

СТЕНД ПО ОТРАБОТКЕ ТЕХНОЛОГИИ ЭКСПЛУАТАЦИИ СКВАЖИН НА ПОЗДНЕЙ СТАДИИ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

На сегодняшний момент все более актуальным становится изучение проблем истощенных газовых месторождений, которых становится с каждым годом все больше. На базе ООО «Газпром ВНИИГАЗ» создан стенд, который является уникальным не только для России, но и с точки зрения мирового опыта. Экспериментальные данные, получаемые на стенде, не могут быть получены никаким другим способом. Основной особенностью стенда является возможность не только моделирования, но и воспроизведения процессов в газовых скважинах, содержащих в продукции жидкость.

Ключевые слова: поздняя стадия разработки, технология эксплуатации газовых скважин, поверхностно-активные вещества, пескопроявление, водопроявление, колтюбинг.

Накопленный в мировой практике экспериментальный материал, касающийся двухфазных потоков в вертикальных трубах, представляет большую ценность, однако он не охватывает всего спектра физических условий, характеризующих эксплуатацию месторождений газа. Кроме того, к настоящему времени нет общепринятого мнения по поводу универсальных критериев выноса жидкости из ствола скважины и методов расчета сопротивления двухфазному потоку. Особенно недостаточно изучены процессы с малым количеством жидкости в потоке газа, типичные для сеноманских залежей месторождений Западной Сибири.

Естественное снижение запасов газа и пластового давления привело к тому, что конструкции скважин, систем сбора и подготовки газа, запроектированные более 20 – 25 лет назад, не позволяют обеспечивать нормальную работу объектов добычи газа в изменившихся условиях эксплуатации. Превышение давления горных пород над давлением в газовой залежи приводит к ее деформации, разрушению призабойной зоны скважины и интенсивному выносу песка в газосборную сеть. Пластовые воды, поступившие в газовую залежь, дополнительно способствуют разрушению пласта-коллектора и обводнению продукции скважин.

Для исследования этих процессов в ООО «Газпром ВНИИГАЗ» существует специальный Стенд по отработке технологии эксплуатации газовых скважин на поздней стадии разработки. Основной особенностью Стенда является возможность не только моделирования, но и воспроизведения процессов в газовых скважинах, содержащих в продукции жидкость.

Стенд ООО «Газпром ВНИИГАЗ» является уникальным не только для России, но и с точки зрения мирового опыта. Экспериментальные данные, получаемые на стенде, не могут быть получены никаким другим способом.

Стенд является инициативной разработкой ООО «Газпром ВНИИГАЗ» в соответствии с ГОСТ Р 15.201-2000 «Продукция производственно-технического назначения. Порядок разработки и постановки на производство». Был получен патент на полезную модель №48580 «Стенд для исследования условий подъема жидкости с использованием газа из скважин газовых, газоконденсатных и нефтяных месторождений». Патентообладатель ООО «Газпром

ВНИИГАЗ». Приоритет от 12 мая 2005 г. Патент на полезную модель № 48581 «Установка для моделирования натуральных условий работы скважин газовых, газоконденсатных и нефтяных месторождений». Патентообладатель ООО «ВНИИГАЗ». Приоритет от 13 мая 2005 г.

Стенд предназначен для проведения экспериментов по изучению движения газожидкостной смеси в лифтовых трубах и позволит смоделировать условия работы скважин, в том числе сеноманских, как по размерам лифтовых труб, так и по расходам газа и жидкости, а также величине давления.

Возможно решение таких задач как определение граничных условий самозадавливания газовых и газоконденсатных скважин, моделирование и исследования различных режимов работы скважин месторождений и ПХГ в насосно-компрессорных и обсадных трубах с условным диаметром 73 мм, 89 мм, 114 мм и 168 мм.

Разрабатываются условия для испытания и отработки различных технологий продления срока работы газовых скважин, содержащих жидкость, но еще работающих без самозадавливания. Также в качестве выполнения инженеринговых услуг планируются стендовые и приёмочные испытания, тарировка геофизических приборов.

