

К РЕШЕНИЮ ПРОБЛЕМЫ НЕБАЛАНСА ПРИРОДНОГО ГАЗА НА ПРЕДПРИЯТИЯХ В РБ

Колпащиков В.Л., Свиридович А.С.

Институт тепло- и массообмена им. А.В. Лыкова НАН Беларуси

Природный газ в Республике Беларусь является базовым энергоносителем, являющимся источником других видов энергии. Кроме того, газ является товаром и предметом коммерческих сделок между газоснабжающей организацией (далее — ГСО) и конечными потребителями. В настоящее время в практике поставки и использования природного газа существует экономическая и научно-практическая проблема небаланса, который представляет собой разницу между количеством газа, поступившим в трубопроводную сеть и отобранном из нее участниками коммерческого учета за отчетный период. Основными причинами его возникновения являются неравномерность суточного и сезонного колебаний объемов потребленного газа, значительные отклонения термодинамических рабочих условий от стандартных при функционировании узлов учета, разнообразие и несовершенство методик выполнения измерений (МВИ) среднесуточного объема газа, невысокая точность узлов учета промышленных потребителей и неопределенность при измерениях количества газа на узлах учета. Для решения этой проблемы необходима разработка детального алгоритма распределения небаланса в системе «ГСО – потребители».

Важность решения данной проблемы можно также рассматривать с точки зрения энергосбережения, в частности газосбережения. В основе оценки степени газосбережения лежит, прежде всего, достоверный учет природного газа за отчетный период на данном предприятии, в данном регионе. Для оценивания результатов потребленного газа в данном регионе за отчетный период необходимо провести процедуру сведения баланса между газоснабжающей организацией и потребителями. Результатом сведения баланса для данной устойчивой структуры газораспределения являются учетные объемы природного газа в стандартных условиях для каждого узла учета за отчетный период. При этом необходимо учиты-

вать тот факт, что узлы учета газа дают результаты измерений, которые имеют определенный предел абсолютной погрешности. Учет природного газа подразумевает переход от результатов измерений к учетным количествам потребленного природного газа — значениям величин, используемым при взаимных расчетах между газоснабжающей организацией и потребителями. Учетные количества потребленного природного газа не имеют погрешности и достоверны как результат применения взаимосогласованных правил между газоснабжающей организацией и потребителями.

Учет газа в РБ осуществляется в соответствии с Правилами учета природного газа (далее — Правила) [1]. Согласно п. 8 Правил, при наличии небаланса между объемом газа, поступившим в трубопроводную сеть газоснабжающей организации, и объемом газа, использованным из нее потребителями газа, за отчетный период фактические объемы потребленного газа потребителями газа определяются с учетом потерь газа на участке газораспределительной системы от границы балансовой принадлежности до места установки узла учета газа потребителя и на самом узле учета газа. Расчет потерь газа выполняется в соответствии с Инструкцией о порядке определения норм потерь природного газа на объектах газораспределительной системы и узлах учета газа (далее — Инструкция).

В гл. 6 действующей Инструкции [2] определены потери, связанные с неопределенностью измерений количества природного газа на узлах учета газа в стандартных условиях, как «неучтенный газ», который определяется по формуле

$$\Delta V = 0,01 \left[\delta_{\text{пост}} V_{\text{пост}} + \sqrt{\sum_{i=1}^n (\delta_{\text{потр},i} V_{\text{потр},i})^2} \right], \quad (1.1)$$

где ΔV — потери, связанные с неопределенностью измерений количества газа на узлах учета («неучтенный газ»), м³; $\delta_{\text{пост}}$ — относительная

погрешность узла учета поставщика, по паспорту узла учета, %; $\delta_{\text{потр.}i}$ — относительная погрешность i -го узла учета потребителя, по паспорту узла учета, %; $V_{\text{потр}}$ — объем газа, измеряемый i -ым узлом учета потребителя, м³; $V_{\text{пост}}$ — объем газа, измеряемый узлом учета поставщика, м³; n — количество потребителей.

