ВОДОСНАБЖЕНИЕ, КАНАЛИЗАЦИЯ, СТРОИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ОХРАНЫ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

DOI 10.15593/2409-5125/2017.04.06

УДК 504.064

В.А. Алексеев, В.П. Усольцев, С.И. Юран, Н.А. Девятков

Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНТЕРПОЛЯЦИОННОГО КОНТРОЛЯ СБРОСОВ ТЕХНОГЕННОГО И АНТРОПОГЕННОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ В ПРЕДЕЛАХ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

Рассмотрен способ контроля аварийных сбросов техногенного и антропогенного происхождения в системах сточных вод промышленных предприятий.

Представлена математическая модель вероятности обнаружения загрязнения в системе канализации. Приведена структурная схема установки интерполяционного контроля загрязненности сточных вод с применением оптико-электронного измерения оптической плотности среды. Для разработки алгоритма работы системы по данным реперных измерений и текущих результатов анализа за основу был взят метод стохастической интерполяции, используемый как средство решения задач распознавания, идентификации, обучения и адаптации. В результате повышена достоверность и объективность анализа сбросов сточных вод, что имеет особое значение в пределах урбанизированных территорий.

Приведены примеры расчета вероятности обнаружения загрязнения на объекте при заданных временных интервалах аварийного процесса.

Исследования показали, что при техногенных авариях в условиях действия помех на аппаратуру для повышения достоверности контроля перспективно использование системы оптико-электронного контроля сред со статистическим прогнозированием процессов появления аварийных загрязнений. Для анализа рисков аварийных сбросов промышленного производства целесообразно сочетание статистического подхода с экспертными методами наблюдения процессов.

Ключевые слова: аварийный сброс, вероятность обнаружения загрязнения, изменение оптической плотности; сточные воды.

Использование интерполяционного контроля сбросов техногенного и антропогенного происхождения в пределах урбанизированных территорий / В.А. Алексеев, В.П. Усольцев, С.И. Юран, Н.А. Девятков // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Прикладная экология. Урбанистика. – 2017. – № 4. – С. 80–91. DOI: 10.15593/2409-5125/2017.04.06

Alekseev V., Usoltsev V., Yuran S., Devyatov N. Use of interpolation control of emissions of technogenic and anthropogenic origin within the urbanized territories. PNRPU. Applied ecology. Urban development. 2017. No. 4. Pp. 80-91. DOI: 10.15593/2409-5125/2017.04.06

С развитием технического прогресса появилось огромное количество техногенных и антропогенных источников опасности, вследствие чего вероятность катастроф, аварий и сбросов опасных веществ возросла многократно [1, 2]. В результате внезапного выхода из строя деталей, механизмов, машин и агрегатов возникают производственные аварии, которые могут сопровождаться серьезными нарушениями производственного процесса, взрывами, катастрофическими затоплениями, образованием очагов пожаров, радиоактивным, химическим заражением местности, увечьем и гибелью людей. Производственные аварии могут быть последствием стихийных бедствий, однако наиболее распространенными причинами их возникновения являются нарушения технологических процессов, правил эксплуатации, техники безопасности. Особую опасность несут аварии на потенциально опасных производственных объектах: пожароопасных, взрывоопасных, гидродинамически опасных, химически опасных, радиационно-опасных и т.д. Именно на таких объектах чаще всего происходят аварии, сопровождающиеся значительными материальными потерями, нарушением условий жизнедеятельности, увечьем и гибелью людей.

Бурный рост населенных пунктов, урбанизация сопровождаются загрязнением территорий за счет твердых отходов, жидких стоков, пылевых и газовых выбросов. Их состав определяется величиной города, коммунально-бытовым хозяйством, транспортной системой и особенно сильно – видом промышленности, развитой в городе. Постоянно возрастает численность автомобильного транспорта, особенно частного. При строительстве и эксплуатации магистральных трубопроводов и отводов от них основными воздействиями на окружающую среду являются нарушения грунтового, почвенного и лесного покровов. Строительство трубопровода сопровождается изменениями дренажных путей грунтовых вод, перераспределением загрязненных токсикантами грунтов в пределах урбанизированных территорий. Загрязнение возможно от проливов сырья, перемещаемого магистральными трубопроводами [3, 4].

