

Секция 1. ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ И ПРИБОРЫ, ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА БЕЗОПАСНОСТИ

УДК 504.064

АВТОМАТИЗАЦИЯ КОНТРОЛЯ СТОЧНЫХ ВОД С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАТРИЦЫ ОТНОШЕНИЯ СОСТАВЛЯЮЩИХ ПАРАМЕТРОВ СОСТАВА ВОД

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

*Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова
Ижевск, Российская Федерация*

Современное развитие промышленности, энергетики, коммунального хозяйства и других видов человеческой деятельности связано с необходимостью использования чистой и последующего сброса загрязненной воды [1].

Все сточные воды перед сбросом в водоем подвергаются очистке от вредных веществ. Для выполнения этих требований применяют механические, химические, биологические, а также комбинированные методы очистки. Состав очистных сооружений выбирают в зависимости от характеристики и количества поступающих на очистку сточных вод, требуемой степени их очистки, метода использования их осадка и от других местных условий в соответствии с нормативными и директивными документами [2, 3].

В зависимости от загрязненности и требуемой степени очистки сточных вод в состав очистных сооружений могут включаться сооружения механической, биологической, физико-химической и дополнительной очистки. В реальных системах очистки сточных вод, обычно нельзя проводить активные эксперименты, поэтому данные обычно представляют собой результаты наблюдения за происходящим процессом в течение длительного времени.

В связи с модернизацией систем фильтрации, изменением количества источников загрязнения, конкретных видов и природы загрязнений, изменения количества постоянных пользователей очистных сооружений, полученные результаты имеют приблизительный характер. Это не позволяет идентифицировать источник загрязнения, прогнозировать превышение допустимых показателей и несанкционированный сброс сточных вод, предсказать поведение систем фильтрации с необходимой степенью детальности на основе учета обозримого набора ключевых параметров. Что особенно важно, полученные статистические данные не позволяют при аварийных сбросах оценить катастрофичность ситуации [4].

Применение конкретных способов, технологий, сооружений очистки сточных вод, либо их комбинирование на каждом этапе обработки, определяется химическим составом, физическими свойствами и объемом сточных вод. В зависимости от наличия или отсутствия определенных классов загрязняющих веществ исключаются

некоторые стадии водоочистки, что служит критерием при проектировании и строительстве установок очистки воды и очистных сооружений.

Выбор технологической схемы очистки осуществляется на основе технико-экономического сравнения по приведенной стоимости на строительство и эксплуатацию сооружений согласно санитарных норм и правил. Расчет конструктивных размеров отдельных сооружений и технологических параметров при этом производится по критериям оптимальности: максимального эффекта очистки либо минимального их объема, которые выбирают при сравнении альтернативных вариантов аппаратурного оформления очистных сооружений по технико-экономическим показателям и при решении задачи размещения объектов очистных сооружений на генплане [5].

Каждому виду загрязнений и типу сточных вод соответствует метод или группа методов, пригодных для их очистки. В то же время, многие методы очистки сточных вод позволяют удалять более одного типа загрязнений, что и применяется при проектировании и строительстве установок очистки воды и очистных сооружений.

Современные предприятия становятся многопрофильными, что требует использования различного оборудования и технологий, в том числе, с распределенным во времени выпуском изделий различного профиля.

При этом задача очистки сточных вод усложняется, поскольку меняется по времени состав сточных вод. Это требует создания сложных, дорогостоящих систем очистки, фильтров сточных вод, или построения распределенной системы сточных вод, содержащей несколько канализационных каналов с различными фильтрами с возможностью перераспределения потоков сточных вод по времени.

Возникает техническая и научная задача автоматического (интеллектуального) распределения потоков по диагностике состава сточных вод и принятия решения на управление заслонками для перекрытия потоков сточных вод по канализационным ответвлениям.

Нами предложен алгоритм диагностики и распределения потоков сточных вод с анализом основных (значительных) составляющих сточных вод. На основании известной статистики основ-

ных составляющих характеристики сточных водах в пределах 10–20 показателей. Выделенные показатели можно представить в виде решетчатой функции $R\Phi = \{S_1, S_2, \dots, S_n\}$ из n составляющих (рис. 1).

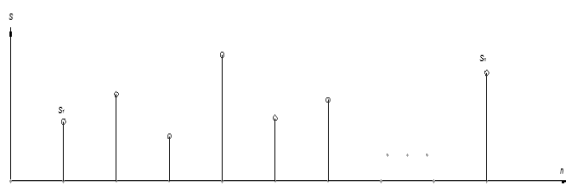


Рисунок 1 – Решетчатая функция выделенных показателей

Каждая решетчатая функция имеет свою форму огибающей, которая и определяет выбор технологии фильтрации.

