

Единичные векторы осей тензора  $\alpha$  равны

$$\vec{c}_{1,2} = \pm \sqrt{\frac{\alpha_1 - \alpha_2}{\alpha_1 - \alpha_3}} \vec{e}_1 + \sqrt{\frac{\alpha_2 - \alpha_3}{\alpha_1 - \alpha_3}} \vec{e}_3 = \pm \cos 70^\circ \vec{e}_1 + \cos 20^\circ \vec{e}_3.$$

Знаки «+» и «-» перед радикалом относятся к векторам  $\vec{c}_1$  и  $\vec{c}_2$  соответственно.

Плоскости, в которых тепловое расширение кристалла во всех направлениях одинаково, перпендикулярны векторам  $\vec{c}_1$  и  $\vec{c}_2$  осей тензора. На рисунке 1 следы сечений этих плоскостей координатной плоскостью  $\hat{X}_1 O \hat{X}_3$  изображены прямыми  $P_1$  и  $P_2$ .

### Литература

1 Шаскольская, М. П. Кристаллография : учебник для вузов / М. П. Шаскольская. – М.: Высшая школа, 1976. – 391 с.

УДК 681.3

*Е. В. Зайцев*

### ВЕРОЯТНОСТНАЯ ОЦЕНКА НАДЁЖНОСТИ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ ГАЗОСНАБЖЕНИЯ

*Описывается один из подходов к оценке надёжности схем резервирования в распределительных системах газоснабжения. Предлагается использовать программное обеспечение, позволяющее построить вероятностные модели схем резервирования и использовать их для оценки надёжности работы исследуемых объектов.*

#### Введение

Распределительные системы газоснабжения по ряду признаков можно отнести к классу многоэлементных сложных систем графовой структуры. Надёжность их функционирования во многом определяется надёжностью работы их элементов (оборудования, линий связи), которым при графической интерпретации соответствуют вершины графа или его рёбра. Элементы по-разному влияют на работу сети в целом и своевременное управление их состоянием позволяет организовать устойчивое функционирование всей исследуемой системы.

Такое управление может быть реализовано по циклической схеме, основным звеном которой является вероятностное моделирование, гарантирующее оперативное получение целой линейки результатов при изменении исходных данных моделирования. При этом любой из последовательных этапов схемы управления, включающих уточнение цели и условий проведения моделирования, корректировку модели, анализ полученных результатов, может повторяться до тех пор, пока не будет найдено лучшее решение, удовлетворяющее критерию поиска. Существенную роль при этом играет выбор инструмента, используемого при моделировании.

Имитационное моделирование, основанное на использовании метода Монте-Карло, при решении задач анализа надёжности сетевых структур в ряде случаев позволяет получить приближённые оценки результирующих вероятностных характеристик либо определить возможные границы надёжности исследуемых объектов [1].

Естественным подходом, эффективно применяемым при исследовании систем, является использование логико-вероятностных методов. Классический логико-вероятностный метод предназначен для исследования характеристик надёжности структурно-сложных систем, которые при описании не сводятся к последовательным, параллельным и древовидным структурам. При этом структура системы описывается средствами математической логики, а количественная оценка ее надёжности производится с помощью теории вероятностей. Известен ряд модификаций и расширений возможностей этого метода, целью которых является решение задач надёжности в различных предметных областях.

В статье излагается подход к анализу надёжности распределительных систем газоснабжения с использованием аппарата вероятностно-алгебраического моделирования. Универсальность подхода заключается в возможности его применения для расчёта характеристик надёжности различных схем резервирования участков исследуемых объектов [2].

