

**МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ
ЭКОНОМИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА ОТ ПРИМЕНЕНИЯ
ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ УПРАВЛЯЮЩЕЙ СИСТЕМЫ
ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕГО ТИПА НА ГАЗОКОНДЕНСАТНЫХ
МЕСТОРОЖДЕНИЯХ**

**П.П. Замосковин, А.А. Жилкин,
А.А. Андреев, И.Ю. Петрова**

Рассмотрена методика определения экономического эффекта от применения информационно-измерительной и управляющей системы автоматического управления температурными параметрами газотранспортной сети промысла, осуществляющей оптимизацию работы промысловых скважин и трубопроводной системы промысла в энергосберегающем режиме.

Ключевые слова: экономический эффект, температура пластового флюида, автоматическое управление, газовый промысел.

Key words: saving rate, formation fluid temperature, automatic control, gas field.

В штатном автоматизированном режиме регулирования температурных параметров для газотранспортных сетей используется, как правило, только дистанционное диспетчерское управление температурными параметрами. При этом поддерживается температура поставляемого на переработку пластового флюида от скважин промысла до входа перерабатывающего завода в интервале 33–38 °С. Допустимой минимальной температурой в этой зоне является величина 32 °С. Значительное превышение температуры пластового флюида на входе завода (до 6 °С) над нормативным значением приводит в условиях транспортировки на переработку большого объема пластового флюида к существенному перерасходу очищенного газа, затрачиваемого на подогрев пластовой смеси на площадках скважин, необходимый для безгидратного режима транспортировки.

Информационно-измерительная управляющая система автоматического управления температурными параметрами объектов газового промысла (ИИУС) энергосберегающего типа позволяет существенно экономить очищенный газ, затрачиваемый на подогрев пластовой смеси на площадках скважин [2].

Сложность расчета экономического эффекта от применения ИИУС возникает в связи с комплексностью применения очищенного газа для различных промысловых нужд. Замерные узлы, фиксирующие затраты очищенного газа, включая расход газа на необходимый подогрев пластового флюида на площадках скважин, не позволяют выделить последнюю компоненту из совокупности затрат: подогрев, продувка шлейфов скважин и газоконденсатопроводов, обеспечение работы промысловых датчиков, факельных и других систем. Проведем оценку экономического эффекта от применения ИИУС расчетным путем с использованием эмпирических данных по объемам прокачки пластового флюида от промысла до установок переработки и градиентам температур на этом участке, регистрируемым системой контроля и управления промысла, с учетом следующих условий.

1. *Поставка газа на переработку осуществляется в установившемся режиме с постоянной скоростью, без пульсаций и колебания давления в газотранспортной сети.* Этот режим обеспечивает стабилизацию давления с высокой точностью [3].

2. *Состав пластового флюида сохраняется постоянным во время работы ИИУС.* Так как пополнение фонда скважин осуществляется в малых объемах и в пределах действующих промысловых зон, значимого изменения состава пластового флюида не происходит.

3. *Обеспечивается полное заполнение трубопроводной системы.* Это обеспечивается в связи с тем, что не выполняются работы по модернизации сети трубопроводов, изменению их диаметра и длины. Заполнение обеспечивается постоянным поддержанием высокого давления внутри трубопроводной системы.

4. *Свойства применяемого очищенного газа не меняются в период расчета экономического эффекта,* так как используется газ собственного производства, вырабатываемый в соответствии с жестким технологическим регламентом.

5. *Снижение температуры в автоматическом режиме на входе завода средствами ИИУС выполняется на малые величины по сравнению с температурой поставки флюида на переработку.* Для промысла в качестве малой величины примем значение, изменения температуры, не превышающее 0,8 °С (около 2 %).

Оценка экономического эффекта выполняется для всех магистральных трубопроводов, осуществляющих поставку пластовой смеси на переработку. Для участков магистральных трубопроводов от выхода с установок предварительной подготовки газа (УППГ) до входа завода имеются измерения температуры флюида в точках выхода с УППГ и точках входа завода, регистрируемые системой контроля и управления промысла. В настоящее время температура пластовой смеси, поставляемой на вход завода, находится на уровне 35 °С с небольшим превышением этой величины на 0,5–0,8 °С для отдельных магистральных газоконденсатопроводов. При выполнении расчета принято, что величина снижения температуры на входе завода относительно состояния на конец года составит 0,5–0,8 °С, т.е. снижение температуры производится средствами разработки на малые величины и не ниже 35,0 °С – в заводомо безгидратном режиме. В последующие годы заданные значения по температуре флюида на входе завода могут быть снижены с сохранением качества безгидратной поставки после уточнения градиентов температуры на участках газотранспортной сети за счет автоматической паспортизации средствами ИИУС температурных режимов газотранспортной сети промысла.

