

УДК 622.691.4

Братах М.И., Кутя М.М., Петрова А.В., Лавров В.С., Сероус В.С.

**КОМПЬЮТЕРИЗАЦИЯ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА КОНТРОЛЯ  
ГИДРАТООБРАЗОВАНИЯ И КВАЗИСТАЦИОНАРНЫХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ  
ГАЗОПРОВОДОВ СИСТЕМЫ ДОБЫЧИ И СБОРА ГАЗА**

Понятие промышленного транспорта газа (фактически транспорт газа собственной добычи), прежде всего, предусматривает обоснование комплексного названия целой системы газопроводов: шлейфов скважин, технологических трубопроводов УКПГ, газопроводов-отводов, промышленных, межпромысловых газопроводов и коллекторов. Специалистами отдела транспорта газа предложено общее понятие для этих газопроводов, как газопроводы системы добычи и сбора газа, причем к системе добычи газа следует отнести шлейфы скважин, а к системе сбора – технологическую обвязку УКПГ, промышленные, межпромысловые и газопроводы-отводы к МГ.

Основными проблемными вопросами в эксплуатации этих газопроводов являются непродолжительные изменения режима работы, сопровождающиеся сменой параметров давления, температуры и расхода газа как по длине газопровода, так и во времени. Базовыми причинами таких непродолжительных изменений являются:

- суточная неравномерность потребления газа, влияющая на продуктивность газопровода;
- поступление масс жидкости в полость газопровода как следствие ее выноса из скважины, простого перераспределения между природными ловушками или отказов во время эксплуатации сепарационного оборудования;
- термодинамические процессы, сопровождающие транспорт газа, результатом которых является конденсация жидкости из газового потока или образование гидратов в полости газопровода.

В любом случае квазистационарный режим эксплуатации вышеперечисленных газопроводов сопровождается перераспределением масс жидкости и гидратообразованием и является причиной увеличения аварийных отказов при транспорте газа, что, в итоге, приводит к снижению объемов добычи газа.

Реагирование персонала газодобывающих компаний происходит уже «по факту» возникновения потенциально опасной ситуации. Обычно, принятие мер для преодоления последствий аварии происходит, опережая поиск причины ее возникновения. Вследствие чего выполняются действия, направленные на немедленное обновление параметров режима работы газопровода, которые предшествовали аварийной ситуации, но не всегда в правильном русле. Результат – необоснованное стравливание газа для продувки участков газопровода, увеличение расхода метанола и т.д.

Вопрос выноса жидкости из колена газопровода потоком более легкой жидкости или газовым потоком внимательно рассматривался в аспекте геометрии потоков жидкости, газа и легкой нефти Чарным И.А., Гусейновым Ч.С., Галлимовым А.К и другими исследователями в трудах [1]. Но, следует заметить, что исследования, в основном, проведены только для геометрии газового и жидкостного потоков с целью увеличения пропускной способности газопроводов и продуктопроводов, вследствие чего, результаты этих работ являются оторванными от практики эксплуатации газопроводов системы сбора и добычи газа газоконденсатных месторождений (ГКМ) Украины и системы МГ, которыми газ собственной добычи подают потребителям.

Анализ научно-технической и патентной информации показал, что проблеме контроля гидратообразования в газопроводах также уделено значительное внимание [2]. По своему принципу все запатентованные способы контроля образования гидратов базируются на измерении расхода, давления и температуры, определении плотности газа и выборе, на их основании, равновесной кривой образования гидратов. Полученные значения давления и температуры газа в каждой из расчетных точек газопровода запоминают и, сравнивая давление в каждой из них с граничной величиной давления, соответствующей рабочему давлению и температуре, определяют момент начала образования гидратов. Недостаток – все та же оторванность от практики эксплуатации газопроводов, а также слишком большая база данных, которую необходимо обработать, даже в границах одного промысла.

Целью работы является предупреждение возникновения аварийных ситуаций, связанных с процессом транспорта газа газопроводами, в полости которых накоплен определенный объем жидкостных и твердых загрязнений.

Для этого необходимо своевременно провести ряд мероприятий, выбор которых базируется на основе разработки, способной оценить объем загрязнений на определенных участках газопровода и термодинамические условия транспорта газа, спрогнозировать аварийные ситуации, связанные с сезонным перераспределением жидкости, залповыми выбросами из пониженных мест, сократить потери давления на трасе газопроводов.

По своей сути, основной задачей разработки является мониторинг гидравлического состояния системы газопроводов добычи и сбора газа и условий гидратообразования. Осуществлять такой мониторинг проще всего и быстрее с помощью программно-расчетных комплексов.