**Описание объекта исследования.** Надёжность распределительных систем газоснабжения – это их свойство обеспечивать подачу газа заданных параметров всем присоединённым потребителям в течение расчетного времени при условии проведения необходимого обслуживания и ремонтов. Характерная черта распределительных систем газоснабжения – длительность действия, т. к. они существуют в городах до тех пор, пока не появится новый энергоноситель, способный заменить газ. Поэтому долговечность не характеризует надёжность системы, она характеризует лишь надёжность элементов, из которых состоит система. Другая отличительная особенность распределительных систем – их социальный характер. Они обслуживают не только промышленные объекты, в том числе производящие потребительские товары, но и обеспечивают нормальную жизнедеятельность людей. Социальный характер системы, в частности, в том, что при отказах подачи газа потребителям возникает не только экономический, но и моральный ущерб. Учесть его последствия не удастся, поэтому социальное значение отказов должно быть заложено в критерии, оценивающие надёжность распределительной системы газоснабжения. При этом следует исходить из того, что отказ системы влечёт непоправимые последствия. При оценке надёжности отказы газоснабжения считаются недопустимыми, но фактически они происходят. В последнем случае система переходит на аварийный гидравлический режим, подача газа потребителям сокращается, им подается лимитированный расход. Такой подход возможен ввиду того, что отказы относятся к случайным и редким событиям, а ремонты достаточно кратковременны. Следующей особенностью распределительных систем является ограниченная возможность резервирования. Газовые сети имеют ничтожно малую аккумулирующую способность, поэтому связь между подачей газа в сеть и его потреблением – жесткая. Следовательно, емкость газовой сети не может служить резервом для повышения надёжности системы. Рассредоточенность потребителей газа распределительных систем существенно ограничивает использование аварийных источников газа. Основными средствами резервирования служат кольцевание сетей и дублирование отдельных ее участков.

Для повышения надёжности используют следующие пути:

- повышение надёжности и качества элементов, из которых состоит система (когда возможности повышения качества элементов исчерпаны, идут по второму пути);
- путь резервирования, который позволяет построить систему с надёжностью выше надёжности элементов, из которых она состоит.

Состояние системы в любой момент определяется состоянием ее элементов. Если все элементы исправны, система исправна в целом. При определенной совокупности отказавших элементов система приходит в состояние отказа в целом. Распределительные системы газоснабжения характеризуются тем, что наряду с указанными крайними состояниями они могут находиться в промежуточных состояниях, обладать частичной

работоспособностью. Переход системы из одного состояния в другое связан с отказами или восстановлениями ее элементов. Этот процесс описывается вектором случайных состояний системы. Каждое состояние системы оценивается характеристикой качества функционирования, которая определяется технологическими задачами системы. Основная задача распределительной системы газоснабжения — обеспечить подачу потребителям расчетного расхода газа. Его и принимают за характеристику качества функционирования. Каждому состоянию системы ставят в соответствие долю расчетного расхода газа, которую может подать система от сети потребителям. Этот расход газа дает численную оценку степени выполнения задачи системой.

Надежность элементов характеризуется параметром потока отказов. После отказа элемент выключают из системы, ремонтируют (заменяют) и вновь включают в работу. Последовательность отказов элементов во времени и составляет поток отказов, который определяют экспериментально или из статистических данных повреждений, фиксируемых службами эксплуатации. Основными видами повреждений распределительных газопроводов являются механические, коррозионные и разрывы сварных швов. В расчетах учитывают только повреждения, требующие немедленного отключения участка, т. е. приводящие к внезапным отказам. Это обусловлено тем, что если ремонт поврежденного элемента возможно отложить, то его можно провести в удобное время при спаде нагрузки и ущерб будет или весьма малый или совсем отсутствовать. Резервирование газовых сетей кольцеванием или дублированием отдельных участков, т. е. структурное резервирование, учитывает вероятностный показатель надежности. При отключении отказавшего элемента возникает нерасчетный (аварийный режим), при котором близко расположенные к источнику питания потребители могут оказаться в конце пути газа. Для подачи им требуемого количества газа необходим транспортный резерв, который выражается в увеличенных по сравнению с расчетными значениями диаметрах газопроводов. Их определяют в результате расчета потокораспределения в газовой сети при наиболее неблагоприятных отказовых ситуациях (например, при отказе головного участка кольцевой сети).

Распределительные газовые сети проектируют в виде иерархических уровней: сетей высокого (среднего) давления и сетей низкого давления. Первые выполняют кольцевыми, резервированными с тупиковыми ответвлениями к потребителям. Необходимый резерв как структурный, так и транспортный определяют расчетом. Вторые на надежность не рассчитывают, но в схему сети и структуру диаметров закладывают принципы, обеспечивающие надежность ее функционирования. Схему сети низкого давления проектируют с кольцеванием основных газопроводов. Питают сеть от нескольких газорегуляторных пунктов (ГРП) и газорегуляторных установок (ГРУ), которые по низкой ступени давления объединяют газопроводами, выполняющими функции резервных связей.