Если анализировать решетчатую функцию априорно или в реальном масштабе времени, то возможно сделать выбор технологии или фильтра очистки.

Предлагается анализировать форму решетчатой функции с помощью матрицы отношений составляющих решетчатой функции $[R]$, построенную через отношения порядка между составляющими решетчатой функции [6].

$$[R] = \begin{bmatrix} S_1 R_{12} S_2 & S_1 R_{13} S_3 & S_1 R_{14} S_4 & \dots & S_1 R_{1j} S_j & \dots & S_1 R_{1n} S_n \\ & S_2 R_{23} S_3 & S_2 R_{24} S_4 & \dots & S_2 R_{2j} S_j & \dots & S_2 R_{2n} S_n \\ & & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ & & S_3 R_{3(i+1)} S_{i+1} & \dots & S_3 R_{3j} S_j & \dots & S_3 R_{3n} S_n \\ & & & \dots & \dots & \dots & \dots \\ & & & & \dots & \dots & S_{n-1} R_{(n-1)n} S_n \end{bmatrix}$$

При построении алгоритма распознавания решетчатой функции можно использовать только одну или две диагонали матрицы, что значительно упрощает процедуру распознавания.

Представление решетчатой функции в виде матрицы отношения инвариантно к линейным изменениям решетчатой функции, что имеет значение для анализа характеристик потоков с различной плотностью сточных вод.

Предложенный подход может быть использован и при фильтрации сточных вод, содержащих аварийные сбросы вредных веществ, которые априорно учтены при проектировании системы фильтрации.

Таким образом, систему сточных вод можно представить в виде схемы (рис. 2), где Z – заслонки, Φ – фильтрующее оборудование, A – анализатор характеристики потоков сточных вод, BP – блок распознавания, $БУЗ$ – блок управления заслонками.

Для определения эталона распознавания выбор основных составляющих решетчатой функции производится априорно на основании статистического анализа сточных с помощью эксперимента или вычислительной модели.

На выбор составляющих с различной формой решетчатой функции будут влиять и технологии фильтрации сточных вод.

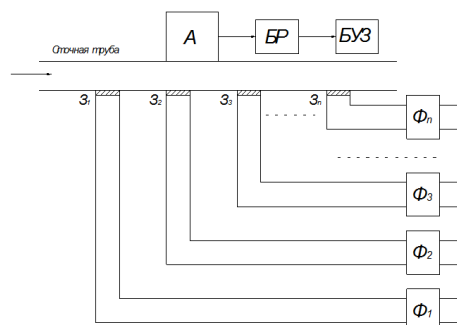


Рисунок 2 – Структурная схема системы

В результате синергетического объединения аппаратуры точной механики с электронными, электротехническими приборами и компьютерными программами, обеспечивается проектирование и производство качественно новых модулей и унифицированного оборудования с интеллектуальным управлением их функциональным движением [7, 8].

В указанном случае система контроля сточных вод [9] представлена в виде совокупности функционально объединенных измерительных, вычислительных и других вспомогательных унифицированных технических средств получения измерительной информации, ее преобразования, обработки в целях автоматического осуществления логических функций измерения, контроля, диагностики, идентификации, управления и т. д.

Предложенный аппаратно-программный комплекс контроля сточных вод позволяет регистрировать изменения физико-химических свойств растворов, воды и биологических жидкостей под влиянием эндогенных факторов, а также воздействием внешних воздействий [10]. Использование математического аппарата теории вероятностей, массового обслуживания, случайных потоков [11] позволяет оптимизировать вероятностно-временные характеристики очистных сооружений сточных вод с помощью формального представления потока поступления сточных вод на очистные сооружения потоком Эрланга, порядок которого определяется количеством налагаемых ограничений использования модульной координации и унифицированного оборудования.

Литература

1. Яковлев С.В., Карелин Я.А., Ласков Ю.М., Воронов Ю.В. Очистка производственных сточных вод. Под редакцией Яковлева С.В. – М.: Стройиздат, 1985. – 335 с.
2. Управление отходами. Сточные воды и биогаз полигонов захоронения твердых бытовых отходов: монография [Я.И. Вайсман и др.]; под ред. Я.И. Вайсмана; Пермский нац. исслед. политехнический ун-т, НИИ ЭЧ и ГОС им. А.Н. Сысина. Пермь : Изд-во Пермского нац. исслед. политехнического ун-та. 2012. – 258 с.

