

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УСТРАНЕНИЯ АВАРИЙНЫХ СБРОСОВ ПРЕДПРИЯТИЙ АПК

Гусенников Евгений Николаевич¹, Юран Сергей Иосифович²✉,
Усольцев Виктор Петрович³

^{1,2}Удмуртский ГАУ, Ижевск, Россия

³ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, Ижевск, Россия

²yuran-49@yandex.ru

Аннотация. Целью работы является создание универсальной и масштабируемой автоматизированной системы устранения аварийных сбросов различных предприятий, в том числе и предприятий АПК. Обоснована необходимость введения в конструкцию системы дополнительных отводов от основной трубы со специализированными фильтрами на конкретные загрязняющие вещества, которые могут оказаться в водной среде в результате аварийного сброса предприятия. Необходимость введения в схему установки дополнительных отводов со специализированными фильтрами на их выходе объясняется возможностью продления срока службы основного дорогостоящего очистительного фильтра, который, как правило, не предназначен для фильтрации ряда аварийных сбросов. В качестве основного механизма распределения по отводящим трубопроводам жидкости, проходящей по сточной трубе, используется вращающаяся вокруг своей оси заслонка в виде цилиндрического распределителя потока, размещенного в месте разветвления трубы на четыре трубопровода. В измерительной части системы используются оптоэлектронные датчики, настроенные на возможные загрязняющие вещества, которые могут попасть в водную среду от конкретного предприятия. Установка позволяет автоматически контролировать изменение оптической плотности водной среды, протекающей по трубопроводу, и в случае обнаружения загрязнения в виде аварийных сбросов изменять положение заслонки для отвода загрязненной воды для дополнительной фильтрации или в отстойник. Разработаны алгоритм и электрическая схема автоматизированной системы на базе микроконтроллера. Использование системы позволяет снизить риск загрязнения окружающей среды, продлить срок службы общего дорогостоящего фильтра очистки и уменьшить степень участия обслуживающего персонала при слежении за загрязнениями в системе сточных вод предприятия. Расчеты показали, что вероятность применения необоснованных экологических санкций снижается на 10 %, а относительная погрешность нанесения невозможного вреда окружающей среде снижается в 2 раза.

Ключевые слова: автоматизированная система, алгоритм и программа работы микроконтроллера, аварийные сбросы, оптоэлектронные датчики.

Для цитирования: Гусенников Е. Н., Юран С. И., Усольцев В. П. Автоматизированная система устранения аварийных сбросов предприятий АПК // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. 2024. № 3(79). С. 99-106. https://doi.org/10.48012/1817-5457_2024_3_99-106.

Введение. На протяжении многих лет экологи различных стран обращают особое внимание на загрязнение сточных вод вредными сбросами промышленных предприятий. На промышленных предприятиях образуются большие объемы сточных вод, которые содержат высокие концентрации загрязняющих веществ. К сожалению, на данном этапе развития производства полностью отказаться от вредных для окружающей среды предприятий невозможно, поэтому одной из важных задач является уменьшение влияния промышленных отходов на окружающую среду [6, 7, 9].

Нередко возникают аварийные ситуации, в результате которых загрязняющее вещество может попасть в сточные воды предприятия и далее в открытую водную среду [3, 14, 15]. К ним можно отнести, например, разгерметизацию резервуаров (емкостей) для хранения масла, нефти и др., сбои в работе очистных сооружений перерабатывающих предприятий АПК, в том числе птицефабрик, маслозаводов, при таянии снега или затяжных дождях, когда вместе с талой или дождевой водой в сточные воды могут попасть навозные стоки сельскохозяйственных предприятий, антибиотики и др. [2].

Актуальность исследования заключается в необходимости разработки систем защиты сточных вод от промышленных сбросов, позволяющих повысить уровень защиты окружающей среды, что положительно скажется в том числе и на здоровье людей.

Целью работы является создание универсальной и масштабируемой автоматизированной системы устранения аварийных сбросов различных предприятий, в том числе и предприятий АПК.

В задачи настоящего исследования входила разработка структуры системы защиты сточных вод от сбросов загрязнений, конструкции системы и ее основного узла – механизма распределения по трубопроводам потоков жидкости, обобщенной технологической и электрической схем данной системы, а также разработка алгоритма действия программы управления системой.

