

УДК 550.832.07/.08

**МОДЕРНИЗАЦИЯ ПРИБОРОВ АГАТ-КГ42-6В И АГАТ-КГ42-СТВ6
ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ
СКВАЖИН**

**MODERNIZATION OF AGAT-KG42-6V AND AGAT-KG42-STV6 TOOLS
FOR OPERATIONAL HORIZONTAL OIL WELLS RESEARCH**

Семенов К. В.

ОАО НПФ «Геофизика», г. Уфа, Российская Федерация

K. V. Semenov

ОАО NPF "Geofizika", Ufa, Russian Federation

e-mail: Navara3@yandex.ru

Аннотация. Рассмотрены ключевые особенности эксплуатационных горизонтальных скважин. Обозначена актуальность развития измерительных систем по регистрации потокометрических и гидродинамических параметров горизонтальных скважин. Рассмотрены основные конструктивные особенности и принцип действия модуля сканирующего влагомера РВС-6В. Приведены результаты стендовых испытаний разработанной комплексной геофизической аппаратуры АГАТ-КГ-42-6В и АГАТ-КГ42-СТВ6 на термобаростойкость. В ходе экспериментов выявлена зависимость показаний каналов влагомера от внешнего давления и температуры. Эта зависимость обусловлена не только изменением свойств диэлектрического материала датчика под действием внешнего давления и температуры, но и изменениями свойств экранированного провода, емкость которого, в зависимости от давления, становится соизмерима с емкостью измерительного конденсатора. Для устранения указанного влияния предложено расположить электрическую схему преобразования емкости измерительного конденсатора в прижимном рычаге, в непосредственной близости с датчиком. Показано, что предложенный вариант повышения термобаростабильности успешно прошел лабораторные испытания и имеет хорошие результаты.

Abstract. The key features of operational horizontal well are considered. Relevance of measuring systems for registration of horizontal oil wells hydrodynamic parameters is designated. The main design features and principle of work scanning hydrometer module RVS-6V are considered. The development results of bench tests of developing complex geophysical equipment AGAT-KG-42-6V and AGAT-KG42-STV6 on thermal and pressure resistance are given. Hydrometer channels indications relation from external pressure and temperature is identified in the course of experiments. This relation is determined not only with dielectric material properties change of the sensor under the influence of external pressure and temperature, but also

with braided wire properties change, capacity of which becomes comparable with capacity of the instrument capacitor depending on pressure. It is proposed to arrange the capacity transformation electric circuit of the instrument capacitor in a pad, in close proximity to the sensor, to eliminate the mentioned influence. The realization option is shown successfully passed laboratory tests and had good results.

Ключевые слова: горизонтальные скважины, влагомер, термобаростойкость, датчики, давление, температура, модуль привязки, каналы регистрации.

Keywords: horizontal wells, hydrometer, thermal and pressure resistance, sensors, pressure, temperature, calibration module, registration channels.

Развитие измерительных систем по регистрации потокометрических и гидродинамических параметров эксплуатационных горизонтальных скважин является одной из приоритетных задач в области контроля за разработкой нефтегазовых месторождений [5,8].

Сложность задачи обусловлена не только доставкой аппаратуры в горизонтальную часть ствола скважины, но и особенностями физических процессов в ней, связанных с гравитационным разделением потока флюидов на фазы разные по плотности, влагосодержанию, скорости течения и т.д. [5].

При вскрытии пласта горизонтальным стволом наиболее важными параметрами являются эффективная рабочая толщина коллектора, интервалы притока углеводородов и воды (профиль притока), текущая нефтенасыщенность коллекторов в процессе эксплуатации, эффективность дренирования залежи по всей длине горизонтального ствола [1].

Для определения этих параметров в условиях горизонтального ствола в ОАО НПФ «Геофизика» за последнее десятилетие был разработан целый ряд скважных приборов сканирующего типа, отличающихся количеством сканирующих датчиков и сканирующих зондов.

Комплексная аппаратура АГАТ-КГ-42-6В и АГАТ-КГ42-СТВ6 предназначена для исследования эксплуатационных скважин с горизонтальным участком ствола в процессе контроля за разработкой нефтяных месторождений. Аппаратура имеет модульную структуру. В состав прибора АГАТ-КГ42-6В входит модуль сканирующего влагомера РВС-6В и модуль привязки к разрезу ПМ-42М2. В состав прибора АГАТ-КГ42-СТВ6 кроме двух упомянутых модулей, входит модуль сканирующего термометра СТ-6.

