

ного эксперимента, который предполагает создание виртуальной модели трубопроводной сети и имитацию процесса её эксплуатации. Для имитации используется генератор случайных чисел, который в зависимости от заданной интенсивности возникновения неисправностей случайным образом распределяет их во времени между различными конструктивными элементами сети. Тривиальные статистические методы позволяют вычислить случайное значение ФН системы при однократном проведении вычислительного эксперимента. Многократное повторение вычислительного эксперимента согласно закону больших чисел приводит к математическому ожиданию ФН системы [2]. Сравнение получаемого экспериментального результата с его расчётным аналогом позволяет определить степень адекватности модели.

Организованный и проведенный вычислительный эксперимент по проверке математической модели (5) полностью подтвердил её адекватность.

1.Ильин Ю.А. Надёжность водопроводных сооружений и оборудования. – М.: Стройиздат, 1985. – 240 с.

2.Вентцель Е.С. Теория вероятностей. – М.: Наука, 1969. – 576 с.

Получено 19.04.2010

УДК 658

А.Б.КОСТЕНКО, канд. физ.-матем. наук, А.В.ЛОБАН,

Н.И.САМОЙЛЕНКО, д-р техн. наук

Харьковская национальная академия городского хозяйства

ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПО ПРОВЕРКЕ АДЕКВАТНОСТИ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ ТРУБОПРОВОДНЫХ СИСТЕМ ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЯ

Рассматриваются вопросы построения вычислительного алгоритма по проверке адекватности метода аварийно-ремонтных зон и математических моделей, построенных с его помощью.

Розглядаються питання побудови обчислювального алгоритму з перевірки адекватності методу аварійно-ремонтних зон і математичних моделей, що побудовані з його допомогою.

In the given paper questions of calculation algorithm construction on check of adequacy of a method of zones of breakdown and repair (ZBR) and the mathematical models constructed with its help are considered.

Ключевые слова: метод АРЗ, функциональная надежность, запорная арматура, трубопроводная транспортная система (ТТС), адекватность математических моделей.

В настоящее время разработан метод [1], позволяющий теоретически рассчитать надежность поставки целевого продукта (ЦП) к по-

требителю путем разбиения трубопроводной транспортной сети (ТТС) на так называемые аварийно-ремонтные зоны (АРЗ). По сути своей они представляют фрагменты ТТС, которые могут быть изолированы от остальной части сети с помощью задвижек или запорных кранов. Такая изоляция позволяет не нарушать количество и качество поставляемого продукта потребителям, не принадлежащим к изолированной (например, в случае аварии или ремонта) АРЗ.

Эффективность метода (в дальнейшем – метода АРЗ) заключается в том, что его можно успешно применять как для существующих, так и для проектируемых ТТС. Отсюда следует необходимость проверки того, насколько достоверны и надежны результаты, которые показывает метод АРЗ. Таким образом, речь идет о проверке адекватности самого метода и тех расчетных моделей, которые получаются в результате его применения.

Существующие подходы к проблеме расчета надежности трубопровода освещаются в [2-4]. Анализ источников по данной тематике свидетельствует, что существующие методы расчёта надёжности трубопроводных сетей ориентированы на расчёт показателей, характеризующих их техническое состояние или точность гидравлического расчёта по доставке и распределению целевого продукта. Вопросы же функциональной надёжности трубопроводных сетей (т.е. надежности поставки продукта потребителю) или не рассматриваются вообще, или касаются только ее оценки [5]. При этом вопросы адекватности расчетных моделей функциональной надежности, как правило, не рассматриваются вовсе.

Целью работы является построение алгоритма, который позволяет провести вычислительный эксперимент по виртуальной эксплуатации трубопроводной системы, разбитой на АРЗ, и на этой основе проверить адекватность построения математической модели трубопроводной системы.

Проверку адекватности целесообразно основывать на статистических методах, которые позволяют непосредственно оценить тот или иной показатель системы. При этом вовсе не обязательно (а для проектируемых систем и невозможно) набирать необходимое количество статистических данных. Информационные и компьютерные технологии позволяют создавать виртуальные системы (так называемый машинный или компьютерный эксперимент) и осуществлять сбор виртуальных данных о поведении этих систем, практически не уступающих обычным статистическим данным. Более того, в виртуальных системах можно управлять масштабом времени и сжимать период эксплуатации системы до продолжительности работы программы, реализующей вир-

туальную эксплуатацию ТТС. При этом периоды эксплуатации реальных систем, измеряемые годами, заменяются виртуальными, которые измеряются секундами.

Проверка адекватности моделей для систем с разными структурами требует отдельного вычислительного эксперимента. Связано это с тем, что при различных структурах системы алгоритмы, определяющие зависимость поставки целевого продукта разным потребителям от очередного отказа в системе, также различны. Автоматическая или даже автоматизированная генерация программы, реализующей такой интеллектуальный алгоритм для произвольной системы, крайне сложна.

Вычислительный эксперимент имитирует во времени и пространстве эксплуатацию системы, для которой проверяется адекватность модели функциональной надёжности. Имитация заключается в организации с помощью генераторов случайных чисел аварийных ситуаций (отказов) на различных элементах трубопроводной системы в течение определённого периода времени T (обычно, 1 год, т.е. 365 дней) и подсчёте относительного времени бесперебойной поставки целевого продукта каждому потребителю системы.

Все отказы, возникающие в системе в течение периода времени T , в зависимости от структурного элемента трубопроводной сети делятся на:

- отказы трубопроводных участков;
- отказы запорной арматуры (завдвижек).