Материал и методы исследования. На основе анализа известных технических решений, используемых при построении систем, снижающих возможность попадания аварийных сбросов в сточные воды [1, 11], для расширения функциональных возможностей таких решений предложен вариант автоматизированной системы устранения аварийных сбросов, позволяющий использовать ее для защиты водной среды от загрязнений в различных областях АПК. Обоснована необходимость введения в конструкцию системы дополнительных отводов от основной трубы со специализированными фильтрами на конкретные загрязняющие вещества, которые могут оказаться в водной среде в результате аварийного сброса предприятия.

Результаты исследования. На рисунке 1 представлена общая схема разработанной автоматизированной системы защиты сточных вод от сбросов загрязнений, перемещающихся в потоке водной среды в сточном трубопроводе.

В качестве основного механизма распределения проходящей по трубе 1 жидкости по трубопроводам 3 используется заслонка в виде цилиндрического распределителя потока 2 [5]. Распределитель размещен в месте разветвления трубы 1 на четыре трубопровода. Благодаря цилиндрической форме заслонки она может делать полный оборот вокруг своей оси вращения и возвращаться в исходное положение. Для ускорения переключения распределителя на необходимую трубу, отводящую жидкость, имеется возможность использовать электродвигатель с функцией изменения на-

правления вращения вала. Однако был выбран вариант без реверсирования двигателя, позволяющий снизить сложность вычислительной программы для микроконтроллера, а также повысить механическую и электрическую надежность установки.

Количество ответвлений в распределителе определяется числом возможных загрязнителей. Так, например, при настройке системы на два возможных и заранее известных загрязнителя, которые могут попасть в сточные воды от известного предприятия или предприятий, необходимо использовать 4 отвода от основного трубопровода: 1) отвод через первый специализированный фильтр для очистки водной среды от первого загрязнителя, например, нефти; 2) отвод через второй специализированный фильтр для очистки воды от второго загрязнителя, например, растительного или трансформаторного масла; 3) отвод жидкости в резервуар-отстойник в случае присутствия в водной среде одновременно обоих загрязнителей и 4) отвод воды через общий очистительный фильтр напрямую в сточные воды при отсутствии в водной среде обоих видов загрязнений.

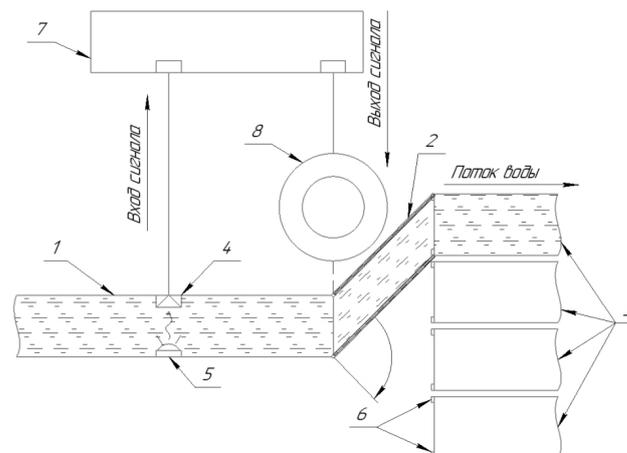


Рисунок 1 – **Общая структура системы защиты сточных вод от сбросов загрязнений:**

- 1 – трубопровод с жидкостью; 2 – вращающийся распределитель потока жидкости; 3 – трубы, отводящие жидкость; 4 – фотоприемные устройства оптоэлектронных датчиков; 5 – источники оптического излучения датчиков; 6 – концевые выключатели на отводящих трубах; 7 – промышленный контроллер; 8 – электродвигатель, вращающий распределитель потока 2

Необходимость введения в схему установки дополнительных отводов со специализированными фильтрами на их выходе объясняется возможностью продления срока службы основного дорогостоящего очистительного фильтра, который, как правило, не предназначен

для фильтрации ряда аварийных сбросов. В результате данный фильтр может засориться значительно раньше, если на него кроме обычных загрязняющих веществ будут поступать еще и аварийные сбросы.

В данном аспекте система является универсальной, что позволяет масштабировать ее на необходимое количество загрязнителей согласно техническим требованиям.

