

ИНФОРМАТИКА,
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА
И УПРАВЛЕНИЕ

INFORMATICS,
COMPPUTER ENGINEERING
AND MANAGEMENT

УДК 550.8.053:681.3, 550.34.016, 550.34.037.2 DOI: 10.17212/1814-1196-2019-3-21-32

**Автоматизация обработки индикаторных
режимов работы нефтяных скважин
в базе данных непрерывных записей
поднасосных телеметрических систем
на основе структурированных sql-запросов***

М.Н. ГАВРИЛОВ^{1,a}, Ю.М. КОНОНОВ^{2,b}, С.С. БРОНИК^{3,c}

¹ 634050, РФ, г. Томск, пр. Ленина, 20, Национальный исследовательский Томский политехнический университет

² 625003, РФ, г. Тюмень, ул. Володарского, 6, Тюменский государственный университет

³ 634027, РФ, г. Томск, пр. Мира, 72, Томский научно-исследовательский и проектный институт нефти и газа

^a gavrilovmn@tpu.ru ^b yktom1@gmail.com ^c stanislavbronik@gmail.com

Ведение постоянного мониторинга добычи сопряжено с получением, обработкой и хранением огромного массива промысловых, промыслово-геофизических и промыслово-гидродинамических данных по опорной сети скважин. Последние десятилетия в промысловой геофизике и смежных методах мониторинга разработки на месторождениях Западной Сибири наблюдается стремительный рост объема получаемой информации о процессах, происходящих в системе «скважина–пласт» и околоскважинном пространстве. Опорные сети промыслово-геофизического и гидродинамического контроля за выработкой запасов на месторождении непрерывно растут (ввиду действия объективных факторов выбытия скважин из действующего фонда на поздних стадиях эксплуатации). А с 2011 года осуществляется переход на более технологичные методы прямой высокочастотной регистрации данных с применением технологий телеметрии в действующем фонде скважин (ТМС) с целью удовлетворения потребностей более широкого круга практических интересов, что обуславливает высокие темпы роста объема цифровых промысловых данных, характеризующиеся непрерывностью во временных рядах, и необходимость автоматизации повторяющихся элементов алгоритма экспертного анализа и интерпретации. Таким образом, не менее стремительно растет и количество запросов к цифровым данным. При небольших объемах данных и/или ограниченности временного ряда опытному эксперту не составляет труда извлечь из них полезную информацию. Но для эффективного использования объемных массивов данных и получения на этой основе качественно новых результатов актуальной является задача создания адекватных автоматизированных методов комплексного анализа и обработки. В этом случае автоматизированное извлечение полезной информации должно быть формализовано, происходить единообразно и объективно. Одной из

* Статья получена 28 февраля 2019 г.

важнейших проблем в рамках анализа непрерывных записей ТМС является распознавание периодов стабильной работы необходимого набора измерителей системы, выделение и классификация характерных режимов работы скважин на длинных одномерных и многомерных временных рядах физических наблюдений, распознавание аномальности события, разделение физических и технологических аномалий физического поля в скважине.

Ключевые слова: телеметрия скважин, база геофизических данных, алгоритм поиска, установившийся режим работы скважин, физическое измерение, поле давления в скважине, энергетическое состояние залежи, фильтрационно-емкостные свойства, структурированные запросы sql

ВВЕДЕНИЕ

В настоящей статье рассматривается вопрос практической реализации в формате структурированных sql-запросов алгоритма предварительной обработки данных в базе физических измерений с применением ТМС в скважинах. Целью предварительной автоматизированной обработки стоит выделение временных интервалов соответствующих гидродинамическому исследованию нефтяных скважин на установившихся режимах (ИД) в процессе их эксплуатации и подготовка набора характеристик, подлежащих дальнейшему экспертному анализу и интерпретации.

Актуальность задачи обусловлена значительным объемом внедрения систем телеметрии скважин на месторождениях Западной Сибири, начиная с 2011 г., и соответствующим объемом накопленных непрерывных по времени данных физических измерений с высокой дискретизацией, особенно для месторождений на поздних стадиях разработки. При этом случайные и иные технологические события в процессе разработки месторождения должны были обеспечить условия для записи данных, характерных для специальных гидродинамических исследований скважин, достаточных для получения значимых характеристик для системы «скважина–пласт», без дополнительного простоя и соответствующих потерь по добыче, а соответственно и затрат на проведение таких исследований специализированной сервисной организацией.

