

Министерство образования и науки Российской Федерации
КАЗАНСКИЙ (ПРИВОЛЖСКИЙ) ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ИНСТИТУТ ФИЗИКИ

КАФЕДРА РАДИОЛЕКТРОНИКИ

Направление: 03.03.03 – Радиофизика

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

(Бакалаврская работа)

**МОБИЛЬНЫЙ ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ
ГИДРОПРОСЛУШИВАНИЯ ПЛАСТОВ И СКВАЖИН МЕТОДОМ
ФИЛЬТРАЦИОННЫХ ВОЛН ДАВЛЕНИЯ**

Работа завершена:

“ ___ ” _____ 2016 г. _____ (Р.М. Замалиев)

Работа допущена к защите:

Научный руководитель доцент, к.ф.-м.н.

“ ___ ” _____ 2016 г. _____ (А.Г. Гаврилов)

Заведующий кафедрой док. физ.-мат. наук, профессор

“ ___ ” _____ 2016 г. _____ (М.Н. Овчинников)

Казань – 2016 год

Содержание

Введение.....	4
Глава 1. Математическое описание теории фильтрации.....	6
1.1. Модели фильтрации жидкости.....	6
1.2. Вычисление инженерных формул для классической модели Щелкачева В.Н.....	10
Глава 2. Методика проведения и аппаратура для промысловых гидродинамических исследований.....	14
2.1. Методика проведения промысловых гидродинамических исследований.....	14
2.2. Аппаратура для межскважинного прослушивания.....	16
2.3. Автоматизированный аппаратно-программный комплекс для промысловых гидродинамических исследований «Mobile-1»	22
2.4. Автоматизированный комплекс на основе «АСКУ-ВП» и «Mobile-1».....	24
2.4.1. Контрольно-измерительные приборы.....	25
2.4.2. Интерфейсные модули серии ADAM-4000.....	29
2.4.3. Контроллер сбора данных.....	35
2.4.4. АРМ Оператора.....	35
2.5. Программное обеспечение мобильной измерительной установки.....	37
2.5.1. Сервер регистрации данных и управления.....	38
2.5.2. Программа управления внешними устройствами и регистрацией данных.....	39

2.5.3. Программа графического представления и обработки данных.....	41
2.5.4. Программного обеспечения «Консоль оператора» в составе информационно измерительного комплекса.....	44
Глава 3. Обработка экспериментального участка «Березовская площадь»....	46
3.1. Обработка данных экспериментов.....	46
Заключение.....	53
Литература.....	54
Приложения.....	57
Приложение 1. Список сокращений.....	57

Введение

В условиях жесткой конкуренции и быстро меняющейся ситуации на рынке предприятий нефтегазовой отрасли ключевой областью деятельности, требующей максимально пристального внимания, становится повышение эффективности производств нефтегазовой сферы при помощи внедрения автоматизированных систем. В любой современной отрасли одним из главных вопросов является создание автоматизированных систем управления работой предприятия. На кафедре радиоэлектроники Казанского Федерального Университета (КФУ) в течение многих лет велись, и сейчас ведутся работы по созданию и модернизации средств автоматизации промышленных исследований нефтяных пластов, скважин. Как раз автоматизация производственного процесса помогает увеличить объемы производства, оптимизировать затраты ресурсов и, соответственно, позволяет максимизировать отдачу.

Гидродинамические методы исследования основаны на изучении параметров притока жидкости или газа к скважине при установившихся или при неустановившихся режимах ее работы. Исследования в установившихся режимах предназначены для определения притока жидкости к скважине из пласта или приема скважиной закачиваемой жидкости в зависимости от величины депрессии или же репрессии после длительной работы скважин при постоянных режимах. Депрессия – это перепад давления, то есть оно значительно выше в пласте, чем на стенке скважины. Если наоборот – давление выше на стенке, чем в пласте, то это репрессия. Нестационарные методы позволяют получать гидродинамические характеристики пласта в призабойной зоне и в межскважинных интервалах при изменении режимов эксплуатации.

Актуальность и новизна работы продиктована временем. На современном этапе развития нефтяной промышленности контроль нефтедобычи и разработки нефтяных месторождений стал особенно востребованным. Широкое распространение в промысловых исследованиях пластов и скважин получили нестационарные гидродинамические методы и, в частности, метод фильтрационных волн давления.

Цель дипломной работы: модернизация мобильной измерительной установки для межскважинных гидродинамических исследований на базе существующих «Автоматизированная система контроля и управления выработкой пласта» (АСКУ-ВП) и «Mobile-1», которые были сконструированы учеными кафедры радиоэлектроники КФУ для промысловых исследований скважин и нефтяных пластов.

Для достижения поставленной цели нужно решить следующие задачи:

1. Изучить теорию метода фильтрационных волн давления;
2. Изучить аппаратную и программную составляющие комплексов «АСКУ-ВП» и «Mobile-1»;
3. Создать и апробировать макет мобильной измерительной установки из предложенных комплектующих;
4. Изучить математический аппарат обработки и интерпретацию натуральных экспериментов;
5. Обработать и интерпретировать предложенный экспериментальный материал по Берёзовской площади Ромашкинского нефтяного месторождения.

Глава 1. Математическое описание теории фильтрации

1.1 Модели фильтрации жидкости

Среди гидродинамических методов исследования пористых сред наиболее помехоустойчивым и информативным является метод фильтрационных волн давления (ФВД). Впервые этот метод ФВД для определения фильтрационных параметров пласта предложили Э.Б. Чекалюк, С.Н. Бузинов, И.Д. Умрихин. Метод ФВД позволяет проводить два вида гидродинамических исследований – самопрослушивание и гидропрослушивание.

В самопрослушивании исследуется отклик системы «пласт-скважина» в форме изменения забойного давления на периодическое изменение расхода жидкости, закачиваемой в скважину. На забое исследуемой скважины регистрируются одновременно во времени изменения дебита и давления.

В случае гидропрослушивания применяются данные прохождения ФВД разной частоты в межскважинном пространстве пласта. Периодическое изменение дебита во времени – задается на забое возмущающей скважины, а на реагирующих скважинах, расположенных на заданном сеткой скважин расстоянии от возмущающей, регистрируется изменение пластового давления. Учитывая затухание амплитуды и временные задержки периодического сигнала давления, для каждой из реагирующих скважин рассчитывают фильтрационные параметры выделенного интервала пласта.

Отличие данных методов друг от друга заключается в большой разнице частот возмущающих колебаний. При самопрослушивании используются

периоды от 30 секунд до 30 минут, а в гидропрослушивании период бывает от нескольких часов до нескольких суток.

Из анализа соответствующей данному вопросу литературы известно, что разработкой теории и практики гидродинамических исследований флюидонасыщенных пластов и скважин в разные годы с той или иной степенью интенсивности занимались многие авторы.

Существует множество моделей фильтрации жидкости в пористых средах, описанных Овчинниковым М.Н. [1]: Щелкачева В.Н., Христиановича С.А., Баренблатта Г.И., Молоковича Ю.М. и многих др.

При решении задач в данной работе применяются методы механики сплошных сред. Фильтрация предполагается плоскорадиальной, рассматривается одиночный изотропный пласт, а переменное во времени давление зависит только от пространственной координаты r . Считается, что пласт горизонтальный, бесконечный, с однородным распределением параметров по толщине и разбурен одиночной вертикальной скважиной. Толщина пласта и вязкость жидкости постоянны, так же, как и проницаемость, за исключением случая фильтрации в неоднородных средах. Из семи, рассматриваемых ниже моделей пять – линейные и две нелинейные, среди линейных моделей одна – с неоднородным распределением проницаемости по пласту. Для каждой модели записан закон фильтрации и соответствующее дифференциальное уравнение для давления.

Модель 1. Классическая модель фильтрации - модель Щелкачева В.Н.

Закон фильтрации

$$w(r,t) = -\frac{k}{\mu} \nabla p(r,t), \quad (1)$$

уравнение для давления в случае плоскорадиальной фильтрации

$$\frac{\partial p(r,t)}{\partial t} = \chi \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} r \frac{\partial p(r,t)}{\partial r}, \quad (2)$$

где $w(r,t)$ - скорость фильтрации, k - проницаемость, μ - вязкость, $p(r,t)$ - давление, t - время, χ - пьезопроводность, r - расстояние от скважины.

Модель 2. Фильтрация с конечной скоростью распространения возмущений - модель Христиановича С.А. Отличается от предыдущего случая тем, что описывается уравнением гиперболического типа с конечной скоростью распространения возмущений. Неравновесность закона фильтрации учитывается путем введения времени релаксации τ_q в закон фильтрации

$$w(r,t) + \tau_q \frac{\partial w(r,t)}{\partial t} = -\frac{k}{\mu} \nabla p(r,t), \quad (3)$$

а уравнение для давления в случае плоскорадиальной фильтрации записывается в виде

$$\tau_q \frac{\partial^2 p(r,t)}{\partial t^2} + \frac{\partial p(r,t)}{\partial t} = \chi \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} r \frac{\partial p(r,t)}{\partial r}. \quad (4)$$

Модель 3. Фильтрация в трещиновато-пористых средах – модель Баренблатта Г.И. (в упрощенной постановке). Вводится постоянная времени, характеризующая перетекаемость жидкости между подсистемами - τ_p .

Закон фильтрации:

$$w(r,t) = -\frac{k}{\mu} \nabla \left(p(r,t) + \tau_p \frac{\partial p(r,t)}{\partial t} \right), \quad (5)$$

уравнение для давления в случае плоскорадиальной фильтрации:

$$\frac{\partial p(r,t)}{\partial t} = \chi \frac{\partial}{r \partial r} r \frac{\partial}{\partial r} \left(p(r,t) + \tau_p \frac{\partial p(r,t)}{\partial t} \right). \quad (6)$$

Модель 4. Двухрелаксационная модель Молоковича Ю.М. В ней неравновесные эффекты учитываются законом фильтрации вида

$$w(r,t) + \tau_q \frac{\partial w(r,t)}{\partial t} = -\frac{k}{\mu} \nabla \left(p(r,t) + \tau_p \frac{\partial p(r,t)}{\partial t} \right), \quad (7)$$

что в случае плоскорадиальной фильтрации для давления приводит к дифференциальному уравнению параболического типа с бесконечной скоростью распространения возмущений

$$\tau_q \frac{\partial^2 p(r,t)}{\partial t^2} + \frac{\partial p(r,t)}{\partial t} = \chi \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} r \frac{\partial}{\partial r} \left(p(r,t) + \tau_p \frac{\partial p(r,t)}{\partial t} \right). \quad (8)$$

Модель 5. Фильтрация в неоднородных по проницаемости пластах: $k = k(r)$. Для этого случая закон фильтрации запишется как

$$w(r,t) = -\frac{k(r)}{\mu} \nabla p(r,t). \quad (9)$$

За исключением некоторых частных случаев аналитически решить задачу фильтрации жидкости в неоднородных по проницаемости пластах не представляется возможным. Приходится использовать численные методы решения.

Модель 6. Модель фильтрации неньютоновской вязкопластичной жидкости с введением предельного начального градиента давления- g_0 . Модель Мирзаджанзаде А.Х.

Закон фильтрации:

$$w(r,t) = \begin{cases} -\frac{k}{\mu} \left(\nabla p(r,t) - g_0 \frac{\nabla p}{|\nabla p|} \right), & \nabla p > g_0 \\ 0, & \nabla p \leq g_0 \end{cases}. \quad (10)$$

Модель 7. Модель, учитывающая нелинейные эффекты, связанные с деформацией коллекторов.

Закон фильтрации:

$$w(r,t) = -\frac{k(p)}{\mu} \nabla p(r,t), \quad (11)$$

уравнение для давления в случае плоскорадиальной фильтрации:

$$\frac{\partial p(r,t)}{\partial t} = \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left[r \chi(p) \frac{\partial p(r,t)}{\partial r} \right]. \quad (12)$$

К сожалению, получить аналитические инженерные формулы расчета фильтрационных параметров возможно лишь для классической модели фильтрации, которую мы рассмотрим в следующем пункте. Расчет параметров по другим моделям возможен либо только по формулам, полученным для асимптотик, либо задача решается численными методами на электронной вычислительной машине (ЭВМ), что, на современном этапе развития вычислительной техники не является неразрешимой задачей.

1.2 Вычисление инженерных формул для классической модели Щелкачева В.Н.

