

УДК 621.6

## КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ И ФОРМАЛИЗАЦИИ ИНФОРМАЦИОННО-ЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ОЦЕНКИ СТРУКТУРНЫХ СВЯЗЕЙ ЗАДАЧ СИСТЕМ ГАЗОСНАБЖЕНИЯ

Ганиева Н.А.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Самаркандский филиал Ташкентского университета информационных технологий имени Мухаммада ал-Хорезми, Самарканд, Узбекистан  
Nily-85@yandex.ru

**Аннотация.** В работе поставлена и решается задача оценки концептуальных особенностей формирования и формализации информационно-логической модели структурных связей задач систем газоснабжения. В этом плане газоснабжающие системы, как сложные технические системы управления обусловлены множественностью факторов, которые требуют оценку их концептуальных особенностей.

**Ключевые слова:** Модель, идентификация, управление, газораспределительная сеть, сложная система, функционирование, оценка, процесс, модули.

### I. ВВЕДЕНИЕ

В задачах функционирования систем газоснабжения оценка концептуальных особенностей формирования и формализации информационно-логической модели структурных связей приобретает насущную актуальность. Это связано с оценкой достоверности моделей структурной идентификации объектов газоснабжения, как сложной технической системы управления.

При этом, формирование математической модели означает математическое описание поведения рассматриваемого процесса в частотной или временной области. В настоящее время эта область теории управления находит широкое применение и на практике исследования задач газоснабжения, в частности при плановой идентификации результатов вычислительного эксперимента [1-3].

### II. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Методы идентификации принято разделять на две группы:

- активная идентификация – идентификация вне контура управления;
- пассивная идентификация – идентификация в контуре управления.

При активной идентификации рассматриваемый объект газоснабжения условно выводится из рабочего режима функционирования (нормальный режим эксплуатации, номинальные параметры рабочего режима и т. п.). Исследования проводятся на базе применения современных методов информационных систем и технологий [4].

Пассивная идентификация рассматриваемой газоснабжающей сети обусловлена тем, что сеть функционирует в нормальном рабочем режиме, т.е. находится в процессе нормальной эксплуатации. На его входы поступают только естественные сигналы управления, такие как давление и расход газа. Пассивная идентификация используется для уточнения математической модели, при слежении за изменениями в рассматриваемом объекте управления. Процесс такой идентификации

можно представить в следующем виде рисунка 1 [4,8,9].

Математическую модель можно описать данными газораспределитель-

ной или газоснабжающих сетей, предполагая, что эти объекты на начальном этапе состояния могут быть представлены в форме «черного ящика», графически представленного на рис. 1.

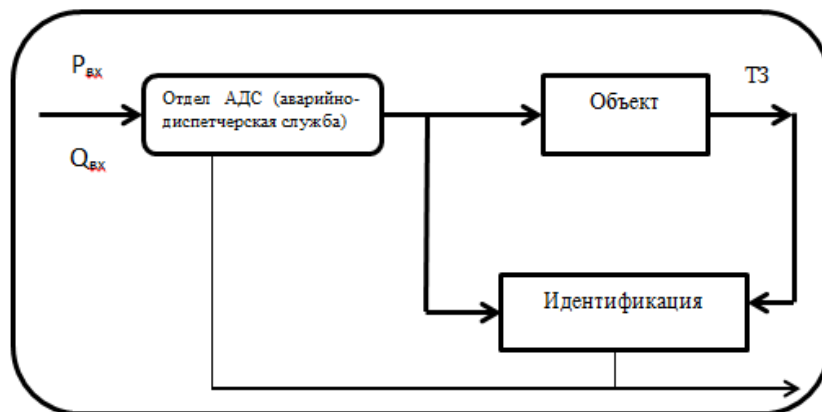


Рис 1. Схема процесса пассивной идентификации

*Выбор класса модели.* Сначала определяются параметры, характеризующие обобщенность параметрической функции вида

$$P_k = f(P_i, Q_i, l_i, d_i), \quad (1)$$

где  $P_k$  – конечное давление на участке,  $P_i$  – начальное давление на участке,  $Q_i$  – начальный расход газа,  $l_i$  – длины  $i$ -го участка сети,  $d_i$  – диаметры участков трубопроводной сети.

