

Секция 1. ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ И ПРИБОРЫ, ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА БЕЗОПАСНОСТИ

УДК 681.785; 504.064

СИСТЕМА КОНТРОЛЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ЕСТЕСТВЕННЫХ ВОДОЕМОВ МИКРОЧАСТИЦАМИ

Алексеев В.А.¹, Юран С.И.², Усольцев В.П.¹

¹Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова,

²Ижевская государственная сельскохозяйственная академия
Ижевск, Российская Федерация

Аннотация. Рассмотрена система контроля загрязнений водоемов микрочастицами (мелкие фракции пластика), которая устанавливается на передвижную надводную или подводную станцию. Система снабжена устройством для непрерывного пропускания потока воды через измерительный блок на основе оптоэлектронного лазерного датчика. Для получения достоверной оценки степени загрязнения водной среды в виде мелких частиц предлагается использовать устройство для закручивания потока жидкости в виде спиралевидной геликоидальной трубы. При этом легкие фракции, содержащие различные загрязнители, включая микрочастицы пластика, концентрируются в центре потока, что повышает достоверность их обнаружения при лазерном зондировании.

Ключевые слова: загрязнение водоемов, лазерный датчик, микрочастицы, органические загрязнители, система контроля.

MICROPARTICLE POLLUTION CONTROL SYSTEM FOR NATURAL RESERVOIRS

Alekseev V.¹, Yuran S.², Usoltsev V.¹

¹Kalashnikov Izhevsk State Technical University,

²Izhevsk State Agricultural Academy
Izhevsk, Russia

Abstract. A system for monitoring water pollution with microparticles (small fractions of plastic), which is installed on a mobile surface or underwater station, is considered. The system is equipped with a device for continuous transmission of water flow through the measuring unit based on an optoelectronic laser sensor. To obtain a reliable assessment of the degree of contamination of the aquatic environment in the form of small particles, it is proposed to use a device for twisting the liquid flow in the form of a spiral helical tube. At the same time, light fractions containing various pollutants, including plastic microparticles, are concentrated in the center of the flow, which increases the reliability of their detection during laser sensing.

Key words: pollution of water bodies, laser sensor, microparticles, organic pollutants, control system.

Адрес для переписки: Юран С.И., ул. Студенческая, 11, г. Ижевск 426069, Российская Федерация
e-mail: yuran-49@yandex.ru

В последние годы существует проблема загрязнения естественных водоемов (рек, озер, морей, океанов) мелкими частицами, образующимися в результате разрушения изделий из пластмасс, в том числе из полиэтилена, различных органических загрязнителей. Следы этих загрязнений обнаруживаются даже в Арктике. Некоторые виды загрязнений активно влияют на морскую фауну и флору, проникая внутрь различных живых объектов, что приводит к гибели или мутации живого мира.

Известные системы и приборы, определяющие содержание частиц в процессе прокачки воды из естественного водоема, как правило, имеют низкую достоверность и не позволяют проводить оценку загрязнений в виде мелких включений из пластмассы, в том числе полиэтилена. Этот же недостаток имеют и лабораторные методы анализа, основанные на взятии и анализе проб, а также лидарные оценки с использованием аэро-, космических объектов. Малая плотность объектов и малая масса частиц не позво-

ляют фиксировать их с лидаров, а взятие проб не дает достоверную оценку огромных территорий естественных водоемов.

Поэтому задачей настоящей работы является разработка системы для обнаружения и оценки степени загрязнений в виде мелких частиц (легких фракций), содержащихся в естественных водоемах и системах очистки воды.

В работе для получения достоверной оценки степени загрязнения водной среды в виде мелких включений из пластмассы предлагается использовать устройства для закручивания потоков жидкости [1–3]. К ним относится спиралевидная геликоидальная труба Шаубергера. В результате применения устройства закручивания потоков жидкости водный поток в трубе разделяется на легкие и тяжелые фракции. Тяжелые фракции концентрируются ближе к стенкам трубы. Легкие фракции, содержащие различные загрязнители, включая микрочастицы пластика, концентрируются в центре потока. Подобные устройства используются при перекачке смесей жидкости и

руды, перекачки нефтепродуктов, а также для очистки жидкостей от мелкодисперсных загрязнителей в виде различных загрязняющих частиц, например, в виде песка.

Структурная схема системы для контроля содержания микрочастиц в воде представлена на рис. 1.

