

## НАУКИ О ЗЕМЛЕ

УДК 502.656

В. А. Алексеев, доктор технических наук, профессор;  
В. П. Усольцев, кандидат технических наук, ведущий инженер-электроник  
С. И. Юран, доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник  
Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова

ОБОБЩЕННАЯ ВЕРОЯТНОСТНАЯ МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПОСТУПЛЕНИЯ  
СТОЧНЫХ ВОД НА ОЧИСТНЫЕ СООРУЖЕНИЯ ПРИ ЗАЛПОВЫХ СБРОСАХ

*Исследована обобщенная вероятностная математическая модель поступления сточных вод предприятий на очистные сооружения, предназначенная для эффективного прогнозирования поступления залповых сбросов. Доказана необходимость учета вероятностно-временных характеристик потока появления сбросов, времени протекания загрязнений, возникающая при выборе периодичности контроля, количества контролируемых параметров, оптимизации технологических режимов, изменения мощности очистных сооружений, а также при разработке и настройке контролирующей аппаратуры.*

**Ключевые слова:** аварийный выброс загрязняющих веществ, вероятностно-временные характеристики потока появления сбросов, моделирование, мониторинг, сточные воды

Основным источником загрязнения объектов окружающей среды, в том числе поверхностных пресных и морских вод, подземных водоносных горизонтов, питьевой воды и почвы являются сточные воды. Барьерные функции между источниками загрязнения и водоемами выполняют очистные сооружения. Они обеспечивают заданную эффективность очистки поступающих сточных вод всех видов.

При обнаружении перегрузки очистных сооружений из-за изменения состава сточных вод, подключения новых производств, залпового сброса загрязнений, возникновения аварийной ситуации на производстве и т. д. возникает необходимость применения управляющих факторов. Обслуживающий персонал в соответствии с действующими инструкциями выполняет действия, направленные на изменение периодичности контроля, количества контролируемых параметров, оптимизации технологических режимов, изменения мощности очистных сооружений при соблюдении всех необходимых ограничений, связанных с эффективностью очистки. Набор управляющих факторов для каждого конкретного случая может быть различным.

Проверка предприятий и организаций показала, что службы производственного контроля предприятий работают неэффективно. Продолжается эксплуатация физически устаревшего оборудования, медленно идут модернизация и техническое перевооружение производств.

Как правило, возникновение внештатных ситуаций на очистных сооружениях имеет случайный характер и для выработки оптимальных решений подлежит подробному анализу.

Потребности оптимизации использования очистных сооружений и понимания происходящих в них процессов привели к быстрому развитию математического моделирования систем сточных вод. В настоящее время насчитываются тысячи моделей раз-

ной степени сложности и детализации для изучения санитарно-химических и физических процессов. Планирование любого водохозяйственного мероприятия по очистке сточных вод сопровождается и предваряется построением математической модели водной системы.

Задача оптимизации технологических режимов и интенсификации работы очистных сооружений эффективно и с высокой степенью оперативности решается при применении математического моделирования потока поступления сточных вод на очистные сооружения. Это достигается воспроизведением различных производственных ситуаций, возникающих при эксплуатации очистных сооружений.

При использовании математических моделей для управления процессами отделения загрязняющих веществ положительный эффект можно получить, когда математические модели с достаточной степенью точности отражают реальные процессы. Необходимость выполнения требования адекватности математической модели исследуемому процессу, в свою очередь, обуславливает достаточно жесткие требования к достоверности исходной информации о параметрах потока поступления загрязнений сточных вод на очистные сооружения. В противном случае не может быть получена адекватная математическая модель и, следовательно, не могут быть вычислены оптимальные параметры технологического режима работы очистных сооружений, то есть не может быть достигнута требуемая эффективность очистки сточных вод.

Математическая модель создана в виде системы уравнений и концепций, используемых для описания и прогнозирования поведения реального потока. Математическая модель использована для практического и теоретического применения.