Здесь показатели  $P_i, l_i, d_i$  характеризуют как линейность, так и непрерывность оценки функционирования газоснабжающей сети.

На базе имеющейся информации обобщенную схему идентификации математической модели объекта представим в виде (рис. 2).

Идентификация рассматриваемой математической модели с выбором переменных модели, а также параметров ее уравнений с последующей их оценкой на основе статистических данных, полученных в результате обработки данных исследована на базе метода многошаговой вероятностной оценки [2,7].

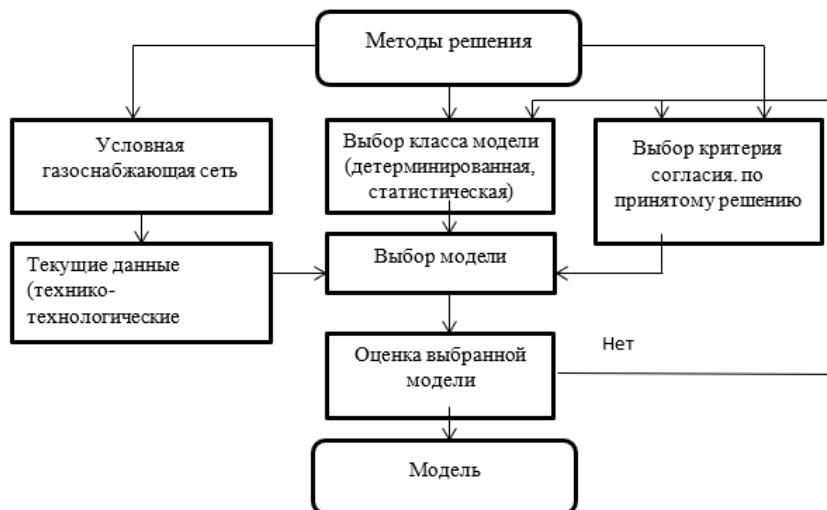


Рис 2. Схема идентификации математической модели

Для поставленной задачи марковские утверждения обусловлены некоей условностью, так как рабочий процесс управления газоснабжающей сети характеризуется принятием во внимание, в некоторых случаях, а иногда и зачастую, его значения предыдущих показателей.

Построение марковских моделей управления газоснабжающей сети происходит следующим образом. На основе информации о структуре и принципах управления исследуемой системы определяется множество ее возможных состояний. Это множество разделяется на два подмножества – работоспособных состояний и состояний отказа. Далее строится марковский граф переходов, вершинами которого являются состояния системы, а ребрами – возможные переходы между состояниями. Интенсивности переходов определяются характеристиками безотказности и ремонтпригодности элементов системы. По графу переходов составляется необходимая система уравнений, аналитическое решение которой позволяет получить формульные выражения для требуемых показателей надежности. Если решение системы возможно только численными методами, то получают численные значения показателей надежности в заданные моменты времени.

Для того чтобы случайный процесс с непрерывным временем был марковским для рассматриваемой задачи функционирования газоснабжающей сети, необходимо чтобы интервалы времени оценки давлений между соседними участками были распределены (условно) по линейному закону [3,5,7].

Для анализа утверждения Маркова воспользуемся следующими рассуждениями.

Пусть время наступления случайного процесса в некотором состоянии газоснабжающей сети  $E_i$  до его перехода в другое состояние  $E_j$  распределено по вероятностному закону с оценкой функции распределения на базе математического ожидания

$$F_{ij}(\tau) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n P(p_{ij}(\tau)),$$

