроллер конфигурируется с помощью переключателя W1 в положения: (1–2)– разрешено, (3–4)– запрещено.

- Скорость вращения вала двигателя дисковода: 300 об/мин;
- Ток начала вращения вала двигателя - 700мА;
- Двигатель в состоянии включено, режим чтения – 300мА;
- Двигатель в состоянии включено, режим записи – 300мА;
- Режим позиционирования – 700мА.

На плате 5815 размещается BIOS, обслуживающий жесткий диск. Состояние включения и выключения BIOS регулируются переключателем W2:

(1-2) – разрешено, (3-4) – разрешено, (2-4) – запрещено.

1.3.1.5 Флэш-диск FD301

Флэш-диск – это установленное на электронной плате устройство, выполненное по технологии флэш-памяти и эмулирующее типичный магнитный жёсткий диск.

Флэш-диск построен на улучшенных микросхемах флэш-памяти и может содержать полноценную файловую систему - True Flash File System (TrueFFS). Конструкция диска отличается высокой надёжностью, стойкостью к вибрациям, отличается малым потреблением, несложным программированием и не требует питания для хранения информации. Флэш-диск не требует дополнительного контроллера – все необходимые аппаратные и программные ресурсы находятся на плате устройства и входят в комплект поставки на дискетах.

Флэш-диск выполнен с использованием флэш-памяти, имеющей высокое разрешение, с произвольной выборкой при чтении/записи. Флэш-диск основан на компонентах памяти с расширенными циклами стирания в любой момент времени. Данные, записанные во флэш-памяти, могут сохраняться как минимум 10 лет без подключения питания.

Флэш–диск резервирует область адресного пространства персонального компьютера. Диапазон адресов резервирования может быть выбран пользователем при помощи перемычек на плате флэш-диска.

1.3.1.6 Плата счетчика/таймера 5300

Плата счетчика/таймера 5300 – многофункциональная плата, предназначенная для измерения времени, подсчета числа импульсов, измерения частоты, генерации частоты, генерации импульсов различной длительности. Плата 5300 имеет в своем составе три 16-разрядных счетчика и три 16-разрядных счетчика/таймера. Счетчики имеют оптронные развязки по входу. Счетчики/таймеры оперируют с логическими сигналами 5-ти

вольтовых уровней и имеют входы стробирования и выходы. Они могут быть использованы для генерации частоты, измерения частоты и генерации импульсов различной длительности.

Плата 5300 имеет две программируемых шкалы частоты/'времени. Одна из них формируется из 8 мегагерцового источника частоты с помощью 1б-битного делителя, так что могут быть получены частоты в диапазоне от 122Гц до 4МГц. Вторая шкала частот формируется из 8 мегагерцового источника с помощью 32-битного делителя так, что выходной диапазон частот находится в пределах от 0,0005Гц до 2МГц.

Три счетчика, в целях защиты от исходных перегрузок и помехозащищённости, имеют оптронные развязки по входам. Предельная частота входного сигнала превышает 1МГц. Диапазон амплитуды входного сигнала от 4-х до 12-ти вольт, но он может быть расширен до 48 вольт при добавлении внешнего резистора. Выход счетчика с номером «0» может использоваться для генерации сигнала запроса прерывания. Возможен запрос прерываний от IRQ2 до IRQ7. Сигналы к входам подключаются через клеммную колодку. Напряжение изоляции между каналами и землей не менее 500 вольт.

Три счетчика/таймера имеют доступные счетные входы, входы стробирования, выходы счетчиков. Используя различные конфигурации входов можно реализовать множество всевозможных режимов работы счетчиков.

Входы и выходы счетчиков выведены на 34-х контактный IDC разъем. Остальные контакты заземлены для снижения влияния перекрестных помех и входного шума. Счетные входы имеют схемы для минимизации входных помех Счетные входы и входы стробирования имеют ограничительные резисторы.

Плата 5300 имеет восемь цифровых линий ввода/вывода, которые могут быть использованы для ввода цифровой информации и управления. Одна из линий может быть использована для генерации запроса прерывания. Эти линии могут программироваться на ввод или вывод группами по четыре.

Всего имеется два источника прерываний. Это выход счетчика номер «0» и одна из линий цифрового ввода. Выбор между ними делается с помощью переключателя. С помощью переключателя выбираются прерывания с IRQ2 по IRQ7.

Плата 5300 имеет индикатор, который включён в тот момент, когда процессор адресуется к ней. Это может оказаться полезным при отладке программного обеспечения.

Плата 5300 имеет переключатели для выбора одного из восьми банков адресов в пространстве ввода/вывода микропроцессора. Таким образом, в системе может одновременно работать до восьми плат 5300.

Плата питается от источника постоянного напряжения 5В±5%. Потребление тока не более 50 мА. Диапазон рабочих температур от -40°С до +85 ^{o}С.

1.3.1.7 Коммутатор-формирователь сигналов частотных датчиков

Коммутатор-формирователь предназначен для коммутации сигналов с частотных датчиков и формирования сигналов для измерения их частоты с помощью платы 5300 фирмы «Octagon» через формирователь стробов. Коммутатор обеспечивает возможность программного изменения порога срабатывания компаратора и возможность управления подключенными к нему удаленными коммутаторами. К одной плате 5300 может быть подключено до 8 коммутаторов-формирователей.

Таблица 1

Параметры платы коммутатора

Количество каналов на плате	8
Чувствительность по открытому входу в диапазоне частот 1..200 кГц	~0.1В
Чувствительность по открытому входу в диапазоне частот 0.05..400 кГц	~1В
Диапазон частот по ёмкостному входу	от 3Кгц
Входное сопротивление	>100кОм
Допустимая перегрузка по напряжению для ёмкостного входа, на котором не установлены элементы для управления удаленным коммутатором при частоте 50 Гц	до 250В
то же, для открытого входа	до 80В
то же, для входа с установленными элементами управления удаленным коммутатором	до 40В
Диапазон управления порогом компаратора	±5В
Выходное сопротивление сигналов управления	1кОм
Амплитуда сигналов управления	>10В

Необходимо учитывать, что выходной ток сигналов управления удаленными коммутаторами распределяется между всеми подключенными удаленными коммутаторами.

1.3.1.8 Удаленный коммутатор сигналов частотных датчиков

Удаленный коммутатор сигналов с частотных датчиков предназначен для работы в составе автоматизированной системы контроля АСК «Волна» с коммутатором-формирователем измерительного интерфейса и внешним драйвером MPB системы Trace Mode, управляющим измерением частоты и переключением каналов. Удаленный коммутатор передает сигналы с 7 частотных датчиков на 1 линию передачи и управляется сигналами, передаваемыми ему приемником по той же линии относительно общего провода, соединенного с землей. Коммутатор воспринимает управляющие сигналы двух типов: сигнал сброса на 1 канал и сигнал переключения на следующий канал.

Параметры коммутатора:

полоса пропускаемых частот при нагрузке >100 кОм
100 Гц...500 кГц;

время переключения с канала на канал или сброса >1 с;

амплитуда импульса сброса <-9 В;

амплитуда импульса переключения >+9 В;

длительность управляющих импульсов >0.5 с;

помехоустойчивость по постоянному смещению ±2 В;

помехоустойчивость по помехе 50 Гц ~15 В;

допустимая перегрузка по напряжению на выходной линии
до 80 В;

допустимое напряжение на входных линиях до 250 В;

напряжение питания ~120...240 В;

рабочий диапазон температур -30...+40°С.

Принципиальная схема удаленного коммутатора, приведенная на рис. 3, состоит из следующих основных частей:

ограничителя напряжения сигналов управления на элементах R5 и VD3 типа КС210Б, предотвращающего повреждение схемы при перегрузках по входному напряжению;

фильтра низких частот R4, C2, R3, C1, выделяющего управляющие импульсы из выходного сигнала коммутатора;

разделителя управляющих сигналов VD1, R1, VD2 типа КС191А, R2, выделяющего сигналы сброса коммутатора и переключения на следующий канал;

формирователя управляющих сигналов D1 типа К561ТЛ1;

счетчика номера канала D2 типа К561ИЕ11;

усилителя тока управления реле на транзисторах VT1-VT3 типа КТ3102;

релейного коммутатора P1-P6 типа РЭС55, R7, R8;

фильтра сигнала R6, C3, R9, R10, предназначенного для выделения сигнала переменного тока, предотвращения накопления зарядов и ограничения коммутируемых токов;

выпрямителя питания VD4 типа КЦ407А, C4;

стабилизатора питания D3 типа КР142ЕН8А, C5, вырабатывающего напряжение питания +9В для схемы коммутатора.

Оставшаяся часть схемы, не показанная на рисунке, включает в себя трансформатор питания ТП 30-2 и предохранитель на 0.15А, включенный в цепь сетевой обмотки трансформатора.

Конструктивно коммутатор смонтирован в металлическом корпусе размерами 135×80×40 мм с 9 выведенными клеммами для подключения 7 входных, 1 выходного сигнала и общего провода, соединенного с корпусом и контактом GND принципиальной схемы. Наружу выведены также держатель предохранителя питания и сетевой кабель с вилкой.

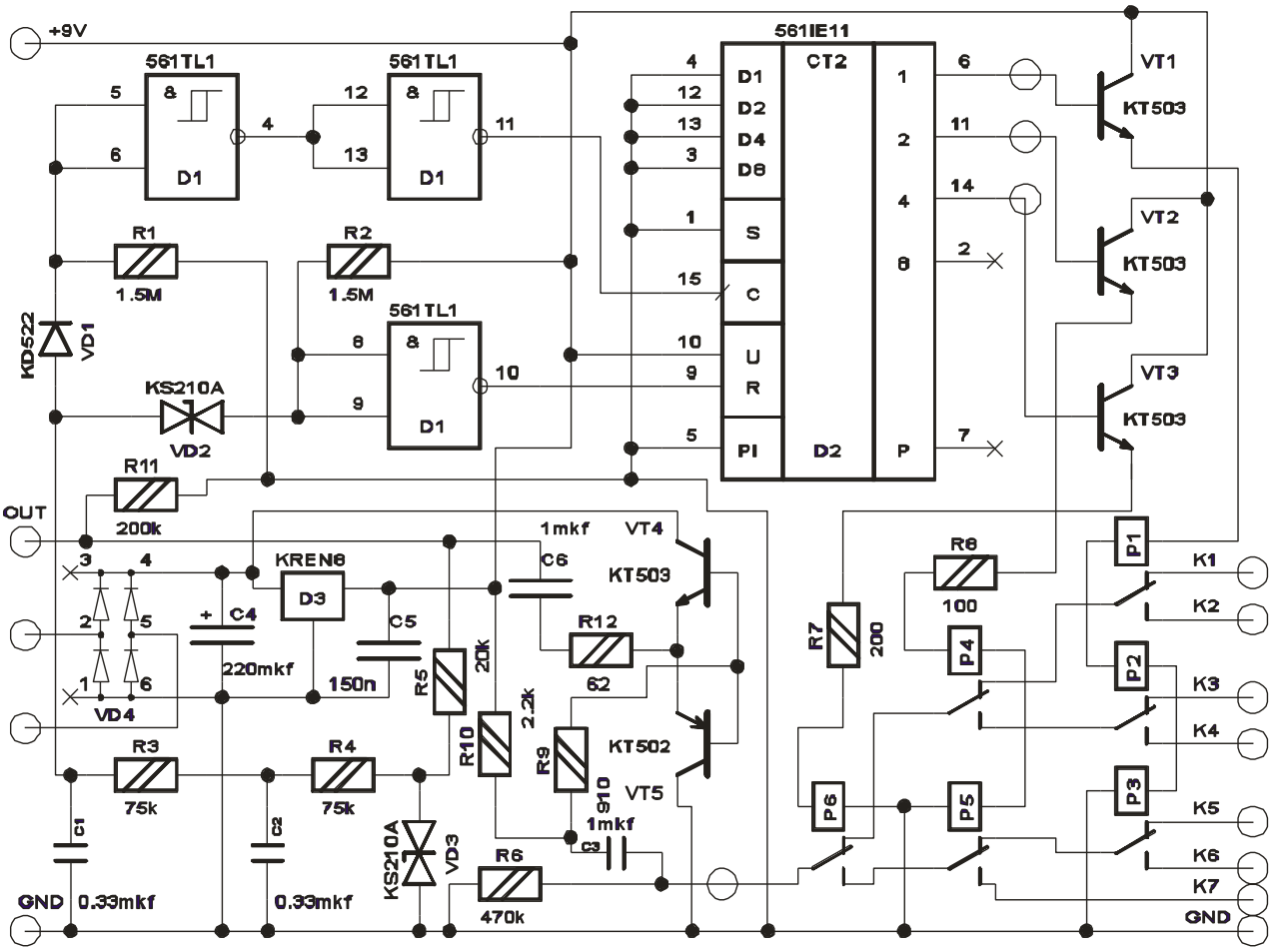

Рис.3. Принципиальная электрическая схема удаленного коммутатора

1.3.1.9 Конструкция шкафа контроллера куста скважин

Контроллер смонтирован в герметичном шкафу фирмы “Schtroff” 600x600x220. В шкафу поддерживается заданная температура при помощи устройства поддержания микроклимата. Шкаф питается от сети переменного тока 220В и содержит автомат электрозащиты по питанию ~220В, набор розеток ~220В для подключения дополнительного оборудования.

Входы и выходы плат счётчика/частотомера, коммутаторов–формирователей выведены на штатные клеммные колодки этих устройств и подключаются через них к дополнительным внешним клеммам Cage Clamp фирмы Wago, которые предназначены для подключения датчиков. Также к внешним колодкам подключены устройства поддержки обмена по

последовательному интерфейсу RS-485, помещённые в шкаф. Внешний вид шкафа контроллера куста скважин приведён на рис 4. Блок – схема представлена на рис.5.

Контроллер куста скважин обменивается данными со скважинными контроллерами, в состав которых входят модули УСО ADAM-4000. Обмен организован через интерфейс RS-485 (2-х проводная линия) и для этого в шкафе размещены модули ADAM-4520, 4510 поддержки обмена через RS-485. Сигналы от этих модулей выводятся на рассматриваемую группу клемм. Всего шкаф содержит 1 модуль ADAM-4520 (конвертер RS-232/RS-485(422)) и 3 модуля ADAM-4510 (повторитель RS-485). К шкафу контроллера куста скважин можно подключить 4 независимых сегмента сети, определяемой стандартом RS-485. Способы организации сети RS-485 представлены в следующем разделе.

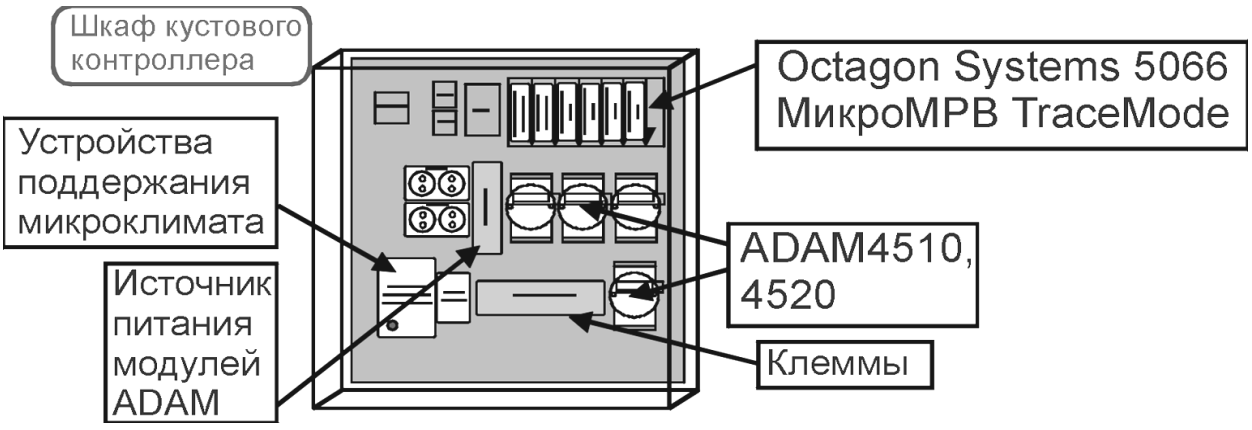

Рис 4. Внешний вид шкафа контроллера куста скважин

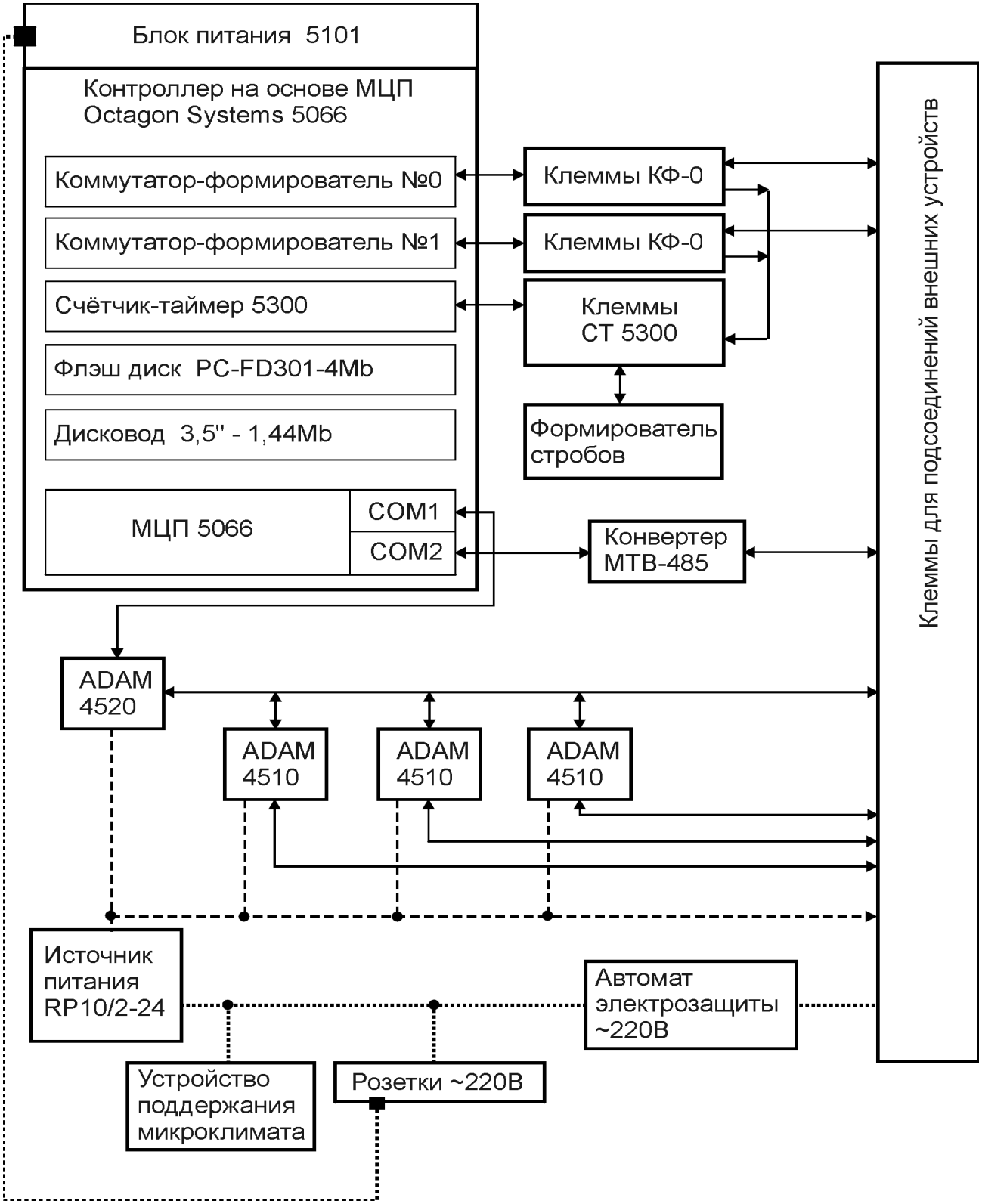

Рис. 5 Блок-схема соединений шкафа контроллера

1.4 КТС шкафа контроллера скважины

Протокол EIA RS-485 разрабатывался для создания устройств, способных передавать информацию на длинные расстояния с минимальными затратами на провода и легким ремонтом узлов. RS-485 использует сбалансированный комплект проводов «витая пара». В промышленности отдается большое предпочтение линиям «витая пара» из-за их высоких коэффициентов помехоподавления. Стандарт RS-485 поддерживает полудуплексную связь. Это означает, что для передачи данных нужно два провода, по которым можно передавать данные в обоих направлениях, но не одновременно. Передавая сигналы связи необходимо управлять направлением потока данных. Т.к. RS-485 обеспечивает передачу данных с низкой чувствительностью к помехам, модули могут быть расположены близко к источнику электромагнитного излучения.

