

СИСТЕМНАЯ КОНЦЕПЦИЯ СИНТЕЗА СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА РЕГИОНАЛЬНОГО ГАЗОСНАБЖЕНИЯ

Нефедов Л.И., Шевченко М.В.

Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

В статье рассматривается структура системы мониторинга и оценки технического состояния магистрального трубопровода и структура типовой системы регионального газоснабжения. Предложена иерархическая структура декомпозиции системы мониторинга регионального газоснабжения. Разработана концептуальная модель системы мониторинга регионального газоснабжения и системная концепция ее синтеза.

Ключевые слова: синтез, система мониторинга, региональное газоснабжение, модель, концепция.

Введение. Продолжительный спад, захлестнувший экономику Украины, может быть преодолен путем коренных преобразований в основных сферах человеческой деятельности. Для этого, в частности, необходимо развивать отрасли топливно-энергетического комплекса, обеспечивая потребности страны во всех видах топлива и энергии путем увеличения их добычи и производства, а также планомерно проводить во всех отраслях и сферах народного хозяйства целенаправленную энергосберегающую политику. Одним из наиболее перспективных видов топлива является природный и сжиженный газ. Использование газа улучшает условия труда и способствует росту его производительности, позволяет осуществить принципиально новые технологические процессы [1].

Постановка проблемы. Современная система газоснабжения, включающая в себя как магистральные, так и городские газовые сети высокого, среднего и низкого давления, представляет собой сложную многоуровневую сеть, непрерывно развивающуюся как в пространстве, так и во времени. Причем общее состояние сетей, как правило, сильно отличается от запроектированных – следствие случайного характера газопотребления и изменения параметров участков газопроводов во времени (засорение конденсатом, изменение шероховатости труб, наличие утечек на стыках и швах и т.д.). Все это приводит к снижению надежности существующих газопроводов, нарушает бесперебойность газоснабжения потребителей, а в условиях дефицита газа не позволяет решить задачу его рационального распределения.

Таким образом, в существующих системах газораспределения скрыты внутренние резервы по дальнейшему повышению надежности и эффективности их функционирования, реализация которых не связана с вводом новых источников, требующих дополнительных капитальных затрат. Такие резервы связаны с совершенствованием управления технологическим процессом подачи и распределения газа на базе современных математических методов и средств вычислительной техники [1].

В настоящий момент как немаловажный этап в управлении можно выделить мониторинг технологических процессов. Однако вопросы, связанные с реализацией и проектированием такого типа систем в применении к проблематике транспорта газа и использования систем газоснабжения, все еще находятся в стадии разработки.

Анализ последних исследований и публикаций и анализ нерешенных задач. В работах [1, 2] рассматриваются проблемы, связанные с надежностью и качеством процессов регулирования современных систем газоснабжения, и рассматривается методика анализа аварийных рисков и прогноза отказов региональных распределительных систем газоснабжения.

В работе [3] рассматривается мониторинг магистральных трубопроводов на оползневых участках, где особое внимание уделяется особенностям рельефа местности и воздействию грунта на подземный трубопровод.

В патентах [4, 5] приведені изобретения, первое из которых может быть использовано для управления изменением свойств в результате старения трубопроводов, выполненных из железобетона, с доступной наружной поверхностью, а второе относится к средствам диагностики и может быть использовано для комплексного непрерывного мониторинга технического состояния магистральных трубопроводов.

Согласно [5], система мониторинга и оценки технического состояния магистрального трубопровода (МТ) должна включать набор датчиков для измерения физических параметров и средства для обработки измеренных физических параметров (рис. 1). Средства для обработки параметров содержат блок сбора данных, блок хранения данных и расчетных моделей, блок адаптации расчетных моделей, блок вычисления обобщенных косвенных показателей и устройство отображения информации АРМ диспетчера. Техническим результатом представленной структуры подключения является возможность предоставления информации с небольшим количеством данных, позволяющих диспетчеру своевременно принимать решения.

