

УДК 681.5

ОБОСНОВАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СОСТОЯНИЕМ ОБЪЕКТОВ ЗАХОРОНЕНИЯ ОТХОДОВ

Клюкин А.А.

Филиал ФГБОУ ВПО «Российский государственный университет туризма и сервиса», Пермь, Россия (614000, г. Пермь, ул. Орджоникидзе, 12), e-mail: kaa@pstu.ru

Обоснована автоматизированная система управления состоянием объектов захоронения отходов – полигонов ТБО. В процессе теоретических исследований, математического и имитационного моделирования разработанных методов и логико-вероятностного анализа процессов, протекающих на объектах захоронения отходов, предложена АСУ для их безопасного функционирования. Для моделирования процессов на ОЗО предложена пространственно-распределенная модель. Рассматриваются три группы процессов, интеграция которых приводит к различным состояниям полигона ТБО – безопасному, опасному, аварийному, критическому. Для перехода к вероятностной оценке событий на ОЗО предложен авторский подход к модификации логико-вероятностного метода Рябинина И.А. Получаемое логическое описание сценарной модели рассматривается как описание объекта управления. Предлагается формальный метод декомпозиции частично определенного автомата (АСУ ОЗО) на искомую управляющую систему (УС) и фиксированный подавтомат МП. Автоматизированная система управления состоянием ОЗО реализована в авторском программно-аппаратном комплексе «Радар-3».

Ключевые слова: ТБО, АСУ, полигон ТБО.

SUBSTANTIATION OF THE AUTOMATED SYSTEM MANAGEMENTS OF A SANITARY LANDFILL MUNICIPAL SOLID WASTE

Kljukin A.A.

Branch Russian state university of tourism and service in Perm, Perm, Russia (614000, Perm, street Ordgonikidze, 12), e-mail: kaa@pstu.ru

The automated control system of a condition of sanitary landfill municipal solid waste is proved. During theoretical researches, mathematical and imitating modelling of the developed methods and logic the probability of the analysis of the processes proceeding on landfill municipal MSW, is realized by the management information system for their safe functioning. For modelling processes on landfill municipal MSW the model is offered spatially - distributed. It is considered three groups of processes which integration results in various conditions of range TBO - safe, dangerous, emergency, critical. For transition to probability on landfill municipal MSW the author's approach to updating logic probability of a method of Ryabinin I.A. The resulting logical description of the scenario model is regarded as a description of the control object. The logic probability model of landfill MSW is considered as object of management. The formal method of decomposition of in part certain automatic device ASU landfill MSW on required managing system and fixed under the automatic device of landfill MSW is offered. The automated control system of a condition on landfill MSW is realized in author's program hardware complex "Radar - 3".

Key words: MSW, ASU, sanitary landfill municipal solid waste.

Введение

В настоящее время в экономически развитых странах возрастает потребление ресурсов. Неизбежно увеличивается и объем образующихся отходов. Основная масса отходов до 97% в мире утилизируется на объектах захоронения твердых бытовых отходов (ТБО) – свалках и реже на полигонах ТБО, представляющих собой неуправляемые техногенные объекты захоронения отходов (ОЗО), которые вследствие неуправляемости нередко становятся зонами экологического бедствия. Создание прогнозных моделей по развитию аварийных

ситуаций на ОЗО затруднено вследствие отсутствия научно обоснованных методик и большой трудности создания подобных моделей из-за неопределенного морфологического состава массива отходов, большого разнообразия протекающих в нем физико-химических процессов, неоднородности и нестационарности объекта моделирования.

Цель исследования – разработка автоматизированной системы управления состоянием объекта захоронения отходов на основе оценки рисков как количественной меры, описывающей методами логико-вероятностного анализа процессы, протекающие на полигонах и свалках ТБО.

Методы исследования основаны на теории конечных автоматов, теории множеств, теории булевых функций, теории алгоритмов, теории вероятности.

Результаты исследования и их обсуждение

Анализ научных исследований показал, что в настоящее время принятие и реализация управленческих решений в сфере обеспечения экологической безопасности на ОЗО основывается в основном на эмпирических рекомендациях. В связи с этим приведена классификация основных состояний, возникающих на ОЗО, существенных с точки зрения возможности автоматизированного управления этими состояниями, на основе проведенного широкого литературного обзора. Несмотря на достаточно широкие исследования, в настоящее время отсутствует методика прогноза состояния ОЗО и оценки рисков возникновения аварийных состояний на данных объектах. В связи с этим рассмотрены вопросы выбора способа, позволяющего моделировать риски аварийных ситуаций на полигоне ТБО, рассматриваемого как «серый ящик» – системы, имеющей входы, выходы, с известной структурой, но неизвестными количественными внутренними связями [1].

