

УДК 658.62.018:004.9

ОБОБЩЕННАЯ МОДЕЛЬ СИНТЕЗА СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА КАЧЕСТВА ДОБЫЧИ, ПЕРЕРАБОТКИ И ТРАНСПОРТА ГАЗА

© Л. И. Нефёдов, М. В. Шевченко, О. Н. Кудырко

В статье проведен анализ процессов добычи, переработки и транспорта газа. На основании чего предложена декомпозиция процесса мониторинга, что позволило представить иерархическую структуру системы мониторинга. Научная новизна заключается в том, что разработана обобщенная модель синтеза системы мониторинга качества добычи, переработки и транспорта газа, которая позволяет решать задачу синтеза с единых системных и критериальных позиций.

Ключевые слова: система мониторинга, модель, качество, синтез, декомпозиция, добыча, переработка, транспорт, газ.

The extraction and processing and gas transportation have been analyzed in the article. Based on that, the decomposition of the process of monitoring is introduced; allowing the hierarchical structure of the monitoring system is request. Scientific novelty consists in the fact that developed a generalized synthesis quality model monitoring system to extract, processing and gas transportation, which allows solving the problem of synthesis of a unified system and criteria positions.

Keywords: monitoring system, the model, the quality of synthesis, decomposition, extraction, processing, transportation, gas.

1. Введение

В современных условиях эффективность и экономичность функционирования газодобывающих и газотранспортных предприятий, в том числе компрессорных станций, газораспределительных пунктов, магистральных газопроводов и прочих основных составляющих газоснабжающей системы является важнейшим фактором снижения затрат и повышения надежности поставок газа. Такой результат достигается за счет совершенствования технологии управления процессами добычи, переработки и транспорта газа. В настоящий момент существуют методы и алгоритмы контроля состояния системы пласт-скважина, а также контроля основных параметров технологических процессов, таких как добыча и подготовка (переработка) газа и конденсатов, их транспорт.

2. Постановка проблемы

Технические требования на газы, подаваемые во внутрипромысловые газопроводы (шлейфы, коллекторы), а также установки комплексной подготовки газа обычно не задаются какими-либо специальными нормативными документами, а фиксируются в соответствующих проектах разработки, обустройства месторождений и конкретизируются в технологических регламентах на установки промысловой обработки газа. Однако, в настоящий момент внедрение ДСТУ ISO 9001-2009 [1] и выполнение его требований, делает учет этих

требований в соответствующих технических условиях (ТУ) или стандартах предприятий достаточно актуальной задачей.

Определение показателей качества газа, поступающего на промышленное и коммунальное потребление, имеет целью удовлетворение требований потребителей, повышение безопасности использования газа и улучшение санитарно-гигиенических условий при сжигании газа (например, в бытовых горелочных устройствах). После проведения всех измерений и для определения изменений показателей в системе управления качеством (СУК) добычи, переработки и транспорта газа немаловажным этапом является проведение оценки и анализа показателей самой системы мониторинга, с помощью которой осуществлялось наблюдение.

3. Анализ последних исследований и публикаций и анализ нерешенных задач

Существующее множество работ [2–7] затрагивают проблемы автоматизации процессов добычи, подготовки и транспорта газа к компрессорным станциям, а также разработки моделей повышения качества транспорта газа на компрессорной станции за счет создания СУК и усовершенствования автоматизированных систем управления на газодобывающих предприятиях (ГДП). Кроме того, определены основные методы контроля качества товарного газа в процессе

добычи, т. е. продукта подаваемого в магистральный газопровод. Однако полный цикл, с мониторингом основных показателей качества газа на каждом из этапов, от добычи и вплоть до подачи потребителю, не рассматривался. Авторами [2–7] рассматриваются показатели, характеризующие в основном сам процесс добычи, подготовки и транспорта, которые закреплены в ГОСТах [8–10], но недостаточное внимание уделено оценке и анализу системы мониторинга добычи, переработки и транспорта газа, не определены в рамках СУК основные критерии и ограничения для планирования оценки такого типа территориально-распределенных систем, что не позволяет правильно оценить качество предоставляемых услуг по добыче, подготовке, транспорту газа, но и повысить качество самого продукта, доставляемого потребителям.

4. Цель и постановка задачи

Целью исследования является повышение эффективности добычи, переработки и транспорта газа за счет разработки моделей, методов и интеллектуальных процедур для синтеза СУК газа на всех этапах от добычи до доставки в газотранспортную систему.

Для достижения поставленной цели необходимо исследовать и проанализировать особенности газораспределительной системы на всех этапах процессов переработки газа от добычи до подачи газа конечному потребителю, обосновать математические модели и методы синтеза СУК газораспределительной системы на всех этапах процессов добычи, переработки и транспорта газа, разработать алгоритмы контроля и управления качеством добычи, переработки и транспорта газа в реальном времени.

5. Декомпозиция процесса мониторинга добычи, переработки и транспорта газа

Показатели качества газа разрабатываются, периодически пересматриваются и фиксируются в соответствующих стандартах (ГОСТах), отраслевых стандартах (ОСТах), технических условиях (ТУ) и стандартах нефтегазодобывающих и нефтегазоперерабатывающих предприятий.

ГОСТы устанавливаются на показатели качества продукции, производимой рядом отраслей страны, ОСТы – на продукцию одной отрасли (иногда и нескольких: ОСТы фактически распространяются на продукцию газовой, нефтяной и нефтехимической отраслей), тогда как ТУ могут устанавливаться как на продукцию отрасли, так и на продукцию отдельного предприятия (этот момент обязательно указывается в вводном разделе соответствующего нормативного документа).

Основной методический подход к установлению показателей качества состоит в возможности на практике контролировать эти показатели как производителем, так и потребителем продукции. Поэтому, помимо разработки стандартов на показатели качества выпускаемой продукции,

одновременно разрабатываются и совершенствуются нормативные документы по методам (методикам) контроля этих показателей [11].

Мониторинг качества природного газа производится для определения товарных и технологических характеристик, определяющих условия для обеспечения наиболее эффективных процессов добычи и переработки газа. Соответственно, управление качеством должно осуществляться с целью достижения уровня качества, удовлетворяющего требованиям потребителя [12]. Для удовлетворения требований потребителей необходимо разработать СУК, которая будет реализовывать функции по управлению качеством в соответствии с существующими ГОСТами с помощью системы мониторинга качества [1].

Одним из немаловажных этапов при синтезе СУК и системы мониторинга является декомпозиция процессов добычи, переработки и транспорта газа, поскольку они представляют собой достаточно сложные технологические процессы с одной стороны и взаимосвязанные комплексы различных устройств и оборудования с другой стороны. Рассмотрим более подробно эти процессы.

Добыча пластового газа обеспечивается эксплуатационными скважинами, объединенными в кусты (2...5 скважин). Подключение кустов скважин к установкам комплексной подготовки газа (УКПГ) осуществляется, как правило, по индивидуальным газопроводам-шлейфам. Иногда к одному шлейфу подключается 2 куста. В зависимости от многих факторов прокладка шлейфов может осуществляться надземным и подземным способами [6].

На устье скважин пластовый газ имеет плюсовую температуру (10...30 °С). Но так как в состав газового потока кроме углеводородов входит и пластовая вода, то в зимнее время, когда температура окружающей среды опускается до -20...-40 °С и даже ниже, в шлейфах возможно появление рыхлых кристаллических структур, образованных соединениями воды и углеводородов (гидратообразование). Гидратообразование способствует образованию пробок, что препятствует процессу доставки газа от скважин до УКПГ. Устранение гидратных пробок – сложная и дорогостоящая задача.

Поэтому для предупреждения образования гидратов и борьбы с ними на устья скважин вводят ингибиторы (гликоли, метанол, раствор хлористого кальция, аммиак и др.). Наиболее часто для целей ингибирования гидратообразования на газодобывающих предприятиях используют метанол.

В настоящий момент, при рассмотрении особенностей процесса добычи газа в качестве основных параметров скважины выделяют устьевое давление, температура потока, расход газа и жидкости, наличие механических примесей в потоке, вызывающих абразивный износ оборудования.

Наличие полной и достоверной информации о параметрах работы скважин позволяет оперативно принимать решения по изменению режима их

работы, обустройству газовых месторождений для контроля за дебитом скважин.

В качестве основных подпроцессов автоматизации газовой скважины можно выделить следующие [6]:

- измерение и сигнализация минимально допустимого значения давления, блокировка скважины в случае аварийно низкого давления;
- измерение температуры;
- измерение расхода газа (мгновенного и интегрального);
- сигнализация и блокировка скважины в случае предельной загазованности зоны скважины [6, 7].