Далее в гл. 6 приведены две формулы для распределения этой величины между поставщиком и потребителями по «квадратичной форме»:

$$\Delta V_{\text{пост}} = \Delta V \frac{(\delta_{\text{пост}} V_{\text{пост}})^2}{(\delta_{\text{пост}} V_{\text{пост}})^2 + \sum_{i=1}^n (\delta_{\text{потр.}i} V_{\text{потр.}i})^2}, \quad (1.2)$$

$$\Delta V_{\text{потр.}i} = \Delta V \frac{(\delta_{\text{потр.}i} V_{\text{потр.}i})^2}{(\delta_{\text{пост}} V_{\text{пост}})^2 + \sum_{i=1}^n (\delta_{\text{потр.}i} V_{\text{потр.}i})^2}. \quad (1.3)$$

Использование формул (1.2) и (1.3) в 2010 г. на предприятиях РУП «Могилевоблгаз» и РУП «Минскоблгаз» выявило ряд недостатков:

- поскольку величина «неучтенного газа», рассчитанная по формуле (1.1), не связана с реальным небалансом в системе «газоснабжающая организация – потребители», баланс никогда не сводится, при этом величина нераспределенного объема газа может быть как положительной (в случае, когда небаланс в системе «газоснабжающая организация – потребители» превышает величину «неучтенного газа») так и отрицательной (в случае, когда реальный небаланс меньше величины «неучтенного газа»);

- формула (1.2) действующей Инструкции, относящаяся к поставщику, не применяется, т. к. между поставщиком газа и потребителями присутствует газоснабжающая организация, не имеющая своих узлов учета и принимающая учетные количества газа от поставщика по договору. Следовательно, небаланс возникает в системе «газоснабжающая организация – потребители»;

- при наличии одного или нескольких крупных потребителей большая часть «неучтенного газа» непропорционально распределяется на них по формуле (1.3), при этом на мелких потребителей, независимо от точности их узлов учета, приходится незначительная часть «неучтенного газа». И, как следствие, невозможно точно определить учетные объемы газа для потребителей.

В Инструкции не приведена методика сведения баланса в системе «газоснабжающая организация – потребители».

Институтом тепло- и массообмена им. А.В. Лыкова Национальной академии наук Беларуси в

сотрудничестве с Белгосстандартом предложены изменения и дополнение к Инструкции, содержащие «Алгоритм распределения небаланса природного газа» (далее — Алгоритм), который позволяет рассчитывать все составляющие небаланса и по пропорциональной схеме распределять между потребителями газа величину небаланса, обусловленную неопределенностью измерений на их узлах учета.

В гл. 6 Инструкции вместо формулы (1.1) вводится максимально возможная величина потерь, связанных с неопределенностью измерений количества газа на узлах учета газа («условно-неучтенный газ»), которая определяется по формуле

$$\Delta V = 0,01 \cdot \sum_{i=1}^N (\delta_{\text{потр.}i} V_{\text{потр.}i}), \quad (1.4)$$

и представляет собой предел абсолютной погрешности для всех N промышленных потребителей. Величина ΔV используется для оценки устойчивости функционирования системы газоснабжения при сведении баланса.

Относительная погрешность $\delta_{\text{потр.}i}$ в формуле (1.4), с учетом изменения состава газа, температуры, давления и коэффициента сжимаемости в реальных условиях эксплуатации узлов учета, представляет собой композицию паспортной $\delta_{\text{потр.}i \text{ пасп.}}$ и дополнительной $\delta_{\text{доп.}}$. Погрешностей узла учета газа и определяется по формуле:

$$\delta_{\text{потр.}i} = \sqrt{\delta_{\text{потр.}i \text{ пасп.}}^2 + (\delta_{\text{pc}}^2 + \delta_{\text{p}}^2)}, \quad (1.5)$$

где $\delta_{\text{потр.}i \text{ пасп.}}$ — относительная погрешность i -го узла учета газа по паспорту узла учета газа; δ_{pc} — относительная погрешность плотности, связанная с изменением состава газа в течение отчетного периода; δ_{p} — относительная погрешность, связанная с изменением температуры, давления и коэффициента сжимаемости газа в реальных условиях эксплуатации узлов учета.

Дополнительная погрешность узлов учета природного газа в реальных условиях эксплуатации может быть вызвана также следующими причинами:

- различие величин погрешностей измерения в разных диапазонах измерения объемов и расходов природного газа первичными преобразователями;

- нарушения нормативных технических требований при сборке узлов учета (отклонение геометрических размеров, состояние внутренних поверхностей, качество обработки поверхностей и т. д.);

- неустранимые систематические погрешности методик выполнения измерений.