К сети RS-485 могут подключаться до 256 модулей ADAM-4000, используя ADAM-4510 Repeater. Как правило, управляющий компьютер подключается к сети RS-485 через один из своих COM портов и ADAM-4520 Converter RS-232/RS-485. Так как модули соединяются параллельно, они могут быть свободно отсоединены от управляющего компьютера, не влияя на функционирование остальных модулей.

Для сети RS-485 необходимы две линии передачи сигналов: **DATA+** и **DATA–**. В качестве физической среды передачи данных используется «витая пара». В общем случае стандарт подразумевает объединение «общего провода приёмо/передатчиков на линии RS-485, поэтому в сумме кабель должен содержать три жилы: две – «витая пара» и одна «общий» (например экран кабеля).

Особенности протокола EIA RS-485:

максимальная длина одного сегмента сети - 1200 м (9600 бит/сек);

скорость передачи данных - до 10Мбит/сек;

использование дифференциальных приемо-передатчиков (сбалансированные линии с высокой помехоустойчивостью);

возможность соединения 32-х устройств на одном сегменте;

- двунаправленная связь «Master-Slave» по линии “витая пара”;
- соединение узлов типа “шина”.

1.4.1 Интерфейсные модули серии ADAM-4000

Серия ADAM является комплектом модулей, предназначенных для реализации интерфейса: датчик – компьютер. Модули содержат микроконтроллеры и объединяются между собой посредством последовательного интерфейса передачи данных RS-485. Модули контролируются дистанционно подачей простых команд, записанных в формате ASCII. Модули серии ADAM обеспечивают аналого–цифровые (A/D) и цифро–аналоговые (D/A) преобразования, имеют гальваническую развязку входов и выходов (изоляцию), контроль данных и обеспечивают коммуникационные функции. Некоторые модули предназначены для управления исполнительными устройствами: реле, сервоприводы и т.п.

1.4.1.1 Калибровка и установка режимов работы

Модули ADAM не содержат внешних переключателей режимов работы. Изменение режимов для входных или выходных линий, общих настроек модулей производится подачей команды в виде последовательности ASCII кодов. Все параметры конфигурации модуля, включая адрес цифрового входа, скорость обмена по RS-485, уровни аварийных функций могут быть установлены дистанционно. Дистанционная конфигурация модуля может быть обеспечена подачей команд калибровки и установки режимов работы.

Параметры калибровки и конфигурация режимов работы сохраняются в энергонезависимых запоминающих устройствах (EEPROM).

1.4.1.2 Питание модулей

Модули могут работать от любого источника постоянного тока, который вырабатывает напряжение в диапазоне от +10В до +30В. Амплитуда пульсаций напряжения не должна превышать 5В. Когда модули питаются дистанционно должно учитываться падение напряжения на линии. Потребляемая мощность лежит в диапазоне 0.5÷2 Вт.

1.4.1.3 Соединение и программирование

Модули ADAM могут подключаться и работать со всеми моделями компьютеров и терминалов. Для передачи данных модули используют стандарт передачи RS-485 и работают с командами формата ASCII. Команды для каждого модуля, включают около десяти различных команд. Для входных модулей команд больше, т.к. добавляются команды опроса аварийных функций.

1.4.1.4 Защита от окружающей среды

Каждый модуль находится в прочном пластмассовом корпусе. Это существенно оберегает модуль от внешних воздействий: влажности, вибрации, разъедающих материалов. Так как режимы работы модуля можно изменить с помощью программного обеспечения, нет необходимости вскрывать его корпус. Модули ADAM-4000 могут работать при температурах от -10 до+70°C, влажности воздуха до 95% без конденсации.

1.4.2 Техническое описание серии ADAM-4000

1.4.2.1 Аналоговые входные модули

Аналоговые модули используются для преобразования напряжения, тока, сигналов термопар в цифровые данные. Формат данных может быть представлен в технических единицах (напряжение, ток), в шестнадцатеричном формате, а также в относительных единицах.

Модули могут содержать два цифровых выхода и один цифровой вход. Выходы – открытый коллектор транзисторных ключей. Сигнал с выхода может использоваться для управления полупроводниковыми реле, которые, в свою очередь, могут управлять нагревателями, насосами и другим силовым электрооборудованием. Сигнал с цифрового входа считывается управляющим компьютером и используется для отслеживания какого–либо цифрового сигнала.

Модули могут выполнять счёт событий. Счетчик событий подключается к цифровому входному каналу и может использоваться для хранения общей суммы внешних медленнодействующих импульсов. Максимальное число импульсов, которые может хранить счетчик – 65535. Число 65535 сохраняется, даже если фактическое количество событий превышает 65535. Счетчик может быть прочитан или установлен в ноль управляющим компьютером. Если данные в счетчике событий не сохраняются в EEPROM, то счетчик событий остается чистым и устанавливается в ноль после каждого сброса или превышения мощности аналогового входного модуля.

Аналоговые входные модули (ADAM-4011 и ADAM-4012) выполняют высокие и низкие аварийные функции. Пределы высоких и низких аварийных функций могут загружаться в модульный EEPROM управляющим компьютером. При наличии аварии можно прекратить или продолжить работу модуля дистанционно. Когда авария произошла, оба цифровых выходных

канала используются для передачи значений высоких и низких аварийных состояний. Цифровому выходному каналу 1 (DO1) соответствует высокое аварийное состояние и каналу 0 (DO0) соответствует низкое аварийное состояние. Высокое и низкое аварийные состояния могут быть прочитаны в любое время управляющим компьютером. Каждое преобразование следует сравнивать с предельным значением высокой и низкой аварийной функции. Когда входная величина превышает один из этих пределов, включается высокий или низкий аварийный режим.

Модуль **ADAM-4011** предназначен для измерения сигналов термопар, напряжений (милливольты, вольты) и токов (миллиамперы). Модуль содержит программно управляемый усилитель (ПУУ) и управляется с шагом 1-128. ПУУ автоматически определяет усиление для сигналов в диапазоне –2.5÷2.5В. Модуль автоматически выполняет калибровку нуля и калибровку границ диапазона.

Микроконтроллер модуля выполняет семь основных функций:

Линеаризация термопары;

Поддержка взаимодействия по сети;

Калибровка;

Сигнализация тревоги;

Счёт событий;

Управление EEPROM;

Преобразование данных.

Модуль **ADAM-4012** предназначен для измерения напряжений (милливольты, вольты) и токов (миллиамперы). Все функции модуля аналогичны ADAM-4011.

Модуль **ADAM 4013** предназначен для измерения сигналов платиновых и никелевых термопар. Все функции модуля аналогичны ADAM-4011.

Модуль **ADAM-4014** содержит 16-битный аналого-цифровой преобразователь (АЦП), управляемый микропроцессором, и преобразует

входной аналоговый сигнал в цифровую форму. Модуль имеет два аналоговых входа, два цифровых выхода открытый коллектор и один цифровой вход. Модуль может преобразовать цифровую величину в различные технические единицы, шестнадцатеричный формат или долю в процентах.

Модуль **ADAM-4014D** содержит цифровой индикатор. Модуль выполняет низкие и высокие аварийные функции и обеспечивает гальваническую изоляцию входных цепей от цепей питания 500В. Модуль вырабатывает напряжение питания +15В для каждого из входных каналов, что позволяет питать формирователи сигналов по 2-х или 3-х проводной схеме без использования дополнительного внешнего источника питания. Цифровой вход предназначен для подсчёта импульсов, поступающих на него. Максимальное число счёта – 65535.

Модуль **ADAM-4016** является преобразователем для сигналов с тензодатчиков и преобразует входной аналоговый сигнал в цифровую форму. Модуль имеет дифференциальный аналоговый вход и аналоговый выход для питания датчика. Модуль может преобразовать цифровую величину в различные технические единицы, шестнадцатеричный формат или долю в процентах ADAM-4014D содержит цифровой индикатор. Модуль выполняет низкие и высокие аварийные функции и обеспечивает гальваническую изоляцию входных цепей от цепей питания. Модуль имеет четыре цифровых выхода с открытым коллектором.

Модули **ADAM 4017/4018/4018M** предназначены для преобразования аналоговых сигналов от стандартных промышленных датчиков с аналоговыми выходами. Модули содержат 16-битный АЦП и имеют 8 входных каналов: 6 дифференциальных и 2 однополюсных с общей линией. Модули обеспечивают гальваническую развязку 3000В входных цепей от остальных устройств модуля и гальваническую развязку по питанию. ADAM-4018M содержит флеш-память(128Кб) и может сохранять 38000 измерений в течении 20 лет.

Подробнее описание модуля **ADAM-4017** смотрите в разделе «Аналоговый входной модуль ADAM-4017».

1.4.2.2 Аналоговые выходные модули

Аналоговые выходные модули (в частности **ADAM 4021**) предназначены для преобразования цифровых данных, принимаемых из управляющего компьютера, в аналоговые величины. Формат входных данных может быть представлен в технических единицах (напряжение, ток), в шестнадцатеричном формате, а также в относительных единицах. Это определяется конфигурацией модуля.

1.4.2.3 Цифровые модули ввода/вывода

Модуль **ADAM-4050** имеет семь цифровых входных каналов и восемь цифровых выходных каналов и предназначен для преобразования данных, передаваемых из управляющего компьютера в логические уровни и обратно. Выходные сигналы пригодны для управления SSR (релейные устройства).

Модуль **ADAM-4052** имеет восемь цифровых входных каналов: шесть независимых и два с общей линией. Он предназначен для преобразования логических уровней в цифровые данные, передаваемых в управляющий компьютер.

Модуль **ADAM-4053** имеет 16 цифровых входных каналов с общей линией. Он предназначен для преобразования логических уровней от коммутационных устройств типа «сухой контакт» в цифровые данные, передаваемых в управляющий компьютер.

1.4.2.4 Цифровые релейные модули

Модуль **ADAM 4060** является альтернативой релейным устройствам. Он имеет четыре канала: два типа А и два типа В. Параметры каналов указанных типов следующие:

- Тип А: 0.5А / 120 V_{AC};
- Тип В: 1А / 24 $V_{DC.}$

1.4.2.5 Модули поддержки сетевого обмена

Имеются два типа модулей для работы двухпроводной линии связи на всей ее протяженности: RS-232/RS-485 Converter и RS-485 Repeater.

Когда управляющий компьютер или терминал имеет только последовательный порт стандарта RS-232 необходимо использовать **ADAM-4520 Converter** RS-232/RS-485. Поскольку этот модуль не адресуется управляющим компьютером, на преобразователе должна быть установлена скорость обмена путем переключения ключа внутри модуля. Скорость, установленная заводом изготовителем, равна **9600 бит/сек**.

Когда линия передачи превышает 1200м или число соединенных модулей ADAM-4000 превышает 16, повторитель должен подключаться к первому сегменту расширения. 16 модулей **ADAM-4510 Repeater** могут позволить соединить до 256 модулей ADAM-4000. Как и модуль - преобразователь, модуль повторитель не адресуется главным компьютером, поэтому на повторителе должна быть выбрана скорость обмена установкой переключателей внутри модуля. По умолчанию скорость обмена устанавливается, равной **9600 бит/сек**.

1.4.2.6 Модуль частотомера ADAM-4080D

Модуль ADAM-4080D (рис.6) с цифровыми индикаторами имеет два 32-х битных счетчика входных каналов со встроенным программируемым измерителем частоты. Пять цифровых индикаторов могут отображать данные из счетчика 0 или счетчика 1. Пять цифровых индикаторов ADAM-4080D отображают данные, посланные источником. Индикатор модуля показывает посланные источником величины, а так же, как только счетчик превысит свои запрограммированные пределы, на дисплее высвечиваются уровни высоких и низких аварийных функций (direct display — прямое отображение). Можно запрограммировать модуль так, что индикатор будет отображать данные, посланные главным компьютером. Данные счетчика модуля сначала посылаются в главный компьютер для преобразования или вычисления. Главный компьютер после обработки данных посылает их обратно в модуль ADAM-4080D, и индикатор модуля отображает эти данные (remote display – дистанционное отображение).

Модуль ADAM-4080D имеет программируемый цифровой фильтр, который понижает помехи на входе. Этот фильтр устанавливает минимальную длительность входного импульса, уменьшая тем самым реакцию счётчиков на помехи длительностью меньше заданной.

Модуль ADAM 4080D имеет отдельные клеммы для гальванически изолированного входа (оптическая развязка) и неизолированного входа (TTL). Гальванически изолированный вход имеет степень изоляции, способную выдержать напряжение до 2500В. Чтобы идентифицировать по какому из входов (изолированному или нет) будет передаваться информация, необходимо соответственно запрограммировать модуль.

Когда ADAM 4080D программируется на преобразование сигнала от неизолирующего входа можно установить уровень чувствительности по логическим уровням – задать гистерезис входной цепи. Подобно

программируемому цифровому фильтру программируемый гистерезис уменьшает помехи на входе.

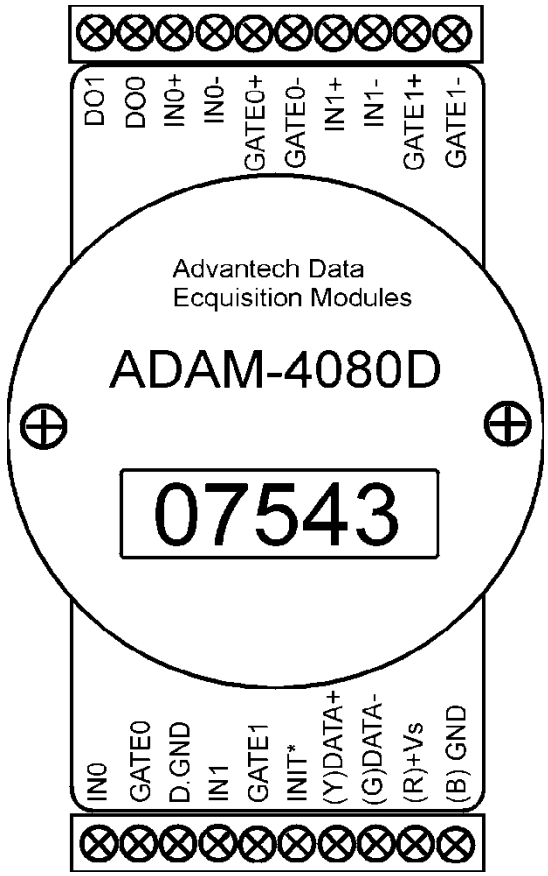

Рис. 6. Модуль ADAM-4080D

Каждый канал имеет вход стробирования для подачи стробирующего сигнала (внешнее управление). Стробирующий сигнал (высокого или низкого уровня) может запустить счетчик на счет или отключить его. **Gate mode** (режим стробирования) может иметь высокий, низкий или нулевой уровень. Счетчик модуля ADAM-4080D обеспечивает высокие и низкие аварийные состояния. Пределы этих состояний загружаются в программируемый аварийный выход.

Таблица 2

Технические характеристики модуля ADAM-4080D

Входные каналы	2 независимых 32-битных счетчика
Входная частота	до 50 кГц
Входы	изолированные (гальваническая развязка) и не изолированные
Логические уровни изолированных входов Логический 0 Логическая 1	 до +1 В от +3.5 В до +30 В
Предельное напряжение изолированных входов	2500 В
Логические уровни неизолированных входов Логический 0 Логическая 1	 от 0 до +5 В (по умолчанию=0.8 В) от 0 до +5 В (по умолчанию=2.4 В)
Длительность входных импульсов	более 10μсек
Максимальное число	4,294,967,295 (32-бита)
Программируемый цифровой фильтр (длительность импульсов помех)	от 2 μсек до 65 mсек
Аварийные функции	Высокий и Низкий аварийные уровни на счетчике 1
Измерение частоты Диапазон Временное окно Дисплей	 от 5 Гц до 50 кГц 1.0/0.1 сек 5-значный индикатор (высвечивает показания любого из каналов)
Цифровые выходные каналы Открытый коллектор	2 30 В; 30 mA максимально

Рассеиваемая мощность	300 mВт
Питание	от +10 до +30 В DC
Потребляемая мощность	2.0 Вт

1.4.2.7 Аналоговый входной модуль ADAM-4017

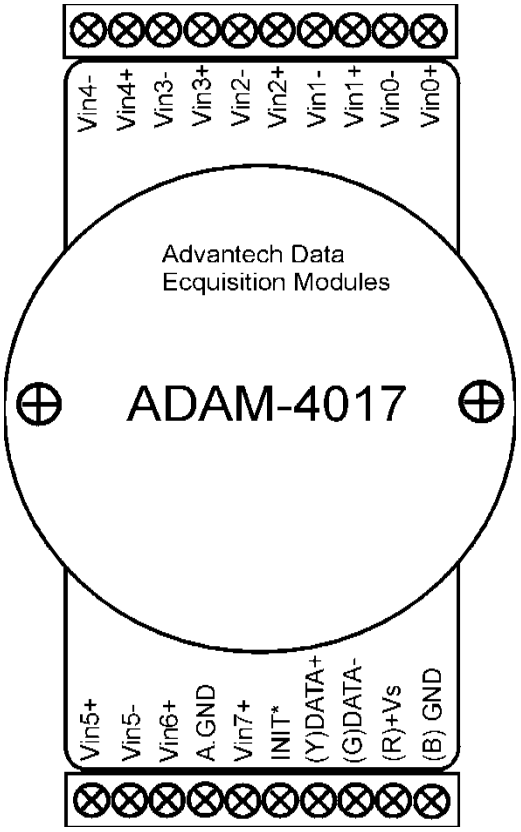

Рис. 7. Аналоговый входной модуль ADAM 4017

Модуль предназначен для преобразования аналоговых сигналов стандартных промышленных датчиков с аналоговыми выходами. Модуль содержит 16-битный АЦП и имеет 8 входных каналов: 6 дифференциальных и 2 однополюсных с общей линией. Модуль обеспечивают гальваническую развязку 3000В входных цепей от остальных устройств модуля и гальваническую развязку по питанию. Модуль обменивается данными с управляющим компьютером по сети RS-485.