Закон фильтрации Дарси:

$$w(r,t) = -\frac{k}{\mu} \nabla p(r,t), \quad (13)$$

Выполняется линеаризованное уравнение неразрывности фильтрационного потока:

$$\operatorname{div} \bar{W} + \beta^* \frac{\partial P}{\partial t} = 0, \quad (14)$$

уравнения состояния для капельно-сжимаемой жидкости и упругой пористой среды имеют вид:

$$\rho = \rho_0 [1 + \beta_{жс} (P - P_0)], \quad (15)$$

$$m = m_0 + \beta_c (P - P_0). \quad (16)$$

В рамках этой модели дифференциальное уравнение относительно давления, описывающее нестационарную плоскорадиальную фильтрацию:

$$\frac{\partial p(r,t)}{\partial t} = \chi \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} r \frac{\partial p(r,t)}{\partial r}, \quad (17)$$

где $w(r,t)$ - скорость фильтрации, k - проницаемость, μ - вязкость, $p(r,t)$ - давление, t - время, χ - пьезопроводность, r - расстояние от скважины.

Для квазистационарного периодического режима фильтрации, когда на забое исследуемой скважины заданы граничные и начальные условия:

$$q(t) = q_0 + \sum_{n=1}^{\infty} (a_n \cos \omega_n t + b_n \sin \omega_n t) = q_0 + \sum_{n=1}^{\infty} q_n \cos(\omega_n t - \delta_n) \quad (18)$$

$$q_0 = \frac{1}{T} \int_0^T q(t) dt, \quad a_n = \frac{2}{T} \int_0^T q(t) \cos \omega_n t dt, \quad b_n = \frac{2}{T} \int_0^T q(t) \sin \omega_n t dt,$$

$$q_n = \sqrt{(a_n^2 + b_n^2)}, \quad \operatorname{tg} \delta_n = b_n / a_n.$$

Решение уравнения (17), описывающее изменение давления в пласте на расстоянии r_* от возмущающей скважины имеет вид:

$$P(r_*, t) = P_r(t) = P_0 - \frac{1}{2\pi\varepsilon} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{q_n}{X_{cn}} \left[\frac{\operatorname{Ker}^2 X_{*n} + \operatorname{Kei}^2 X_{*n}}{\operatorname{Ker}_1^2 X_{cn} + \operatorname{Kei}_1^2 X_{cn}} \right]^{1/2} \cos(\omega_n t - \delta_n - \delta_{*n}) \quad (19)$$

В случае гидропрослушивания применяются данные прохождения ФВД различной частоты в межскважинных интервалах пласта. Периодические колебания дебита $q(t)$ или давления $P_c(t)$, состоящие из одной частоты или набора частот (спектра), задаются на нагнетательной скважине, а на принимающей скважине, которая расположена на некотором расстоянии r_* от нагнетательной скважины, измеряются колебания давления $P_r(t)$ на основной частоте с периодом T или часть спектра с набором частот, дошедших до принимающей скважины. Амплитуда воздействия выбирается из возможности регистрации на принимающей скважине полезного сигнала необходимой частоты (периода), влияние нелинейности сказывается только в призабойной зоне скважины, которая, как правило, обычно составляет незначительную часть интервала. [2,3].

Для классической модели упругого режима расчетные формулы имеют вид:

$$\chi = \omega \frac{r_*^2}{X_{*n}^2}, \quad (20)$$

$$\varepsilon = \frac{q_n}{2\pi P_{*n} X_{cn}} \left(\frac{\operatorname{Ker}_0^2 X_{*n} + \operatorname{Kei}_0^2 X_{*n}}{\operatorname{Ker}_1^2 X_{cn} + \operatorname{Kei}_1^2 X_{cn}} \right)^{\frac{1}{2}}, \quad (21)$$

$$r_c = X_{cn} \sqrt{\frac{\chi}{\omega_n}}. \quad (22)$$

где X_{*n} находится из решения уравнения:

$$\delta_{*n} = \frac{3\pi}{4} + \operatorname{arctg} \frac{\operatorname{Kei}_0 X_{*n} \operatorname{Ker}_1 X_{cn} - \operatorname{Ker}_0 X_{*n} \operatorname{Kei}_1 X_{cn}}{\operatorname{Ker}_1 X_{cn} \operatorname{Ker}_0 X_{*n} + \operatorname{Kei}_1 X_{cn} \operatorname{Kei}_0 X_{*n}}, \quad (23)$$

а X_{cn} берётся из данных по самопрослушиванию.

В подавляющем большинстве случаев для больших периодов воздействия, используемых при гидропрослушивании с помощью ФВД, $X_{cn} \ll 1$, тогда расчетные формулы упрощаются, и нет необходимости использовать данные самопрослушивания:

$$\chi = \omega \frac{r_*^2}{X_{*n}^2}, \quad (24)$$

$$\varepsilon = \frac{q_n}{2\pi P_{*n}} \sqrt{\operatorname{Ker}_0^2 X_{*n} + \operatorname{Kei}_0^2 X_{*n}}, \quad (25)$$

$$\delta_{*n} = \frac{\pi}{2} + \operatorname{arctg} \frac{\operatorname{Ker}_0 X_{*n}}{\operatorname{Kei}_0 X_{*n}}. \quad (26)$$

Если еще и $X_{*n} \gg 1$, можно использовать асимптотические формулы:

$$\chi = \frac{r^2 \omega_n}{2 \left(\delta_{*n} - \frac{\pi}{8} \right)^2}, \quad (27)$$

$$\varepsilon = \frac{q_n}{2^{\frac{7}{4}} \sqrt{\pi} P_{*n}} \frac{\exp\left(\frac{\pi}{8} - \delta_{*n}\right)}{\left(\delta_{*n} - \frac{\pi}{8}\right)^{\frac{1}{2}}}, \quad (28)$$

$$r_c = \frac{r_* \sqrt{2}}{\gamma} \frac{\exp\left(-\frac{\pi}{4 \operatorname{tg}(\delta_{*n})}\right)}{\left(\delta_{*n} - \frac{\pi}{8}\right)}. \quad (29)$$

Глава 2. Аппаратура и методика проведения для промышленных гидродинамических исследований

2.1. Методика проведения промышленных гидродинамических исследований

Информация о гидродинамическом состоянии нефтяной залежи, необходимая для проектирования процесса разработки месторождений и для его управления, получается в основном, по сведениям промышленных исследований скважин. С помощью промышленных исследований можно получить наиболее объективные материалы о комплексе гидродинамических характеристик пласта, ибо они базируются на изучении аналитических зависимостей между доступными для непосредственных измерений величинами, такими как пластовые давления, температуры, притоки жидкости и т. д.

Важно подчеркнуть, что исследуемый реальный нефтяной пласт, как физический объект, всегда сложнее любой описывающей его гидродинамической модели. В литературе по представленной теме, в работах разных составителей встречается достаточное их количество. Методики же проведения гидродинамических исследований пластов и скважин едины для всех моделей. В результате применения этих методик мы получаем начальный информационный массив (НИМ) для исследуемого пласта.

В рамках данной работы проведены расчеты ФПП для реального нефтяного пласта с помощью гидродинамического метода ФВД, являющегося по качеству получаемой информации наиболее помехоустойчивым, информативно ёмким и достоверным [4,5,6].

Исследование межскважинного пространства пласта методом ФВД. Допустим участок пласта, заполненного флюидом, разбурен несколькими скважинами и в одной из них заданы периодические во времени колебания дебета, тогда по пласту в радиальном направлении от этой скважины будет распространяться также периодическое во времени изменение давления. Это изменение давления, при соответствующем выборе регистрирующей аппаратуры, мы можем наблюдать в соседних скважинах (реагирующих). Регистрируя периодические изменения дебита и давления на возмущающей скважине и изменение давления на реагирующих скважинах, и, применяя соответствующую математическую обработку этих результатов исследования, получаем НИМ для расчета параметров исследуемого пласта. Следует уточнить, что фильтрационные параметры пласта, рассчитанные для межскважинного пространства в направлении реагирующей скважины, будут отражать свойства пласта именно в этом конкретном направлении, позволяя в конечном случае определить текущие поля проницаемостей и гидропроницаемостей всего исследуемого участка пласта и построить его постоянно действующую модель (ПДМ).

Исследование межскважинного пространства методом ФВД предпочтительнее, так как он дает возможность:

1. Отделить случайные возмущения, накладывающиеся на сигнал реагирующей скважины.
2. Установить наличия гидродинамической сообщаемости между верхними и нижними пропластками.
3. Определить границы месторождения, межскважинной сообщаемости, анизотропии и зон прорыва воды или газа.
4. Покрыть одним исследованием большую часть месторождения и предоставить информацию о его свойствах за меньшее время.

Для измерения гидродинамических параметров, характеризующих пласт и скважину, применяются различные методы, основанные на регистрации реакции скважины или системы скважин, вскрывающих пласт, на изменение режима эксплуатации скважин.

Регистрация кривой восстановления давления (КВД) или кривой восстановления уровня (КВУ). Методы применяются для изучения призабойной зоны пласта добывающих и нагнетательных скважин. При долгой эксплуатации скважины в режиме излива или нагнетания с постоянным дебитом в призабойной зоне пласта образуется воронка депрессии или репрессии. При замерах, скважина перестает работать: выключается насос, перекрываются задвижки и измеряется изменение давления на устье скважины, ее забое, или уровне жидкости в затрубном пространстве во времени, то есть в процессе рассасывания воронки [2,3,7]. Данный метод может применяться для межскважинного прослушивания.

Таким образом, при исследовании нефтяного пласта нестационарными гидродинамическими методами основными регистрируемыми параметрами являются пластовое давление и расход жидкости скважин в процессе изменения режимов их эксплуатации.

2.2. Аппаратура для межскважинного прослушивания

Для промысловых гидродинамических исследований на нефтяных месторождениях на кафедре радиоэлектроники КФУ был разработан и многократно модернизировался комплекс технических средств – «Автоматизированная система контроля и управления выработкой пластов» («АСКУ-ВП») (рис. 2.1) [5,8,9]. «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.

Комплекс включает в себя:

1. Автоматизированное рабочее место (АРМ) Оператора и АРМ Инженера;
2. Скважинный контроллер;
3. Комплект глубинных и устьевых скважинных датчиков давления, расхода – контрольно-измерительные приборы (КИП).

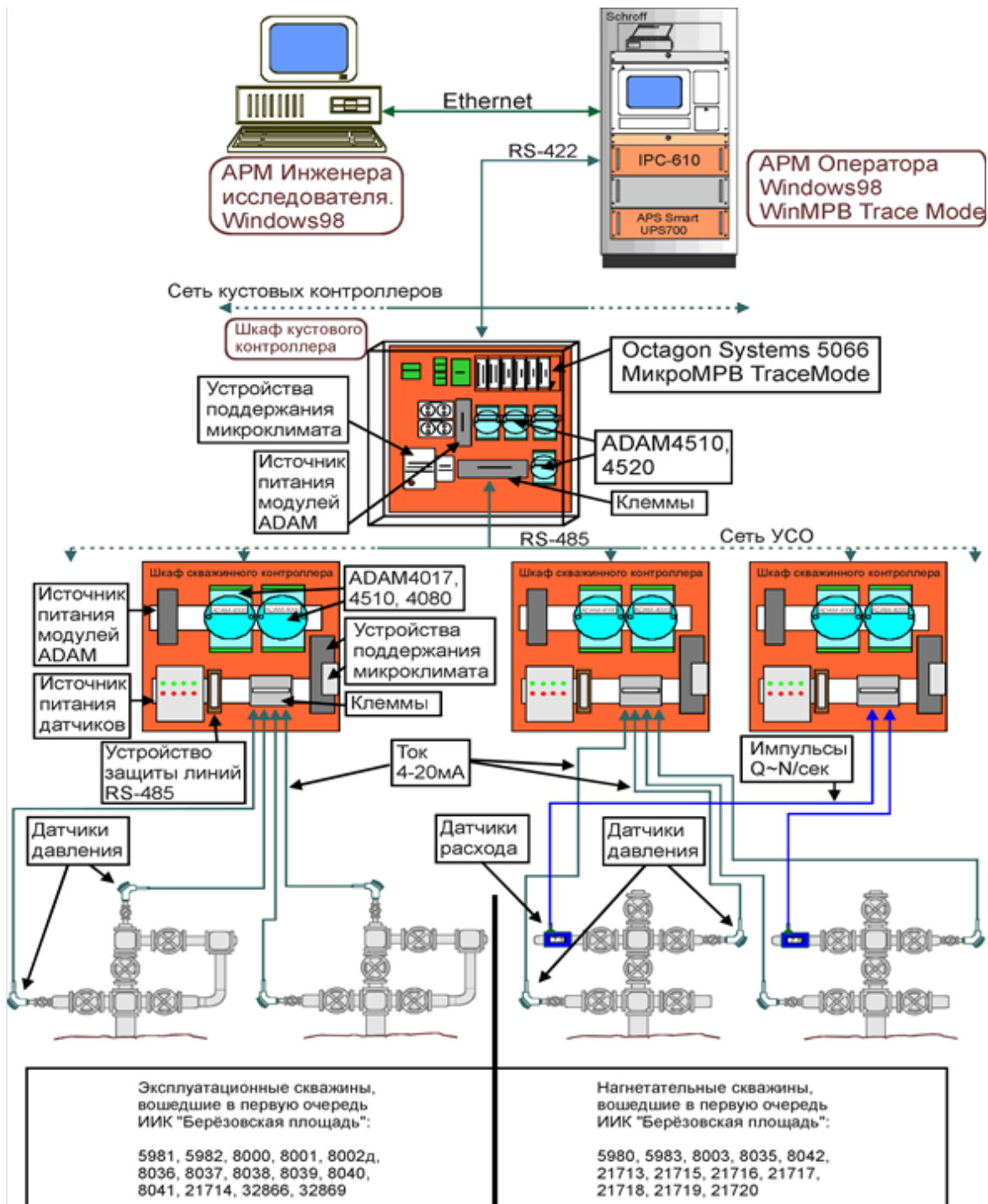


Рис. 2.1. Структурная схема КТС «АСКУ-ВП» «Берёзовская площадь»

Комплекс технических средств (КТС) «АСКУ-ВП» поддерживает многоуровневую сетевую структуру. Верхний уровень – это

автоматизированный диспетчерский пункт с аппаратурой связи и специализированным вычислительным комплексом на базе персональной электронно-вычислительной машины (ПЭВМ) типа IBM PC. Он служит для накопления и упорядочивания информации, получаемой от подсистемы нижнего уровня, расчета фильтрационных параметров пласта (ФПП), решения задач управления выработкой пласта. На верхнем уровне представлены две ПЭВМ, подсоединенные в локальную сеть: АРМ Оператора и АРМ Инженера-исследователя.

