

# Совершенствование технологии одновременно-раздельной закачки для многопластовых месторождений

## Technology Advances in Dual Injection Systems for Multilayer Fields

**В.И. Никишов** (ОАО «НК «Роснефть»),  
**А.И. Маркин, Р.Р. Габдулов** (ООО «РН-Юганскнефтегаз»),  
**П.И. Сливка** (ООО «РН-УфаНИПИнефть»)

**V. I. Nikishov** (OAO "NK "Rosneft"),  
**A. I. Markin, R. R. Gabdulov** (OOO "RN-Yuganskneftegaz"),  
**P. I. Slivka** (OOO "RN-YufaNIPIneft")

### Введение

Разработка месторождений с использованием систем совместной эксплуатации пластов и созданием надежной системы контроля и регулирования процессов выработки запасов по каждому пласту является одним из основных постулатов горного законодательства и регламента на проектирование разработки. Поэтому в настоящее время все большее внимание уделяется технологиям, включающим использование скважин с многопакерно-секционными компоновками, предназначенными для дифференциальной закачки в геологические разнородные эксплуатационные объекты [1].

Существующие на сегодняшний день конструкции компоновок одновременно-раздельной закачки (ОРЗ) в скважинах, вскрывших три пласта и более, не позволяют определить расход жидкости по каждому пласту без участия бригады капитального ремонта скважин. Закачка по пластам регулируется после изучения геофизических данных и данных по работе скважины за определенный период времени. Основная идея предлагаемой статьи заключается в систематизации регулирования и контроля разработки многопластовых месторождений с использованием систем ОРЗ. Конечная цель заключается в переходе к интеллектуальной скважине, позволяющей регулировать параметры работы пластов в режиме реального времени и обеспечивать дифференцированное воздействие на отдельный интервал или участок нефтяной залежи.

### Основные направления совершенствования многопакерных компоновок ОРЗ

Достичь поставленной цели можно за счет создания тандема существующей технологии

### Introduction

Field development using a combined methods of production and creating a reliable control and regulation systems for production with respect to all producing layers is one of the main aims of the rules and and regulations during field development. Currently, emphasis is placed on the implementation of new technologies, including the use of wells with multi-packer section assembly designed for differential injection in geologically unrelated production facilities [1].

Currently existing assembly for dual injection operations (DIS) in wells with three or more layers prevent the determination of liquid flow rate for every layer without the participation of a workover crew. The injection into layers is regulated after a study of the geophysical data and data from the well's performance over specific period of time.

This article looks at the regulation and control of multilayer fields using the DIS system. The ultimate aim is the transition into an intelligent well sytem which enables the operator to regulate the producing zones in real time, and to ensure different action in a separate area of the oil reservoir.

### Basic improvements of multi-packer DIS arrangements

The desired aim can be achieved through tandem use of the existing DIS, use of control sensors of bottom-hole parameters (pressure  $p$  and temperature  $T$ ) as well as software engineered for the calculation of liquid flow rate's according to the available data of pressure decreases the "nerve system" of the intelligent structure [2].

ОРЗ, использования датчиков контроля забойных параметров (давления  $p$  и температуры  $T$ ), а также разработки программного обеспечения для расчета расхода жидкости по имеющимся данным перепада давлений, что и является «нервной системой» интеллектуальной структуры [2].

К элементам совершенствования конструкции компоновки ОРЗ относятся (рис. 1) следующие:

1. Изменение конструкции забойного штуцера, позволяющее уменьшить гидравлические сопротивления с целью увеличения его пропускной способности.
2. Определение расхода жидкости, основанное на принципе учета жидкости по перепаду давлений, и, как следствие, создание программного продукта для расчета расхода жидкости для закачки в пласт.
3. Использование системы геофизических датчиков ( $p$ ,  $T$ ) внутри трубки и затрубном пространстве компоновки ОРЗ с передачей информации на поверхность по кабельной линии.

The following points refer to the improved elements of the DIS construction arrangement (fig. 1):

1. Construction modification of the bottom-hole choke which allows the reduction of hydraulic resistance for the purpose of increasing its throughput capacity.
2. Determination of liquid flow rates based on the calculation principle of liquid according to pressure decreases and therefore the creation of a software product for the calculation of liquid flow rate for injection into the layer.
3. Use of geophysical sensor systems ( $p$ ,  $T$ ) within the tube and the annular space of the DIS with information transfer to the surface via cable lines

Let us examine one of the main improvement elements of the multi-packer system of the DIS system. As shown in practice the liquid flow rate through an existing choke is limited by the diameter of the axial channel. It is possible to achieve a large flow rate through the choke in order to guarantee the planned pattern of injection capacity by enlarging

Применяемая технология ОРЗ	Совершенствование технологии ОРЗ
<p><b>Комплектация системы:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>» многопакерные компоновки</li> <li>» скважинные камеры со штуцерами</li> </ul>	<p><b>Комплектация системы:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>» многопакерные компоновки</li> <li>» скважинные камеры со штуцерами</li> <li>» двухзонавые датчики <math>P</math>, <math>T</math></li> <li>» вывод информации на устье скважин</li> <li>» программный продукт по получению расхода закачки путем пересчета</li> </ul>
<p><b>Достоинства:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>» дифференциальное воздействие на пласты разной проницаемости</li> <li>» относительно простая конструкция компоновки</li> </ul>	<p><b>Достоинства:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>» избирательность объемов закачки по времени и разрезу</li> <li>» контроль работы системы скважина - пласт в реальном режиме времени</li> <li>» возможность определить расход жидкости по каждому пласту без привлечения геофизики</li> <li>» посадка пакеров за 1 СПО</li> <li>» увеличение пропускной способности штуцеров на 30%</li> <li>» ввод алгоритма расчета расхода закачки через перепад <math>P</math> (затруб. / трубки НКТ)</li> </ul>
<p><b>Недостатки:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>» регулировка клапанов осуществляется аналитическим путем</li> <li>» определение профиля приемистости пластов осуществляется с привлечением геофизики</li> <li>» посадка пакеров за 2 СПО</li> <li>» регулировка с помощью канатной техники</li> </ul>	<p><b>Недостатки:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>» более сложная конструкция компоновки</li> </ul> <p><b>Перспективы развития работ:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>» внедрение регулируемых (гидрав. , электр.) клапанов с возможностью регулирования непосредственно с устья скважины</li> </ul>