Но ручной экспертный анализ такого объема данных представляет собой весьма трудоемкую задачу и практически неосуществим в реальных временных рамках реализации задач анализа истории разработки месторождения для фильтрационного моделирования и/или анализа выработки запасов. Таким образом, примененный формат структурированных sql-запросов на начальном этапе апробации автоматизированного алгоритма обработки непрерывных записей ТМС обоснован не только экономическими факторами, но и условием эксперимента – без специального создания условий исследования на скважине (исследование в режиме разработки), что подразумевало вероятность отсутствия характерных аномальных событий за анализируемый период и, как следствие, отсутствие необходимости в разработке более сложного интерфейса обработки.

В ходе эксперимента удалось подтвердить, что периодические и случайные технологические изменения режима работы скважин на одном из месторождений Западной Сибири позволяют регистрировать данные, похожие по условиям проведения гидродинамического исследования ИД. Регистрируемые ИД позволяют уменьшить потери добычи нефти на регулярные исследования и контролировать динамику пластового давления по залежи, проводить оценочные расчеты фильтрационно-емкостных свойств пласта.

1. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Основные задачи контроля разработки месторождений общеизвестны, к ним относятся оценка энергетического состояния продуктивного пласта, продуктивности скважин, ФЕС пласта и «совершенства» скважины. Однако фактический охват контрольными мероприятиями за каждый отдельно взятый период разработки по площади месторождения не всегда характеризуется достаточностью и равномерностью, особенно это свойственно для многопластовых месторождений Западной Сибири.

В свете вышесказанного встает вопрос о границах возможностей высокоточных ТМС как инструмента повышения информативности системы разработки месторождений и возможности повторного анализа архива записей ТМС с позиции перспектив выделения и интерпретации интервалов, схожих по технологическим условиям на специализированные гидродинамические исследования. Таким образом, для данного эксперимента задача такова: выделение в большом массиве значений текущего давления на приеме скважинного насоса характерных режимов системы «пласт–скважина», соответствующих установившемуся режиму, в ходе решения которой учитывались особенности и несоответствия дискретности измерений забойного давления и дебита скважины. Если давление может измеряться с дискретностью в сотни раз в секунду, то дебит на рассматриваемом месторождении измеряется раз в два часа (для большинства скважин с ТМС), а в некоторых – раз в сутки, что согласуется с требованием действующих нормативных документов, но значительно осложняет возможности формирования интерпретационного пакета данных. За основу был взят алгоритм, представленный специалистами ООО «БашНИПИнефть» (Инженерная практика № 10-11/2016), адаптированный к технологическим условиям рассматриваемого месторождения (рис. 1).

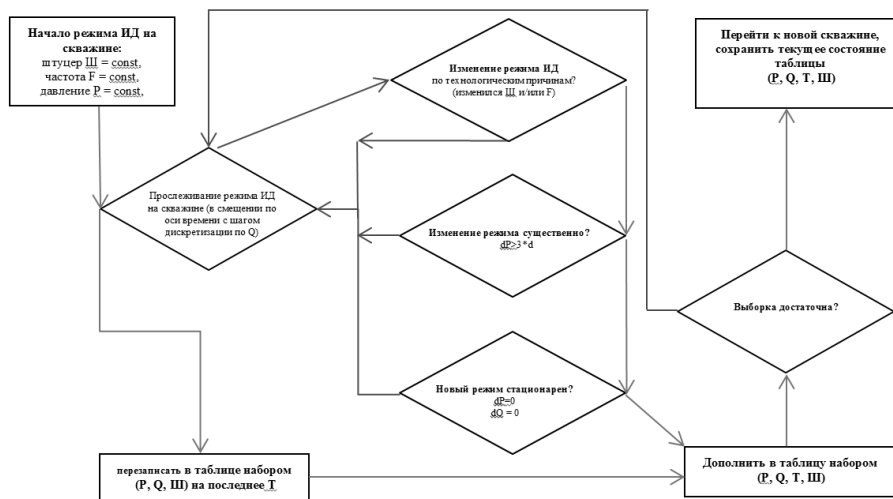


Рис. 1. Алгоритм автоматической обработки ИД с использованием непрерывных замеров забойного давления датчиками ТМС

Fig. 1. An algorithm for automatic processing of ID using continuous measurements of bottomhole pressure with TMS sensors