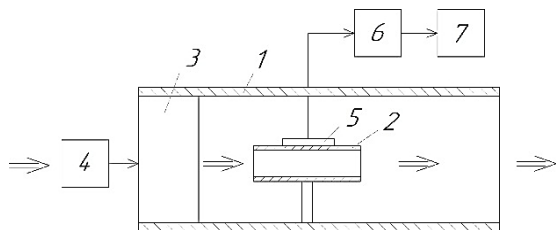


Рисунок 1 – Структурная схема системы

Система содержит пробозаборную емкость 1 в виде трубы с входным и выходным отверстиями, внутри которой размещена цилиндрическая оболочка 2 с меньшим диаметром, установленная соосно с пробозаборной емкостью 1.

На входе пробозаборной емкости 1 установлена спиралевидная геликоидальная труба 3, соединенная с насосом 4 для подачи жидкости из водоема, при этом цилиндрическая оболочка 2 размещена по центру пробозаборной емкости 1 и прикреплена кронштейном 4 к стенке пробозаборной емкости 1.

Внутри цилиндрической оболочки 2 размещен оптоэлектронный лазерный датчик 5, работающий, например, в инфракрасном диапазоне спектра [4, 5], и предназначенный для фиксации загрязнений в виде мелких частиц. В качестве источника излучения оптоэлектронного датчика может использоваться лазерный диод типа GN04850B2G с мощностью излучения 55 мВт.

Выход датчика 5 через измерительный блок 6, предназначенный для преобразования и предварительной обработки сигналов с оптоэлектронного лазерного датчика 5, соединен с бортовым компьютером 7, который производит подсчет количества порций загрязнений за определенное время. Это позволяет производить оценку загрязнения водоемов.

Измерительный блок 6 может быть выполнен на основе микроконтроллера, содержащего микропроцессорное ядро, соединенное системной шиной с FLASH-памятью программ, SRAM-памятью данных, многоканальным аналого-цифровым преобразователем, к одной из линий которого подключен выход датчика 5, и универсальным асинхронным передатчиком UART, выход которого подключен к бортовому компьютеру.

Система контроля функционирует следующим образом.

Блоки системы устанавливаются на передвижную надводную или подводную станцию,

например, на базе малых судов, которая движется в акватории, выбранной для исследований, в естественном водоеме. При ее движении вода с помощью насоса 4 закачивается в геликоидальную трубу Шаубергера 3. При движении жидкости по трубе Шаубергера 3 происходит ее раскручивание. При этом тяжелые фракции загрязнений прижимаются к стенкам пробозаборной емкости 1, а легкие фракции загрязнений концентрируются в центре пробозаборной емкости 1, проникая во внутреннюю оболочку 2. Оптоэлектронный лазерный датчик 5 фиксирует загрязнение (легкие фракции) и через измерительный блок 6 передает сигнал в бортовой компьютер 7, который производит подсчет порций загрязнений, например, в виде мелких частиц пластика по времени, что позволяет получить оценку загрязнения полученных проб протекающей жидкости. После выхода воды из внутренней оболочки 2 и пройдя через водозаборную емкость 1 вода возвращается в водоем.

Степень загрязнения будет оцениваться количеством обнаруженных порций микрочастиц к объему прошедшей через трубу жидкости. Чем большее количество жидкости пройдет через трубу, тем более достоверной будет оценка загрязнения водоема в выделенной для исследования акватории.

Таким образом, разработанная система контроля позволяет более точно определить загрязнение акватории водоема микрочастицами, например, мелкими фракциями пластика и органики, что повышает степень экологической безопасности естественных водоемов и систем очистки воды. Результаты, получаемые с помощью системы контроля, могут оперативно использоваться в дальнейшем для очистки водной среды от этого вида загрязнений.

За счет использования в составе системы измерительного блока, выполненного на основе микроконтроллера, обеспечивается более высокая производительность определения процента (степени) загрязнения акватории водоема.

Литература

1. Гельмгольц, Г. Основы вихревой теории / Г. Гельмгольц. – М. : ИКИ, 2002. – 82 с.
2. Гринспен, Х. Теория вращающихся жидкостей / Х. Гринспен. – Л. : Гидрометеиздат, 1975. – 304 с.
3. Шаубергер, В. Энергия воды / В. Шаубергер. – М.: «Яуза», «Эксмо», 2007. – 320 с.
4. Опико-электронные системы экологического мониторинга природной среды / В. И. Козинцев [и др.] ; под ред. В. Н. Рождествина. – М. : Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. – 527 с.
5. Комплекс контроля изменений оптической плотности сточных вод / В. А. Алексеев [и др.] // Приборы и методы измерений. – 2018. – Т. 9, № 1. – С. 7–16.