ADAM-4017 имеет по две клеммы для дифференциальных входов (“Vin0+/–” ÷”Vin5+/–”) и три клеммы (“Vin6+”, “Vin7+”, “A.GND”) для однополюсных.

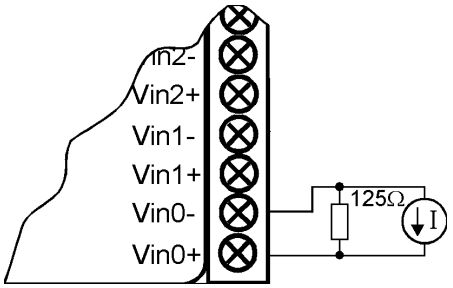

Рис. 8. Подключение источника тока к дифф. входу ADAM-4017

Гальваническая изоляция способна выдержать напряжение до 3000В. Количество используемых каналов модуля можно запрограммировать.

На рис. 8 видно, что для измерения тока к входу модуля необходимо подключить опорный резистор 125 Ом. Для корректности преобразования измеряемой аналоговой величины в величину тока необходимо провести калибровку модуля ADAM-4017. Для этого можно использовать утилиту “ADAM.EXE”. Для калибровки также понадобится эталонный амперметр, стабилизированный источник питания и магазин сопротивлений.

Таблица 3

Технические характеристики модуля ADAM-4017

Входные каналы	6 дифференциальных, 2 однополюсных
Входной сигнал	mV, V, mA
Режимы измерений входных сигналов	±150mV, ±500mV, ±1V, ±5V, ±10V, ±20mA
Выходные сигналы	RS-485 (2 линии)
Скорость обмена	1200, 2400, 4800, 9600, 19200, 38400
Предельное напряжение изолированных входов	3000В
Скорость измерений	10 измерений/сек
Полоса входного сигнала	13.1Гц
Относительная погрешность	Не более 0.1%
Дрейф нуля	6μV/^{0}C
Подавление помехи 50/60Гц	92Дб
Входной импеданс	2МОм
Сторожевой таймер	Есть
Питание	от +10 до +30 В DC
Потребляемая мощность	1.2 Вт

1.4.2.8 Устройства необходимые для создания сети на базе модулей ADAM-4000

- интерфейсные модули ADAM-4000;
- управляющий компьютер, например IBM PC AT, оснащённый портом RS–232 или RS–485;
- блок питания для модулей ADAM-4000 (+10÷+30В);

- программное обеспечение серии модулей ADAM-4000;
- модуль ADAM RS-232/ RS-485 Repeater (по необходимости);
- модуль ADAM RS-485 Converter (по необходимости).

1.4.3 Подключение модулей ADAM

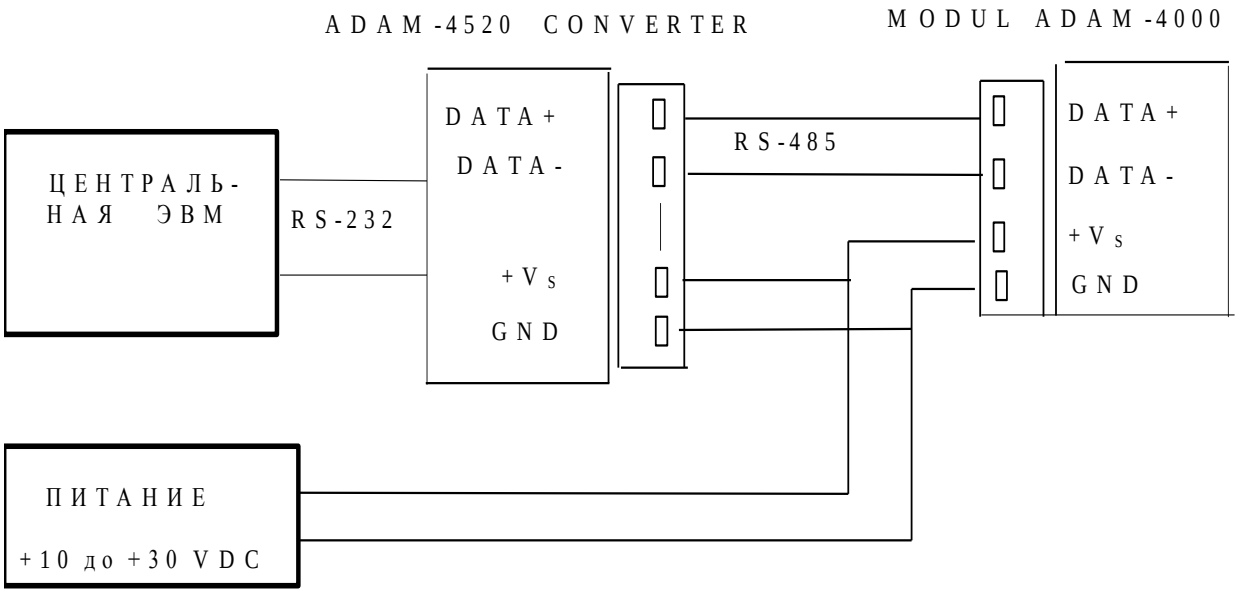

Рис. 9. Блок–схема подключения модулей ADAM-4000.

1.4.3.1 Основные схемы включения модулей

В сегменте многоузлового интерфейса RS-485 находятся два провода, к которым подключаются модули. Таким образом, все соединения параллельные и соединение или разъединение отдельного узла не влияет на сеть в целом.

На рис. 10 показан способ включения **Daisy chain**. Последний модуль сегмента– Repeater (повторитель) подключается непосредственно к основному проводу, заканчивая первый сегмент и начиная следующий. В формате Daisy chain может быть до 16 адресуемых модулей. Это ограничение связано с тем,

что при использовании большего количества модулей, управляющий ток IC уменьшается, что может вызвать ошибки связи. Полностью, сеть может поддерживать до 256 адресуемых модулей. Преобразователи ADAM, повторители ADAM и головной компьютер – не адресуемые устройства и, следовательно, в это число не включаются.

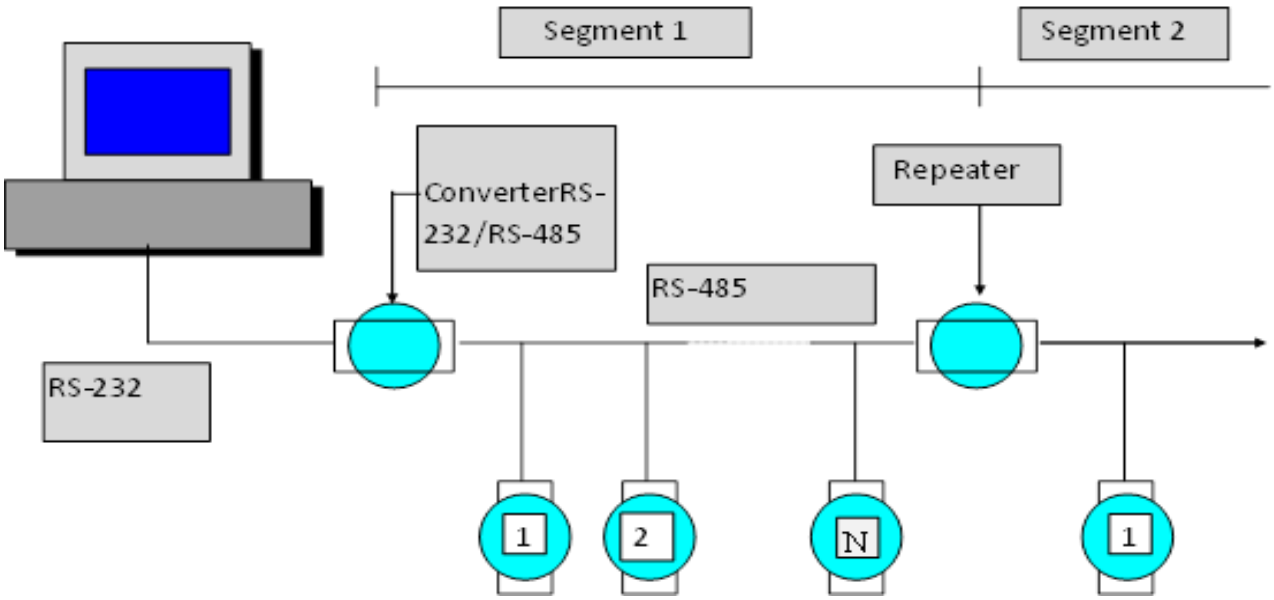

Рис.10. Соединение « Daisy chain»

Другой вариант соединения модулей – “Star” (Звезда). В этой схеме повторители подключаются по кабелям “вниз” от основных проводов первого сегмента. В результате получается структура дерева. Из-за суммирования искажений сигналов в различных концах сети, ее не рекомендуется использовать на больших расстояниях (известно, что эти искажения вносят существенный вклад при передаче данных на высоких скоростях).

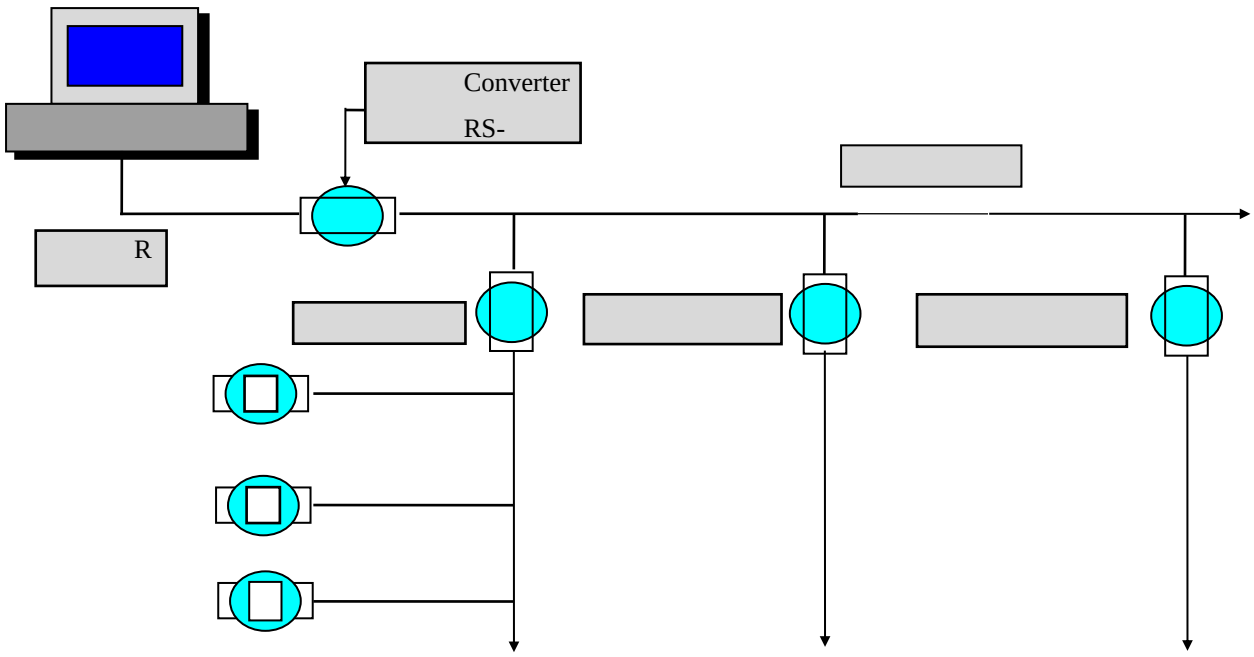

Рис.11. Соединение "Star".

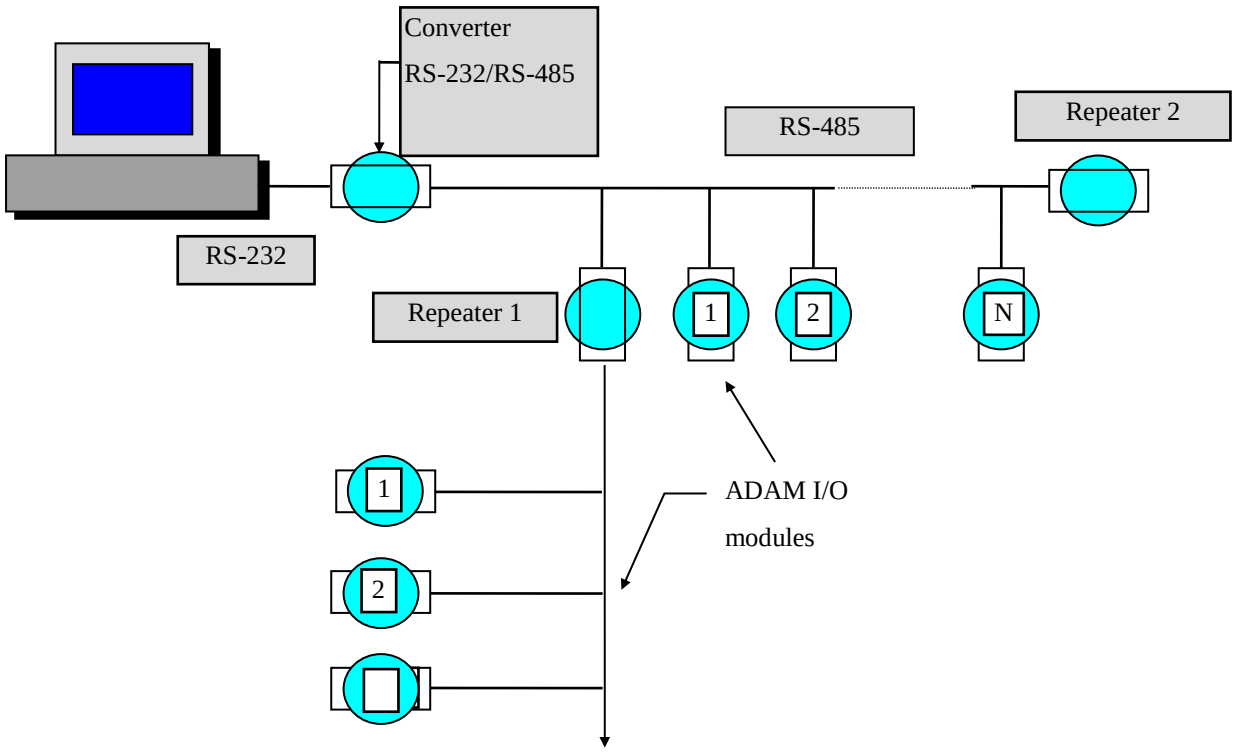

Рис. 12. Смешанное соединение.

1.4.3.2 Инициализация модулей

Прежде чем подключить модуль в информационную сеть ему необходимо задать режим работы. Хотя все модули могут работать в режиме, установленном заводом изготовителем, рекомендуется проверить правильность установки скорости передачи данных.

Модули ADAM-4000 содержат EEPROM для сохранения информации о режиме работы и постоянных значений калибровки. Все модули ADAM могут программироваться дистанционно через порты связи. При этом физически изменяется зарезервированная область памяти или переключается установочный параметр Параметры, запрограммированные заводом-изготовителем:

- скорость передачи данных: 9600бит/сек;
- адрес модуля: 01.

Если неизвестны скорость передачи данных и другие установочные параметры модуля, то невозможно установить связь с этим модулем. Для того чтобы преодолеть эту проблему, каждый модуль имеет вход «INIT*». Необходимо перемкнуть клеммы «INIT*» и «GND» и включить питание модуля. При этом произойдёт инициализация модуля с установкой для обмена по RS-485 заранее известных параметров:

- скорость передачи данных: 9600бит/сек;
- адрес: 01H.

Итак, чтобы провести инициализацию необходимо выполнить следующие шаги:

- включить все устройства кроме модуля ADAM;
- включить модуль ADAM при замкнутых клеммах «GND» и «INIT*»;
- подождать, по крайней мере, семь секунд, чтобы установились калибровочные параметры;
- выключить модуль и разомкнуть клеммы «GND» и «INIT*».

1.4.3.3 Программное обеспечение модулей ADAM-4000 и его возможности

Перед установкой модулей в сеть или в случае потери установленных параметров их необходимо программировать. Утилита для программирования содержится в файле “**ADAM.EXE**” и выполняется под управлением MS-DOS. Программное обеспечение обладает следующими возможностями:

- конфигурация модулей;
- калибровка модулей;
- ввод и вывод данных;
- аварийные установочные параметры;
- автопоиск связанных (соединенных) модулей;
- эмуляция терминала.

Основной экран содержит меню в верхней части экрана и поле состояния, которое отображает информацию о связанных модулях. При первом запуске программы утилита автоматически просканирует сеть на наличие любых прилагаемых модулей и отобразит их данные. В поле состояния выводятся характеристики модуля, параметры конфигурации модуля и его выходные величины. Для того, чтобы просканировать сеть в любой момент можно использовать команду Search (Поиск). При ёе выборе появится окно Search Installed Modules (Поиск Установленных Модулей) для ввода диапазона адресов (0-255) устройств, который необходимо просканировать. После того как найдены установленные модули, программа позволяет изменить установочные параметры для любых модулей с помощью подменю Setup (Установка). Оно содержит три опции: Configuration (Конфигурация), Edit/Data (Редактирование/Данные), Alarm/Counter (Авария/Счетчик) с установочными параметрами, доступными для данного типа модулей и текущим состоянием. Необходимо помнить, что при изменении конфигурации, калибровки и других

параметров, должно появиться окно, в котором сообщается о принятии изменений.