2. ФОРМАЛИЗАЦИЯ АЛГОРИТМА В ВИДЕ SQL-ЗАПРОСОВ

Входные данные для запуска алгоритма – таблица промысловых замеров (база промысловых замеров); динамическими параметрами являются название (код) месторождения, скважины, дата (T), замер давления на приеме насоса (P) и почасовой дебит скважины (Q).

```

declare
    start_date      date_table := date_table();
    end_date        date_table := date_table();
    last_val        number_table := number_table();
    pres_val        number_table := number_table();
    prod_val        number_table := number_table();
    tmp_val         number;
    value_cnt       number;
    check_flag      number := 0;
    pressure_cnt    number;
    pressure_total  number;
    avg_pressure    number;
    prod_cnt        number;
    prod_total      number;
    avg_prod        number;
begin
    delete from IK_TEMP_TBL;
    commit;
    for cc in (select uwi,
                     oilfield_name,
                     oil_field_code,
                     well_name,
                     rec_date,
                     nvl(change_start, '&start') change_start,
                     nvl(change_end, '&end') - 1 change_end,
                     str,
                     nvl(next_str, str) next_str,
                     count(uwi) over(partition by uwi) cnt
                from (select uwi,
                             oilfield_name,
                             oil_field_code,
                             well_name,
                             rec_date,
                             lag(trunc(next_date, 'DD')) over(partition by
uwi order by rec_date) change_start,
                             next_date change_end,
                             str,
                             next_str
                        from (select uwi,
                                     s.oilfield_name,
                                     oil_field_code,
                                     s.well_name,
                                     trunc(rec_date, 'DD') rec_date,
                                     lead(trunc(rec_date, 'DD'))
over(partition by uwi order by rec_date) next_date,
                                     to_char(number_value) str,
                                     lead(to_char(number_value))
over(partition by uwi order by rec_date) next_str
                        from replicator.onyx_param_values s
                        where param_id = 36
                          and rec_date between '&start' and '&end'
                          and s.oil_field_code = 'MS0345'
                          and uwi = '3020016000'
                        )
                        where nvl(next_str, str + 1) <> str)
                        order by 1,4)
                loop
                    value_cnt := 1;
                    check_flag := 0;

```

```

for ccl in (select *
            from (select uwi,
                        s.oilfield_name,
                        s.well_name,
                        rec_date,
                        lead(rec_date, 1) over(partition by uwi order
by rec_date) next_date,
                        lead(rec_date, 2) over(partition by uwi order
by rec_date) next_date2,
                        lead(rec_date, 3) over(partition by uwi order
by rec_date) next_date3,
                        to_char(number_value) str,
                        lead(number_value, 1) over(partition by uwi
order by rec_date) next_str,
                        lead(number_value, 2) over(partition by uwi
order by rec_date) next_str2,
                        lead(number_value, 3) over(partition by uwi
order by rec_date) next_str3

```

Условие стационарности режима проверяется постоянством замеров дебита Q и давления P по скважине, с соблюдением технологических условий (постоянство частоты ЭЦН F и штуцера Ш) на протяжении не менее трех дискретных измерений с учетом аппаратурной погрешности. Если режим стационарен во времени T , то значения для интерпретационной таблицы перезаписываются на последнюю дату (до наступления изменений стационарности режима).

```

from replicator.onyx_param_values s
      where param_id = 184
      and rec_date between cc.change_start and
cc.change_end
      and s.oil_field_code = cc.oil_field_code
      and uwi = cc.uwi)
where (abs((str - next_str) / decode(str, 0, 0.0001, str))
< 0.05 and
      abs((str - next_str2) / decode(str, 0, 0.0001, str))
< 0.05 and
      abs(((str + next_str + next_str2) / 3) - next_str3)
/
      ((str + next_str + next_str2) / 3)) > 0.15)
      and str + next_str + next_str2 > 0
      order by rec_date)
loop
-- dbms_output.put_line(cc1.next_str2||';'|| last_val.count);
if value_cnt = 1
then
  last_val.extend;
  last_val(value_cnt) := cc1.next_str2;

  start_date.extend;
  start_date(value_cnt) := cc1.rec_date-1/12;

  end_date.extend;
  end_date(value_cnt) := cc1.next_date2+1/12;
  value_cnt := value_cnt + 1;
else
  for i in last_val.first..last_val.last
  loop
    -- dbms_output.put_line(cc1.next_str2||';'|| last_val.count);
    -- tmp_val := last_val(i);

    if cc1.next_str2 between last_val(i)-(last_val(i)*0.05) and
last_val(i)+(last_val(i)*0.05)
    then
      last_val.delete(i);
      last_val(i) := cc1.next_str2;