Приведенные подпроцессы автоматизации определяют основные подпроцессы добычи газа в целом. Уже на этапе добычи газа с учетом всех подпроцессов, включающих также выбор режима, возникает необходимость оценки качества поступающего на переработку продукта, поскольку это определит основные этапы и подпроцессы переработки для дальнейшей подачи потребителю.

Деление месторождений на газовые и газоконденсатные обусловлено различием технологических процессов подготовки их продукции к транспорту, поскольку на газоизмерительные станции (ГИС) должен подаваться соответствующий ГОСТам на качество продукт [6, 7].

Для выполнения этих требований необходимо обоснованно выбрать метод подготовки газа к транспорту, зависящий от ряда факторов [6]:

- компонентного состава газа;
- давления и температуры газа в пластовых условиях и на устье скважины;

– климатических условий в районе разрабатываемого месторождения.

Можно выделить следующие основные технологические процессы промышленной обработки газа [7, 11, 13]:

- подготовка сероводородсодержащих газов;
- абсорбционная и адсорбционная осушка;
- низкотемпературная сепарация природного газа;
- разделение несмешивающихся жидкостей, регенерация абсорбента, низкотемпературная конденсация и ректификация, и т. д.;
- сжатие газа (использование струйных установок).

При этом подготовка продукции скважин газовых месторождений достаточно часто сводится к осушке газа.

Для осушки газа в настоящее время на промыслах применяют два процесса [6]:

- поглощение влаги из газа с помощью жидкого абсорбента (абсорбционная осушка);
- поглощение влаги твердым адсорбентом (адсорбционная осушка).

Установки подготовки продукции скважин газоконденсатных месторождений должны обеспечить точку росы подготовленного к транспорту газа по влаге и углеводородам. Основной технологический процесс подготовки газа газоконденсатных месторождений - низкотемпературная сепарация.

С учетом вышесказанного, рассмотрим структурную схему газового промысла (рис. 1).

Абсорбционная осушка – наиболее широко применяемый технологический процесс подготовки газа к транспорту [6].

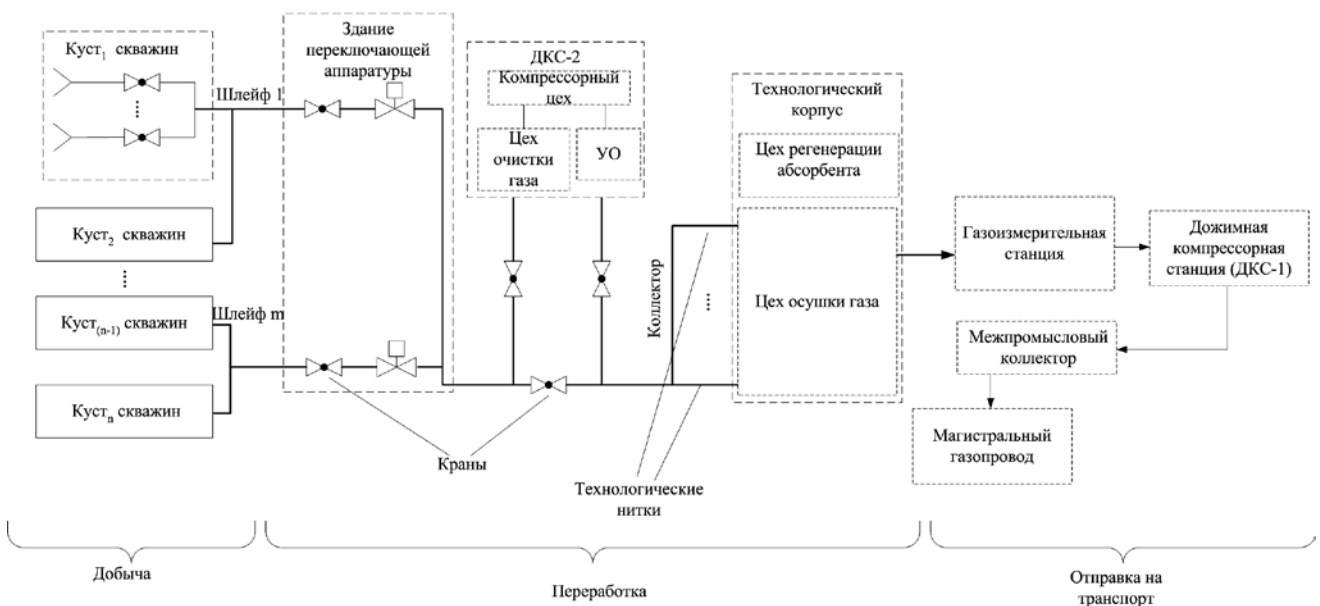


Рис. 1. Структурная схема объектов газового промысла

В состав основных технологических объектов установки подготовки газа абсорбционным методом входят:

- газопровод подключения УКПГ к промышленному газопроводу;
- здание переключающей аппаратуры (ЗПА);

- дожимная компрессорная станция (с цехом очистки газа) второй очереди (ДКС-2);
- установка осушки газа;
- установка регенерации абсорбента;
- дожимная компрессорная станция (ДКС-1).

Имеется также большое количество вспомогательных объектов, обеспечивающих функционирование УКПГ (на рисунке не показаны).

Сырой газ по газосборным коллекторам (ГСК) с определенным давлением и температурой поступает по шлейфам во входные линии здания переключательной арматуры.

В ЗПА происходит снижение и выравнивание давления, переключение коллекторов на факел при продувке и на обводной коллектор при аварийной остановке УКПГ. Газ последовательно проходит кран с дистанционным управлением, регулирующий клапан и по коллектору большого диаметра подаётся на установку осушки газа. Снижение давления при редуцировании газа может привести к образованию гидратов, поэтому для предупреждения гидратообразования в шлейфы ЗПА вводится ингибитор.

Дожимная компрессорная станция второй очереди (ДКС-2) предназначена для поддержания постоянного давления на входе установки осушки газа с целью обеспечения ее стабильной работы. ДКС-2 через крановые узлы подключается к действующему коллектору сырого газа, проложенному от ЗПА к технологическому корпусу.

После компримирования газ поступает на установку охлаждения (УО) и далее снова подается в коллектор, проложенный от ЗПА к технологическому корпусу. Установка охлаждения необходима для снижения температуры газа, которая увеличивается на выходе компрессоров за счёт работы, совершаемой газоперекачивающими агрегатами при сжатии газа. Снижение температуры необходимо для улучшения процесса осушки газа, а также для снижения энергетических потерь при транспорте газа (при низких температурах газ занимает меньший объём).

Очистка газа перед ДКС-1 от капельной влаги и механических примесей производится на установке очистки газа, состоящей, как правило, из двух ступеней сепарации (грубая и тонкая очистка).

Цех осушки газа состоит из нескольких (7... 12) технологических линий.

Каждая технологическая линия осушки газа содержит в своем составе газосепаратор с промысловой секцией и абсорбер.

С помощью расходомеров и регулирующих клапанов осуществляется выравнивание нагрузок на каждой рабочей технологической линии. По данным расходомеров определяется необходимость остановки действующей (при снижении расхода) или пуска резервной (при увеличении) линии для увеличения эффективности работы технологического оборудования.

Установка регенерации абсорбента, установленная в соответствующем цехе, включает в

себя несколько технологических линий (2, 4). Насыщенный абсорбент из абсорберов цеха осушки газа подается в колонну регенерации, где происходит разделение абсорбента и воды [6, 7].

Необходимо отметить, что схемы подготовки газа и регенерации гликолей на различных УКПГ могут отличаться, однако решения по автоматизации основных технологических аппаратов (сепаратор, абсорбер, блок регенерации) остаются практически неизменными (типовыми) для каждого промысла.

После подготовки и переработки газ подается в магистральную систему газоснабжения. Современные системы газоснабжения природным газом городов, областей, поселков и промышленных предприятий представляют собой сложный взаимосвязанный комплекс газопроводов разных давлений, газораспределительных станций, промежуточных регуляторных пунктов, газорегуляторных пунктов и установок, оборудования сетей, систем очистки и одоризации газа, системы связи и телеуправления, аппаратуры учета потребления природного газа (промышленных и бытовых счетчиков) [14]. Все приведенные составляющие позволяют декомпозировать процесс транспорта газа на более простые подпроцессы, которые, в свою очередь, также могут быть декомпозированы.

Таким образом, после анализа особенностей процессов добычи переработки и транспорта газа можно провести формализацию процесса синтеза системы мониторинга качества добычи, переработки и транспорта газа (СМКДПТГ).