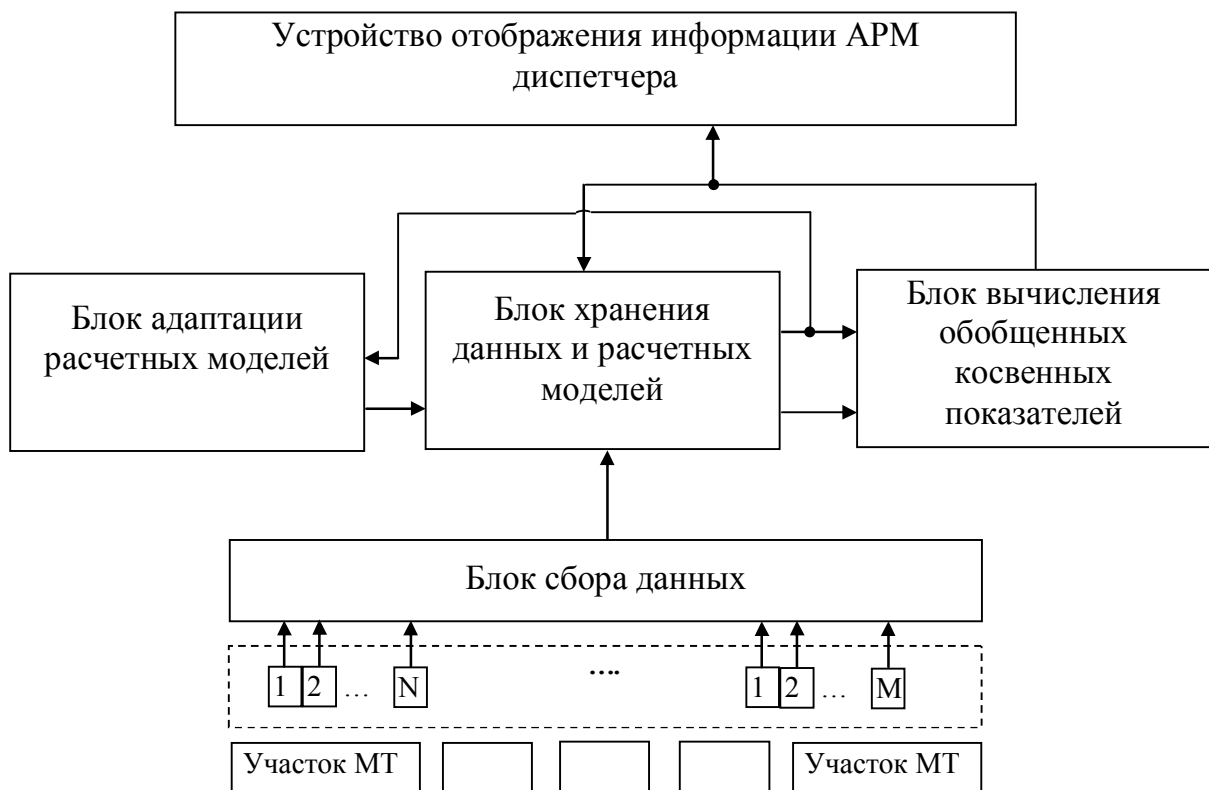


Рисунок 1 – Структура системы мониторинга и оценки технического состояния магистрального трубопровода

Подробно работа представленной системы рассмотрена в [5], однако эта система подразумевает свое использование только для магистрального трубопровода, а, соответственно, не охватывает сети среднего и низкого давления. Кроме того, сама структура системы является неоднозначной и не отражает аппаратных особенностей передачи информации от средств измерений к автоматизированному рабочему месту (АРМ) диспетчера. Также при описании изобретения не раскрыты вопросы, связанные с организацией и планированием мониторинга.

Таким образом, основное внимание в существующих на данный момент работах уделяется мониторингу состояния самого трубопровода в частности, а также системе регионального газоснабжения в общем, и оценке их с точки зрения подверженности коррозионным явлениям, а автоматизированному проектированию систем мониторинга транспорта газа практически не уделяется внимание.

Цель и постановка задачи. Целью исследования является повышение эффективности транспорта газа от источников до потребителей за счет разработки системной концепции синтеза системы мониторинга регионального газоснабжения.

Для достижения поставленной цели необходимо исследовать и проанализировать особенности системы регионального газоснабжения, обосновать математические модели и методы функционирования региональной системы газоснабжения, разработать алгоритмы контроля и управления в реальном времени поставками газа от пунктов переработки через или от магистральной сети, систему регионального газоснабжения и до потребителей. Для достижения поставленной цели предлагается декомпозировать систему мониторинга регионального газоснабжения и обосновать системную концепцию синтеза системы мониторинга регионального газоснабжения.

Результаты исследования. В [1] рассматриваются современные системы газоснабжения природным газом городов, областей, поселков и промышленных предприятий, при этом сложный взаимосвязанный комплекс газопроводов разных давлений, газораспределительных станций (ГРС), промежуточных регуляторных пунктов (ПРП), газорегуляторных пунктов (ГРП) и газорегуляторных установок (ГРУ), оборудования сетей, систем очистки и одоризации газа, систем связи и телеуправления, приборов учета потребления природного газа представлен на рисунке 2. Источником газоснабжения потребителей может быть магистральный газопровод от месторождения природного газа или газовый завод (при получении искусственных газов).

Газопроводы, прокладываемые в городах и населенных пунктах, по давлению газа разделяют на газопроводы низкого, среднего и высокого давления. Существует классификация газопроводов систем газоснабжения населенных пунктов в зависимости от давления газа, который транспортируется ими согласно ДБН В.2.5-20-2001 [6].

Система газоснабжения представляет собой, таким образом, многоступенчатую (иерархическую) структуру, имеющую распределительную сеть той или иной сложности на каждом уровне иерархии. Уровни связаны между собой регуляторами давления газа (ГРС, ПРП, ГРП), которые обеспечивают заданный режим в распределительной сети нижнего уровня (рис. 2).

Анализ состава потребителей газа по их принадлежности к уровням иерархии показывает, что из распределительных сетей верхних уровней (1-го, 2-го) потребляют газ наиболее крупные из них (промышленные предприятия, ТЭЦ и др.). Распределительные сети низкого давления (3-й уровень) питают в основном коммунально-бытовую группу потребителей и населения [1].

После того, как выделены и рассмотрены три основных уровня в системе газоснабжения, дадим определение мониторинга для системы такого типа.

Согласно [7], мониторинг – это непрерывное комплексное наблюдение за объектами, измерение параметров и анализ их функционирования. Таким образом, реализация процесса мониторинга представляет собой решение двух задач: измерения параметров объекта и анализ его функционирования.

Для выполнения задачи измерения необходимо дать ответы на вопросы:

1. Где измеряем? Определить контрольные точки измерения.
2. Что измеряем? Определить показатели и единицы измерения.
3. Как измеряем? Определить средства и методики измерения.
4. Какова периодичность (шаг) измерений? Определить через какие промежутки времени (с каким шагом) необходимо проводить измерения.