Основой алгоритма работы универсального измерительного контроллера (рис. 2.2) является периодическое измерение частоты входных сигналов, опрос модулей удаленного сбора данных серии ADAM-4000 образующих полевою сеть, сохранение измеренных значений в архивном файле контроллера, передача измеренных значений по каналу с протоколом RS-485 в ответ на запрос компьютера АРМ оператора.

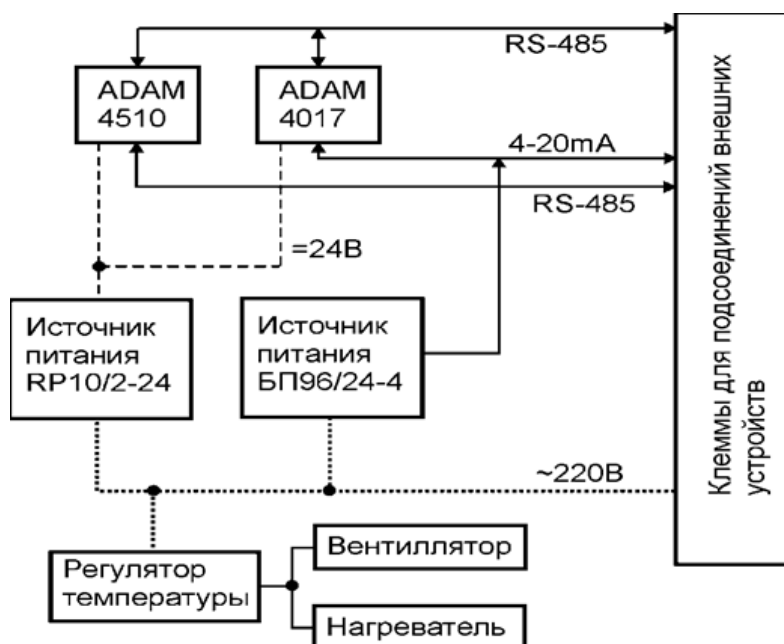


Рис. 2.2. Блок-схема соединений устройств скважинного контроллера.

Сеть скважинных контроллеров включает в себя один конвертер RS 232/485 модели ADAM 4520, который установлен в контроллере куста скважин, и двадцать контроллеров скважин, которые образуют узлы сети. В скважинных

контроллерах установлены модули аналогового ввода ADAM-4017, счетчики/частотомеры ADAM-4080 и повторители ADAM-4510. Конвертер ADAM 4520 осуществляет преобразование протоколов RS 232 и RS 485. Шина RS-485 работает по двух 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 также в цифровой код. По запросу контроллера куста скважин закодированные величины передаются по сети ADAM. Конвертер ADAM 4520 подключается к последовательному порту COM процессорной платы контроллера куста скважин. Модули серии ADAM-4000 предварительно сконфигурированы и запрограммированы.

В состав (КИП) программно-аппаратных комплексов входят: дистанционные электронные манометры, уровнемеры, расходомеры устьевого и глубинного исполнения.

«АСКУ-ВП» реализован, чтобы отслеживать текущее состояние нефтяного пласта, измеряя его основные характеристики: пьезопроводность, гидропроводность и водонасыщенность. Также можно проводить гидропрослушивание с помощью ФВД, но в силу специфики конструкции, не регистрирует быстро протекающие переходные процессы.

Комплекс был создан в двух вариантах для применения на различных участках месторождений ОАО «Татнефть»: на опытном участке Центрально-Азнакаевской площади НГДУ «АзнакаевскНефть» и участке Березовской площади НГДУ «АльметьевНефть». В документации второго варианта аппаратно-программная реализация называется Информационно-Измерительный Комплекс (ИИК) «Березовская площадь». Разница с первым вариантом, состоит в том, что в нем учтена возможность применения радиоканала для связи между контроллерами куста скважин и АРМ оператора,

включена функция применения многоканального частотомера с распределенной коммутацией.

Данный комплекс вышеприведенной модификации имел успешное применение на участке Центрально-Азнакаевской площади Ромашкинского месторождения с 1996 по 2005 год, Березовской площади НГДУ “Альметьевнефть” с 1998 по 2000 год. За эти годы использования данного комплекса были обнаружены существенные минусы:

- Система содержит фиксированную двухуровневую аппаратную конфигурацию, куда входят компьютеры Micro-PC. Это приводит к неоправданным затратам при развертывании простых систем.

- Для обновления базы каналов АРМ оператора и ПО контроллера куста скважин требуется запуск специальной программы. Дабы избежать этого, в системе, развернутой на участке, было изначально создано множество каналов, которое могло бы когда-нибудь понадобиться в экспериментах. После чего зарезервированные каналы включались или выключались по мере надобности. Это приводило к тому, что визуальные средства комплекса были перегружены информацией по неработающим каналам.

- Система не обеспечивала доступных и наглядных средств диагностики неисправностей оборудования, линий связи или ошибок настройки. Из-за этого приходилось производить переключение линий и запуск специальных программных продуктов для определения причин возникающих проблем.

- Способы обработки данных ПО АРМ инженера представляют собой ряд специализированных программ, которые выполняют отдельные операции преобразования, извлечения, сохранения и обработки данных. В итоге полный

процесс обработки является трудоемким и долговременным, доступным только опытным инженерам.

Исследования можно проводить малыми силами, для этого создали новый автоматизированный аппаратно-программный комплекс «Mobile-1».

2.3 Автоматизированный аппаратно-программный комплекс для промышленных гидродинамических исследований «Mobile-1»

В качестве основы комплекса была частично использована аппаратная часть КТС АСКУ-ВП, которая включала в себя компьютер АРМ оператора, сеть контроллеров скважин с модулями ADAM-4XXX и соответствующие приборы измерений (рис. 2.3).

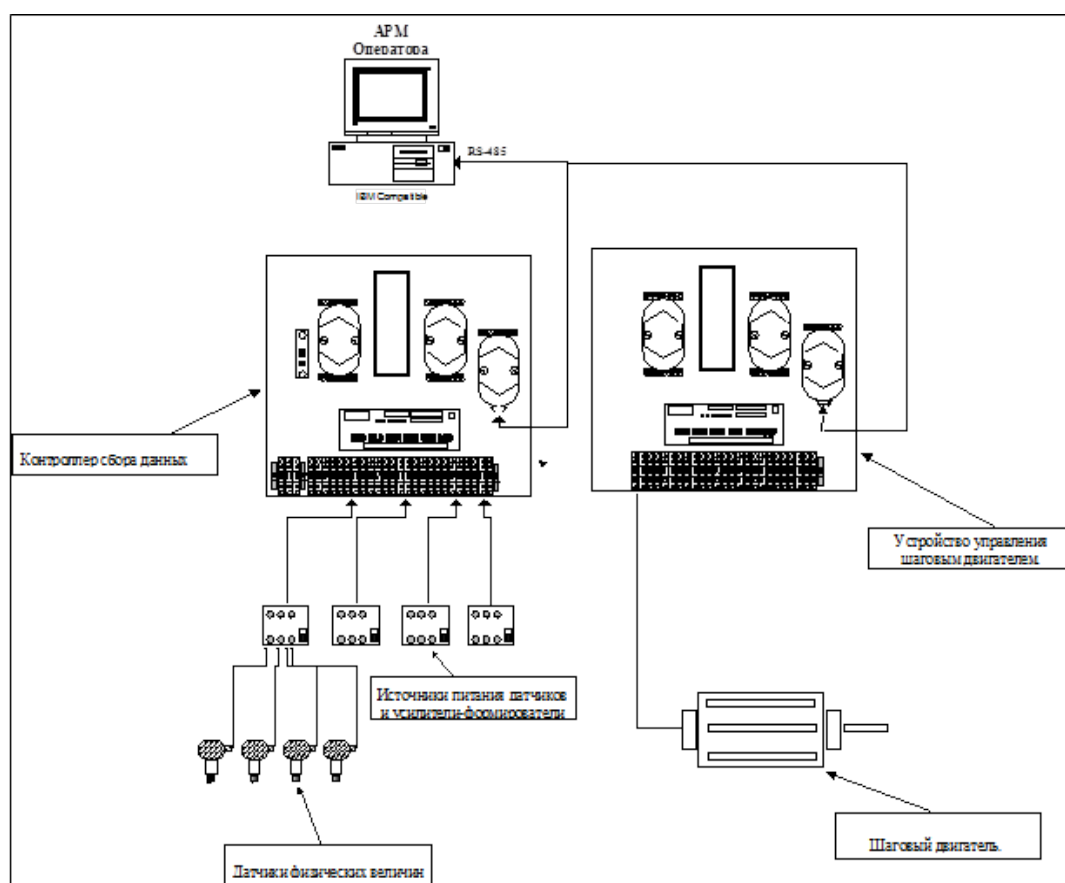


Рис. 2.3. Структурная схема программно-технического комплекса «Mobile-1».

Комплекс предназначен для осуществления непрерывного контроля и изучения в реальном масштабе времени технологического процесса работы добывающих и нагнетательных скважин, а также для регистрации в цифровом виде параметров получаемых в ходе проведения гидродинамических исследований пластов и скважин [10,11]. Комплекс обеспечивает выполнение следующих функций:

- Принимает, в форме унифицированного токового сигнала 4-20 мА, сигналы от датчиков давления;
- Принимает, в форме частотно кодированного сигнала, сигналы от датчиков расхода;
- Вычисляет текущие значения давления и расхода по каждому измерительному каналу и отображает вычисленные значения на графическом дисплее;
- Управляет работой электропривода специального кранового устройства;
- Осуществляет диалог с оператором для ввода калибровочных коэффициентов приборов, установок каналов, текущего значения времени и отображения измеренных по каждому каналу величин применяя в качестве операторского терминала персональный компьютер (ПК) или ПК в промышленном исполнении.
- Сохраняет в энергонезависимую память ПК калибровочные коэффициенты, а также мгновенного значения давления и расхода по каждому архивируемому каналу.

Комплекс включает в себя:

1. АРМ оператора на базе IBM PC совместимого персонального компьютера;

2. Контроллер сбора данных;
3. Устройство управления шаговым двигателем;
4. Шаговый двигатель и специальное крановое устройство;
5. КИП.

2.4. Автоматизированный комплекс на основе «АСКУ-ВП» и «Mobile-1»

Данный комплекс компоновался на основе «АСКУ-ВП» и «Mobile-1», является наиболее мобильным для промышленных гидродинамических исследований (рис.2.4). Он состоит:

1. АРМ оператора на базе IBM PC совместимого персонального компьютера;
2. Скважинного контроллера;
3. КИП.

