УДК 620.179

**Ю.И. Стеблев**

*Самарский технический университет*

# МОНИТОРИНГОВЫЙ КОМПЬЮТЕРНЫЙ КОНТРОЛЬ СТОЧНЫХ ВОД

Разработаны основные элементы экспериментальной установки для компьютерного мониторинга сточных вод по степени интегральной загрязненности. Показано, что применение электроемкостной компьютерной томографии позволяет производить локальное электрическое зондирование поперечного сечения потока, реализовать раздельную оценку органической и минеральной загрязненности сточных вод и тем самым локализовать источник загрязнения.

The main components of the experimental plant for computer monitoring of sewage according to the level of integral pollution have been developed. It has been shown that the use of electrocapacitant computer-aided tomography allows carrying out local electric sounding flow cross-section, separate estimation of organic and mineral pollution of sewage, and thus, it will make it possible to localize the pollution source.

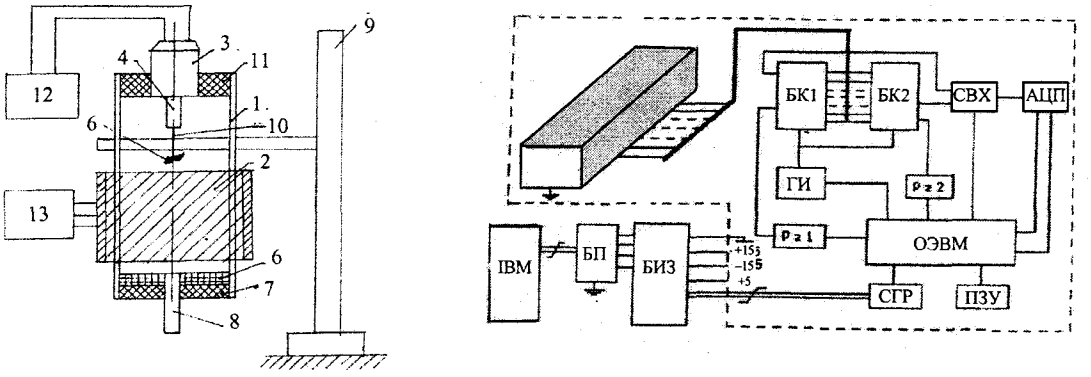
Основной источник загрязнения водоемов – промышленно-бытовые сточные воды. Загрязнения сточных вод подразделяются на минеральные (растворы солей, щелочей, металлы и т.п.) и органические (масла, нефтепродукты, фенолы и др). Загрязнения большей частью содержат около 40 % минеральных веществ и 60 % органических.

К сожалению, в настоящее время не представляется возможным реализовать непрерывный оперативный контроль (мониторинг) сточных вод по химическому составу загрязнений с выдачей значений их концентраций по каждому компоненту. Однако применение современных компьютерно-диагностических технологий позволяет создавать средства контроля сточных вод по степени интегральной загрязненности, произвести оценку минеральной и органической загрязненности в отдельности и тем самым локализовать источник загрязнения.

Реализация этих задач возможна на основе непрерывного контроля потока сточных вод в трубопроводе путем применения методов электроемкостной компьютерной томографии (ЭКТ), позволяющей диагностировать не только весь поток в целом, но и отдельные локальные области поперечного сечения этого потока и создать таким образом развитую систему обработки оперативной информации в реальном масштабе времени. Контроль ведется по величине комплексной диэлектрической проницаемости среды на сетке частот, так как удельная электрическая проводимость $\sigma$ жидкости и относительная диэлектрическая проницаемость $\varepsilon$ растворов зависят от частоты. Это дает возможность вести контроль сточных вод по комплексу электрофизических параметров $\varepsilon_{ik}$, соответствующих различным областям поперечного сечения потока.

Электромагнитное зондирование потока производится с помощью многоэлектродного электроемкостного преобразователя (МЭП), измерительные электроды которого размещены по периферии и не создают гидравлического сопротивления потоку. Одним из возможных подходом к решению задачи ЭКТ является локализация зондирующего электрического поля, созданного системой электродов МЭП в определенной области зоны контроля, и сканирование области с повышенной концентрацией электрической энергии по сечению потока. Для реализации сформулированного подхода разработана математическая модель МЭП и методика синтеза требуемого распределения электрического поля в зоне контроля. Разработанные математические модели анализа и синтеза МЭП позволили исследовать возможности локального электрического зондирования поперечного сечения потока. Для