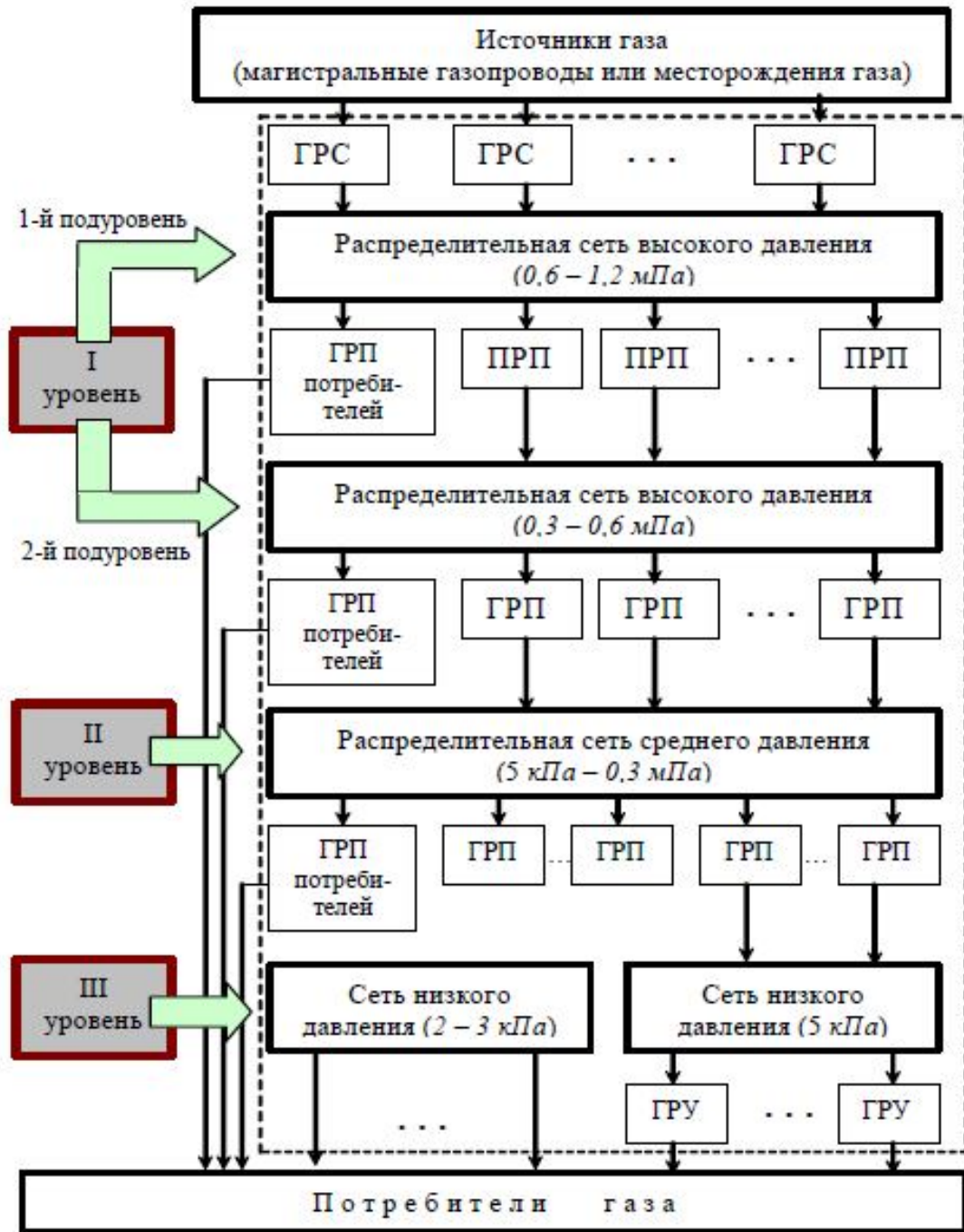


Рисунок 2 – Структура типовой системы регионального газоснабжения

На основании проанализированных структур можно обосновать следующую структуру системы мониторинга регионального газоснабжения (СМРГ), которая представлена на рис. 3.