Для моделирования процессов на ОЗО используется пространственно-распределенная модель, причем выяснение параметров этой модели может быть только пассивным, т.к. активное воздействие на входы, использующееся в таких методах как «черный ящик», не применимо из-за возможности возникновения аварийной ситуации на реальном полигоне. Для каждой точки ОЗО рассматриваются три группы процессов, интеграция которых приводит к различным состояниям полигона ТБО – безопасному, опасному, аварийному, критическому (рисунок 1) в зависимости от совокупности событий.

Традиционный подход к математическому моделированию подобных объектов включает следующие этапы: *системный анализ; составление модели; вычислительный эксперимент*. Это требует детальных знаний о процессах, протекающих в массиве полигона ТБО (на ОЗО) на протяжении всего его жизненного цикла.

Для перехода к вероятностной оценке событий на ОЗО, т.е. оценке рисков аварийных ситуаций, в данной работе предложен авторский подход [1] к модификации логико-

вероятностного метода Рябинина И.А. [4], который использует: *алгебру логики, аппарат теории вероятности.*

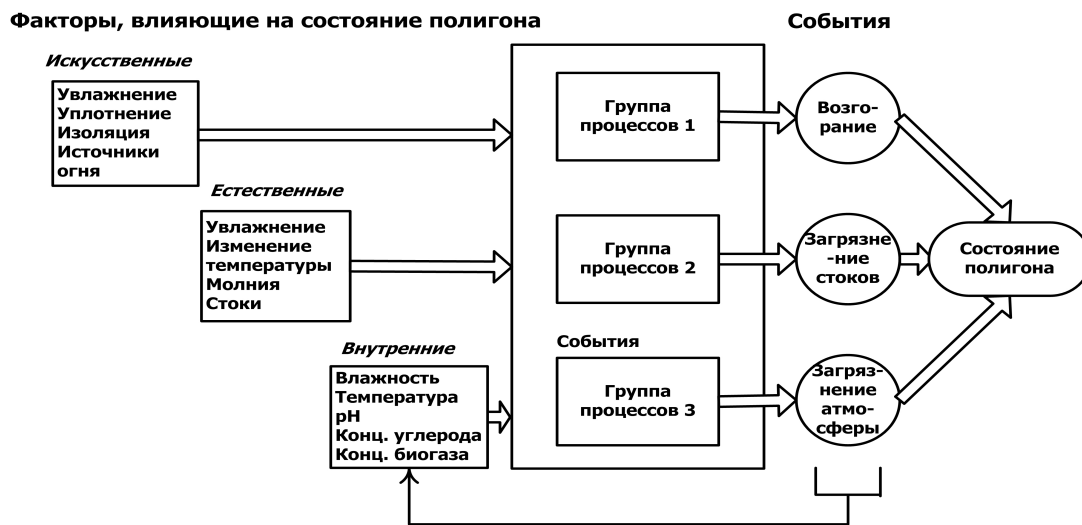


Рисунок 1. Процессная модель полигона ТБО.

При этом рассматриваются следующие события.

Иницирующие факторы (ИФ) $z_1 \dots z_n$, описывают внешние искусственные и естественные воздействия на систему: увлажнение полигона ТБО (ОЗО), уплотнение отходов, изменение режима дегазации или вентиляции в массиве отходов, изменение температурного режима окружающей среды и т.д.

Внутренние факторы (ВФ) $q_1 \dots q_m$ описывают изменение отдельных параметров внутреннего состояния, зависящее от процессов, протекающих внутри полигона ТБО: кислотность, влажность, содержание и концентрация газов, температура.

Конечные события (КС) $y_1 \dots y_k$ являются логической комбинацией нескольких событий (иницирующих и/или внутренних) с возможной инверсией.

Анализ по предложенной методике включает в себя следующие этапы.

