

МҮМКҮН БОЛГОН КЫРСЫКТАРДЫ ТАЛДООНУ КОМПЬЮТЕРДИК МОДЕЛДӨӨ

Кененбаева Г.М.¹, Аскарлова Ч.Т.², Сейитбекова Н.У.²

¹д.ф.-м.н., профессор, gkenenbaeva@mail.ru

²ага окутуучу, askarovacholpon@mail.ru

³2 курсунун магистранты, ЭИТУ, Санариптик трансформация жана программалоо институту

Дренаж системасы заманбап адамдын жашоосунда чоң ролду ойнойт жана кыйла татаал механизм болуп саналат. Ошондуктан [1]де ушул системанын технологиялык схемасынын оптималдуу параметрлеринин маанилерин тандоо маселесин чыгаруунун методологиясы иштелип чыккан жана чечимдери сунушталган. Бирок, бул методологияны ишке ашыруу сезондук жана көп жылдык маалыматтардын алдын ала анализдөөнү талап кылат.

Бул макалада, системанын татаал схема менен берилиши каралат жана ал системанын абдан назик элементтери аныкталат, б.а. дренаждык системанын аялуу элементтери жана түйүндөрү аныкталат. Ал эми натыйжалары тобокелдик кырдаалды пайда болуу ыктымалдуулугун баалоодо колдонулушу мүмкүн.

Ачкыч сөздөр: дренаж системасы; татаал схема; элементтери; түйүндөрү; ыктымалдуулук; тобокелдик кырдаал; моделдөө; кырсыктар; талдоо; математикалык модель; факторлор; анализ.

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ АНАЛИЗА ВОЗМОЖНЫХ АВАРИЙ

Кененбаева Г.М.¹, Аскарлова Ч.Т.², Сейитбекова Н.У.²

¹д.ф.-м.н., профессор, gkenenbaeva@mail.ru, МУИТ

²старший преподаватель, askarovacholpon@mail.ru

³магистр 2 курса, МУИТ, Институт цифровой трансформации и программирования

Система водоотведения представляет собой довольно сложный механизм, играющий огромную роль в жизни современного человека. Водоотведение играет не меньшую роль в обеспечении необходимых условий проживания, нежели водоснабжение. Поэтому в [1] разработана и предлагается методология решения задачи выбора оптимальных значений параметров технологических схем водоочистки, однако, как признают сами авторы, реализация описанной в [1] методологии на практике требует предварительного анализа и обработки многолетних и сезонных данных по эффективности работы каждого сооружения при изменяющемся качестве исходной воды в стволе конкретного водозабора и на входе в станцию.

В данной статье задача рассматривается в дискретной постановке со сложной схемой и выявляются наиболее чувствительные элементы системы, т.е. определяются наиболее уязвимые элементы и узлы системы водоотведения. Полученные результаты могут послужить для оценки возможности наступления рискованной ситуации.

Ключевые слова: Система водоотведения; сложная схема; элементы; узлы; вероятность; рискованные ситуации; моделирование; аварии; обработки; математическая модель; факторы; анализ.

COMPUTER MODELLING OF ANALYSIS OF POSSIBLE ACCIDENTS

¹Kenenbaeva G.M., ² Askarova Ch.T. ³Seyitbekova N.U.

¹ Professor, gkenenbaeva@mail.ru

² Senior Lecturer, askarovacholpon@mail.ru

³ 2 year master, International University of Innovation Technologies, Institute of digital transformation and programming.

The drainage system is a rather complex mechanism that plays a huge role in the life of a modern person. Water disposal plays no less role in providing the necessary living conditions than water supply. Therefore, in [1], a methodology for solving the problem of choosing the optimal values of the parameters of technological schemes for water treatment, as the authors themselves admit, the implementation of the methodology described in this article, in practice requires preliminary analysis and processing of long-term and seasonal data on the performance of each structure with varying quality source water in the trunk of a specific water intake and at the entrance to the station.

In this article, the problem is considered in a discrete setting with a complex scheme and the most sensitive elements of the system are identified, i.e. the most vulnerable elements and nodes of the drainage system are determined. The results obtained can serve to assess the possibility of a risk situation.

Key words: *The drainage system; complex scheme; the elements; items nodes; probability; risk situations; modeling; Accidents processing; mathematical model; factors; analysis.*

1. Введение

В [1] как признают сами авторы, реализация описанной в этой статье методологии, на практике требует предварительного анализа и обработки многолетних и сезонных данных по эффективности работы каждого сооружения при изменяющемся качестве исходной воды в стволе конкретного водозабора и на входе в станцию.