Рис. 1. Схемы применяемой (а) и усовершенствованной (б) компоновок ОРЗ

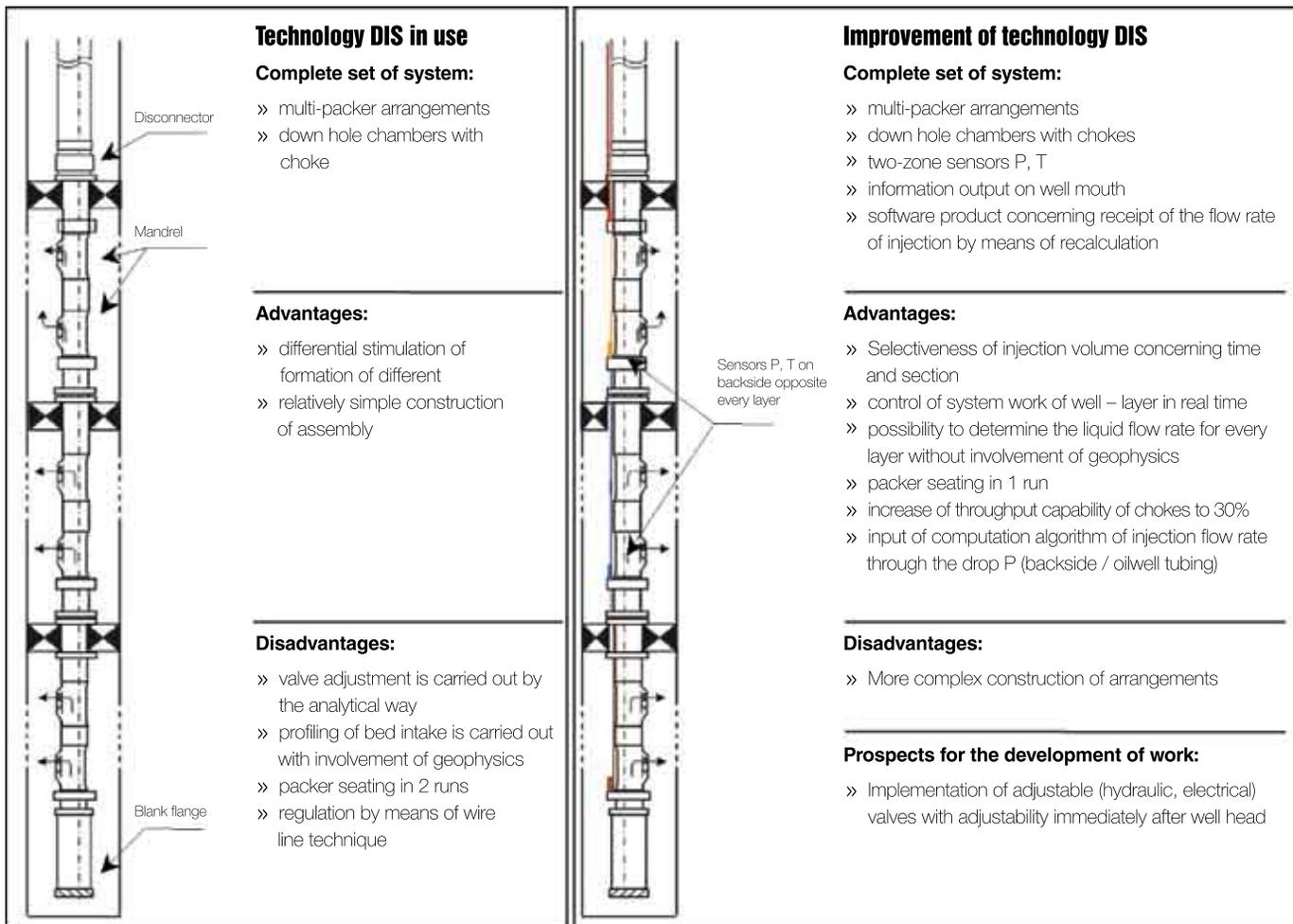


Fig. 1. Diagrams of the DIS assembly in use (a) and the improved DIS arrangement (b)

Рассмотрим один из основных элементов совершенствования системы многопакерной системы ОРЗ. Как показывает практика, расход жидкости через штуцер существующей конструкции ограничивается диаметром осевого канала. Добиться большего расхода через штуцер для обеспечения плановых режимов приемистости можно путем увеличения диаметра (изменения конструкции) осевого канала или сокращения потерь давления в существующей конструкции.

Рис. 1. Схемы применяемой (а) и усовершенствованной (б) компоновок ОРЗ

Для анализа предлагается сравнить два варианта конструкции штуцера с различными типами сужающих устройств (СУ) (табл. 1).

Сужающее устройство в виде трубки Вентури позволяет увеличить пропускную способность штуцера за счет сокращения потерь давления на преодоление сопротивлений потоку жидкости. Можно принять, что относительная потеря давления для трубок Вентури в общем случае составляет 5 - 20 %.

the diameter (construction modifications) of the axial channel or reducing the pressure decrease at the existing construction.

Figure 1 shows comparative diagrams of the DIS assembly in use (a) and the improved DIS assembly (b).

For analysis, the comparison of two versions of choke construction with different types of orifice instruments (SU) (table 1) is recommended.

The orifice instruments in the form of Venturi tubes make it possible to increase the throughput capacity of the choke at the expense of a decrease in pressure by overcoming resistance to the fluid stream. It can be accepted that the fractional decrease in pressure is 5 – 20 % for Venturi tubes generally.

In flow motion, longitudinal friction head loss and the overcoming of local resistance are often observed at the same time. The total head loss is calculated as the total loss from these types.

Часто при движении жидкости одновременно наблюдаются потери напора на трение по длине и преодоление местных сопротивлений. Полная потеря напора определяется как арифметическая сумма потерь этих видов.

Гидравлический расчет приведен для штуцеров существующей конструкции (в виде суженного канала) и в виде трубки Вентури. Из-за малых размеров и больших скоростей потока жидкости в расчетах можно принять следующие допущения:

- » существующий штуцер представляет собой диафрагму шириной, равной длине суженной части канала;
- » потери давления на трение равны нулю.

The hydraulic calculation is presented for chokes of the existing construction (in the form of a restricted channel) and in the form of Venturi tubes. Due to small sizes and high speed of the liquid stream the following assumptions can be added to the calculations:

- » the existing choke represents an orifice plate of a wide part of the channel restricted evenly along its length;
- » the friction pressure loss is equal to zero.

The theory about the liquid flow through nozzles assumes that the average speed of the stream increases together with its restriction and the static pressure becomes less than the static pressure before the orifice plates/Venturi tubes. The pressure difference (differential pressure) becomes higher if the flow environment increases.