В ходе построения модели для исследования процессов, связанных со случайными явлениями, рас-

смаатриваемый процесс упрощается, схематизируется. Из бесчисленного множества влияющих факторов выделяется сравнительно небольшое количество важнейших, и полученная схема описывается с помощью математического аппарата. Такая модель является достаточно полной, в ней учтены все важнейшие факторы, от которых существенно зависит результат исследуемого явления. С другой стороны, модель является достаточно простой для того, чтобы установить аналитические зависимости между входящими в нее параметрами. Математическая модель помогает разработать оптимальную стратегию управления технологическими режимами работы очистных сооружений.

Очистка сточных вод как объект управления имеет группы переменных, определяющих технологические режимы работы очистных сооружений. Входные факторы представляют собой вероятностно-временные, санитарно-химические и физические показатели промышленных сточных вод, поступающих на очистные сооружения, выходные факторы – вероятностно-временные, санитарно-химические и физические показатели очищенных сточных вод с учетом экономических показателей, характеризующих эффективность работы. Требования к выходным факторам жестко регламентированы нормативными документами, выполнение которых определяет оперативное реагирование на параметры входных факторов.

Возможны два различных подхода к решению задачи математического моделирования процессов: аналитический и эмпирический. Построение аналитической модели, как правило, сопряжено с проведением обширных и длительных исследований, так как необходимо выяснить природу процессов, вызывающих появление загрязняющих веществ и возможность появления залповых сбросов в сточных водах. Такие математические модели достаточно точно описывают управление технологическими режимами работы очистных сооружений.

Статистические модели процессов очистки промышленных сточных вод имеют значительно более простой вид, чем аналитические, но область применения этих моделей ограничивается только технологическими режимами, которые использовались для получения исходной экспериментальной статистической информации. Необходимо также учитывать, что вид статистических моделей во многом зависит от условий, в которых работали сооружения очистки при получении статистической информации. При построении статистических моделей учитывается большинство встречающихся на практике случаев функциональной зависимости.

При разработке математической модели поступления сточных вод на очистные сооружения в виде уравнений возникает проблема определения численных значений коэффициентов или их вероятностных оценок. Использование априорных данных в ходе изучения статистики экспериментов позволяет эффективно применять аппарат математической статистики для определения вероятностных оценок коэф-

фициентов. Для этого проводится заданное количество опытов, в каждом из которых задаются определенные сочетания переменных. Каждому заданному сочетанию переменных будут соответствовать определенные значения выходных показателей. Количество опытов задается исходя из принятого уровня достоверности.

Для построения статистической модели соблюдаются следующий порядок действий:

1. Определяются входные и выходные параметры, а также параметры, которые стабилизируются на заданном уровне при проведении экспериментальных исследований.
2. Определяются интервалы возможных изменений входных параметров.
3. Составляется план экспериментальных исследований, проводятся эксперименты заданное количество раз, по формулам вычисляются значения выходных параметров.
4. Проверяется однородность выходных параметров.
5. Определяются значения вероятностных оценок коэффициентов математической модели и проверяется их значимость.

Рассмотрим построение вероятностной статистической модели потока поступления залповых сбросов для выбора оптимальных технологических режимов очистки промышленных сточных вод. Во время протекания загрязнения в результате анализа с помощью аппаратуры контроля и управления загрязнение идентифицируется. Далее согласно заданному алгоритму принимается решение и выполняется требуемое воздействие (загрязнение выделяется и направляется по технологическому процессу согласно заданной программе). Продолжительность одного такого цикла, показывающего, сколько времени затрачивается на его выполнение, называется временем обслуживания. После окончания протекания загрязнения и завершения его обслуживания система возвращается в исходное состояние.

Различают математические модели, соответствующие фиксированному и случайному времени протекания загрязнения. Фиксированное время  $t^c$  может быть задано последовательностью технологических операций, характеризующих длительность обслуживания каждого конкретного случая появления загрязнения. Постоянная длительность обслуживания устанавливается у некоторых устройств анализа при установлении ими загрязнения, исходя из имеющейся статистики, после чего начинается новая процедура анализа.