Каждый отказ в системе на трубопроводном участке характеризуется тремя параметрами:

- местом возникновения;
- случайным временем наступления отказа (значение на временной оси в интервале от 0 до величины T);
- временем ликвидации отказа.

Отказы делятся на группы в зависимости от времени их устранения, причем количество отказов определяется для каждой группы отдельно.

Для всех отказов на трубопроводных участках формируется двумерный массив, который для каждого отказа (отказы ранжированы по группам) определяет следующую информацию:

- место отказа (индекс места);
- время наступления отказа;
- время устранения отказа.

Для организации вычислительного эксперимента необходимо

знать количество отказов трубопроводных участков для каждой группы и параметры каждого отказа, т.е. уметь рассчитать (или получить иным образом) все элементы двумерного массива.

Весь формализм учета отказов трубопроводных участков применим для подготовки эксперимента в отношении отказов запорной арматуры. В итоге формируется двумерный массив отказов запорной арматуры, в котором отказы также разделены на группы, а каждый отказ характеризуется местом, временем наступления и временем устранения. Для проведения вычислительного эксперимента необходимо заполнить этот массив отказов.

Затем в массиве отказов на трубопроводных участках индекс места отказа в виде участка трубы преобразуется в индекс аварийно-ремонтной зоны, которой принадлежит этот участок трубы. Это позволяет включить формализм АРЗ и выяснить, существенно ли влияет конкретный отказ на определенного потребителя. С этой целью строится карта влияния отказов трубопроводных участков и карта влияния отказов запорной арматуры. Обе представляют собой двумерные массивы, в которых индексами служат номера потребителей и отказавших трубопроводных участков (или отказавшей запорной арматуры), а элементы принимают одно из трех значений: 0, если отказ не влияет на поставку; 1, если прерывает поставку и 2, если зависит от других АРЗ или задвижек. Таким образом, последовательный анализ всех отказов (трубопроводов и задвижек) по картам влияния позволяет при проведении вычислительного эксперимента исключить из расчета значительное число отказов, не влияющих на поставку целевого продукта конкретным потребителям.

По данным описанных выше массивов для каждого потребителя в отдельности строится временная диаграмма поставки целевого продукта с указанием всех прерываний поставки в течение расчётного периода времени T . В итоге разница между T и суммарным временем прерываний, поделенная на T и дает статистическую вероятность (функциональную надежность) бесперебойной поставки целевого продукта. Она и сравнивается с теоретической величиной функциональной надежности, рассчитанной для данной конфигурации трубопроводной сети, с целью проверки адекватности ее математической модели.

Проведение вычислительных экспериментов по проверке адекватности математических моделей, полученных методом АРЗ, убедительно подтверждает теоретическую состоятельность самого метода АРЗ и правомерность его использования для получения адекватных математических моделей функциональной надёжности для трубопро-

водных систем любой сложности.

1.Самойленко Н.И., Сенчук Т.С. Функциональная надёжность магистральных трубопроводных транспортных систем. – Харьков: НТМТ, ХНАГХ, 2009. – 276 с.

2.Ильин Ю.А. Надёжность водопроводных сооружений и оборудования. – М.: Стройиздат, 1985. – 240 с.

3.Коваленко И.Н. Исследования по анализу надежности сложных систем. – К.: Наук. думка, 1976. – 211 с.

4.Коваленко И.Н., Кузнецов И.Ю. Методы расчета высоконадежных систем. – М.: Радио и связь, 1988. – 176 с.

5.Петросов В.А. Управление региональными системами водоснабжения. – Харьков: Основа, 1999. – 320 с.

Получено 23.04.2010

УДК 656.02 : 338.47

И.А.ГАВРИЛЕНКО, Н.И.САМОЙЛЕНКО, д-р техн. наук
Харьковская национальная академия городского хозяйства

УПРОЩЕННЫЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ ПО ПРОВЕРКЕ АДЕКВАТНОСТИ МОДЕЛЕЙ УСТОЙЧИВОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ГОРОДСКИХ ТРУБОПРОВОДНЫХ СИСТЕМ

Рассматриваются вопросы устойчивости функционирования городских трубопроводных систем. Проведен упрощенный вычислительный эксперимент по проверке адекватности математических моделей устойчивости функционирования магистральных трубопроводных систем.

Розглядаються проблеми стійкості функціонування міських трубопровідних систем. Проведено спрощений обчислювальний експеримент з перевірки адекватності математичних моделей стійкості функціонування магістральних трубопровідних систем.

The article is devoted to the problems of stability of operation of municipal pipe-line networks. The simplified computing experiment concerning the test of adequacy of mathematical models of stability of operation of main pipe-line networks has been organized.

Ключевые слова: трубопроводная система, устойчивость функционирования, целевой продукт, магистральная трубопроводная сеть, функциональная надежность, вычислительный эксперимент.

Модели устойчивости функционирования городских трубопроводных систем, получаемые с помощью аналитического метода построения математических моделей для расчета вероятности бесперебойной поставки целевого продукта (ЦП) потребителям, должны быть проверены на адекватность. Доказательство адекватности моделей устойчивости функционирования трубопроводных систем подтверждает правомерность разработанного в [1] аналитического метода и свидетельствует о безошибочности проведения многоэтапной процедуры построения данных моделей. Проверка адекватности основывается на статистических методах, которые позволяют непосредственно оценить