В связи с этим большое внимание уделяется наблюдению, оперативной оценке состояния окружающей природной среды, ее изменениях, с целью прогнозирования и своевременного предупреждения возможных неблагоприятных последствий. По совокупной степени опасности загрязнения окружающей среды на первый план выходит загрязнение природных открытых водоемов и грунтовых вод [5]. Основным загрязнителем открытых водоемов и подземных вод являются сточные воды. Более 90 % сточных вод, поступающих через коммунальные сети в поверхностные водные объекты, сбрасываются загрязненными. Среди загрязнителей наи-

более распространены нефть и нефтепродукты, кислоты, щелочи, соли разных металлов, сернистые соединения, аммиак, фенолы, синтетические смолы, болезнетворные микробы и т.д. Содержащиеся в сточных водах загрязняющие вещества, попадая в значительных количествах в водоемы или скапливаясь в почве, могут быстро ухудшать санитарное состояние водоемов и атмосферы, способствовать распространению различных заболеваний.

Все сточные воды перед сбросом в водоем подвергаются очистке от вредных веществ. Чтобы определить состав сточных вод, виды и степень загрязнения, проводится множество различных анализов, как химических, так и санитарно-бактериологических. Большое внимание соответствующих служб уделяется контролю, анализу, оперативной оценке состояния водной среды и ее антропогенных изменений, обнаружения залповых сбросов загрязнителей сточных вод, способных перевести водоем или процессы очистки в неустойчивое состояние. Все это необходимо для прогнозирования и своевременного устранения возможных неблагоприятных последствий.

В современном производстве с повышенными параметрами технологических процессов изредка возникают критические условия, приводящие к разрушению зданий, сооружений, оборудования и транспортных средств, нарушению производственного процесса, выходу из строя машин, агрегатов, коммуникаций, сооружений или их систем. Такие явления принято называть авариями. В результате аварии, опасного техногенного происшествия, сопровождающегося пожарами, взрывами, обрушениями, создается угроза жизни и здоровью людей, происходит нанесение ущерба окружающей природной среде в результате выбросов в атмосферу, вызывающих повышенную загазованность, сбросов в канализацию или поверхностные водоемы агрессивных жидкостей и сильнодействующих ядовитых веществ, разливов нефтепродуктов.

В соответствии с ГОСТ 12.1.004–91 и ГОСТ Р 12.3.047–98 производственные процессы должны разрабатываться так, чтобы вероятность возникновения нештатных ситуаций на любом участке (объекте) в течение года не превышала $10^{-6} \cdot \text{год}^{-1}$.

В настоящее время ведутся исследования по нормированию рисков. В практике проектирования в качестве критериев допустимости уровня индивидуального риска R_e рассматриваются три области:

- 1) R_e менее $5,0 \cdot 10^{-5}$ – область малых рисков, поэтому мер по их снижению не требуется;
- 2) R_e от $5,0 \cdot 10^{-5}$ до 10^{-3} – область, требующая принятия определенных мер по снижению рисков с учетом экономической целесообразности этих мер;

3) R_e более 10^{-3} – область недопустимого риска, требующая обязательного выполнения мер по его снижению, невзирая на размер финансовых затрат [6].

Обеспечение указанных требований возможно при соответствующей достоверности контроля.

При санитарно-эпидемиологическом анализе сточных вод определяется, не превышают ли контролируемые показатели предельно допустимых концентраций в данный конкретный момент времени, когда производится забор проб. Однако ничего не гарантируется в промежутках времени между ними. Кроме этого, загрязнение вообще может не попасть в пробу или в зону контроля.

Существующие методы повышения объективности контроля основываются на повышении количества анализов и установке большого количества стационарных или передвижных станций экологического мониторинга, использовании биомониторинга [7–9]. Отечественные и зарубежные станции специализируются на оценке определенных экологических параметров в промышленной или жилой зоне. Эти методы являются дорогостоящими и не обеспечивают достоверного анализа, поскольку сброс может пройти мимо зоны контроля, не попасть в пробу и не быть идентифицированным.