Модуль РВС-6В представляет собой шестирычажный сканирующий влагомер, комбинированный с высокочувствительным расходомером и высокочувствительным термометром. Модуль привязки ПМ-42М2 имеет в своем составе каналы регистрации давления, температуры, локации муфт, гамма-каротажа, влагосодержания, термоиндикации притока и две приставки:

расходомер малого диаметра и модуль резистивиметра. Модуль СТ-6 представляет собой шестирычажный сканирующий термометр.

На рисунке 1 изображена структурная схема и габаритные размеры аппаратуры АГАТ-КГ-42-6В.

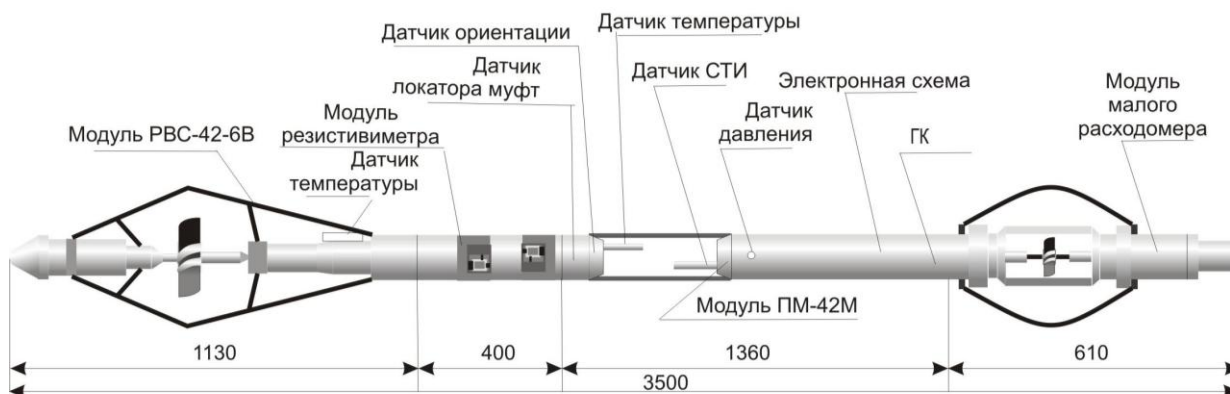


Рисунок 1. Аппаратура АГАТ-КГ-42-6В

В составе сканирующих модулей РВС-6В и СТ-6 имеются датчики ориентации для определения угла отклонения прибора от вертикали и для определения угла поворота прибора вокруг своей оси относительно условно принятого начального значения.

Особенность конструкции сканирующего влагомера заключается в том, что шесть датчиков влагомера расположены на шести рычагах, которые в раскрытом состоянии имеют диаметр 132 мм. Рассредоточенные по периметру ствола емкостные датчики обеспечивают сканирование состава флюида по сечению горизонтального участка скважины. На рисунке 2 показан зонд модуля РВС-6В.

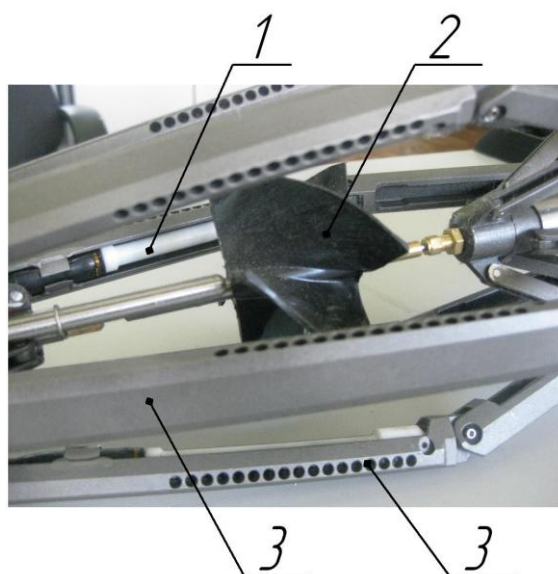


Рисунок 2. Фото зонда РВС-6В

В рычагах 3 располагаются датчики влажности 1. Как видно из рисунка 2, рычаги имеют несколько отверстий круглой формы для лучшего притока (оттока) жидкости к датчику. Внешняя часть рычагов выполнена без отверстий, для защиты датчиков от механических повреждений во время скольжения рычагов по колонне. Турбинка расходомера 2 выполнена из эластичного бензостойкого материала.