где  $P_{ij}$  - параметр распределения (это может быть либо давление либо расход), характеризующий частоту перехода из состояния  $E_i$  в состояние  $E_j$  и определяемый как величина, обратная среднему времени нахождения случайного процесса в состоянии  $E_i$  до момента его перехода в состояние  $E_j$ . Вычислим вероятность того, что случайный процесс перейдет в состояние  $E_j$  в течение интервала времени  $\Delta\tau$  при условии, что в состоянии  $E_j$  процесс уже находится в течение времени  $\tau_0$ . Эта условная вероятность равна

$$\begin{aligned} P_{ij}\left(\frac{\Delta\tau}{\tau_0}\right) &= \Pr(\tau_0 \leq \tau \leq \tau_0 + \frac{\Delta\tau}{\tau} \geq \tau_0) = \\ &= \frac{\Pr(\tau_0 \leq \tau \leq \tau_0 + \Delta\tau)}{\Pr(\tau \geq \tau_0)} = \\ &= \frac{F(\tau_0 + \Delta\tau) - F(\tau_0)}{1 - F(\tau_0)}. \end{aligned}$$

Из последнего выражения следует, что вероятность перехода из одного состояния в другое зависит только от исходного состояния  $E_i$  и не зависит от интервала времени  $\tau_0$ , то есть от того, как долго находился процесс в состоянии  $E_i$ , а также от того, какие состояния предшествовали состоянию  $E_i$ .

Другими словами, поведение случайного процесса не зависит от предыстории и определяется только его состоянием в настоящий момент, то есть процесс является Марковским [7-9].

### III. МЕТОДИКА ПОСТРОЕНИЯ МОДЕЛИ ЗАДАЧИ

Построение информационно-логической модели структурных связей задач систем газоснабжения предопределяет необходимые условия системной формализации прикладных модулей для автоматизации расчета показателей функционирования газоснабжающих сетей, представленных на рис. 3.

Практическую необходимость приобретает анализ методов проектирования и логическое описание изучаемого процесса для оценки информационных связей и классификации задач систем газоснабжения.

Полноту и достоверность исходных данных обеспечивает комплексное использование современных математических методов и вычислительной техники при составлении проекта разработки объектов газоснабжения [8,10].

Современные средства и информационные технологии являются неотъемлемой частью при решении задач проектирования и эксплуатации объектов газоснабжения, так как дают возможность обработке большого объема информации и неременность получения информации, что обуславливает необходимость нахождения этих сведений в распоряжении проектировщика.

Следует отметить, что эффективность применения методов математического моделирования для отображения всей совокупности важнейших связей и факторов процесса решения задач проектирования и эксплуатации объектов газоснабжения требуют полной априорной информации.

Для развития и совершенствования системы управления информационными потоками разработана информационно-логическая модель автоматизации расчетов показателей системы газоснабжения, структура которой приведена на рис. 3.

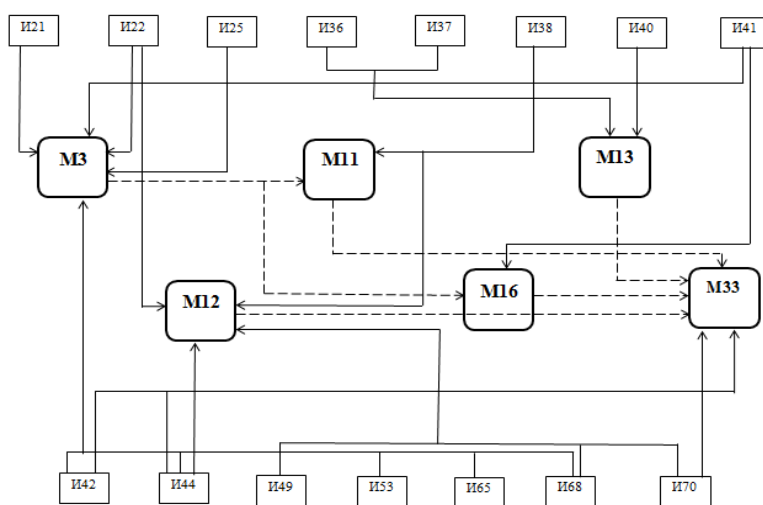


Рис 3. Структура информационно-логической модели системы газоснабжения

В информационно-логической модели, приведенной на рис. 3 пояснения к базовым информациям, обозначенным через  $I_{21}$ ,  $I_{22}$ ,  $I_{25}$ ,  $I_{36}$ ,  $I_{37}$ ,  $I_{38}$ ,  $I_{40}$ ,  $I_{41}$ ,  $I_{42}$ ,  $I_{44}$ ,  $I_{49}$ ,  $I_{53}$ ,  $I_{65}$ ,  $I_{68}$ ,  $I_{70}$ ,