Целью работы является разработка и испытание системы интерполяционного контроля загрязнений сточных вод природно-промышленных территориальных комплексов с помощью двухступенчатого метода контроля состояния водной среды при производственных и техногенных авариях в условиях действия помех измерения и неоднозначности описания существующих моделей динамики потоков жидкости.

Для достижения данной цели поставлены следующие задачи:

- разработка и испытание лабораторной установки интерполяционного контроля изменений оптической плотности жидких сред;
- оценка достоверности анализа сбросов техногенного и антропогенного происхождения в пределах урбанизированных территорий.

В работе использован оптико-электронный способ исследования особенностей процессов движения загрязняющих веществ, протекающих в жидкой среде [10]. Для разработки алгоритма работы системы по данным реперных измерений и текущих результатов анализа за основу был взят метод стохастической интерполяции, используемый как средство решения задач распознавания, идентификации, обучения и адаптации [11–13].

На рисунке представлена разработанная схема интерполяционного контроля загрязненности сточных вод.

Рис. Структурная схема установки интерполяционного контроля загрязненности сточных вод: 1 – источники загрязнения сточных вод различных видов и различной концентрации; 2 – система канализации; 3 – первый специализированный пост санитарно-эпидемиологического контроля; 4 – второй специализированный пост санитарно-эпидемиологического контроля; 5 – специализированные контроллеры; 6 – главный процессор; 7 – основная заслонка выделения загрязнения; 8 – дополнительная заслонка выделения загрязнения; 9 – отвод (ответвление) для выделения загрязнения и дополнительный узел очистки; 10 – основные устройства очистки, фильтры

В рабочем режиме сточные воды по системе канализации 2 минуют последовательно первый и второй специализированные посты санитарно-эпидемиологического контроля 3 и 4, где периодически проводятся анализы, и поступают на основные устройства очистки – фильтры 10. При сбросе загрязнения определенного вида 1 в систему канализации 2 первый или второй специализированные посты санитарно-эпидемиологического контроля 3, 4 или оба пропускают, или оба фиксируют наличие загрязнения, либо один из них пропускает, второй фиксирует. При этом вырабатывается сигнал, пропорциональный уровню загрязнения, который поступает через специализированный контроллер 5 на главный процессор 6. В главном процессоре 6 по соответствующей программе происходит сравнение уровня данного сигнала с предельно допустимым уровнем.

В случае достижения или превышения этого уровня выдается команда на переключение основной заслонки выделения загрязнения 7 и дополнительной заслонки выделения загрязнения 8, и вода, имеющая повышенный уровень определенного вида загрязнения, через дополнительные заслонки 8 поступает в отвод (ответвление) для выделения загрязнения и дополнительный узел очистки 9. После выделения определенного вида загрязнения соответствующим специализированным оптоэлектронным

датчиком поста 4 специализированный контроллер 6 посылает управляющий сигнал на одну из основных заслонок 8.

Если за время наблюдения каждый из постов не обнаружил загрязнений, превышающих ПДК, а по результатам расчета по приведенным ниже выражениям получена очень малая вероятность обнаружения загрязнения первым и вторым постами – это свидетельствует об отсутствии загрязнений.

Если бы вероятность обнаружения загрязнения постами была очень высокая, а посты этого загрязнения не обнаружили, то, в соответствии с требованиями обеспечения указанных ранее рисков, необходимо сделать вывод о наличии загрязнений, превышающих ПДК, которые были пропущены, и требуется проведение защитных мероприятий [14].

Для расчета вероятности обнаружения загрязнения первым и вторым постами при протекании сточных вод по системе канализации за время наблюдения T_n рассмотрены комбинации возможных событий:

1. Загрязнений, превышающих ПДК, не было, следовательно, первый пост анализа загрязнений сточных вод или промышленных стоков этих загрязнений не обнаружил; в канализационной трубе между постами загрязнений не было и второй пост анализа загрязнений сточных вод или промышленных стоков загрязнений не обнаружил.