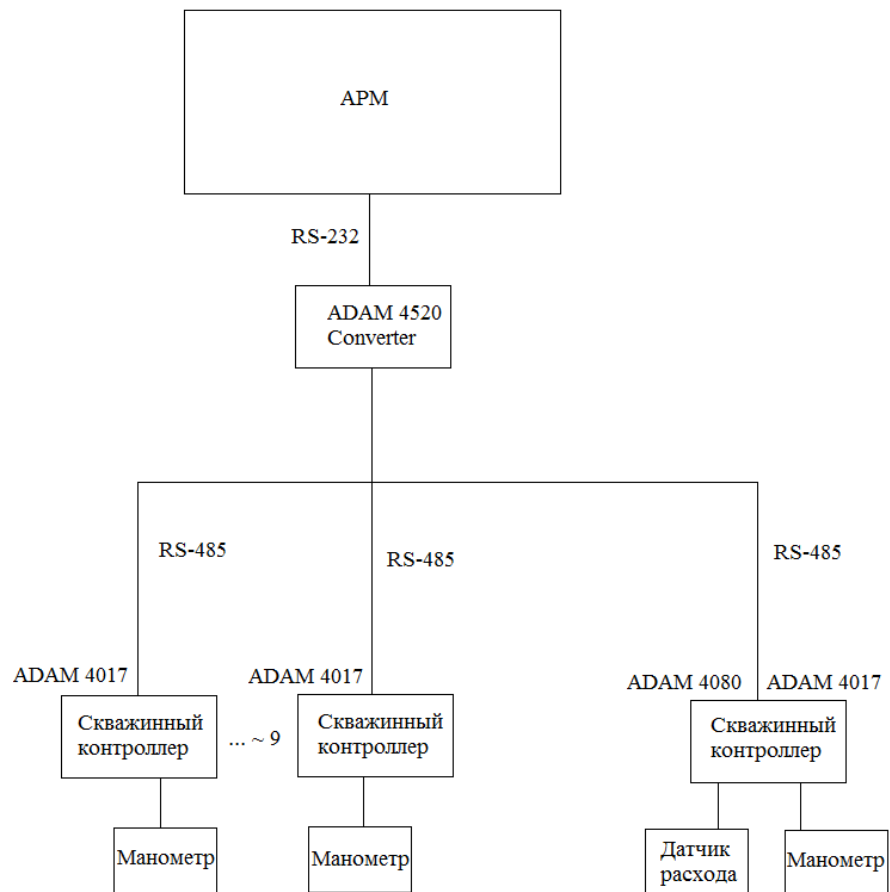


Рис. 2.4. Блок–схема созданного автоматизированного комплекса на основе «АСКУ-ВП» и «Mobile-1».

В основе работы данного автоматизированного комплекса является сеть контроллеров скважин, которая включает в себя один конвертер RS 232/485 модели ADAM 4520 и 10 контроллеров скважин, которые образуют сеть между собой. В контроллерах скважин установлены модули аналогового ввода ADAM-4017, ADAM-4080. По запросу АРМ оператора закодированные величины передаются по сети ADAM.

2.4.1. Контрольно-измерительные приборы

Приборы, применяемые для регистрации волн давления в исследованиях должны обладать высокой чувствительностью, температурной и временной стабильностью, взрывозащищенностью.

Измерение устьевого давления на возмущающей скважине осуществляется на отводе межтрубного пространства. Это позволяет избежать ошибок, связанных с сопротивлением, оказываемому потоку жидкости насосно-компрессорных-устройств (НКТ). НКТ не всегда бывают опущены до уровня забоя, и в этом случае сопротивление будет давать ошибки в измерении давления.

В настоящее время выпускается много различных приборов для измерения давления, основанных на различных принципах действия. В манометрах производства Краснодарского завода «Тензоприбор» [12] используется мембрана и струна (вибростержень), изменяющая собственную частоту колебаний при растяжении. Наиболее популярны в настоящее время приборы с использованием тензорезистивных датчиков. Многие современные приборы имеют цифровой выход, поэтому их можно непосредственно задействовать в сети измерений. Пример: цифровые датчики давления с интерфейсом RS-232 выпускает фирма Crystal Engineering [13]. К несчастью, есть большое количество стандартов для интерфейсов и протоколов обмена с такими дистанционными устройствами, в следствие этого, с точки зрения минимизации расходов, лучшим применимым вариантом для регистрации на устье скважин, имеет возможность внедрения термокомпенсированных датчиков давления с токовым выходом и техобслуживание их с поддержкой средств дистанционного контроля комплекса. В качестве примера можно привести датчики давления Зонд-10-ИД НПП «Гидрогазприбор» [14]. На выходе этих приборов измеряется ток от 4 до 20 мА. Это дает возможность отслеживать обрыв цепи датчика.

Глубинные датчики бывают разной специфики, но, как правило, обычно применяют частотно-кодированный сигнал или цифровой обмен. В настоящее время производятся также автономные цифровые датчики, которые измеряют давление и записывают данные во встроенную память. Подобные устройства

позволяют проводить измерения без применения на промысле регистрирующей аппаратуры, а в скважину его можно опускать на любом тросе. Пример: глубинный манометр Микон-107 производства «ООО Микон» [15].

В экспериментах по гидропрослушиванию методом ФВД расходомеры используются на скважинах, создающих волны давления в пласте. Особенностью методов управления потоком с помощью задвижек являются резкие скачки расхода жидкости в момент переключения режимов, по амплитуде многократно превышающие установившиеся значения. Применяемые расходомеры должны быть рассчитаны на такие перегрузки. При использовании добывающих скважин в качестве задающих, расходомеры подвергаются действию абразивных частиц и другого мусора, выносимых потоком жидкости, а также подвержены отложениям парафина и смол. Кроме того, в этом случае существенные ошибки может вносить разгазирование добываемой нефти. Чтобы избежать этих ошибок, применяются глубинные расходомеры, спущенные на глубину ниже уровня начала разгазирования, либо расходомеры, измеряющие не объем, а массу жидкости. Применение глубинных расходомеров на скважинах, оборудованных штанговыми насосами, возможно только при их установке вместе с насосом при ремонте скважины.

В некоторых случаях для измерения расхода жидкостей на нагнетательных скважинах могут использоваться данные, получаемые с приборов, установленных на групповой замерной установке (ГЗУ) или кустовой насосной станции (КНС). Но, к сожалению, не всегда: во-первых, выкидные или подводные трубопроводы нескольких скважин могут объединяться до прихода на ГЗУ или КНС, а во-вторых, из-за процедуры сепарации газа изменения расхода на ГЗУ будут регистрироваться со значительными задержками. В экспериментах по зондированию призабойной зоны скважин наличие длинной трубы между скважиной и расходомером будет вносить недопустимые погрешности в регистрируемые данные, поэтому такой

подход может быть рекомендован только для зондирования межскважинных интервалов.

Очень долгое время для измерения расхода скважинной жидкости использовались турбинные расходомеры. Применялись как механические счетчики с непосредственным приводом от турбинки, так и датчики с электромагнитным съемом сигнала расхода. Пример последних – расходомер «Турбоквант» выпускался с большим диапазоном диаметров потока, что позволяло применять его в различных диапазонах измерения. Эти приборы очень просты, дешевы, довольно точны и надежны в пределах допустимых для них режимов эксплуатации. В настоящее время подобные приборы выпускаются многими фирмами, например ЗАО «Промприбор сервис». Турбинные расходомеры быстро выходят из строя при перегрузке или от абразивного мусора. Для применения на скважинах с большим значением газового фактора, лучшим вариантом использования будут счетчики количества жидкости (СКЖ), которые определяют не объем, а массу протекающей через них жидкости. Основой этих приборов является перекидное устройство с накопителями, которые поочередно наполняются жидкостью. СКЖ не могут работать при отсутствии в продукции достаточного количества газа. Массовый расход жидкости измеряют также расходомеры с применением силы Кориолиса, то есть центробежной силы, которая возникает при повороте потока. Пример: продукция фирмы Rheonik [16]. Эти приборы лучше всего применять при небольшом значении газового фактора.

Для регистрации расхода закачиваемой воды в настоящее время, чаще всего применяются ультразвуковые и вихревые расходомеры [17], которые устойчивы к перегрузкам по диапазону. Пример: счетчик воды ультразвуковой (СВУ). Также могут применяться электромагнитные расходомеры, в которых измеряется электродвижущая сила (ЭДС), индуцируемая в жидкости при пересечении ею магнитного поля. Пример: расходомер-счетчик ADMAG AXF

фирмы «Эталон Прибор» [18] и устройства API017/P - API018/P итальянской фирмы «Automation Progetti» [19].

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.

2.4.2. Интерфейсные модули серии ADAM-4000

Модули ADAM 4000 [20] предназначены для передачи информации как от внешнего устройства к компьютеру, так и от компьютера к внешнему устройству. То есть работает как связующее звено между внешним устройством и компьютером.

Модулей ADAM-4000 можно подключить до 256 штук, применяя при этом данный модуль ADAM-4510 Repeater. Управляющий компьютер имеет возможность подключаться к сети RS-485 через один из своих COM портов и ADAM-4520 Converter RS-232/RS-485. Поскольку модули соединяются параллельно, то они могут быть свободно отсоединены от управляющего компьютера, не воздействуя на функционирование остальных модулей.

Когда управляющий компьютер или терминал содержит лишь только последовательный порт стандарта RS 232 необходимо использовать ADAM 4520 Converter RS 232/RS 485. Потому что данный модуль не адресуется управляющим компьютером на преобразователе, то должна быть установлена скорость обмена методом переключения ключа изнутри модуля.

Когда линия передачи превышает 1200 м. или же количество объединенных модулей ADAM 4000 выше 16, повторитель должен подключаться к первому сегменту расширения. 16 модулей ADAM 4510 Repeater могут позволить объединить до 256 модулей ADAM 4000. Как и модуль преобразователь, модуль повторитель не адресуется главным

компьютером, в следствие этого на повторителе обязана быть выбрана скорость обмена установкой переключателей изнутри модуля. По умолчанию скорость обмена устанавливается равной 9600 бит/сек.

Для сети RS-485 необходимо две линии передачи сигналов: DATA– и DATA+.

Серия ADAM считается комплектом моделей, специализированных для реализации интерфейса датчик-компьютер. Модули содержат микроконтроллеры и соединяются между собой при помощи последовательного интерфейса с протоколом передачи данных RS-485. Модули контролируются дистанционно подачей простых команд, записанных в формате ASCII. Серия ADAM обеспечивает аналогово-цифровые (A/D) и цифро-аналоговые (D/A) преобразования, имеет гальваническую развязку входов и выходов (изоляция), контроль данных и обеспечивает коммуникационные функции. Кое-какие модули предусмотрены для управления исполнительными устройствами.

Модули ADAM не содержат наружных переключателей режимов работы. Смена режимов для входных или выходных линий, общих настроек модулей производится подачей команд в виде последовательности ASCII кодов. Все параметры конфигурации модуля, включая адрес цифрового входа, скорость обмена по каналу с протоколом RS-485, уровни аварийных функций могут быть установлены дистанционно. Дистанционная конфигурация модуля может быть снабжена подачей команд калибровки и установки режимов работы. Параметры калибровки и конфигурация режимов работы сохраняются в энергонезависимых запоминающих устройствах.

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.

Каждый модуль находится в прочном пластмассовом корпусе. Это значимо бережет модуль от внешних воздействий: влаги, вибрации, разъедающих материалов. Так как режимы работы модуля можно изменить при помощи ПО, нет надобности вскрывать его корпус. Модули ADAM 4000 могут работать при температурах от 10 °С до 70 °С, с влажностью воздуха до 95% без конденсации.

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

На рисунке 2.5 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. Этот лимит связан с тем, что при применении большого числа модулей, управляющий ток уменьшается, при этом есть возможность возникновения ошибок связи. Полностью, сеть может поддерживать до 256 адресуемых модулей. Преобразователи ADAM, повторители ADAM и головной компьютер – не адресуемые устройства и, значит, в это количество не включаются.

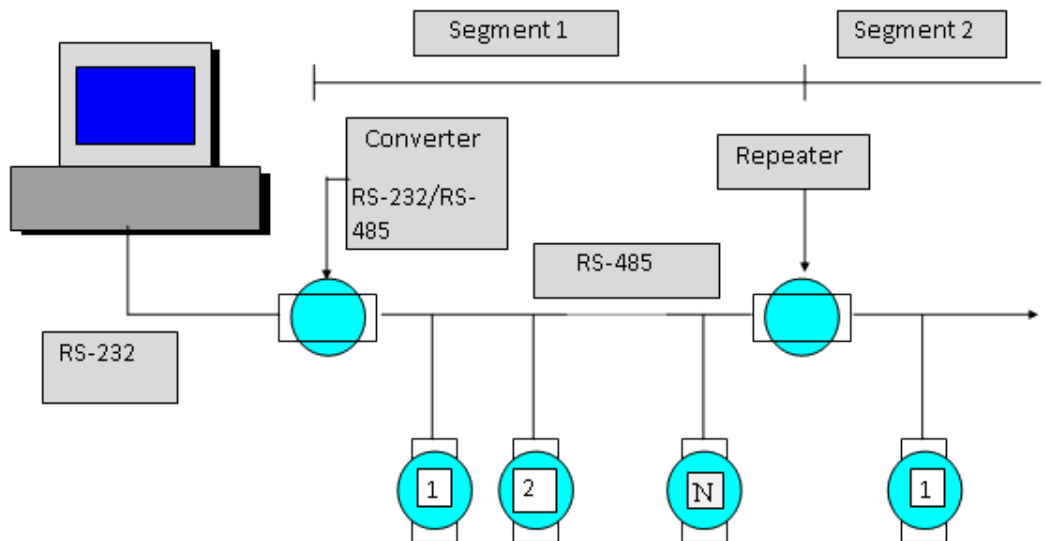


Рис. 2.5. Соединение Daisy Chain.