а также модули расчета  $M_3$ - $M_{33}$  приведены ниже:

Информационная база исходных данных и решенных задач приведена в таблице 1, предназначенных для решения следующих задач:

Информационная база данных	Модули расчета аналитико-прикладных моделей
<p><math>I_{21}</math> – расход газа;  <math>I_{22}</math>– ускорение свободного падения;  <math>I_{25}</math>– коэффициент трения (шероховатость трубы)  <math>I_{36}</math> –давление в начале расчетных участков газопровода;  <math>I_{37}</math>– давление в конце расчетных участков газопровода;  <math>I_{38}</math>– внутренний диаметр газопровода;  <math>I_{40}</math>– температура газа в начале участка газопровода;  <math>I_{41}</math>–коэффициент одновременности;  <math>I_{42}</math>– экспонента (2,72);  <math>I_{44}</math>– число <math>\pi=3,14</math>;  <math>I_{49}</math>– скорость газа;  <math>I_{53}</math>– объем газа;  <math>I_{65}</math>– длина участка;  <math>I_{68}</math>–плотность газа;  <math>I_{70}</math>– давление на приеме компрессорной станции;</p>	<p><math>M_3</math>– Расход газа по участкам;  <math>M_{11}</math>–Пропускная способность газопровода;  <math>M_{12}</math>–Потеря давления  <math>M_{13}</math>–Температура в конце участка газопровода;  <math>M_{16}</math>–Коэффициент одновременности;  <math>M_{33}</math>–Мощность компрессорной станции.</p>

При исследовании газоснабжающих систем с дискретным характером функционирования наиболее широкое применение получили аналитические и имитационные методы моделирования.

Одной из первоочередных требований, предъявляемых к таким моделям, естественно, является ее адекватность к рассматриваемой системе, которая достигается за счет использования моделей с различным уровнем детализации, зависящих от особенностей структурно-функциональной организации системы и целей исследования.

Сложность таких систем зачастую не дает возможности описать полно и

детально процессы управления реальных систем, в частности, рассматриваемой газоснабжающей сети.

Следовательно, моделирование сложных технических систем управления обусловлено принципами соблюдения правил и подходов объектно-ориентированных предметных направлений, обеспечивающих корректность и достоверность результатов моделирования, среди которых наиболее приоритетными, на наш взгляд, являются:

- системный подход при решении задач анализа и синтеза;
- принцип иерархического многоуровневого моделирования;

- принцип множественности моделей.

Отметим, что в основе исследования газоснабжающих систем с использованием подходов математического моделирования лежит системный подход, конечной целью которого является системотехническое проектирование, направленное на построение системы с требуемым качеством.

Для решения задач проектирования необходимо располагать знаниями о том, как влияют различные способы структурно-функциональной организации на характеристики функционирования системы, т. е. решать задачи системного анализа.

В процессе формирования моделей приходится оперировать базовыми – аналоговыми моделями, допускающими применение точных и приближенных аналитических методов и позволяющими получить результат в явном виде. Отметим, что локальные модели допускают применение имитационных методов, а глобальные – могут использовать аналитико-имитационные методы.

#### IV. ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ

Качественный анализ пропускных способностей трубопроводных сетей при различных режимах их функционирования, определение основных направлений реконструкции с уточнением оптимальных диаметров трубопроводных сетей, узловые давления и транзитные расходы газа по участкам позволит дать оценку системе газоснабжения. Она позволит оперативно управлять потокораспределением, обеспечить нормальное функционирование системы и удовлетворить потребителей нужным количеством продукта. В связи с этим в данном параграфе исследуются вопросы анализа информационных связей и классификации задач систем газоснабжения.

При автоматизации расчетов таких задач как проектирование, анализ функционирования и оперативного управления систем газоснабжения позволяет объединить разобценные задачи и взаимно увязать их в одной системе, как представлено на рис. 4-6.