2. Загрязнения, превышающие ПДК, были. Вероятность такого события складывается из суммы вероятностей нескольких совместных событий:

- во время протекания сточных вод по канализационной трубе до первого поста анализа 3 загрязнений, превышающих ПДК, было одно или более;
- первый пост анализа 3 обнаружил загрязнения, превышающие ПДК;
- между получением информации о виде и степени загрязнения с постов анализа загрязнений сточных вод или промышленных стоков 3 и 4 в канализационной трубе появилось одно или более загрязнений, превышающих ПДК;
- второй пост анализа 4 обнаружил загрязнения, превышающие ПДК;
- оба поста анализа загрязнений сточных вод или промышленных стоков обнаружили загрязнения, превышающие ПДК.

Появление загрязнений сточных вод, превышающих ПДК, в общем случае имеет случайный характер и может быть представлено в виде случайного потока, ординарного, стационарного и без последствия. Для математической формализации использован пуассоновский поток, а время между соседними загрязнениями имеет экспоненциальное распределение с учетом дневных (утро, обед и вечер), сезонных (весна, лето, осень и зима) и других изменений параметров потока появления загрязнений.

Примем, что интенсивность появления загрязнений λ – среднее число появления загрязнений определенного вида в единицу времени. Это величина, обратная среднему интервалу времени между загрязнениями. Для оценки ожидаемой интенсивности появления используются следующие подходы:

1) статистический подход, заключающийся в максимально полном использовании статистики наличия загрязнений, а также данных о появлении загрязнений на объектах-аналогах;

2) графоаналитический подход, заключающийся в использовании логических методов анализа «деревьев событий» или расчетных, имитационных, моделей пользователей;

3) экспертный подход, заключающийся в выработке оценки путем учета мнений специалистов в данной области.

Для различных источников загрязнения характерен явный недостаток репрезентативных статистических данных об отказах, ошибках и технических неполадках в технологическом процессе, авариях на объектах-аналогах, уникальности производственных циклов, отсутствии исчерпывающих исходных данных о производстве, условиях размещения и эксплуатации оборудования. Поэтому целесообразно применение сочетания указанных подходов и процедур, адаптированных к специфике целей и задач анализа риска аварийных выбросов конкретного производства.

Рассмотрев все возможные комбинации, получим выражение для расчета вероятности обнаружения загрязнения первым и вторым постами при протекании сточных вод по системе канализации за время наблюдения:

$$P_{\text{обн}} = 1 + e^{-\lambda(T_0+T_1+T_2+T_3)} - e^{-\lambda T_0} + \lambda T_1 - e^{-\lambda T_2} + \\ + \lambda T_3 - (1 - e^{-\lambda T_0}) \cdot (1 - e^{-\lambda T_2}) - \lambda T_1 \cdot \lambda T_3. \quad (1)$$

Из литературных источников известно, что крупная авария происходит в среднем через 175,2 ч, случай разлива нефти – в среднем через 26,3 мин. Среднее время до появления загрязнения может изменяться от 0,5 до 150 ч, среднее значение приблизительно 50 ч. Среднее время устранения последствий загрязнений в большинстве случаев изменяется от нескольких суток до нескольких лет. Среднее время наличия загрязнения – 240 ч (10 суток) [11].

Для примера оценим вероятность обнаружения загрязнения на каком-либо объекте. Исходные данные: время наблюдения – 1 месяц, средний интервал времени между загрязнениями (в виде взвешенных веществ) – 50 ч, среднее время получения информации о виде и степени загрязнения обоими постами одинаково и составляет 12 мин. Время от начала наблюдений до первого анализа – 1 ч, между анализами, при

чередовании постов – 10 ч. Всего за время наблюдения сделано по одному анализу каждым из постов, загрязнений, превышающих ПДК, не обнаружено.