Величина экономического эффекта может возрасти при уменьшении температурной зоны риска на входе завода. Зона риска соответствует разнице между текущей и заданной температурой на входе завода по каждому газоконденсатопроводу (ГКП).

С учетом допущений, перечисленных выше, применим закон теплопроводности Фурье для магистральных газоконденсатопроводов от УППГ до входа завода.

В установившемся режиме поток энергии, передающейся посредством теплопроводности, пропорционален градиенту температуры.

В общем случае закон Фурье можно записать в следующем виде:

$$P = -\lambda S \Delta T / h,$$

где P – полная мощность тепловых потерь, S – площадь сечения трубопровода, ΔT – перепад температур на участке от УППГ до входа завода, h – длина трубопровода, λ – коэффициент теплопроводности (измеряется в Вт/м⁰К).

Для применяемого в качестве источника тепловой энергии очищенного газа на собственные нужды газопромыслового управления, расходуемого на подогрев пластовой смеси на площадках скважин, справедливо соотношение:

$$P = -kVQ,$$

где Q – удельные затраты очищенного газа в м³ на подогрев 1000 м³ пластового флюида при транспортировке смеси от УППГ до входа завода, k – коэффициент приведения мощности

УПРАВЛЕНИЕ В ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

тепловых потерь к затратам очищенного газа на подогрев пластовой смеси, V – общий объем пластовой смеси, поставляемой на переработку.

Выберем в качестве базы для сравнения 00.00 часов 31 декабря 2010 г, т.е. время до начала использования ИИУС.

С учетом малых изменений температуры на входе завода при приведении температурного режима трубопроводной системы к менее энергозатратному режиму средствами ИИУС запишем соотношение:

$$P_1/P_2 = (-\lambda S(\Delta T - \Delta T_{\text{ср}})h) / (-\lambda S\Delta Th),$$

или, учитывая постоянный объем V пластовой смеси, поставляемой на переработку,

$$Q_1/Q_2 = (-\lambda S(\Delta T - \Delta T_{\text{ср}})h) / (-\lambda S\Delta Th),$$

где P_1 – полная мощность тепловых потерь до использования ИИУС, P_2 – полная мощность тепловых потерь после использования ИИУС, $\Delta T_{\text{ср}}$ – среднее уменьшение температуры для ГКП, Q_1 – удельные затраты очищенного газа в м^3 на подогрев 1000 м^3 пластового флюида при транспортировке смеси от УППГ до входа завода с температурой, пониженной на величину $\Delta T_{\text{ср}}$ по отношению к температуре $T_{\text{гпз}}$; Q_2 – удельные затраты очищенного газа в м^3 на подогрев 1000 м^3 пластового флюида при транспортировке смеси от УППГ до входа завода с температурой $T_{\text{гпз}}$ (база для сравнения).

После преобразований получаем:

$$Q_1 = Q_2(1 - \Delta T_{\text{ср}}/\Delta T),$$

или

$$Q_1 = Q_2(1 - D),$$

где D – доля сокращения затрат очищенного газа на подогрев пластового флюида при применении ИИУС.

Принимая во внимание, что на первом этапе применения ИИУС предполагается уменьшение температуры на входе завода в течение первого года применения до величины 35°C по каждому ГКП, вычислим соответствующую долю сокращения затрат очищенного газа на подогрев пластового флюида для этого случая. В качестве весовых коэффициентов при этом используются соответствующие расходы по каждому ГКП:

$$D = \left\{ \sum_{j=1}^n [(T_{\text{гпз}j} - 35^\circ\text{C}) / (T_{\text{уппг}j} - T_{\text{гпз}j})] F_{\text{гпз}j} \right\} / F_{\text{гкм}},$$

где j – номер ГКП; n – количество ГКП для промысла в целом, $n = 8$; $T_{\text{уппг}j}$ – температура пластового флюида на выходе j -й УППГ; $T_{\text{гпз}j}$ – температура пластового флюида на входе завода от j -й УППГ; $F_{\text{гпз}j}$ – часовой расход j -го ГКП; $F_{\text{гкм}}$ – общий часовой расход для месторождения в целом.