В [2] база данных заполняется методом дистанционного зондирования. Однако дистанционное измерение позволяет получить лишь часть необходимой информации для изучения глобальных экономических процессов. Здесь рассматривается задача в дискретной постановке со сложной схемой. Базовые вероятности отказов элементов были получены на основании метода прямого опроса специалистов, непосредственно эксплуатирующих систему водоотведения. Поскольку система водоотведения представляет собой комплекс взаимосвязанных элементов и узлов, количество которых велико, необходимо определить и наиболее значимые элементы или узлы системы, надежность которых характеризует эффективную работу системы в целом. Требуется вычислить вероятности отказа системы водоотведения при воздействии различных факторов влияния. При этом следует учитывать, что факторы влияния могут воздействовать как отдельно, так и совместно.

Математическая модель отказов системы позволяет получить расчетные формулы для вычисления вероятностей отказов системы по известным вероятностям отказов элементов этой системы.

Для описания и анализа причин отказа системы применяется определения отказов и режимов работы элементов или узлов, т.е. соединений этих элементов.

Для решения поставленной задачи удобно применение компьютерного моделирования. Программная реализация метода на компьютере полностью автоматизирует анализ возможных аварий и расчет вероятностей отказа некоторых узлов и системы в целом.

В [3] предлагается общая методика решения задачи, где приводятся данные по наиболее значимым факторам влияния и элементам системы. В данной работе приводится методика расчетов вероятности отказов с максимальным количеством факторов влияния при их воздействии, как в отдельности, так и в совокупности на элементы и узлы системы. Таким образом, можно с большой степенью достоверности решать задачи по определению наиболее уязвимых элементов и узлов системы водоотведения. Полученные результаты могут послужить для оценки возможности наступления рискованной ситуации.

2. Техническая постановка и математическая модель задачи

Система водоотведения представляет собой комплекс взаимосвязанных элементов и их соединений. Воздействия фактора влияния « i » на элемент « j » системы водоотведения в виде числа характеризующего вероятность отказа работоспособности элемента системы или системы водоотведения в целом.

Рассматриваются следующие виды факторов I : [3].

1. Стихийные бедствия (землетрясения (природные катаклизмы))
2. Общественный и социальный фактор (контроль общества и влияние его на изменение экологии)
3. Временное воздействие (срок эксплуатации сооружений)
4. Нарушение условий эксплуатации: отсутствие квалифицированного обслуживающего персонала; не своевременный текущий и профилактический ремонт систем; не соблюдение технологического режима работы сооружений
5. Антропогенное воздействие (подразделяется на механическое, физическое, химическое, биологическое): воздействие на систему водоотведения оказываемое в процессе жизнедеятельности людей
6. Механическое воздействие – воздействие, непосредственно оказываемое на систему в результате ее эксплуатации

7. Климатические условия
8. Проведение СМР (отклонение от проектных документов, нарушение условий монтажа системы и т.д.)
9. Нарушение энергоснабжения (отказ системы по причине отсутствие электроэнергии)
10. Недостаточная квалификация обслуживающего персонала
11. Нарушение функционального режима работы (сооружение не в полной мере выполняет своих функций)
12. Превышение качественных и количественных показателей сточных вод поступающих на ОС

Даны:

1. N элементов системы k видов;
2. вероятность отказа каждого элемента при воздействии факторов;
3. схема их соединения, являющаяся композицией последовательных и параллельных соединений (логические формулы или схемы);
4. логическое выражение – условие сохранения работоспособности системы или (отрицание к нему) условие отказа системы.

Требуется вычисление вероятности отказа системы.

Рассматриваются варианты задач:

Каковы вероятности отказа работоспособности системы 1) при влиянии одного фактора на один элемент; 2) при влиянии одного фактора на два элемента и т.д.; 3) при влиянии двух факторов на один элемент и т.д.; 4) при влиянии трех факторов на элемент и т.д.?

Анализ надежности работы системы с учетом возможных режимов работы элементов и их соединений осуществляется путем формализованной записи логических связей (конъюнкций и дизъюнкций) указанных режимов. Вывод расчетных выражений основан на применении формулы полной вероятности.

Для построения математической модели введем следующие обозначения:

F_1, F_2, \dots, F_i – вероятности отказа элементов $1, 2, \dots, i$ при фиксированных факторах ;

T_1, T_2, \dots, T_i - вероятности сохранения работоспособности таких же элементов.