В таблице 1 приведены основные характеристики стенда, касающиеся изучения процессов газожидкостного потока. На рисунке 1 представлен общий вид установки.

Экспериментальный Стенд включает:

- четыре лифтовые колонны высотой 29 метров, состоящие из труб Ду = 73, 89, 114, 168 мм; каждая колонна состоит из трех труб; внутренний диаметр соответственно Ду = 62; 75,9; 100,3; 152 мм;
- компрессор «КМ1», нагнетающий заданное давление газа в ресивер «Р» и далее в экспериментальный участок;
- четыре центробежных нагнетателя «КМ2, КМ3, КМ4, КМ5», обеспечивающие заданный расход газа (на сегодняшний день введено в эксплуатацию только два);
- три дозировочных насоса (Н1, Н2, Н3) с разными диапазонами подачи, обеспечивающие заданный расход жидкости;
- восемь шаровых кранов с пневмоприводом;
- сепаратор «С» для разделения газовой и жидкой фазы после выхода смеси из лифтовых колонн, емкость «Е» для

слива жидкости из сепаратора;

- автоматизированную систему контроля и управления параметрами работы установки;
- систему подачи азота в систему для управления шаровыми кранами;
- соединительные трубопроводы и регулирующую арматуру.

Технологическая схема установки позволяет проводить работы в режиме непрерывной циркуляции воды и газа с разделением их в сепараторе. Рабочая среда: газожидкостная смесь, включающая атмосферный воздух и воду при давлении 1 – 30 бар. На рисунке 2 представлена фотография верхней площадки стенда.

В процессе эксперимента измеряются и фиксируются следующие параметры: время замера T (чч:мм); величина расхода воздуха G ($\text{м}^3/\text{час}$); давление воздуха на расходомере p_1 (МПа); температура воздуха на расходомере t ($^{\circ}\text{C}$); показания датчика давления в нижней части колонны p_2 (МПа); показания датчика перепада давления между низом и верхом колонн Δp (МПа); показания уровнемера воды в хвостовике сепаратора h (МПа);

На проведение одного опыта требуется 2 – 8 часов.

В связи с широким спектром задач и проблем, которые возникают на месторождениях и ПХГ, было решено существенно расширить круг решаемых задач на Стенде. И организовать работу Стенда так, чтобы была возможность ведения параллельно сразу нескольких научных и практических работ независимо друг от друга.

С целью реализации проекта выполнены следующие мероприятия:

- 1) проведено комиссионное техническое освидетельствование всех систем и узлов стенда;
- 2) определена структура работ по разработке, монтажу и вводу в эксплуатацию всех систем стенда;
- 3) проведена экспертиза технического состояния вышки;
- 4) разработаны мероприятия по повышению функциональности стенда.

Ведутся работы по разработке технического задания на системы, повышающие функциональность стенда; проектированию вновь вводимых узлов и систем; монтажу систем нагнетания; ревизии трубопроводов, фланцев, емкостного оборудования; поверке и калибровке, монтажу и пуско-наладке контрольно-измерительных приборов; доработке несущих металлоконструкций; разработке методик и программ проведения исследований; доработке вспомогательных систем.

Были выдвинуты различные предложения по модернизации и вводу в эксплуатацию новых технологических схем. Так, было решено повысить функциональность стенда путем введения ряда дополнительных систем:

- для исследования влияния ПАВ на работу газожидкостного подъемника;
- для исследования механизма выноса твердых частиц из ствола скважины;
- для исследования механического удаления жидкости из скважины плунжерным лифтом;
- для отработки колтюбинговых технологий;
- для измерения скорости распространения упругих колебаний в движущемся (стесненном трубой) газовойдном потоке.

Также принято решение обеспечить круглогодичную

эксплуатацию путем введения системы обогрева колонн.

В обязательном плане доработки стенда – разработка и внедрение автоматической системы управления.