После подстановки данных, регистрируемых действующей системой контроля и управления промыслом для температуры пластового флюида в точках «Выход УППГ» ($T_{\text{уппг}j}$), «Вход завода» ($T_{\text{гпз}j}$) и соответствующих расходов пластового флюида по каждому ГКП, получим с учетом:

- равных расходов $F_{\text{гпз1}}$ и $F_{\text{гпз2}}$ (для УППГ-2);
- исключения из расчета ГКП, для которых условие $T_{\text{гпз}j} \leq 35^\circ\text{C}$ соблюдалось еще до применения ИИУС:

$$D = \{[(0,5/6,1) + (0,8/5,8)]*319/2 + (0,8/7,0)*231 + (0,8/3,7)*226 + (0,8/7,0)*242\}/1467 = 0,094$$

Величина D (доля сокращения затрат очищенного газа на подогрев пластового флюида), выраженная в процентах, соответствует величине годового экономического эффекта от применения ИИУС.

Таким образом, годовой экономический эффект от применения ИИУС при годовых объемах добываемого пластового флюида $F_{ГКМ} = 12$ млрд м^3 , цене очищенного газа $C = 1,971$ тыс. руб./тыс. м^3 и нормативе удельных затрат очищенного газа на подогрев пластового флюида при транспортировке пластовой смеси от промысла до входа завода $Q_2 = 10,4$ $\text{м}^3/\text{тыс. м}^3$ составляет:

$$\mathcal{E}_r = C Q_2 D F_{ГКМ}$$

или

$$\mathcal{E}_r = (1,971 \cdot 10,4 \cdot 0,094 / 1000 \ 000) \cdot 12 \ 000 \ 000 \ 000 = 23,12 \text{ млн. руб./год.}$$

Итак, рассматриваемая ИИУС автоматического управления температурными параметрами объектов газового промысла является высокоэффективным средством энергосбережения.

Тиражирование ИИУС на другие трубопроводные системы, подобные рассматриваемому газоконденсатному промыслу, будет способствовать увеличению эффекта от ее применения.

Новизна и актуальность ИИУС автоматического управления температурными параметрами объектов промысла подтверждается материалами XI конкурса ОАО «Газпром» по компьютерному проектированию и информационным технологиям (г. Санкт-Петербург, 2010 год): 1-е место в номинации «Лучший проект в области информационных технологий» [1].

Отдельные составляющие описываемой разработки удостоены Национальной технологической премии 2008 г. в области науки и техники – 1-е место в высшей номинации «Высокие технологии».

Библиографический список

1. *Замосковин П. П.* Информационно-измерительная управляющая система автоматического управления температурным профилем промысловых скважин и трубопроводной системы Астраханского газоконденсатного месторождения / П. П. Замосковин, А. А. Андреев // Сб. докл. XI конкурса ОАО «Газпром» по компьютерному проектированию и информационным технологиям. – СПб., 2010. – С. 35–40.

2. *Пат.* на полезную модель 96675 Российская Федерация, МПК⁷ G06F13/00. Информационно-управляющая аналитическая система комплексной оптимизации технологических режимов скважин / Д. В. Пономаренко, В. В. Кожакин, А. А. Андреев, Н. С. Богомолов, В. В. Бочарников, П. П. Замосковин, С. А. Михайленко, А. П. Невшупа, В. Е. Родованов ; заявитель и патентообладатель ООО «Газпром добыча Астрахань». – № 20101111825/22 ; заявл. 26.03.2010 ; опубл. 10.08.2010, Бюл. № 22. – 3 с.

3. *Пат.* на полезную модель 97544 Российская Федерация, МПК⁷ G05B19/418. Информационно-измерительная управляющая система автоматического управления температурными параметрами объектов газового промысла / Д. З. Авязов, А. А. Андреев, Н. С. Богомолов, В. В. Бочарников, В. Г. Васильев, П. П. Замосковин, А. П. Невшупа, Д. В. Пономаренко, В. Е. Родованов, Н. Е. Рылов ; заявитель и патентообладатель ООО «Газпром добыча Астрахань». – № 2009144062/08 ; заявл. 27.11.2009 ; опубл. 10.09.2010, Бюл. № 25. – 3 с.