На основе рисунка 2.5 работает мобильный автоматизированный комплекс.

Иной вариант соединения модулей – “Star” (рис. 2.6). В данной схеме повторители подключаются по кабелям “вниз” от основных проводов первого сегмента. В итоге, получается структура дерева. По причине суммирования искажений сигналов в различных концах сети, ее не рекомендовано применять на больших расстояниях (необходимо помнить, что эти искажения вносят существенный вклад при передаче данных на высоких скоростях).

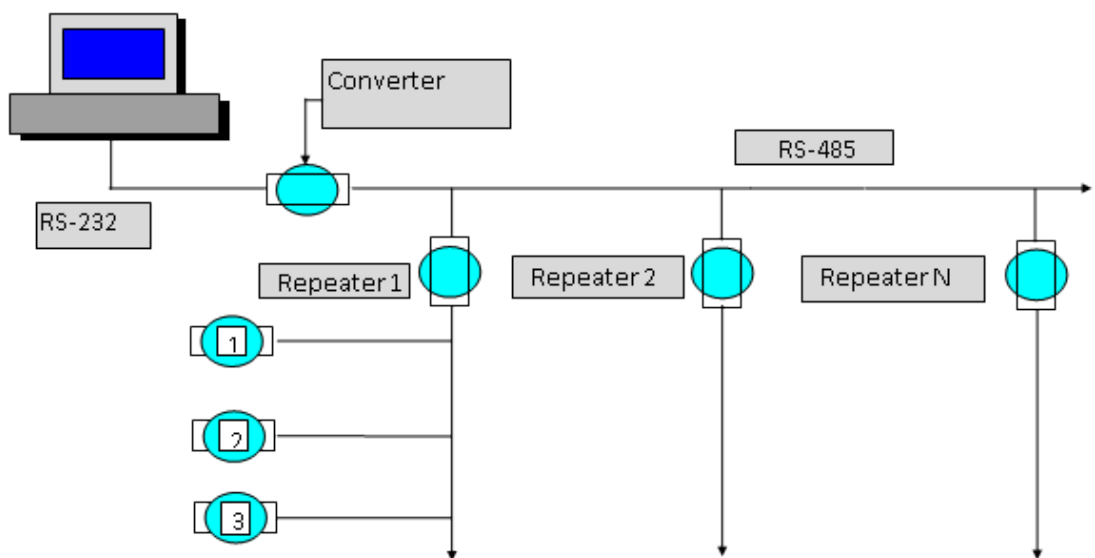


Рис. 2.6. Соединение "Star".

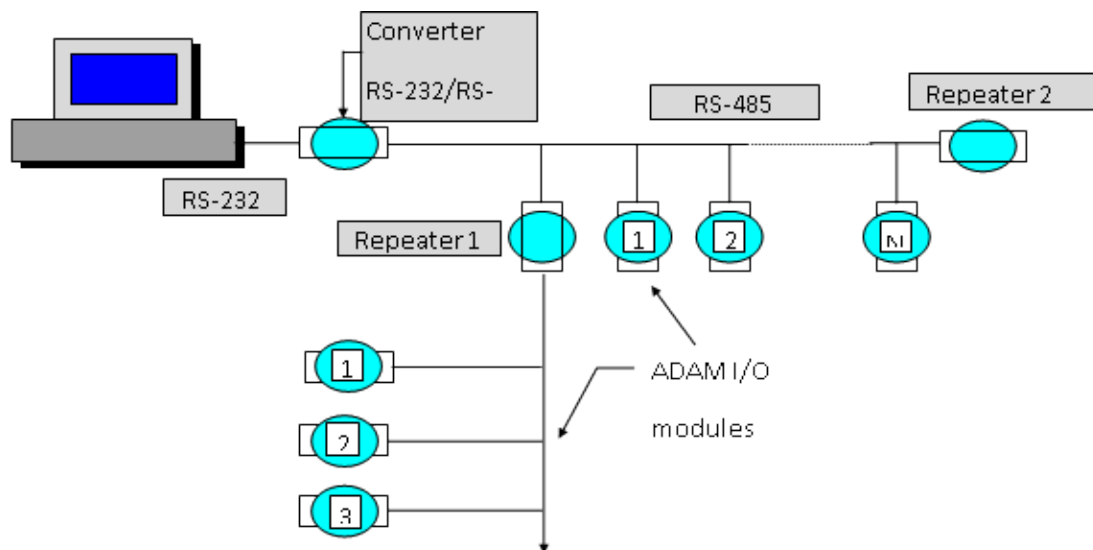


Рис. 2.7. Смешанное соединение.

Прежде чем подключить модуль в информационную сеть, ему нужно задать режим работы. Хотя все модули могут работать в режиме, установленном заводом изготовителем, но рекомендуется выяснить корректность установки скорости передачи данных.

Модули ADAM-4000 содержат энергонезависимое запоминающее устройство для хранения информации о режиме работы и постоянных значениях калибровки. Все модули ADAM имеют возможность программироваться дистанционно через порты связи. При этом физически изменяется зарезервированная область памяти или переключается установочный параметр.

Характеристики, установленные заводом-изготовителем:

- Скорость передачи данных: 9600 бит/сек;
- Адрес модуля: 01.

В случае если неизвестны скорость передачи данных и иные запрограммированные характеристики модуля, то невозможно будет установить связь с данным модулем. Каждый модуль содержит вход «INIT*» и выход «GND». Чтобы решить эту проблему, нужно перемкнуть клеммы

«INIT*» и «GND». Далее, следующим действием нужно включить питание модуля. При этом произойдет инициализация модуля с установкой для обмена по каналу с протоколом RS-485 заранее известных параметров:

- Скорость передачи данных: 9600 бит/сек;
- Адрес: 01H.

Наконец, чтобы выполнить инициализацию нужно последовательно следовать действиям:

1. Включить все устройства кроме модуля ADAM.
2. Включить модуль ADAM при замкнутых клеммах «GND» и «INIT*».
3. Подождать около 7 секунд для того, чтобы установились калибровочные характеристики.
4. Выключить модуль и разомкнуть клеммы «GND» и «INIT*».

Перед установкой модулей в сеть или в случае потери установленных параметров их необходимо программировать. Утилита (вспомогательная компьютерная программа в составе общего ПО для выполнения специализированных задач) для программирования содержится в файле «ADAM.EXE» и выполняется под управлением MS DOS. Данная программа обладает рядом функций:

- Конфигурация модулей;
- Калибровка модулей;
- Ввод и вывод данных;
- Аварийные установочные параметры;

- Автопоиск связанных (соединенных) модулей;
- Эмуляция терминала.

2.4.3. Контроллер сбора данных

Контроллер сбора данных является устройством регистрации с специализированным ПО, которое позволяет выполнять регистрацию данных по собственному набору каналов, а также обслуживать датчики физических величин и исполнительные устройства различных типов.

Функции контроллера сбора данных:

- Дешифрацию и прием команд по каналу RS-485 от ПК АРМ оператора;
- Ввод и нормализацию аналогового сигнала «4-20 ма» от первичных преобразователей давления;
- Ввод 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»;

Формирование и передачу по каналу с протоколом RS-485, в адрес ПК АРМ оператора информации, содержащей результаты измерения.

2.4.4. АРМ Оператора

Автоматизированное рабочее место (АРМ) оператора на базе ПК предусмотрено для работы в составе программно-технического комплекса.

Служит для организации обмена данными и управляющими сигналами по последовательному интерфейсу протокола RS-232 с аппаратным блоком, ведения архива и журнала событий, конфигурирования измерительных каналов и реализации интерфейса с оператором.

АРМ обеспечивает выполнение следующих функций:

- В циклическом режиме или же по запросу оператора по последовательному каналу RS-485 принимает от контроллера сбора данных текущие значения измеряемых сигналов «4-20мА», «100Гц-50КГц»;
- Обеспечивает возможность настройки параметров измерительных каналов блока и АРМ оператора, сохраняет текущие настройки в энергонезависимую память;
- Сохраняет в энергонезависимый архив текущие значения архивируемых измерительных каналов, ведет журнал событий;
- Обеспечивает просмотр журнала событий и архива;
- Обеспечивает просмотр текущих значений в измерительных каналах, а также данных в архивах и журналах событий, занесение записей в текущий журнал событий, осуществляет звуковую и визуальную аварийную сигнализацию;
- Обеспечивает настройку параметров канала последовательной связи с контроллером, а также измерительных каналов и параметров текущего эксперимента, настройку параметров журнала событий и архива.

Обмен данными АРМ и контроллером сбора данных происходит по протоколу RS-484. Запросы на измерение передаются АРМ по каналу с протоколом RS-485 в контроллер. В ответ по тому же последовательному каналу контроллер обеспечивает передачу АРМ результаты измерения.

2.5. Программное обеспечение мобильной измерительной установки

ПО комплекса создано с помощью языка программирования и интегрированной средой Visual Basic v.6.0 для Windows, а также средством разработки Borland C++ v.3.0 для DOS. Эти среды предоставляют возможность разработать: взаимодействие портов компьютера, алгоритм для гибкого управления ресурсами, структурирование программы. Кроме того, в состав программного комплекса входят приложения, разработанные как набор таблиц и макросов в среде редактора электронных таблиц Excel из пакета Microsoft Office 2000-2003, что позволяет использовать все возможности Excel для ввода, редактирования, отображения информации и вывода данных. Автоматические средства загрузки, обработки данных и управления экспериментом обеспечиваются использованием макросов в составе рабочей книги.

ПО комплекса состоит из нескольких взаимодействующих и взаимосвязанных приложений, которые запускаются на одном компьютере или разных компьютерах, связанных локальной сетью. Программные приложения комплекса позволяют также работать в автономном режиме.

На рис. 2.8 показана схема привязки приложений ПО комплекса к аппаратным средствам и взаимодействия между ними.

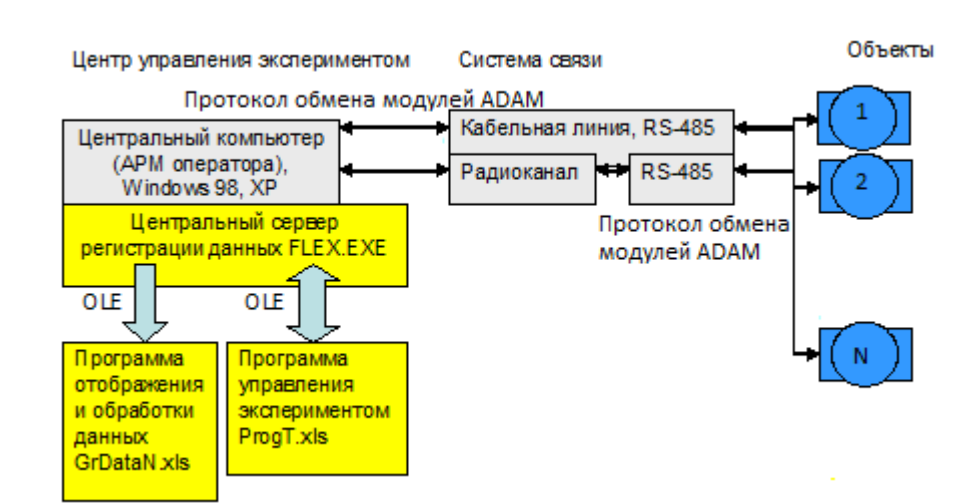


Рис. 2.8. Структура программного обеспечения комплекса.

2.5.1. Сервер регистрации данных и управления

Программа «Центральный сервер регистрации данных» FLEX v.4.6 разработана с помощью языка программирования и интегрированной среды Microsoft Visual Basic v.5.0 Enterprise Edition, которая осуществляет регистрацию данных и управление оборудованием по нескольким каналам. Каналы обслуживаются с помощью модулей ADAM-4XXX или другими, которые имеют сходный протокол обмена, подключенные через соответствующие преобразователи, а также через радиоканал к портам персонального компьютера типа IBM PC.

Данное ПО выполняет функции:

- Посылает запросы через 4 последовательных порта к измерительным модулям ADAM-4XXX, а также принимает и расшифровывает их ответы, проводя предварительную обработку данных.
- К модулям ADAM-4XXX поступают управляющие запросы для управления оборудованием.
- Позволяет вычислять производную по времени измеряемых величин.
- Отображает принятые данные в таблице, как измеренные значения в некоторых электрических единицах, так и преобразованные в физические величины.
- Управляющие данные от внешней программы передаются в физических единицах и преобразуются в аппаратные значения.
- Управляющие данные от генераторов функций могут передаваться в аппаратных и физических единицах.

