

УДК 622.279.23/4

**Шестерикова Раиса Егоровна****КРИТЕРИИ МОНИТОРИНГА РАБОТЫ ГАЗОВЫХ СКВАЖИН  
В ПЕРИОД ПАДАЮЩЕЙ ДОБЫЧИ**

*В статье представлен мониторинг работы скважин в период падающей добычи с использованием энергетического критерия, позволяющий обеспечить условия надежной работы малодобитных скважин и планируемый уровень добычи газа.*

*Ключевые слова: энергетический критерий, мониторинг, продуктивный пласт, газовый лифт.*

**Shesterikova Raisa E.****CRITERIA FOR MONITORING OF GAS WELLS IN THE PERIOD  
OF DECLINING PRODUCTION**

*The article presents the monitoring of the wells in the period of falling production, using the energy criterion will ensure reliable operation conditions marginal wells and the planned level of gas.*

*Keywords: energetichesky criteria, monitoring, productive plastic, gas lift.*

Анализ состояния эксплуатации скважин на месторождениях ОАО «Газпром» позволил выявить характерные факторы, осложняющие эксплуатацию скважин в период падающей добычи [1]. Для газодобывающих объектов ОАО «Газпром», эксплуатирующихся в режиме падающей добычи, существенным фактором, осложняющим эксплуатацию скважин, является отсутствие непрерывного контроля режима и анализа их работы с целью обеспечения надежной эксплуатации скважин и планируемого уровня добычи углеводородов. В условиях падающей добычи при кустовом расположении скважин определение их дебитов по результатам ГДИ (гидродинамические исследования) и измеренных отборов газа с УКПП (установка комплексной подготовки газа) не позволяет в полной мере использовать добывные возможности скважин, т. к. разница расчетных дебитов по фильтрационным коэффициентам и дебитов по фактическим замерам может составлять от 7 до 156 % [1].

Объективным критерием оценки эффективности любого технологического процесса являются энергетические затраты на его осуществление. Технологический процесс добычи газа сопровождается затратами энергии на движение газа по продуктивному пласту и стволу скважины.

$$E_0 = E_{нл} + E_{нкт} \quad (1)$$

где  $E_0, E_{нл}, E_{нкт}$  – затраты энергии на добычу газа, на движение по пласту, по НКТ (насосно-компрессорные трубы) соответственно, ккал/мол.

Единственным источником энергии, за счет которой происходит движение газа по продуктивному пласту и скважине, является работа расширения добываемого газа. Потерями энергии газа при его движении в пласте и НКТ можно оценить состояние призабойной зоны пласта и лифта скважины.

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

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

где  $E_{нл}$  – затраты энергии при изотермическом расширении газа, ккал/м<sup>3</sup>;  $R$  – газовая постоянная,  $\frac{\text{ккал}}{\text{м}^3 \cdot \text{К}}$ ;  $T_{нл}$  – пластовая температура, К;  $P_{нл}, P_{зab}$  – пластовое давление и давление на забое скважины, МПа.

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

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

где  $\kappa$  – показатель политропы;  $P_{уст}$  – давление на устье скважины, МПа;  $T$  – температура газа в НКТ, К.

Уравнения (2) и (3) позволяют объективно оценить работу скважины, т. к. не включают такие субъективные показатели как дебит скважины по газу и жидкости, плотность добываемого флюида, конструктивные параметры лифта, глубина скважины. Используя минимальное количество показателей, таких, как давление в пласте, на забое и на устье и температура в пласте и на устье, можно обеспечить объективный систематический мониторинг работы скважины. Такой мониторинг 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 кольтатации пласта. В этом случае следует проводить геолого-технические мероприятия, включающие очистку забоя, кислотные обработки, гидро-разрыв 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.

Изменение дебита и затрат энергии на движение газа в пласте и в НКТ можно, например, проследить по результатам работы одной из скважин Азовского месторождения, приведенным на рис. 1. Представленные зависимости отражает ежеквартальные изменения рассматриваемых параметров.