В общем случае время протекания загрязнения является случайной величиной. Случайное время протекания загрязнения как случайную величину можно описать вероятностным законом распределения. Если длительность случайного времени протекания загрязнения обозначить через  $\tau_i^c$ , то вероятность  $P(\tau_i^c < t)$  определяет, что длительность протекания загрязнения  $\tau_i^c$  будет меньше некоторого

наперед заданного значения времени  $t$ . В качестве такого распределения чаще всего используется экспоненциальное распределение, как являющееся достаточной аппроксимацией реальных условий случайной длительности обслуживания. Интенсивность протекания загрязнения  $\beta$  в этом случае определится выражением:

$$\beta = \frac{1}{t^c}.$$

Величина  $t^c$ , входящая в это уравнение, является средним временем протекания загрязнения.

Появление загрязнений сточных вод представлено в виде случайного потока, ординарного, стационарного и без последствия; для математической формализации использован пуассоновский поток [1, 2].

Интенсивность появления загрязнений  $\lambda$  – это среднее число появления загрязнений в единицу времени, величина, обратная  $t^b$ , равна среднему интервалу времени между появлениями загрязнений:

$$\lambda = \frac{1}{t^b}.$$

При экспоненциальном распределении времени между соседними загрязнениями вероятность того, что за интервал времени  $t$  поступит  $n$  загрязнений, определяется по закону Пуассона:

$$P_n = \frac{(\lambda \cdot t)^n \cdot e^{-\lambda \cdot t}}{n!} \quad (1)$$

или за время между соседними анализами  $T_n$ :

$$P_n = \frac{(\lambda \cdot t)^n \cdot e^{-\lambda \cdot T_n}}{n!} \quad (2)$$

Поток появления аварийных загрязнений и их устранение схематично представлены на рис. 1. На оси времени ( $t$  – текущее время), изображены  $\tau_i^b$  – интервал времени между загрязнениями (случайная величина);  $\tau_i^c$  – время протекания или обслуживания загрязнения (случайная величина);  $T_n$  – время между соседними анализами.

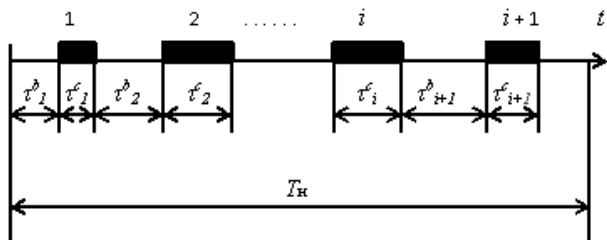


Рис. 1. Поток случайных событий появления загрязнений на очистных сооружениях

При построении обобщенной структуры вероятностной математической модели разрабатывается общий вид модели без конкретизации числовых значений фигурирующих в ней параметров [3].

Для построения структуры математической модели вероятностно-временных характеристик потока поступления сточных вод для оптимального управления технологическими режимами работы очистных сооружений введем понятие переходных вероятностей. На начальном этапе искусственно примем длительность протекания загрязнения, равной нулю, и будем фиксировать только моменты поступления загрязнений (рис. 2).

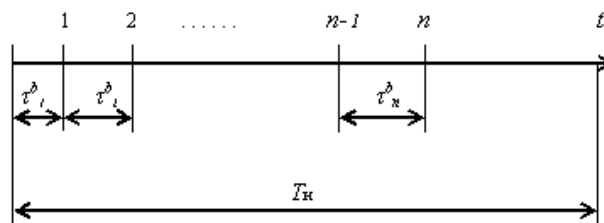


Рис. 2. Моменты появления  $n$  загрязнений на очистных сооружениях

На следующем этапе, с учетом конечной длительности протекания загрязнений, за интервал времени  $T_n$  поступит  $i$  загрязнений ( $i$  меньше или равно  $n$ ). Преобразование  $n$  исходных моментов поступления загрязнений в  $i$  реальных загрязнений обусловлено ограниченностью времени между соседними анализами. После учета длительности протекания загрязнений общее суммарное время между  $n$  загрязнениями и время протекания  $n$  загрязнений увеличится и превысит время между соседними анализами. При этом часть моментов поступления загрязнений выйдет за пределы  $T_n$ , а за время между соседними анализами будет наблюдаться только  $i$  загрязнений (рис. 3).