*а* *б*




Экспериментальная установка для моделирования многофазного потока: *а* – гидродинамическая часть; *б* – электронная часть

1 – емкость для заливки смеси; 2 – блок МЭП со специальным экраном, моделирующим трубопровод; 3 – микродвигатель типа Д12-ТФ; 4 – втулка на валу двигателя; 5 – четырехлопастный винт; 6 – эпоксидная смола; 7 – пробка-пенопласт; 8 – трубка для слива смеси; 9 – стойка для крепления макета; 10 – несущая часть винта; 12 – блок питания двигателя; 13 – электронная измерительная часть установки

экспериментальных исследований возможностей контроля минеральных и органических загрязнений сточных вод разработана установка, содержащая гидродинамическую часть и компьютерную систему обработки информации (см. рисунок).

Гидродинамическая часть установки позволяет моделировать турбулентный режим течения сточных вод. Этот режим имитировался путем перемешивания смеси с помощью электродвигателя, причем равномерность распределения фаз смеси по рабочему объему МЭП контролировалась как визуально, так и с помощью специальных электродов датчика.

Электронная часть установки содержит измерительно-управляющий блок, включающий электронные коммутаторы БК1 и БК2, генератор импульсов ГИ, схему выборки-хранения СВХ, аналого-цифровой преобразователь АЦП, микропроцессор – однокристальную микроЭВМ (ОЭВМ), постоянное запоминающее устройство ПЗУ, схему гальванической развязки СГР, блок искрозащиты БИЗ, блок питания БП.

Для обработки информации сформированной в аналого-цифровом микропроцессорном блоке использовался компьютер IBM PC (note-book). Программное обеспечение экспериментальной установки включает две части: управляющую и программу вторичной обработки в совокупности с программой визуализации полученной информации и формирования изображения многофазного потока.

Наличие органических загрязнений сточных вод моделировалось с помощью керосина и нефти, а минеральных – с помощью растворенной в воде поваренной соли (NaCl). В присутствии указанных примесей диэлектрическая проницаемость контрольных смесей изменялась почти в 40 раз, диапазон изменения удельной электрической проводимости задавался концентрацией NaCl в воде. Так, при изменении концентрации NaCl в воде в диапазоне от 5 до 20 %, электропроводность раствора изменялась в диапазоне от 6,7 до 19,6 См/м. Объем контрольного образца чистой воды составлял 100 мл, объемная доля органического загрязнителя (керосин) менялась от 0 до 31,25 мл, масса минеральной примеси 12,5 мг. Эксперименты показали возможность раздельной регистрации органической и минеральной загрязненности сточных вод. Результаты измерений выходного сигнала одного из элементов МЭП следующие (в числителе и знаменателе – соответственно в опытах с чистой и минерализованной водой):

| α, % | 0 | 5,9 | 11,12 |
|---|---|---|---|
| $C_{12}$, пФ | 5,2/5,15 | 5,0/4,9 | 4,9/4,6 |
| $G_{12}$, нСм | 1,2/10,3 | 0,9/9,4 | 0,6/6,2 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| α, % | 15,8 | 20 | 23,81 |
| $C_{12}$, пФ | 4,7/4,5 | 4,4/4,3 | 4,0/3,9 |
| $G_{12}$, нСм | 0,4/5,1 | 0,2/2,3 | 0,1/1,5 |

**Примечание.** α – объемное содержание керосина в воде; $C_{12}$ и $G_{12}$ – емкость и проводимость между электродами 1 и 2 МЭП

Таким образом, измерение комплексных электрофизических параметров сточных вод на заданной сетке частот позволяет идентифицировать как минеральные, так и органические загрязнения. При этом измеряется удельная электрическая проводимость и относительная диэлектрическая проницаемость среды на каждой из заданного множества частот, а также отклонения этих параметров от нормы – чистой воды. Так, удельная электрическая проводимость чистой воды озера Байкал составляет 0,01 См/м, а проводимость сточных вод целлюлозно-бумажного комбината 0,1 См/м.

## Выводы

1. Разработана конструктивная схема и макетный образец МЭП для оценки интегральной загрязненности сточных вод.

2. Создана экспериментальная компьютерная установка для мониторинга сточных вод по комплексу электрофизических параметров.

3. Показано, что применение элементов ЭКТ для мониторинга сточных вод позволяет визуализировать локальные области поперечного сечения потока, производить раздельную оценку органической и минеральной загрязненности.