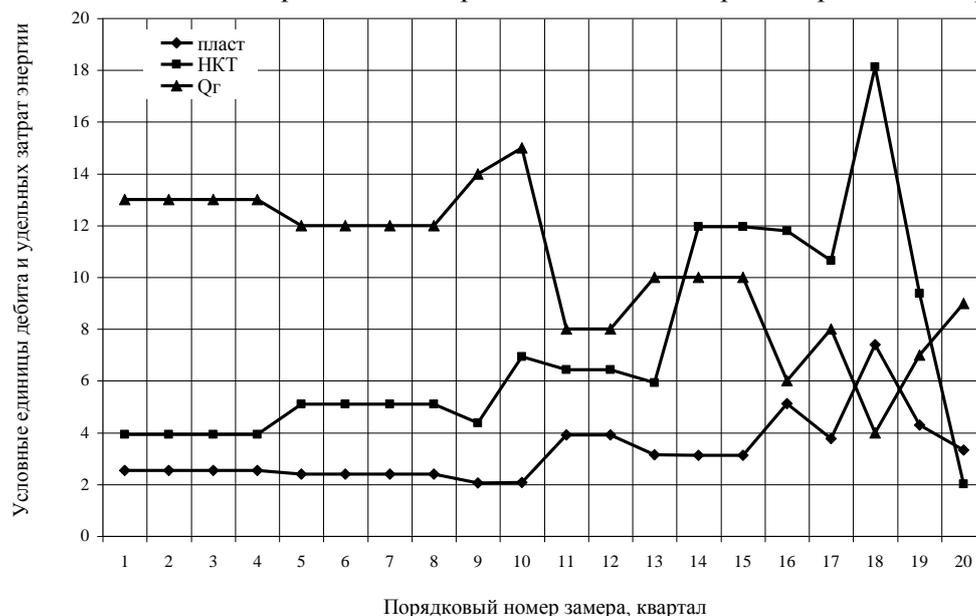


Рис. 1. Изменение дебита и удельных затрат энергии на движение газа в пласте и газовом лифте

Из анализа данных рис. 1 следует, 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. Влияние же потерь давления в НКТ отчётливо показывает, что при увеличении потерь давления в НКТ происходит уменьшение дебита и 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 накопление 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 рис. 1, позволяет оценить эффективность работы скважины и эффективность проводимых геолого-технических мероприятий. Представленная на рис. 1 информация позволяет заключить, 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 вызвано 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 рис. 2 приведены результаты анализа работы скважины Азовского месторождения с использованием энергетического критерия, определяемого как отношение потерь энергии газа в НКТ к потерям энергии газа в пласте.

