

УДК 622.279.23/4

### ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ГАЗОВЫХ СКВАЖИН В ПЕРИОД ПАДАЮЩЕЙ ДОБЫЧИ

© Шестерикова Р.Е., Шестерикова А.А.

*СКФУ институт нефти и газа, г. Ставрополь*

*Статья направлена на решение проблемы повышения эффективности работы скважин в завершающей стадии разработки месторождений. Проанализированы факторы, обуславливающие снижение дебитов скважин ниже критических значений и являющихся причиной их нестабильной работы. На основе анализа данной проблемы авторами предложены энергетические критерии, позволяющие объективно оценить добывные возможности скважины. Показано, что непрерывный энергетический мониторинг состояния продуктивного пласта позволяет оптимизировать режимы эксплуатации месторождений в период падающей добычи.*

**Ключевые слова:** эксплуатация скважин, стадия падающей добычи, коллектор, энергия, дебит.

Практика эксплуатации газовых и газоконденсатных скважин в период падающей добычи свидетельствует о проблемах их стабильной работы. Для газодобывающих объектов, эксплуатирующихся в режиме падающей добычи, существенным фактором, осложняющим стабильную и надежную работу скважин, является отсутствие объективного критерия для непрерывного контроля режима и анализа их работы с целью обеспечения планируемого уровня добычи углеводородов. Определение дебитов скважин по результатам ГДИ (особенно при кустовом расположении скважин) и измеренных отборов газа с УКПГ не дает объективной оценки

добывных возможностей скважин, т.к. разница расчетных дебитов по фильтрационным коэффициентам и дебитов по фактическим замерам достигает от 7 до 156 % [1].

Технологический процесс добычи газа сопровождается затратами энергии на движение газа по продуктивному пласту и стволу скважины.

$$E_{\partial} = E_{пл} + E_{нкт} \quad (1)$$

где  $E_{\partial}, E_{пл}, E_{нкт}$  – затраты энергии на добычу газа, на движение по пласту, по НКТ соответственно, ккал/мол.

Единственным источником энергии, за счет которой происходит движение газа по продуктивному пласту и скважине, является работа расширения добываемого газа. Поэтому оценить эффективность работы газовых скважин, т.е. дать оценку состоянию призабойной зоны пласта и лифта скважины, можно потерями энергии газа при его движении в пласте и НКТ. Это будет объективная оценка, не зависящая от субъективных показателей, таких как дебит скважины по газу и жидкости, плотность добываемого флюида, конструктивные параметры лифта, глубина скважины [3,4].

Затраты энергии на движение газа в продуктивном пласте определяются уравнением изотермы (2)

$$E_{пл} = R \cdot T_{пл} \cdot \ln\left(\frac{P_{пл}}{P_{заб}}\right) \quad (2)$$

где  $E_{пл}$  – затраты энергии при изотермическом расширении газа, ккал/м<sup>3</sup>;

$R$  – газовая постоянная,  $\frac{\text{ккал}}{\text{м}^3 \cdot \text{К}}$ ;

$T_{пл}$  – пластовая температура, К;

$P_{пл}, P_{заб}$  – пластовое давление и давление на забое скважины, МПа.

Затраты энергии при движении газа по насосно-компрессорным трубам (НКТ) определяются уравнением политропы

$$E_{нкт} = \frac{\kappa}{\kappa - 1} \cdot RT \cdot \left[ \left( \frac{P_{заб}}{P_{уст}} \right)^{\frac{\kappa - 1}{\kappa}} - 1 \right] \quad (3)$$

$\kappa$  - показатель политропы;

$P_{уст}$  – давление на устье скважины, МПа;

$T$  - температура газа в НКТ, К.

Уравнения (2) и (3) включают минимальное количество показателей, таких, как давление в пласте, на забое и на устье и температура в пласте и на устье. Используя набор этих параметров можно обеспечить объективный систематический мониторинг работы скважины, что позволяет оперативно принимать решения на проведение необходимых технических мероприятий по повышению продуктивности скважин.

На завершающей стадии разработки месторождений скважина может работать в условиях, когда затраты энергии на движение газа в пласте больше, чем в НКТ ( $E_{пл} \gg$

$E_{нкт}$ ) или наоборот ( $E_{нкт} \gg E_{пл}$ ). Оценка потерь энергии при добыче газа позволяет повысить эффективность геолого-технических мероприятий за счет выявления первоочередных приоритетных работ на скважине. Например, когда потери энергии на движение газа в пласте выше, чем в НКТ, это указывает на снижение коэффициентов фильтрации за счет коагуляции пласта. В этом случае следует проводить геолого-технические мероприятия, включающие очистку забоя, кислотные обработки, гидроразрыв пласта и др.. Уменьшение дебита скважины в случае, когда основные

потери энергии газа происходят в НКТ, что приводит к снижению депрессии на пласт, требует в первую очередь заниматься газовым лифтом. Набор работ при этом включает удаление скапливающейся жидкости на забое скважины, уменьшение диаметра НКТ, изоляцию водопритока и др.