Пример расчета надёжности схем резервирования участка системы газоснабжения.

Для автоматизации построения вероятностных моделей схем резервирования участков систем газоснабжения было разработано приложение-конструктор моделей с возможностью описания различных схем резервирования (холодное резервирование, горячее резервирование, схемы мажоритарной логики) для заданной структуры исследуемого объекта. Для решения данной задачи, был использован язык C# и платформа Windows Forms.

На рисунке 1 представлена типовая схема исследуемой сети газоснабжения, которая использовалась для тестирования программного обеспечения. На рисунке 2 представлен интерфейс программного обеспечения, включающий область задания параметров моделирования, и область интерпретации полученных результатов.

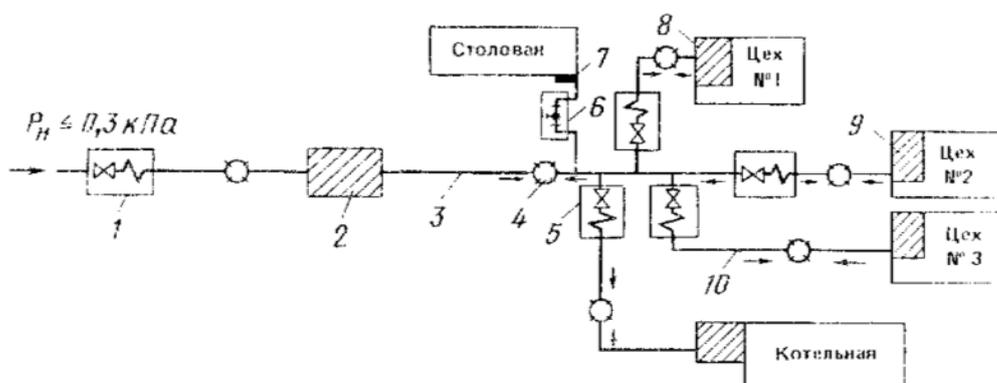


Рисунок 1 – Схема системы газоснабжения

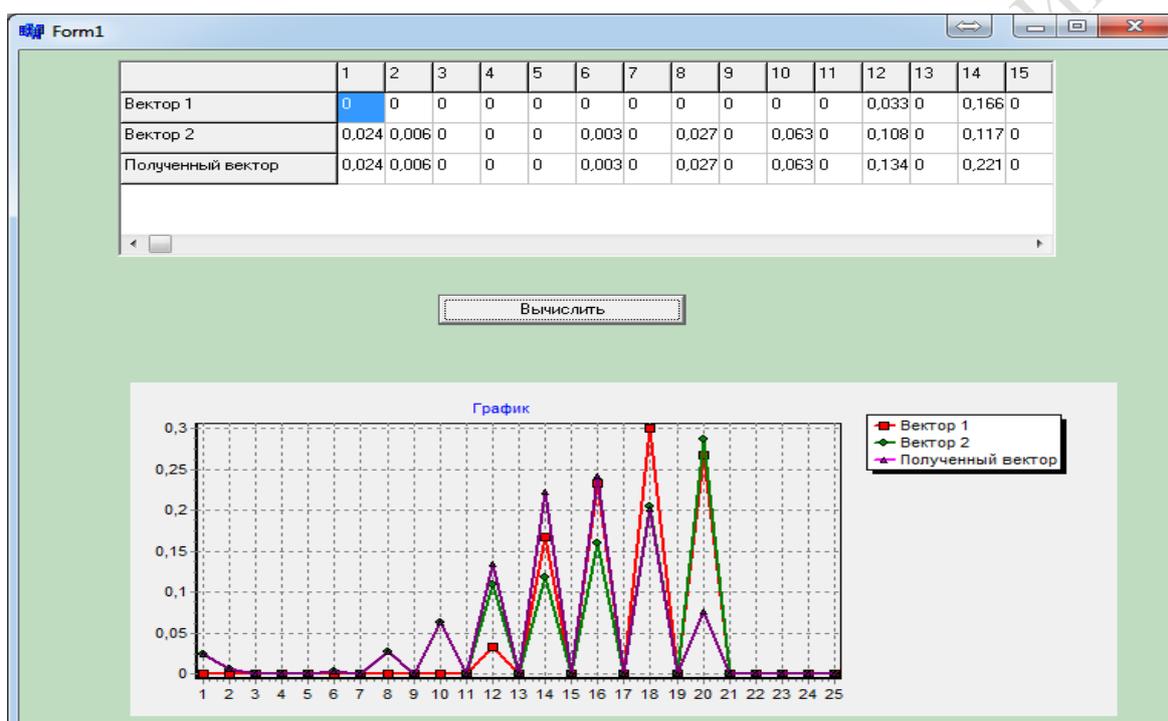


Рисунок 2 – Интерфейс программного обеспечения для построения и использования вероятностных моделей схем резервирования участков системы газоснабжения