Здесь стоит отметить, что системы с использованием поверхностно-активных веществ изучались давно и преследовали разные цели. От разработки нефтяных пластов на депрессии (Тагиров, Нифантов, 2003). На стенде в первую очередь планируется проведение экспериментов по изучению эффективности поверхностно-активных веществ для облегчения выноса воды из ствола скважины. А также изучение поведения пенных систем в динамике под давлением.

Особое внимание будет уделено разрушению отработанных жидкостей содержащих ПАВ (пеногашение) и их безопасной утилизации. Данная проблема сегодня стоит на многих месторождениях.

О проблеме выноса песка на устье скважины говорить в последнее время больше всего. Множество статей и монографий посвящено изучению этой проблемы и борьбы с ее последствиями (Динков и др., 1998; Жуковский и др., 1998; Суколов, 1984; Сьюмен и др., 1986; Morita, 1994; Morita et al., 1989). В скважинах месторождений, вступивших в стадию падающей добычи, наблюдается разрушение призабойной зоны, вынос песка и образование на забое протяженных песчаных пробок при незначительных рабочих депрессиях на пласт. Ранее в этих же скважинах вынос песка происходил при значительно больших депрессиях. Песок поступает из пласта на забой скважины. Отрицательное влияние песка на работу скважин проявляется за счет его накопления в интервале перфорации на забое скважин, в технологических трубопроводах и аппаратах, абразивном разрушении скважинного оборудования, запорной арматуры на устье скважины и установках сбора и подготовки газа, в создании аварийных ситуаций. Как известно, вынос песка относится к числу распространенных техногенных последствий эксплуатации газовых месторождений.

Система для исследования механизма выноса твердых частиц из ствола скважины на нашем стенде, должна помочь ответить на многие вопросы, которые стоят сейчас на промыслах и ПХГ.

Что касается колтюбинговых операций, то наиболее освоенные на сегодняшний день на промысле: ликвидация отложений; обработка призабойной зоны; вызов притока нефти (газа) в скважинах; перфорация эксплуатационной колонны; промысловые геофизические исследования; очистка эксплуатационных колонн механическими скребками; шаблонирование эксплуатационной колонны; ловильные операции; ремонтно-изоляционные работы в скважинах.

Параметры	Единицы измерения	Лифтовые колонны			
		1	2	3	4
Условный диаметр	мм	168	114	89	73
Макс. давление	бар	15	15	15	15
Макс. скорость газа	м/сек	5,5	12	22	33
Макс. расход газа	тыс.м ³ /сутки	350	350	350	350
Макс. расход воды	м ³ /сутки	450	200	100	50
Мин. расход воды	л/сутки	24	24	24	24

Табл.1. Параметры стенда по изучению процессов и разработки технологии эксплуатации газовых скважин.



Рис. 1. Стенд по отработке технологий эксплуатации газовых скважин на поздней стадии разработки (внешний вид).

Но наибольшие перспективы применения гибких труб связаны с бурением при отрицательном перепаде давления в системе скважина-пласт (депрессии). Отличительная особенность гибких труб – их можно безопасно применять на герметизированном устье скважины.

Системы для исследования механического удаления жидкости из скважины плунжерным лифтом давно с успехом используются, и серьезное изучение этого вопроса проводилось учеными ООО «ГазпромВНИИГАЗ» (Шулятиков и др., 2003; 1998). Планируется поэтапное проведение экспериментов после модернизации Стенда.

Проведение испытаний с целью изучения процессов подъема воды воздухом с использованием летающих клапанов, комбигазлифта и традиционным эрлифтом с минимальным количеством средств измерения.

Проведение испытаний с целью изучения процессов подъема воды воздухом с использованием летающих клапанов, комбигазлифта и традиционным эрлифтом с полным объемом средств измерения.

Результаты экспериментальных работ на стенде позволят разработать новые и усовершенствовать существующие технические и технологические решения эффективной эксплуатации скважин, в том числе на поздней стадии разработки месторождений. А также проводить испытания и возможно лицензирование приборов, используемых на промыслах.

Литература

Бабалян Г.А., Кравченко И.И., Мархасин И.Л., Рудаков Г.В. Физико-химические основы применения ПАВ при разработке нефтяных пластов. 1962.