Для изменения опций Checksum (Контрольная Сумма) и Baud rate (Скорость передачи данных), необходимо чтобы модуль находился в состоянии INIT, для чего нужно клемму «INIT*» соединить с клеммой «GND». Если модуль не находился в состоянии «INIT*», появится сообщение об ошибке, если же он находился в этом состоянии, то появится окно “Checksum” или окно опции “Buad rate”. Аналогично процедура обращается и за аварийными параметрами. Однако, нужно иметь в виду, что только аналоговые входные модули ADAM-4011 и ADAM-4012, обеспечивают аварийные функции и счёт событий.

Если необходимо установить выходные величины модулей, надо выбрать в экранном меню команду Configuration (следует иметь в виду, что цифровые выходы не могут быть использованы, когда работают аварийные функции) и, сделав необходимые изменения, запустить команду Run, чтобы данные были посланы в модули.

Меню «COMPort» предназначено для установки номера последовательного порта и скорости обмена данными. Если при запуске утилиты не обнаружено ни одного модуля, то появится предупреждение об этом. Следует проверить правильность подключения модулей и соответствие их параметров параметрам, установленным в меню «COMPort». Выбрать меню утилиты «Search» и произвести повторный поиск. Если модули не будут обнаружены, провести операцию инициализации модулей (см. гл.). После этого скорость обмена по сети со стороны модуля установится 9600бит/с.

Меню «MODULE SETTING» позволяет изменить некоторые параметры модуля: сетевой адрес, режим работы, скорость передачи данных, включить/выключить опцию проверки контрольной суммы ППЗУ модуля. Для выхода из подменю «MODULE SETTING» нажать Esc. При этом компьютер

спрашивает о необходимости сохранения установленных параметров. Если введенные параметры необходимо сохранить, то нужно нажать клавишу «Y».

Конфигурация модуля может быть изменена подачей ASCII последовательности из командной строки, находящейся в меню TERMINAL→Single Line. После выбора этого меню появляется окно, где в строке Command записывается соответствующая команда.

Пример:

Изменение конфигурации.

Command «%0120510601»:

знак «%» ставится вначале любой команды;

01 – текущий адрес модуля (в шестнадцатеричном виде);

20 – устанавливаемый адрес модуля;

51 – режим работы (50-счетчик, 51-частотомер);

06 – скорость передачи данных (см. таблицу);

0 – установка проверки Контрольной Суммы (0-выкл. 1-вкл.);

1 – период измерения (0-0.1 сек. 1-1.0 сек.).

Для проверки наличия связи с модулем выбрать пункт меню “RUN”. На экране отобразятся значения из каналов всех найденных модулей. Выход из этого режима осуществляется нажатием клавиши «Esc».

Таблица 4

Код	Скорость передачи данных
03	1200
04	2400
05	4800
06	9600
07	19200

Меню “FILE” позволяет сохранить текущую конфигурацию модулей в файле с расширением ∗.map (подменю Save) и вывести его на печать (подменю Print). Меню “QUIT” служит для выхода из утилиты.

1.4.3.4 Конструкция шкафа скважинного контроллера

Скважинный контроллер смонтирован в герметичном шкафу фирмы “Schtroff” 300x300x220. В шкафу поддерживается заданная температура при помощи устройств поддержания микроклимата. Шкаф питается от сети переменного тока 220В.

Входы и выходы УСО ADAM-4000 выведены на клеммы Cage Clamp фирмы Wago, которые предназначены для подключения датчиков. Также к клеммам подключены устройства поддержки обмена по последовательному интерфейсу RS-485, помещённые в шкаф. Внешний вид шкафа приведён на рис. 13.

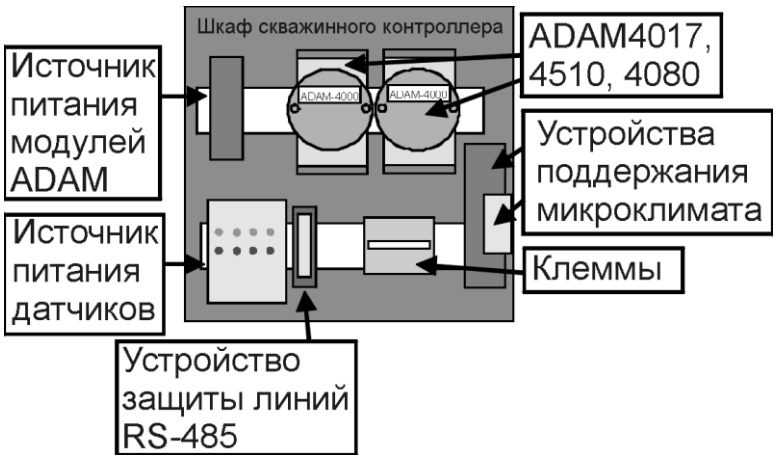

Рис. 13. Шкаф скважинного контроллера

Блок–схема соединения устройства шкафа приведена на рис. 14.

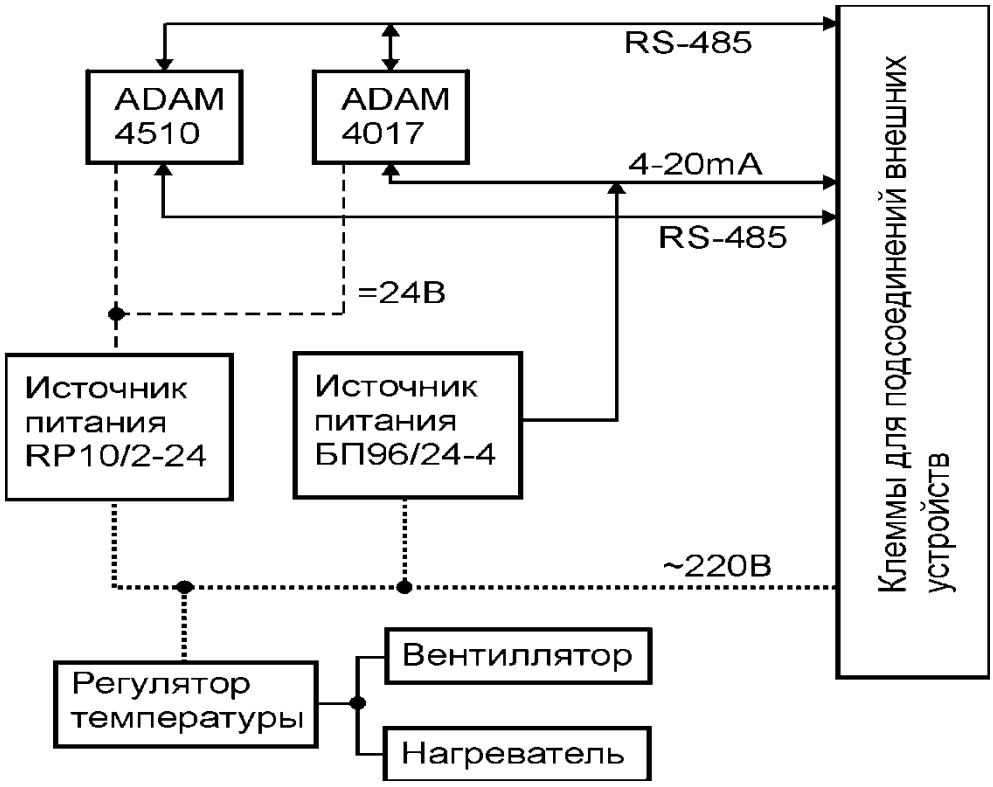

Рис. 14. Блок-схема соединения устройства шкафа скважинного контроллера

1.4.3.5 Описание устройства шкафа скважинного контроллера

Скважинные контроллеры, содержащие УСО АДАМ-4017, предназначены для преобразования сигнала от датчиков с токовым выходом в цифровую форму и передачу результирующих данных по сети RS 485. Схема электрических соединений скважинного контроллера представлена на рис. 15.

Блок питания “RP1072 24” предназначен для питания УСО ADAM 4000 напряжением +24В.

Блок питания «БП96/24-4» предназначен для питания датчиков с токовым выходом. Он вырабатывает высокостабильное напряжение питания и имеет четыре независимых гальванически развязанных канала +24В, 80мА с

устройствами защиты от перегрузки. Каждый из четырёх каналов источника, в соответствии со схемой, подключены во входные цепи УСО ADAM 4017 и к клеммам для соединения с внешними устройствами. В цепи питания датчика использован опорный резистор «С2 29, 129 Ом, 0.1%». Соответственно к шкафу скважинного контроллера может быть подключено не более 4 х датчиков. Одни шкафы предназначены для подключения 4 х датчиков, другие – 2 х, что отражается в приложениях к документации ИИК.

Все устройства шкафа заземлены на корпус шкафа через специальную клемму. Общий питания УСО ADAM 4000, который также является общим для сигналов стандарта RS 485, подключается к клемме заземления через ограничительные резисторы “R1, R2”. В конкретной реализации сети RS 485 скважинных контроллеров общий провод сигналов может быть подключён непосредственно к заземлению.

Устройство “Data Line Surge Protector” предназначено для защиты модулей ADAM 4000 скважинного контроллера по линиям RS 485 от импульсных высоковольтных помех, которые могут приводить к выходу из строя приемо-передающие устройства модулей.

«Регулятор температуры», «Нагреватель», «Вентилятор» обеспечивают поддержание микроклимата в объёме шкафа выше 00С, поскольку не все устройства в него входящие имеют расширенный диапазон температур для эксплуатации. При помощи регулятора температуры необходимо устанавливать температуру поддержания $10 \div 15\ ^{0}C$.

Пример подключения шкафа скважинного контроллера на объекте представлен на рис. 16.

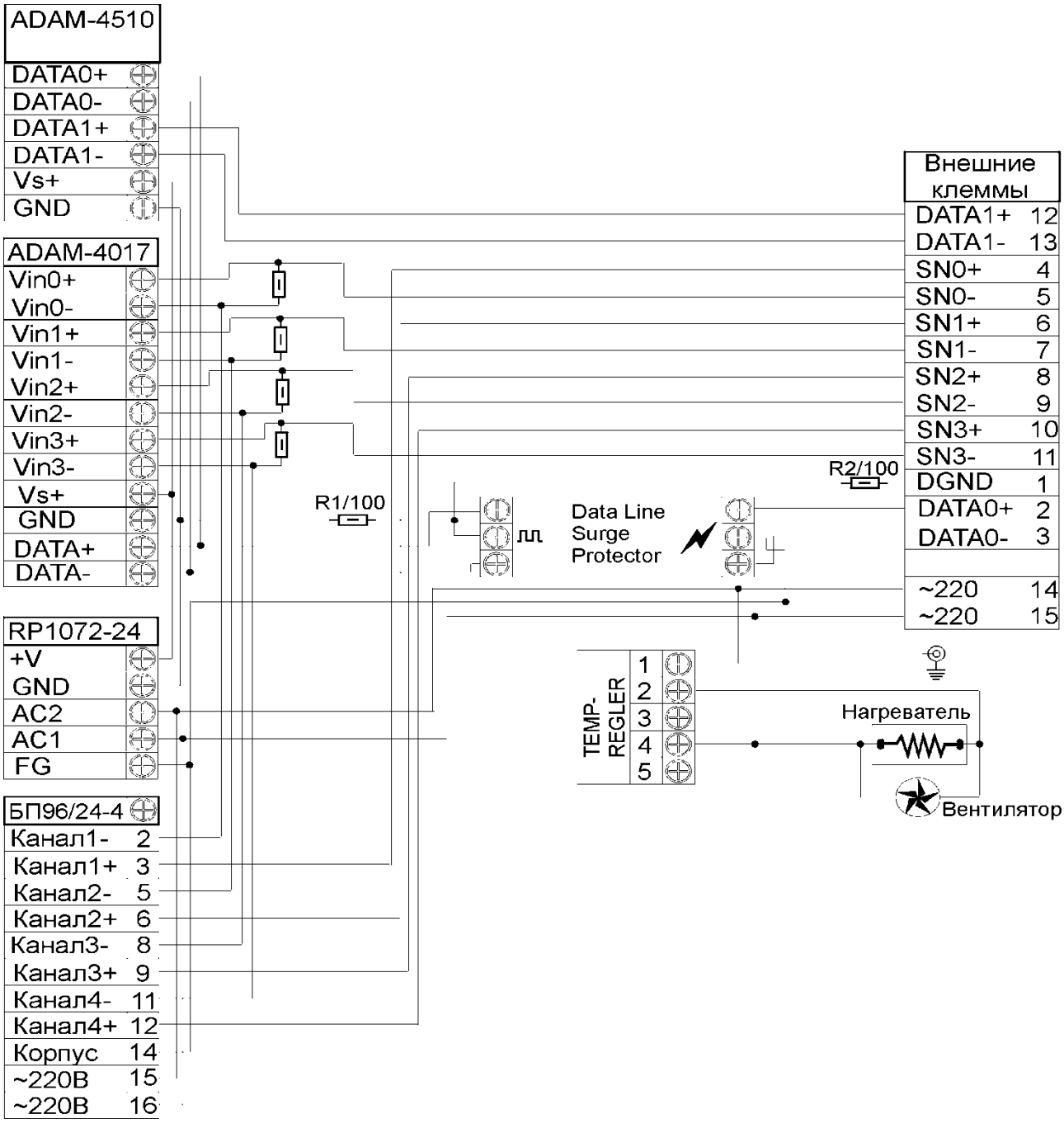

Рис. 15. Схема электрических соединений шкафа скважинного контроллера

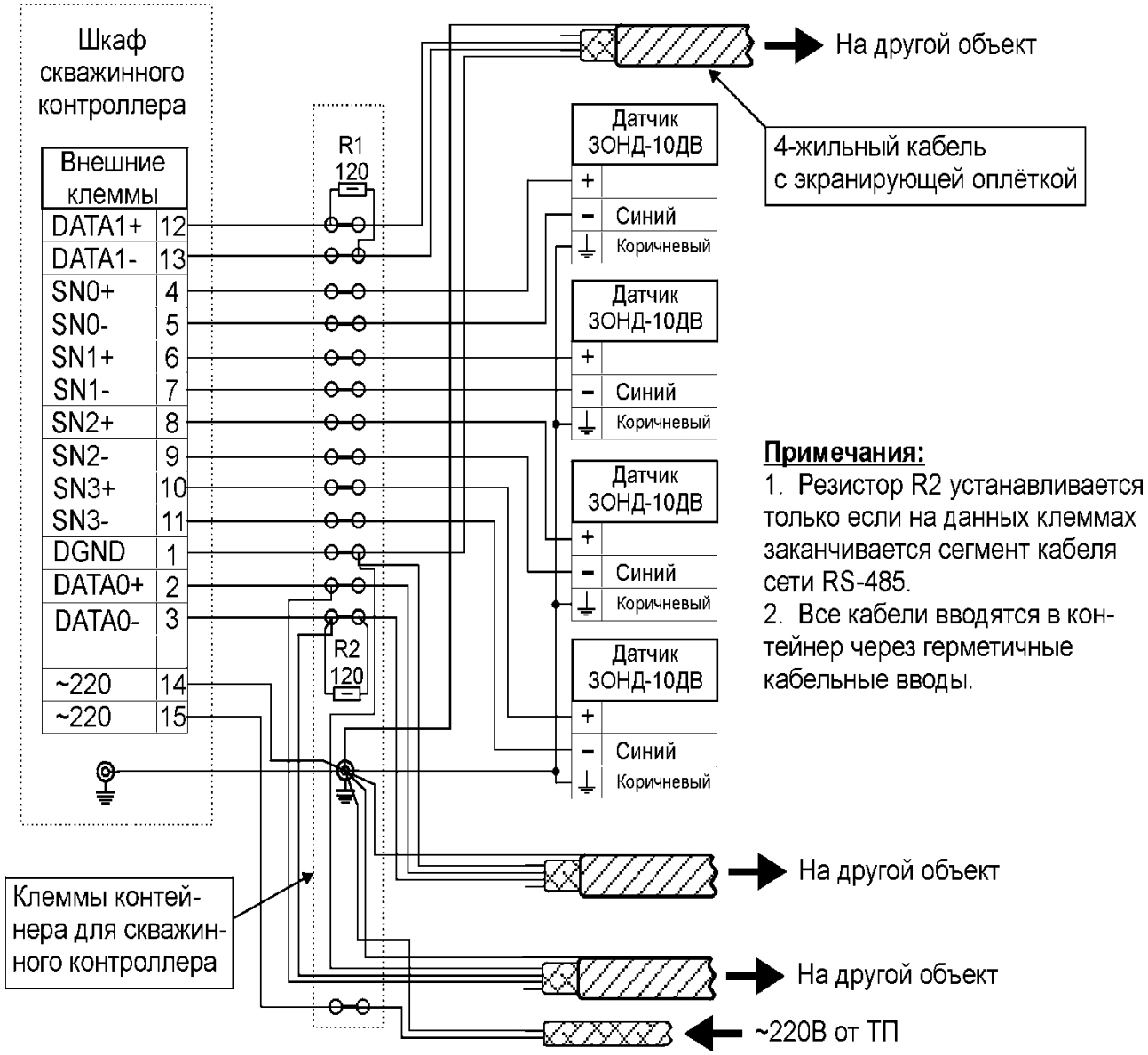

Рис. 16. Пример подключения шкафа скважинного контроллера на объекте

РАЗДЕЛ 2. РАДИОЭЛЕКТРОННАЯ АППАРАТУРА ДЛЯ САМОПРОСЛУШИВАНИЯ СИСТЕМЫ «ПЛАСТ-СКВАЖИНА» МЕТОДОМ ВЫСОКОЧАСТОТНЫХ ФИЛЬТРАЦИОННЫХ ВОЛН ДАВЛЕНИЯ

Одной из важных и трудоемких задач в оптимизации гидродинамического режима выработки пласта и оценки эффективности методов воздействия на пласт является контроль состояния призабойной зоны скважины. Метод самопрослушивания скважины, а точнее системы "пласт - скважина", с помощью ФВД на «высоких» частотах (период воздействия – T<1000с), выделился в самостоятельную область гидродинамических исследований. Как уже отмечалось выше, в этих промысловых исследованиях наиболее важна такая характеристика как быстродействие вторичной регистрирующей аппаратуры. С другой стороны, это должен был быть мобильный передвижной комплекс на базе автомобиля повышенной проходимости.

2.1 Структурная схема КТС «АСК-1»

Блок-схема комплекса «АСК-1», разработанного на кафедре радиоэлектроники в начале восьмидесятых годов прошлого столетия для этих целей представлена на рис.17.

Отличительной особенностью этого варианта АСК, созданного для исследования системы «пласт – скважина» методом высокочастотных фильтрационных волн давления, является то, что это последний экземпляр, который выполнен «в железе».

При разработке современных автоматизированных систем контроля, создаваемых в век бурного развития вычислительной техники, основной упор делается на компьютеризацию, миниатюризацию и создание специального программного обеспечения. Описание одного из вариантов такого АСК,

сконструированного и испытанного группой гидродинамики КГУ в последние годы на промыслах Татарстана, будет представлено ниже.