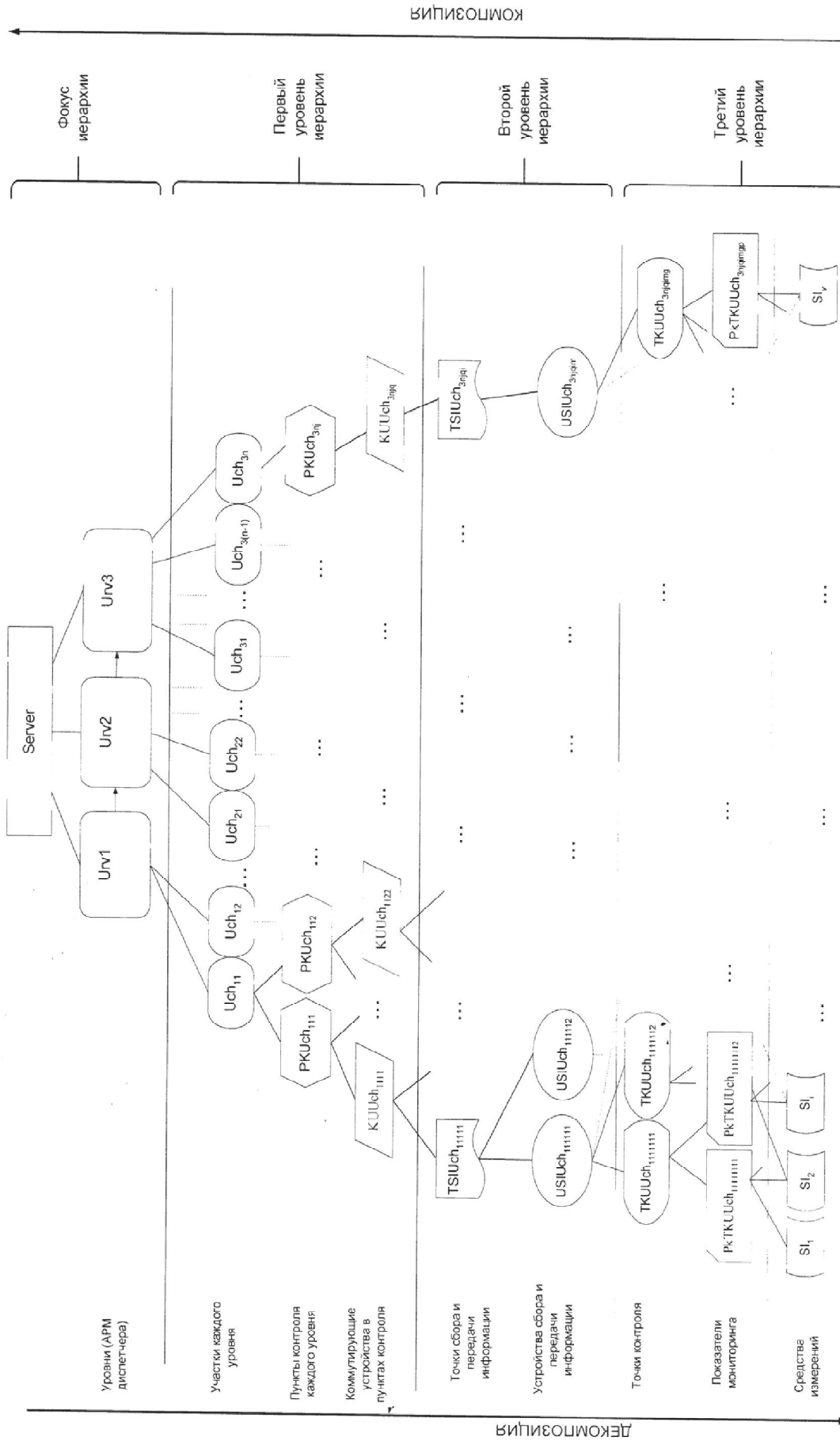


Рисунок 3 – Иерархическая структура декомпозиции системы мониторинга регионального газоснабжения

В предлагаемой иерархической структуре декомпозиции системы мониторинга на каждом из уровней $Urv = \{Urv_E\}$, где $E = \overline{1,3}$, 3 – количество уровней, для которых необходимо проводить мониторинг, выделяют некоторое число участков СМРГ $Uch = \{Uch_{En}\}$, где $n = \overline{1, n^E}$, n – номер участка каждого из уровней системы мониторинга, при этом каждый из участков имеет пункты контроля $PKUch = \{PKUch_{Enj}\}$, где $j = \overline{1, j^E}$, j^E – номер пункта контроля (ПК) каждого из участков системы мониторинга, в которых устанавливается хотя бы одно коммутирующее устройство (КУ) – $KUUch = \{KUUch_{Enjq}\}$, где $q = \overline{1, q^j}$, q^j – число КУ, устанавливаемых в пункте контроля, в простейшем случае количество ПК и количество КУ, установленных в соответствующих ПК, совпадает с количеством участков.

При этом к каждому КУ будут подключены устройства сбора и передачи информации (УСПИ), которые, в свою очередь, будут устанавливаться в точках сбора и передачи информации $TSIUch = \{TSIUch_{Enjq}\}$, где $i = \overline{1, i^j}$, i^j – номер точки сбора и передачи информации каждого из участков системы мониторинга. УСПИ представляют собой устройства, оснащенные модулями и программируемыми логическими контроллерами, предназначенные для снятия показаний со средств измерений, $USIUch = \{USIUch_{Enjqim}\}$, $m = \overline{1, m^i}$; m^i – номер УСПИ.

Точное количество УСПИ будет определяться в зависимости от списка точек контроля $TKUUch = \{TKUUch_{Enjqimg}\}$, $g = \overline{1, g^i}$; g^i – номер точки контроля (ТК), и установленных в них подключаемых средств измерений (СИ) $SI = \{SI_{Enjqimgpv}\}$, $v = \overline{1, v^p}$; v^p – количество средств измерений, с помощью которого в точках контроля измеряются показатели мониторинга $PKTKUUch = \{PKTKUUch_{Enjqimgp}\}$, $p = \overline{1, p^g}$; p^g – номер показателя, измеряемого в точке контроля.