В модуле сканирующего влагомера используется емкостной метод идентификации фазы потока путем определения диэлектрической проницаемости среды. Так как значения диэлектрической проницаемости воды, нефти и газа различаются, по значению импеданса конденсатора можно определить в какой среде он находится.

Датчики сканирующего влагомера изготовлены из диэлектрического бензостойкого материала, нанесенного на металлический стержень, выполняющего роль одной из обкладок измерительного конденсатора. Второй обкладкой измерительного конденсатора является рычаг.

Электрический сигнал с датчика по экранированному одножильному проводу поступает в базовую часть модуля РВС-6В, где происходит преобразование емкости измерительного конденсатора. В ходе экспериментальных исследований была выявлена зависимость показаний каналов влагомера от внешнего давления и температуры. Как выяснилось, эта зависимость обусловлена не только изменением свойств диэлектрического материала датчика под действием внешнего давления и температуры, но и изменениями свойств экранированного провода, емкость которого в зависимости от давления становится соизмерима с емкостью измерительного конденсатора. Изменение емкости провода при воздействии внешнего давления и температуры оказывает существенное влияние на показания каналов влагомера. И хотя каналы сканирующего влагомера являются индикаторными, а не измерительными, тем не менее, изменение свойств провода оказывает очень большое влияние на показания влагомера.

Неотъемлемой частью разработки и модернизации аппаратуры является ее экспериментальные испытания на лабораторных стендах [2,4]. На рисунке 3 изображен фрагмент диаграммы, который был записан при испытании модуля РВС-6В №327 в лабораторных условиях в барокамере.