- Позволяет обрабатывать ошибки, которые могут возникнуть при обмене с модулями, а также ошибки диапазона измеренных данных. Возможна коррекция управляющих данных в соответствии с диапазоном допустимых значений.
- Осуществляет звуковую сигнализацию ошибок.
- Обеспечивает оператору возможность редактирования: параметров системы, параметров портов, параметров измерительных и управляющих каналов.
- Использует при настройке заблаговременно введенную базу данных по измерительным и управляющим модулям, а также базу данных по структуре сети модулей и их адресам.
- Позволяет регистрировать управляющие и измеренные данные в 2 независимых архивах, а также записывать сообщения о сбоях и изменениях состояния каналов и системы в архив тревог. Туда же могут записываться и сообщения оператора.
- Предоставляет средства просмотра данных, зарегистрированных в архиве тревог, архиве данных.
- Обеспечивает связь с программой отображения графиков измеренных данных, а также с программой оперативного управления и контроля.

2.5.2. Программа управления внешними устройствами и регистрацией данных

Данное ПО разработано в среде Microsoft Excel в виде файла рабочей книги с исходным именем PROGT.XLS. Оно предусмотрено для управления процессом регистрации данных в программе сервера регистрации данных, а также для выполнения управляющих действий по отношению к

подключенному оборудованию в заданные моменты времени. Программа позволяет выполнять следующие функции:

1. Подключается в качестве клиента к объекту Channel Server сервера регистрации данных.
2. Может вводить текущие опции и установки данных из каналов сервера в отдельную таблицу, которые позволяют сделать выбор используемых каналов.
3. Позволяет ввести в программу управления соответствующую таблицу с возможностью управления активностью каналов, периодом опроса и периодами регистрации данных в циклическом и непрерывном архивах, а также физическими данными.
4. При запуске программы можно задать исходные параметры регистрации и данные по всем управляющим каналам.
5. При запуске программы может быть начат новый непрерывный архив.
6. Возможно отключение записи очередей архивов по таймеру.
7. Начало выполнения программы может быть привязано к текущему времени или к определенному.
8. В любой момент времени можно остановить выполнение программы, а затем возобновить работу.
9. Регистрирует в отдельной таблице все сообщения для архива тревог, в том числе и те, которые относятся к каналам, не регистрируемым в непрерывном архиве.
10. Ведет запись в архив тревог все свои действия.

2.5.3. Программа графического представления и обработки данных

Графическая программа обработки GrDataN.xls входит в состав аппаратно-программного комплекса и предназначена для расчетов и обработки ФПП по данным исследований, а также для представления в табличной и графической форме данных, которые проводятся методом ФВД. Данное ПО можно использовать как в составе комплекса, для обработки данных, которые получаем в ходе исследований, так и отдельно для обработки ранее зарегистрированных данных, которые представлены в разных форматах. Программа имеет ряд возможностей:

- Может загружать информацию из одного или нескольких файлов (архивов), которые регистрируются центральным сервером FLEX.EXE v.4.6 и имеет возможность выбора интервала загрузки.
- Имеет возможность подключаться по протоколу OLE к программе – центральному серверу регистрации данных FLEX v.4.6 для периодической подкачки регистрируемых данных с их преобразованием и отображением на графиках и в таблицах.
- Может загружать данные из одного или нескольких файлов (архивов), которые были зарегистрированы в предыдущих версиях ПО центрального сервера регистрации данных (v.1-v.3).
- Загружать массивы данных из рабочей таблицы, в которую они могут быть введены вручную или скопированы из различных файлов.
- Сортировать массивы загруженных данных на отдельные участки – замеры, которые являются определенными частями эксперимента с заданными параметрами.
- Редактировать список параметров, где можно изменить границы измерений, интервал обработки, период воздействия, добавить или удалить замеры.

- Преобразовывать данные в физические величины по калибровочным полиномам датчиков, также преобразование можно сделать после загрузки.
- Совмещать зарегистрированные файлы (архивы) в один файл (архив).
- Разбивать и упорядочивать данные по каналам, с последующим отображением каждого канала.
- Рисовать графики для каждого канала по исходным измерениям, строить общий график каналов, которым требуется настройка отображения.
- Производить фильтрацию исходных данных, убирая замеры, которые выходят за заданные границы значений, удалять построенные графики, данные каналов, замеры. Они не несут полезную информацию для обрабатываемого эксперимента.
- Удалять определенные части графиков, которые представляют бесполезность и искаженность данных.
- Осуществлять коррекцию искаженных измерений на графиках, путем замены этих участков на участки с линейной интерполяцией между границами.
- Создавать данные каналов кусочно-линейной функцией по заданным точкам. Такая возможность дает формировать данные по отсутствующим каналам.
- Осуществлять выбор из общего списка загруженных каналов для последующей обработки, а также ставить временные границы извлечения данных, которые можно перенести в отдельную таблицу, усреднять измерения по всем отсчетам и восстанавливать пропущенные измерения путем линейной интерполяции.

- Дает возможность автоматически выделять непериодическую линию тренда данных по каждому обрабатываемому каналу методом скользящего среднего по периоду воздействия.
- Рисовать графики по обрабатываемым каналам с отображением линии тренда. Данные по времени определяются в тех единицах, которые были выбраны для периода воздействия: секунды, минуты, часы или сутки.
- Возможно вычисление линии тренда при помощи полиномиальной регрессии с заданным порядком полинома. Регрессия может выполняться по вычисленной линии тренда, так и по исходным данным. Это позволяет не терять период данных, что происходит при получении линии тренда методом скользящего среднего.
- Формирование полиномиальной линии тренда происходит по выбираемым точкам графиков. Возможно вычисление нескольких кривых, например, по верхней и нижней огибающим, с последующим усреднением для получения линии тренда.
- Есть возможность автоматического выбора точек на графиках и вычисление полиномиальной линии тренда в соответствии с периодом воздействия.
- Вычитать линию тренда из данных для получения периодических кривых для последующего Фурье-анализа.
- Есть возможность учета и формирования кусочно-линейного тренда, где точки графика можно выбрать вручную, что позволяет компенсировать часто встречающийся эффект скачкообразного изменения устьевого давления из-за попадания газа в затрубное пространство скважины.
- Проводить обработку графиков в случае некачественных результатов.

- Делать Фурье-анализ от выбранных начальных точек интервала на графике.
- Вычислять фазы и амплитуды пяти гармоник для выбранного интервала. Вычисления могут производиться по неполному периоду, так и по любому количеству периодов.
- Вычислять отношения амплитуд и сдвиги фаз относительно канала дебита нагнетательной скважины.
- Вычислять по модели фильтрации Щелкачева В.Н. ФПП в случае гидропрослушивания и для самопрослушивания.
- Формировать отчет в виде таблицы с выводом расчетных характеристик.

2.5.4. Программное обеспечение «Консоль оператора» в составе информационно измерительного комплекса

ПО «Консоль оператора» предназначено для отображения информации, получаемой от сервера данных, в виде схематического изображения объекта контроля с расположенными на нём элементами отображения контролируемых величин. ПО «Консоль оператора» реализует функции человеко-машинного интерфейса, организуя вывод информации в систематизированной по контролируемым объектам форме и в виде удобном для пользователя. Дополнительно ПО «Консоль оператора» отображает аварийные и нештатные ситуации, наступающие в ходе технологического процесса, ведёт журнал событий, формирует цифровые, цветовые и звуковые сообщения пользователю.

ПО «Консоль оператора» является приложением, которое выполняется в среде операционной системы Windows. ПО представляет из себя программный модуль – «клиент», который способен взаимодействовать с другим программным модулем – «сервером ActiveX» посредством механизма OLE.

Клиент «Консоль оператора» копирует значения из измерительных каналов сервера, отображает их через встроенные формы и элементы управления. Обращение к каналам сервера может производиться как периодически, так и по событиям, генерируемым сервером. Аналогично копируются системные, аварийные или нештатные события сервера.

ПО «Консоль оператора» представляет из себя единый программный модуль. Интерфейс ПО с пользователем, построен на основе родительской формы (основное окно), дополнительных подчинённых ей, а также независимых форм. В процессе работы консоль взаимодействует с сервером данных посредством межпрограммного интерфейса OLE.

Глава 3. Обработка экспериментального участка «Березовская площадь»

3.1. Обработка данных экспериментов

Данные, получаемые в экспериментах, проводимых с помощью комплекса, обрабатываются с помощью набора программ. Для демонстрации метода ФВД взяты результаты промыслового эксперимента, на участке Березовской площади НГДУ «Альметьевнефть» (рис. 3.1). На этих участках была реализована технология ОВНП разработанная и предложенная учёными КФУ.

С 2000 по 2004гг. круглосуточно отслеживались измерения по межскважинному гидродинамическому зондированию пласта методом ФВД.

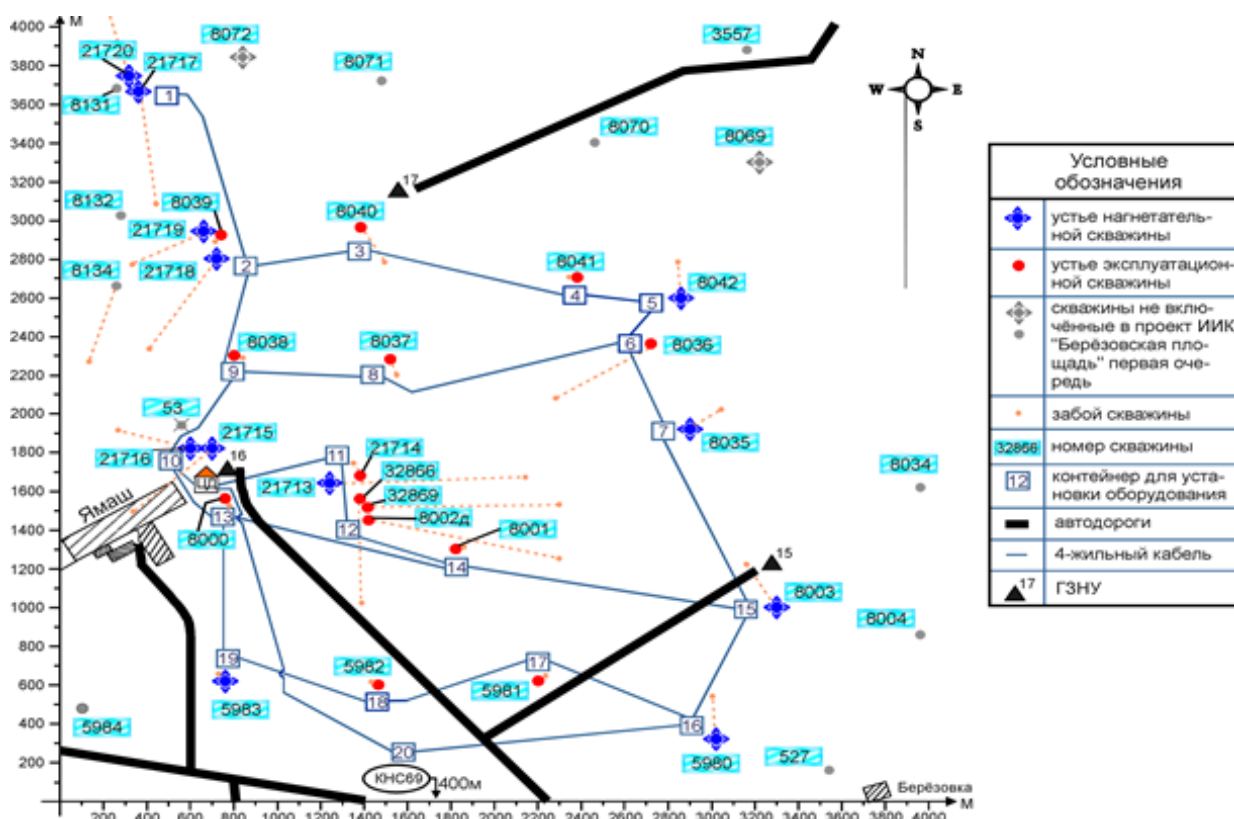


Рис. 3.1. Карта-схема экспериментального участка Берёзовской площади НГДУ Альметьевнефть вблизи поселка Ямаш Альметьевского района Татарстана.

В ходе сбора измерений неоднократно менялась конфигурация средств контроля и параметры регистрации данных. На рисунках 3.2-3.7 показаны зарегистрированные данные эксперимента по гидродинамическому исследованию межскважинных интервалов. Данный эксперимент был проведен в июле 2000 года, а результаты расчетов ФПП – в табл. 1.

Нагнетательно была выбрана скважина 21715, давление измерялось на 9 остановленных принимающих скважинах: 21713, 21714, 21716, 5982, 5983, 8000, 8002д, 32869, 32866. Период воздействия составлял 4 суток. Приемлемые данные для обработки колебания давления были зарегистрированы лишь только на 4 скважинах: 8000, 5983, 21714 и 5982. На графиках приведены измерения давления на затрубье нагнетательной скважины, а также и трех принимающих скважин. Данные давления измерялись в атмосферах, а данные по дебиту нагнетательной скважины в м³/ч.