Изменение величины потерь энергии в пласте во времени характеризует состояние пласта, его коллекторские свойства и позволяет оценить приток газа в скважину. Чем выше потери энергии в пласте, тем меньше приток газа. На рисунке 1 приведены результаты работы газовой скважины ООО «Газпром добыча Краснодар».

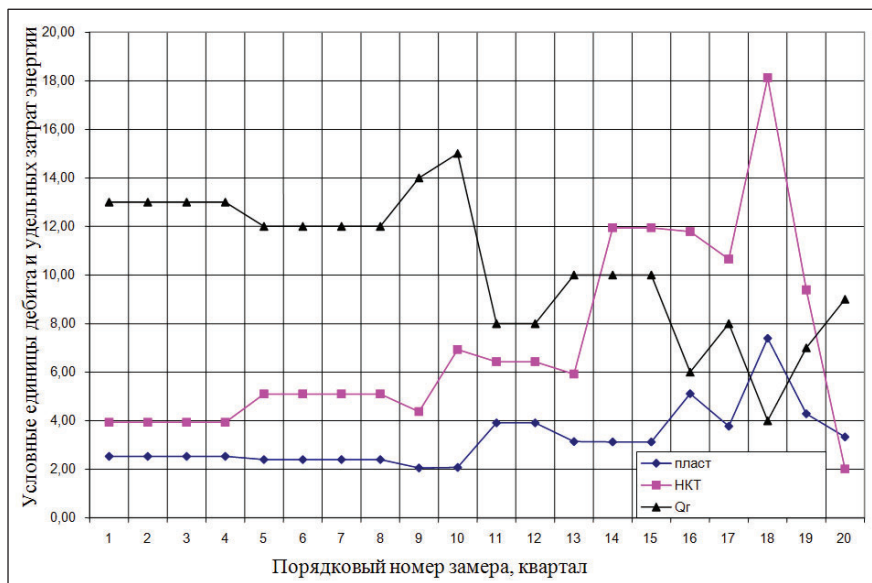


Рис. 1. Изменение дебита и удельных затрат энергии на движение газа в пласте и газовом лифте

Анализ данных рисунка 1 свидетельствует, что удельные затраты энергии при движении газа к забою данной скважины практически постоянны, меньше затрат энергии в НКТ и не оказывают существенного влияния на дебит. Увеличение потерь давления в НКТ сопровождается уменьшением дебита, а при уменьшении потерь пластовой энергии наблюдается увеличение дебита. Участки роста потерь давления в НКТ на кривой, указывают на то, что жидкость с забоя скважины не выносится и в НКТ происходит накапливание жидкой фазы. Участки на кривой, показывающие уменьшение потерь давления в НКТ, свидетельствуют о том, что в этот период на скважине проводились работы по интенсификации притока.

Анализ данных, представленных на рисунке 1, показывает, что простые продувки скважины с целью снижения потерь энергии газа при его движении по НКТ не исключают саму причину высоких потерь энергии и дают только кратковременный эффект. Более того, если не принимать радикальных мер, позволяющих обеспечить непрерывное удаление жидкости из ствола скважины по мере ее накопления, то ухудшаются коллекторские свойства продуктивного пласта. В результате потери энергии в пласте возрастают, что приводит к существенному уменьшению притока газа к забою. Увеличение притока газа в скважину достигается снижением потерь пластовой энергии в призабойной зоне скважины, если они обусловлены техногенными причинами, а не природными свойствами коллектора.

Абсолютное значение энергии расширения газа при движении к забою не может оценить изменения фильтрационных характеристик коллектора, т.к. этот показатель изменяется во времени. Увеличение затрат энергии на движение газа из пласта к забою

скважины также не позволяет оценить изменение фильтрационных характеристик коллектора, т.к. это увеличение может быть вызваны не только увеличением сопротивления в призабойной зоне, но и увеличением потерь энергии газа в НКТ.

Для оценки изменения фильтрационных характеристик коллектора в процессе эксплуатации скважины удобнее пользоваться отношением потерь энергии в НКТ к потерям энергии газа при его движении по пласту. Уменьшение этого отношения во времени свидетельствует о возрастании сопротивления пласта, т.е. происходит либо разрушение пласта, либо его поровое пространство насыщается жидкостью. Рост этого отношения указывает на проблемы в газовом лифте.