Вероятность того, что после учета длительности протекания загрязнений за ограниченное время наблюдения вместо  $n$  будет наблюдаться  $i$  загрязнений, или переходная вероятность  $A_m(T_n)$ , определится выражением:

$$A_m(T_n) = \text{вер} \{i\tau^c > (n-i)\tau^b\} \cdot \text{вер} \{(i-1)\tau^c < (n-i+1)\tau^b\}, \quad (3)$$

где  $i\tau^c$  – общее суммарное время  $i$  загрязнений;  $(n-i)\tau^b$  – общее суммарное время между  $(n-i)$  загрязнениями.

Первый сомножитель  $\text{вер} \{i\tau^c > (n-i)\tau^b\}$  определяет вероятность того, что при учете общего суммарного времени  $i$  загрязнений  $(n-i)$  исходных моментов поступления загрязнений окажутся за пределами  $T_n$ . Второй сомножитель  $\text{вер} \{(i-1)\tau^c < (n-i+1)\tau^b\}$  определяет вероятность того, что при учете длительности протекания загрязнений общее суммарное время  $(i-1)$  загрязнений не превысит общее суммарное время между  $(n-i+1)$  загрязнениями, то есть  $i$  загрязнение поступит до окончания  $T_n$  (рис. 3).

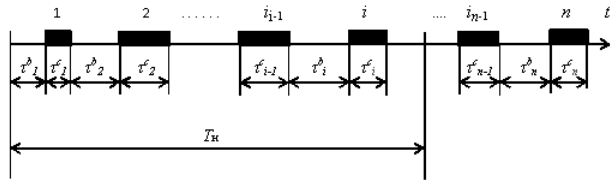


Рис. 3. Поток появления  $n$  загрязнений на очистных сооружениях с учетом длительности протекания загрязнений

Выражение (3) универсально, его можно использовать при любых распределениях времени протекания загрязнений и времени между загрязнениями и любых начальных условиях, когда время между соседними анализами начинается и (или) заканчивается протеканием загрязнения, либо попадает между загрязнениями.

Вероятность перехода  $n$  моментов поступления загрязнений в  $i$  загрязнений после учета длительности протекания загрязнений при фиксированном времени протекания загрязнения  $t^c = 1$ , рассчитанная по выражению (3), представлена на рис. 4. По оси абсцисс на всех графиках отложено время между соседними анализами в относительных единицах, в конкретных случаях до десяти средних времен протекания загрязнений  $t^c$ .

Вероятность перехода  $n$  моментов поступления загрязнений в  $i$  загрязнений после учета длительности протекания загрязнений при экспоненциальном распределении времени протекания загрязнения и времени между соседними загрязнениями с интенсивностями  $\lambda = \beta = 1$ , рассчитанная по выражению (3), представлена на рис. 5.

Выражение (3) можно разделить на реализации, когда за время между соседними анализами после учета длительности протекания загрязнений при поступлении  $i$  загрязнений, последующий анализ будет проводиться во время поступления загрязнения  $A_{ni}^c(T_n)$ , или во время отсутствия загрязнения  $A_{ni}^b(T_n)$

$$A_{ni}^c(T_n) = \text{вер}\{(i-1)\tau^c < (n-i+1)\tau^b\} \cdot \text{вер}\{i\tau^c > (n-i+1)\tau^b\}; \quad (4)$$

$$A_{ni}^b(T_n) = \text{вер}\{i\tau^c < (n-i+1)\tau^b\} \cdot \text{вер}\{i\tau^c > (n-i)\tau^b\}. \quad (5)$$