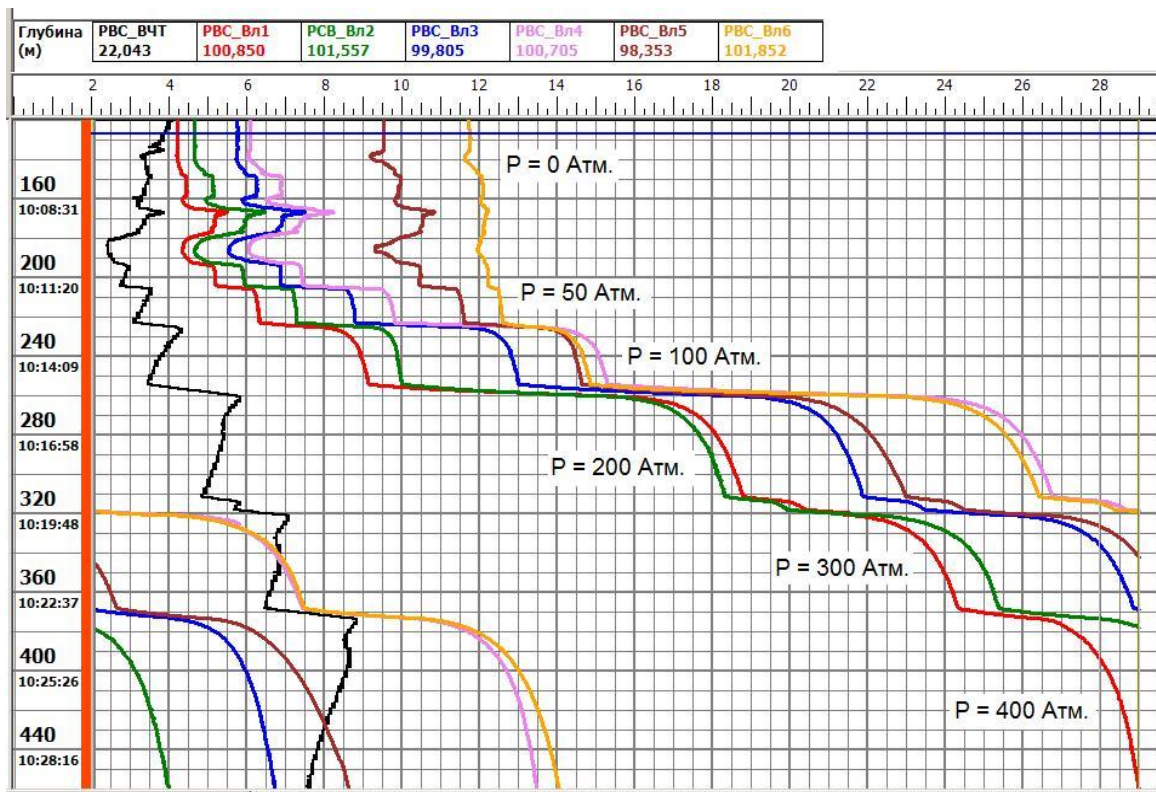


Рисунок 3. Испытание модуля PBC-6B №327 в барокамере

Испытания проводились в воде при комнатной температуре. Цветными кривыми изображены показания шести влагомеров, черной кривой изображено изменение температуры в камере. Показания по каналам соответствуют горизонтальному маркеру (синяя кривая) чуть выше отметки нулевого давления. Масштаб по каналам влагомеров составляет 5 условных единиц на клетку, а по каналу термометра 0,1 °C на клетку.

Из диаграммы рисунка 3 следует, что показания по каналам влагомера при начальном нулевом давлении близки к 100 условным единицам. Это соответствует пресной воде при принятом методе градуировки. Далее при ступенчатом повышении давления в камере (50, 100, 200, 300 и 400 атмосфер), показания датчиков влагомера увеличивались. На диаграмме отчетливо видны ступеньки по каналам влагомеров, соответствующие увеличению давления. Кроме того, увеличение давления в ограниченном объеме вызывает повышение температуры, что фиксируется каналом термометра.

На рисунке 4 показана часть того же интервала, что и на рисунке 3, только маркер показывает значения по каналам при давлении в барокамере равном 400 атмосфер.

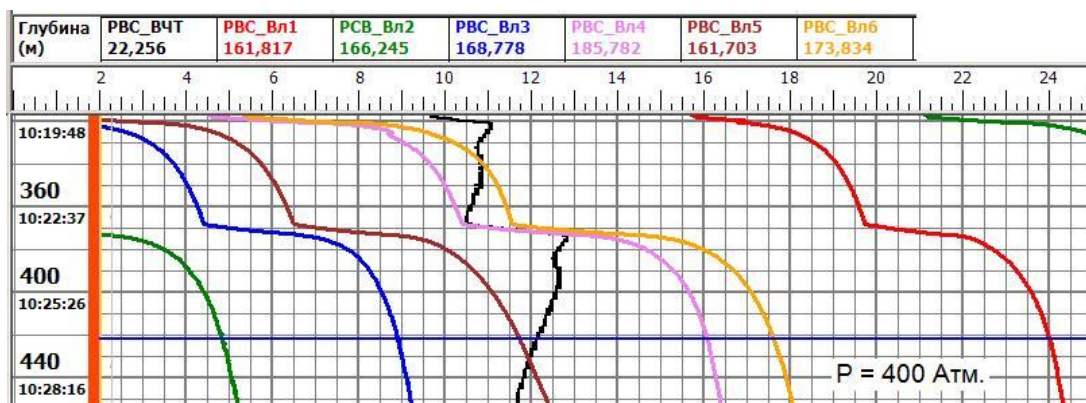


Рисунок 4. Испытания модуля PBC-6В №327 в барокамере

В этом случае при внешнем давлении 400 атмосфер показания сканирующего влагомера превышают показания 100 условных единиц, соответствующих воде, на очень значительную величину.

Из проведенных исследований следует, что с увеличением внешнего давления увеличиваются показания по всем шести каналам влагомеров.

Кроме испытаний по давлению, были проведены испытания по температуре в воде. Нагрев прибора осуществлялся до +100 °С. На рис. 5 показан фрагмент записи испытаний по температуре в диапазоне от +38 до +95 °С.