На рисунке 2 приведены анализа работы скважины Азовского месторождения. В качестве критерия для анализа использовалось отношение потерь энергии газа в НКТ к потерям энергии газа в пласте.

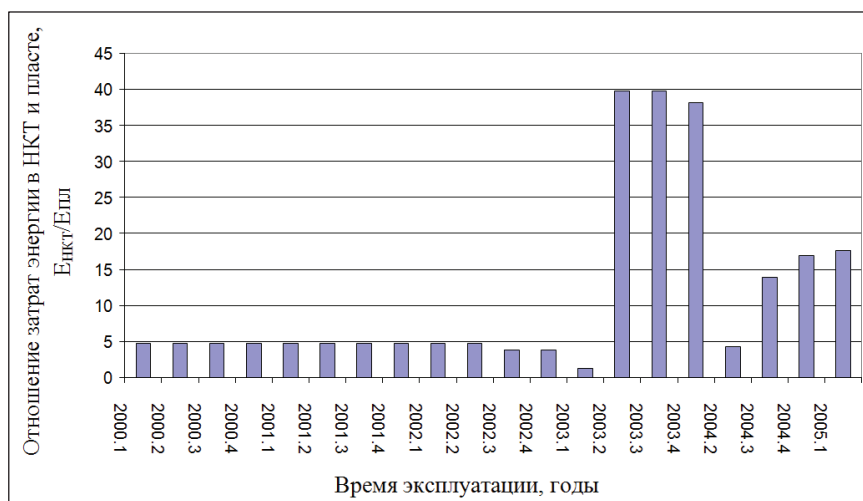


Рис. 2. Изменение затрат энергии на движение газа в системе «пласт-скважина»

Из данных рисунка 2 следует, что уже во 2 квартале 2003 г. на скважине, в первую очередь, необходимы были мероприятия по снижению потерь давления в НКТ, т.к. мероприятия по улучшению фильтрационных характеристик призабойной зоны продуктивного пласта не могут дать заметного эффекта. Отношение потерь энергии газа в НКТ к потерям энергии газа в пласте позволяет оценить эффективность проводимых мероприятий по снижению потерь давления в НКТ.

На рисунке 3 приведены данные, свидетельствующие о влиянии степени загрязнения системы «пласт-скважина» на дебит скважины.

Из данных рисунка 3 следует, что использование энергетического критерия - отношения работы расширения газа в НКТ и пласте - позволяет обеспечить мониторинг режима работы скважин и оперативно принимать управленческие решения и исключать технологические риски.

Надежность эксплуатации скважин в период падающей добычи зависит от способности скважины непрерывно выносить жидкость с забоя. На эту способность оказывают влияние геолого-эксплуатационные характеристики, например, глубина спуска НКТ и конструктивные параметры лифта. Технологическим параметром, определяющим способность скважины непрерывно выносить жидкость, является ее минимально необходимый дебит [5].

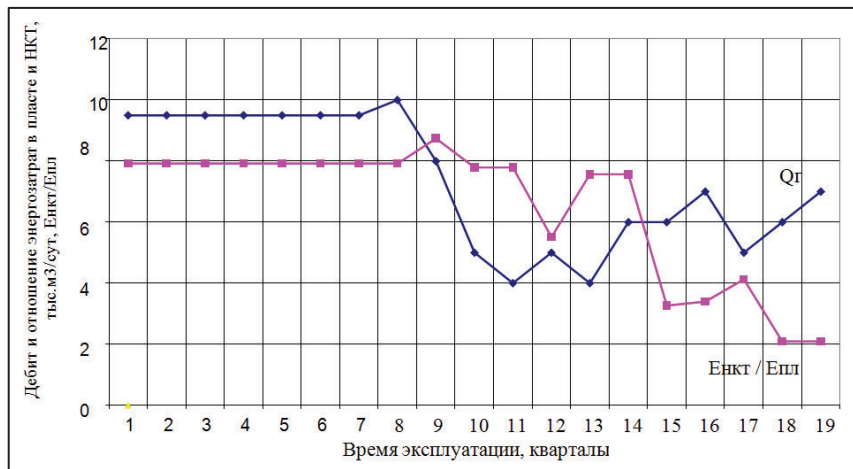


Рис. 3. Изменение дебита и затрат энергии в системе «пласт-скважина»

Изменение дебита скважины удобно оценивать отношением величины минимально необходимой скорости газа в НКТ к фактической по уравнению (4).

$$\frac{W_{\min}}{W_{\phi}} = \frac{1434 \cdot d_{\text{нкт}}^2 \cdot P_{\text{заб}}^{0,5}}{Q_z} \quad (4)$$

При  $\frac{W_{\min}}{W_{\phi}} > 1$  жидкость не будет выноситься газом, что неизбежно приведет к снижению дебита. В этом случае требуется проведение специальных технических и технологических мероприятий по удалению жидкости из НКТ. Отношение  $\frac{W_{\min}}{W_{\phi}} < 1$

указывает на то, что энергии газа достаточно для выноса жидкости на дневную поверхность. Контроль этого параметра не требует проведения каких-то специальных операций и его удобно использовать при мониторинге работы скважины.