1. Составление сценария развития аварийной ситуации.
2. Вычисление функции опасности $y_j(z_1 \dots z_n, q_1 \dots q_m)$ j -го состояния (её аргументами являются ИФ и ВФ, а значением – конечное событие).
3. Приведение функции опасности к конъюнктивной форме.
4. Замена функции опасности y_j вероятностной функцией P_j и вычисление значения

определяется $\Psi_j(y_j)$ формулой:
$$\Psi_j(y_j) = P_j\{y_j(z_1 \dots z_n, q_1 \dots q_m)\}. \quad (1)$$

Для упрощения преобразования логических выражений функции опасности $y(z_1 \dots z_n, q_1 \dots q_m)$ предложено использование авторского аппарата обобщенных таблиц состояний (ОТС), который позволяет к тому же в одной таблице разместить сразу все функции опасности $y_1 \dots y_k$. [1; 2].

Для получения сценарной модели разных событий используются различные методы.

Так, например, для события «Возгорание» используется классический метод Рябинина И.А., заключающийся в описании взаимосвязи от конечного события к иницирующим факторам. Для событий «Повышение выделения биогаза» и «Загрязнение стоков» используется авторский метод преобразования от эмпирического математического моделирования к логическо-сценарной модели.

Для дальнейших вычислений каждая функция опасности y_j должна быть представлена в простой конъюнктивной форме, чтобы вероятности различных состояний или событий не поглотили друг друга. Для этого удобно использовать полученную ОТС по следующему правилу:

– y_j равна инверсии конъюнкций, каждая из которых получена из тех строк ОТС, где для конкретной функции опасности $y_j = 1$, путем инверсии конъюнкций тех входных переменных, которые в данной строке равны 1.

Следующий этап анализа – замена функции опасности y_j вероятностной функцией и вычисление $\Psi(y_j): P\{y_j(z_1 \dots z_n, q_1 \dots q_m)\}$ определяется из y_j следующим образом:

$$z_i \text{ заменяется на } P\{z_i = 1\} = R_i;$$

$$\bar{z}_j \text{ заменяется на } P\{\bar{z}_j = 1\} = Q_j = 1 - R_j,$$

где R_i – вероятность наступления i -го ИС или ВС. Аналогично заменяются q_k .

$$\Psi(y_j) = P\{y_j(z_1 \dots z_n, q_1 \dots q_m)\} \quad (2)$$

Из полученной математической модели следует:

1) при вычислении $\Psi(y_j) = P\{y_j(z_1 \dots z_n, q_1 \dots q_m)\}$ получается количественная оценка риска возникновения j -й аварийной ситуации;

2) сравнительный анализ величины сомножителей, составляющих $\Psi(y_j)$, определяет иницирующие или внутренние события, вносящие максимальный вклад в увеличение риска конкретной аварийной ситуации, т.е. позволяет выделять «слабое звено» техногенной системы в конкретных условиях;

3) изменение условий функционирования системы позволяет определить меры, приводящие к снижению рисков;

4) вычисление рисков ранжирует их и позволяет оценить общий риск возникновения аварийной ситуации как

$$\Psi = 1 - \prod_{j=1}^k (1 - \Psi_j(y_j)). \quad (3)$$

На следующем этапе исследования рассматривалась возможность создания системы управления рисками возникновения аварийных ситуаций на полигоне ТБО. Такая система может быть только автоматизированной, поскольку для принятия решения на основе вероятностной оценки необходимо лицо, принимающее решение (ЛПР). Полученная логико-вероятностная модель ОЗО (полигона ТБО) позволяет оценить возможность построения системы управления рисками. Для решения этой задачи логико-вероятностная модель полигона (МП) рассматривается как объект управления. Если при заданных условиях, а это – нулевые вероятности аварийных событий – можно синтезировать управляющую систему (УС), то возможно: снижение рассматриваемых рисков; построение автоматизированной системы управления состоянием ОЗО (АСУ ОЗО).

Предлагается формальный метод декомпозиции частично определенного автомата (АСУ ОЗО), приведенной в виде схемы на рисунке 2, на искомую управляющую систему (УС) и фиксированный подавтомат модели полигона (МП) путем получения обратного описания с сохранением всего множества автоматов, определяемых этим описанием, до последнего этапа декомпозиции.

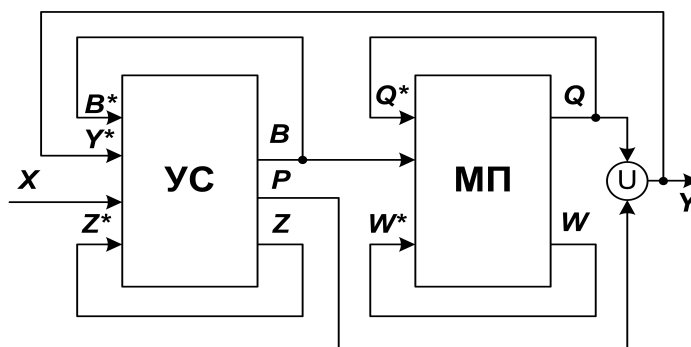


Рисунок 2. Декомпозиция АСУ ОЗО.