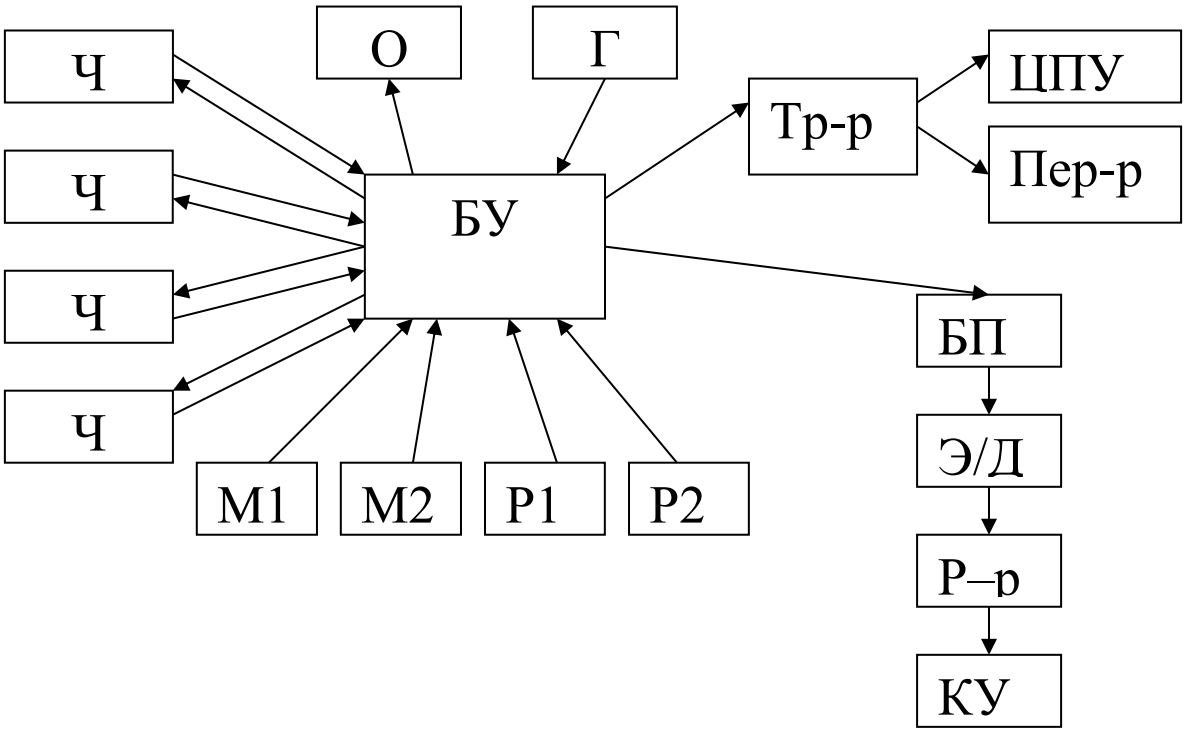

Рис.17. Блок-схема «АСК-1»

Комплект первичных регистрирующих контрольно - измерительных приборов (КИП) включает в себя манометры и расходомеры в наземном и глубинном исполнении. При выборе первичных датчиков, и, в частности, при их конструировании, вопрос был решен в пользу передачи информации от датчика в виде электронного частотно-кодированного сигнала, который в полевых условиях эксплуатации является наиболее помехоустойчивым.

Почти вся первичная регистрирующая аппаратура была сконструирована и изготовлена на кафедре радиоэлектроники КГУ.

Дистанционные электронные устьевые манометры (ДЭУМ), в разработке, изготовлении и подготовке к исследованиям которых авторы принимали непосредственное участие, сконструированы и изготовлены на базе промышленного серийно выпускаемого образцового манометра типа МО, класса 0,4. При подведении давления линейное перемещение свободного конца

трубки Бурдона с помощью индуктивного преобразователя и измерительного электронного генератора преобразуется в частотно- модулированный сигнал. Питание манометров стабилизированным напряжением, а также передача частотного сигнала, осуществляется по одножильному геофизическому кабелю. Второй электрической шиной служит «земля». Для повышения класса точности и исключения температурного влияния на показания манометра трубка Бурдона и электронная схема помещены в пенопластовый кожух - пассивный термостат. Отличительной особенностью таких датчиков давления является высокая разрешающая способность, благодаря нелинейной калибровочной характеристике прибора. Внутри пассивного термостата, с помощью активной электронной схемы, поддерживается температура 50±1°С.

На базе трубок Бурдона для высокого давления, выполненных в миниатюрном исполнении, были изготовлены глубинные электронные манометры с частотным выходом. Для исключения затухания амплитуды частотного сигнала при прохождении его по кабелю связи питание электронной схемы глубинных манометров осуществляется источником тока.

Расход (дебит) жидкости закачиваемой через скважину в пласт (или изливающейся из пласта) также регистрировался двумя типами расходомеров – глубинным и устьевым.

В основу конструкции глубинного расходомера – дебитомера положено использование вращения в потоке жидкости ненагруженной турбинки. Простая электронная схема с перекидными контактами и вращающейся магнитной рамкой позволяет передавать по кабелю на поверхность импульсный электронный сигнал пропорциональный потоку жидкости.

Устьевой расходомер – промышленный, Венгерского производства, типа «Турбоквант». Для возможности регистрации малых потоков жидкости использовались расходомеры с проходными сечениями диаметра 18 и 25 миллиметров. Для увеличения чувствительности измерения потока расходомеры были доработаны: ось вращения измерительной турбинки

расходомера была установлена в корундовые подпятники. Информация с устьевого расходомера в виде частотного электронного сигнала через двужильный кабель связи и промежуточный линейный усилитель поступает на вход блока управления.

Управление работой вторичной регистрирующей аппаратуры осуществляется блоком управления (БУ). Информация с первичных датчиков в виде электрических частотно-кодированных сигналов непрерывно поступает в БУ. Для визуального наблюдения за качеством этих сигналов применен осциллограф (О) (в системе - марки «С1-101»). Информация с первичных датчиков регистрируется с необходимым разрешением во времени. Задание интервалов времени измерения осуществляется генератором эталонного времени (Г), в качестве которого использован серийно выпускаемый делитель частоты «Ф5093». Через равные заданные промежутки времени генератор синхронно запускает считающие устройства - частотомеры (Ч) - «Ф5041». Использование отдельного частотомера на каждый информационный канал продиктовано необходимостью быстродействия системы. Информация с частотомеров поступает на транскриптор (Тр-р) – «Ф5033К», который управляет работой цифропечатающего устройства (ЦПУ), марки «Optex» и перфоратора (Пер-р), марки «ПЛ-80». В данном исполнении, в зависимости от количества каналов связи, применение цифропечатающего устройства позволяет регистрировать информацию с датчиков с временным разрешением не более 5 секунд. Использование перфоратора позволяет, при задании счета частотомеров за 0,1 секунды, увеличить разрешение до 0,5 секунд. Блок управления также управляет работой кранового устройства (КУ), задающего периодические, близкие к гармоническому виду, колебания дебита скважины. Источник стабилизированного напряжения (БП) марки «СИП-32» по электрическому кабелю питает электродвигатель постоянного тока (Э/Д), который через ступенчато-регулируемый механический редуктор (Р) соединен с крановым устройством, установленным в устьевую обвязку скважины.

2.2 «АСК-2» для самопрослушивания системы «пласт - скважина»

Структурная схема программно - аппаратного комплекса, используемая для регистрации данных при проведении гидродинамических исследований по самопрослушиванию системы «пласт-скважина» в последние годы, представлена на рис.18.

В состав комплекса входят:

- АРМ Оператора на базе IBM PC совместимого персонального компьютера;
- контроллер сбора данных;
- устройство управления шаговым двигателем;
- шаговый двигатель и специальное крановое устройство;
- комплект глубинных и устьевых скважинных датчиков давления и расхода (дебита) - контрольно-измерительных приборов (КИП).

2.2.1 АРМ оператора и контроллер сбора данных «АСК-2»

Автоматизированное рабочее место (АРМ) оператора на базе ПК предназначено для работы в составе ПТК и служит для организации обмена данными и управляющими сигналами по последовательному интерфейсу RS-232 с блоком аппаратурным, ведения архива и журнала событий, конфигурирования измерительных каналов и реализации интерфейса с оператором.

АРМ оператора построено на базе IBM PC совместимого компьютера в офисном или промышленном исполнении работающим под управлением ОС Windows 98, Windows 2000, Windows NT. Прикладное программное обеспечение АРМ оператора разработано средствами «Visual Basic 6» -

популярного обьектно-ориентированного средства быстрой разработки приложений для операционных систем семейства Windows.

Рекомендуемые характеристики ПК:

- процессор - не младше Pentium II -500;
- ОЗУ - не менее 64 Мбайт;
- НЖМД - не менее 2Гбайт;
- в состав ПК должны входить клавиатура, манипулятор «мышь», НГДМ, монитор 15”.

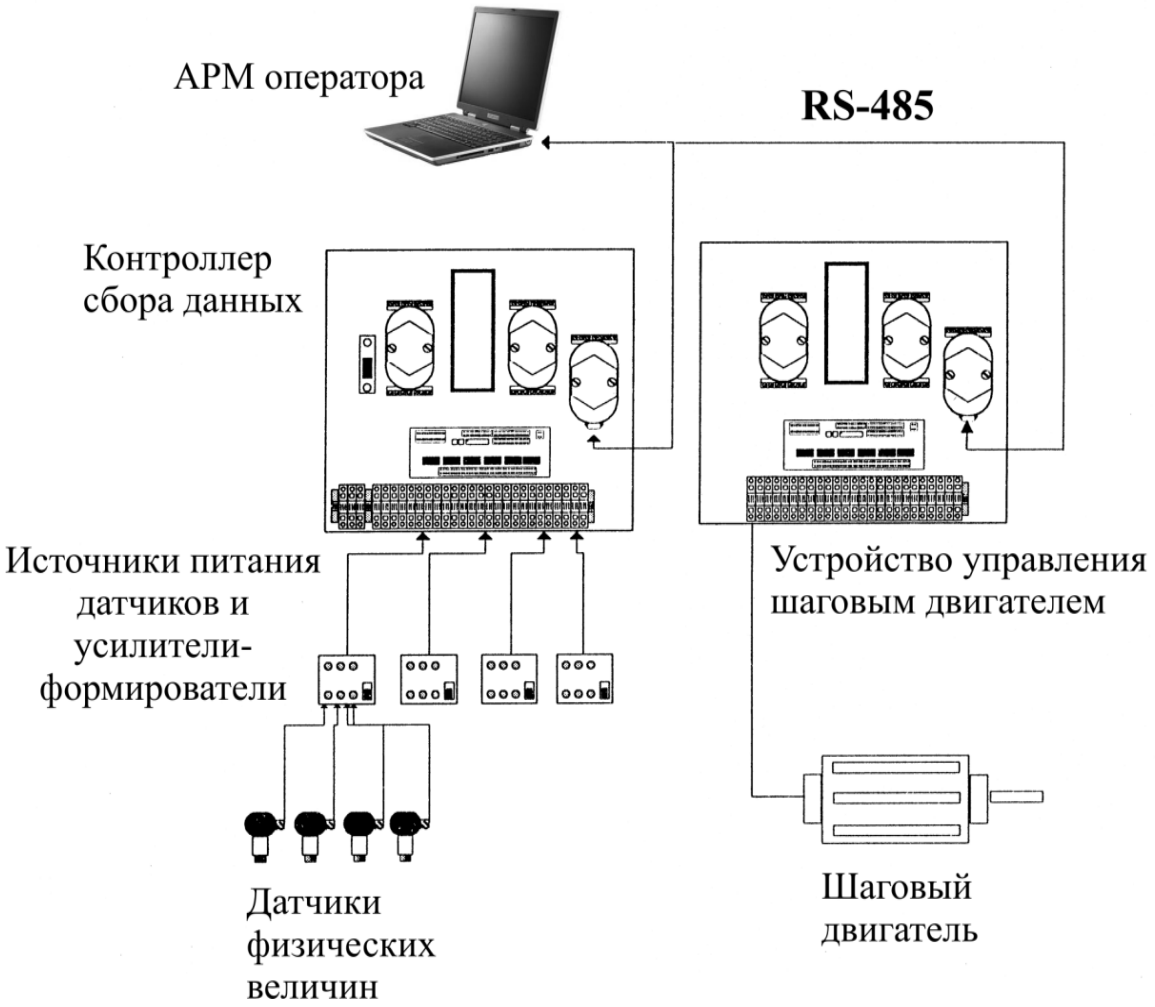

Рис.18. Структурная схема комплекса сбора и регистрации данных гидродинамических исследований по самопрослушиванию

АРМ оператора обеспечивает выполнение следующих функций:

- в циклическом режиме или по запросу оператора по последовательному каналу RS-485 принимает от контроллера сбора данных текущие значения измеряемых сигналов «4-20мА», «1Гц-50КГц»;
- обеспечивает возможность настройки параметров измерительных каналов блока аппаратурного и АРМ оператора, сохраняет текущие настройки в энергонезависимую память;
- сохраняет в энергонезависимый архив текущие значения архивируемых измерительных каналов, ведет журнал событий;
- обеспечивает просмотр архива и журнала событий;
- ведёт диалог с оператором, обеспечивая: просмотр текущих значений измерительных каналов БА, данных в архивах и журналах событий, занесение записей в текущий журнал событий, осуществляя визуальную и звуковую, аварийную и предупредительную сигнализацию;
- ведёт диалог с администратором комплекса, обеспечивая: настройку параметров канала последовательной связи с контроллерами, настройку измерительных каналов БА и параметров текущего эксперимента, настройку параметров архива и журнала событий.

Комплекс технических средств АРМ работает под управлением пакета прикладных программ. Большинство функций АРМ реализовано программно с использованием стандартных технических средств ПК. Диалог с оператором осуществляется с использованием дисплея, клавиатуры и манипулятора «мышь».

Накопление архивируемых данных осуществляется на встроенном в ПК НГМД. Обмен командами управления и данными между АРМ, контроллерами сбора данных и устройством управления шаговым двигателем осуществляется по последовательному интерфейсу RS-485.Основу алгоритма работы АРМ составляют спорадически возникающие запросы на измерение и управление работой шагового двигателя. Запросы на измерение, возникающие в

программных образах измерительных каналов, передаются АРМ по последовательному каналу RS-485 в контроллеры и устройство управления. В ответ по тому же последовательному каналу контроллеры передают АРМ результаты измерения представленные в последовательном коде.

Контроллер сбора данных обеспечивает выполнение следующих функций:

- приём и дешифрацию команд по каналу RS-485 от ПК АРМ оператора;
- введение и нормализацию аналогового сигнала «4-20мА» от первичных преобразователей давления и расхода;
- введение и нормализацию частотно кодированного сигнала «1Гц-50КГц» от первичных преобразователей давления и расхода;
- гальваническую изоляцию между цепями сигналов первичных преобразователей и АРМ оператора;
- фильтрацию аналоговых и дискретных входных сигналов;
- аналого-цифровое преобразование сигнала «4-20мА»;
- измерение частоты частотно кодированного сигнала «1ГЦ-50КГц».

2.2.2 Устройство управления шаговым двигателем

Устройство управления шаговым двигателем предназначено для вращения шагового двигателя Ш-2.65.50-01 с заданной скоростью для управления потоком жидкости с помощью специальной задвижки, вращаемой через посредство редуктора. Устройство имеет следующие параметры и возможности:

частота следования управляющих импульсов лежит в диапазоне от 153Гц до 0,037Гц при опорной частоте 306Гц, что эквивалентно изменению периода вращения задвижки от 20 секунд до 22,75 часов ;

напряжение на фазных обмотках двигателя в статическом режиме – не менее 14В;

напряжение на фазных обмотках в момент шага (форсированное) – не менее 28В;

длительность импульсов подачи форсированного напряжения – 4мс;

устройство обеспечивает отключение тока через фазные обмотки при остановке двигателя;

устройство имеет возможность ручного включения максимальной скорости двигателя с помощью кнопки при дистанционно отключенном токе;

устройство допускает настройку опорной частоты посредством разрезания или пайки перемычек в пределах от 135,2Гц до 4,43МГц;

устройство обеспечивает гальваническую развязку между цепями управления и силовыми цепями двигателя напряжением до 100В;

дистанционное управление устройством осуществляется с помощью компьютера через интерфейс RS-485;

двигатель и управляющий интерфейс подключаются к устройству с помощью разъемов;

питание устройства осуществляется от однофазной сети 220В, 50Гц, потребляемая мощность не более 400Вт.

Управление четырехфазным шаговым двигателем осуществляется по схеме с одновременным включением 2 фаз. Полная принципиальная схема устройства приведена на рис.19.

Полная принципиальная схема включает следующие узлы:

трансформатор питания Т1 мощностью 420 Вт имеет первичную обмотку на 220В, 2 вторичные обмотки ~12В, рассчитанные на ток до 15А для питания силовых цепей и вторичную обмотку ~12В на ток до 1А для питания логики контроллера и модуля RIO7042/43;

силовой выпрямитель на диодах VD1…VD4 с конденсаторами фильтров С1 и С2 обеспечивает получение 2 питающих напряжений: +15В и +30В для питания фазных обмоток двигателя в статическом и форсированном режиме соответственно;

диод VD5 обеспечивает передачу питающего напряжения +15В на общий провод фазных обмоток двигателя в статическом режиме;

ключ на транзисторе VT1 подает напряжение +30В на общий провод фазных обмоток при включении форсированного режима;

диоды VD6…VD9 обеспечивают защиту ключей фазных обмоток двигателя, расположенных в контроллере, от перенапряжений, возникающих при выключении тока через индуктивную нагрузку;

разъем X2 служит для подключения кабеля двигателя;

разъем X1 служит для подключения интерфейсного кабеля RS-485;

кнопка S1 позволяет включить самый младший разряд управляющего кода, что обеспечивает вращение двигателя с максимальной скоростью, если схема находится в выключенном состоянии (нулевое кодовое слово);

резисторы R1 и R2 обеспечивают разряд конденсаторов фильтра при выключении питания за разумный промежуток времени.

вентилятор W обеспечивает охлаждение радиатора с диодами и ключевыми транзисторами, а также диодов VD6…VD9;

предохранители FS1 и FS2 защищают питающую сеть и устройство от коротких замыканий;

управляющий модуль RIO 7042 или RIO 7043 обеспечивает дистанционное управление контроллером через интерфейс RS-485.

Утолщёнными линиями на схеме обозначены силовые цепи, по которым протекают значительные токи. Эти цепи выполнены проводами сечением не менее 1.5 мм^2.

Все логические схемы управления и ключи фазных обмоток двигателя находятся на плате контроллера.