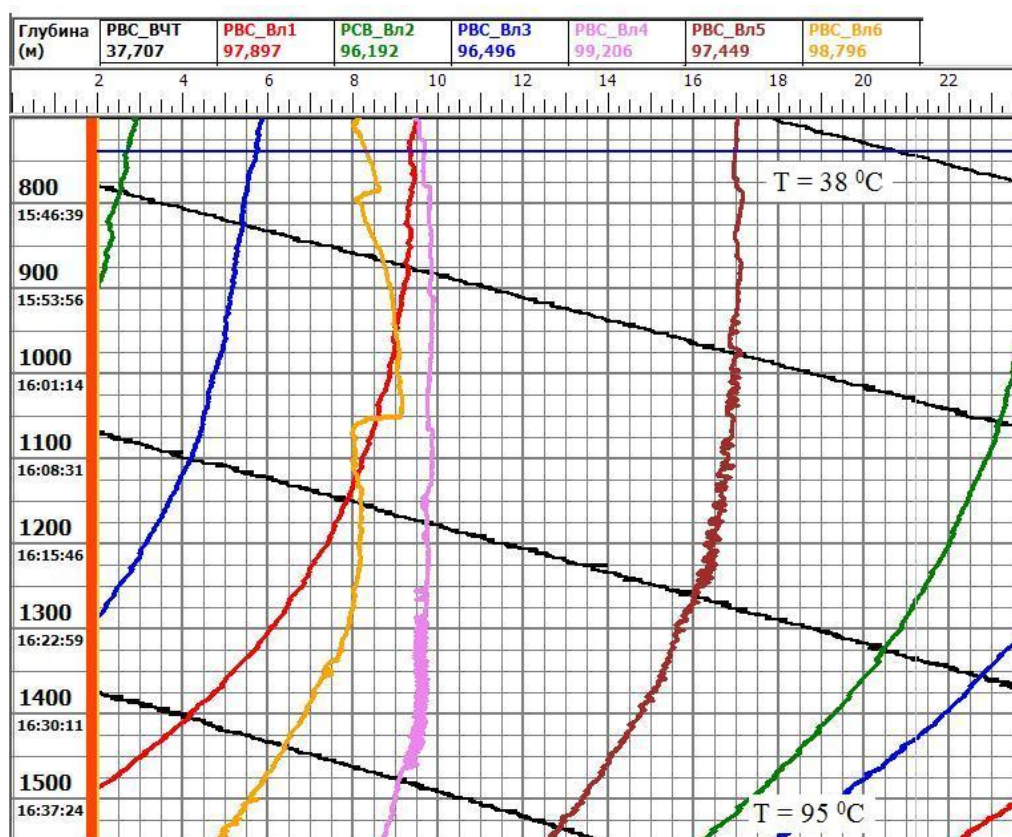


Рисунок 5. Температурные испытания модуля PBC-6В №327 в воде

Из диаграмм рисунка 5 следует, что при повышении температуры окружающей среды показания всех шести датчиков уменьшаются. По итогам испытаний максимальное уменьшение показаний было зафиксировано по каналу «влажномер 3» и составило 35 условных единиц.

Работы по модернизации аппаратуры были направлены на повышение баростабильности датчиков сканирующего влагомера. Для повышения этого параметра было решено расположить электрическую схему преобразования емкости измерительного конденсатора в рычаге, в непосредственной близости с датчиком, что позволило исключить влияние экранированного провода на показания влагомера.

На рисунке 6 изображена диаграмма испытаний модуля РВС-6В №352, соответствующая моменту ступенчатого повышения давления в камере. Методика испытания такая же как и в случае испытаний модуля РВС-6В №327. Ко времени испытаний канал измерения температуры не был градуирован, поэтому показания по нему представлены в коде, а не в градусах (РВС_ВЧТ). Показания каналов влагомеров (РВС_Вл1 ... РВС_Вл6) соответствуют начальной точке испытаний без внешнего давления (синий горизонтальный маркер на диаграмме). Согласно приведенной диаграмме показания всех шести индикаторных каналов влагомеров близки к 100%, что при принятом методе градуировки соответствует воде при комнатной температуре.