Сложный процесс мониторинга качества представляется в виде некоторой совокупности отдельных процессов на основе принципа декомпозиции. Методологических обоснований декомпозиции общей цели (задачи) мониторинга качества может быть несколько: декомпозированная цель (задача) имеет меньшую размерность, обладает функциональной или информационной однородностью и структурой, не присущей первоначальной задаче.

Эти соображения формируют набор требований и ограничений, выполнение которых определяет глубину декомпозиции исходной цели (задачи). В целом процесс определения набора целей и задач процесса мониторинга качества добычи, переработки и транспорта газа является логико-дедуктивным и итерационным.

В основу макроструктуры модели процесса мониторинга качества добычи, переработки газа и транспорта газа положена модель декомпозиции на процессы, подпроцессы, участки каждого из подпроцессов и т.д., отражающая проблемную специфику мониторинга качества (рис. 2).

Миссия процесса мониторинга качества газа $Pr oc_{mon_kach}$ достигается выполнением частных целей, которые распределяются по процессам от добычи до доставки потребителям $Pr oc = \{Pr oc_E\}$, где $E = \overline{1,5}$, 5 – количество процессов, для которых необходимо проводить мониторинг качества: добыча,

переработка и транспорт газа от магистральной газовой сети до потребителей. Проведя декомпозицию основных процессов добычи, переработки и транспорта газа можно выделить некоторые участки, представляющие собой некий комплекс технологических операций, объединенных общими характеристиками процесса и определяется количеством кустов для процесса добычи, количеством технологических объектов для подготовки газа и т.д. Участки, по сути,

представляют собой список коммутирующих устройств, к которым присоединены устройства сбора и передачи информации (модули), которые, в свою очередь, собирают информацию о качестве газа с каждого из средств измерений. Таким образом, участки каждого из приведенных процессов $PProc = \{PProc_{En}\}$, где $n = \overline{1, n^E}$ – номер участка каждого из процессов от добычи до доставки потребителям.

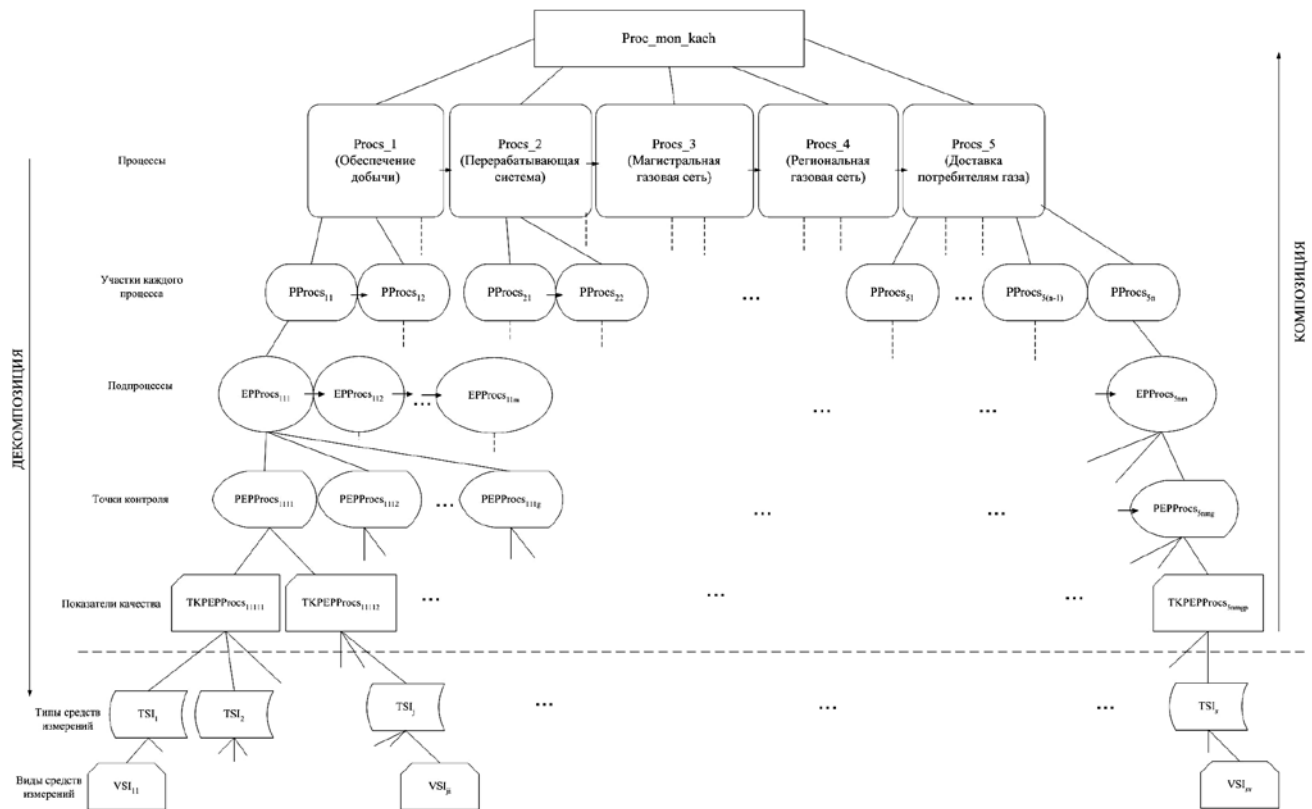


Рис. 2. Структурная модель декомпозиции процесса мониторинга

Аналогично делению процессов, участки также могут быть декомпозированы на подпроцессы $EPProc = \{EPProc_{Emm}\}$, $m = \overline{1, m^n}$; m^n – номер подпроцесса, точное количество которых будет определяться компонентным составом и условиями добычи газа. Каждый из подпроцессов характеризуется множеством средств измерений для определения качества в устье скважин, очистки газа, охлаждения, осушки, понижения давления и т.д. Для сбора информации со средств измерений используются специализированные устройства контроля и сбора информации. В этом случае, частную цель мониторинга качества во время каждого из процессов можно рассматривать как цель отдельного подпроцесса на некотором участке, который входит в соответствующий процесс от добычи до доставки потребителям

В зависимости от сложности каждого из подпроцессов должно определяться необходимое количество устройств для сбора и передачи информации и средств измерений.

Таким образом, формируется структура процесса мониторинга качества газа на макроуровне в виде набора порожденных графов $G_{Proc}^C = (Proc_E, Y_E^C)$, $G_{PProc}^C = (PProc_{En}, Y_{En}^C)$, $G_{EPProc}^C = (EPProc_{Emm}, Y_{Emm}^C)$. Здесь в качестве вершин выступают процессы, участки и подпроцессы каждого участка, а ребра Y_{Emm}^C – отражают отношения между ними [15].

Далее осуществляется определение на каждом из подпроцессов точек контроля $PEPProc = \{PEPProc_{Emmg}\}$, в которых могут быть установлены средства измерений, где $g = \overline{1, g^m}$; g^m – число точек контроля, в которых могут быть установлены средства измерений показателей качества газа. В каждой из точек контроля может быть измерено несколько показателей качества газа. Как основные показатели качества газа будем рассматривать те, которые приведены в

соответствующих ГОСТах [8–10], основные из показателей качества газа отображены в табл. 1.

Следовательно в каждой из точек контроля $PEPPr oc$ может быть измерено несколько показателей

качества $TKPEPPr oc = \{TKPEPPr oc_{Emgp}\}$, где $p = \overline{1, p^g}$; p^g – число показателей качества в каждой из точек контроля.

Следовательно, процесс мониторинга качества газа включает в себя процесс контроля и наблюдения за показателями качества $TKPEPPr oc$ в режиме реального времени при помощи комплекса средств

измерений $SI = \{TSI_s; VSI_{sv}\}$ в некоторых возможных точках контроля $PEPPr oc$, в которых установлены эти средства измерений.

При этом необходимо определить тип средства измерения $TSI = \{TSI_s\}$, где $s = \overline{1, s^p}$; s^p – количество возможных используемых типов для измерения некоторого показателя качества, и вид средства измерения $VSI = \{VSI_{sv}\}$, $v = \overline{1, v^s}$; где v^s – количество возможных видов средств измерения s -го типа.