Таким образом формируется четырехуровневая структура системы мониторинга регионального газоснабжения на макроуровне в виде набора порожденных графов $G_{Urv}^C = (Urv_E, Y_E^C)$, $G_{Uch}^C = (Uch_{En}, Y_{En}^C)$, $G_{PKUch}^C = (PKUch_{Enj}, Y_{Enj}^C)$, $G_{KUUch}^C = (KUUch_{Enjq}, Y_{Enjq}^C)$, $G_{TSIUch}^C = (TSIUch_{Enjq}, Y_{Enjq}^C)$, $G_{USIUch}^C = (USIUch_{Enjqim}, Y_{Enjqim}^C)$, $G_{TKUUch}^C = (TKUUch_{Enjqimg}, Y_{Enjqimg}^C)$, $G_{PKTKUUch}^C = (PKTKUUch_{Enjqimgp}, Y_{Enjqimgp}^C)$, $G_{SI}^C = (SI_{Enjqimgpv}, Y_{Enjqimgpv}^C)$. Здесь в качестве вершин выступают уровни, участки с установленными на каждом участке в соответствующем пункте контроля КУ, точки сбора и передачи информации (УСПИ), в которых установлены УСПИ, точки контроля, показатели мониторинга, которые измеряются в точках контроля, и средства измерения для показателей мониторинга в каждой точке контроля, а ребра $Y_{Enjqimgpv}^C$ отражают отношения между ними [8].

Схематическое представление процесса мониторинга системы регионального газоснабжения можно представить следующим образом (рис. 4): в виде черного ящика, который характеризуется входами (исходная информация) и выходами (результат работы СМРГ), информационным и ресурсным обеспечением (стрелки снизу) и методическим обеспечением (стрелки сверху).

При этом структура задач синтеза системы мониторинга регионального газоснабжения сводится к решению следующих основных подзадач:

- определение точек контроля;
- выбор показателей мониторинга в точках контроля;
- выбор средств измерений;
- определение мест размещения устройств сбора и передачи информации и УСПИ;

- определение списка обслуживаемых точек контроля для каждого из УСПИ;
- выбор УСПИ в каждом из мест их размещения;
- определение мест размещения пунктов контроля и КУ;
- определение списка обслуживаемых УСПИ для каждого из КУ;
- выбор КУ для каждого из пунктов контроля.

Примем, что места установки АРМ диспетчера и сервера уже известны.

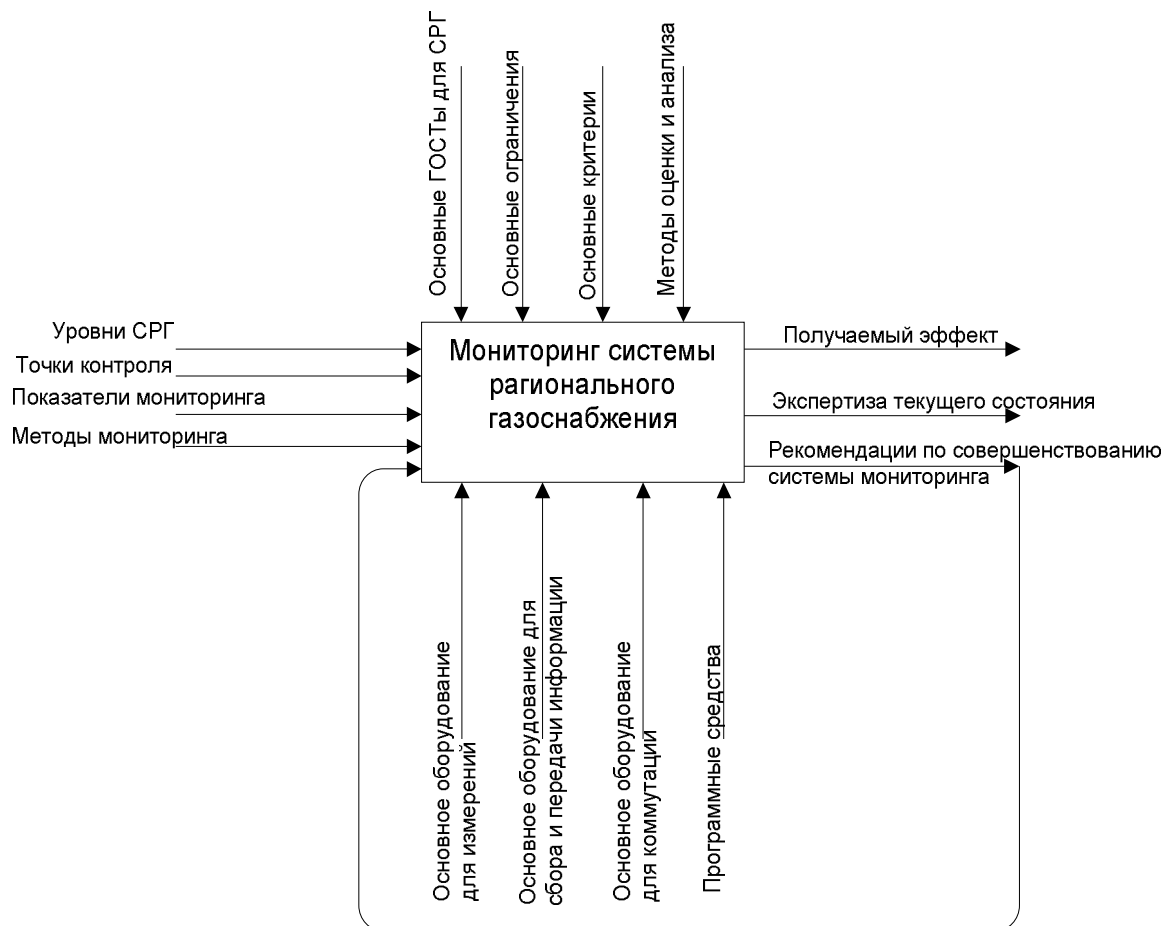


Рисунок 4 – Концептуальная модель СМРГ в виде черного ящика

Системная концепция взаимодействия задач представлена на рис. 5.