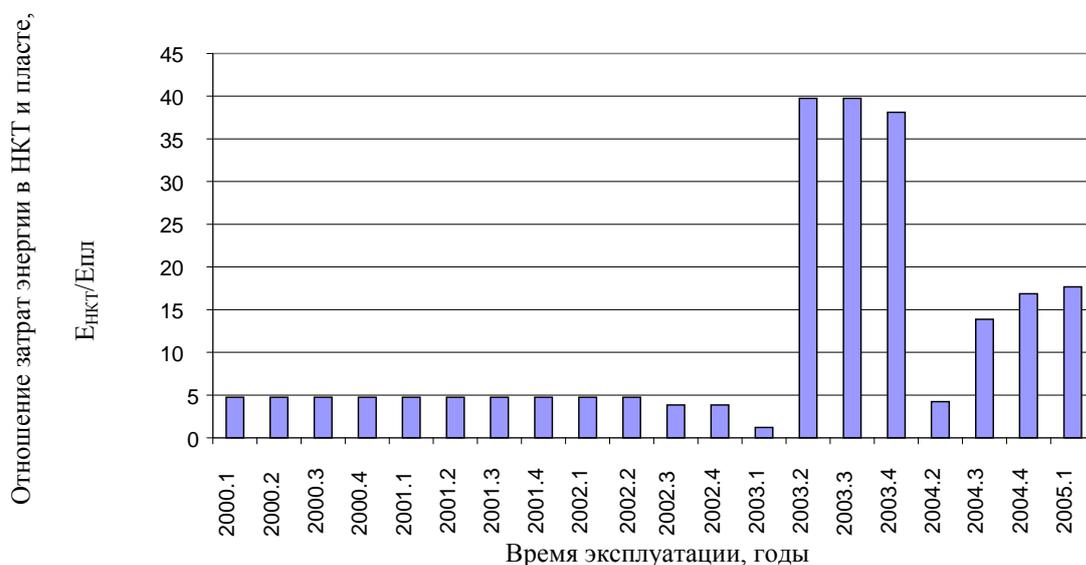


Рис. 2. Изменение затрат энергии на движение газа в системе «пласт-скважина»

Из данных рис. 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.

Использование такого критерия, как отношение потерь энергии газа в НКТ к потерям энергии газа в пласте, позволяет оценить эффективность проводимых мероприятий по снижению потерь давления в НКТ.

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

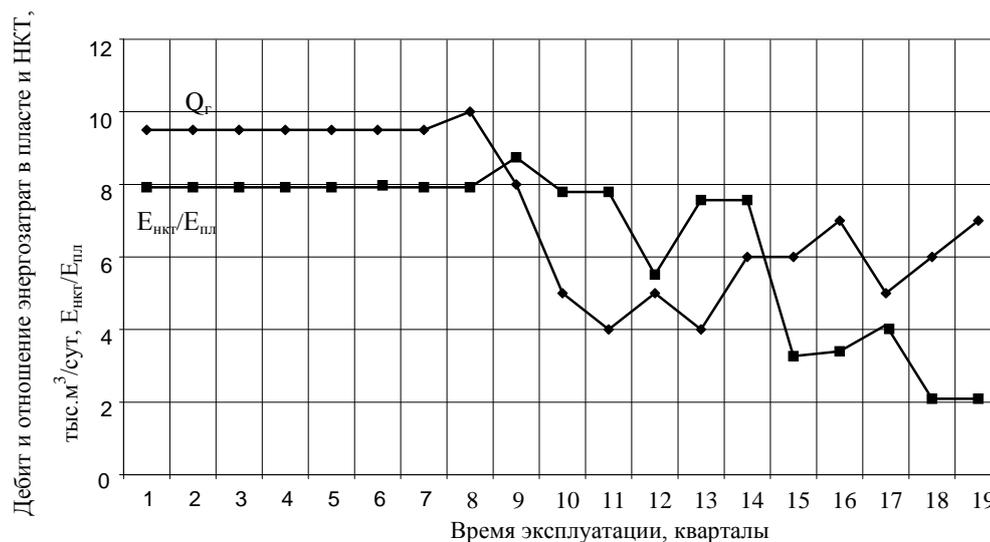


Рис. 3. Изменение дебита и затрат энергии в системе «пласт-скважина»

Из данных рис. 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.

Опыт строительства скважин свидетельствует о том, что НКТ спускаются как до нижних или верхних отверстий перфорации, так и до середины продуктивного пласта (рис. 4).

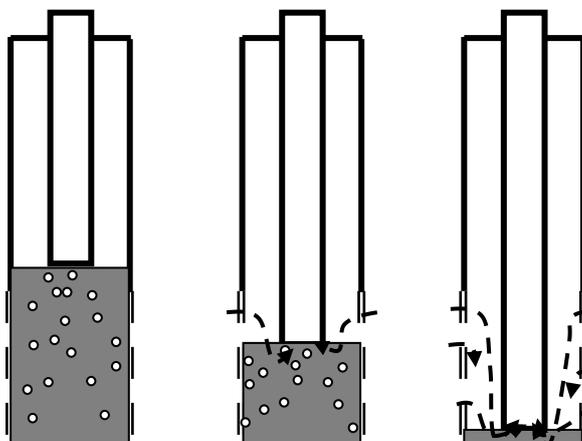


Рис. 4. Варианты спуска колонны лифтовых труб

При высоких дебитах газа бывают оправданы все три варианта, но в условиях падающей добычи при значительном снижении дебитов спуск НКТ должен осуществляться только до нижних

перфорационных отверстий, поскольку только в этом случае исключается образование столба жидкости в интервале перфорации.