Наличие причин, обуславливающих дополнительные погрешности, было также доказано исследованиями, проведенными специалистами ВНИИМС [3]. В [3] показано, что реальные погрешности узлов учета в некоторых случаях могут превышать паспортные значения более чем в два раза. Это обстоятельство необходимо учитывать при сведении баланса в системе «газоснабжающая организация – потребители».

В гл. 7 дополнений к Инструкции приведена процедура сведения баланса природного газа («Алгоритм распределения небаланса природного газа»). Величина небаланса, связанная с неопределенностью измерений количества газа на узлах учета, распределяется пропорционально показаниям и относительной погрешности узла учета конкретного потребителя. Алгоритм в общем виде представлен ниже:

1. Определяется исходный небаланс природного газа как разница между объемом газа, поступившим в трубопроводную сеть, и объемом газа, использованным из нее потребителями газа, за отчетный период:

$$V_{\text{неб}}^{\text{исх}} = V_{\text{ГСО}} - (V_{\text{потр}} + V_{\text{нас}}), \quad (1.6)$$

где $V_{\text{ГСО}}$ — учетное значение объема газа, полученного газоснабжающей организацией на газораспределительную сеть от поставщика по договору; $V_{\text{потр}}$ — объем газа, потребленный промышленными и приравненными к ним потребителями (по показаниям узлов учета); $V_{\text{нас}}$ — объем газа, потребленный населением по счетчикам и по нормам.

2. Исключаются потери газа, рассчитанные по главам 2–5 Инструкции, и определяется величина небаланса, обусловленная неопределенностью измерений на узлах учета газа:

$$V_{\text{неб}}^* = V_{\text{неб}}^{\text{исх}} - V_{\text{рн.ГСО}} - \sum_{i=1}^{N_{\text{потр}}} V_{\text{рн.потр.}i}, \quad (1.7)$$

где $V_{\text{неб}}^*$ — величина небаланса, обусловленная неопределенностью измерений на узлах учета газа; $V_{\text{рн.ГСО}}$ — расчетные потери газоснабжающей

организации; $\sum_{i=1}^{N_{\text{потр}}} V_{\text{рн.потр.}i}$ — сумма расчетных потерь потребителей.

3. Проверяется выполнение критерия устойчивого функционирования узлов учета газа, который заключается в следующем: величина небаланса, обусловленная неопределенностью измерений количества газа на узлах учета, не может превышать максимально возможную величину потерь на узлах учета:

$$V_{\text{неб}}^* \leq \Delta V. \quad (1.8)$$

4. При выполнении критерия устойчивого функционирования узлов учета газа для каждого промышленного потребителя рассчитывается корректирующий коэффициент k :

$$k_{\text{потр.}i} = 1 + 0,01A\delta_{\text{потр.}i} \quad (1.9)$$

где $A = \frac{V_{\text{неб}}^*}{\Delta V}$ является константой в пределах данного отчетного периода для рассматриваемой системы «газоснабжающая организация – потребители».

5. Учетные количества потребленного газа i -го потребителя рассчитываются по формуле:

$$V_{\text{потр.уч.}i} = k_{\text{потр.}i} V_{\text{потр.}i} + V_{\text{рн.потр.}i} \quad (1.10)$$

где $k_{\text{потр.}i}$ — корректирующий коэффициент для i -го потребителя; $V_{\text{потр.}i}$ — объем газа по показаниям узла учета для i -го потребителя; $V_{\text{рн.потр.}i}$ — расчетные потери i -го потребителя.

Использование предложенного Алгоритма позволяет:

- устранить материальный и финансовый дисбаланс природного газа в системе «ГСО – потребители»;
- унифицировать и стандартизировать отчетную документацию о потребленных предприятиями объемах природного газа.

На основе предложенных изменений и дополнения к Инструкции разработан программный модуль «Распределение небаланса РН-1», который позволяет:

- автоматизировать процесс учета потерь и распределения небаланса природного газа;
- унифицировать представление данных по потребленному природному газу для всех предприятий-потребителей при строгом выполнении закона сохранения массы природного газа;
- создавать базы данных учетных количеств и параметров качества потребленного природного газа для последующего проведения статистической обработки накапливаемой информации.