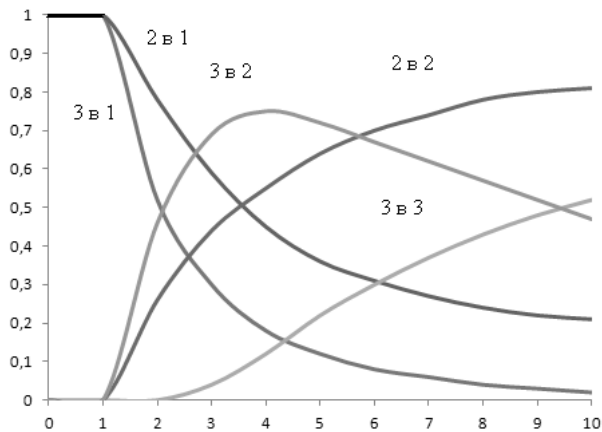


Рис. 4. Вероятность перехода  $n$  моментов поступления загрязнений в  $i$  загрязнений после учета длительности протекания загрязнений при фиксированном времени протекания загрязнения  $t^c = 1$

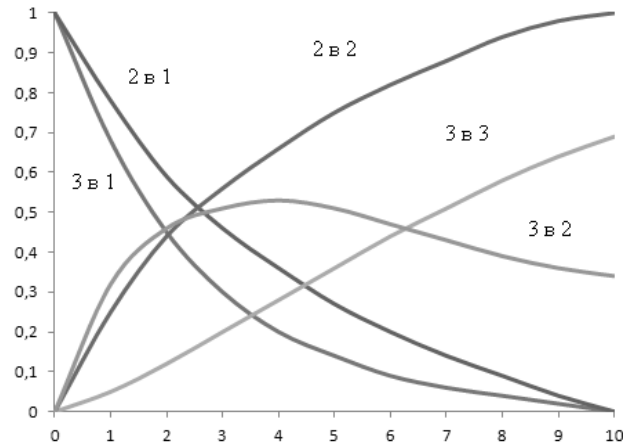


Рис. 5. Вероятность перехода  $n$  моментов поступления загрязнений в  $i$  загрязнений после учета длительности протекания загрязнений при экспоненциальном распределении времени протекания загрязнения и времени между соседними загрязнениями  $\lambda = \beta = 1$

Вероятность того, что на элементарном участке  $\Delta t$  появится только один момент, с точностью до малых величин высшего порядка, определится выражением

$$P_k = 1 - e^{-\lambda \Delta t} \approx \lambda \Delta t.$$

Вероятность того, что за время после элементарного участка  $\Delta t$  появится  $i-k$  моментов поступления загрязнений, с учетом (1), определится выражением

$$P_{(i-k)} = \frac{\{\lambda [T_n - (t + \Delta t)]\}^{i-k} e^{-\lambda [T_n - (t + \Delta t)]}}{(i-k)!}.$$

Перемножая эти вероятности, переходя к пределу при  $\Delta t \rightarrow 0$ , заменив  $\Delta t$  на  $dt$ , получим выражение для плотности вероятности

$$f_{(k/i)} = C_i^k \frac{k}{T_n} \left(1 - \frac{t}{T_n}\right)^{i-k} \left(\frac{t}{T_n}\right)^{k-1},$$

где  $C_i^k = \frac{k!(i-k)!}{i!}$  – биномиальные коэффициенты, и, соответственно, для функции вероятности

$$F_{(k/i)} = 1 - \sum_{m=0}^{k-1} C_i^m \left(1 - \frac{t}{T_n}\right)^{i-1} \left(\frac{t}{T_n}\right)^m.$$

Проведя суммирование с учетом (2), определим вероятность поступления  $i$  загрязнений с учетом конечной длительности протекания загрязнений за интервал времени между соседними анализами  $T_n$ . Аналогично расчеты можно привести для (4) и (5).

$$P_i(T_n) = \sum_{n=i}^{\infty} A_{ni}(T_n) P_n,$$

где  $A_{ni}(T_n)$  определяется по выражению (3),  $P_n$  определяется по выражению (2).