Предложенный программно-расчетный комплекс состоит из трех взаимосвязанных программ:

- определение гидравлической эффективности участков газопровода и характеристик газового потока;
- определение количества жидкостных загрязнений в полости газопровода (объем жидкостных загрязнений) и прогнозирование динамики загрязнений в полости газопровода, сопровождающейся активацией процессов залповых выбросов жидкости в течение года;
- определение условий гидратообразования на участке газопровода.

Контроль гидравлического состояния газопроводов системы добычи и сбора газа предложено провести по методике диагностики параметрического состояния газопровода [3], использование которой обусловлено:

- большими погрешностями в определении коэффициента гидравлической эффективности при расчетах, в основу которых положены методы и уравнения стационарного движения газа по трубопроводу;
- сложностью определения коэффициента гидравлической эффективности участков сложных газотранспортных систем, если расход газа измеряется по всей системе;
- отсутствием точных и дешевых методов определения объема жидкостных накоплений в газопроводе.

С методикой определения ориентировочного объема загрязнений в аспекте адекватности модели к описанию природы процесса можно ознакомиться в [4]. Для прогнозирования динамики объема загрязнений во внедренных в производство программно-расчетных комплексах используется разработка [5], которая предусматривает

проверку условия и прогнозирование времени возникновения залпового выброса жидкости из колена газопровода, транспортирующего газ ГКМ Украины. Это условие заключается в превышении величины критического объема загрязнений величиной объема загрязнений в определенный период эксплуатации, рассчитанной исходя из данных о режиме работы газопровода.

Изменения режима работы газопровода являются функцией отклика на совместное влияние факторов на процесс формирования определенного объема загрязнений в полости газопровода, а их величины выбирают исходя из моделей для разных диаметральных рядов рельефного газопровода. Модели связывает влияние таких факторов:

- режим работы газопровода (скоростной режим работы и среднее давление на участке газопровода);
- техническая характеристика газопровода;
- рельеф трасы газопровода (угол наклона нисходящего участка газопровода к горизонтальной поверхности);
- характеристика жидкости в колене газопровода (конденсат, вода конденсационная, пластовая).

Для расчета условий гидратообразования используются графики гидратообразования газа с разной относительной плотностью по воздуху  $\Delta$  (рис. 1). Относительная плотность газа изменяется в границах от  $\Delta = 0,5545$  (чистый метан) до  $\Delta = 1,0$ . Слева от соответствующей кривой находится зона с возможным гидратообразованием, справа – зона без гидратов.

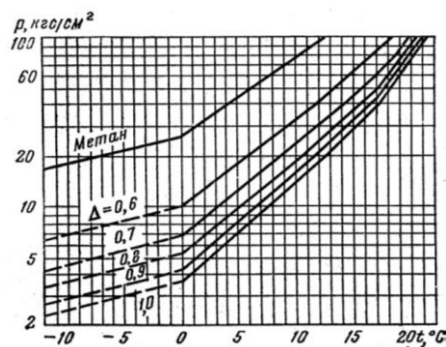


Рисунок 1 – График условий гидратообразования для газов с разной относительной плотностью

Проведено математическую аппроксимацию кривых, изображенных на рис. 1, для разных  $\Delta$ . Например, при относительной плотности  $\Delta = 0,6$  зависимость температуры гидратообразования  $T_{го}$  от давления  $P$  может быть аппроксимирована с высокой вероятностью ( $R^2 \geq 0,9982$ ) следующими уравнениями:

$$T_{го} = 27,764 \cdot \ln(P) - 64,012, \text{ при } P \leq 10;$$

$$T_{го} = 7,9963 \cdot \ln(P) - 18,177, \text{ при } P > 10.$$

Расчет температур  $T_{го}$  для промежуточных значений относительной плотности  $\Delta$  проводится с помощью интерполяционной формулы Лагранжа 4-го порядка.

Преимуществами предложенных в рамках выполнения научно-исследовательских работ и внедренных на промыслах газопромыслового управления программно-расчетных комплексов является, в первую очередь, возможность работы со значительной базой данных газопроводов системы добычи и сбора газа, особенно, учитывая немалое количество эксплуатационных шлейфов скважин и участков газопроводов. База данных режимов работы шлейфов скважин и газопроводов предусматривает их смену не только под действием смены параметров газового потока и других факторов вли-

яния, но и во времени. Кроме того, комплексы подтвердили как свою простоту в процессе ввода необходимых для расчетов данных (рис. 2), так и возможность получения мгновенного результата расчета (рис. 3) или работы с архивом базы данных по времени мониторинга (рис. 4).