На рисунке 2 показан эскиз распределительной заслонки в системе трубопровода. Белой стрелкой изображен проходящий через нее поток жидкости, а черными значками в виде перечеркнутого круга обозначены трубы, по которым жидкость не протекает. При управлении вращением распределителя поток воды можно перенаправить в соответствующую трубу. Для отслеживания положения заслонки используются концевые выключатели, установленные на отводных трубах и на распределительной заслонке. При вращении заслонки контакты концевых выключателей соприкасаются, в результате чего на управляющий блок (контроллер) подается сигнал об успешном соединении распределительной заслонки и необходимой трубы.

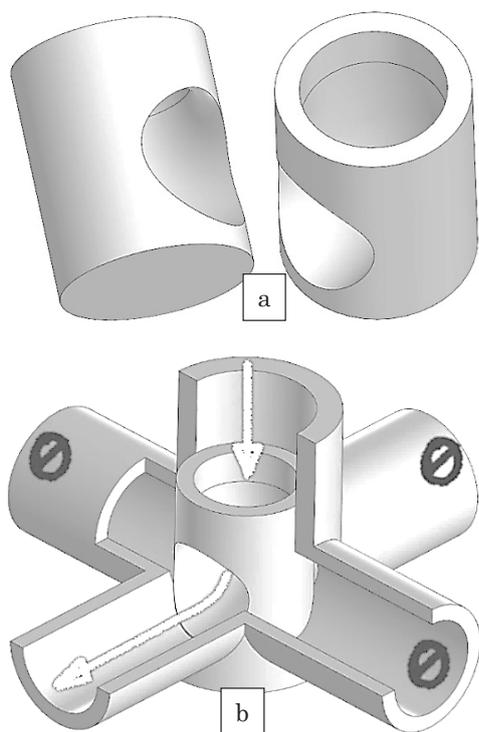


Рисунок 2 – Распределительная заслонка в системе трубопровода:

- а – конструкция цилиндрической заслонки;
- б – расположение заслонки внутри трубопровода

Для управления системой применяется промышленный контроллер, поддерживаю-

щий стандарт МЭК 61131-3. Контроллер получает информацию от оптоэлектронных датчиков и после ее обработки подает сигнал на устройство воздействия на систему. Для макета установки был выбран микроконтроллер типа ПЛК150 компании «ОВЕН» [12].

Измерительная часть системы состоит из нескольких планарных или трансмиссионных оптоэлектронных датчиков, фотоприемные устройства которых воспринимают отраженное или прошедшее через водную среду оптическое излучение [3–7, 8–10]. Для определения нефтесодержащих продуктов для датчиков были выбраны источники оптического излучения типа BLD-SMD5050UV1W-LG365 и BLD-SMD3535UV-J310, излучающие свет в UV-A (длина волны 365 нм) и UV-B (длина волны 310 нм) диапазонах соответственно. В качестве фотоприемных устройств оптоэлектронных датчиков выбраны фотоэлементы марки GY-ML8511, способные работать в двух режимах UV-A и UV-B. При наличии загрязнения амплитуда оптического сигнала, достигающего фотоприемника, ослабляется, что свидетельствует об изменении состава жидкости. На рисунке 3 приведены графики, иллюстрирующие изменение напряжения на выходе измерительного тракта системы при отсутствии (рис. 3а) и наличии (рис. 3б) загрязнений в воде, протекающей по трубопроводу [8].

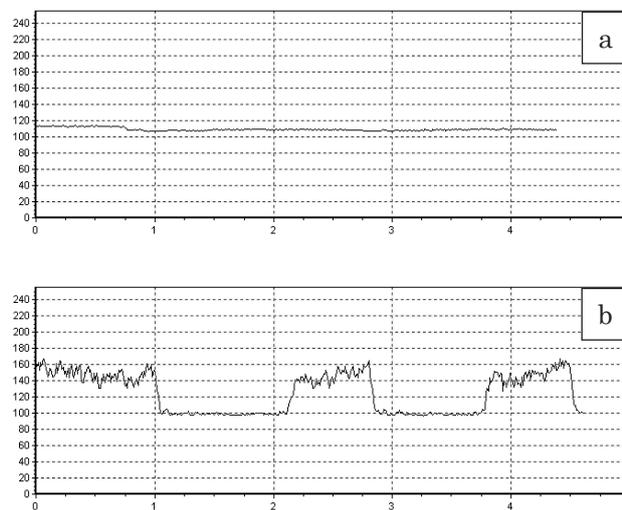


Рисунок 3 – Графики изменения напряжения на выходе измерительного канала системы: при отсутствии (а) и наличии (б) загрязнений в трубопроводе с протекающей жидкостью

Для повышения достоверности и надежности выявления загрязняющего вещества используются мультиспектральные датчики, настроенные на заданные длины волн в спек-

тре поглощения каждого из загрязняющих веществ [17]. При этом для источников излучения необходимо выбирать значения длин волн, не совпадающие для обоих загрязнителей.