На рисунке показано взаимодействие задач для синтеза СМРГ и входных данных для них. Согласно [9], задачи структурного, топологического и параметрического синтеза заключаются в следующем. Суть задач выбора структуры можно представить следующим образом: считая заданными наборы типовых элементов, их функции и характеристики, определить количество уровней системы, множества элементов на каждом из уровней и их взаимосвязи.

Задача выбора топологии заключается в следующем: считая заданными множество требующих обслуживания объектов и структуру обслуживающей системы, определить размещение и связи элементов обслуживающей системы и подмножества и связи обслуживаемых ими объектов. К важнейшим ограничениям задачи относятся ограничения на места возможного размещения элементов, их удаленность от обслуживаемых объектов, состав подмножества обслуживаемых объектов.

Суть задач параметрического синтеза состоит в выборе функциональных характеристик элементов, подсистем и связей. Задача решается для конкретных структурных, топологических и технологических характеристик системы. Результаты решения составляют основу для синтеза элементов, подсистем и связей или выбора их типов и видов из заданного множества устройств.

Кроме того, сама процедура синтеза СМРГ в качестве обязательного включает этап анализа результатов мониторинга и экспертизу текущей ситуации. После чего можно перейти к выбору рекомендаций для последующего функционирования и эксплуатации СМРГ.

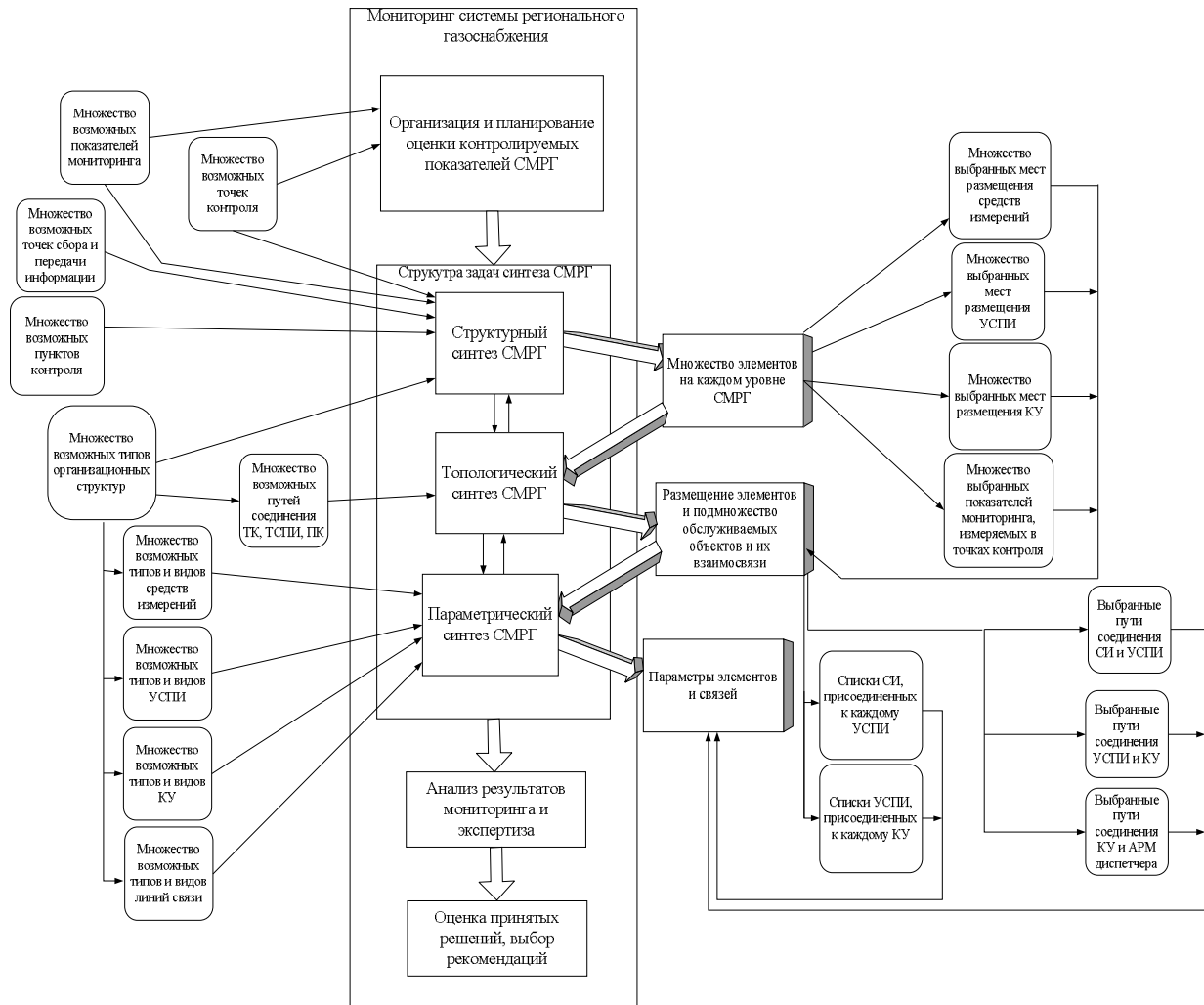


Рисунок 5 – Системная концепция взаимодействия задач для синтеза системы мониторинга регионального газоснабжения