Тип СУ SU type	Преимущества Advantages	Недостатки Disadvantages
<b>Диафрагма</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Простота в изготовлении и монтаже, может применяться в широком диапазоне чисел Re.</li> <li>2. Устанавливают на измерительной трубе внутренним диаметром от 0,05 до 1 м.</li> <li>3. Неопределенность коэффициента истечения диафрагм меньше, чем у других СУ.</li> <li>4. Наличие небольшого содержания конденсата практически не влияет на коэффициент истечения</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. В процессе эксплуатации неизбежно притупление входной кромки диафрагмы, что приводит к дополнительной прогрессирующей неопределенности коэффициента истечения, которая может быть существенной для диафрагм, устанавливаемых в трубопроводах диаметром менее 0,1м.</li> <li>2. Потери давления на диафрагмах выше, чем на других СУ</li> </ol>
<b>Orifice plate</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Simplicity in fabrication and assembly, it may be adjusted to wide-ranging Re numbers</li> <li>2. To be installed in the measuring pipe with an internal diameter from 0.05 to 1 m.</li> <li>3. Indeterminateness of the discharge coefficient of orifice plates is smaller than the discharge coefficient of other SU.</li> <li>4. The presence of low condensate yield does practically not influence the discharge coefficient</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. The blunting of the entry wedge of orifice plate is necessary during the exploitation process. This leads to additional progressive indeterminateness of the discharge coefficient which can be essential for orifice plates set in pipelines with a diameter of less than 0.1 m.</li> <li>2. The decrease in pressure is higher at orifice plates than at other SU.</li> </ol>
<b>Трубка Вентури</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Стабильные характеристики при длительной эксплуатации.</li> <li>2. Потери давления значительно меньше, чем на диафрагме и сопле, а в некоторых случаях и сопле Вентури.</li> <li>3. Требуются короткие прямолинейные участки измерительной трубы.</li> <li>4. В проточной части отсутствуют застойные зоны, где могут скапливаться осадки</li> </ol>	Сложность изготовления и большие размеры
<b>Venturi tube</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Stable behaviour in case of long-term usage.</li> <li>2. The decrease in pressure is far less than at the orifice plate and throat and in some cases Venturi throat as well.</li> <li>3. Short, straight sections of measuring pipe are required.</li> <li>4. There are no dead zones in the flow tube where deposits can gather</li> </ol>	Complexity of manufacturing and large sizes

Таблица 1 - Table 1

Согласно теории течения жидкостей через насадки средняя скорость потока в месте его сужения повышается, а статическое давление становится меньше статического давления до диафрагмы/ трубки Вентури. Разность давлений (перепад давлений) тем больше, чем больше расход среды, и, следовательно, она может служить мерой расхода [3-5]. В табл. 2 представлен алгоритм методологии расчета штуцера по перепаду давлений.

So it can serve as flow measure [3-5]. Table 2 shows the methodology algorithm of the choke at differential pressure.

The use of the choke in DIS assembly is limited by the size of the flow area of 9.5 mm. The use of orifice instruments in the form of Venturi tubes under the same conditions makes it possible to increase the liquid flow rate through the choke up to 39%. Table 3 shows a comparative calculation for two types of choke.

Parameter to be calculated	Type of choke	
	Orifice plate	Venturi tube with a treated inlet conical section
Coefficients $K_T$ and $K_{SU}$	$K_{SU}=1+\alpha_{tSU}(t-20)$	$K_T=1+\alpha_{tT}(t-20)$
Diameter of bore $SU d$	$d=d_{20}K_{SU}$	
Internal diameter of the measuring pipe $D$	$D=D_{20}K_T$	
Relative diameter of bore $SU \beta$	$\beta=d/D$	
Speed coefficient of entry $E$	$E=1/\sqrt{1-\beta}$	
Coefficient of correction $K_p$	1	
Coefficient of expansion $\epsilon$	$\epsilon=1-(0.351+0.256\beta^4+0.93\beta^8)[1-(1-\frac{\Delta p}{p})^{1/\kappa}]$	$\epsilon=\sqrt{\left(\frac{\kappa\tau^{2/\kappa}}{\kappa-1}\right)\left(\frac{1-\beta^4}{1-\beta^4\tau^{2/\kappa}}\right)\left(\frac{1-\tau^{(\kappa-1)/\kappa}}{1-\tau}\right)}$
Reynolds number $Re$	$Re=\frac{4}{\pi}\frac{q_v p}{D\mu}$	
Discharge coefficient $C$	Depends on the $Re$ number, $D$ and $\beta$	Depends on the $Re$ number and $\beta$
Coefficient of correction $K_{sh}$	$K_{sh}=1+5.22\beta^{3.5}(\lambda-\lambda^*)$	1
Flow environment $q_v$	$q_v=0.25\pi d_{20}^2 K_{SU}^2 SEK_{sh} K_p E \left(\frac{2\Delta p}{p}\right)^{0.5}$	

Рассчитываемый параметр	Вид штуцера	
	Диафрагма	Трубка Вентури с обработанной входной конической частью
Коэффициенты $K_T$ и $K_{CY}$	$K_{CY}=1+\alpha_{tCY}(t-20)$	$K_T=1+\alpha_{tT}(t-20)$
Диаметр отверстия $CY d$	$d=d_{20}K_{CY}$	
Внутренний диаметр измерительной трубы $D$	$D=D_{20}K_T$	
Относительный диаметр отверстия $CY \beta$	$\beta=d/D$	
Коэффициент скорости входа $E$	$E=1/\sqrt{1-\beta}$	
Поправочный коэффициент $K_p$	1	
Коэффициент расширения $\epsilon$	$\epsilon=1-(0.351+0.256\beta^4+0.93\beta^8)[1-(1-\frac{\Delta p}{p})^{1/\kappa}]$	$\epsilon=\sqrt{\left(\frac{\kappa\tau^{2/\kappa}}{\kappa-1}\right)\left(\frac{1-\beta^4}{1-\beta^4\tau^{2/\kappa}}\right)\left(\frac{1-\tau^{(\kappa-1)/\kappa}}{1-\tau}\right)}$
Число Рейнольдса $Re$	$Re=\frac{4}{\pi}\frac{q_v p}{D\mu}$	
Коэффициент истечения $C$	Зависит от числа $Re$ , $D$ и $\beta$	Зависит от числа $Re$ и $\beta$
Поправочный коэффициент $K_{ш}$	$K_{ш}=1+5.22\beta^{3.5}(\lambda-\lambda^*)$	1
Расход среды $q_v$	$q_v=0.25\pi d_{20}^2 K_{CY}^2 CEK_{ш} K_p E \left(\frac{2\Delta p}{p}\right)^{0.5}$	

Таблица 2 - Table 2

Использование штуцера в компоновках ОРЗ ограничивается размерами проходного сечения 9,5 мм. Использование сужающего устройства в виде трубки Вентури при всех равных условиях позволяет увеличить расход жидкости через штуцер до 39 %. В табл. 3 представлен сравнительный расчет двух вариантов штуцера.

Employing the trial-and-error method of number values, i.e. changing the diameter of the existing choke it is easy to calculate the equivalent diameter (11.56 mm) of the restrictive channel which would guarantee a liquid flow rate of 659.28 m<sup>3</sup>/day. The result of the calculations is the dependence of the liquid flow rate on the differential pressure for two versions of choke.