По результатам расчета по выражению (1) получена очень малая вероятность обнаружения загрязнения обоими постами, равная 0,00758, что свидетельствует об отсутствии загрязнений. При получении по выражению (1) очень высокой вероятности обнаружения загрязнения, а посты загрязнения не обнаружили, то в соответствии с требованиями обеспечения указанных ранее рисков необходимо сделать вывод о наличии загрязнений, превышающих ПДК, которые были пропущены, и требуется проведение защитных мероприятий. Критический уровень вероятности обнаружения загрязнения обоими постами рассчитывается с учетом условных вероятностей, когда за время наблюдения было одно или более загрязнений при условии, что ни первый, ни второй, ни оба поста загрязнений не обнаружили. По расчету эта вероятность равна 0,21648.

Для проверки корректности полученных аналитических выражений наиболее перспективно и актуально построение математической модели возникновения аварийных загрязнений и проведение серий экспериментов с этой моделью, направленных на понимание специфики функционирования системы и на выработку стратегии управления, удовлетворяющей выбранным критериям.

Для построения модели задаются исходные данные. Время наблюдения T_n задается исходя из практических требований (продолжительности учетного периода: день, неделя, месяц, квартал, год, пятилетка). Интенсивность появления загрязнений λ^b – среднее число появления загрязнений в единицу времени, величина, обратная интервалу времени между загрязнениями. Интенсивность протекания загрязнений λ^c – среднее число загрязнений в единицу времени, величина, обратная времени протекания загрязнения. Для моделирования примем среднее время до появления загрязнения 50 ч. Среднее время устранения последствий загрязнений – 240 ч (10 суток) [11].

Исходные данные: время наблюдения – 1 месяц, средний интервал времени между загрязнениями (в виде взвешенных веществ) – 50 ч, среднее время получения информации о виде и степени загрязнения обоими постами одинаково и составляет 12 мин. Время от начала наблюдений до первого анализа – 1 ч, между анализами, при чередовании постов, 10 ч.

Количество реализаций моделирования K задается исходя из необходимой доверительной вероятности моделирования. Число реализаций K в эксперименте принято равным 10 000.

Для моделирования случайных интервалов между двумя загрязнениями с экспоненциальным распределением используем формулу для простейшего потока:

$$t_i^b = -1 / \lambda^b \cdot \ln(r^b),$$

где r^b – равномерно распределенное от 0 до 1 случайное число, полученное с помощью генератора случайных чисел [15]; t_i^b – интервал между окончанием предыдущего и появлением последующего загрязнения (случайная величина t_i^b).

Для моделирования времени протекания загрязнения используем аналогичную формулу

$$t_i^c = -1 / \lambda^c \cdot \ln(r^c),$$

где r^c – равномерно распределенное от 0 до 1 случайное число, полученное с помощью генератора случайных чисел [15]; t_i^c – интервал между появлением и окончанием загрязнения (случайная величина t_i^c).

Результаты расчета по полученным аналитическим выражениям не противоречат результатам математического моделирования и результатам лабораторных испытаний.

Проведенные исследования показали, что для повышения достоверности контроля перспективно использование эффективных систем быстрого прогнозирования с использованием априорной информации о появлении загрязнений и математической обработки динамики изменений результатов контроля.

Таким образом, испытание разработанной системы интерполяционного контроля загрязнений сточных вод показало возможность эффективного решения задачи повышения достоверности, объективности и оперативности анализа сбросов техногенного и антропогенного происхождения.

Библиографический список

1. Управление отходами. Сточные воды и биогаз полигонов захоронения твердых бытовых отходов: моногр. / под ред. Я.И. Вайсмана. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2012. – 258 с.
2. Экологически безопасный способ утилизации осадков сточных вод биохимических очистных сооружений с получением углеродсодержащих сорбционных материалов / Я.И. Вайсман, И.С. Глушанкова, М.С. Дьяков, М.Б. Ходяшев // Вода: химия и экология. – 2011. – № 3. – С. 14–24.
3. Идентификация вида и степени загрязнений сточных вод в технологическом процессе промышленного производства / В.А. Алексеев, В.П. Усольцев, С.И. Юран, Н.А. Девятков // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Прикладная экология. Урбанистика. – 2015. – № 4 (20). – С. 107–121.