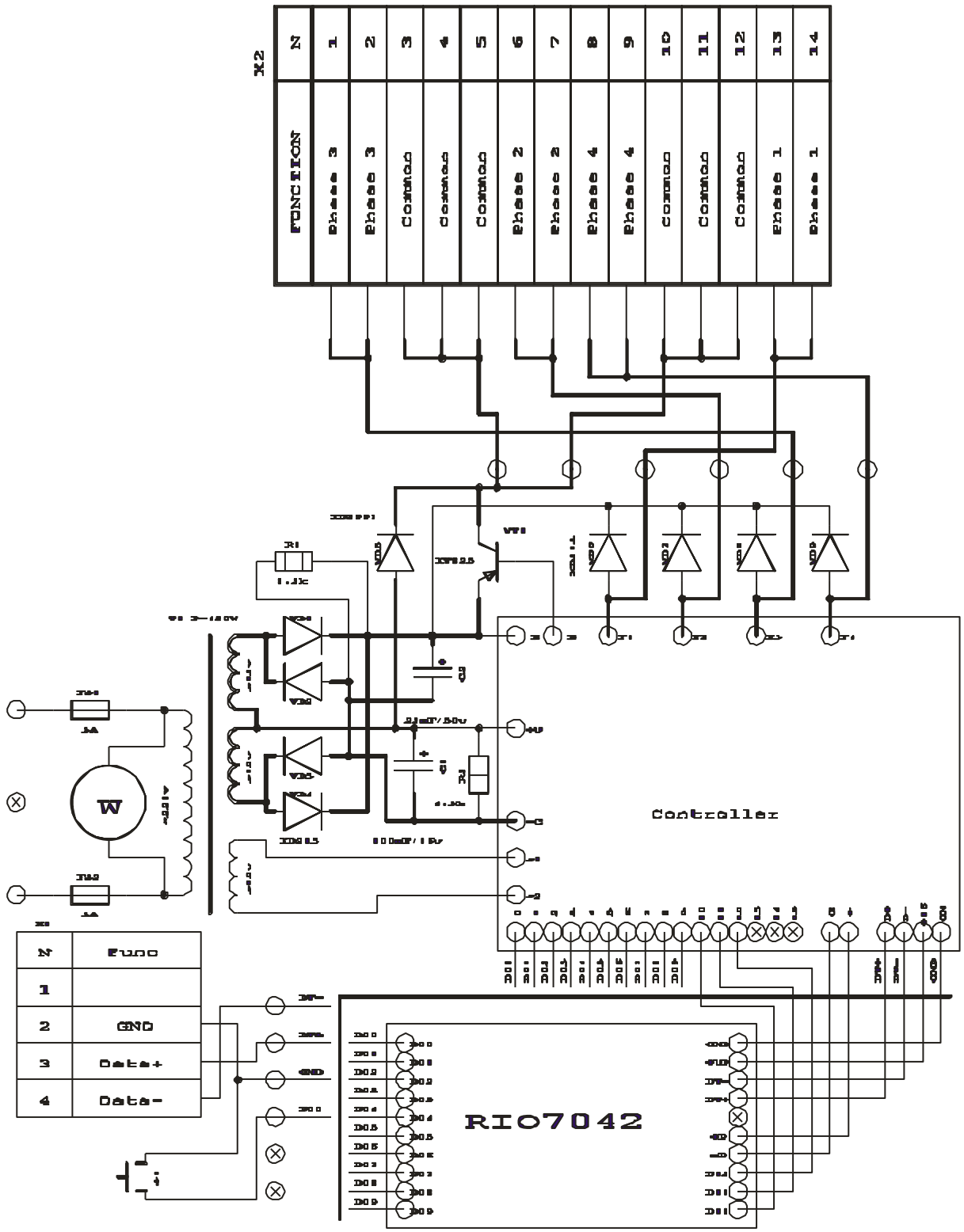

Рис.19 Устройство управления шаговым двигателем. Схема принципиальная электрическая

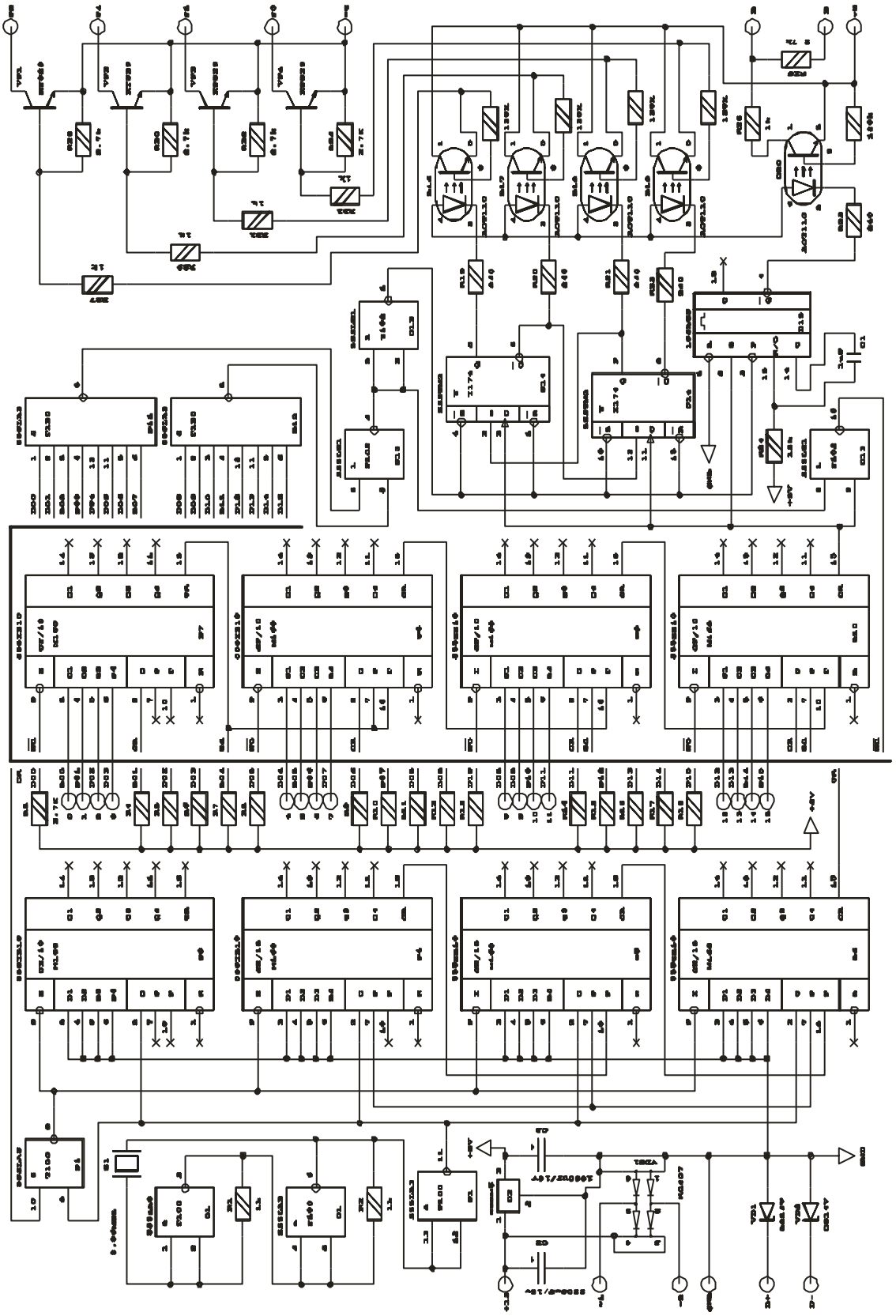

Рис.20. Контроллер. Схема принципиальная электрическая

Принципиальная схема контроллера приведена на рис.20. Она включает следующие узлы:

кварцевый генератор на элементах D1.A, D1.B, D1.D, Z1, R1 и R2 вырабатывает входную частоту 8.86МГц для предварительного делителя частоты;

предварительный делитель частоты на элементах D3…D6 и D1.C делит частоту кварцевого генератора на коэффициент, задаваемый перемычками на входах данных счетчиков. Перерезанная перемычка означает 0, а целая – 1. Коэффициент деления делителя частоты равен двоичному числу, набранному перемычками плюс единица, т.е. может изменяться от 2 до 65536, что соответствует выходной (опорной) частоте от 4.43МГц до 135.2Гц;

сигнал CR с предварительного делителя поступает на основной делитель частоты D7…D10, D13.C. Коэффициент деления основного делителя задается кодом на входах контроллера D00…D15. Коэффициент деления вычисляется по формуле 65536-K, где K – код на входах контроллера. Поскольку модуль RIO 7042/43 выдает инверсный код, то коэффициент деления можно вычислять по формуле: Кд=1+Км, где Км – код, переданный модулю. При использовании модуля RIO 7042 разряды D13…D15 остаются незадействованными, т.е. на них поданы 1;

узел формирования фаз D14 обеспечивает чередование уровней на выходах фаз в соответствии с логикой работы двигателя: 1+2; 2+3; 3+4; 1+4;

узел отключения тока D11, D12, D13 обеспечивает отключение тока фазных обмоток при коде на входе контроллера, состоящем из всех единиц (нулевой код, переданный модулю). При этом на выходе элемента D13.A устанавливается нулевой уровень, который поступает на R и S входы триггеров формирователя фаз, в результате чего все выходы триггеров переходят в состояние 1. Одновременно блокируется работа основного делителя частоты, что позволяет сократить время ожидания перехода к другому периоду вращения;

генератор импульсов форсирования на одновибраторе D15 вырабатывает в момент шага двигателя импульс форсирования для управления ключом на транзисторе;

элементы развязки на оптронах D16…D20 обеспечивают гальваническую развязку цепей управления силовыми ключами от основной схемы контроллера, что обеспечивает лучшую защищенность цепей передачи данных от помех со стороны силовых цепей;

ключи фазных обмоток двигателя на транзисторах VT1…VT4 в открытом состоянии соединяют выводы фазных обмоток с общим отрицательным выводом силового источника питания;

ключ форсирования, управляемый через оптрон D20, в открытом состоянии подключает общий провод фазных обмоток двигателя к выводу +30В силового источника. При выключенном форсировании этот провод подключен через диод к выводу источника +15В;

выпрямитель питания на мосте VDS1 с конденсатором фильтра С2 вырабатывает напряжение +16В для питания модуля RIO 7042/43 и стабилизатора питания логики контроллера;

стабилизатор напряжения +5В на микросхеме D2 типа КР142ЕН5А с конденсатором фильтра С3 вырабатывает напряжение для питания логики схемы контроллера;

стабилитроны VD1 и VD2 защищают цепь обмена данными интерфейса RS-485 от перенапряжений.

Устройство управления шаговым двигателем смонтировано в монтажном шкафу Conceptline фирмы Hoffman. На внутренней монтажной панели шкафа размещены следующие компоненты:

трансформатор питания;

конденсаторы фильтра силового источника питания;

управляющий модуль RIO7042;

контактные колодки для подключения силовых и управляющих цепей, а также цепи питания ~220В;

держатели предохранителей сетевого питания;

вентилятор охлаждения;

радиатор охлаждения силовых элементов, представляющий собой алюминиевую пластину толщиной 6мм, на которой смонтированы диоды выпрямителя силового питания VD1…VD4, проходной диод VD5, ключевой транзистор VT1, транзисторы ключей фаз двигателя, микросхема стабилизатора +5В. Все элементы, кроме микросхемы стабилизатора изолированы от радиатора с помощью слюды. Радиатор электрически связан с корпусом шкафа и с общим проводом логики контроллера и модуля RIO7042/43. Плата контроллера закреплена на радиаторе четырьмя стойками.

Элементы внешних соединений и управления контроллера смонтированы на крышке окна шкафа:

разъем для подключения кабеля шагового двигателя;

разъем для подключения кабеля интерфейса RS-485;

кнопка включения максимальной скорости вращения двигателя в режиме остановки;

проходной уплотнитель кабеля питания ~220В.

Шаговый двигатель Ш-2.65.50-01 подключается к силовому разъему устройства управления 5-жильным кабелем сечением жил не менее 1.5мм^2. Распайка разъема указана в таблице 5. Если кабель имеет большее количество жил, то цепь общего провода рекомендуется дублировать.

Таблица 5

Номера контактов	Цепь двигателя
1,2	Фаза С3
6,7	Фаза С2
8,9	Фаза С4
13,14	Фаза С1
3,4,5,10,11,12	Общий С5

Интерфейс RS-485 подключается к разъему устройства с помощью трехжильного кабеля (см. таблицу 6):

Таблица 6

Номер контакта	Цепь интерфейса
1	Свободен
2	Общий (земля)
3	Данные +
4	Данные –

При подключении разъема устройство должно быть отключено от сети 220 В.

После подключения разъемов можно начинать работу с устройством:

включить устройство в сеть ~220В. После этого должен гореть светодиод на панели модуля RIO;

настроить модуль RIO7042/43 в соответствии с инструкцией модуля;

при передаче данных модулю рекомендуется использовать команду установки всех каналов модуля: @AAdata, где AA – адрес модуля, data – данные в виде четырехразрядного шестнадцатеричного числа. Если передать в качестве данных 0, то устройство переходит в режим отключения тока. Обычно это состояние устанавливается сразу при включении питания устройства, если в модуле не запрограммирован другой безопасный код. Если в этом состоянии

нажать кнопку на устройстве, то двигатель включится, и будет вращаться с максимальной скоростью (период вращения задвижки 20сек), пока будет нажата кнопка. Это делается для того, чтобы быстро установить исходное положение задвижки. Для включения вращения задвижки с заданным периодом в качестве данных передается К=Т(сек)/10–1. Для предотвращения ошибок управляющая программа должна обеспечивать попадание передаваемых данных в диапазон 0…8191 для модуля RIO7042 и в диапазон 0…65535 для модуля RIO7043;

при переключении периода вращения, если ранее был установлен длинный период, может иметь место значительная задержка переключения, поскольку новое значение периода записывается только при выполнении шага двигателя. Чтобы этого избежать, можно переключить двигатель в режим отключения тока передачей нулевого кода, а затем задать нужный период;

если предполагается использование устройства для управления двигателем с другим редуктором или вообще без редуктора, то нужно вычислить и установить другой коэффициент деления предварительного делителя частоты, учитывая, что шаговый двигатель делает 136 шагов на 1 оборот. Например, чтобы установить минимальный период вращения двигателя в 1 секунду нужно задать опорную частоту 272Гц, т.е. коэффициент деления предварительного делителя К=8860000/272–1. В этом случае период вращения задается передачей кода модулю: Км=2*Т(сек)–1. Изменение коэффициента деления предварительного делителя производится перерезанием и пайкой перемычек между общим проводом и входами данных счетчиков. Младший разряд кода соответствует перемычке, соединенной с выводом 3 микросхемы D3, а самый старший – с выводом 6 микросхемы D6. Целая перемычка соответствует логической единице в соответствующем разряде кода, а перерезанная – нулю.

РАЗДЕЛ 3 КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ И ДАТЧИКИ

В состав контрольно-измерительных приборов (КИП) программно-аппаратных комплексов входят дистанционные электронные манометры, уровнемеры и расходомеры устьевого и глубинного исполнения, выпускаемые промышленностью серийно, а также разработанные и изготовленные на кафедре радиоэлектроники Казанского госуниверситета.

3.1 Манометры и уровнемеры

Измерение устьевого давления на возмущающей скважине обычно осуществляется на отводе затрубного пространства. Это позволяет избежать ошибок, связанных с сопротивлением, оказываемым потоку жидкости НКТ. К сожалению, НКТ не всегда бывают опущены до уровня забоя, и в этом случае сопротивление будет давать ошибки в измерении давления.

Использование глубинных манометров или уровнемеров позволяет избежать ошибок, связанных с влиянием окружающей температуры, сопротивлением потоку, а также без дополнительной подготовки работать на скважинах без избыточного давления на устье. В то же время это требует б*о*льших материальных затрат и решения дополнительных проблем, связанных с конструкцией скважин, поэтому решение приходится принимать в соответствии с конкретными условиями. На скважинах, оборудованных штанговыми насосами, возможен спуск глубинных приборов только в затрубное пространство, но это не всегда предусмотрено конструкцией колонной головки. К тому же такой спуск связан с риском застревания и потери прибора. Более надежен подход с установкой прибора на конец НКТ под насосом при ремонте скважины. В этом случае для связи с манометром должен использоваться прочный кабель, который выдерживает механические

воздействия при спуске труб в скважину. Кроме того, используемый прибор должен быть рассчитан на длительное пребывание в условиях пластового давления – до 300 – 500 суток (межремонтный период работы скважин).

В настоящее время выпускается много различных приборов для измерения давления, основанных на различных принципах действия. Большинство из них основано на использовании некоторого упругого элемента, деформируемого под действием давления, и датчика перемещения различных принципов действия. В манометрах ПДВ и ПДВТ производства Краснодарского завода «Тензоприбор» [6] используется мембрана и датчик перемещения – струна (вибростержень), изменяющая собственную частоту колебаний при растяжении. Наиболее популярны в настоящее время приборы с использованием тензорезистивных датчиков, в которых также используется упругая мембрана. Тензорезистивный мост вырабатывает дифференциальное напряжение, пропорциональное давлению, которое затем преобразуется в сигнал, удобный для измерения. Обычно это сигнал тока 0…20 или 4…20 мА. Такой сигнал можно передать без искажения на расстояние до нескольких десятков метров. В большинстве приборов мембрана и датчик меняют свои свойства при изменении температуры, поэтому для достижения высокой точности измерений требуется их термостатирование или термокомпенсация. Многие современные приборы имеют цифровой выход, поэтому их можно непосредственно задействовать в сети измерений. Например, цифровые датчики давления с интерфейсом RS-232 выпускает фирма Crystal Engineering [7]. К сожалению, существует много стандартов для интерфейсов и протоколов обмена с такими дистанционными приборами, поэтому нужно изучать конкретную реализацию протокола для принятия решения об использовании прибора с цифровым выходом в разрабатываемом комплексе, либо подключать их к собственному вторичному прибору и сопрягать его со средствами дистанционного контроля комплекса. Такое решение, естественно, увеличивает затраты на создание комплекса. Возможно также подключение таких датчиков

к контроллеру, используемому для регистрации данных, для соответствующего преобразования протокола обмена. Таким образом, с точки зрения оптимизации затрат, наиболее приемлемым вариантом для измерения на устье скважин может быть использование термокомпенсированных датчиков давления с токовым выходом и обслуживание их с помощью средств дистанционного контроля комплекса. В качестве примера можно привести датчики давления Зонд-10-ИД НПП «Гидрогазприбор» [8], которые использовались в разработках и экспериментах кафедры радиоэлектроники КГУ. На выходе этих приборов в измеряемом диапазоне давлений изменяется ток от 4 до 20 мА. Это делает возможным контроль обрыва цепи датчика.