Используя метод подбора числовых значений, т.е. изменяя диаметр существующего штуцера, несложно рассчитать эквивалентный диаметр (11,65 мм) сужающего канала, который бы обеспечивал расход жидкости 659,28 м<sup>3</sup>/сут. Итогом расчетов являются зависимости расхода жидкости от перепада давления для двух вариантов штуцера.

Как видно из рис. 2, штуцер в виде трубки Вентури имеет более высокую пропускную способность по сравнению с используемыми штуцерами. Для упрощения определения расхода жидкости для различных диаметров штуцера и значений перепада давления применяются палетки, представленные на рис. 3. Пропускная способность штуцера практически не зависит от материала изготовления сужающего устройства и измерительной трубы и во многом определяется лишь чистотой обработки поверхности, износостойкими и коррозионными характеристиками материалов.

Частным случаем альтернативного решения увеличения пропускной способности для Приобского месторождения является использование хвостовика без скважинных камер и заглушки. Однако данное решение противоречит стандарту предприятия по техническому требованию к организации ОРЗ воды на Приобском месторождении в нагнетательные скважины, вскрывшие несколько объектов (№ П1- 01 С-034 ЮЛ-99), согласно которому после первого

Расчетный параметр	Вид штуцера	
	Трубки Вентури	СУ в виде диафрагмы
Число Re	1213964	744532
Коэффициент истечения	1,0000	0,6503
Расход жидкости, м <sup>3</sup> /сут	659,28	404,34
Скорость потока, м/с	107,65	66,02
Потери на штуцере, м <sup>3</sup> /сут	254,94	

Calculated parameter	Type of choke	
	Venturi tubes	SU in the form of orifice plate
Re number	1213964	744532
Discharge coefficient	1,0000	0,6503
Liquid flow rate, m <sup>3</sup> /day	659,28	404,34
Stream speed, m/s	107,65	66,02
Loss in the choke, m <sup>3</sup> /day	254,94	

Таблица 3 - Table 3

Figure 2 shows that the choke in the form of Venturi tubes has a higher throughput capacity in comparison to the chokes in use. The charts shown in figure 3 are used, for the sake of simplicity, to determine the liquid flow rate for different choke diameters and the differential pressure value. The throughput capacity of the choke is practically unaffected by the production material of the orifice instruments and measuring pipe and depends largely just on the surface finish characteristics, wear-

## Все Ваши потребности по усовершенствованию нефтеотдачи обеспечивает один партнер



Компания TIORCO поставляет разрабатываемые под заказ химические растворы, необходимые для увеличения добычи нефти и газа на действующих месторождениях.

Опираясь на свой более, чем 30-летний опыт компания TIORCO предлагает полный пакет услуг и продуктов, обеспечивающий непревзойденные возможности по максимизации потенциала Ваших месторождений.



### Solutions

### Products

### Services

#### РЕШЕНИЯ

- Взаимодействие
- Запирание скелета породы гелями
- Повышение соответствия техническим требованиям
- Запирание воды в газовых скважинах гелями
- Высокотемпературные пластовые резервуары
- Стабилизация глин
- Усовершенствование зондирования
- Заводнение с применением поверхностно-активных веществ

#### ПРОДУКТЫ

- Полимерные гели
- Гели с коллоидальной дисперсией
- Технология BrightWater®
- Щелочные поверхностно-активные полимеры / поверхностно-активные полимеры

#### УСЛУГИ

- Лабораторный анализ
  - Фильтрационные свойства ядра
  - Песчаный фильтр с тонкими трубками
- Разработка месторождений
  - Моделирование
  - Проектирование систем ППД

Для получения дополнительной информации о том, как компания TIORCO может содействовать в максимизации потенциала Ваших месторождений, связывайтесь с нами по телефону: +7 495 980 7280 или посетите наш веб-сайт: [www.tiorco.com](http://www.tiorco.com).

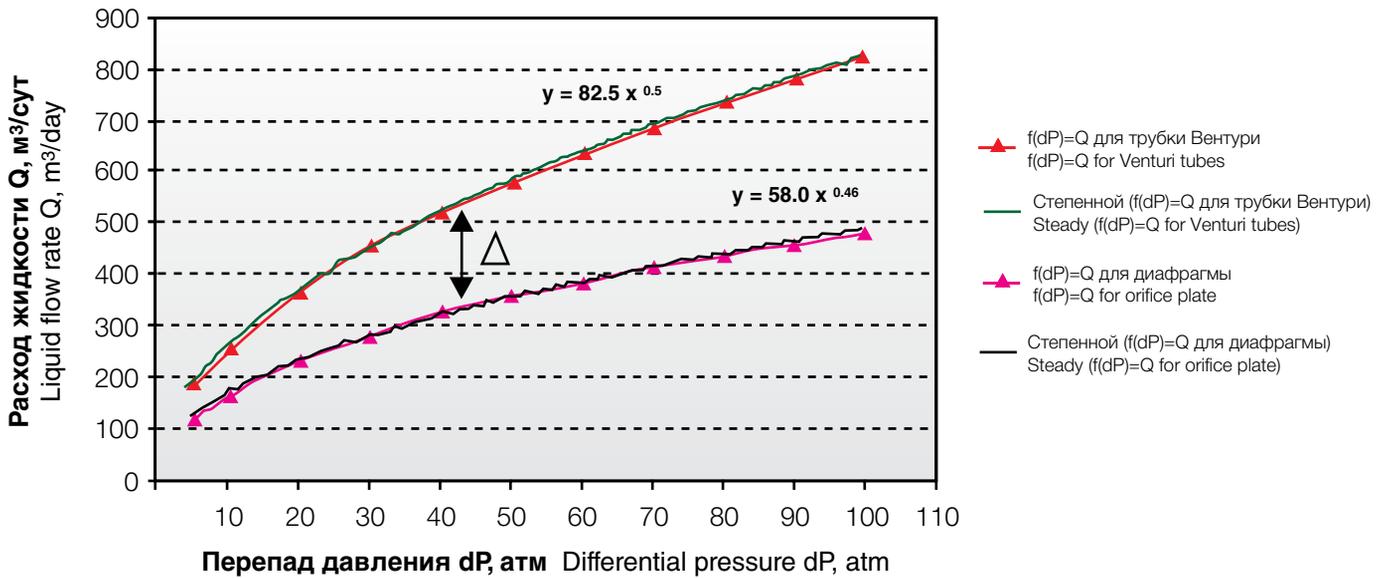


Рис. 2. Зависимость расхода жидкости от перепада давления для трубки Вентури (1) и диафрагмы (2)  
Fig. 2. Dependence of the liquid flow rate on the differential pressure for Venturi tubes (1) and orifice plates (2)

спуска и установки в скважину оборудования для раздельной закачки воды должны быть проведены следующие тесты:

- 1) опрессовка колонны НКТ;
- 2) контроль надежности работы пакеров с точки зрения отсутствия перетоков жидкости;
- 3) регулировочные работы для обеспечения плановых режимов приемистости с проведением геофизических исследований.