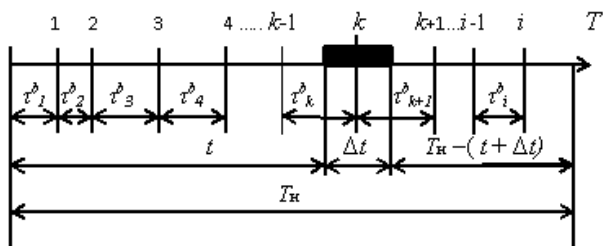


Рис. 6. Моменты появления  $i$  загрязнений на очистных сооружениях

Вероятность поступления  $i$  загрязнений, с учетом длительности протекания загрязнений при фиксированном времени протекания загрязнения и экспоненциальном распределении времени между соседними загрязнениями с интенсивностью  $\lambda$  за интервал времени между соседними анализами, определится выражением:

$$P_i(T_n) = \sum_{k=0}^i P_k \left( T_n - \frac{i}{\beta} \right) - \sum_{k=0}^{i-1} P_k \left( T_n - \frac{i-1}{\beta} \right), \quad i \leq \beta T_n$$

$$P_i(T_n) = 1 - \sum_{k=0}^{i-1} P_k \left( T_n - \frac{i-1}{\beta} \right), \quad \beta T_n < i < \beta T_n + 1$$

$$P_i(T_n) = 0, \quad i > \beta T_n + 1.$$

Вероятность поступления  $i$  загрязнений, с учетом длительности протекания загрязнений при экспоненциальном распределении времени протекания загрязнения с интенсивностью  $\beta$  и времени между соседними загрязнениями с интенсивностью  $\lambda$ ,  $\lambda = \beta$  за интервал времени между соседними анализами, определится выражением:

$$P_i(T_n) = \frac{(\lambda T_n)^{2i-1}}{(2i-1)!} e^{-\lambda T_n} \left( 1 + \frac{\lambda T_n}{2i} \right), \quad n \geq 1, \lambda = \beta \quad (6)$$

а для случая  $\lambda \neq \beta$  определится выражением:

$$P_i(T_n) = \frac{\beta}{\beta - \lambda} \lambda T_n e^{-\lambda T_n} + \frac{\lambda^2}{(\beta - \lambda)^2} (e^{-\beta T_n} - e^{-\lambda T_n}), \quad \lambda \neq \beta. \quad (7)$$

$$\begin{aligned} P_i(T_n) = & \frac{\beta^i}{(\beta - \lambda)^i} \frac{(\lambda T_n)^i}{i!} e^{-\lambda T_n} + \\ & + \frac{\lambda^i \beta^{i-1}}{(\beta - \lambda)^2} e^{-\lambda T_n} \sum_{k=1}^i \frac{(-1)^k T_n^{i-k} (\beta C_{i+k-2}^k + \lambda C_{i+k-2}^{k-1})}{(\beta - \lambda)^i (i - k)!} + \\ & + (-1)^{i-1} \frac{\lambda^{i+1}}{(\beta - \lambda)^{i+1}} \frac{(\beta T_n)^{i-1}}{(i-1)!} e^{-\beta T_n} + \\ & + (-1)^{i-1} \frac{\lambda^i \beta^{i-1}}{(\beta - \lambda)^{i+1}} e^{-\beta T_n} \sum_{k=1}^{i-1} \frac{T_n^{i-k-1} (\beta C_{i+k-1}^{k-1} + \lambda C_{i+k-1}^k)}{(\beta - \lambda)^k (i - k - 1)!}, \\ & i > 1, \lambda \neq \beta. \end{aligned} \quad (8)$$

Результаты расчета по выражениям (6), (7), (8) приведены на рис. 7–9.