## Заключение

Представленный в статье подход эффективен при оценке характеристик надёжности распределительных систем газоснабжения с целью повышения надёжности и безопасности организации всей системы. Его применение позволяет анализировать изменение надёжности организации газоснабжения в результате изменения параметров надёжности их элементов.

## Литература

1 Сукач, Е. И. О различных подходах к исследованию вероятностных характеристик надёжности информационно-вычислительных сетей / Е. И. Сукач, Е. И. Карасёва, Ю. В. Жердецкий, М. А. Бужан // Известия Гомельского государственного университета им. Ф. Скорины. – 2015. – 3(90). – С. 83–87.

2 Жердецкий, Ю. В. Способ формализации объектов графовой структуры с вероятностными параметрами функционирования / Е. И. Сукач, Д. В. Ратобылская, Ю. В. Жердецкий, Г. А. Мальцева // Известия Гомельского государственного университета им. Ф. Скорины. – 2012. – № 5(74). – С. 195–202.

УДК 37(571.1/.5)

*Т. В. Зайцева*

### **ОБОБЩЕНИЕ И СИСТЕМАТИЗАЦИЯ ЗНАНИЙ НА УРОКЕ ПО ТЕМЕ «ЛИНЗЫ. ФОКУСНОЕ РАССТОЯНИЕ И ОПТИЧЕСКАЯ СИЛА ЛИНЗЫ»**

*В статье представлены результаты изучения педагогической литературы по проблеме обобщения и систематизации знаний учащихся, а также описан опыт практической апробации ряда целевых приемов на уроке физики в восьмом классе по одной из тем раздела «Световые явления». Приведены примеры заданий, которые предлагались учащимся в соответствии со структурой урока, проведенного автором в ходе педагогической практики.*

В настоящее время высказывается много нареканий в отношении большинства школьных программ и методов обучения: слишком большой и постоянно растущий объём учебной информации, подлежащей освоению в условиях уменьшения отводимого для этого времени, преобладание традиционных методов организации образовательной деятельности, недостаточная её практическая направленность. Учащиеся, теряясь в обилии информации, не понимая, зачем нужно знать те или иные законы и понятия, и понадобятся ли они в жизни, теряют мотивацию к учебной деятельности, что обуславливает снижение её эффективности.

Для преодоления данной проблемы преподавателю необходимо глубоко разобраться в учебном материале и грамотно обобщить и систематизировать рассматриваемые понятия, мотивировать учащихся к целенаправленной систематизации знаний. Цель автора настоящей работы состояла в изучении сути, методов и приемов обобщения и систематизации знаний и практической апробации некоторых из них.

Использование систематизации не только способствует упорядочению знаний человека об объектах познания, но и служит источником новых знаний. Систематичность – это такое качество знаний, которое характеризуется в сознании ученика наличием логических связей между компонентами изучаемых явлений. В каждом разделе учебная информация систематизируется вокруг стержневых понятий [1].

Методологической основой систематизации знаний учащихся является системный подход, в рамках которого имеется возможность, с одной стороны, дать общее представление о процессе, явлении, объекте, а с другой стороны, – увидеть их компоненты, связи между ними, место данной системы в составе другой, более сложной [2].

Объективной *научной основой* систематизации знаний учащихся по физике являются особенности и данной науки и учебного предмета, отличающихся логической стройностью – как самого научного знания, так и процесса его становления. *Дидактической основой* систематизации знаний учащихся являются закономерности усвоения учащимися знаний и способов деятельности, отраженные в принципе систематичности и последовательности в обучении, а также в принципе системности. *Психологической основой* систематизации знаний учащихся является образование ассоциативных связей: локальных, частно-, внутри- и межсистемных. Соответственно выделяют несколько объектов систематизации знаний по физике: научные факты (явления, процессы);