Другой важной составляющей потерь давления в конструкции штуцера является наличие местных сопротивлений, возникающих в зонах изменения сечения трубы или направления движения потока жидкости. Эти потери зависят от средней скорости и размеров поперечного сечения струи жидкости, формы и размеров преграды, ее расположения по отношению к струе.

Учитывая постоянство массы расхода жидкости и пренебрегая гидравлическими сопротивлениями на трение, для определения местных потерь можно

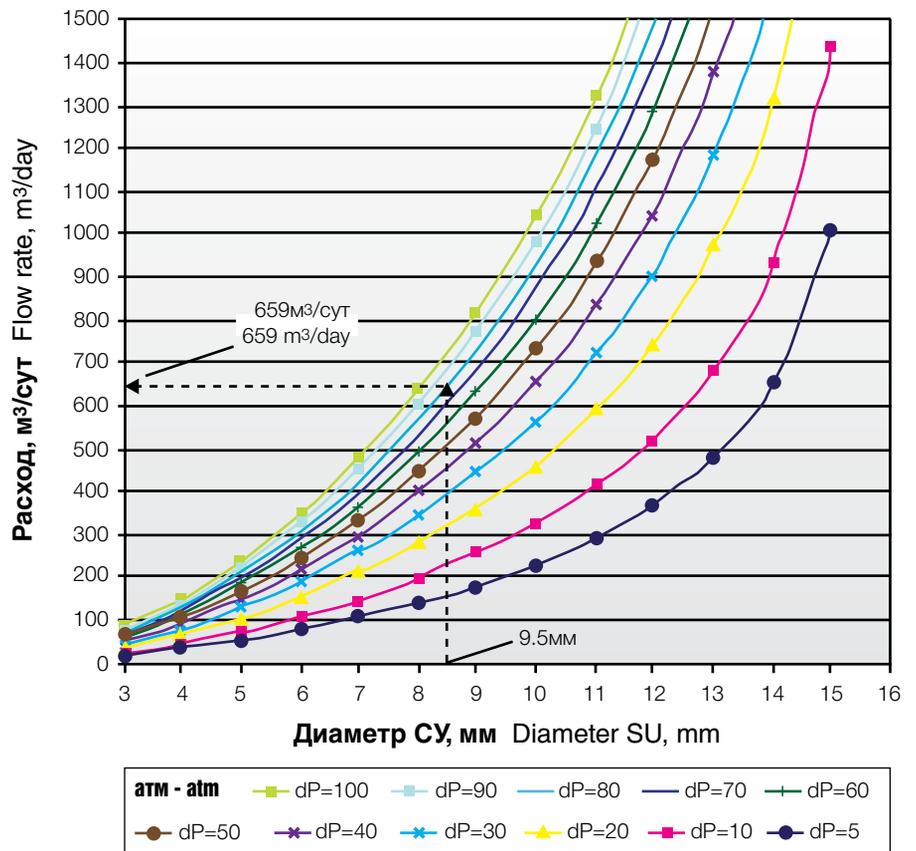


Рис. 3. Палетки для определения расхода жидкости через штуцер в виде трубки Вентури (диаметр измерительной трубы – 20 мм; материал СУ и измерительной трубы – 40X)  
Fig. 3. Charts to determine the liquid flow rate through the choke in the form of Venturi tubes (measuring pipe diameter – 20 mm; material of SU and the measuring pipe – 40X)

использовать формулу Вейсбаха [6-7]

$$\Delta p = \xi \frac{\rho v^2}{2},$$

где  $\xi$  – местные потери давления;

$\rho$  – плотность жидкости;

$v$  – средняя скорость (как правило, после прохода через местное сопротивление).

Найденные теоретические значения коэффициентов местных сопротивлений для ряда случаев (внезапное сужение, диафрагма и др.) вполне соответствуют опытным данным.

С целью адаптации методики расчета штуцера 22.06.08 г. в скв. 6295 Приобского месторождения были установлены автономные датчики давления в компоновках ОРЗ, позволяющие регистрировать давление в затрубном пространстве (между эксплуатационной колонной и компоновкой ОРЗ). Давление в трубках (до входа в штуцер) и фактический расход определяли по данным промысловогеофизических исследований. Для полной адаптации методологии расчета необходима статистика исследований на различных режимах.

Наибольшие сопротивления отмечаются в случае резкого изменения направления потока жидкости. При использовании штуцера, где жидкость после выхода из сужающего устройства резко меняет направление движения на 90°, потери давления составляют 6,29 МПа, тогда как при выходе под углом 45° давление снижается практически в 3 раза. В результате были предложены небольшие изменения в конструкции штуцера, в частности, изменились направления входа и выхода жидкости из штуцера (рис. 4).

Корпус 1 регулирующего устройства соединяется с захватной головкой 2 и хвостовиком 3. Хвостовик 3 содержит цангу 4. Захватная головка 2 и хвостовик 3 имеют уплотнительные элементы 5. Регулирующее устройство содержит гидравлические каналы, при этом осевые каналы 6–8 соединены с боковыми каналами 9–11: в хвостовике – осевой канал 6 и боковой 9, в корпусе – соответственно 7 и 10, в головке – соответственно канал 8 и 11.

Под уплотнительными элементами и цангой имеется осевой канал, который по объективным причинам имеет сужения 12, 13. Это связано с тем, что на корпусе необходимо иметь место-паз с некоторой глубиной для закрепления манжет 5 и упорного кольца цанги 4.

Для уменьшения сопротивления от сужения и увеличения его пропускной способности на

resistance and corrosion behaviour of the materials. An alternative solution for the increasing of throughput capacity for the Priobskoye field is often the use of an extension pipe without a borehole chamber and cap. However, this solution is in conflict with the company specification concerning the engineering requirements for the DIS arrangements in connection of water at the Priobskoye field in the injection wells, which uncovered several sites (No. P1-01 S-034 JuL-99), according to which the following tests must be carried out after the first running-in and installation of equipment in the well for separate water injection:

- 1) pressure test of the oilwell tubing columns;
- 2) reliability check of the performance of packers in terms of lack of fluid crossflow;
- 3) regulation operations with a view to ensuring the planned injection conditions including the performance of geophysical studies.

Another important constituent of pressure loss in the construction of choke is the presence of local resistance occurring in zones where the tube section or travelling direction of the liquid stream changes. This loss depends on the average speed and the cross-sectional dimensions of the fluid jet, the form and size of the barrier, and its position in relation to the fluid jet. Taking into account the consistency of mass of the liquid flow rate and ignoring the friction hydraulic resistance the Weisbach formula can be used for the determination of local loss [6-7]

$$\Delta p = \xi \frac{\rho v^2}{2},$$

where  $\xi$  – local pressure loss;  $\rho$  – fluid density;  $v$  – average speed (as a rule after the pass-through through the local resistance).