Внешний вид рабочей области программы РН-1 представлен на рис. 1. Программа проста в использовании и имеет интуитивно понятный интерфейс. Ниже перечислены основные операции:

- загрузка исходных данных из Excel-файлов;
- распределение доли небаланса, обусловленной неопределенностью измерений на узлах учета газа, с учетом проверки критерия устойчивого функционирования узлов учета;
- получение учетных количеств потребленного природного газа;

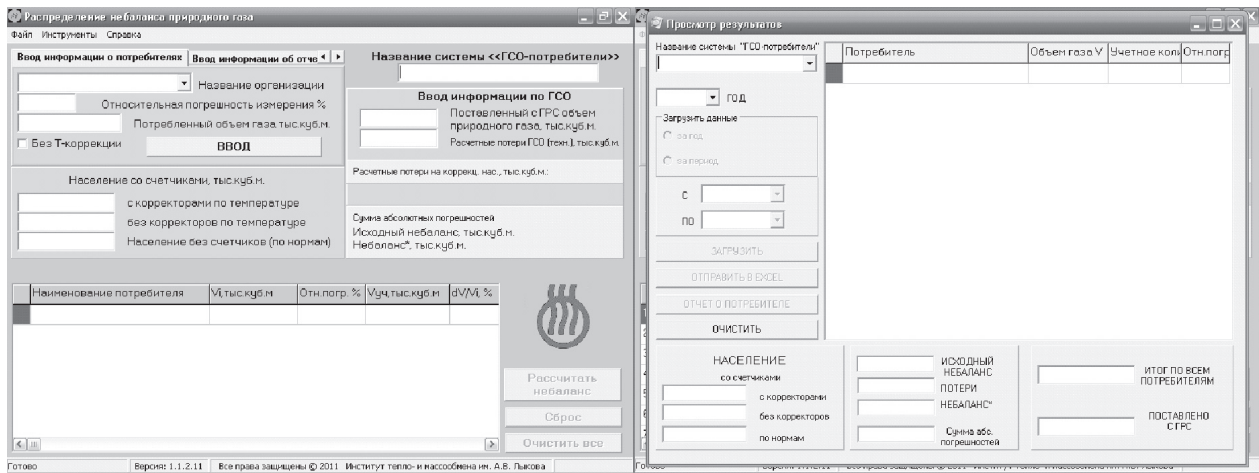


Рис. 1. Внешний вид программного модуля «Распределение небаланса РН-1»

- сохранение результатов расчетов в базе данных;
- экспортирование результатов в MS Word/Excel;
- просмотр результатов из базы данных программы за выбранный период и их экспортирование в Excel для последующей обработки и анализа.

Разработанный Алгоритм и программный модуль прошли апробацию в РУП «Могилевоблгаз» и РУП «Минскоблгаз» и подтвердили свою эффективность при решении проблемы сведения баланса и корректном распределении доли небаланса, обусловленной неопределенностью измерений количества газа на узлах учета газа.

Далее продемонстрировано сравнение величины «неучтенного газа», рассчитанного по действующей Инструкции, и величины небаланса, обусловленной неопределенностью измерений на узлах учета по Алгоритму, для исходных данных по ГРС Могилев за январь 2010 г. (рис. 2).

На рис. 3 представлены величина «неучтенного газа» и величина небаланса $V_{неб}^*$ в соотношении с объемом поставленного газа. Объем поставленного с ГРС природного газа составляет 57529810 м^3 ; величина «неучтенного газа» — 506088 м^3 ; величина небаланса $V_{неб}^*$ — 235034 м^3 . Как видим из графиков, величина небаланса, обусловленного неопределенностью



Рис. 2. Сравнение величин «неучтенного газа» и величины небаланса, обусловленной неопределенностью измерений на узлах учета, за январь 2010 г. для ГРС Могилев

Соотношение величин «неучтенного газа» и величины небаланса $V_{неб}^*$ с объемом поставленным с ГРС, в куб.м.