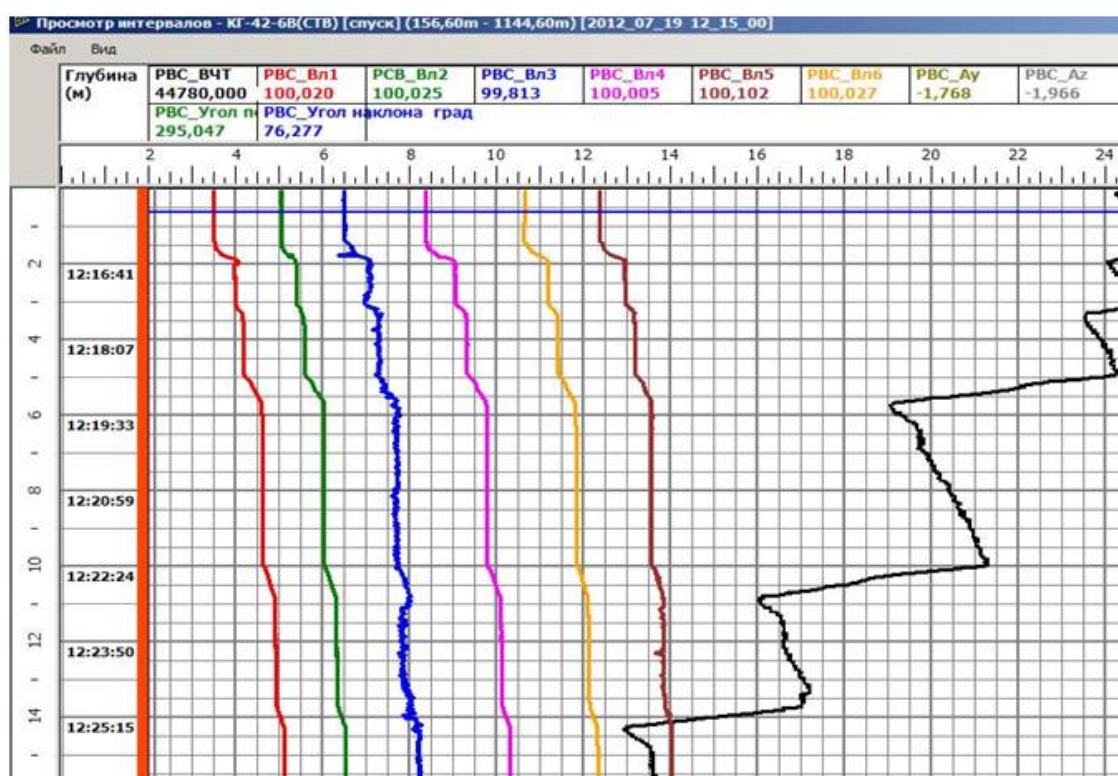


Рисунок 6. Показания влагомеров модуля РВС-6В № 352 в барокамере без давления

На рисунке 7 изображена та же диаграмма. Значения по каналам соответствуют конечной точке испытаний при давлении 40 МПа.

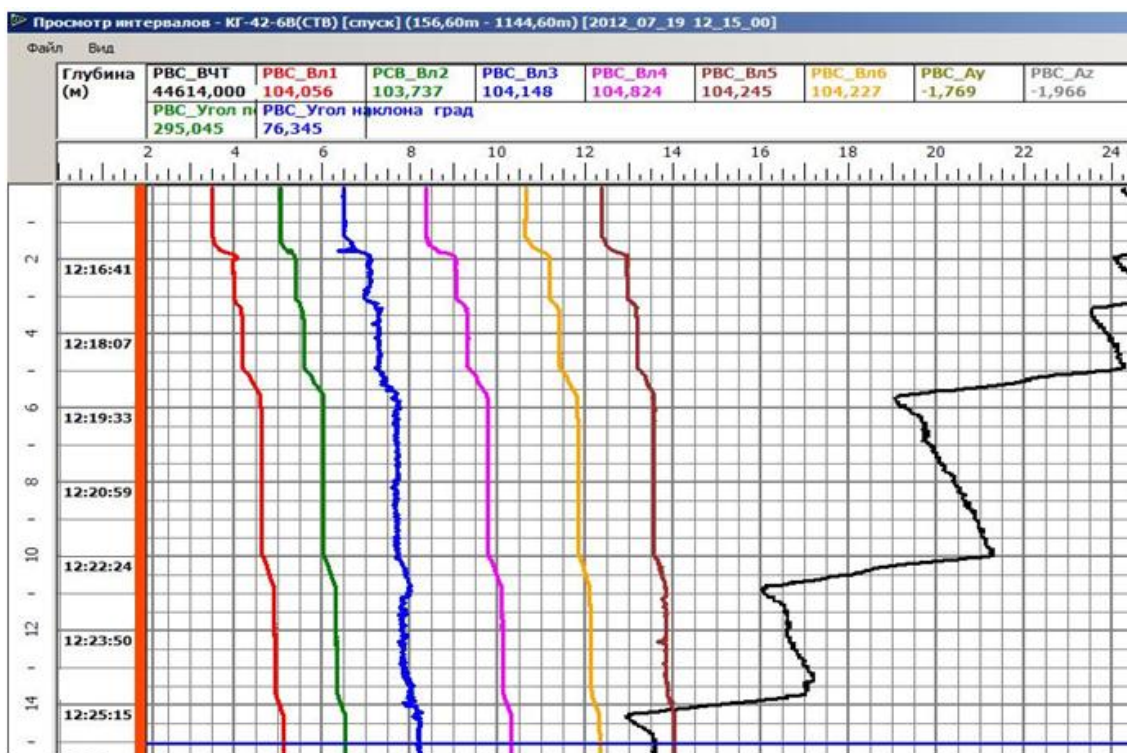


Рисунок 7 Показания влагомеров модуля PBC-6B № 352 в барокамере при давлении 40 МПа