In a number of cases (sudden contraction, orifice plate, etc.), the determined theoretical coefficient values of local resistance correspond to the test data completely.

In order to adapt the calculation procedure of the flow bean, autonomous pressure sensors in the DIS assembly which make it possible to register pressure in annular space (between the production string and the DIS arrangement) were installed in the well 6295 of the Priobskoye field on 22 June 2008. The pressure in the tubes (before entry into the choke) and the actual flow were determined according to the field geophysical survey. In order to completely adapt the calculation methodology it is necessary to have the survey statistics relating to different conditions.

The largest resistance becomes evident in the case of a peg-leg in the liquid stream. When using the choke,

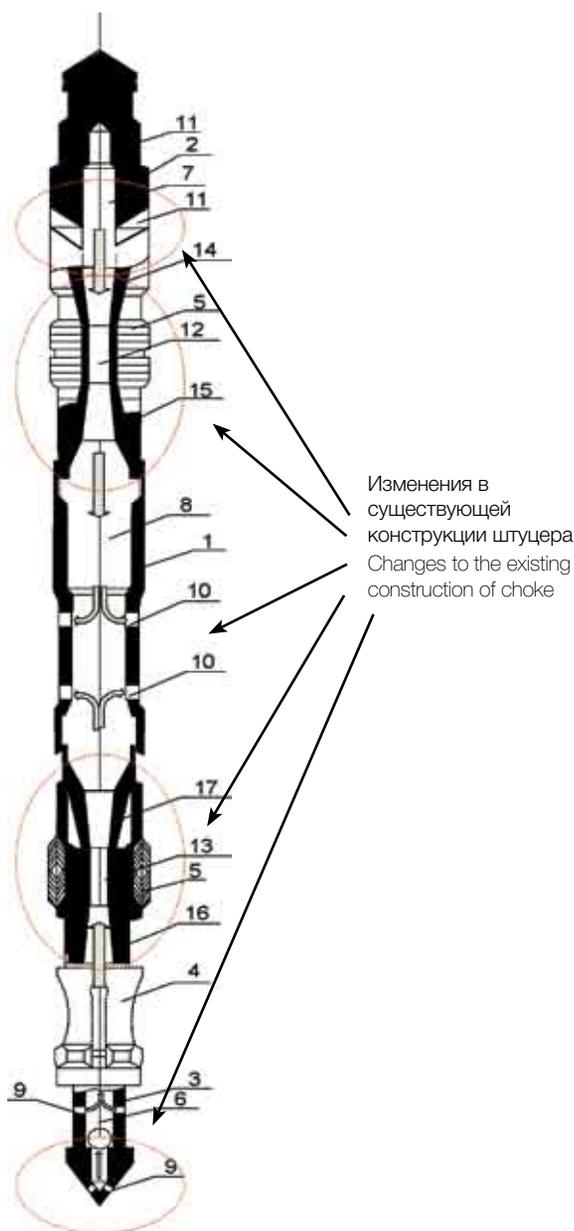


Рис. 4. Конструкция двухстороннего штуцера с учетом внесенных доработок

Fig. 4. Construction of a double-sided choke taking into consideration the integrated rework

входе к сужению 14, 16 и выходе от сужения 15, 17 устанавливают конусные воронки 14–17, которые позволяют минимизировать внутренние гидравлические сопротивления, что увеличивает пропускную способность, снижает штуцерирующий эффект, а также длительность работы, уменьшает значительный размыв в зоне сужения.

Использование предложенной конструкции штуцера при всех равных условиях позволяет увеличить расход жидкости через штуцер на 30-

where the liquid abruptly changes direction by 90° after having left the orifice instruments, the pressure decrease is 6.29 MPa, followed by a 3 x decrease in pressure decreases 3 times, similar to an exit of 45 degrees an angle of 45°. As a result small changes to the construction of the choke were recommended; in particular the directions of the liquid's entry into and exit out of the choke have been changed (fig. 4).

Body 1 of the regulating device is connected to the gripping head 2 and the tail 3. The tail 3 contains a gas lens 4. The gripping head 2 and tail 3 have sealing elements 5. The regulating device contains fluid passages; in addition, axial channels 6-8 are connected to side channels 9-11: in the tail are the axial channel 6 and the side channel 9, in the body are the channels 7 and 10 and in the head the channels 8 and 11 correspondingly

Under the sealing elements and the gas lens is an axial channel which has restrictions 12 and 13 for objective reasons. This is related to the fact that it is necessary to have a groove deep enough for the fastening of sealing rings 5 and a cementing collar of the gas lens 4.

For the reduction of resistance from restriction and the increasing of its throughput capacity at the entry of restrictions 14 and 16 and exit of the restrictions 15 and 17, bevelled flowing walls 14-17 are installed which make it possible to minimise the internal hydraulic resistance, which increases the throughput capacity, reduces the choke effect as well as the running time, and reduces significant corrosion in the restriction zone.

The use of the recommended choke construction under the same conditions makes it possible to increase the liquid flow rate through the choke to 30-35% at the expense of loss reduction by overcoming the hydraulic resistance.

Another improvement measure for the DIS arrangement is data acquisition from geophysical sensors on a real-time basis (see fig. 1). This project was initiated within the scope of the established working group Systems of New Technologies in the OAO НК "Rosneft". The DIS technology introduced in two layers and more than one well and with one downhole machine is unique in domestic and foreign oilfield practice. This work is carried out in wells with an internal diameter of the production string of 146 mm. The whole downhole machine is drained in one run.

First stage DIS operations are currently being carried out on the Priobskoye field in the wells 8709/2016 and 7730/201a at OOO "RN-Yuganskneftegaz".

35 % за счет сокращения потерь на преодоление гидравлических сопротивлений.

Другим направлением совершенствования компоновки ОРЗ является получение данных с геофизических датчиков в режиме реального времени (см. рис. 1). Данный проект в 2008 г. инициирован в рамках созданной рабочей группы Системы Новых Технологий в ОАО НК «Роснефть». Внедряемые технологии ОРЗ на два пласта и более одной скважиной и с одним внутрискважинным оборудованием в отечественной и зарубежной нефтепромысловой практике аналога не имеют. Данные работы проводятся в скважинах с внутренним диаметром эксплуатационной колонны 146 мм. Все внутрискважинное оборудование спущено за одну спускоподъемную операцию.