3. Розенгарт Т.К. Техничко-экономическое обоснование выбора проектных решений систем водоотведения и канализации/ Методические указания, СПб. – 1992.
4. Кичигин В.И. Выбор систем водоотведения в условиях неопределенности // Инженерная защита окружающей среды: Материалы докладов Международной конференции. – М.: МГУИЭ, 2000. – С. 5–16.
5. 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.
6. Алексеев В.А. Классификатор пульсовых кривых с использованием матриц отношения / В.А. Алексеев, К.И. Дизендорф, С.И. Юран // Интеллектуальные системы в производстве. – 2010. – № 1(15) – Ижевск : Изд-во ИжГТУ. – С. 231–235.
7. Жавнер В.Л. Мехатронные принципы проектирования технологического оборудования / В.Л. Жав-

- нер, А.Б. Смирнов // Конструктор-машиностроитель. – 2008. – № 3. – С. 12–15.
8. Смирнов А.Б. Элементная база автоматических машин. Мехатронные модули микроперемещений технологических машин: учеб. пособие / А.Б. Смирнов. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2008. – 172 с.
9. Алексеев В.А., Усольцев В.П., Юран С.И., Шульмин Д.Н. Комплекс контроля изменений оптической плотности сточных вод // Приборы и методы измерений. – 2018. – Том 9, № 1. – С 7–16. DOI: 10.21122/2220-9506
10. Патент РФ №153362 на полезную модель МПК G01N15/06. Устройство устранения аварийного выброса / Алексеев В.А., Девятов Н.А., Юран С.И., Усольцев В.П. – Оpubл. 20.07.2015.
11. Александровская Л.Н. Риск-ориентированный контроль содержания в воде загрязняющих веществ / Л.Н. Александровская, О.М. Розенталь // Аналитика и контроль. – 2016. – Т. 20, № 1. – С. 6–14.

УДК 620.179.17

ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ МЕАНДРОВОГО ВИХРЕТОКОВОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ К МЕХАНИЧЕСКИМ НАПРЯЖЕНИЯМ ПРИ ИЗГИБЕ В ФЕРРОМАГНЕТИКЕ

Бусько В.Н., Венгринович В.Л., Кмита К.Ю.

Государственное научное учреждение «Институт прикладной физики НАН Беларуси»
Минск, Республика Беларусь

Вихретоковый метод относится к одним из наиболее распространенных и эффективных физических методов неразрушающего контроля (НК), дефектоскопии и исследования электропроводящих материалов, изделий, деталей и конструкций. Он основан на анализе взаимодействия электромагнитного поля внешнего источника с электромагнитным полем вихревых токов (ВТ), возбуждаемых в объекте контроля переменным магнитным полем. Возбуждение и регистрация ВТ в материале производятся с помощью вихретокового преобразователя (ВП), от технических характеристик и конструкции которого зависят эффективность и достоверность получаемых результатов.

В последнее время при использовании вихретокового метода все большее распространение получают меандровые вихретоковые преобразователи (МВП) накладного типа на гибкой или негибкой основе. Такие МВП на Западе получили широкое распространение для решения различных задач НК и дефектоскопии поверхностных и нанесенных слоев в проводящих материалах [1–2], однако, в РБ еще не получили широкого распространения. В связи с этим целью работы является конструирование, испытание и исследование возможности применения МВП, в частности, для оценки механических напряжений в ферромагнитных материалах.

При испытании и оценке чувствительности МВП к механическим напряжениям (с учетом их знака) использовались различные типы и конструкции изготовленных в ИПФ НАН Беларуси

датчиков, отличающихся между собой габаритами, толщиной и видом основания, сечениями обмоток катушек возбуждения и регистрации, схемами их подключения, компоновкой и количеством одинарных МВП в матричном преобразователе, а также индуктивностью, реактивным и активным сопротивлениями [3–5].

Для исследования оценки чувствительности МВП к величине и знаку приложенных напряжений использована представленная на рис. 1 схема формирования в образце механических напряжений и место установки датчика.

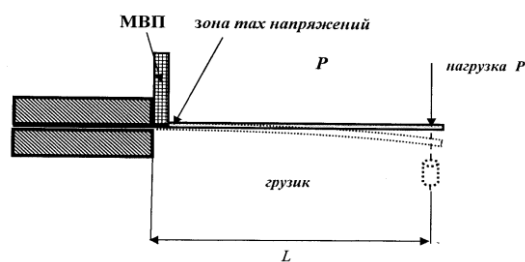


Рисунок 1 – Схема исследования и оценки чувствительности МВП к механическим напряжениям в ферромагнитном образце

В качестве МВП использовался экспериментальный макет плоского одинарного меандрового датчика с размещенными внизу корпуса карандашного типа круглого сечения $S \approx 0,8 \text{ см}^2$ двумя катушками – возбуждения и регистрации вихретокового сигнала, представляющего собой накладной преобразователь трансформаторного типа. При этом обе катушки МВП находились в одной плоскости. Для расширения функцио-