Таблица 1

Физико-химические показатели природных горючих газов промышленного и коммунально-бытового назначения (по ГОСТ 5542-87)

Номер п/п	Показатель	Норма
1	Теплота сгорания низшая, МДж/м ³ , не менее (при 20 °С и 0,1 МПа)	31,8
2	Область значений числа Воббе, высшего, МДж/м ³	41,2 – 54,5
3	Допускаемое отклонение числа Воббе от номинального значения, %, не более	±5
4	Концентрация сероводорода, г/м ³ , не более	0,02
5	Концентрация меркаптановой серы, г/м ³ , не более	0,036
6	Доля кислорода в газе, об. %, не более	1
7	Масса механических примесей в 1 м ³ , г, не более	0,001
8	Интенсивность запаха газа при объемной доле 1 %, балл, не менее	3

Примечание: Пункты 2, 3, 8 распространяются только на газ коммунально-бытового назначения. Для газа промышленного назначения показатель по п. 8 устанавливают по согласованию с потребителем. Номинальное значение числа Воббе устанавливают в пределах нормы показателя по п. 2 для отдельных газораспределительных систем (по согласованию с потребителем).

При этом для соединения средств измерений, установленных в точках контроля с устройствами сбора и передачи информации, которые установлены на каждом из подпроцессов, а также соединения каждого из модулей с коммутирующими устройствами каждого участка, используются соответствующие линии связи w -го типа ($w = \overline{1, w'}$), b -го вида ($b = \overline{1, b''}$), что отражается ребрами Y^C графов.

Зная основные составляющие при декомпозиции процессов добычи, переработки и транспорта газа, а также основываясь на предложенной модели декомпозиции процесса мониторинга качества можно представить структуру системы мониторинга в следующем виде (рис. 3). Количество уровней иерархии обусловлено следующим. На нижнем (третьем) уровне иерархии находятся средства измерений, которые расположены в точках контроля. Каждое из средств измерений присоединено к устройству сбора и передачи информации, которые характеризуют подпроцессы каждого из участков добычи, переработки и транспорта газа. Множество средств измерений присоединенных к каждому из устройств сбора и передачи информации представляют собой список присоединенных абонентов. На первом уровне иерархии располагаются пункты контроля, которые

обеспечивают коммутирующую функцию, собирая данные с устройств сбора и передачи информации и их количество соответствует количеству выделенных участков.

Можно отметить, что для каждого из участков может быть использован соответствующий пункт контроля. В фокусе иерархии находится диспетчерский пункт, на котором происходит обработка информации. Следует отметить, что диспетчерских пунктов может быть несколько, если система децентрализована, что происходит в случаях, когда элементы газодобывающего предприятия рассредоточены на большой площади, в несколько сотен квадратных километров.

Также несколько диспетчерских пунктов может быть в случае выделения отдельного сервера для каждого из процессов мониторинга качества газа – добычи, переработки, транспорта по магистральной газовой сети, региональной газовой сети и доставки потребителям.

Поскольку система мониторинга качества добычи, переработки и транспорта газа относится к территориально-распределенным системам, выделим ее основные характерные черты [16]:

– общая цель, заключающаяся в удовлетворении запросов абонентов на определенный вид обслуживания; территориальная распределенность обслуживаемых абонентов;

- иерархичность, централизованность системы обслуживающих центров;
- существование зоны обслуживания (списка абонентов) для каждого обслуживающего центра или устройства;
- наличие в процессе обслуживания транспортного этапа, заключающегося в перемещении генерируемого абонентом требования

- к обслуживаемому центру и играющего определяющую роль в эффективности функционирования и стоимости системы;
- зависимость показателей функциональной эффективности и стоимости от структуры, топологии системы и технологии ее функционирования при одновременной глубокой взаимосвязи этих характеристик.

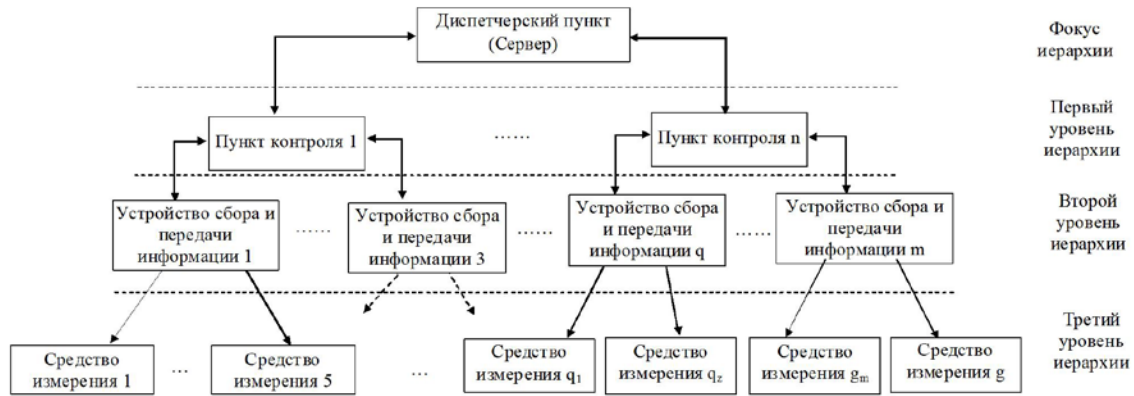


Рис. 3. Иерархическая структура системы мониторинга

Постановка задачи синтеза системы мониторинга на участках от добычи до подачи газа потребителям может быть представлена следующим образом. Известно: основные характеристики каждого из процессов мониторинга качества (декомпозиция их на подпроцессы, уровень автоматизации каждого из подпроцессов, директивные сроки добычи и переработки газа); характеристики абонентов – средств измерений (объемы входящего и исходящего газопотоков, основные показатели качества газа, основные требования к точности измерений, диапазон рабочих температур, потребляемая мощность); допустимое множество устройств сбора и передачи информации (модулей), их функциональные (пропускная способность, количество входов, точность, диапазон рабочих температур, надежность) и стоимостные характеристики; допустимое множество пунктов контроля, их функциональные (пропускная способность, количество входов, точность, надежность) и стоимостные характеристики; функциональные и стоимостные характеристики диспетчерского пункта (сервера). Необходимо определить на допустимом множестве возможного расположения: количество, места расположения линий связи, средств измерений; количество, места расположения, мощности модулей и пунктов контроля; списки средств измерений присоединяемых к каждому из модулей, а также списки модулей присоединяемых к каждому из пунктов контроля, и технологию функционирования системы. При этом учитываем, что месторасположение диспетчерского пункта – задано, и в случае децентрализованной системы списки возможных пунктов контроля, присоединяемых к каждому из серверов – известны. При этом должны экстремизироваться принятые критерии

эффективности и выполняться заданные ограничения.

В данном случае пункты контроля и модули представляют собой схожие устройства, которые решают несколько взаимосвязанных задач, связанных со сбором и передачей информации со средств измерений на диспетчерский пункт. В качестве пунктов контроля могут быть использованы коммутирующие устройства (switch), в то время как модули исполняют функцию сбора информации с датчиков и являются устройствами промышленного типа.

6. Обобщенная модель синтеза системы мониторинга качества добычи, переработки и транспорта газа

Параметры для синтеза СМДПТГ определяются согласно приведенной на рис. 2 модели декомпозиции. Следовательно, для разработки обобщенной модели синтеза СДПТГ, определим известные параметры:

- $E = 1, E'$, E' – количество процессов, для которых необходимо проводить мониторинг качества: добыча, переработка и транспорт газа от магистральной газовой сети до потребителей;
- множество участков $n = 1, n^E$ – номер участка каждого из процессов от добычи до доставки потребителям;
- множество возможных подпроцессов $m = 1, m^n$; m^n – номер подпроцесса, точное количество которых будет определяться компонентным составом и условиями добычи газа;
- множество возможных точек контроля $g = 1, g^m$; g^m – число точек контроля, в которых

могут быть установлены средства измерений показателей качества газа;

– множество возможных показателей качества $p = \overline{1, p^s}$; p^s – число показателей качества в каждой из точек контроля;

– множество возможных точек сбора и передачи информации $I = \{i: i = \overline{1, i'}\}$, i' – число возможных точек сбора и передачи информации;

– множество возможных пунктов контроля $J = \{j: j = \overline{1, j'}\}$, $j' = \left\lceil \frac{i'}{2} \right\rceil$; j' – число пунктов контроля, в которых может быть установлено коммутирующее устройство, $\left\lceil \frac{i'}{2} \right\rceil$ – целая часть

числа $\frac{i'}{2}$;

– множество типов средств измерений $s = \overline{1, s^p}$, s^p – число типов средств измерений p -го показателя;

– множество видов средств измерений $v = \overline{1, v^s}$, v^s – число видов средств измерений s -го типа;

– множество типов линий связи, $w = \overline{1, w^b}$, w^b – число типов линий связи;

– множество видов линий связи $b = \overline{1, b'}$, b' – число видов линий связи w -го типа;

– множество типов устройств для сбора и передачи информации (модулей) $d = \overline{1, d'}$, d' – число типов устройств;

– множество видов устройств для сбора и передачи информации $u = \overline{1, u^d}$, u^d – число видов устройств d -го типа;

– множество типов коммутирующих устройств (КУ), установленных в точках контроля $q = \overline{1, q'}$, q' – число типов КУ;

– множество видов коммутирующих устройств, установленных в точках контроля $t = \overline{1, t^q}$, t^q – число видов устройств q -го типа.