В настоящее время в ООО «РН-Юганскнефтегаз» проводятся работы по первому этапу ОРЗ на Приобском месторождении в скв. 8709/2016 и 7730/201а. Основные задачи, которые будут решены в ходе выполнения работ: спуск многопакерной компоновки с датчиками (p, T) за одну спускоподъемную операцию; получение

The main tasks which will be decided during the performance of work are: lowering of the multi-packer section arrangement with sensors (p, T) in one run; acquisition of geophysical data (p, T) on a real-time basis; checking of the reliability of the entire system; detection and prevention of risks; transition to the final stage of “intellectualisation” of DIS (fig. 5).

The stage-by-stage approach of the operations is defined by the complexity of the operations to be carried out and the degree of intellectualisation of the well.

### Conclusion

**1.** The current development state, of the majority of multilayer fields, is characterised by the ever-increasing demand for the use of technologies which make it possible to maintain a separate account of products to be lifted and to be injected.

**2.** The improvement of the DIS technology is based on tandem use of the existing technologies for geophysical control of the layers parameters and the mathematical devices for calculating the hydrodynamic processes taking place at the boundary of the well – layer.



First choice for global services in  
Rental | Fishing | Casing Running | Manufacture & Repair

[its-energyservices.com](http://its-energyservices.com)

UK, USA, Venezuela, Trinidad, Mexico, Peru, Egypt, Dubai (Middle East)  
India, Pakistan, China, Singapore (Asia-Pacific), Kazakhstan



Kazakhstan Branch Office of International Tubular Services Limited  
130000, Mangystau Oblast, Aktau, Promzon, Base Vira, Republic of Kazakhstan  
Tel: +7 7292 203257  
[kazakhstansales@its-energyservices.com](mailto:kazakhstansales@its-energyservices.com)

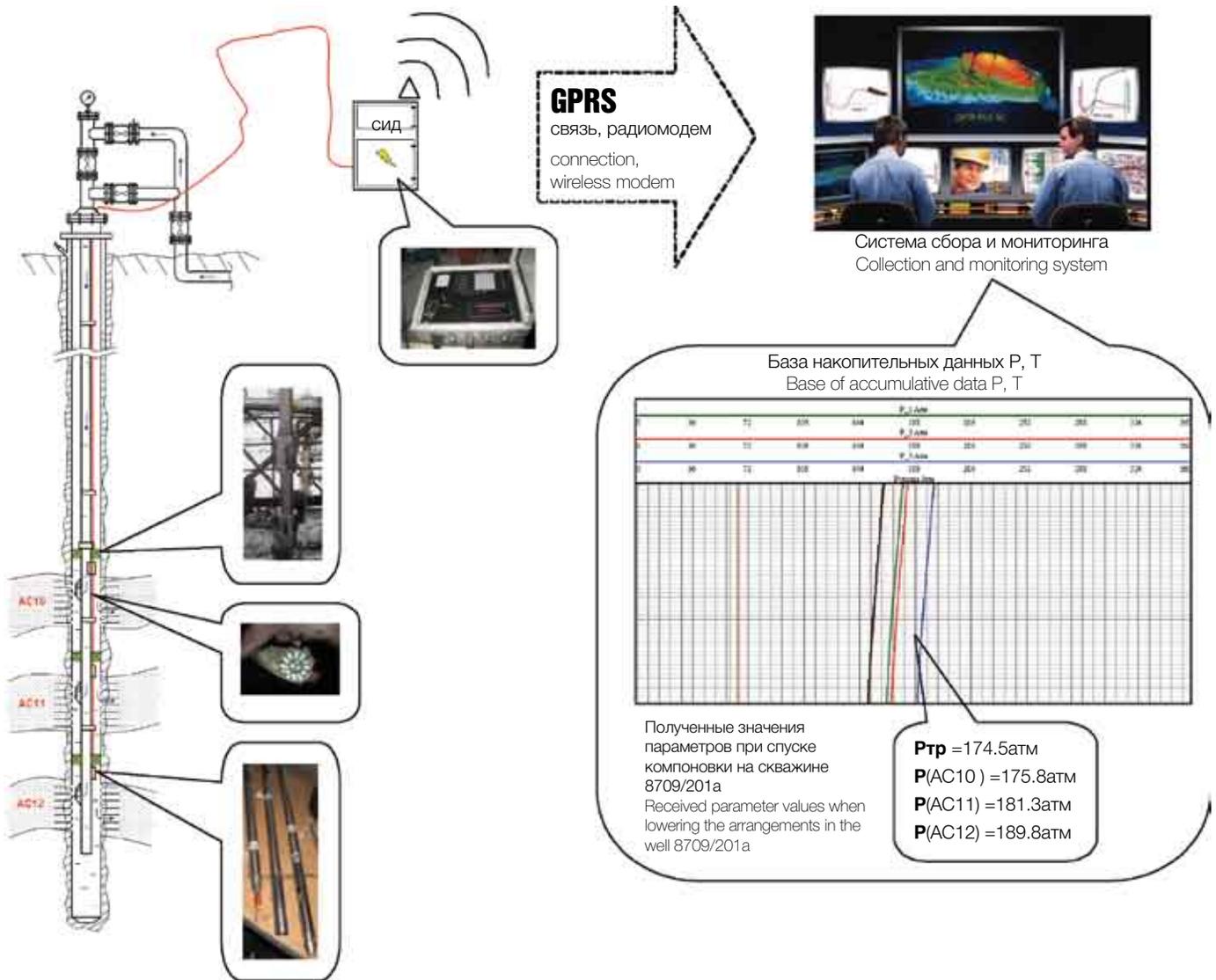


Рис. 5. Схема передачи данных  
Fig. 5. Transmitted-data circuit

геофизических данных (ρ, T) в режиме реального времени; проверка надежности системы в целом; выявление и предотвращение рисков; переход к завершающему этапу «интеллектуализации» ОРЗ (рис. 5).

Этапность работ определяется сложностью выполняемых работ и степенью интеллектуализации скважины.

**Заклучение**

1. Современное состояние разработки большинства многопластовых месторождений характеризуется все возрастающей потребностью в использовании технологий, позволяющих вести раздельный учет добываемой и закачиваемой продукции.

3. The changes to the existing arrangement must relate to all elements of the DIS System. At OOO “RN-Yuganskneftegaz”, in association with OOO NPO “Novye Neftyanye Tekhnologii”, a choke was developed which makes it possible to increase the flow rate by 30-35% in comparison to the chokes used today.

4. A methodology for calculating the liquid flow rates according to the differential pressure is being developed jointly. It is planned to develop a software product, based upon the results of the collection of statistical data, which makes it possible to carry out operational supervision of the choke operation without the involvement of geophysics.

5. At the moment operations are being carried out in the wells of the Priobskoye field. The performance of

**2.** Совершенствование технологии ОРЗ основывается на создании тандема существующих технологий геофизического контроля параметров пластов и математических приемов расчета гидродинамических процессов, происходящих на границе скважина – пласт.