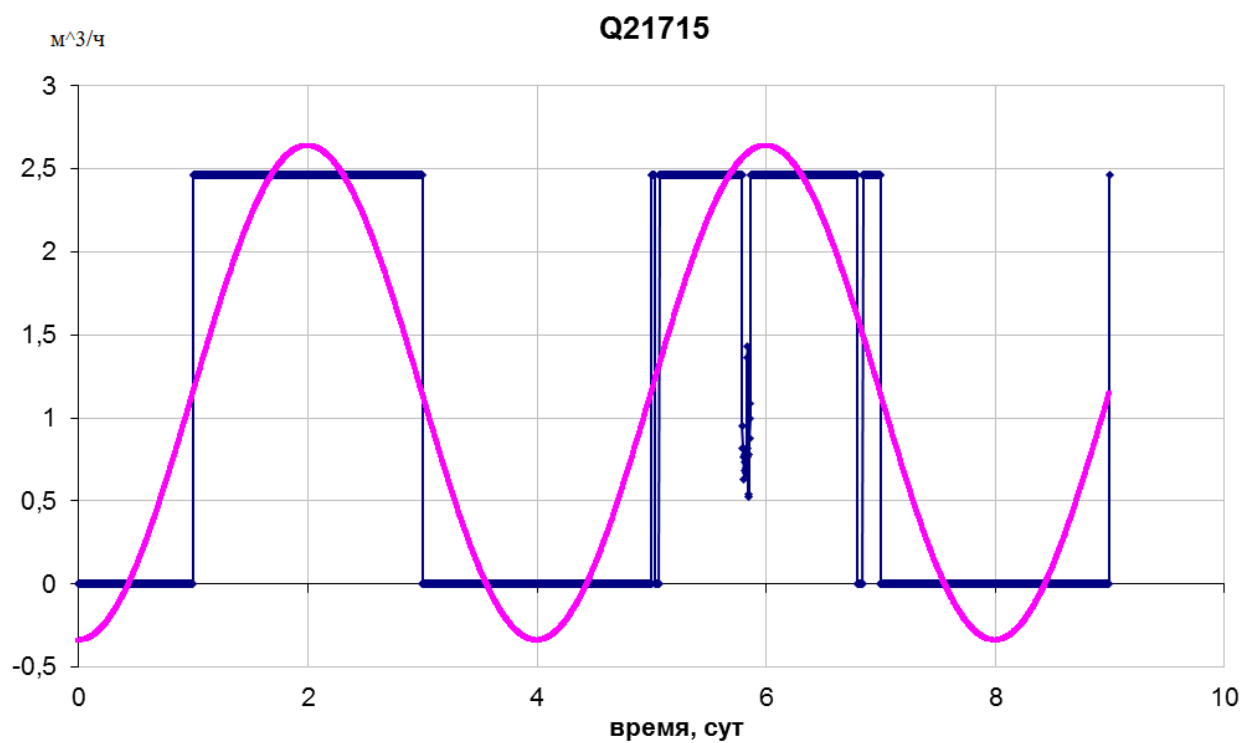


Рис. 3.2. Дебит на нагнетательной скважине 21715.

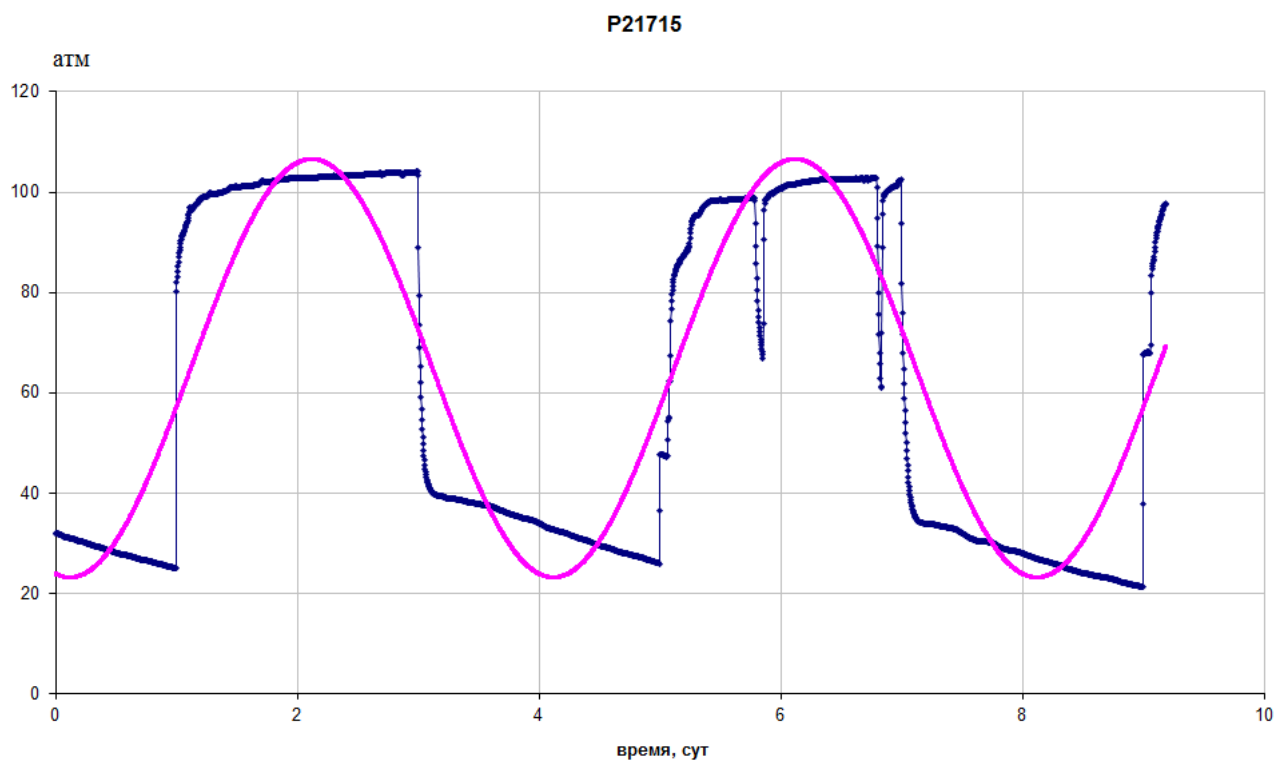


Рис. 3.3. Давление на затрубье нагнетательной скважины 21715.

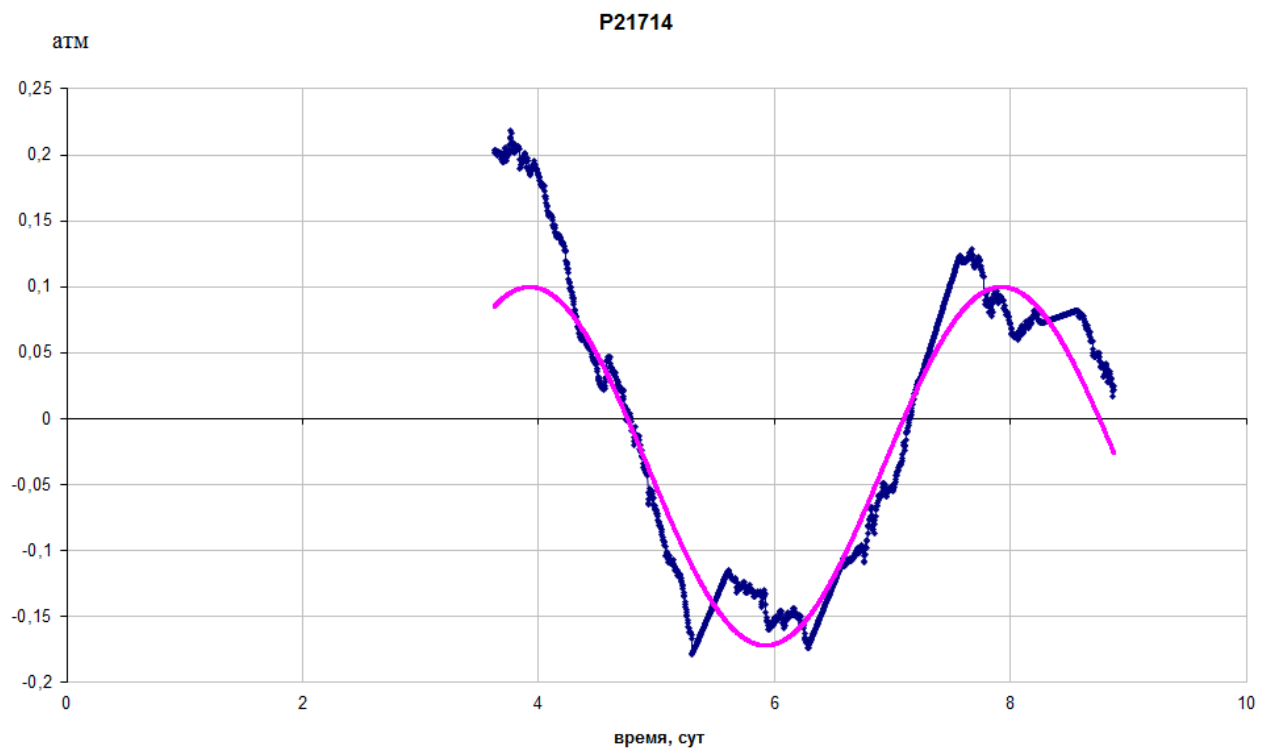


Рис. 3.4. Давление на принимающей скважине 21714.

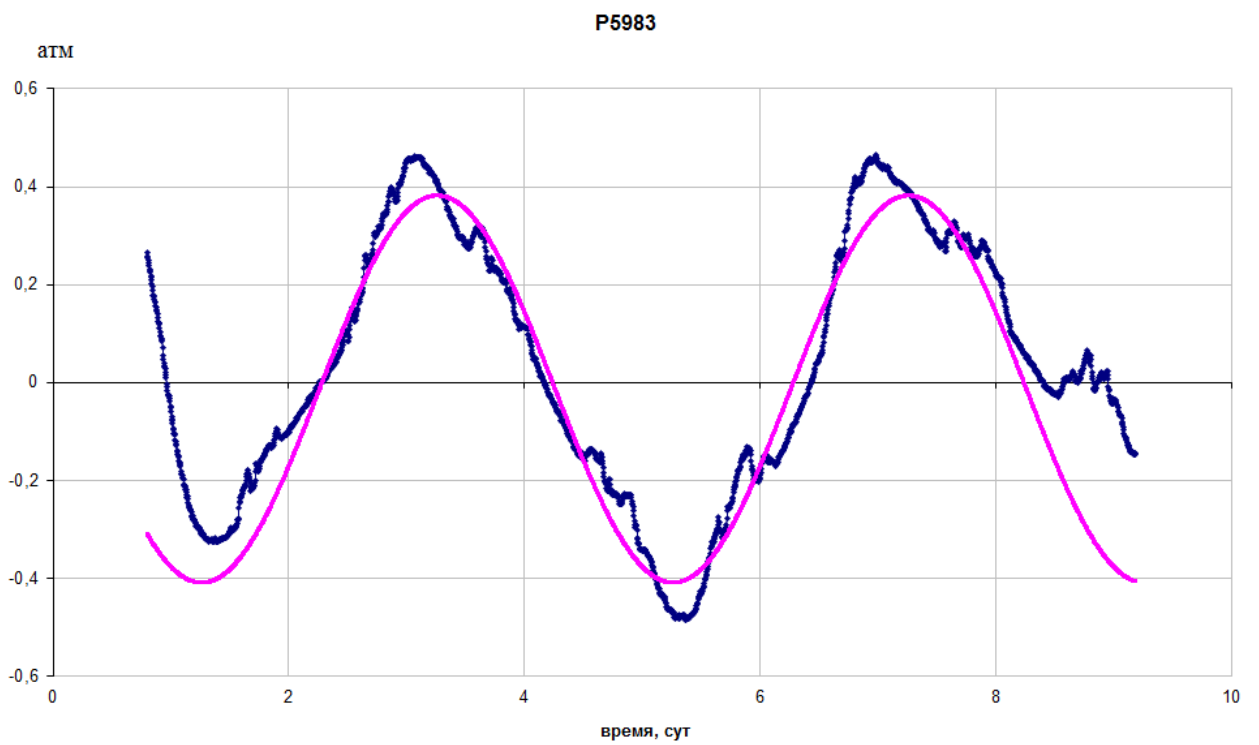


Рис. 3.5. Давление на принимающей скважине 5983.