4. Вакуленко С.В., Балабанов М.А. Информационные технологии обеспечения процесса управления экологической безопасностью при эксплуатации нефтеперерабатывающих предприятий // Вестник Санкт-Петербургского университета государственной противопожарной службы МЧС России. – 2009. – Т.3. – С. 1–5.
5. Великанов Н.Л., Наумов В.А., Великанова М.Н. Статистические характеристики сточных вод морского порта // Вода: химия и экология. – 2011. – № 3. – С. 66–70.
6. Габричидзе Т.Г. Основы комплексной системы безопасности критически важных (потенциально опасных) объектов муниципального и регионального уровней: моногр. – Самара: Изд-во Самар. НЦ РАН, 2011. – 391 с.
7. Александровская Л.Н., Розенталь О.М., Суряков В.Н. Контроль сброса загрязняющих веществ // Измерительная техника. – 2009. – № 9. – С. 64–68.
8. Козлитин А.М., Попов А.И. Методы технико-экономической оценки промышленной и экологической безопасности высокорисковых объектов техносферы. – Саратов: Изд-во Саратов. гос. техн. ун-та, 2000. – 216 с.
9. Александровская Л.Н., Розенталь О.М. Риск-ориентированный контроль содержания в воде загрязняющих веществ // Аналитика и контроль. – 2016. – Т. 20, № 1. – С. 6–14.
10. Пат. 153362 Рос. Федерация, МПК G01N15/06. Устройство устранения аварийного выброса / Алексеев В.А., Девятков Н.А., Юран С.И., Усольцев В.П. – № 2014141487; заявл. 14.10.2014, опубл. 20.07.2015, Бюл. № 20.
11. Усольцев В.П., Юран С.И. Достоверность санитарно-эпидемиологического анализа сточных вод при большом количестве случайных воздействий и отсутствии доминирующего фактора // Теоретическая и прикладная экология. – 2016. – № 3. – С. 19–24.
12. Алексеев В.А., Усольцев В.П., Юран С.И. Контроль загрязнений сточных вод и промышленных стоков с использованием двухчастотного лазерного зондирования // Безопасность в технике. – 2017. – № 1. – С. 3–9.
13. Алексеев В.А., Усольцев В.П., Юран С.И. Обобщенная вероятностная математическая модель поступления сточных вод на очистные сооружения при залповых сбросах // Интеллектуальные системы в производстве. – 2014. – № 1(23). – С. 108–113.
14. Алексеев В.А., Усольцев В.П., Юран С.И. Идентификация аварийных выбросов в системах фильтрации сточных вод в явно выраженных условиях многомерности и неопределенности // Интеллектуальные системы в производстве. – 2013. – № 2 (22). – С. 173–177.
15. А.с. 1226451 СССР, МПК G06F7/58. Генератор последовательности случайных чисел / Усольцев В.П.; заявл. 01.10.1984, опубл. 23.04.1986, Бюл. 15.

References

1. Vaysman Ya.I. et al. Upravlenie otkhodami. Stochnye vody i biogaz poligonov zakhoroneniya tverdykh bytovykh otkhodov [Waste management. Wastewater and biogas landfill solid waste]. Perm: Perm National Research Polytechnic University, 2012. 258 p.
2. Vaysman Ya.I., Glushankova I.S., Dyakov M.S., Khodyashev M.B. Ekologicheski bezopasnyy sposob utilizatsii osadkov stochnykh vod biokhimicheskikh ochistnykh sooruzheniy s polucheniem uglerodsoderzhashchikh sorbtionnykh materialov [Environmentally safe method of disposal of sewage sludge biochemical treatment facilities with obtaining a carbon-containing sorption materials]. *Voda: khimiya i ekologiya*, 2011, no. 3, pp. 14–24.
3. Alekseev V.A., Usoltsev V.P., Yuran S.I., Devjatov N.A. Identifikacija vida i stepeni zagrjaznenij stochnykh vod v tehnologicheskom processe promyshlennogo proizvodstva [Identification of the type and degree of wastewater pollution in the technological process of industrial production]. *Vestnik PNIPU. Prikladnaja jekologija. Urbanistika*. 2015, no. 4, pp. 107–121.
4. Vakulenko S.V., Balabanov M.A. Informatsionnye tekhnologii obespecheniya protsessu upravleniya ekologicheskoy bezopasnostyu pri ekspluatatsii neftepererabatyvayushchikh predpriyatiy [Information technology support of environmental safety management during exploitation of facilities of oil-refining industry]. *Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta gosudarstvennoy protivopozharnoy sluzhby MChS Rossii*. 2009, vol. 3, pp. 1–5.