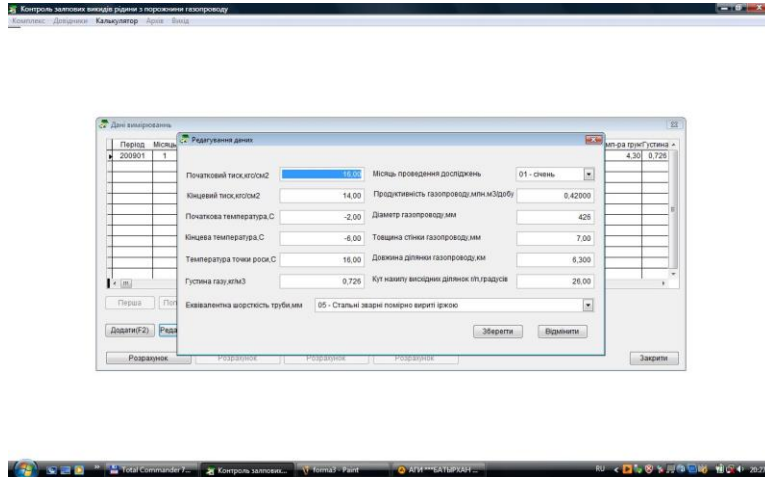


Рисунок 2 – Вид окна изменения данных в программе «Гидравлическая эффективность»

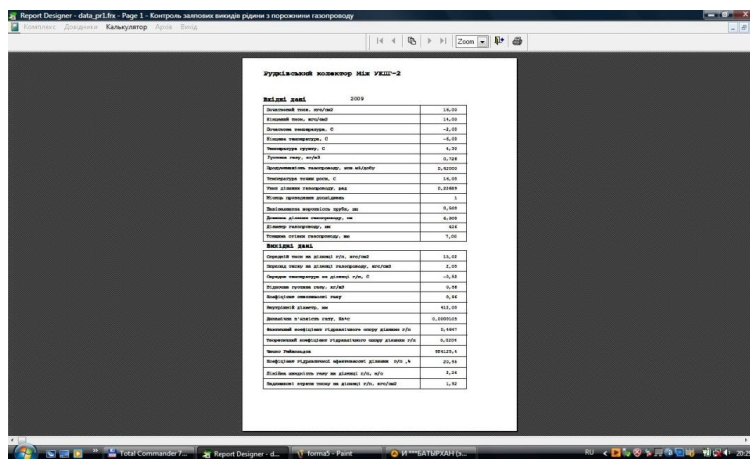


Рисунок 3 – Вид распечатки данных расчета гидравлической эффективности

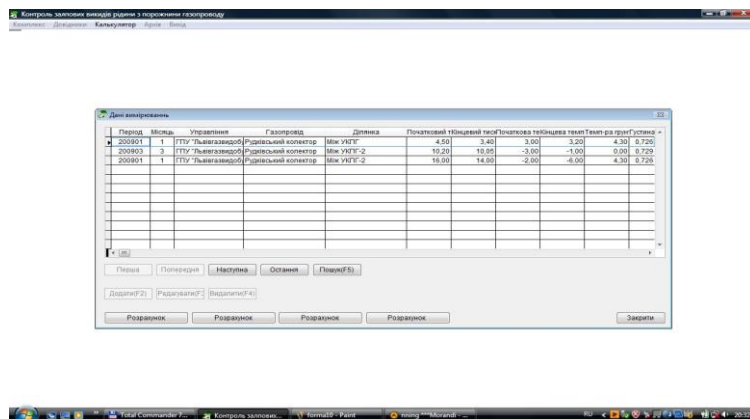


Рисунок 4 – Вид окна архива

Мониторинг, проведенный с помощью программно-расчетных комплексов, предусматривает введение комплекса мероприятий или единичной операции по устранению вероятности возникновения аварийной ситуации. В зависимости от принятых и введенных мероприятий можно достигнуть таких форм определения эффективности:

- повышение пропускной способности газопроводов в случае необходимости подачи газа потребителям в увеличенном объеме;
- уменьшение затрат на сжатие газа на компрессорной станции;
- уменьшение затрат давления во время транспорта газа, что соответственно снизит рабочее давление скважин месторождения и увеличит добычу углеводородов;
- реализация газового конденсата, которая становится собственностью газодобывающего предприятия после проведения мер по очистке;
- устранение возможности предъявления штрафов по загрязнению окружающей среды продуктами очистки вследствие утилизации из емкостей для сбора, подобранных по необходимому расчетному объему;
- устранение возможности предъявления штрафов по несоответствию качества газа требованиям ГОСТ 5542-87 “Газы природные горючие для промышленного и коммунально-бытового назначения. Технические условия”;
- устранение вероятности возникновения аварийных ситуаций и прекращения подачи газа потребителям в результате залпового выброса жидкости или гидратообразования на участке газопровода;
- уменьшение затрат на ремонт оборудования за счет прогнозирования периодов активации процессов залповых выбросов и гидратообразования в полости газопровода;
- уменьшение затрат на заливку метанола.