При настройке системы на аварийные сбросы в виде нефтесодержащих продуктов, например, на трансформаторное масло [8, 18], целесообразно использовать датчики с источниками излучения, работающими в УФ-диапазоне спектра, так как в диапазоне длин волн 250–400 нм происходит сильное поглощение оптического излучения [4]. На рисунке 4 представлен график зависимости поглощения оптического излучения нефтью от длины волны падающего оптического излучения [19].

На рисунке 5 изображена обобщенная технологическая схема, поясняющая функционирование системы.

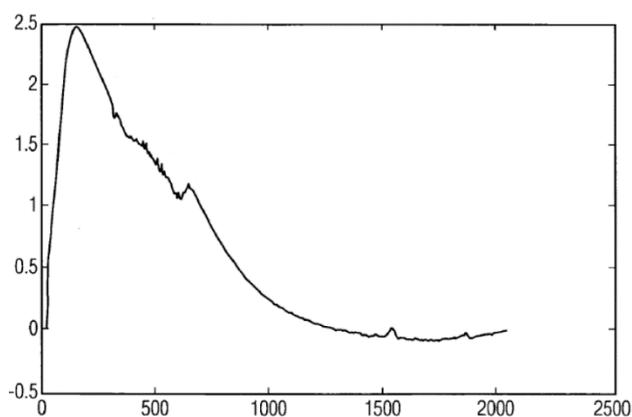


Рисунок 4 – График зависимости поглощения оптического излучения нефтью (в относительных единицах) от длины волны падающего излучения (нм)

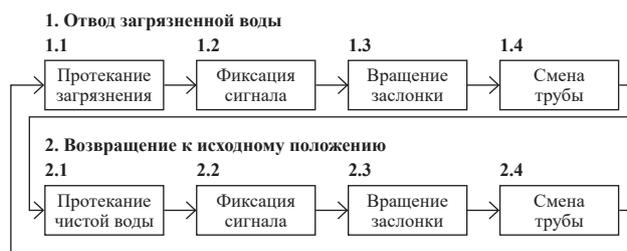


Рисунок 5 – Обобщенная технологическая схема работы системы

При обнаружении с помощью оптоэлектронных датчиков аварийного сброса в протекающей по основной трубе жидкости контроллер анализирует, какое загрязняющее вещество присутствует в водной среде, и вырабатывает управляющий сигнал на включение электродвигателя распределительной заслонки и ее поворот для перенаправления загрязняющего вещества в соответствующий отвод. В результате загрязненная жидкость направляется в со-

ответствующий трубопровод для дополнительной фильтрации или отстойник (блоки 1.1–1.4 технологической схемы). При протекании незагрязненной аварийными сбросами воды за счет соответствующего поворота заслонки водный поток направляется по трубе, соединенной с общим фильтром системы очистки (блоки 2.1–2.4 технологической схемы).

Согласно представленной выше технологической схеме работа системы включает в себя следующие этапы:

1. Отвод загрязненной воды.

1.1 При протекании по трубе, например, стужка трансформаторного масла или нефти, оптическая плотность жидкости повышается, что изменяет сигнал на выходе оптоэлектронных датчиков.

1.2 По полученным с датчиков сигналам контроллер определяет, какой вид загрязнителя протекает по основной трубе, и подает сигнал на включение электродвигателя.

1.3 Двигатель вращает заслонку распределителя потока до момента открытия трубы для отвода загрязненной воды через соответствующий специализированный очистительный фильтр.

1.4 При повороте заслонки на заданный угол и соединении основного трубопровода с необходимым отводом вал электродвигателя останавливается и жидкость начинает протекать по трубе с соответствующим фильтром.

2. Возвращение к исходному положению.

2.1 После окончания протекания загрязнителя светопропускание водной среды возвращается к исходному состоянию, что изменяет сигналы на выходе оптоэлектронных датчиков.