5. Velikanov N.L., Naumov V.A., Velikanova M.N. Statisticheskie kharakteristiki stochnykh vod morskogo porta [The statistical characteristics of wastewater seaport]. *Voda: khimiya i ekologiya*, 2011, no. 3, pp. 66-70.
6. Gabrichidze T.G. Osnovy kompleksnoy sistemy bezopasnosti kriticheski vazhnykh (potentsialno opasnykh) obektov munitsipalnogo i regionalnogo urovney [Bases of complex system of safety of crucial (potentially dangerous) objects of municipal and regional levels]. Samara: Publishing house of the Samara center of science of the Russian Academy of Sciences. 2011, 391 p.
7. Aleksandrovskaya L.N., Rozental O.M., Sursyakov V.N. Kontrol sbrosa zagryaznyayushchikh veshchestv [Control of discharge of pollutants]. *Izmeritelnaya tekhnika*, 2009, no. 9, pp. 64-68.
8. Kozlitin A.M., Popov A.I. Metody tekhniko-ekonomicheskoy otsenki promyshlennoy i ekologicheskoy bezopasnosti vysokoriskovykh obektov tekhnosfery [Methods of a technical and economic assessment of industrial and ecological safety of high-risk objects of a technosphere]. Saratov: Publishing house of Saratov state technical. Univ. 2000, 216 p.
9. Aleksandrovskaya L.N., Rozental O.M. Risk-orientirovanny kontrol sodержaniya v vode zagryaznyayushchikh veshchestv [Risk-oriented control the concentration of pollutants]. *Analitika i kontrol*. 2016, vol. 20, no. 1, pp. 6-14.
10. Alekseev V.A., Devyatov N.A., Yuran S.I., Usoltsev V.P. Ustroystvo ustraneniya avariynogo vybrosa [The device of elimination of emergency emission]. Patent RF no. 153362 (2015).
11. Usoltsev V.P., Yuran S.I. Dostovernost sanitarno-epidemiologicheskogo analiza stochnykh vod pri bolshom kolichestve sluchaynykh vozdeystviy i otsutstvii dominiruyushchego faktora [The validity of sanitary-epidemiological analysis of wastewater with a large number of random effects and absence of a dominant factor]. *Teoreticheskaya i prikladnaya ekologiya*. 2016, no. 3, pp. 19-24.
12. Alekseev V.A., Usoltsev V.P., Yuran S.I. Kontrol zagryazneniy stochnykh vod i promyshlennykh stokov s ispolzovaniem dvukhchastotnogo lazernogo zondirovaniya [Pollution control wastewater and industrial wastewater using two-frequency laser sounding]. *Bezopasnost v tekhnosfere*, 2017, no. 1, pp. 3-9.
13. Alekseev V.A., Usoltsev V.P., Yuran S.I. Obobshchennaya veroyatnostnaya matematicheskaya model postupleniya stochnykh vod na ochistnye sooruzheniya pri zalpovykh sbrosakh [The generalized likelihood mathematical model of receipt of sewage on treatment facilities at volley dumps]. *Intellektual'nye sistemy v proizvodstve*, 2014, no. 1 (23), pp. 108-113.
14. Alekseev V.A., Usoltsev V.P., Yuran S.I. Identifikatsiya avariynykh vybrosov v sistemakh filtratsii stochnykh vod v yavno vyrazhennykh usloviyakh mnogomernosti i neopredelennosti [Identification of accidental releases in the filtration systems of wastewater expressed in conditions of multidimensionality and uncertainty]. *Intellektual'nye sistemy v proizvodstve*, 2013, no. 2(22), pp. 173-177.
15. Usoltsev V.P. Generator posledovatelnosti sluchaynykh chisel [The sequence generator of random numbers] Avt. svid. SSSR no. 1226451 (1986).