По состоянию на 2011 год комплексы прошли процессы внедрения и тестирования на промыслах ДК «Укргаздобыча», подтверждены патентами, с их помощью ведется мониторинг отдельных газопроводов: низконапорный газопровод к с. Ст. Мерчик; межпромысловый газопровод Юльевская УКПГ – Богодухов – Степовая УКПГ – ШПК и система его отводов; Кременовская УКПНГ – Перещепинская УКПГ; Рудковский коллектор; МГ Хидновичи – Дроздовичи; шлейфы скважин газопромысловых управлений.

Для значительного количества из перечисленных газопроводов системы сбора и добычи газа разработаны планы мер по предупреждению возникновения аварийных ситуаций, улучшение гидравлического состояния, борьбы с гидратообразованием и т.д.

В 2011 г. после доработки комплексы внедрены в учебный процесс, что значительно упростило понимание студентом алгоритма расчета, сократило часовые ресурсы при изложении материала и сэкономило время. Кроме этого, на данный момент, студенты кафедры могут пользоваться программно-расчетными комплексами, как составляющей САЕ-системы проектирования режимов работы действующих газопроводов. Аналоги таких систем в мире, разработанные фирмами AspenTech или же Hysys, являются слишком дорогими и направлены на обслуживание крупных газодобывающих компаний.

### Литература

1. Чарный И.А. Влияние рельефа местности и неподвижных включений жидкости или газа на пропускную способность трубопроводов / И.А. Чарный // Нефтяное хозяйство – 1965: № 6. – С. 51–55.

2. Деточенко А.В. Спутник газовика: справочник / А.В. Деточенко, А.Л. Михеев, М.М. Волков //.– М.: Недра, 1978.– 311 с.

3. СОУ 60.3-30019801-026:2005. Газопроводи магістральні. Методичні положення для визначення об'єму забруднень в газопроводах-відводах. – Введ. 2005-12-13.- Київ: ДК «Укртрансгаз», 2005. – 64 с.

4. Братах М.І. Спосіб визначення об'єму забруднень в порожнині газопроводів, що транспортують газ власного видобутку / М.І. Братах // Проблеми нафтогазової промисловості. – К.: Зб. наук. праць, вип. 5., ДП «Науканафтогаз», 2007.– С. 628–634.

5. СОУ 60.3-30019801-055:2008. Магістральні газопроводи. Потенційно-небезпечні ділянки після точок підключення газових промислів. Методика визначення.– Введ. 2005-06-15.– Київ: ДК «Укртрансгаз», 2008. – 41 с.

УДК 622.691.4

Братах М.І., Кутя М.М., Петрова А.В., Лавров В.С., Сіроус В.С.

**КОМП'ЮТЕРИЗАЦІЯ УЧБОВОГО ПРОЦЕСУ КОНТРОЛЮ  
ГІДРАТОУТВОРЕННЯ ТА КВАЗІСТАЦІОНАРНИХ РЕЖИМІВ РОБОТИ  
ГАЗОПРОВІДІВ СИСТЕМИ ВИДОБУТКУ ТА ЗБОРУ ГАЗУ**

В статті представлена розробка по моніторингу гідравлічного стану та термодинамічних умов експлуатації газопроводів системи видобутку та збору газу. Розробка являє собою програмно-розрахунковий комплекс, алгоритм розрахунку в якому базується на вимогах нормативних документів та результатах дослідження.

Bratakh M.I., Kutya M.M., Petrova A.V., Lavrov V.S., Serous V.S.

**COMPUTERIZATION OF EDUCATIONAL PROCESS OF CONTROL OF  
HYDRATES FORMATION AND QUASISTATIONARY MODES OF OPERATION  
OF GAS PIPINGS OF SYSTEM OF GAZ EXTRACTION AND GAZ COLLECTION**

The development after monitoring hydraulic and thermodynamic conditions of gas pipelines gathering systems in gas production is presented in the paper. It is the software-calculated complex which algorithm based on requirements of regulatory documents and research findings.