Глубинные датчики могут быть различной конструкции, но обычно используют либо частотно-кодированный сигнал, либо цифровой обмен. Датчик давления фирмы Sondex [9] использует эффект изменения частоты кварцевого резонатора в зависимости от давления. В настоящее время производятся также автономные цифровые датчики, которые измеряют давление и записывают данные во встроенную память. Впоследствии данные могут быть считаны. Такой прибор позволяет проводить замер без использования на промысле регистрирующей аппаратуры, а в скважину его можно опускать на любом тросе. Пример – глубинный манометр Микон-107 производства ООО «Микон» [10]. Часто в глубинных приборах совмещают несколько датчиков, например прибор ГС-АМТС включает датчики давления, температуры и влажности [11]. Подобные приборы выпускаются также многими зарубежными фирмами, например JPIM [12]. Существенный недостаток использования автономных датчиков в том, что убедиться в успешности замера можно только после его окончания и извлечения прибора. При длительном эксперименте это может привести к неоправданным потерям.

Измерение уровня жидкости в скважине используется взамен измерения избыточного давления на устье скважины в случае его отсутствия или наличия газа. В качестве уровнемеров могут использоваться погружные

высокочувствительные манометры, опущенные в скважину ниже уровня жидкости. Пример – уровнемер ПКДУ-2 [13] предназначен для измерения уровня жидкости в динамическом диапазоне от 0 до 30 м. Диапазон прибора выбирается исходя из ожидаемого изменения уровня, в процессе замера может потребоваться замена манометра или изменение его положения в скважине, что увеличивает трудоемкость эксперимента. Более перспективно использование акустических уровнемеров (эхолотов). Такие приборы регистрируют эхограмму после возбуждения в стволе скважины импульсной низкочастотной звуковой волны с помощью хлопушек различной конструкции. Сигнал эхограммы обычно довольно сложен – регистрируются отражения звука от различных элементов конструкции скважины: стыков НКТ, дефектов внутренней поверхности колонны и т.п. В некоторых приборах требуется предварительная настройка: оператор наблюдает вид эхограммы и выбирает на ней отражение, которое является отражением от уровня жидкости. Современные устройства делают это автоматически. Одновременно прибор измеряет давление газа и делает соответствующие поправки при расчете уровня по известной зависимости скорости звука от давления. Некоторые исследования по этой теме приводятся в статьях сотрудников компании СИАМ [14, 15, 16, 17]. Пример продукции – уровнемеры «СУДОС-мини 2» и «СУДОС-автомат 2» компании СИАМ [18]. Приборы оснащены встроенной памятью, позволяющей выполнять автоматическую регистрацию изменения уровня жидкости в скважине в зависимости от времени.

3.2 Расходомеры

На протяжении многих лет для измерения расхода скважинной жидкости применялись турбинные расходомеры. Использовались как механические счетчики с непосредственным приводом от турбинки, так и датчики с электромагнитным съемом сигнала расхода. Пример последних – расходомер

«Турбоквант» венгерского производства выпускался с большим диапазоном диаметров потока, что позволяло использовать его в различных диапазонах измерения. Эти приборы очень просты, дешевы, достаточно точны и надежны в пределах допустимых для них режимов эксплуатации. В настоящее время подобные приборы выпускаются многими фирмами, например ЗАО «Промприбор сервис» [19]. Турбинные расходомеры быстро выходят из строя при перегрузке или от абразивного мусора. Кроме того, поскольку эти датчики предназначены для измерения объемного расхода, они дают ошибки при применении на скважинах с большой долей попутного газа. Для использования на скважинах с большим значением газового фактора наиболее оптимальны т.н. счетчики количества жидкости (СКЖ), которые измеряют не объем, а массу протекающей через них жидкости. Основой этих приборов является перекидное устройство с накопителями, которые поочередно наполняются жидкостью. При достижении определенного веса жидкости устройство опрокидывается и начинает заполняться второй накопитель. Расход жидкости вычисляется по периоду опрокидываний. Датчиком опрокидывания служит герметизированный контакт, управляемый магнитом, закрепленным на перекидном устройстве. Период сигнала обычно составляет десятки секунд. Пример – продукция компании НПО «НТЭС» [20]. Счетчики СКЖ не могут работать при отсутствии в продукции достаточного количества газа. Значение расхода жидкости связано с периодом опрокидываний достаточно сложной формулой. Массовый расход жидкости измеряют также расходомеры с использованием силы кориолиса, т.е. центробежной силы, возникающей при повороте потока. Пример – продукция фирмы Rheonik [21]. Для измерения расхода закачиваемой воды в настоящее время чаще всего используются ультразвуковые и вихревые расходомеры (например, счетчик воды ультразвуковой СВУ [22]), которые устойчивы к перегрузкам по диапазону. Также могут использоваться электромагнитные расходомеры, в которых измеряется ЭДС, индуцируемая в потоке жидкости, пересекающем магнитное поле [23]. Примеры продукции: расходомер-счетчик

модели ADMAG AXF фирмы «Эталон Прибор» [24] и приборы АР1017/Р - АР1018/Р итальянской фирмы «Automation Progetti» [25].

Большинство датчиков расхода, независимо от метода измерения, имеют собственный вторичный прибор, который управляет измерениями, вычисляет, показывает и ведет учет протекающей жидкости. Для подключения к другим средствам регистрации этот прибор вырабатывает импульсный сигнал, частота которого пропорциональна расходу и изменяется обычно в пределах от десятых долей до сотен герц. Может также выводиться и стандартный аналоговый сигнал, пропорциональный расходу, обычно ток 4-20 мА.

Таким образом, для измерения расхода жидкости в гидродинамических экспериментах могут использоваться различные приборы, в зависимости от условий применения. Комплекс должен иметь соответствующие интерфейсы для подключения датчиков разных типов.

3.3 КИП для «АСКУ–ВП», «АСК-1» и «АСК-2»

В таблице 7 приводятся характеристики манометров, которые использовались для проведения промысловых экспериментов сотрудниками кафедры радиоэлектроники КГУ.

Дистанционные манометры *Таблица 7*

Тип	Марка	Верхний предел изм., МПа	Класс точн.	Температурн. диапазон, ºС
Устьевой	ДЭУМ, разработка КГУ	6.0 16.0	0.25 0.25	0-40 0-40
Устьевой	ПДВТ-5 ПДВТ-20	5.0 20.0	0.25;0.5 0.25;0.5	-40-+40 -40-+40
Устьевой	Зонд-10-ИД	10.0	0.1; 0.25	-30-+50
Уровнемер	Разработка	0.5	1.0	0-+50

Глубинный	КГУ	30.0	1.0	0-+70
Глубинный	МГД-32	40.0	1.0	0-+100

Для измерения расхода жидкости на устье скважины использовались турбинные расходомеры «Турбоквант» Венгерского производства с различным проходным сечением. Для повышения чувствительности и увеличения прочности серийные приборы дорабатывались: ось вращения турбинки была установлена в корундовые подпятники. Индукционный датчик вращения турбинки вырабатывает сигнал, частота которого в широких пределах пропорциональна измеряемому расходу. Этот сигнал после усиления передается на частотомер. В глубинных расходомерах, разработанных сотрудниками кафедры, в качестве датчика также использовалась ненагруженная турбинка. В таблице 1.2 приводятся характеристики использованных расходомеров.

Дистанционные дебитомеры-расходомеры *Таблица 8*

Тип	Марка, изготовитель	Пределы измерения, $м^3$/сут	Погрешность, %
Устьевой	“Турбоквант” (Венгрия)	0.8-8.0(Ø18мм) 1.6-16.0(Ø25мм)	±0.5 ±0.5
Глубинный	Разр-ка КГУ	2.0-20.0	±3.0
Глубинный	“Кобра Р ” (СССР)	0.2-33.0	±4.0

3.4 Дистанционный электронный устьевой манометр

Манометр предназначен для работы в составе измерительного комплекса для измерения давления на устье скважины в круглосуточном и круглогодичном режиме, что обеспечивается термостатированием датчика и схемы. Питание манометра и съем выходного сигнала для измерения внешним частотомером производится по одножильному кабелю (второй контакт питания идет по земле). Для выделения сигнала используется дроссель индуктивностью не менее 10 мГ, включенный последовательно с источником питания. Кроме того, имеются контакты интерфейса RS-485 модуля ADAM-4080 (будет описан ниже), а также вход второго канала частотомера модуля ADAM, что позволяет подключать к прибору другой датчик, например, датчик расхода. Посредством программирования модуля ADAM возможно переключение максимального тока нагревателя, что позволяет дистанционно регулировать работу термостата для ускорения прогрева или экономии электроэнергии. Этот параметр также может переключаться вручную с помощью тумблера. В качестве датчика используется струнный манометр типа ПДВ или ПДВТ. Блок-схема прибора показана на рис.21.

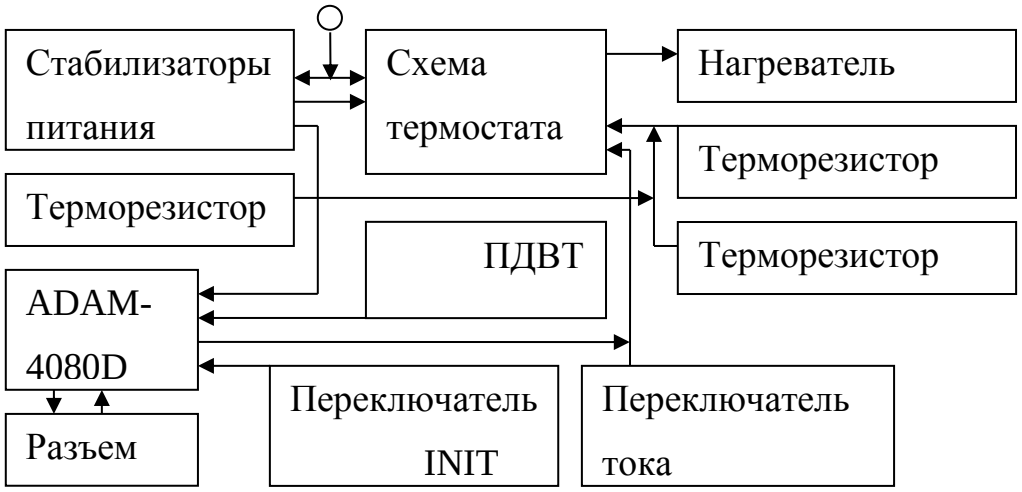

Рис. 21. Блок-схема дистанционного манометра

Параметры манометра и его термостата:

рабочий диапазон температур при напряжении питания >40 В

–40...+40°С

температура термостата +50±3°С

напряжение источника питания +30...+60 В

время прогрева до рабочей температуры при t°=+20°С при напряжении питания >40 В <3 час

максимальный потребляемый ток в нормальном режиме 280 мА

в экономном режиме 180 мА

без модуля ADAM 210...120 мА

точность поддержания температуры в диапазоне -15...+20°С <1°С

диапазон частот выходного сигнала 7…12 кГц

амплитуда выходного сигнала на дросселе 20 мГ >2 В

присоединительная резьба М20×1

габаритные размеры 160×160×350

В экономном режиме нагревателя нижняя граница температуры повышается на 15°С, время прогрева увеличивается вдвое.

Схема включает в себя 4 основных конструктивных модуля: платы стабилизаторов питания, платы термостатирования, модуля ADAM и датчика давления ПДВТ. Внешний интерфейс включает в себя 2 переключателя, с помощью которых осуществляется управление током термостата и сбросом начальных установок модуля ADAM. Кроме этого клемму питания, через которую подключается источник питания и снимается измеряемый частотно-кодированный сигнал, а также разъем внешних соединений, предназначенный для подключения к сети RS-485 модуля ADAM-4080, а также для подключения к его второму входу другого сигнала.

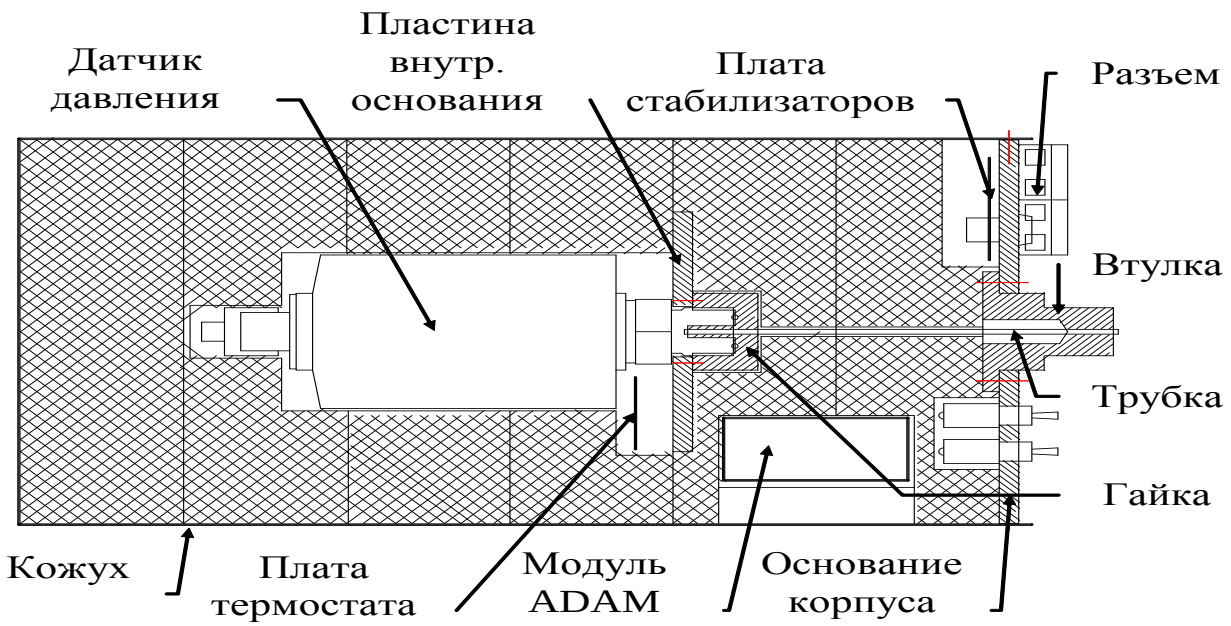

Рис. 22. Конструкция датчика давления

Стабилизаторы питания вырабатывают напряжения +12В для питания датчика давления и схемы термостата и +24В для питания модуля ADAM. Схема термостата с помощью терморезисторов контролирует среднюю температуру в 3 точках: около нагревателя, на корпусе датчика давления и на внешнем корпусе манометра и управляет нагревателем для стабилизации температуры датчика.

Конструктивно (рис.22.) прибор включает в себя:

основание корпуса из алюминиевого сплава, на котором смонтированы все элементы управления и присоединительные контактные колодки, а также плата стабилизаторов;

кожух из листового алюминия толщиной 1 мм, герметизированный по швам для защиты от осадков;

резьбовая втулка для присоединения к измеряемому объекту;

соединительная трубка, из нержавеющей стали диаметром 2 мм, служащая для передачи давления к датчику и для теплоизоляции. Соединена с гайкой и втулкой посредством пайки;

гайка для присоединения датчика давления;

пластина внутреннего основания, на которой закреплена плата термостата и нагревающий транзистор;

теплоизоляция термостата выполнена из листового пенопласта толщиной 50 мм. 2 слоя между основанием корпуса и пластиной изготовлены из плотного пенопласта, а остальные слои - из обычного мягкого пенопласта. 2 нижних слоя пенопласта разрезаны пополам в плоскости, параллельной плоскости рисунка, для обеспечения возможности разборки прибора.

Таким образом, разработанный датчик позволяет выполнять измерение устьевого давления скважины и преобразовывать его для регистрации, как с помощью внешнего частотомера, так и встроенным модулем ADAM-4080.

3.5 Паспортные характеристики КИП

1. Пределы измерения прибора-значения измеряемой величины, которые соответствуют началу шкалы (нижний предел) и концу шкалы (верхний предел) прибора.

Пример: 0-60 кГс/см^2; 0,8-8,0м^3/ч («Турбоквант», Ø18мм).

2. Класс точности прибора – величина, характеризующая предел допускаемой Госстандартом приведённой погрешности прибора (%) от верхнего предела измерений.

Пример: «0,1» $\frac{0{,}1\% * 60 кГс/см^2}{100\%} = \pm 0{,}06 кГс/см^2$

3. Чувствительность измерительного прибора (разрешающая способность) – отношение изменения выходной величины прибора к изменению значения измеряемой величины, вызвавшей это изменение.

Пример: « Δf/ΔP» $(\frac{Гц}{кгс/см^2})$.

4. Порог чувствительности измерительного прибора – наименьшее изменение значения измеряемой величины, способное вызвать изменение показаний измерительного прибора.

Пример: **0,8**-8,0 $м^3$/ч

5. Постоянная прибора – величина, на которую должен быть умножен результат измерения, чтобы получилось действительное значение измеряемой величины.

Пример: $P = A_1 + A_2 * J$

6. Допустимая перегрузка – отношение кратковременного превышения измеряемой величины к величине верхнего предела измерений (%).

Пример: « 25%»

7. Основная погрешность измерения прибора определяется по формуле $\Delta = A - A_q / A_м$, где А – показание поверяемого прибора в единицах измеряемой величины, A_q – показание образцового прибора, $A_м$ – верхний предел измерения поверяемого прибора. Прибор годен, если основная погрешность не выходит за пределы класса точности прибора.

8. Дополнительная погрешность измерения прибора.

Пример: температурная зависимость от температуры окружающего воздуха. «Зонд-10-ИД-В» 0,05% на каждые 10°С.

9. Калибровка приборов – операция по сравнению мер и показаний **технических** измерительных приборов с **образцовыми** мерами и измерительными приборами. Как правило, класс точности образцовых приборов должен быть на порядок и выше класса точности поверяемых приборов.

Пример: Образцовый грузо-поршневой манометр имеет класс точности 0,05.

10. Рабочий диапазон температур окружающей среды.

Пример: «ПДВ»------- -40°С-+40°С; « Зонд-10-ИД-В»---------- -40°С-+70°С.

РАЗДЕЛ 4 ПРИМЕРЫ ПРОМЫСЛОВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

4.1 Межскважинное гидропрослушивание пласта

Данные, получаемые в экспериментах, проводимых с помощью комплекса АСКУ ВП, обрабатываются с помощью комплекса программ АРМ инженера-исследователя[26]. Для демонстрации взяты результаты промыслового эксперимента, проведенного на экспериментальном участке Центрально-Азнакаевской площади в июне-июле 1998 года. В период с 1998 г. по 2005г. на этом участке была реализована технология оптимальной выработки нефтяного пласта (ОВПН), разработанная и предложенная учёными КГУ. Схема расположения скважин и разводка информационных кабелей всего экспериментального участка приведена на рис.23.