На основании принятых обозначений математическую модель можно записать в следующем виде.

При последовательном соединении элементов 1 и 2 (конъюнкция случайных событий):

$$T_{12} = T_1 * T_2, \quad (1)$$

$$T_1 = 1 - F_1, T_2 = 1 - F_2, F_{12} = 1 - T_{12} = F_1 + F_2 - F_1 * F_2 \quad \text{или} \\ P(F_1, F_2) = F_1 + F_2 - F_1 * F_2. \quad (2)$$

При параллельном соединении (дизъюнкция случайных событий):

$$T_{12} = 1 - P(T_1, T_2) \quad \text{или} \quad (3)$$

$$F_{12} = F_1 * F_2 \quad \text{или} \\ P_1(F_1, F_2) = F_1 * F_2. \quad (4)$$

Для вычисления вероятности отказа системы используются формулы (2) и (4), а для вычисления вероятности на сохранение работоспособности системы используются формулы (1) и (3) соответственно.

Далее однофакторный анализ проводится по каждому элементу с шагом $h = 0.1$ и по этим результатам выявляются наиболее чувствительные элементы.

Определение. Наиболее чувствительными являются те элементы, полный отказ которых при воздействии некоторого фактора дают полный отказ системы.

Далее двухфакторный анализ проводится по двум основным элементам варьированием с шагом $h = 0.1$. По этим результатам можно проанализировать следующим образом:

Когда первый элемент дает полный отказ, а второй элемент полностью работает, т. е. $a^1_j = 1, a^2_j = 0$, и при этом система выдает полный отказ, то фактор воздействия будет "обязательным", а если при этих же условиях система полностью работает, то фактор воздействия будет "необязательным". Если оба элемента дают полный отказ, т. е. $a^1_j = 1, a^2_j = 1$, при воздействии данного фактора, при этом система работает частично, либо близка к 100% -ному отказу, то нужно принимать превентивные мероприятия по повышению надежности работы этого элемента.

Также для решения 3) и 4) вариантов задач предлагается следующая:

Гипотеза. Фактор либо выводит из строя элемент, либо не влияет на действие другого фактора.

Тогда можно записать:

Если количество факторов, воздействующих одновременно – 2:

$$F = 1 - (1 - F_1)(1 - F_2); \quad (5)$$

Если количество факторов – 3:

$$F = 1 - (1 - F_1)(1 - F_2)(1 - F_3); \quad (6)$$

Если количество факторов – n :

$$F = 1 - (1 - F_1)(1 - F_2)(1 - F_3) \dots (1 - F_n), \quad (7)$$

3.Методика решения задачи и алгоритмы

Предлагается следующая методика:

1. Если данная система сложная, то произвести ее декомпозицию. Используя формулы (2), (4) и условия задачи последовательно составить расчетные формулы для каждой подсистемы, а далее - расчетные формулы соединения подсистем между собой.

2. С помощью компьютерного моделирования получить вероятность отказа всей работы системы водоотведения в зависимости от различных факторов влияния.

3. Вариацией одного из переменных, получить вероятность отказа всей системы от полной надежности до полного отключения элемента; Произвести однофакторный анализ, т. е. варьировать одну из переменных с шагом, например $h=0.1$. Здесь выбирается номер фактора и номер одного элемента системы.

4. Вариацией двух из переменных, получить вероятность отказа всей системы от полной надежности до полного отключения двух элементов; По основным элементам произвести двухфакторный анализ, т. е. варьировать два из переменных с шагом 0.1 . Здесь выбирается номер фактора и номера двух элементов системы.

5. Выбрать соответствующий номер индикатора IPN ($IPN = 2$, по алгоритму 1), указывающий количество факторов, воздействующих одновременно. Используя формулы (5) – (7) получить вероятность отказа всей работы системы водоотведения.

Для алгоритма вычислений вероятности отказа системы удобнее брать следующую индикаторную функцию:

$$IP = \begin{cases} 0, & \text{вычисляется вероятность отказа системы;} \\ 1, & \text{производится однофакторный анализ;} \\ 2, & \text{производится двухфакторный анализ.} \end{cases} \quad (8)$$

АЛГОРИТМ 1. По заданным исходным данным: номеру фактора I , номеру элемента J , значениям a_{ij} (вероятности отказов элементов), индикаторному числу $IPN=IP$, количеству факторов kol

- a) Задается значение IPN от 1 до 2.
- b) Если $IPN=1$, то переход к АЛГОРИТМУ 2, иначе
- c) Задается количество факторов kol от 2 до 12.
- d) Вводится номера факторов: если $kol=2$, то вводится 2 номера фактора и номера запоминаются.
- e) Производится вычисление по формуле (7) и формируется новая таблица значений и переход к АЛГОРИТМУ 2 со значением $IP = 0$.