Предлагаемый метод [3] базируется на оригинальном математическом аппарате [2] преобразования обобщенных таблиц состояний. В наиболее общем виде конечный автомат, реализующий функции управляющей системы (УС), можно рассматривать как композицию трех составных частей (рисунок 2): собственно управляющей части, выходом которой являются управляющие воздействия на МП (B); части, моделирующей недоступные наблюдению выходы W МП, выходами которой являются сигналы Z , и третьей части,

синтезирующей выходные сигналы P , поступающие непосредственно на выходы АСУ ОЗО, минуя объект управления – МП.

Часть управляющей системы, формирующей непосредственно выходные сигналы P , может быть получена из описания АСУ ОЗО операцией разделения ОТС [2] всей системы $X.Y^*:Y$ по выходам:

$$X.Y^*:P = X.Q^*.P^*:P \quad (4)$$

Моделирующая часть УС получается при разделении по выходам ОТС_{мп}, имеющей вид

$$B.Y^*_{мп} : Y_{мп} \dots$$

$$B.Y^*_{мп} : Y_{мп} = \{ B.Y^*_{мп} : W, B.Y^*_{он} : Q \}. \quad (5)$$

Часть УС, моделирующая ненаблюдаемые выходы УС, полностью описывается ОТС вида $B.Y^*_{мп} : W$, откуда с учетом, что $Y_{мп} = Q.W$ и $Z = W$, получаем:

$$B.Y^*_{мп} : W = B.Q^*.W^*:W = B.Q^*.Z^*:Z. \quad (6)$$

Полное описание управляющей системы составляется из (4), (5), (6):

$$\{ X.Q^*.P^*:P, B.Q^*.W^*:W, X.W^*.Q^*.P:B \}. \quad (7)$$

Поскольку для получения управляющей части УС использовалось обратно-сопряженное описание, которое в общем случае задает некоторое множество автоматов, то и описание (7) также задает в общем случае множество автоматов, удовлетворяющих исходным условиям. Для получения единственного описания управляющей системы необходимо произвести выбор по заданным критериям оптимальности из определяемого с помощью (7) множества автоматов [2].

Если в результате синтеза получился не пустой непротиворечивый управляющий автомат, то это означает возможность управления состоянием ОЗО. Описание управляющей системы может быть использовано для построения автоматизированной системы управления состоянием ОЗО напрямую, или, используя известные алгоритмы преобразования, можно перейти к другим способам описания управляющего автомата, необходимого для конкретной реализации.

Автоматизированная система управления состоянием на ОЗО реализована в программном аппаратном комплексе распределенной информационной системы мониторинга «Радар-3» (свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № 2008616049) [5]. Такая автоматизированная система управления рисками (рисунок 3) включает в себя подсистемы сбора информации на объектах – полигонах ТБО, подсистему обработки информации и оператора, принимающего решения в аварийных и чрезвычайных ситуациях. Информационная система мониторинга «Радар-3» состоит из пульта управления (ПУ) и

соединенного с ним по различным каналам связи периферийного объектового оборудования (ПОО), к которому подключаются датчики сбора информации. Пульт управления реализован в виде модульного программного комплекса, работающего под управлением операционной системы MS Windows XP (7 или 2008 server), использующего для хранения информации СУБД MySQL, что позволяет при необходимости произвольно масштабировать управляющую структуру и распределять различные функции ПУ по нескольким разным рабочим местам.