Для синтеза системы мониторинга качества добычи, переработки и транспорта газа могут быть использованы следующие критерии:

– стоимость C системы мониторинга качества:

$$C = \min \left(\sum_{E=1}^{E'} \sum_{n=1}^{n^E} \sum_{m=1}^{m^E} \sum_{g=1}^{g^E} \sum_{p=1}^{p^E} \sum_{s=1}^{s^E} \sum_{v=1}^{v^E} C_{Emgpsv} x_{Emgpsv} + \sum_{g=1}^{g^E} \sum_{i=1}^{i^g} \sum_{w=1}^{w^g} \sum_{b=1}^{b^g} \sum_{k=1}^{k^g} C_{giwbk} y_{giwbk} \right) + \left(\sum_{E=1}^{E'} \sum_{n=1}^{n^E} \sum_{m=1}^{m^E} \sum_{i=1}^{i^E} \sum_{d=1}^{d^E} \sum_{u=1}^{u^E} C_{Enmidu} x'_{Enmidu} + \sum_{i=1}^{i^E} \sum_{j=1}^{j^i} \sum_{w=1}^{w^i} \sum_{b=1}^{b^i} \sum_{k=1}^{k^i} C_{ijwbk} y'_{ijwbk} + \sum_{E=1}^{E'} \sum_{n=1}^{n^E} \sum_{j=1}^{j^E} \sum_{q=1}^{q^E} \sum_{t=1}^{t^E} C_{Enjqqt} x''_{Enjqqt} + \sum_{j=1}^{j^E} \sum_{w=1}^{w^j} \sum_{b=1}^{b^j} \sum_{k=1}^{k^j} C_{0jwbk} y''_{0jwbk} \right) \quad (1)$$

где C_{Emgpsv} – стоимость средства измерения s -го типа v -го вида для измерения p -го показателя качества в g -ой точке контроля m -го подпроцесса на n -ом участке E -го процесса; $x_{Emgpsv} = 1$, если в g -ой точке контроля m -го подпроцесса на n -ом участке E -го процесса производится измерение p -го показателя качества средством измерения s -го

типа v -го вида, иначе $x_{Emgpsv} = 0$; C_{giwbk} – стоимость линии связи w -го типа, b -го вида, соединяющей средства измерения в g -ой точке контроля с модулем в i -ой точке k -ым путем; $y_{giwbk} = 1$, если между g -ой точкой контроля и i -ой точкой сбора и передачи информации проложена линия связи w -го типа ($w = \overline{1, w'}$), b -го вида ($b = \overline{1, b^w}$) k -ым путем, иначе $y_{giwbk} = 0$; C_{Enmidu} – стоимость модуля u -го вида d -го типа установленного в i -ой точке m -го подпроцесса на n -ом участке E -го процесса; $x'_{Enmidu} = 1$, если в i -ой точке m -го подпроцесса на n -ом участке E -го процесса установлен модуль u -го вида d -го типа, иначе $x'_{Enmidu} = 0$; C_{ijwbk} – стоимость линии связи w -го типа, b -го вида, соединяющей модуль в i -ой точке с коммутирующим устройством в j -ом пункте контроля k -ым путем; $y'_{ijwbk} = 1$, если между i -ой точкой и j -ым пунктом контроля проложена линия связи w -го типа, b -го вида k -ым путем, иначе $y'_{ijwbk} = 0$; C_{Enjqqt} – стоимость КУ q -го типа, t -го вида, установленного в j -ом пункте контроля на n -ом участке E -го процесса; $x''_{Enjqqt} = 1$, если в j -ом пункте контроля на n -ом участке E -го процесса установлено КУ q -го типа, t -го вида; C_{0jwbk} – стоимость линии связи w -го типа, b -го вида, соединяющей КУ в j -ом пункте контроля с сервером (диспетчерским пунктом) в точке 0 k -ым путем; $y''_{0jwbk} = 1$, если между сервером в точке 0 и j -ым пунктом контроля проложена линия связи w -го типа, b -го вида k -ым путем, иначе $y''_{0jwbk} = 0$;

– интенсивность отказов λ системы мониторинга качества:

$$\lambda = \min \left(\sum_{E=1}^{E'} \sum_{n=1}^{n^E} \sum_{m=1}^{m^E} \sum_{g=1}^{g^E} \sum_{p=1}^{p^E} \sum_{s=1}^{s^E} \sum_{v=1}^{v^E} \lambda_{Emgpsv} x_{Emgpsv} + \sum_{g=1}^{g^E} \sum_{i=1}^{i^g} \sum_{w=1}^{w^g} \sum_{b=1}^{b^g} \sum_{k=1}^{k^g} \lambda_{giwbk} y_{giwbk} \right) + \left(\sum_{E=1}^{E'} \sum_{n=1}^{n^E} \sum_{m=1}^{m^E} \sum_{i=1}^{i^E} \sum_{d=1}^{d^E} \sum_{u=1}^{u^E} \lambda_{Enmidu} x'_{Enmidu} + \sum_{i=1}^{i^E} \sum_{j=1}^{j^i} \sum_{w=1}^{w^i} \sum_{b=1}^{b^i} \sum_{k=1}^{k^i} \lambda_{ijwbk} y'_{ijwbk} + \sum_{E=1}^{E'} \sum_{n=1}^{n^E} \sum_{j=1}^{j^E} \sum_{q=1}^{q^E} \sum_{t=1}^{t^E} \lambda_{Enjqqt} x''_{Enjqqt} + \sum_{j=1}^{j^E} \sum_{w=1}^{w^j} \sum_{b=1}^{b^j} \sum_{k=1}^{k^j} \lambda_{0jwbk} y''_{0jwbk} \right) \quad (2)$$

где λ_{Emgpsv} – интенсивность отказов средства измерения s -го типа v -го вида для измерения p -го показателя качества в g -ой точке контроля m -го подпроцесса на n -ом участке E -го процесса; λ_{giwbk} – интенсивность отказов линии связи, соединяющей средства измерения в g -ой точке контроля с модулем в i -ой точке k -ым путем; λ_{Enmidu} – интенсивность отказов модуля u -го вида d -го типа установленного в i -ой точке m -го подпроцесса на n -ом участке E -го процесса; λ_{ijwbk} – интенсивность отказов линии связи w -го типа, b -го вида, соединяющей модуль в i -ой точке с коммутирующим устройством в j -ом пункте контроля k -ым путем; λ_{Enjqqt} – интенсивность отказов

КУ q -го типа, t -го вида, установленного в j -ом пункте контроля на n -ом участке E -го процесса; λ_{0jwbk} – интенсивность отказов линии связи w -го типа, b -го вида, соединяющей КУ в j -ом пункте контроля с сервером (диспетчерским пунктом) в точке 0 k -ым путем.