На рисунке 4 приведены результаты анализа газовой скважины с использованием в качестве критерия оценки отношения  $\frac{W_{\min}}{W_{\phi}}$ .

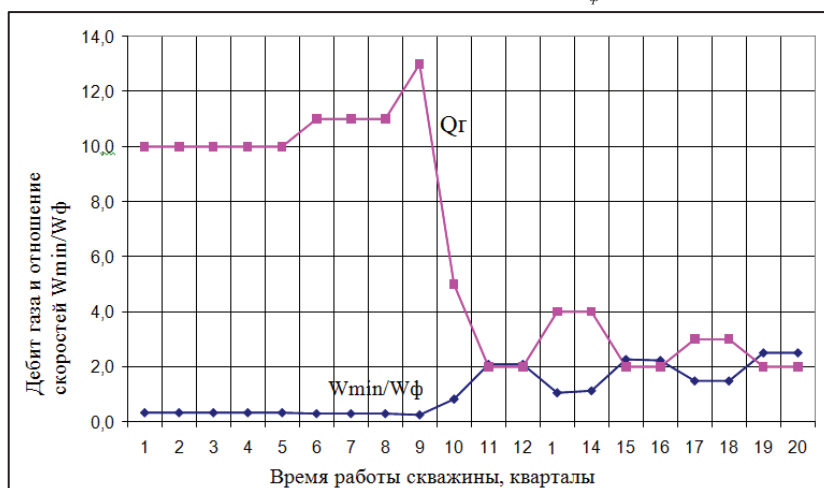


Рис. 4. Изменение дебита и скорости газа в НКТ

Данные рисунка 4 свидетельствуют, что рост отношения минимально необходимой скорости газа к фактической сопровождается снижением дебита скважины.

#### **Выводы**

1. Очевидно, что проблеме снижения продуктивности скважин из-за изменения фильтрационных параметров коллектора следует уделять особое внимание путем постоянного контроля за состоянием продуктивного пласта, т.к. этот фактор оказывает наиболее значительное влияние на изменение добывных возможностей скважины. В качестве критериев для оценки эффективности работы скважин рационально использовать следующие показатели:

- отношение потерь энергии газа в НКТ и пласте;
- отношение минимально необходимой скорости газа в НКТ к фактической.

2. Энергетическая оценка работы скважин позволит максимально использовать добывные возможности скважин и оптимизировать режимы эксплуатации месторождений в период падающей добычи.

#### **Литература**

1. *Нифантов В.И., Харитонов А.Н., Смирнов В.С., Шулятиков В.И., Бережная Л.Н.* Технические и технологические решения для обеспечения надежной эксплуатации скважин на завершающей стадии разработки месторождений // Проблемы эксплуатации и капитального ремонта скважин на месторождениях и ПХГ: Сб. докл. междунар. науч.-практ. конф. (г. Кисловодск, 22-26 сент. 2003 г.). Ставрополь: СевКавНИПИгаз, 2003. 376 с.
2. Руководство по исследованию скважин / *А.И. Грищенко, З.С. Алиев, О.М. Ермилов и др.* М.: Наука, 1995. 523 с.
3. *Галанин И.А., Шестерикова Р.Е., Шестерикова Е.А.* Энергетические критерии при выборе метода очистки газа от сероводорода // Геология, бурение, разработка и эксплуатация газовых и газоконденсатных месторождений. Специализированный сборник, приложение к журналу Наука и техника в газовой промышленности. М.: ИРЦ Газпром, 2006. № 1. С. 36–39.
4. Результаты гидродинамических исследований газового лифта с использованием полиэтиленовых труб / *И.А. Галанин, Р.Е. Шестерикова, В.Н. Бояджи и др.* // Геология, бурение и разработка газовых и газоконденсатных месторождений. Сб. научн. трудов ОАО СевКавНИПИгаз. Вып. 43. Ставрополь: СевКавНИПИгаз, 2005.
5. *Гасумов Р.А., Галанин И.А., Шестерикова Р.Е.* Методика обоснования выбора оптимальной конструкции газового лифта, обеспечивающего непрерывный вынос жидкости // Проблемы добычи газа, газового конденсата, нефти. Тез. докл. междунар. науч.-практ. конф. (г. Кисловодск, 11-15 сент. 2006 г.). Ставрополь: СевКавНИПИгаз, 2006.