Отметим, что при эксплуатации магистральных газопроводов контролю подлежат следующие основные показатели [10]:

- давление газа в начале и в конце участка, на выходе с промысла и на отводах на газораспределительные станции;
- количество транспортируемого газа, температура его на входе и выходе компрессорной станции, средняя по участку, на входе в газораспределительную станцию;
- наличие конденсата, влаги, сероводорода, тяжелых углеводородов и загрязнений в газе, давление на входе и выходе компрессорной станции, количество работающих агрегатов и режим их работы;
- исправность оборудования на компрессорных и газораспределительных станциях, герметичность газопровода;
- режим закачки газа в подземные хранилища, режим отбора газа постоянными и буферными потребителями и другие показатели, характеризующие состояние газопровода, его сооружений и оборудования.

В качестве исходных данных для синтеза системы мониторинга на этапе организации и планирования используется множество возможных точек контроля $G = \{g : g = \overline{1, g^m}\}$; g^m – число точек контроля, в которых могут быть установлены

средства измерений показателей мониторинга газа. На основании этого проводится разработка модели организации и планирования оценки контролируемых показателей мониторинга.

Не все из указанных показателей могут быть измерены, часть из них определяется расчетами или совокупностью специализированных методов измерений (например отбором проб) и проведением расчетов. Следовательно, можно сказать, что множество возможных показателей в общем случае представляет собой совокупность подмножеств:

$$PKTKUUch = \{PKTKUUch^I_{Enjqimgp} \cup PKTKUUch^R_{Enjqimgp}\},$$

где $PKTKUUch^I_{Enjqimgp} = \{p^I : p^I = \overline{1, p^{I_g}}\}$ – подмножество показателей мониторинга, которые можно измерить с помощью средств измерений (примем их как единичные показатели), $PKTKUUch^R_{Enjqimgp} = \{p^R : p^R = \overline{p^{I_g} + 1, p^g}\}$ – подмножество показателей мониторинга, которые могут быть получены только путем расчетов или применения специализированных методов (будем называть их комплексными показателями). Однако и единичные, и комплексные показатели могут быть использованы для мониторинга в каждой из точек контроля, а следовательно, в результате объединения подмножеств получим множество возможных показателей мониторинга $PKTKUUch = \{p : p = \overline{1, p^g}\}$; p^g – число показателей мониторинга в каждой из точек контроля. На основании этого проводится организация и планирование оценки контролируемых показателей мониторинга.

Основными составляющими синтеза СМРГ можно выделить следующие частные задачи:

- структурного синтеза;
- топологического синтеза;
- параметрического синтеза.

Выводы. Таким образом в статье проанализированы типовая система газоснабжения и структура системы мониторинга и оценки технического состояния магистрального трубопровода. На основании проведенного анализа предложена иерархическая модель декомпозиции системы мониторинга регионального газоснабжения, которая позволяет определить набор задач синтеза СМРГ для каждого из уровней в типовой системе газоснабжения. Разработана концептуальная модель СМРГ в виде черного ящика, которая отражает взаимодействие исходной информации на входе, информационного, ресурсного и методического обеспечения для получения выходной информации о получаемом эффекте, текущем состоянии системы мониторинга на основании экспертизы, а также получать рекомендации по совершенствованию СМРГ, которые будут направлены как на управление системой регионального газоснабжения, так и улучшение самой системы.

Предложена системная концепция взаимодействия задач синтеза системы мониторинга регионального газоснабжения, которая, в отличие от известных подходов, позволяет с единых системных позиций разработать СМРГ. На следующем этапе исследований необходимо разработать соответствующие многокритериальные модели, которые будут учитывать все особенности синтезируемой системы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Надежность и качество процессов регулирования современных систем газоснабжения : монография / [В. С. Седак, В. Н. Супонев, Н. Д. Каслин и др.]; под общ. ред. В. С. СEDAка. – Х. : ХНАГХ, 2011. – 226 с.
2. Седак В. С. Методика анализа аварийных рисков и прогноза отказов региональных распределительных систем газоснабжения / В. С. Седак, Н. Я. Рыбников, Н. Д. Каслин // Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит. – 2011. – № 5 (87) – С. 70-78.

3. Александров А. А. Мониторинг магистральных трубопроводов на оползневых участках / А. А. Александров, С. П. Сушев, П. А. Ревель-Муроз, Д. Ю. Грязнев // Вестник МГТУ им. Н. Э. Баумана. Сер. «Приборостроение». – 2012. – № 3. – С. 93-101.
4. Способ и система мониторинга рабочих характеристик трубопровода, содержащего текучую среду под давлением [Электронный ресурс] / Владельцы патента : ОКСАНД (FR) – Режим доступа : <http://www.findpatent.ru/patent/235/2351915.html#>.
5. Способ мониторинга и оценки технического состояния магистрального трубопровода и система для его реализации [Электронный ресурс] / Владельцы патента: Открытое акционерное общество «Гипрогазцентр» (RU) – Режим доступа : <http://www.findpatent.ru/patent/245/2451874.html>.
6. Інженерне обладнання будинків і споруд. Зовнішні мережі та споруди. Газопостачання: ДБН В. 2.5-20-2001. – Офіц. вид. – К. : Держбуд України, 2001. – 192 с. – (Державні будівельні норми України).
7. Нефедов Л. И. Модели организации мониторинга оценки качества бизнес-процесса транспорта газа на компрессорной станции / Л. И. Нефедов, А. А. Шевченко // Вестник НТУ «ХПИ». Серия: Информатика и моделирование. – 2008. – № 24. – С. 94-98.
8. Нефедов Л. И. Обобщенная модель синтеза системы мониторинга качества добычи, переработки и транспорта газа / Л. И. Нефедов, М. В. Шевченко, О. Н. Кудырко // Науковий журнал «ScienceRise». – 2014. – № 1(1). – С. 7-18.
9. Петров Э. Г. Территориально распределенные системы обслуживания / Э. Г. Петров, В. П. Писклакова, В. В. Бескоровайный. – К. : «Техніка», 1992 – 208 с.
10. Котляр И. Я. Эксплуатация магистральных газопроводов / И. Я. Котляр, В. М. Пиляк. – Л. : «Недра», 1971. – 248 с.