В условиях, когда скорость газа в свободном сечении низа колонны лифтовых труб меньше минимально необходимой, а глубина ее спуска выше верхних отверстий перфорации, весь вскрытый интервал продуктивного пласта будет заполнен жидкостью. При спуске НКТ до середины вскрытого интервала продуктивного пласта, условия фильтрации газа выше башмака НКТ будут лучше, чем в зоне, заполненной жидкостью и расположенной ниже башмака НКТ.

Столб жидкости в затрубном пространстве газовой скважины приводит не только к уменьшению депрессии на пласт, но и ухудшает фазовую проницаемость призабойной зоны, что уменьшает приток газа к забою.

Удаление жидкости из НКТ вызывает увеличение дебита скважины. Поэтому необходимым условием подготовки газовой скважины к работе в период падающей добычи должны быть работы по спуску колонны лифтовых труб до нижних перфорационных отверстий продуктивного пласта.

Технологическим параметром, определяющим способность скважины непрерывно выносить жидкость, является ее минимально необходимый дебит. Изменение дебита скважины удобно оценивать отношением величины минимально необходимой скорости газа в НКТ к фактической по уравнению (4)

$$\frac{W_{\min}}{W_{\phi}} = \frac{1434 \cdot d_{\text{нкт}}^2 \cdot P_{\text{заб}}^{0,5}}{Q_2} \quad (4)$$

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.

Результаты анализа работы одной из скважин Азовского месторождения по данному критерию приведены на рис. 5, из которого следует, что рост отношения минимально необходимой скорости газа к фактической сопровождается снижением дебита скважины.

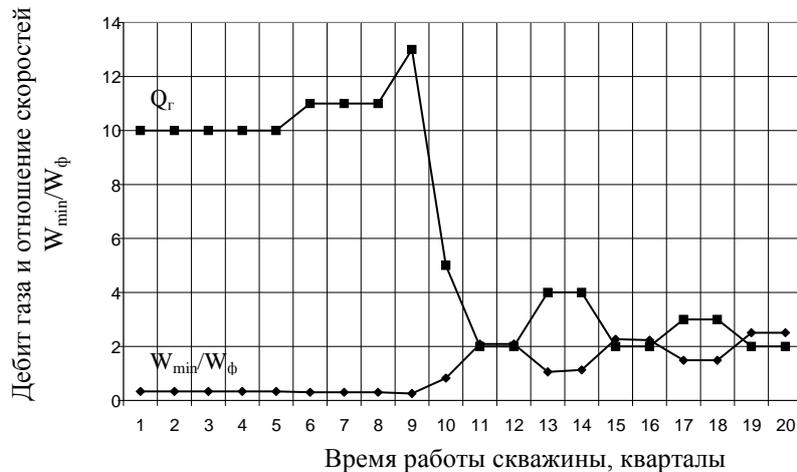


Рис. 5. Изменение дебита и скорости газа в НКТ

Исходя из сказанного, подведем итоги.

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 продуктивности скважины. В качестве критериев мониторинга целесообразно использовать следующие показатели:

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

2. Постоянный мониторинг 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 сентября 2003 г. Ставрополь: РИЦ ОАО «Сев-КавНИПИгаз», 2003. 376 с.

2. Руководство по исследованию скважин / А. И. Гриценко, З. С. Алиев, О. М. Ермилов, В. В. Ремизов, Г. А. Зотов. М.: Наука, 1995. 523 с.