2.2 Контроллер анализирует сигналы с датчиков и определяет, что в основном трубопроводе отсутствует загрязнение, и подает сигнал на включение электродвигателя.

2.3 Двигатель вращает заслонку распределителя потока до момента открытия трубы, отводящей водный поток через общий очистительный фильтр напрямую в сточные воды.

2.4 По достижении заслонкой распределителя необходимой трубы двигатель останавливает вращение заслонки, и жидкость протекает по трубе без специализированного фильтра.

Таким образом, установка позволяет автоматически контролировать изменение оптической плотности водной среды, протекающей по трубопроводу, и в случае обнаружения загрязнения в виде аварийных сбросов изменять положение заслонки для отвода загрязненной воды для дополнительной фильтрации

или в отстойник. После протекания загрязнения система автоматически устанавливается в исходное положение, в результате чего по основной трубе на основной очистительный фильтр вновь протекает водный поток, не загрязненный аварийными сбросами.

На рисунке 6 приведена принципиальная электрическая схема разработанной системы.

Для обеспечения функционирования системы защиты сточных вод предприятия от аварийных сбросов загрязняющих веществ разработана программа для промышленного контроллера [16], представляющая собой алгоритм автоматического управления электродвигателем, который воздействует на распределительную заслонку в трубопроводе. Благодаря выбранному стандарту программы МЭК 61131-3 программа может запускаться на множестве аналогичных контроллеров. При этом программа обладает универсальной структурой, что позволяет использовать ее в различных типовых и схожих схемах защиты сточных вод от загрязнения.

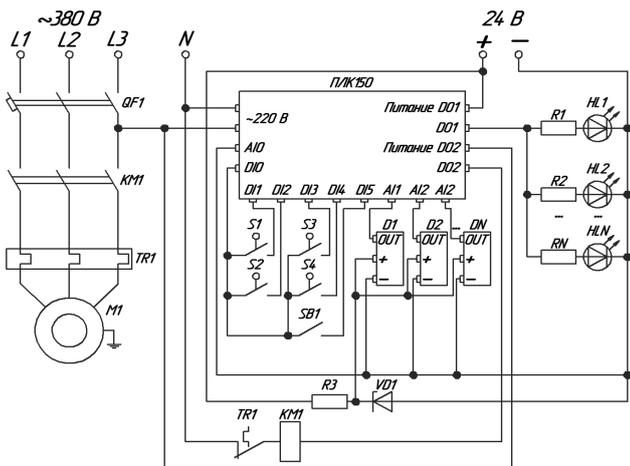


Рисунок 6 – Принципиальная электрическая схема системы:

M1 – асинхронный электродвигатель; ПЛК150 – программируемый логический контроллер; S1, S2, S3, S4 – концевые выключатели контроля положения заслонки распределителя потока; мультиспектральные оптоэлектронные датчики, состоящие из источников излучения HL1, HL2, и фотоприемных устройств D1, D2; SB1 – кнопка включения системы автоматики

На рисунке 7 приведена упрощенная логическая блок-схема программы управления системой. Согласно блок-схеме, работа программы имеет следующую логику:

1. С блока № 1 начинается работа программы.
2. После начала работы программы в блоке № 3 происходит считывание значений сигнала-

лов с оптоэлектронных датчиков и концевых выключателей.

3. Далее в блоке № 4 происходит сравнение значений сигналов оптоэлектронных датчиков с заданными значениями, соответствующими оптической плотности незагрязненной воды; тем самым программа определяет, имеются ли загрязнения в жидкости.

4. В блоках № 5 и 6 сверяются значения с концевых выключателей, тем самым определяется положение распределителя потока.

5. В случае, если распределитель повернут к требуемому отводу, то блоки № 8 и 10 выключают электродвигатель; в противном случае блоки № 7 и 9 активируют вращение распределителя.

Блоки № 2, 11 и 12 являются связующими, то есть когда функционирование программы доходит до блоков № 11 или 12, дальнейшая работа программы продолжается с блока № 2.