Динков А.В., Ли Г.С., Кузнецов А.С., Паномарев А.Н. Газогидродинамические исследования скважин сеноманской залежи Уренгойского месторождения в условиях обводнения и разрушения коллектора призабойной зоны. *Сб. науч. тр. ООО «Уренгойгазпром»: «Проблемы освоения месторождений Уренгойского комплекса»*. М.: ОАО «Издательство «Недра». 1998. 317-322.

Жуковский К.А., Ахметов А.М., Шарипов В.Н., Хозяинов В.Н. Причины пескопроявления при добыче газа и методы их ликвидации, применяемые на Уренгойском месторождении. *Сб. науч. тр. ООО «Уренгойгазпром»: «Проблемы освоения месторождений Уренгойского комплекса»*. М.: ОАО «Издательство «Недра». 1998. 323-329.

Сусоколов А.И. Разработка методов расчета напряжений в пласте-коллекторе ПХГ для обоснования параметров укрепления

призабойной зоны скважин. *Дис. на соискание уч.ст. к.техн.н. МИНХ и ГП им. И.М. Губкина*. М. 1984.

Сьюмен Д., Эллис Р., Снайдер Р. Справочник по контролю и борьбе с пескопроявлениями в скважинах. М.: Недра. 1986. 176.

Тагиров К.М., Нифантов В.И. Бурение скважин и вскрытие нефтегазовых пластов на депрессии. М.: Недра. 2003.

Шулятиков И.В., Сидорова С.А., Сидоров С.Н., Ушаков А.С. Новые технологии для «челночной» эксплуатации скважин газовых и газоконденсатных месторождений в условиях, осложненных скоплениями жидкости и разрушением призабойной зоны продуктивного пласта. *Сб. науч. тр.: «Актуальные проблемы освоения, разработки и эксплуатации месторождений природного газа»*. М. 2003. ВНИИГАЗ. 426-439.

Шулятиков И.В., Сидорова С.А. Будущее газлифта – комбигазлифт. *Газовая промышленность*. Апрель, 1998. 15.

Morita N. Field and Laboratory Verification of Sand-Production Prediction Models. *SPE Drilling & Completion*. 1994. 227-235.

Morita N., Whitfill D.L., Fedde O.P., Lovik T.H. Parametric Study of Sand-Production Prediction: Analytical Approach. *SPE PE*. February, 1989. 25-33.

S.A. Borodin, S.N. Buzinov, V.M. Pischukhin, S.A. Shulepin. The Stand on working off of wells operation technology at a late stage of oil and gas fields development.

For today more and more actual there is a studying of problems of the depleted gas fields which becomes every year more and more. On the basis of «Gazprom VNIIGAZ» Ltd. the stand which is unique not only for Russia, but also from the point of view of world experience is created. The experimental data received at the stand, cannot be received any in another way. The basic feature of the stand is possibility not only modeling, but also reproduction of processes in the gas wells containing in production a liquid.

Keywords: late stage of development, technology of operation of gas wells, surface-active substances, sand display, water display, coiled tubing.

Сергей Александрович Бородин
заместитель директора ОЭБ ООО «Газпром ВНИИГАЗ». Научные интересы: разработка и внедрение инновационных технологий, поиск повышения функциональности стендов и установок.



142717, РФ, Пос. Развилка, Ленинский р-н, Московская область. Тел.: (495)355-93-08.

Василий Михайлович Пищухин
к.тех.н., академик международной Академии наук прикладной радиоэлектроники, ведущий научный сотрудник. Научные интересы: математическое моделирование.



ООО «Газпром ВНИИГАЗ»
142717, РФ, Пос. Развилка, Ленинский р-н, Московская область. Тел.: (495)355-98-94.

Сергей Александрович Шулепин
ведущий научный сотрудник. Научные интересы: геохимические реакции, газогидродинамика.



ООО «Газпром ВНИИГАЗ»
142717, РФ, Пос. Развилка, Ленинский р-н, Московская область. Тел.: (495) 355-96-46.