```

```

start_date.delete(i);
start_date(i) := ccl.rec_date-1/12;

end_date.delete(i);
end_date(i) := ccl.next_date2+1/12;

check_flag := 1;
end if;
-- dbms_output.put_line((last_val(i)-
(last_val(i)*0.05))||';'||(last_val(i)+(last_val(i)*0.05))||';'||
ccl.next_str2||';'|| last_val.count||';'|| value_cnt);
end loop;

```

В случае наступления изменений стационарности режима проверяется существенность изменения (тремякратное превышение аппаратной погрешности) и наступление другого стационарного режима. В случае выполнения условий интерпретационная таблица пополняется новым набором данных, в случае случайности события и/или его несущественности алгоритм возвращается к поиску стационарного режима (в текущем времени записи с шагом максимальной дискретизации).

```

if check_flag = 0
then
last_val.extend;
last_val(value_cnt) := ccl.next_str2;

start_date.extend;
start_date(value_cnt) := ccl.rec_date-1/12;

end_date.extend;
end_date(value_cnt) := ccl.next_date2+1/12;
value_cnt := value_cnt + 1;
/*last_val.extend;
last_val(value_cnt) := ccl.next_str2;
value_cnt := value_cnt + 1;*/
end if;
check_flag := 0;
-- dbms_output.put_line(ccl.next_str2||';'|| last_val.count);
end if;
-- exit when last_val.count = 3;

end loop; --End of ccl loop

pressure_total := 0;
prod_total := 0;
if last_val.count >= 3
then
for i in last_val.first..last_val.last
loop
pressure_cnt := 0;
prod_cnt := 0;
avg_pressure := 0;
--
dbms_output.put_line(cc.uwi||';'||cc.change_start||';'||cc.change_end||';'||
start_date(i)||' - '||end_date(i)||';'||last_val.count);
select count(uwi), avg(str) into pressure_cnt, avg_pressure
from (select uwi,
s.oilfield_name,
s.well_name,
rec_date,
lead(rec_date, 1) over(partition by uwi order by
rec_date) next_date,
lead(rec_date, 2) over(partition by uwi order by
rec_date) next_date2,
to_char(number_value) str,

```

```

        lead(to_char(number_value), 1) over(partition by uwi
order by rec_date) next_str,
        lead(to_char(number_value), 2) over(partition by uwi
order by rec_date) next_str2
    from replicator.onyx_param_values s
    where param_id = 196
        and rec_date between start_date(i) and end_date(i)
        and s.oil_field_code = cc.oil_field_code
        and uwi = cc.uwi)
    where (abs((str - next_str)/decode(str, 0, 0.0001, str)) < 0.05 and
abs((str - next_str2)/decode(str, 0, 0.0001, str)) < 0.05);
    -- dbms_output.put_line(pressure_cnt);

    pres_val.extend;
    pres_val(i) := avg_pressure;

    select count(uwi), avg(number_value) into prod_cnt, avg_prod
    from replicator.onyx_param_values s
    where param_id = 11
        and rec_date between start_date(i) and end_date(i)
        and s.oil_field_code = cc.oil_field_code
        and uwi = cc.uwi
        and s.number_value > 0;

    prod_val.extend;
    prod_val(i) := avg_prod;

    if pressure_cnt > 0
    then pressure_total := pressure_total + 1;
    end if;

    if prod_cnt > 0
    then prod_total := prod_total + 1;
    end if;

    --          and str > 0 and next_str > 0 and next_str2 > 0;
    -- dbms_output.put_line(prod_cnt);
    end loop; -- edn last_val loop
end if;

    if pressure_total = last_val.count and prod_total = last_val.count and
last_val.count >= 3
    then
        for i in last_val.first..last_val.last
        loop
            insert into IK_TEMP_TBL(UWI, OILFIELD_NAME, WELL_NAME, FITTING,
FREQUENCY, END_DATE, PRESSURE, LIQ_DB)
            values(cc.uwi,cc.oilfield_name,cc.well_name,cc.str,last_val(i),end_date(i),round
d(pres_val(i),2), round(prod_val(i),2));
        end loop;
        commit;
    end if;

    last_val.Delete;
    start_date.Delete;
    end_date.Delete;
    pres_val.Delete;
    prod_val.Delete;

    end loop;
end;

--select * from IK_TEMP_TBL

```

Выход из цикла осуществляется при выполнении условия накопления достаточного набора данных (3 записи) для обработки ИД. При этом цикл переходит к анализу временных рядов следующей скважины.