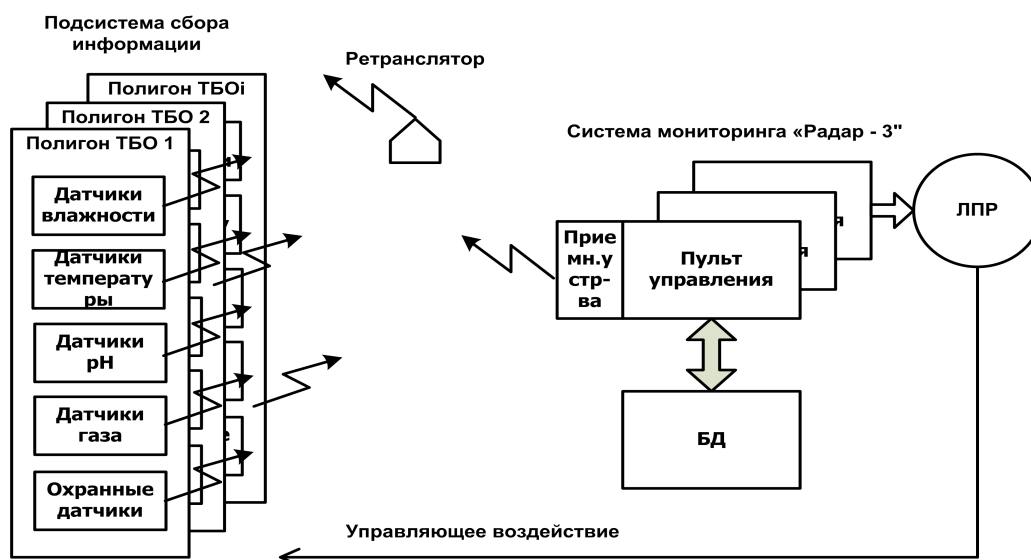


Рисунок 3. Автоматизированная система управления состоянием объектов захоронения отходов.

К пульту управления подключаются приемные устройства различных каналов связи, используемых для получения информации с объектов. В качестве каналов связи могут использоваться: радиоканал, GSM, телефонная сеть и другие, доступные в каждом конкретном случае, что позволяет иметь один пульт управления для обслуживания от нескольких десятков до сотен полигонов ТБО, находящихся на удалении от ПУ. Расстояние до объектов может быть увеличено, например, за счет использования ретрансляторов, также входящих в состав системы мониторинга «Радар-3».

Разработанная АСУ ОЗО направлена на прогнозирование изменений функции опасности и предупреждение возникновения критических событий.

Заключение

В работе решена актуальная научная задача, заключающаяся в разработке автоматизированной системы управления состоянием объектов захоронения отходов, и получены следующие основные результаты.

1. Выявлены взаимосвязи исходных и внутренних факторов, влияющих на состояние ОЗО, что позволило разработать сценарные модели развития аварийных ситуаций,

использующиеся для оценки текущего состояния и прогноза развития аварийных ситуаций в программно-аппаратных комплексах.

2. Обоснована процессная модель состояния ОЗО на основе моделей возникновения аварийных ситуаций на объектах захоронения отходов, преимуществом которой является минимальный начальный объем информации о параметрах объекта захоронения отходов.

3. Разработан авторский метод преобразования сценарной модели в информационно-логическую модель управления рисками на полигоне ТБО, применимых как для логических, так и аналитических описаний сценариев, что позволило совместно использовать как вероятностный, так и классический математический аппараты моделирования с целью управления состоянием объекта захоронения отходов.

4. Разработана автоматизированная система управления состоянием полигона захоронения отходов с использованием авторской разработки – системы мониторинга «Радар-3», направленная на снижение рисков опасных ситуаций на ОЗО.

Список литературы

1. Клюкин А.А. Логико-вероятностное моделирование аварийных ситуаций в сложных системах : сб. науч. тр. / филиал «РГУТиС» в г. Перми. – Пермь : Полиграф Сити. – 2011. – С. 19–21.

2. Викентьев Л.Ф., Клюкин А.А. Операции над автоматами, заданными обобщенными таблицами состояния // Обработка информации в вычислительных и управляющих системах : материалы конф. – Пермь : Перм. гос. техн. ун-т, 1990. – С. 130–140.

3. Викентьев Л.Ф., Клюкин А.А. Декомпозиция системы логического управления : сб. науч. тр. / Перм. гос. техн. ун-т. – Пермь, 2007. – С. 130–137.

4. Рябинин И.А. Надежность и безопасность структурно-сложных систем. – СПб. : Политехника, 2000.

5. Клюкин А.А. [и др.]. Программа мониторинга «Радар-3». Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2008616049. – М. : ФИПС, 2008.

Рецензенты:

Середа Т.Г., д.т.н., профессор кафедры безопасности жизнедеятельности ФГБОУ ВПО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», г. Пермь.

Костарев С.Н., д.т.н., зав. кафедрой менеджмента и прикладных информационных технологий Филиала ФГБОУ ВПО «Российский государственный университет туризма и сервиса» в г. Перми, г. Пермь.