Согласно диаграмме показания всех шести датчиков влагомеров сместились в большую сторону. Максимальная разность показаний в зависимости от давления зафиксирована у датчика № 4 и составила 4.819%. Необходимо отметить общую синхронность всех датчиков. Очевидно, что при повышении давления в камере на определенную величину, показания каждого датчика смещаются примерно на равное остальным датчикам значение, о чем говорят размеры «ступенек» по всем шести каналам. У датчика №3 наблюдается небольшой шум, но для индикаторного канала шум в пределах 1% вполне допустимое явление.

Испытания при более высоких давлениях проводились в испытательной лаборатории ОАО НПФ «Геофизика» на «Заводе скважинной геофизической аппаратуры» на установке УИСП-ДТ 6.2 для испытания скважинных приборов. На рисунке 8 изображена диаграмма записи испытаний прибора АГАТ-КГ42-6В №336.

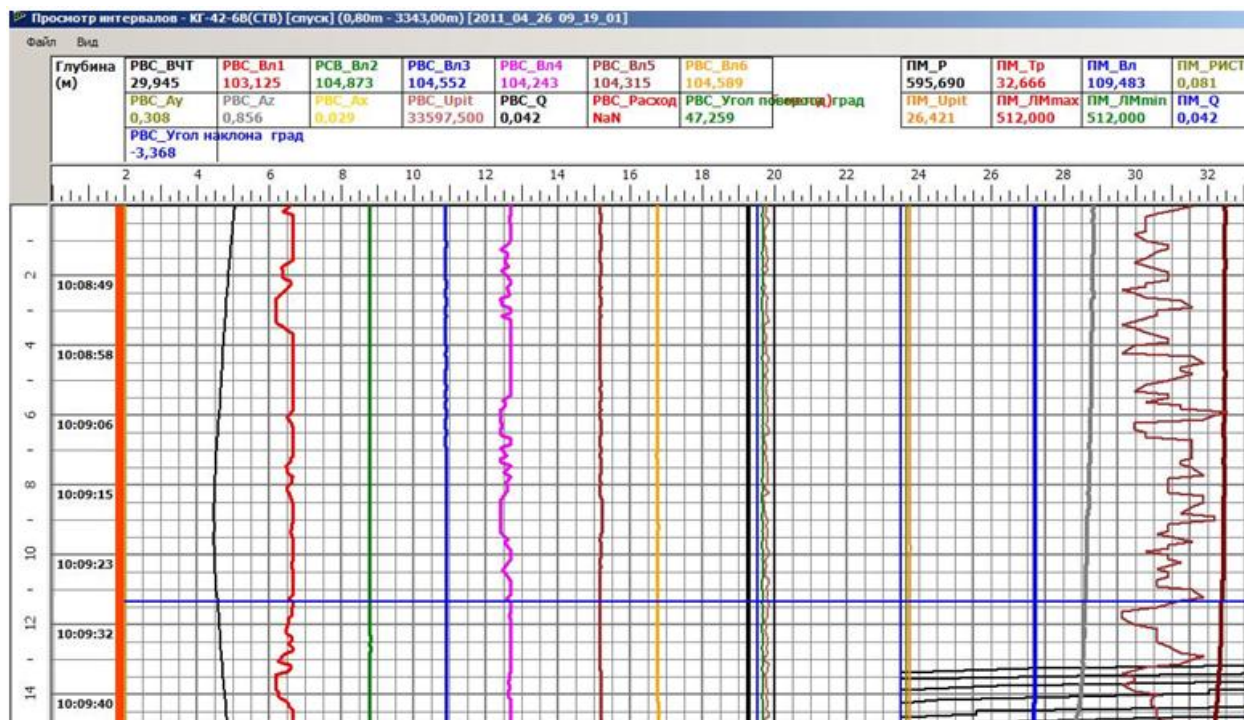


Рисунок 3.3. Результаты испытаний прибора АГАТ-КГ-6В №336 в термобарокамере

Согласно диаграмме в данный момент испытаний температура и давление в камере составляли 29,945 °С и 59,9 МПа соответственно (каналы PBC_ВЧТ и PM_P).