В качестве ограничений могут быть использованы следующие:

– в каждой выбранной точке контроля должно быть измерено не менее одного показателя качества:

$$\sum_{p=1}^{p^s} \sum_{s=1}^{s^p} \sum_{v=1}^{v^s} x_{Emngpsv} \geq 1, E = \overline{1, E'}, n = \overline{1, n^E}, m = \overline{1, m^n}, g = \overline{1, g^m}; \quad (3)$$

– стоимость измерения показателей качества не должна превышать заданной C^Z :

$$\begin{aligned} & \sum_{E=1}^{E'} \sum_{n=1}^{n^E} \sum_{m=1}^{m^n} \sum_{g=1}^{g^m} \sum_{p=1}^{p^s} \sum_{s=1}^{s^p} \sum_{v=1}^{v^s} C_{Emngpsv} x_{Emngpsv} + \sum_{g=1}^{g^m} \sum_{i=1}^{i'} \sum_{w=1}^{w'} \sum_{b=1}^{b^w} \sum_{k=1}^{k'} C_{giwbk} y_{giwbk} + \\ & + \sum_{E=1}^{E'} \sum_{n=1}^{n^E} \sum_{m=1}^{m^n} \sum_{i=1}^{i'} \sum_{d=1}^{d'} \sum_{u=1}^{u^d} C_{Enmidu} x'_{Enmidu} + \sum_{i=1}^{i'} \sum_{j=1}^{j'} \sum_{w=1}^{w'} \sum_{b=1}^{b^w} \sum_{k=1}^{k'} C_{ijwbk} y'_{ijwbk} + \\ & + \sum_{E=1}^{E'} \sum_{n=1}^{n^E} \sum_{j=1}^{j'} \sum_{q=1}^{q'} C_{Enjqt} x''_{Enjqt} + \sum_{j=1}^{j'} \sum_{w=1}^{w'} \sum_{b=1}^{b^w} \sum_{k=1}^{k'} C_{0jwbk} y''_{0jwbk} \leq C^Z; \end{aligned} \quad (4)$$

– каждый показатель может измеряться только одним видом одного типа средства измерения:

$$\sum_{s=1}^{s^p} \sum_{v=1}^{v^s} x_{Emngpsv} = 1, E = \overline{1, E'}, n = \overline{1, n^E}, m = \overline{1, m^n}, g = \overline{1, g^m}, p = \overline{1, p^s}; \quad (5)$$

– между точками g и i может проложена линия связи только одного вида одного типа:

$$\sum_{w=1}^{w'} \sum_{b=1}^{b^w} y_{giwbk} = 1, g = \overline{1, g^m}, i = \overline{1, i'}, k = \overline{1, k'}; \quad (6)$$

– между точкой i и пунктом контроля j может проложена линия связи только одного вида одного типа:

$$\sum_{w=1}^{w'} \sum_{b=1}^{b^w} y'_{ijwbk} = 1, i = \overline{1, i'}, j = \overline{1, j'}, k = \overline{1, k'}; \quad (7)$$

– между пунктом контроля j и сервером в точке 0 может проложена линия связи только одного вида одного типа:

$$\sum_{w=1}^{w'} \sum_{b=1}^{b^w} y''_{0jwbk} = 1, j = \overline{1, j'}, k = \overline{1, k'}; \quad (8)$$

– к каждому модулю должно быть присоединено не менее двух средств измерений, установленных в соответствующих точках сбора и передачи информации:

$$\sum_{g=1}^{g^m} \sum_{i=1}^{i'} \sum_{w=1}^{w'} \sum_{b=1}^{b^w} \sum_{k=1}^{k'} y_{giwbk} \geq 2; \quad (9)$$

– к каждому КУ должно быть присоединено не менее двух модулей, установленных в соответствующих точках сбора и передачи информации:

$$\sum_{i=1}^{i'} \sum_{j=1}^{j'} \sum_{w=1}^{w'} \sum_{b=1}^{b^w} \sum_{k=1}^{k'} y'_{ijwbk} \geq 2; \quad (10)$$

– каждая точка контроля g должна быть связана с одной из точек i сбора и передачи информации только одним путем

$$\sum_{g=1}^{g^m} \sum_{i=1}^{i'} \sum_{k=1}^{k'} y_{giwbk} = 1, w = \overline{1, w'}, b = \overline{1, b^w}; \quad (11)$$

– каждая из точек сбора и передачи информации i должна быть связана с одним из пунктов контроля j только одним путем:

$$\sum_{i=1}^{i'} \sum_{j=1}^{j'} \sum_{k=1}^{k'} y'_{ijwbk} = 1, w = \overline{1, w'}, b = \overline{1, b^w}; \quad (12)$$

– каждый пункт контроля должен быть связан с сервером только одним путем:

$$\sum_{j=1}^{j'} \sum_{k=1}^{k'} y''_{0jwbk} = 1, w = \overline{1, w'}, b = \overline{1, b^w}; \quad (13)$$

– в каждой из точек сбора и передачи информации может быть установлен модуль только одного вида одного типа

$$\sum_{d=1}^{d'} \sum_{u=1}^{u^d} x'_{Enmidu} = 1; E = \overline{1, E'}; n = \overline{1, n^E}; m = \overline{1, m^n}; i = \overline{1, i'}; \quad (14)$$

– контроль данных, поступающих с модулей может обслуживаться только одним видом одного типа КУ:

$$\sum_{q=1}^{q'} \sum_{t=1}^{t^q} x''_{Enjqt} = 1; E = \overline{1, E'}; n = \overline{1, n^E}; m = \overline{1, m^n}; j = \overline{1, j'}; \quad (15)$$

– точность средств измерений для p -го показателя качества в g -ой точке контроля m -го подпроцесса на n -ом участке E -го процесса должна быть не менее заданной T^Z :

$$\sum_{s=1}^{s^p} \sum_{v=1}^{v^s} T_{Emngpsv} x_{Emngpsv} \geq T^Z, E = \overline{1, E'}; n = \overline{1, n^E}; m = \overline{1, m^n}; g = \overline{1, g^m}; p = \overline{1, p^s}; \quad (16)$$

где $T_{Emngpsv}$ – точность средства измерения s -го типа v -го вида для измерения p -го показателя качества в g -ой точке контроля m -го подпроцесса на n -ом участке E -го процесса;

– интенсивность отказов для средств измерений должна быть не более заданной λ^{CZ} :

$$\sum_{E=1}^{E'} \sum_{n=1}^{n^E} \sum_{m=1}^{m^n} \sum_{g=1}^{g^m} \sum_{p=1}^{p^s} \sum_{s=1}^{s^p} \sum_{v=1}^{v^s} \lambda_{Emngpsv} x_{Emngpsv} \leq \lambda^{CZ}; \quad (17)$$

– интенсивность отказов для модулей должна быть не более заданной λ^{MZ} :

$$\sum_{E=1}^{E'} \sum_{n=1}^{n^E} \sum_{m=1}^{m^n} \sum_{i=1}^{i'} \sum_{d=1}^{d'} \sum_{u=1}^{u^d} \lambda_{Enmidu} x'_{Enmidu} \leq \lambda^{MZ}; \quad (18)$$

– интенсивность отказов для КУ должна быть не более заданной λ^{KYZ} :

$$\sum_{E=1}^{E'} \sum_{n=1}^{n^E} \sum_{j=1}^{j'} \sum_{q=1}^{q'} \sum_{t=1}^{t^q} \lambda_{Enjqt} x''_{Enjqt} \leq \lambda^{KYZ}; \quad (19)$$

– интенсивность отказов для линий связи должна быть не более заданной λ^{LZ} :

$$\left(\sum_{g=1}^{g^m} \sum_{i=1}^{i'} \sum_{w=1}^{w'} \sum_{b=1}^{b^w} \sum_{k=1}^{k'} \lambda_{giwbk} y_{giwbk} + \sum_{i=1}^{i'} \sum_{j=1}^{j'} \sum_{w=1}^{w'} \sum_{b=1}^{b^w} \sum_{k=1}^{k'} \lambda_{ijwbk} y'_{ijwbk} + \sum_{j=1}^{j'} \sum_{w=1}^{w'} \sum_{b=1}^{b^w} \sum_{k=1}^{k'} \lambda_{0jwbk} y''_{0jwbk} \right) \leq \lambda^{LZ}; \quad (20)$$

– пропускная способность для модулей u -го вида d -го типа, установленного в i -ой точке m -го подпроцесса на n -ом участке E -го процесса должна быть не менее заданной A^{MZ} :

$$\sum_{d=1}^{d'} \sum_{u=1}^{u^d} A_{Enmidu} x'_{Enmidu} \geq A^{MZ}, E = \overline{1, E'}; n = \overline{1, n^E}; m = \overline{1, m^n}; i = \overline{1, i'}; \quad (21)$$

где A_{Emidu} – пропускная способность модуля u -го вида d -го типа, установленного в i -ой точке сбора и передачи информации m -го подпроцесса на n -ом участке E -го процесса;

– пропускная способность для КУ q -го типа, t -го вида, установленного в j -ом пункте контроля на n -ом участке E -го процесса должна быть не менее заданной A^{KYZ} :

$$\sum_{q=1}^{q'} \sum_{t=1}^{t'} A_{Enjqt} x''_{Enjqt} \geq A^{KYZ}, E = \overline{1, E'}; n = \overline{1, n^E}; j = \overline{1, j'}, \quad (22)$$

где A_{Enjqt} – пропускная способность КУ q -го типа, t -го вида, установленного в j -ом пункте контроля на n -ом участке E -го процесса;