REFERENCES

1. Nadezhnostj i kachestvo processov regulirovaniya sovremennihk sistem gazosnabzheniya : monografiya / [V. S. Sedak, V. N. Suponev, N. D. Kaslin i dr.]; pod obth. red. V. S. Sedaka. – Kh. : KhNAGKh, 2011. – 226 s.
2. Sedak V. S. Metodika analiza avariynihk riskov i prognoza otkazov regionalnihk raspredelitelnihk sistem gazosnabzheniya / V. S. Sedak, N. Ya. Rihbnikov, N. D. Kaslin // Ehnergoberezhenie. Ehnergetika. Ehnergoaudit. – 2011. – № 5 (87) – S. 70-78.
3. Aleksandrov A. A. Monitoring magistralnihk truboprovodov na opolznevihk uchastkakh / A. A. Aleksandrov, S. P. Suthev, P. A. Revelj-Muroz, D. Yu. Gryaznev// Vestnik MGTU im. N.Eh. Baumana. Ser. «PriBORostroenie». – 2012. – № 3. – S. 93-101.
4. Sposob i sistema monitoringa rabochikh kharakteristik truboprovoda, soderzhathego tekuchuyu sredu pod davleniem [Ehlektronnihyj resurs] / Vldeljcih patenta : OKSAND (FR) – Rezhim dostupa : <http://www.findpatent.ru/patent/235/2351915.html#>.
5. Sposob monitoringa i ocenki tekhnicheskogo sostoyaniya magistraljnogo truboprovoda i sistema dlya ego realizacii [Ehlektronnihyj resurs] / Vldeljcih patenta: Otkrihtoe akcionerhoe obthestvo «Giprogazcentr» (RU) – Rezhim dostupa : <http://www.findpatent.ru/patent/245/2451874.html>.
6. Inzhenerne obladnannya budinkiv i sporud. Zovnishni merezhi ta sporudi. Gazopostachannya: DBN V. 2.5-20-2001. – Ofic. vid. – K. : Derzhbud Ukraïni, 2001. – 192 s. – (Derzhavni budiveljni normi Ukraïni).
7. Nefedov L. I. Modeli organizacii monitoringa ocenki kachestva biznes-processa transporta gaza na kompressornoj stancii / L. I. Nefedov, A. A. Shevchenko // Vestnik NTU «KhPI». Seriya: Informatika i modelirovanie. – 2008. – № 24. – S. 94-98.
8. Nefedov L. I. Obobthennaya modelj sinteza sistemih monitoringa kachestva dobihchi, pererabotki i transporta gaza / L. I. Nefedov, M. V. Shevchenko, O. N. Kudihrko // Naukoviy zhurnal «ScienceRise». – 2014. – № 1(1). – S. 7-18.
9. Petrov Eh. G. Territorialjno raspredelennihe sistemih obsluzhivaniya / Eh. G. Petrov, V. P. Pisklakova, V. V. Beskorovayjnihyj. – K. : «Tekhnika», 1992 – 208 s.

10. Kotlyar I. Ya. Ekhsplyuatsiya magistraljnihkh gazoprovodov / I. Ya. Kotlyar, V. M. Pilyak. – L. : «Nedra», 1971. – 248 s.

Нефьодов Л.І., Шевченко М.В. СИСТЕМНА КОНЦЕПЦІЯ СИНТЕЗУ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ РЕГІОНАЛЬНОГО ГАЗОПОСТАЧАННЯ

У статті розглядається структура системи моніторингу та оцінки технічного стану магістрального трубопроводу і структура типової системи регіонального газопостачання. Запропоновано структуру декомпозиції системи моніторингу регіонального газопостачання. Розроблено концептуальну модель системи моніторингу регіонального газопостачання та системну концепцію її синтезу.

Ключові слова: синтез, система моніторингу, регіональне газопостачання, модель, концепція.

Nefedov L.I., Shevchenko M.V. SYSTEM CONCEPT SYNTHESIS MONITORING SYSTEM OF REGIONAL GAS SUPPLY

The structure of the monitoring system and evaluation of the main pipeline technical condition and the structure of a typical system of regional gas supply in the article has been discussed. Hierarchical decomposition of the monitoring system of regional gas supply has been proposed. A conceptual model of a system for monitoring the regional gas supply system concept and its synthesis have been developed

Keywords: synthesis, system monitoring, regional gas supply, model, concept.

© Нефьодов Л.І., Шевченко М.В.

Статтю прийнято
до редакції 28.04.15