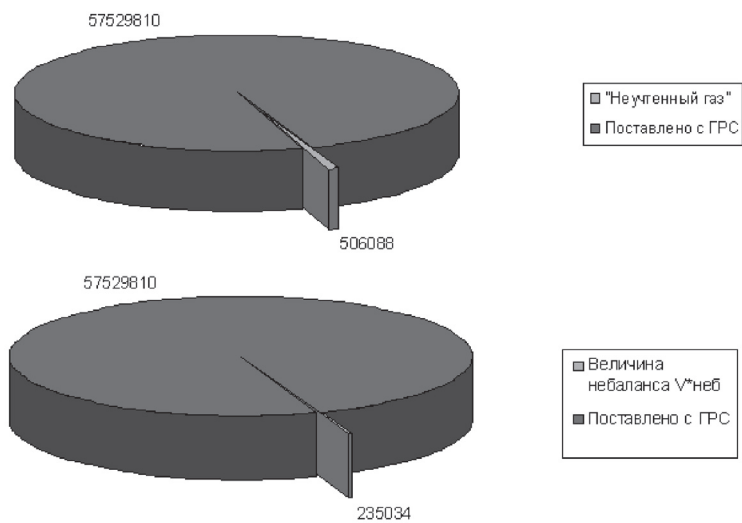


Рис. 3. Соотношение величин «неучтенного газа» и небаланса, обусловленной неопределенностью измерений на узлах учета, с поставленным объемом газа за январь 2010 г. для ГРС Могилев

измерений на узлах учета рассчитанная при использовании Алгоритма, значительно меньше «неучтенного газа», рассчитанного по действующей Инструкции.

Выводы

Проанализирована проблема небаланса природного газа в системе «газоснабжающая организация – потребители». Выявлены недостатки действующей Инструкции, заключающиеся, в первую очередь, в отсутствии связи некоторых рассчитываемых потерь с реальным небалансом в системе «газоснабжающая организация – потребители» и неприменимостью на практике отдельных формул (1.3–1.4). Это требует разработки иного подхода к определению потерь при сведении баланса природного газа.

Предложена методика, позволяющая сводить баланс природного газа в системе «газоснабжа-

ющая организация – потребители» – «Алгоритм распределения небаланса природного газа», который содержит критерий устойчивого функционирования узлов учета газа и методику определения относительной погрешности узла учета в реальных условиях эксплуатации. Проверка выполнения критерия устойчивого функционирования позволяет исключить ситуацию, когда на потребителей относится величина небаланса больше, чем их абсолютная погрешность.

Разработан программный модуль «Распределение небаланса РН-1» для автоматизации процесса учета потерь и распределения небаланса природного, унификации отчетной документации об учетных количествах природного газа. Использование программного модуля позволяет автоматически перейти от результатов измерений к результатам учета для ИК с вычислителем.

Литература

1. Правила учета природного газа: постановление Совета Министров Респ. Беларусь № 1934, 15 дек. 2008 г. // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. — 2008. — № 5/28964.
2. Инструкция о порядке определения норм потерь природного газа на объектах газораспределительной системы и узлах учета газа: постановление Национальной академии наук Беларуси и Министерства энергетики Респ. Беларусь № 5/7, 02 мар. 2009 // Нац. реестр правовых актов Республики Беларусь. — 2009. — № 80, 8/20641.
3. Методика выполнения измерений количества природного газа в Московской области измерительными комплексами на базе сужающих устройств с регистрацией результатов измерений на диаграммах самопишущих приборов и использования этих результатов при распределении небаланса между поставщиком и потребителями: рекомендация. — ГСОЕИ; МИ 2578-2003.

УДК 629.7

СТОХАСТИЧЕСКАЯ КОМПЬЮТЕРНАЯ МОДЕЛЬ БИНС БЛА С ПАРАМЕТРАМИ РОДРИГА – ГАМИЛЬТОНА (КВАТЕРНИОНАМИ)

Ю.В. Гриднев, А.Н. Пальцев, Ю.Ф. Яцына

Рассматривается алгоритм и его техническая реализация в виде стохастической компьютерной модели в программе MATLAB-SIMULINK бесплатформенной инерциальной навигационной системы (БИНС) с параметрами Родрига – Гамильтона (кватернионами). Схема блока ориентации в модели БИНС решает в кватернионах кинематическое уравнение связи земной и связанной систем координат беспилотного летательного аппарата (БЛА) с учетом шумов датчиков БИНС, а схема блока навигации определяет координаты местоположения БЛА и скорость его полета.