Результаты предварительного анализа данных ТМС на одном из месторождений Западной Сибири представлены в таблице.

Результаты предварительной обработки непрерывных записей ТМС

Results of preliminary processing of TMS continuous records

Номер скважины	Штуцер	Частота	Дата, время	Давление	Дебит
1014	18	50	14.01.2011 16:00	100	44.8
1014	18	5.3	17.01.2011 17:00	92.25	53.3
1014	18	53	20.01.2011 15:00	92	49.5
1040	20	59.5	11.08.2013 17:50	221.4	12.4
1040	20	45.6	22.08.2013 16:17	221.17	25.2
1040	20	50	25.08.2013 11:56	236	18.3
1387	18	41.72	16.12.2016 16:00	159	53.5
1387	18	1	16.04.2017 6:40	44.8	3.13
1387	18	50	03.05.2017 22:42	45.61	3.47

4. ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ АЛГОРИТМИЗИРОВАННОЙ ПОДГОТОВКИ ДАННЫХ

График $P_{\text{заб}} = f(Q)$ на рис. 2 показывает, что в скважине 1387 нарушается условие снижения забойного давления при возрастающих отборах, и эти результаты из дальнейшей обработки исключены. Результат не характеризует условия исследования на установившихся режимах.

В скважинах 1014 и 1040 с разной степенью достоверности аппроксимационным методом определяется пластовое давление 141 и 275 атм соответственно. Определения согласуются с результатами прямых замеров энергетического состояния пластов в этих скважинах. Результаты предварительной обработки непрерывных записей ТМС для скважин 1014 и 1040 соответствуют условиям специального гидродинамического исследования на установившихся режимах.

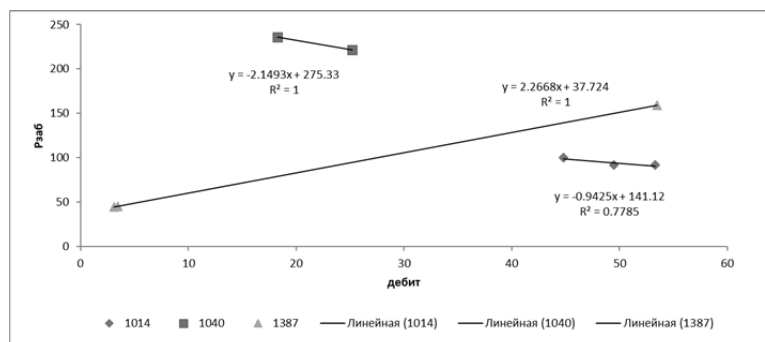


Рис. 2. График $P_{\text{заб}} = f(Q)$

Fig. 2. Graph $P_{\text{zab}} = f(Q)$

Индикаторные диаграммы (рис. 3) удовлетворяют минимальным требованиям к представительности выборки, построены за короткий период установления режима (без значительного изменения по составу притока и технологических условий на скважине), поэтому могут быть рекомендованы для оценки коэффициента продуктивности объекта разработки на дату исследования и оценки фильтрационно-емкостных параметров пласта в зоне дренирования при наличии достоверных данных о составе притока и его вязкостных характеристиках.

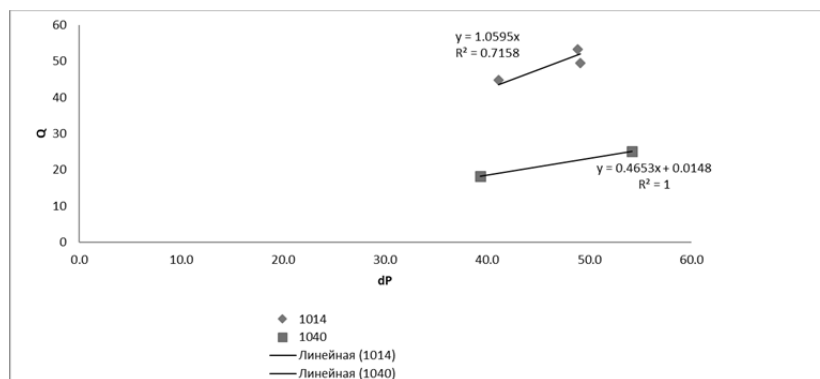


Рис. 3. Индикаторные диаграммы скважин 1014, 1040

Fig. 3. Indicator diagrams of wells 1014, 1040

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Практический опыт применения алгоритма автоматизированной обработки непрерывных записей ТМС с целью выявления в архивных данных условий, схожих со специализированными ГДИС на многопластовом месторождении нефти Западной Сибири, показал следующее:

- 1) индикаторные диаграммы в короткие периоды становления режима на скважине могут присутствовать в непрерывных записях ТМС за историю разработки без искусственного создания условий исследования;
- 2) регистрация ИД по ТМС позволяет уменьшить потери добычи нефти на обеспечение регулярных исследований;
- 3) оперативная обработка ИД по ТМС позволяет контролировать динамику пластового давления и расширять тем самым опорную сеть;
- 4) ФЕС пласта при оперативной оценке ИД по ТМС носит качественный характер и является функцией большого числа входных переменных;
- 5) решение о фактической пригодности для интерпретации выделенных фрагментов непрерывных записей ТМС остается за экспертом-обработчиком.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федоров В.Н. Контроль разработки нефтяных месторождений Республики Башкортостан системами ТМС // Инженерная практика. – 2016. – № 10–11.
2. Феофилактов С.В., Кузнецов А.В. Новые надежные ТМС с резервированием // Инженерная практика. – 2019. – № 1–2.

3. Богословский К.Е. Результаты ОПИ высокотемпературных ТМС на добывающих скважинах с SAGD // Инженерная практика. – 2018. – № 10.
4. Ясиметов В.А. Реализация единого протокола ТМС и единых технических требований к системам погружной телеметрии // Инженерная практика. – 2018. – № 10.
5. Чмырь А.В. Опыт применения системы мониторинга и управления IWELL для эксплуатации мехфонда // Инженерная практика. – 2018. – № 11.
6. Ткачев С.В. Система удаленного мониторинга, диагностики и автоматизированного управления АМВІТ // Инженерная практика. – 2018. – № 11.
7. Петрушин Е.О., Арутюнян А.С. Гидродинамические исследования скважин на установившихся режимах // Аспирант. – 2015. – № 4. – С. 179–184.
8. Семенякин В.С., Сонных А.А. Анализ двучленного квадратичного уравнения для обработки данных ГДИС на установившихся режимах // Газовая промышленность. – 2009. – № 3.
9. Гасумов Р.А., Толпаев В.А., Ахмедов К.С. Методика обработки гидродинамических исследований скважин // Нефтепромысловое дело. – 2011. – № 3. – С. 8–11.
10. Повышев К.И., Борхович С.Ю., Мирсаатов О.М. Совершенствование гидродинамических методов исследования скважин // Нефтепромысловое дело. – 2006. – № 12.
11. Марченко Д.А. Анализ результатов гидродинамических исследований скважин // Концепция устойчивого развития науки в современных условиях: материалы конференции. – Самара, 2018.
12. Толпаев В.А., Винниченко И.А. Усовершенствованная методика обработки данных гидродинамических исследований скважин на стационарных режимах // Газовая промышленность. – 2012. – № 11.
13. Николаев Д.О., Нестеренко А.Н. Особенности интерпретации ГДИС в условиях ультранизкой проницаемости // Академический журнал Западной Сибири. – 2016. – № 5.
14. Пасечник М.П. Системный опыт ОАО «Газпромнефть – Ноябрьскнефтегазгеофизика» в информационном обеспечении цифровых моделей на основе газодинамических исследований скважин // Каротажник. – 2012. – № 9.
15. Азаматов А.А. Оценка степени снижения коэффициента продуктивности скважин вследствие деформации коллектора // Нефтепромысловое дело. – 2011. – № 4.

Гаврилов Михаил Николаевич, старший преподаватель отделения геологии Национального исследовательского Томского политехнического университета. Основное направление научных исследований – определение геологической информативности геофизических исследований, оптимизация комплекса ГИС. E-mail: gavrilovmn@tpu.ru

Кононов Юрий Михайлович, кандидат технических наук, доцент Политехнической школы Тюменского государственного университета. Основное направления научных исследований – управление процессом на основе подходов системного анализа. E-mail: yktom1@gmail.com

Броник Станислав Сергеевич, инженер-программист АО «ТомскНИПИнефть». Основное направление научных исследований – оптимизация бизнес процессов с применением принципов алгоритмизации и автоматизации. E-mail: stanislavbronik@gmail.com