Номера по участкам	№	λ	L (м)	d (мм)	v (м/с)	ΔP (Па, кг/м²)	ΔQ (кг, м³/час)
1	1-2	0,1	14,5	325	7	0,089	220720,80415
2	2-3	0,2	190,8	219	7	3,458	140763,67508
3	4-5	0,3	36,7	114	12	5,632	81106,13413
4	5-6	0,2	3,01	114	11	0,259	58242,92778
5	3-7	0,2	35,68	114	13	4,284	70494,98888
6	3-11	0,1	152,7	219	7	1,384	94726,92871
7	9-10	0,3	24,15	114	12	3,706	81106,13413
8	9-12	0,2	181	219	10	6,695	211602,79914
9	11-18	0,2	139	114	13	16,691	70494,98888
10	12-13	0,3	14,25	114	14	2,977	96730,69725
11	12-14	0,2	18	219	14	1,305	310831,39513
12	14-15	0,2	193,7	219	12	10,317	260623,913
13	16-17	0,2	12,4	114	13	1,489	70494,98888

Рис 4. Расчет потери давления и расхода газа по участкам сети

После получения численных расчетов по перепаду и расходу газа результаты выводятся в графическом виде.

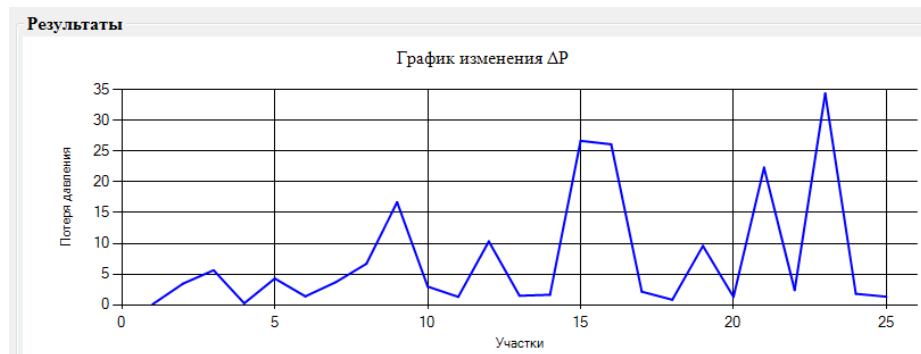


Рис 5. Динамика потери давления на участках

Программа позволяет определить участок, на котором максимальные и минимальные и потери давления, и расход газа.

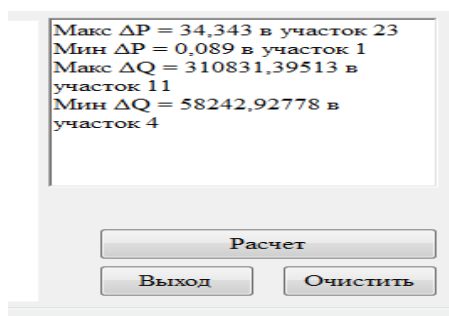


Рис 6. Определение максимального и минимального расхода и потери давления газа

В этом случае особого внимания требуют вопросы систематизации и алгоритмизации решения комплексных задач обеспечения по автоматизации расчетов трубопроводных сетей подземных и надземных коммуникаций городов. Это необходимо для разработки информационно-логической и структурной модели, произведена на основе изучения и анализа существующей методики проектирования, анализа функционирования и оперативного управления техническими системами.

## V. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Определение расхода газа на участках, диаметров труб, перепада давления, давления в узловых точках и направления потоков осуществляется в

процессе анализа гидравлических параметров существующих газопроводных сетей города, где в качестве исходной информации считаются генеральный план застройки города и проект размещения строительства на установленный период времени, комплексная схема районной планировки городской агломерации, основные исходные данные по численности и размещению населения города, материалы по эксплуатации городской газопроводной сети и схема существующих газопроводных сетей города.

Результаты, полученные при решении задачи анализа гидравлических параметров, будут исходными данными для последующих задач.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1] Алиев Т.И. Основы моделирования дискретных систем. Учебное пособие. Санкт-Петербург ИТМО, 2009. -173-175 с.
- [2] Ганиева Н., Ходжаев Ш. Вероятностно - статистическая оценка идентификации показателей функционирования составного газопровода. Узбекский журнал: Проблемы информатики и энергетики. – Ташкент, 2014/2. – (совместно. №1-2) – с.33-38.