– пропускная способность для линий связи w -го типа, b -го вида, соединяющей g -ю точку контроля с i -ой точкой сбора и передачи информации должна быть не менее заданной A^{LZ} :

$$\sum_{w=1}^{w'} \sum_{b=1}^{b''} \sum_{k=1}^{k'} A_{giwbk} y_{giwbk} \geq A^{LZ}, g = \overline{1, g^m}; i = \overline{1, i'}, \quad (23)$$

где A_{giwbk} – пропускная способность линии связи w -го типа, b -го вида, соединяющей средства измерения в g -ой точке контроля с модулем в i -ой точке k -ым путем;

– пропускная способность для линий связи w -го типа, b -го вида, соединяющей i -ую точку сбора и передачи информации с j -ым пунктом контроля должна быть не менее заданной A^{LZ} :

$$\sum_{w=1}^{w'} \sum_{b=1}^{b''} \sum_{k=1}^{k'} A_{ijwbk} y'_{ijwbk} \geq A^{LZ}, i = \overline{1, i'}, j = \overline{1, j'}, \quad (24)$$

где A_{ijwbk} – пропускная способность линии связи w -го типа, b -го вида, соединяющей модуль в i -ой точке с коммутирующим устройством в j -ом пункте контроля k -ым путем;

– пропускная способность для линий связи w -го типа, b -го вида, соединяющей j -ый пункт контроля с сервером должна быть не менее заданной A^{LZ} :

$$\sum_{w=1}^{w'} \sum_{b=1}^{b''} \sum_{k=1}^{k'} A_{0jwbk} y''_{0jwbk} \geq A^{LZ}, j = \overline{1, j'}, \quad (25)$$

где A_{0jwbk} – пропускная способность линии связи w -го типа, b -го вида, соединяющей КУ в j -ом пункте контроля с сервером (диспетчерским пунктом) в точке 0 k -ым путем;

– длина каждой линии связи не должна превышать предусмотренной критической длины L_{KP} :

$$\begin{cases} L_{giwbk} y_{giwbk} < L_{KP}; g = \overline{1, g^m}, i = \overline{1, i'}, w = \overline{1, w'}, b = \overline{1, b''}, k = \overline{1, k'}; \\ L_{ijwbk} y'_{ijwbk} < L_{KP}; i = \overline{1, i'}, j = \overline{1, j'}, w = \overline{1, w'}, b = \overline{1, b''}, k = \overline{1, k'}; \\ L_{0jwbk} y''_{0jwbk} < L_{KP}; j = \overline{1, j'}, w = \overline{1, w'}, b = \overline{1, b''}, k = \overline{1, k'}; \end{cases} \quad (26)$$

– количество абонентов, присоединенных к каждому КУ не должно превышать количество свободных для подключения портов r :

$$\sum_{i=1}^{i'} \sum_{j=1}^{j'} \sum_{k=1}^{k'} y'_{ijwbk} \leq r; w = \overline{1, w'}, b = \overline{1, b''}; \quad (27)$$

– количество абонентов, присоединенных к каждому модулю не должно превышать количество свободных для подключения портов r' :

$$\sum_{g=1}^{g^m} \sum_{i=1}^{i'} \sum_{k=1}^{k'} y_{giwbk} \leq r'; w = \overline{1, w'}, b = \overline{1, b''}. \quad (28)$$

Приведенная обобщенная модель синтеза СМКДПТГ (1)–(28) относится к задачам дискретного программирования с булевыми переменными.

Современное состояние математических методов и средств вычислительной техники не позволяет непосредственно использовать предложенную модель на этапах практического синтеза. Необходимость декомпозиции и требование совместного решения задач структурной, топологической, параметрической и функциональной оптимизации обуславливают итерационный характер используемых процедур и алгоритмов. Множество и последовательность решения задач выбираются на основе анализа их взаимосвязей по степени влияния результатов решения предыдущей задачи на множество допустимых решений последующих.

Ввиду большой размерности необходимо произвести декомпозицию обобщенной модели на ряд частных моделей меньшей размерности:

- определение точек контроля и контролируемых в них показателей;
- определение средств измерений;
- определение местоположения точек сбора и передачи информации и присоединяемых к ним точек контроля;
- определение местоположения модулей в точках сбора и передачи информации;
- определение местоположения пунктов контроля и присоединяемых к ним точек сбора и передачи информации;
- определение устройств для сбора и передачи информации пунктов контроля;
- определение типов и видов линий каналов связи;
- определение путей соединений линий связи.

Так как все разработанные модели синтеза СМКДПТГ относятся к задачам дискретного программирования с булевыми переменными, то для их реализации предлагается использовать: для задач малой размерности – метод ветвей и границ; для задач большой размерности – метод случайного поиска.

7. Выводы

В результате проведенных исследований проанализированы особенности процессов добычи, переработки и транспорта газа. Разработана обобщенная модель синтеза системы мониторинга качества добычи, переработки и транспорта газа, которая в отличие от известных позволяет решать задачу синтеза с единых системных и критериальных позиций. Ввиду большой сложности разработанной обобщенной модели необходимо декомпозировать ее на модели структурного, топологического и

параметрического синтеза для каждого из пяти рассмотренных процессов: добычи, переработки, транспорта по магистральной газовой сети, региональной газовой сети и сети доставки газа потребителям.

Литература

1. Системы управління якістю. Вимоги (ISO 9001:2008, IDT): ДСТУ ISO 9001-2009 [Текст] / К.: Держспоживстандарт України. – Чинний від 2009-06-22] – 2009. – VII, 26 с.:іл., табл. – (Національний стандарт України).
2. Нефедов, Л. И. Модели организации мониторинга оценки качества бизнес-процесса транспорта газа на компрессорной станции [Текст] / Л. И. Нефедов, А. А. Шевченко // Вестник НТУ «ХПИ». Серия: Информатика и моделирование. – 2008. – № 24. – С. 94–98.
3. Плотников, В. М. Средства контроля и автоматизации объектов транспорта газа [Текст] / В. М. Плотников, В. А. Подрешетников, В. У. Гончаров. – Л.: Недра, 1985. – 217 с.
4. Селезнев, В. Е. Математическое моделирование магистральных трубопроводных систем: дополнительные главы [Текст] / В. Е. Селезнев, В. В. Алешин, С. Н. Прялов; под ред. В. Е. Селезнева. – М.: МАКС Пресс, 2009. – 356 с.
5. Мирзаджанзаде, А. Х. Основы технологии добычи газа [Текст] / А. Х. Мирзаджанзаде, О. Л. Кузнецов, К. С. Басниев, З. С. Алиев. – М.: ОАО «Издательство Недра», 2003. – 880 с.
6. Андреев, Е. Б. Автоматизация технологических процессов добычи и подготовки нефти и газа [Текст]: уч. пособие для вузов / Е. Б. Андреев, А. И. Ключников, А. В. Кротов и др. – М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2008. – 399 с.
7. Маргулов, Р. Д. Организация управления газодобывающим предприятием [Текст] / Р. Д. Маргулов, В. Г. Тагиев, Ш. К. Гергедава. – М.: Недра, 1981. – 239 с.
8. ДСТУ 3230-95 Управління якістю та забезпечення якості. Терміни та визначення [Текст] / К.: Госстандарт України. – Чинний від 1996-07-01. – 1996. – 27 с.
9. ГОСТ 30319.1-96 Газ природный. Методы расчета физических свойств. Определение физических свойств природного газа, его компонентов и продуктов его переработки [Текст] / Изд. офиц. – Минск: ИПК Издательство стандартов. – Дата введения 1997-07-01. – 1997. – 20 с.
10. ГОСТ 5542-87 Газы горючие для промышленного и коммунально-бытового назначения. Технические условия. [Электронный ресурс] / Дата введения: 1988-01-01. – Режим доступа: http://www.complexdoc.ru/pdf/ГОСТ%205542-87/gost_5542-87.pdf – Загл. с экрана.
11. Гриценко, А. И. Сбор и промысловая подготовка газа в северных месторождениях России [Текст] / А. И. Гриценко, В. А. Истомин, А. Н. Кульков, Р. С. Сулейманов. – М.: ОАО «Издательство «Недра», 1999. – 473 с.
12. Исикава, К. Японские методы управления качеством [Текст] / К. Исикава; сокр. пер. с англ. – М.: Экономика, 1988. – 215 с.
13. Зиберт, Г. К. Подготовка и переработка углеводородных газов и конденсата. Технологии и оборудование [Текст] : справ. пос. / Г. К. Зиберт, А. Д. Седых, Ю. А. Кашицкий и др. – М.: ОАО «Недра-Бизнесцентр», 2001. – 316 с.
14. Седак, В. С. Компьютерные технологии в разработке и эксплуатации региональных систем газоснабжения на примере ОАО ГГО «ХАРЬКОВГАЗ» [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 05.13.06 / В. С. Седак. – Харьков, 1999. – 182 с.