Gavrilov Mikhail Nikolaevich, senior lecturer, Department of Geology, National Research Tomsk Polytechnic University. The main areas of his research are the determination of the geological information content of geophysical studies, optimization of the logging complex. E-mail: gavrilovmn@tpu.ru

Kononov Yuri Mikhailovich, PhD (Eng.). The main areas of his research are process management based on systems analysis approaches. E-mail: yktom1@gmail.com

Bronik Stanislav Sergeevich, software engineer AO Tomsk NIPI нефть. The main field of is research is optimization of business processes using the principles of algorithmization and automation. E-mail: stanislavbronik@gmail.com

Automation of processing of indicator modes of oil wells in the database of continuous records of sub-pump telemetry systems based on structured sql queries*

M.N. GAVRILOV^{1,a}, Yu.M. KONONOV^{2,b}, S.S. BRONIK^{3,c}

¹ National Research Tomsk Polytechnic University, 20 Lenina Prospekt, Tomsk, 634050, Russian Federation

² University of Tyumen, 6, Volodarskogo Street, Tyumen, 625003, Russian Federation

³ Tomsk Oil and Gas Design and Research Institute, 72, Mira Prospekt, Tomsk, 634027, Russian Federation

^agavrilovmn@tpu.ru ^byktom1@gmail.com ^cstanislavbronik@gmail.com

Abstract

Continuous monitoring of production is associated with production, processing and storage of a huge array of field, field geophysical and field hydrodynamic data on the wellbore network. The last decades in field geophysics and related methods of monitoring the development of fields in Western Siberia have seen a rapid growth in the volume of information received about the processes occurring in the well-reservoir system and near the well space. The reference networks of the geophysical and hydrodynamic control over the development of reserves at the field are not only continuously growing (due to the effect of objective factors on the disposal of wells from the existing fund in the later stages of operation). And since 2011, the transition to more sophisticated methods of direct high-frequency data recording using telemetry technologies in the existing well stock (TMS) is being carried out in order to meet the needs of a wider range of practical interests. This leads to high growth rates of digital field data, characterized by continuity in time series, and the need to automate the repetitive elements of the expert analysis and interpretation algorithm. Thus, the number of requests for digital data is growing no less rapidly. With small amounts of data, and / or limited time series, an experienced expert is not difficult to extract useful information from them. But for the effective use of volumetric data sets and obtaining qualitatively new results on this basis, the task of creating adequate automated methods of complex analysis and processing is an urgent task. In this case, the automated extraction of useful information should be formalized, occur uniformly and objectively. One of the most important problems in the analysis of TMS continuous records is the recognition of periods of stable operation of the required set of system meters, the identification and classification of typical modes of operation of wells for long one-dimensional and multidimensional time series of physical observations, recognition of the event anomaly, separation of physical and technological anomalies of the physical field in the well.

Keywords: borehole telemetry, geophysical data base, search algorithm, well established operating mode, physical measurement, well pressure field, reservoir energy state, reservoir properties, structured queries-sql

REFERENCES

1. Fedorov V.N. Kontrol' razrabotki neftyanykh mestorozhdenii respubliki Bashkortostan sistemami TMS [Monitoring the development of oil fields in the republic of bashkortostan by tms systems]. *Inzhenernaya praktika – Oilfield engineering*, 2016, no. 10–11.
2. Feofilaktov S.V., Kuznetsov A.V. Novye nadezhnye TMS s rezervirovaniem [New reliable redundant TMS]. *Inzhenernaya praktika – Oilfield engineering*, 2019, no. 1–2.
3. Bogoslovskii K.E. Rezul'taty OPI vysokotemperaturnykh TMS na dobyvayushchikh skvazhinakh s SAGD [The results of the high-temperature TMS OPI in production wells with SAGD]. *Inzhenernaya praktika – Oilfield engineering*, 2018, no. 10.
4. Yashmetov V.A. Realizatsiya edinogo protokola TMS i edinykh tekhnicheskikh trebovaniy k sistemam pogruzhnoi telemekhniki [Implementation of a unified TMS protocol and common technical

* Received 28 February 2019.

requirements for submersible telemetry systems]. *Inzhenernaya praktika – Oilfield engineering*, 2018, no. 10.

5. Chmyr' A.V. Opyt primeneniya sistemy monitoringa i upravleniya IWELL dlya ekspluatatsii mekhfonda [Experience in using the IWELL monitoring and control system for the operation of the mechanical fund]. *Inzhenernaya praktika – Oilfield engineering*, 2018, no. 11.