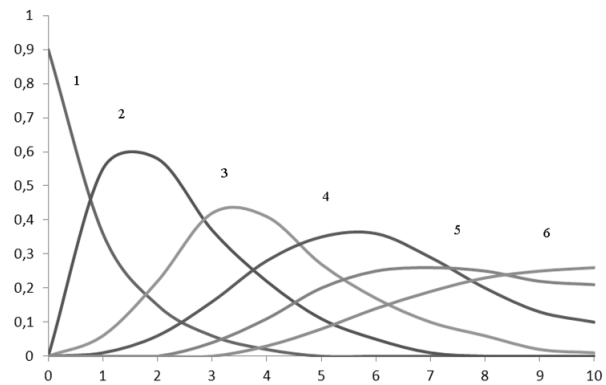


Рис. 7. Вероятность поступления  $i$  загрязнений с учетом конечной длительности протекания загрязнений  $t_i^b = t_i^c$

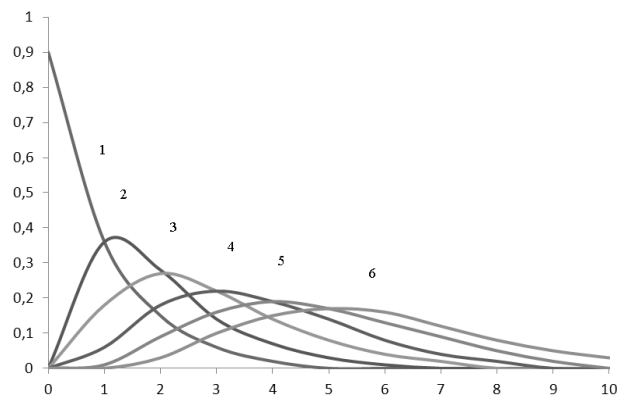


Рис. 8. Вероятность поступления  $i$  загрязнений с учетом конечной длительности протекания загрязнений  $t_i^b > t_i^c$

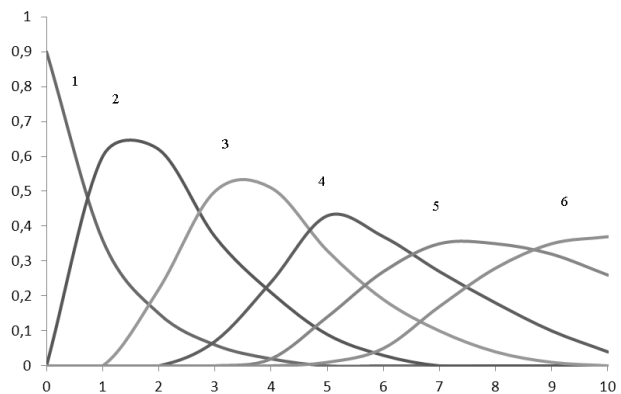


Рис. 9. Вероятность поступления  $i$  загрязнений с учетом конечной длительности протекания загрязнений  $t_i^b < t_i^c$

Из результатов проведенных исследований следует, что для оптимального управления технологическими режимами работы очистных сооружений при всех видах залповых сбросов для эффективного выявления и устранения аварийных ситуаций необходимо с помощью построенной обобщенной вероятностной математической модели поступления сточных вод на очистные сооружения рассчитывать вероятности появления залповых аварийных выбросов для конкретных предприятий и объектов, так как частота их появления определяет реальные результаты работы очистных сооружений. Это позволяет повысить точность проводимых расчетов и, следова-

тельно, снизить вероятность и последствия аварийных ситуаций. Следует сказать, что разработанный подход носит универсальный характер и может быть применен в других областях науки и техники.

#### Библиографические ссылки

1. Алексеев В. А., Усольцев В. П., Юран С. И. Идентификация аварийных выбросов в системах фильтрации сточных вод в явно выраженных условиях многомерности и неопределенности // Интеллектуал. системы в пр-ве. – 2013. – № 2. – С. 173–177.

2. Новый закон распределения вероятностей случайных событий и возможности его использования в метрологии / А. Н. Головин, Ю. В. Жиров, А. В. Косолапов и др. // II Всесоюзное совещание по теоретической метрологии, 29–31 марта 1983 г., Ленинград : тез. докл. – Л. : Б. и., 1983. – С. 67–68.