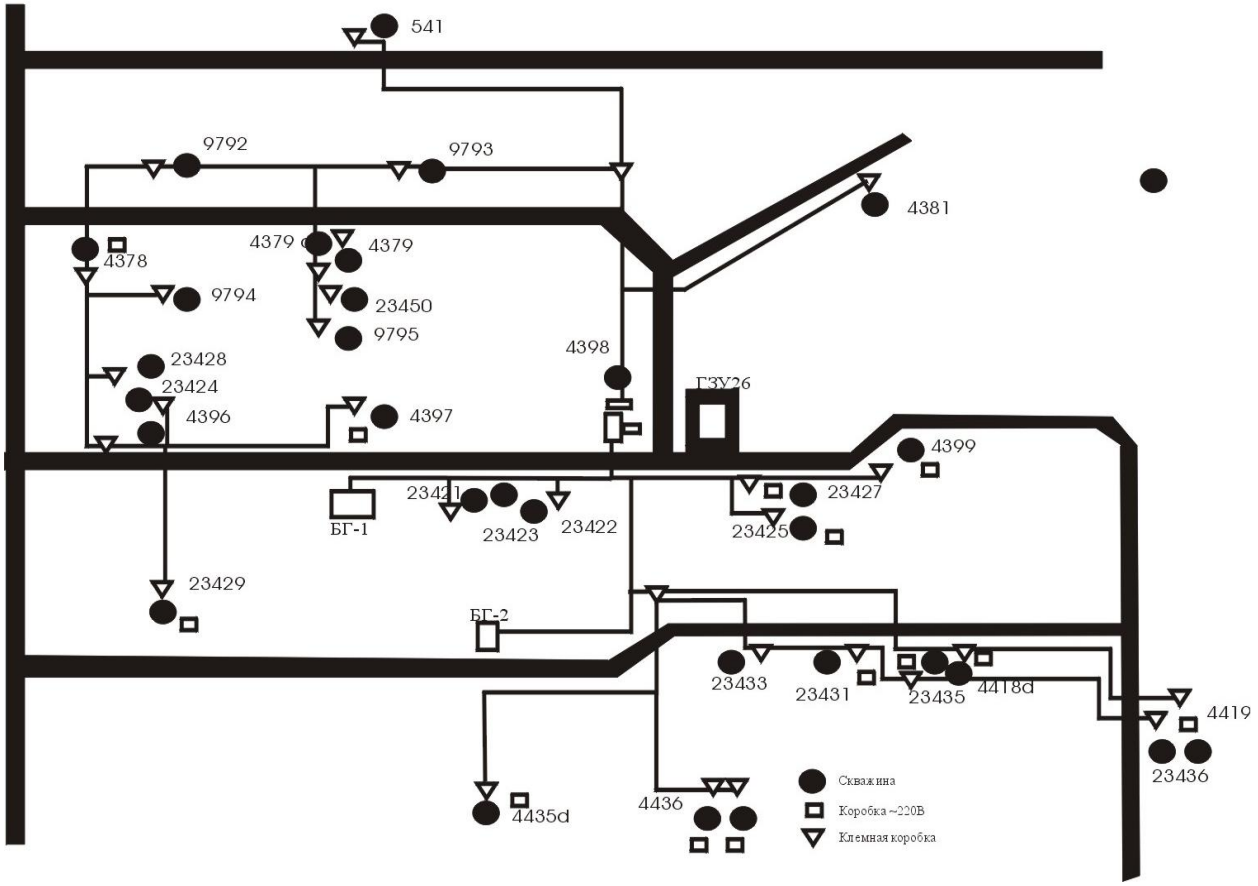

Рис.23. Схема расположения скважин и разводка информационных кабелей

На рис. 24 показан фрагмент схемы расположения объектов эксперимента с обозначением расстояния между забоями скважин, участвующих в эксперименте.

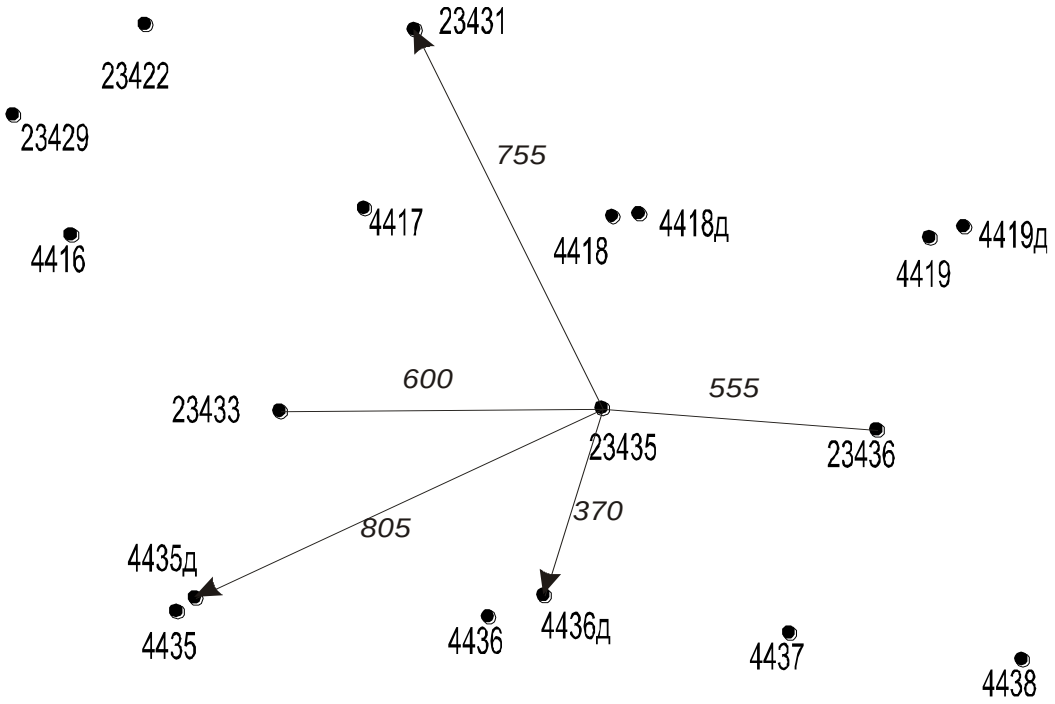

Рис.24. Расположение объектов эксперимента Центрально-Азнакаевской площади

Условия эксперимента:

задающая скважина нагнетательная 23435, измеряется дебит на НКТ и давление на затрубье;

режим воздействия – нагнетание-простой;

период воздействия 2 суток;

принимающие скважины: 4436д, 23436, 23433, 23431, 4435д, измеряется давление на устье скважины в затрубном пространстве.

На рис.25 показаны зарегистрированные исходные данные для выбранных каналов.

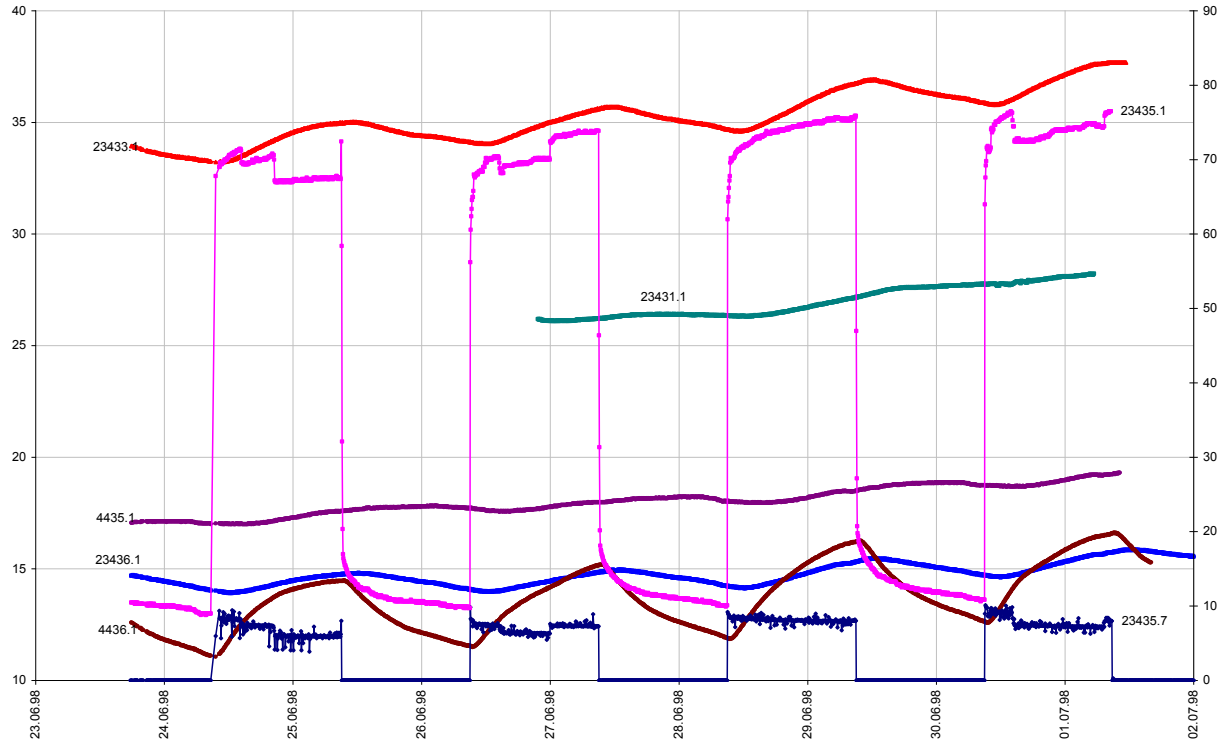

Рис.25. Исходные данные эксперимента по зондированию межскважинных интервалов. Давления в атмосферах, дебит в л/сек. Шкала для дебита и давления задающей скважины справа

4.2 Самопрослушивание системы «пласт-скважина»

Большая часть экспериментов по самопрослушиванию проводилась на опытном участке Центрально-Азнакаевской площади на скважинах №4379а, 23421, 23422, 23423, 23424, 23428 в режимах нагнетания с различной постоянной составляющей потока [27]. Для создания колебаний потока использовалось устройство управления потоком с приводом от шагового двигателя, управляемого блоком управления в составе комплекса «АСК-2». Расход жидкости измерялся расходомером «Турбоквант» с диаметром трубы 37 мм, а давление регистрировалось на затрубье скважины с помощью дистанционных манометров ДЭУМ. На рис. 26 приведены общие графики

исходных данных эксперимента, проведенного на скважине 23421 на 12 периодах воздействия от 52.сек. до 612 сек.

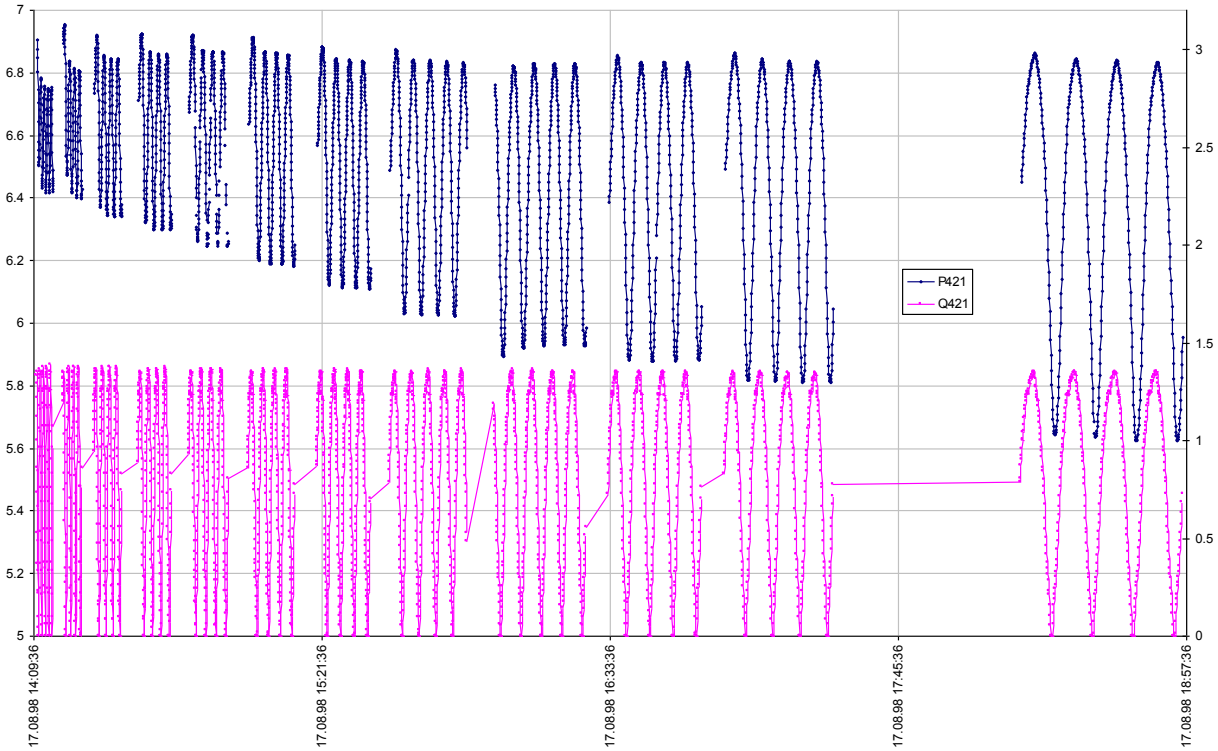

Рис. 26. Исходные данные самопрослушивания скв.23421. Давление в МПа (шкала слева), дебит в литрах в секунду (шкала справа)

ЛИТЕРАТУРА

1. Лыков А.В. Теория теплопроводности / А.В. Лыков/ М.: Высшая школа, 1967. 600с.
2. Бузинов С.Н. Гидродинамические методы исследования скважин и пластов / С.Н. Бузинов, И.Д.Умрихин/ М.: Недра, 1973. 248с
3. Овчинников М.Н. Метод фильтрационных волн давления как средство исследования нефтяных месторождений / М.Н. Овчинников, Г.Г. Куштанова, А.Г. Гаврилов, В.Л. Одиванов // Казань. Изд-во КГУ. 2008. 148с.
4. Одиванов В.Л. Исследования пластов методом фильтрационных волн давления с использованием автоматизированных систем управления экспериментом / В.Л. Одиванов, М.Н. Овчинников, А.Г. Гаврилов // Казань: Изд-во КГУ. 2009. 140с.
5. Одиванов В.Л. Специфика задач автоматизации гидродинамических исследований на нефтяных месторождениях / В.Л. Одиванов, М.Н. Овчинников, А.Г. Гаврилов // Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности. 2009. №1. С.9–23.
6. ООО "Корсо-Юг" [Электронный ресурс] / Режим доступа: http://www.korso.ru/.
7. Crystal Engineering Corporation | Welcome! [Электронный ресурс] / Режим доступа: http://www.crystalengineering.net/.
8. Датчик давления ЗОНД–10–ИД–В–1190 [Электронный ресурс] / Режим доступа: http://www.ggp.ru/converters-overpressure/zond-10-id-1190.html.
9. Quartz Pressure Single Sensor [Электронный ресурс] / Режим доступа: http://www.sondex.com/products/wireline/cased_hole/production_logging/W_PL_Quartz_Pressure_Single_Sensor_QPS.php.
10. Продукция – МИКОН-107 – ООО «Микон» [Электронный ресурс] / Режим доступа: http://www.mikon.ru/107/.

11. СТК ГЕОСТАР – Продукция – Манометр глубинный ГС–АМТС – Описание [Электронный ресурс] / Режим доступа: http://www.gstar.ru/manometer.shtml.

12. High-pressure Well Testing Instruments [Электронный ресурс] / Режим доступа: http://www.hbjpim.com/en/product.php?id=11.

13. ПКДУ-2 ТД Автоматика. КИПиА. Уровнемер ПКДУ-2 (Скважинный) [Электронный ресурс] / Режим доступа: http://tdautomatika.ru/i_pkdu2.htm.

14. Пугачев Е.В. Определение уровня жидкости и скорости звука в затрубном пространстве добывающей скважины / Е.В. Пугачев, Г.П. Налимов, П.О. Гаус // Нефтяное хозяйство. 2003. №2. С.50-52.

15. Налимов Г.П. Оборудование и технология контроля уровня жидкости для исследования скважин / Г.П. Налимов, П.О. Гаус, В.Е. Семенчук, Е.В. Пугачев // Нефтяное хозяйство. 2004. №4.

16. Силкина Т.Н. Повышение точности определения уровня жидкости в нефтяных скважинах / Т.Н. Силкина, В.П. Бормашов, П.О. Гаус // Нефтяное хозяйство. 2005. №3.

17. Перовский К.В. Повышение точности акустических замеров уровня жидкости в скважинах с использованием корреляционных зависимостей скорости звука / К.В. Перовский, Т.Н. Силкина, Е.И. Марунченко, А.А. Воронков // Нефтяное хозяйство. 2008. №4. С.58–60.

18. Уровнемеры: Продукция и сервисные услуги. [Электронный ресурс] /Режим доступа: http://www.siamoil.ru/ru/products/catalog/level_meters/.

19. ЗАО ТПА ПРОМПРИБОР СЕРВИС ПРОДУКЦИЯ | Расходомеры | Турбинные расходомеры жидкости ПТФ [Электронный ресурс] / Режим доступа: http://www.pp-s.ru/index.php?go=Pages&in=view&id=452.

20. Счетчик жидкости «СКЖ»-Продукция-НПО«НТЭС» [Электронный ресурс] / Режим доступа: http://www.nponts.ru/produce/skg/.

21. Rheonik – the mass flowmeter experts – Products [Электронный ресурс] / Режим доступа: http://www.rheonik.com/338–~englisch~Products~Products.html.

22. Счетчик вихревой СВУ • Приборная продукция • РС Технологии [Электронный ресурс] / Режим доступа: http://www.rstechnology.ru/goods/sv%5Fsvu.

23. Расходомеры и счетчики количества /Кремлевский П.П. Л.: Машиностроение, 1989. 701с., С.408–440.

24. Измерение расхода [Электронный ресурс] / Режим доступа: http://www.etalon-chel.ru/device/expense/expense_54.html.

25. ELECTROMAGNETIC FLOWMETER SPECIFIC FOR APPLICATIONS IN HYDRAULIC TRAPS AP1017/P - AP1018/P HI-TECH version [Электронный ресурс] / Режим доступа: http://www.automationprogetti.it/DocPdf%20E/AP1017-8P%20–%20B296%20E.pdf.

26. Одиванов В.Л. Специфика и средства обработки данных исследований нефтяных пластов методом фильтрационных волн давления / В.Л. Одиванов, М.Н. Овчинников, А.Г. Гаврилов // Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности. 2009. №10. С. 16–23.

27. Одиванов В.Л. Программно-аппаратный комплекс для автоматизации гидродинамических исследований призабойной зоны скважин / В.Л. Одиванов, А.Г. Гаврилов, А.В. Штанин // Приборы. 2008. №6. С.43–46.