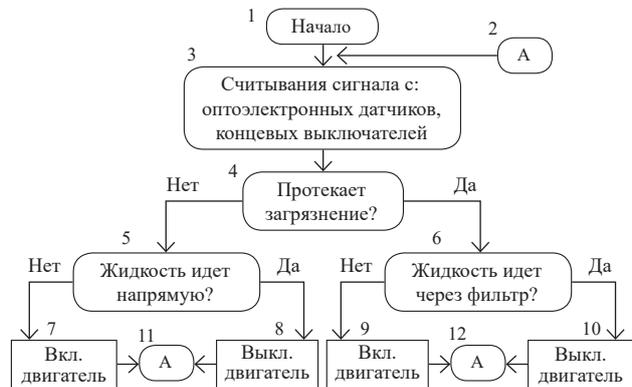


Рисунок 7 – Упрощенная логическая блок-схема работы программы управления системой

Таким образом, программа непрерывно повторяет процесс измерения изменений оптической плотности водной среды, анализа собранной информации и управления системой. В результате водный поток, поступающий на общий очистительный фильтр, не содержит загрязнений в виде аварийных сбросов.

Вывод. Рассмотренная автоматизированная система устранения аварийных сбросов конкретного предприятия, выбранного в качестве объекта мониторинга, является универсальным решением, направленным на своевременное (оперативное) предотвращение загрязнения окружающей среды вредными веществами в виде сгустков от различных аварий. Система позволяет снизить риск загрязнения окружающей среды, продлить срок службы общего фильтра очистки и уменьшить степень участия обслуживающего пер-

сонала при слежении за загрязнениями в системе сточных вод предприятия.

Использование полученных аналитических выражений из статьи [13], опубликованной авторами настоящей работы, предлагающей аналитический подход к определению эффективности системы устранения аварийных сбросов предприятия, показывает, что при настройке разработанной системы на обнаружение аварийных сбросов в виде нефтесодержащих продуктов, введении в конструкцию системы унифицированных блоков, использовании датчиков с источниками излучения, работающими в УФ-диапазоне спектра, вероятность применения необоснованных экологических санкций снижается на 10 %, а относительная погрешность нанесения невозместимого вреда окружающей среде уменьшается в 2 раза.

Список источников

1. Автоматизированные системы управления объектами и автоматическими средствами сбора, передачи и обработки информации производства АКСИТЕХ // Сфера. Нефть и газ. 2023. № 2. С. 62–65.

2. Алексеев В. А., Усольцев В. П., Юран С. И. Управление аварийными сбросами водопотребления перерабатывающих предприятий АПК // Научное и кадровое обеспечение АПК для продовольственного импортозамещения: материалы Всероссийской научно-практической конференции. 16–19 февраля 2017 года, г. Ижевск. В 3 т. Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2017. Т. 1. С. 230–234.

3. Акимов В. А. Природные и техногенные чрезвычайные ситуации: опасности, угрозы, риски. Москва: Деловой экспресс, 2001. 341 с.

4. Бурханов Р. Н., Ибрагимов И. И., Ханнанов М. Т. Отбор, подготовка и оптико-реологические лабораторные исследования проб нефти // Ученые записки Альметьевского государственного нефтяного института. Альметьевск: АГНИ, 2015. Т. 14. С. 249–255.

5. Гусенников, Е. Н. Модернизация системы автоматического распределения потоков промышленных сточных вод [Электронный ресурс] // Научные труды студентов Ижевской ГСХА. 2022. № 2 (15). С. 619–622.

6. Кигель А. А., Чернокозинский Д. А. Контроль содержания нефтепродуктов в системах оборотного водоснабжения // Автоматизация в промышленности. 2014. № 5. С. 30–33.

7. Комаров В. И., Мануйлова Т. А. Проблемы экологии в пищевой промышленности // Экология и промышленность России. 2002. № 6. С. 4–5.

8. Комплекс контроля изменений оптической плотности сточных вод / В. А. Алексеев, В. П. Усольцев, С. И. Юран, Д. Н. Шульмин // Приборы и методы измерений. 2018. Т. 9. № 1. С. 7–16. DOI: 10.21122/2220-9506-2018-9-1-7-16.

9. Крылов И. О., Ануфриева С. И., Исаев В. И. Установка доочистки сточных и ливневых вод от не-

фтепродуктов // Экология и промышленность России. 2002. № 6. С. 17–19.

10. Оптические датчики контроля и мониторинга различных жидкостей, питьевой воды и сточных вод «Optek» [Электронный ресурс]. URL: <http://optek.com> (дата обращения: 22.02.2024).