15. Нефедов, Л. И. Методологические основы синтеза офисов по управлению программами и проектами [Текст]: монография / Л. И. Нефедов, Ю. А. Петренко, М. В. Шевченко, А. Б. Биньковская. – Х.: ХНАДУ, 2012 – 296 с.
16. Петров, Э. Г. Территориально распределенные системы обслуживания [Текст] / Э. Г. Петров, В. П. Писклакова, В. В. Бескоровайный. – К.: «Техніка», 1992 – 208 с.

References

1. Systemy upravlinnia yakistiu. Vymohy (ISO 9001:2008, IDT): DSTU ISO 9001-2009 [Quality management systems – Requirements] (2009). Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy, 26. Natsionalnyi standart Ukrainy [in Ukraine].
2. Nefedov, L. I., Shevchenko, A. A. (2008). Modeli organizatsii monitoringa otsenki kachestva biznes-protsessa transporta gaza na kompressornoy stantsii [Models of organization monitoring of estimation quality business-processed in gas transport at the compressor station]. Vestnik NTU «HPI» [Bulletin NTU «HPI»], 24, 94–98.
3. Plotnikov, V. M., Podreshetnikov, V. A., Goncharov, V. U. (1985). Sredstva kontroliia i avtomatizatsii obyektov transporta gaza [Controls and automation of gas transportation facilities]. Leningrad, USSR: Nedra, 217.
4. Seleznev, V. Ye., Aleshin, V. V., Prialov, S. N. (2009). Matematicheskoye modelirovaniye magistralnykh truboprovodnykh system: dopolnitelnye glavy [Mathematical modeling of the main pipelines: additional chapters]. Moscow: MAKS Press, 356.
5. Mirzadzhanzade, A. Kh., Kuznetsov, O. L., Basniev, K. S., Aliev, Z. S. (2003). Osnovy tekhnologii dobychi gaza [Foundations of Gas Recovery Technology]. Moscow: OAO Izdatelstvo Nedra, 880.
6. Andreyev, Ye. B., Kliuchnikov, A. I., Krotov, A. V., Popadko, V. Ye., Sharova, I. Ya. (2008). Avtomatizatsiya tekhnologicheskikh protsessov dobychi i podgotovki nefiti i gaza [Automation of technological processes of extraction and preparation of oil and gas]. Moscow: OOO Nedra-Biznesstentr, 399.
7. Margulov, R. D., Tagiyev, B. G., Gergedava, Sh. K. (1981). Organizatsiya upravleniya gazodobyvayushchim predpriyatiyem [Organization management of natural gas producer]. Moscow: Nedra, 239.
8. DSTU 3230-95 Upravlinnia yakistiu ta zabezpechennia yakosti. Terminy ta vyznachennia [Quality management and quality assurance. Terms and definitions] (1996). Kyiv: Hosstandart Ukrainy, 27. Derzhavnyi standart Ukrainy [in Ukraine].
9. GOST 30319.1-96 Gaz prirodnyy. Metody rascheta fizicheskikh svoystv. Opredeleniye fizicheskikh svoystv prirodnogo gaza, yego komponentov i produktov yego pererabotki (1997). [Natural gas. Methods of calculation of physical properties. Definition of physical properties of natural gas, its components and processing products]. Minsk: IPK Izdatelstvo standartov, 20. Interstate standard.
10. GOST 5542-87 Gazy goriuchiye dlia promyshlennogo i komunalno-bytovogo naznacheniya. Tekhnicheskkiye usloviya. [Natural gases for commercial and domestic use. Specifications]. Available at : http://www.complexdoc.ru/pdf/ГОСТ%205542-87/gost_5542-87.pdf
11. Gritsenko, A. I., Istomin, V. A., Kulkov, A. N., Suleymanov, R. S. (1999). Sbor i promyslovaya podgotovka gaza v severnykh mestorozhdeniyakh Rossii [Gathering and conditioning of gas on the northern gas fields of Russia]. Moscow: OAO Izdatelstvo Nedra, 473.
12. Ishikava, Kaoru (1988). What Is Total Quality Control? The Japanese Way. Moscow: Ekonomika, 215.

13. Zibert, G. K., Sedykh, A. D., Kashitskiy, Yu. A., Mikhailov, N. V., Demin, V. M. (2001) Podgotovka i pererabotka uglevodorodnykh gazov i kondensata. Tekhnologii i oborudovaniye [Preparation and Processing of Hydrocarbon Gases and Condensate. Technology and Equipment: Handbook]. Moscow: OAO Nedra-Biznestsentr, 316.

14. Sedak, V. S. (1999). Kompyuternye tekhnologii v razrabotke i ekspluatatsii regionalnykh system gazosnabzheniya na primere OAO GGO "Kharkovgas" [Computer technology in the development and operation of

regional gas supply systems by the example of MGO "Kharkovgas"]. Kharkov, 182.

15. Nefedov, L. I., Petrenko, Yu. A., Shevchenko, M. V., Binkovskaya, A. B. (2012) Metodologicheskiye osnovy sinteza ofisov po upravleniyu programmami i proektami [Methodological bases synthesis of offices for program and project management]. Kharkov: KHNADU, 296.

16. Petrov, E. G., Pisklakova, B. P., Beskorovaynyy, V. V. (1992). Territorialno raspredelennye sistemy obsluzhivaniya [Territorially distributed service system]. Kyiv: Tekhnika, 208.

Нефедов Леонид Иванович, доктор технических наук, профессор, кафедра автоматизации и компьютерно-интегрированных технологий, Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет, Петровского, 25, г. Харьков, Украина, 61002

E-mail: nefedovli@rambler.ru

Шевченко Мария Валерьевна, кандидат технических наук, доцент, кафедра автоматизации и компьютерно-интегрированных технологий, Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет, Петровского, 25, г. Харьков, Украина, 61002

E-mail: BECHA_MV@mail.ru

Кудырко Ольга Николаевна, аспирант, зав. лаб., кафедра автоматизации и компьютерно-интегрированных технологий, Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет, Петровского, 25, г. Харьков, Украина, 61002

E-mail: olya_kud@mail.ru

УДК 662.767.2

ВИРОБНИЦТВО БІОГАЗУ З ВІДХОДІВ ТВАРИННИЦТВА ЯК ЕЛЕМЕНТ ЕНЕРГОРЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ

© I. С. Козій, С. С. Мелейчук, В. В. Волохін

У статті розглядається можливість отримання біогазу з відходів тваринницького комплексу. Використання даного енергоносія є досить актуальним для більшості господарств і дозволяє вирішити ряд питань екологічного, енергетичного та економічного напрямку. В статті проведено дослідження складу та теплотворної здатності отриманого біогазу, а також наведено пропозиції щодо подальшого застосування.

Ключові слова: біогаз, енергозбереження, тваринництво, забруднення, біореактор, біодобрива, метан.

This paper deals with the possibility of obtaining biogas from livestock waste sector. The use of this energy source is still relevant for most households and can solve a number of issues of environmental, energy and economic direction. The paper studied the composition and calorific value of biogas obtained, and proposals for future reference are provided.

Keywords: biogas, energy, farming, pollution, bioreactor, biofertilizers, methane.

1. Вступ

Вирішення глобальних проблем енергетичної безпеки в наші дні визначає не тільки темпи соціально-економічного розвитку, але й виживання людства в майбутньому. Сьогодні в усьому світі потребують вирішення дві взаємозалежні проблеми: економія паливно-енергетичних ресурсів і зменшення забруднення навколишнього середовища. В умовах виснаження запасів органічного палива й різкого підвищення витрат на освоєння нових родовищ стає усе більш нераціональним спалювання вугілля й нафтопродуктів у мільйонах малопотужних котельних і індивідуальних топкових агрегатах, що викликає велику кількість шкідливих викидів в атмосферу й істотно погіршення екологічної обстановки в містах і світі.

Використання традиційних паливно-енергетичних ресурсів веде до забруднення навколишнього середовища. Забруднення атмосфери при використанні не поновлюваних джерел енергії також веде до загального потепління, танення полярної криги і підвищення рівня світового океану протягом наступних століть. Ефективне і правильне використання енергоресурсів – ключ до успішного вирішення екологічної проблеми.

2. Постановка проблеми

Основною енергетичною задачею на даний момент є переведення сільськогосподарських підприємств на поновлювані палива місцевого виробництва. Перспективним для сільськогосподарського сектора економіки