Получено 15.07.2017

V. Alekseev, V. Usoltsev, S. Yuran, N. Devyatov

THE USE OF INTERPOLATION CONTROL OF EMISSIONS OF TECHNOGENIC AND ANTHROPOGENIC ORIGIN WITHIN THE URBANIZED TERRITORIES

In this paper a method of control of emergency discharges of technogenic and anthropogenic origin in sewage systems of industrial enterprises has been studied.

A mathematical model of the probability of detection of pollution in the sewage system has been considered. A block diagram of the installation of an interpolation control of the contamination of wastewater with the use of optoelectronic measurement of the optical density of the medium is present-

ed. For the development of an algorithm of the system operation based on the reference measurement data and the current analysis results the method of stochastic interpolation was taken as a basis; it is usually used for solving the problems of recognition, identification, learning and adaptation.

As a result, the reliability and objectivity of the analysis of wastewater discharges has been increased, which is of particular importance within the urbanized territories.

Examples of calculating the probability of the detection of contamination at an object in given time frame of an emergency process are given.

The research conducted by the authors showed that in the event of technogenic accidents under the conditions of interference to the equipment to increase the reliability of control, it is promising to use the system of optoelectronic control of medium with statistical prediction of the emergence of accidental pollutions.

To analyze the risks of accidental discharges of industrial production, it is advisable to combine the statistical approach with expert observation methods.

Keywords: emergency discharge, probability of pollution detection, change in the optical density, wastewater.

Алексеев Владимир Александрович (Ижевск, Россия) – д-р техн. наук, профессор, Ижевский государственный технический университет им. М.Т. Калашникова (426069, г. Ижевск, ул. Студенческая, 7, e-mail: alekseevv@istu.ru).

Усольцев Виктор Петрович (Ижевск, Россия) – канд. техн. наук, ведущий инженер-электроник, Ижевский государственный технический университет им. М.Т. Калашникова (426069, г. Ижевск, ул. Студенческая, 7, e-mail: vpusoltcev@mail.ru).

Юран Сергей Иосифович (Ижевск, Россия) – д-р техн. наук, профессор, Ижевский государственный технический университет им. М.Т. Калашникова (426069, г. Ижевск, ул. Студенческая, 7, e-mail: yuran-49@yandex.ru).

Девятков Никита Александрович (Ижевск, Россия) – аспирант, Ижевский государственный технический университет им. М.Т. Калашникова (426069, г. Ижевск, ул. Студенческая, 7, e-mail: scorp32@mail.ru).

Alekseev Vladimir (Izhevsk, Russian Federation) – Doctor of Technical Sciences, Professor, Kalashnikov Izhevsk State Technical University (Izhevsk, Studencheskaya str., 7, e-mail: alekseevv@istu.ru).

Usoltsev Victor (Izhevsk, Russian Federation) – Ph.D. in Technical Sciences, Leading engineer-elektronik; Kalashnikov Izhevsk State Technical University (Izhevsk, Studencheskaya str., 7, e-mail: vpusoltcev@mail.ru).

Yuran Sergey (Izhevsk, Russian Federation) – Doctor of Technical Sciences, Professor, Kalashnikov Izhevsk State Technical University (Izhevsk, Studencheskaya str., 7, e-mail: yuran-49@yandex.ru).

Devyatov Nikita (Izhevsk, Russian Federation) – Postgraduate student, Kalashnikov Izhevsk State Technical University (Izhevsk, Studencheskaya str., 7, e-mail: scorp32@mail.ru).