**3.** Изменения в существующей компоновке должны коснуться всех элементов системы ОРЗ. В ООО «РН-Юганскнефтегаз» совместно с ООО НПО «Новые Нефтяные Технологии» разработан штуцер, позволяющий на 30-35 % увеличить расход жидкости по сравнению с ныне используемыми штуцерами.

**4.** Совместно разрабатывается методология расчета расхода жидкости по перепаду давления. По результатам набора статистического материала планируется создание программного продукта, позволяющего вести оперативный контроль работы скважины без привлечения геофизики.

**5.** В настоящее время осуществляются работы в скважинах Приобского месторождения. Выполнение работ по совершенствованию технологии ОРЗ разделены на этапы, которые определяются сложностью выполняемых работ и степенью интеллектуализации скважины.

operations concerning the technological advancement of DIS is divided into stages which are defined by the complexity of operations to be carried out and the degree of intellectualisation of the well.

**6.** An assessment must be made on economic efficiency during implementation of the improved DIS arrangement, on the basis of the whole “life” cycle of the well. However, the main effect of the project is linked to an increase of oil recovery at the expense of isolating zones or intervals with severe water breakthroughs.

**7.** The improvement of the DIS technology is a relatively recent trend both in Russia and abroad (in our situation in columns of 146 mm) due to lack of experience in the use of the technology under real conditions. Therefore a more in-depth approach is necessary for this direction in order for it to become an effective instrument for the controlling of water flooding in multilayer fields. ООО “RN-Yuganskneftegaz” is preparing for an adaptation of technology for two layer wells (“annular tube”) which will make it possible to maintain accounts of injected liquid directly from the well collar.

**8.** The improvement of DIS technology is one step in the development of the intellectualisation of oil

## Наше оборудование – Ваше преимущество

175 лет в машиностроении!  
Более 16 лет вместе с нефтегазовым комплексом СНГ

Производство и поставка насосного (включая многофазные насосы) и технологического оборудования мирового класса для добычи, подготовки, транспорта и глубокой переработки нефти и газа. Технический сервис сложного турбинного насосного и компрессорного оборудования; технологии поверхностной обработки и продления срока службы для деталей с интенсивным механическим и коррозионным износом

**175**  
years  
Experience Sulzer

## SULZER

Представительство в Москве:  
119034 Россия, г. Москва,  
ул. Остоженка, 6, стр. 3, этаж 3  
Тел.: +7 (495) 363 24 60  
Факс: +7 (495) 363 24 59  
E-mail: moscow@sulzer.com  
www.sulzer.com

**6.** Об экономической эффективности внедрения усовершенствованной компоновки ОРЗ следует судить исходя из всего «жизненного» цикла скважины. Однако основной эффект проекта сопряжен с повышением коэффициента извлечения нефти за счет изоляции обводненных зон или интервалов с резкими прорывами воды.

**7.** Совершенствование технологии ОРЗ представляет собой относительно новое направление, как в России, так и зарубежом (в нашем случае на 146-мм колоннах) из-за отсутствия опыта использования технологии в реальных условиях. Поэтому к данному направлению необходим более углубленный подход для получения эффективного инструмента по управлению заводнением на многопластовых месторождениях. В ООО «РН-Юганскнефтегаз» готовится к внедрению технология для двухпластовых скважин («труба в трубе»), позволяющая вести учет закачиваемой жидкости непосредственно с устья.

**8.** Совершенствование технологии ОРЗ является одной из ступеней развития интеллектуализации добычи нефти и дифференцированной закачки воды в разнородные геологические объекты. Этим в настоящее время занимается компания «Роснефть».

### Список литературы

**1.** Леонов В.А., Шарифов М.З., Гарипов О.М. *Опыт внедрения ОРНЭО* (одновременно-раздельной разработки нескольких эксплуатационных объектов) на месторождениях Западной Сибири/ООО НИИ «СибГеоТех»//SPE-104338.

**2.** Лукьянов Э.Е., Каюров К.Н. *Интеллектуализация работы нагнетательных и добывающих скважин при использовании многопакерных компоновок для одновременной закачки и эксплуатации на многопластовых скважинах*//Каротажник. – 2005. – № 5. – С. 270-275.

**3.** ГОСТ 8.586.1-2005 (ИСО 5167-1:2003). *Измерение расхода и количества жидкостей и газов с помощью стандартных сужающих устройств. Часть 1.*

**4.** ГОСТ 8.586.2-2005 (ИСО 5167-2:2003). *Измерение расхода и количества жидкостей и газов с помощью стандартных сужающих устройств. Часть 2.*

**5.** ГОСТ 8.586.4-2005 (ИСО 5167-4:2003). *Измерение расхода и количества жидкостей*

production and differentiated water injection into unrelated geological zones. Rosneft is currently working on this at the moment.

### List of references

**1.** Leonov V.A., Sharifov M.Z., Garinov O.M. *ORRNEO Technology* (Single Commingle Development of Several Production Zones) Introduction Experience on Oil Fields in Western Siberia/OOO NII “SibGeoTech”// SPE-104338

**2.** Lukyanov E.E., Kayurov K.N. *Operation intellectualisation of injection and exploitation wells when using multi-packer arrangements for simultaneous injection and exploitation on multilayer wells*//Karotazhnik. 2005. – No. 5. – p. 270-275.

**3.** ГОСТ 8.586.1-2005 (ISO 5167-1:2003). *Measurement of liquids and gases flow rate and quantity by means of orifice instruments. Part 1.*

**4.** ГОСТ 8.586.2-2005 (ISO 5167-2:2003). *Measurement of liquids and gases flow rate and quantity by means of orifice instruments. Part 2.*

**5.** ГОСТ 8.586.4-2005 (ISO 5167-4:2003). *Measurement of liquids and gases flow rate and quantity by means of orifice instruments. Part 4.*

**6.** Rabinovich E.Z., Evgenyevich A.E., *Hydraulics: 3rd ed. revised and amended.* М.: Nedra, 1987. – 224 p.

**7.** Altshul A.D. *Hydraulic resistance: 2nd ed. revised and amended.* М.: Nedra, 1982. – 224 p.

This article was published in the NK Rosneft Scientific and Technical Newsletter (Nauchno-tekhnicheskii Vestnik OAO NK Rosneft, No.4, 2008, pp. 36-41; ISSN 2074-2339) and won the second prize in the 2008 competition for the best publication in the newsletter. Printed with permission from the Editorial Board.

*и газов с помощью стандартных сужающих устройств. Часть 4.*

**6.** Рабинович Е.З., Евгеньев А.Е. *Гидравлика: 3-е изд., перераб. и доп.* – М.: Недра, 1987. – 224с.

**7.** Альтшуль А.Д. *Гидравлические сопротивления: 2-е изд. перераб. и доп.* – М.: Недра, 1982. – 224с.