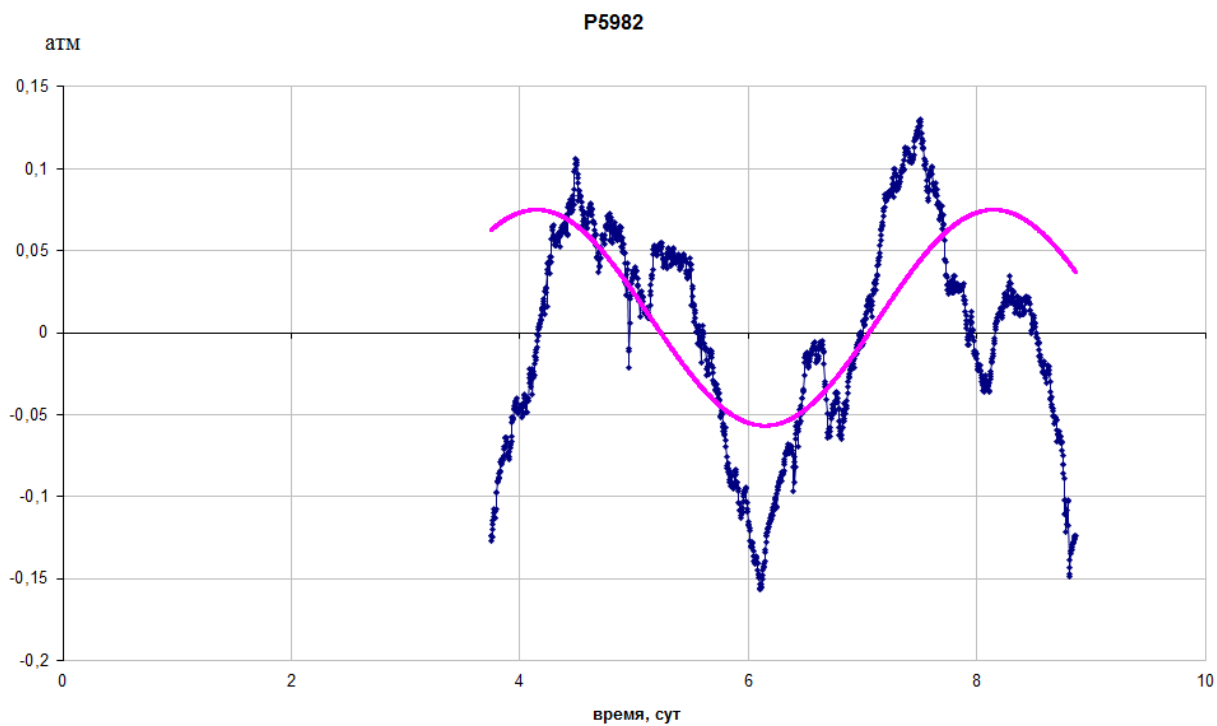


Рис. 3.6. Давление на принимающей скважине 5982.

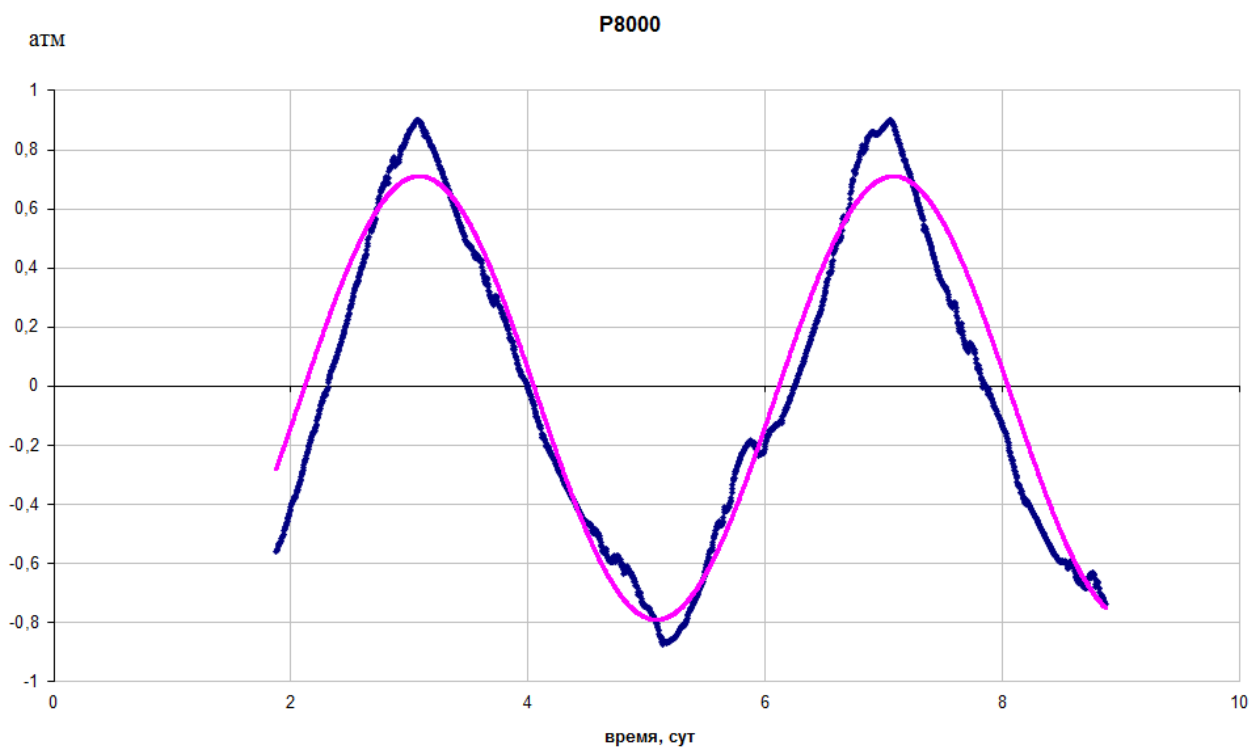


Рис. 3.7. Давление на принимающей скважине 8000.

При обработке измерений с помощью графической программы обработки GrDataN.xls были выполнены следующие действия:

- При загрузке данных из файлов (архивов) показания приборов были преобразованы в давление по калибровочным параметрам датчиков.
- Получены данные расхода жидкости нагнетательной скважины по информации о суммарном суточном расходе, полученной по приборам, которые были установлены на КНС и сведениям канала давления этой скважины.
- Произведена фильтрация и корректировка измерений давления с применением методов интерполяции и ручной корректировки точек.
- Выделена и предусмотрена непериодическая составляющая (линия тренда) данных давлений по методикам скользящего среднего с экстраполяцией по регрессии к полиному и построения полинома по точкам функции. Способ учета линии тренда выбирался отдельно для данных каждой скважины.

Был проведен гармонический анализ измерений для каждой скважины, а также были вычислены значения амплитуд первой гармоники давлений и дебита. Также были произведены расчеты сдвига фаз первых гармоник давления относительно нагнетательной скважины. Были вычислены коэффициенты гидропроводности и пьезопроводности для межскважинных интервалов по формулам классической модели Щелкачева В.Н.

(Таблица 1)

Результаты обработки данных по гидропрослушиванию

Параметр	Обозн.	Единицы	21715	8000	5983	21714	5982
Пост. сост. дебита	q_0	$10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$	1.23				

Пост. сост. давления	P_{c0}, P_0	МПа	6.54	2.02	1.15	2.73	1.77
Ампл.1 гарм. дебита	q_{c1}	$10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$	1.57				
Ампл.1 гарм. давления	P_{c1}, P_1	МПа	4.17	0.075	0.04	0.014	0.007
Отношение амплитуд	P_1/q_{c1}	МПа*с/м ³	2800	50.4	26.6	9.13	4.42
Длина интервала	r	м	0	478	583	937	1095
Сдвиг фазы	δ_c, δ	рад	0.19	1.703	1.984	3.026	3.372
Пьезопроводность	χ	м ² /сек		1.146	1.176	1.133	1.23
Гидропроводность	ε	$10^{-3} \text{ м}^3/\text{МПа*с}$	0.236	0.714	0.945	0.776	1.09

Таким образом, приложение позволяет в реальном времени показывать оператору данные о поведении контролируемых параметров объекта во времени, чтобы он мог принимать своевременные решения об изменении условий эксперимента.

Заключение

В процессе выполнения дипломной работы была собрана и апробирована мобильная передвижная установка для промысловых гидродинамических исследований, которая служит для анализа скважин и нефтяных пластов. В ходе выполнения данной работы было сделано:

1. Рассмотрены основные теоретические сведения, лежащие в основе гидродинамических методов исследования.

2. Изучена аппаратура «АСКУ-ВП» и «Mobile-1», методика проведения измерений, принципы работы данных автоматизированных комплексов.

3. В работе были применены программы: ADAM Utility; Flex; GrDatan; ProgT; Консоль оператора, которые были мною, изучены и отлажены.

4. Программа обработки результата исследований позволяет в реальном времени показывать оператору данные о поведении контролируемых параметров объекта во времени, чтобы он мог принимать своевременные решения об изменении условий эксперимента.

Собранная мобильная установка позволит ознакомиться с гидродинамическими методами исследования пластов и скважин, устройством контрольно-измерительной регистрирующей аппаратуры, которая используется на нефтепромыслах, а также позволит проводить гидродинамические исследования методом ФВД в промысловых условиях.

Литература

1. Овчинников М.Н. Интерпретация результатов исследований пластов методом фильтрационных волн давления. Казань. ЗАО «Новое знание», 2003, с.5-8.
2. Бузинов С.Н., Умрихин И.Д. Исследование нефтяных и газовых скважин и пластов. М.: Недра, 1984, с.265-269.
3. Бузинов С.Н., Умрихин И.Д. Гидродинамические методы исследования скважин и пластов. М.: Недра, 1973, с.248.
4. Метод фильтрационных волн давления как средство исследования нефтяных месторождений / Овчинников М.Н., Куштанова Г.Г., Гаврилов А.Г., Одиванов В.Л. Изд-во Казан. Гос. Ун-та, 2008. – 7с, 148с.
5. 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
6. Одиванов В.Л., Гаврилов А.Г., Овчинников М.Н. Автоматизация исследований флюидонасыщенных пластов методом волн давления // Учён. Зап. Казан. ун-та. Сер. Физ. - матем. Науки.- 2010.-Т. 152, кн.1.- С.73-79.
7. Техника и технология определения параметров скважин и пластов: справочник рабочего / В.Н. Васильевский, А.И. Петров – М.: Недра, 1989. – 271с.

8. Метод фильтрационных волн давления как средство исследования нефтяных месторождений / Овчинников М.Н., Куштанова Г.Г., Гаврилов А.Г., Одиванов В.Л. Изд-во Казан. Гос. Ун-та, 2008. – 148с.
9. Штанин А.В. Автоматизированная система контроля выработки пласта / А.В. Штанин // Нефтяное хозяйство. – 2003. - №8 – с. 111.
10. Одиванов В.Л. Автоматизация гидродинамических исследований призабойной зоны скважин / В.Л. Одиванов, А.Г. Гаврилов, А.В. Штанин // Сб.тр. 21 межд. конф. «Мат. методы в технике и технологиях» т.6. - С.283-284.
11. 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.
12. Корсо Тензоприбор Юг [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.aboutcompany.ru/company/tenzopribor_oao.html
13. Crystal Enginneering [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.ametekinstruments.ru/mct/crystal/index.aspx>
14. Датчик давления ЗОНД-10-ИД-В-1190 [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.ggp.ru/converters-overpressure/zond-10-id-1190.html>
15. Продукция - МИКОН – 107 – ООО «Микон» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.mikon.ru/107/>
16. Кориолисовые расходомеры фирмы Rheonik [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.gaspro.ru/coriolis-meters.html>
17. Счетчик вихревой СВУ • Приборная продукция • РС Технологии [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.rstechnology.ru/goods/sv_svu/

18. Электромагнитный расходомер-счетчик модели ADMAG AXF [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.etalonchel.ru/catalog/?id=166>

19. 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>

20. Александр Локотков №2/1997 «Устройства связи с объектом. Модули фирмы Advantech» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.cta.ru/cms/f/326685.pdf>

21. Одиванов В.Л. Распределенный программно-аппаратный комплекс для систем мониторинга и управления технологическими процессами / В.Л. Одиванов, А.В. Семенов // Приборы. – 2007. - №8 - С.35-45.

Приложения

Приложение 1

Список сокращений

АРМ – Автоматизированное Рабочее Место

ГЗУ – Групповая Замерная Установка

КИП – Контрольно-Измерительные Приборы

КНС – Кустовая Насосная Станция

КТС АСКУ ВП – Комплекс Технических Средств – Автоматизированная Система Контроля и Управления Выработкой Пласта

НГДУ – НефтеГазоДобывающее Управление

ПК – Персональный Компьютер

ПО – Программное Обеспечение

ФВД – Фильтрационные Волны Давления

ФПП – Фильтрационные Параметры Пласта

OLE – Object Linking and Embedding (протокол связи приложений)