Выводы

Полученные результаты испытаний аппаратуры АГАТ-КГ42-6В позволяют судить о достигнутом значительном повышении баростабильности датчиков сканирующего влагомера. На данном этапе разработки аппаратуры необходимы дальнейшие исследования выбранного способа улучшения характеристик, анализ полученных результатов и выявление возможных недостатков.

Литература

1. Бельшев Г.А., А.С. Ахметов Многофункциональные программно-управляемые скважные приборы для контроля за разработкой нефтегазовых месторождений // Каротажник. 2003. №111-112. С.103-110.
2. Сканирующие аппаратно-программные комплексы для исследования эксплуатационных горизонтальных скважин / Бельшев Г.А. и др. // Новая техника и технологии для геофизических исследований скважин: тез. докл. науч.-практ. конф. Уфа, 2011. С.31-32.

3. Валиуллин Р.А. Яруллин Р.К., Яруллин А.Р. Тестирование скважной аппаратуры на стенде – как обязательный элемент испытаний при разработке и передаче ее в производство // Нефтегазовое дело. 2012. №3. С.300-308.
4. Савич А.Д. Геофизические исследования горизонтальных скважин. Состояние и проблемы // Каротажник. 2010. №2. С.16-36.
5. Ландсберг Г.С. Элементарный учебник физики. В 3 т. М.: Недра, 1975. – Т.2. Электричество и магнетизм. 528с.
6. Лобанков В.М. Проблемы метрологического обеспечения геофизических исследований в горизонтальных скважинах // Каротажник. 1996. №21. С.80-83.
7. Яворский Б. М. Детлаф А. А. Справочник по физике М.: Наука, 1990. 624 стр.
8. Яруллин Р.К. Особенности геофизических исследований действующих горизонтальных скважин на поздней стадии эксплуатации нефтяных месторождений / Яруллин Р.К. и др. // Каротажник. 2010. №1. С.3-14.

References

1. Belyshev G.A., A.S. Ahmetov Multifunctional'nye programmno-upravlyaemye skvazhnye pribory dlja kontrolja za razrabotkoj neftegazovyh mestorozhdenij // Karotazhnik. 2003. №111-112. S. 103-110. [Russian Federation].
2. Skanirujushhie apparatno-programmnye komplekсы dlja issledovanija jekspluatacionnyh gorizontal'nyh skvazhin / Belyshev G.A. i dr. // Novaja tehnika i tehnologii dlja geofizicheskix issledovanij skvazhin: tez. dokl. nauch.-prakt. konf. Ufa, 2011. S. 31-32. [Russian Federation].
3. Valiullin R.A., Jarullin R.K., Jarullin A.R. Testirovanie skvazhnoj apparatury na stende – kak objazatel'nyj jelement ispytanij pri razrabotke i peredache ee v proizvodstvo // Neftegazovoe delo. 2012. №3. S. 300-308. [Russian Federation].
4. Savich A.D. Geofizicheskie issledovanija gorizontal'nyh skvazhin. Sostojanie i problemy // Karotazhnik. 2010. №2. S. 16-36. [Russian Federation].
5. Landsberg G.S. Jelementarnyj uchebnik fiziki. V 3 t. M.: Nedra, 1975. – T.2. Jelektrichestvo i magnetizm. 528 s. [Russian Federation].
6. Lobankov V.M. Problemy metrologicheskogo obespechenija geofizicheskix issledovanij v gorizontal'nyh skvazhinah // Karotazhnik. 1996. №21. S. 80-83. [Russian Federation].
7. Javorskij B.M., Detlaf A.A. Spravochnik po fizike M.: Nauka, 1990. 624 str. [Russian Federation].
8. Jarullin R.K. Osobennosti geofizicheskix issledovanij dejstvujushhix gorizontal'nyh skvazhin na pozdnej stadii jekspluatacii neftnykh mestorozhdenij / Jarullin R.K. i dr. // Karotazhnik. 2010. №1. S. 3-14. [Russian Federation].

Сведения об авторе

Семенов К.В., заведующий сектором технологического оборудования и сервиса
ИПЦ «Геомониторинг» ОАО НПФ «Геофизика», г. Уфа, Российская Федерация

K. V. Semenov, head of sector of processing equipment and service IPTs
Geomonitoring branch ОАО NPF “Geofizika”, Ufa, Russian Federation

e-mail: Navara3@yandex.ru