АЛГОРИТМ 2. По заданным исходным данным: номеру фактора I , номеру элемента J , значениям a_{ij} (вероятности отказов элементов), индикаторному числу IP , шагу h

а) Полагаем $IP=0, I=1$.

б) Увеличиваем I на единицу и вычисляем вероятности отказа всей системы по расчетным формулам (2), (4) или (5), (6) и ВЫХОД к п. к).

в) Если $IP=1$, то вводим номер фактора I и фиксируем номер элемента J .

г) Полагаем $a_{ij}=0$.

д) Вычисляем: $a_{ij}=a_{ij}+h$, и с каждым новым a_{ij} вычисляем вероятность отказа всей системы от полной надежности до полного отказа элемента J , (т. е. a_{ij} принимает значение от 0 до 1, согласно таблице) и ВЫХОД к п. к).

е) Если $IP=2$, то вводим номер фактора I и фиксируем номера первого элемента J_1 и второго элемента J_2 (т. е. вариация двух переменных).

ж) Полагаем $a^l_{ij}=0$.

з) Вычисляем $a^l_{ij}=a^l_{ij}+h$ и для этого значения a^l_{i0} , начиная с $a^2_0=0$ с шагом h по a_0 вычисляем вероятность отказа всей системы от полной надежности до полного отказа элементов J_1 и J_2 , и ВЫХОД к п. к).

к) ВЫХОД с результатом - вероятностью отказа.

Алгоритм реализован на языке программирования в среде Delphi [4].

ИСТОЧНИКИ:

1. **Журба Н. Г., Говоров Ж. М. и др.** Оптимизация комплекса технологических процессов водоочистки // «Водоснабжение и санитарная техника», Москва: ООО Водоснабжение и санитарная техника, 2001, № 5. -С. 5-8.

2. **Султангазин У. М.** Создание космического мониторинга и информационной базы данных для решения сельскохозяйственных и экологических задач // Вестник КГНУ: Серия 3. Естественно-технические науки. – Вып.6. –Бишкек: КГНУ, 2001. –С.8-10.

3. **Иманбеков С.Т., Кененбаева Г.М., Хромов А.С., Пугачев В.П., Балаева О.Ю., Пастухова И.С.** Анализ возможных аварий в системах водоотведения на основании вычисления вероятностей отказа // Мат-лы научно-практ. семинара «Особенности прогнозирования и строительства горных поселков в Кыргызской

Республике с учетом региональных природно-климатических условий», Бишкек, 19.04.2002г. - Бишкек: Илим, 2002. –С.159-167.

4. **Хофман В. Д, Хомоненко А. Д.** *Delphi 5 - наиболее полное руководство.* – ФПб.: БХВ - Санкт-Петербург, 1999. – 789 с.

5. **Поршнев, С.В.** *Компьютерное моделирование физических систем с использованием пакета MathCAD: Учебное пособие / С.В. Поршнев.* - М.: Горячая линия - Телеком, 2015. - 320 с.

6. **Сосновилов, Г.К.** *Компьютерное моделирование. Практикум по имитационному моделированию в среде GPSS World: Учебное пособие / Г.К. Сосновилов, Л.А. Воробейчиков.* - М.: Форум, 2016. - 320 с.

7. **Тимофеев, В.Б.** *Компьютерное моделирование физических процессов в пакете MATLAB: Учебное пособие / В.Б. Тимофеев.* - СПб.: Лань КИТ, 2015. - 736 с.

8. **Федоров, С.Е.** *Компьютерное моделирование и исследование систем автоматического управления: учебно-методическое пособие для вузов / С.Е. Федоров.* - М.: Русайнс, 2018. - 256 с.

9. **Овечкин, Г.В.** *Компьютерное моделирование: Учебник / Г.В. Овечкин.* - М.: Academia, 2017. - 368 с.

10. **Орлова, И.В.** *Экономико-математические методы и модели: компьютерное моделирование: Учебное пособие / И.В. Орлова, В.А. Половников.* - М.: Вузовский учебник, 2017. - 344 с.