6. Tkachev S.V. Sistema udalennogo monitoringa, diagnostiki i avtomatizirovannogo upravleniya AMBIT [AMBIT remote monitoring, diagnostics and automated control system]. *Inzhenernaya praktika – Oilfield engineering*, 2018, no. 11.

7. Petrushin E.O., Arutyunyan A.S. Gidrodinamicheskie issledovaniya skvazhin na ustanovivshikhsya rezhimakh [Hydrodynamics' studies of the bore holes on formed mode]. *Aspirant*, 2015, no. 4, pp. 179–184. (In Russian).

8. Semenyakin V.S., Sonnykh A.A. Analiz dvuchlennogo kvadrachnogo uravneniya dlya obrabotki dannykh GDIS na ustanovivshikhsya rezhimakh [Analysis of the two-term quadratic equation for processing well test data GDIS in steady-state modes]. *Gazovaya promyshlennost' – GAS Industry of Russia*, 2009, no. 3. (In Russian).

9. Gasumov R.A., Tolpaev V.A., Ahmedov K.S. Metodika obrabotki gidrodinamicheskikh issledovaniy skvazhin [Technique of data processing of wells hydrodynamic studies]. *Neftepromyslovoe delo – Oilfield engineering*, 2011, no. 3.

10. Povyshchey K.I., Borkhovich S.Yu., Mirsaetov O.M. Sovershenstvovanie gidrodinamicheskikh metodov issledovaniya skvazhin [Improving the hydrodynamic methods of well research]. *Neftepromyslovoe delo – Oilfield engineering*, 2006, no. 12.

11. Marchenko D.A. [Analysis of the results of hydrodynamic studies of wells]. *Kontseptsiya ustoychivogo razvitiya nauki v sovremennykh usloviyakh: materialy konferentsii* [International scientific-practical conference of the Concept of sustainable development of science in modern conditions]. Samara, 2018. (In Russian).

12. Tolpaev V.A., Vinnichenko I.A. Usovershenstvovannaya metodika obrabotki dannykh gidrodinamicheskikh issledovaniy skvazhin na statsionarnykh rezhimakh [Improved methodology for processing data from hydrodynamic studies of wells in stationary modes]. *Gazovaya promyshlennost' – GAS Industry of Russia*, 2012, no. 11. (In Russian).

13. Nikolaev D.O., Nesterenko A.N. Osobennosti interpretatsii GDIS v usloviyakh ul'tranizkoi pronitsaemosti [Features of interpretation of GDIS under the conditions of ultra-low permeability]. *Akademicheskii zhurnal Zapadnoi Sibiri – Academic journal of West Siberia*, 2016, no. 5.

14. Pasechnik M.P. Sistemnyi opyt OAO "Gazpromneft" – Noyabr'skneftegazgeofizika" v informatsionnom obespechenii tsifrovyykh modelei na osnove gazodinamicheskikh issledovaniy skvazhin [System experience of Gazpromneft-novemberneftegasgeophysics jsc in information support of digital models based on gas-dynamic researches of wells]. *Karotazhnik*, 2012, no. 9. (In Russian).

15. Azamatov A.A. Otsenka stepeni snizheniya koeffitsienta produktivnosti skvazhin vsledstvie deformatsii kollektora [Assessment of decrease level of well productivity coefficient due to collector deformation]. *Neftepromyslovoe delo – Oilfield engineering*, 2011, no. 4.

Для цитирования:

Гаврилов М.Н., Кононов Ю.М., Броник С.С. Автоматизация обработки индикаторных режимов работы нефтяных скважин в базе данных непрерывных записей поднасосных телеметрических систем на основе структурированных sql-запросов // Научный вестник НГТУ. – 2019. – № 3 (76). – С. 21–32. – DOI: 10.17212/1814-1196-2019-3-21-32.

For citation:

Gavrilov M.N., Kononov Yu.M., Bronik S.S. Avtomatizatsiya obrabotki indikatorykh rezhimov raboty neftyanykh skvazhin v baze dannykh nepreryvnykh zapisei podnasosnykh telemetricheskikh sistem na osnove strukturirovannykh sql-zaprosov [Automation of processing of indicator modes of oil wells in the database of continuous records of sub-pump telemetry systems based on structured sql-queries]. *Nauchnyi vestnik Novosibirskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta – Science bulletin of the Novosibirsk state technical university*, 2019, no. 3 (76), pp. 21–32. DOI: 10.17212/1814-1196-2019-3-21-32.