3. Научно-технический энциклопедический словарь. Мир словарей. 2014 – URL: [http://mirslovarei.com/naukteh\\_a](http://mirslovarei.com/naukteh_a) (дата обращения: 15.05.2014).

4. Вентцель Е. С., Овчаров Л. А. Теория вероятностей и ее инженерные приложения : учеб. пособие для втузов. – 2-е изд., стер. – М. : Высш. шк., 2000. – 480 с.

\* \* \*

V. A. Alekseev, DSc in Engineering, Professor, Kalashnikov Izhevsk State Technical University

V. P. Usoltsev, PhD in Engineering, Senior electronics engineer, Kalashnikov Izhevsk State Technical University

S. I. Yuran, DSc in Engineering, Professor, Chief researcher, Kalashnikov Izhevsk State Technical University

#### The generalized likelihood mathematical model of receipt of sewage on treatment facilities at volley dumps

*The generalized likelihood mathematical model of receipt of sewage of enterprises on the treatment facilities, intended for effective forecasting of receipt at volley dumps is investigated. Necessity is proved of the account of likelihood-time characteristics of the stream of dumps occurrence, the time of pollution flow, arising within a choice of control periodicity, the quantity of controlled parameters, optimization of technological modes, variation of treatment facilities capacity, and also when working out and adjustment of the controlling equipment.*

**Keywords:** emergency emission of polluting substances, likelihood-time characteristics of the stream of dumps occurrence, modeling, monitoring, sewage

Получено: 12.05.14

УДК 69:502.3

В. П. Грахов, доктор экономических наук, профессор;

Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова

В. В. Дмитриев, соискатель

Управление строительства Администрации города Ижевска

## ОРГАНИЗАЦИЯ РЕМОНТНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ РАБОТ ПРИ ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

*Рассматриваются вопросы взаимодействия управленческого аппарата при организации ремонтно-восстановительных работ в ликвидации последствий чрезвычайной ситуации в Удмуртской Республике.*

**Ключевые слова:** организация, управление, чрезвычайная ситуация

Суверенитет России на протяжении многих столетий подкреплялся профессионально организованной армией. На приграничных территориях и в глубине страны создавались рассредоточенные по направлениям действий и специальностям войсковые части и склады вооружений. На территории Российской Федерации расположены 18 независимых арсеналов Министерства обороны Российской Федерации федерального значения и более 100 арсеналов и хранилищ, закрепленных за воинскими частями по месту их дислокации [1].

Любой склад боеприпасов, независимо от его месторасположения и конструктивных особенностей, является объектом повышенной опасности. В разные годы XX столетия, по тем или иным причинам, возникали чрезвычайные ситуации (далее – ЧС), связанные с пожарами на складах и разрывами боеприпасов. В период с 1992 по 2011 год на территории Российской Федерации произошло 26 взрывов бое-

припасов и военного снаряжения. Территория, охватываемая происшествиями, огромна: Ленинградская, Читинская, Псковская, Волгоградская, Ульяновская области, Приморье, Камчатка, Владикавказ, Республика Башкортостан, Удмуртская Республика.

В 2009 году в результате пожара на складе боеприпасов ФГУП «31-й арсенал» ВМФ России в Ульяновской области погибли 2 человека, 8 – пострадали. Эвакуировано из зоны поражения 3 000 жителей. В результате чрезвычайной ситуации нанесен ущерб 3 865 квартирам в 451 многоквартирном жилом доме и 219 индивидуальным жилым домам. Сумма ущерба составила порядка 200 млн руб.

В 2011 году на двух арсеналах возникла чрезвычайная ситуация, связанная с возгоранием боеприпасов. 26 мая в Иглинском районе Республики Башкортостан пожар на военном арсенале № 99 повлек детонацию и взрыв боеприпасов. Сумма ущерба составила 100 млн руб.