- [3] *Ходжаев Т.Т., Ходжаев Ш.Т., Ганиева Н.А.* Исследование и оценка задачи структурной идентификации параметрической модели газораспределительной сети // Проблемы механики». – Ташкент, 2012. – № 3. – С.81-84.
- [4] *Дилигенская А.Н.* Идентификация объектов управления. Изд-во: Самарский государственный технический университет, Самара, 2009.-61-68 с.
- [5] *Колпакова Н. В.* Проектирование городских систем газоснабжения: учеб.-метод. пособие. — Екатеринбург : Изд-во Урал.ун-та, 2017. — 17-20 с.
- [6] СНиП 23-01-99. Строительная климатология. – М.: ЦИТП Госстроя России, 2000. – 136с.
- [7] *Ямалов И.* Моделирование процессов управления и принятия решений в условиях чрезвычайных ситуациях. Издательство «ЛитРес». -2021 с.17-20.
- [8] *Кассина Н.В. и др.* Математическое моделирование разветвленных гидравлических систем // Компьютерные исследования и моделирование. – 2009. – Т.1, №2. – С.173-179.
- [9] *J. Ruths, A. Zlotnik, and J.-S. Li.* Convergence of a pseudospectral method for optimal control of complex dynamical systems. In 50th IEEE Conf. on Decision and Control, pages 5553–5558. IEEE, 2011.
- [10] *Khuzhayorov B.Kh., Ganieva N.A., Khodzhaev T.T.* Research and assessment of the situation model of the performance indices analysis of gas supply network // International Journal of Mechanical and Production Engineering Research and Development. – 2020. – Vol. 10, Issue 3.–P.15485-15494.

Поступила в редакцию 29.03.2023

**Цитирование:** *Ганиева Н.А.* (2023). Концептуальные особенности формирования и формализации информационно-логической модели оценки структурных связей задач систем газоснабжения. *Международный Журнал Теоретических и Прикладных Вопросов Цифровых Технологий*, 2(4), –С. 34-42.

## CONCEPTUAL FEATURES OF THE FORMATION AND FORMALIZATION OF AN INFORMATION-LOGICAL MODEL FOR ASSESSING THE STRUCTURAL RELATIONSHIPS OF GAS SUPPLY SYSTEM TASKS

*Ganieva N.A.*<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Samarakand branch of Tashkent University of information technologies named after Muhammad al-Khwarizmi, Samarkand, Uzbekistan  
Nily-85@yandex.ru

**Abstract.** *The paper sets and solves the problem of assessing the conceptual features of the formation and formalization of an information-logical model of structural connections of gas supply systems tasks. In this regard, gas supply systems, as complex technical control systems, are caused by many factors that require an assessment of their conceptual features.*

**Keywords:** *Model, identification, management, gas distribution network, complex system, functioning, evaluation, process, modules.*

## GAZ TA'MINOTI TIZIMLARI VAZIFALARINING TARKIBIY ALOQALARINI BAHOLASHNING AXBOROT-MANTIQUIY MODELINI SHAKLLANTIRISH VA RASMIYLASHTIRISHNING KONSEPTUAL XUSUSIYATLARI

Ganiyeva N.A.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti  
Samarqand filiali, Samarqand, O'zbekiston  
Nily-85@yandex.ru

**Annotatsiya.** *Mazkur ishda gaz ta'minoti tizimlari vazifalarining tarkibiy aloqalarining axborot-mantiqiy modelini shakllantirish va rasmiylashtirishning konseptual xususiyatlarini baholash vazifasi qo'yilgan va yechimi topilgan. Shu nuqtai nazardan, gaz ta'minoti tizimlari, murakkab texnik boshqaruv tizimlari sifatida, ularning konseptual xususiyatlarini baholashni talab qiladigan ko'plab omillar bilan bog'liq.*

**Keywords:** *Model, identifikatsiya, boshqaruv, gaz taqsimlash tarmog'i, murakkab tizim, ishlash, baholash, jarayon, modullar.*