11. Патент № 2792152 РФ. МПК G01N 21/31. Устройство контроля аварийных сбросов / Алексеев В. А., Усольцев В. П., Юран С. И. Заявка № 2022122806 от 24.08.2022, ФГБОУ ВО УдГАУ. Опубл.: 17.03.2023, Бюл. № 8.

12. ПЛК100/150/154 контроллеры для малых систем – ОВЕН [Электронный ресурс]. URL: https://owen.ru/product/plk100_150_154 (дата обращения 20.02.2024).

13. 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.

14. Шахмарьян М. А., Акимов В. А., Козлов К. А. Уральский регион России – опасности природного, техногенного и экологического характера // Экология и промышленность России. 2002. № 3. С. 4–8.

15. Щербakov Б. Я., Чиликин А. Я. Залповые сбросы производственных сточных вод и их последствия // Экология и промышленность России. 2002. № 7. С. 39–40.

16. Юран С. И., Гусенников Е. Н. Программа для системы автоматического устранения аварийных сбросов в сточные воды / Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022664319 РФ. № 2022662836: заявл. 06.07.2022; опубл. 27.07.2022 / заявитель ФГБОУ ВО ИжГСХА.

17. Alekseev V. A., Yuran S. I., Usoltsev V. P., Shulmin D. N. System of Laser Monitoring of Water Pollution with Application of Relative Description of Signal Shape. Devices and Methods of Measurements. 2020; 11(2): 114–121. DOI: 10.21122/2220-9506-2020-11-2-114-121.

18. Gu Z., Chen W., Du L. et al. Application of Raman spectroscopy for the detection of acetone dissolved in transformer oil. Journal of Applied Spectroscopy. 2018; 85(2): 205–211. DOI: 10.1007/s10812-018-0636-2.

19. US Patent Application Publication No. US 2006/0142955 A1. In Situ Optical Computation Fluid Analysis System and Method / Jones, C.M.; Erlod, L. W. June 29, 2006.

References

1. Avtomatizirovannye sistemy upravleniya ob'ektami i avtomaticheskimi sredstvami sbora, peredachi i obrabotki informacii proizvodstva AKSITEKH // Sfera. Neft' i gaz. 2023. № 2. S. 62–65.

2. Alekseev V. A., Usol'cev V. P., Yuran S. I. Upravlenie avarijnymi sbrosami vodopotrebleniya pererabatyvayushchih predpriyatij APK // Nauchnoe i kadrovoe obespechenie APK dlya prodovol'stvennogo importozameshcheniya: materialy Vserossijskoj nauchno-prakticheskoj konferencii. 16–19 fevralya 2017 goda, g. Izhevsk. V 3 t. Izhevsk: FGBOU VO Izhevskaya GSKHA, 2017. T. 1. S. 230–234.

3. Akimov V. A. Prirodnye i tekhnogennye chrezvychajnye situacii: opasnosti, ugrozy, riski. Moskva: Delovoj ekspress, 2001. 341 s.
4. Burhanov R. N., Ibragimov I. I., Hannanov M. T. Otkor, podgotovka i optiko-reologicheskie laboratornye issledovaniya prob nefi // Uchenye zapiski Al'met'evskogo gosudarstvennogo nefyanogo instituta. Al'met'evsk: AGNI, 2015. T. 14. S. 249–255.
5. Gusennikov, E. N. Modernizaciya sistemy avtomaticheskogo raspredeleniya potokov promyshlennyh stochnyh vod [Elektronnyj resurs] // Nauchnye trudy studentov Izhevskoj GSKHA. 2022. № 2 (15). S. 619–622.
6. Kigel' A. A., Chernokozinskij D. A. Kontrol' sodержaniya nefteproduktov v sistemah oborotnogo vodosnabzheniya // Avtomatizaciya v promyshlennosti. 2014. № 5. S. 30–33.
7. Komarov V. I., Manujlova T. A. Problemy ekologii v pishchevoj promyshlennosti // Ekologiya i promyshlennost' Rossii. 2002. № 6. S. 4–5.
8. Kompleks kontrolya izmenenij opticheskoy plotnosti stochnyh vod / V. A. Alekseev, V. P. Usol'cev, S. I. Yuran, D. N. Shul'min // Pribory i metody izmerenij. 2018. T. 9. № 1. S. 7–16. DOI: 10.21122/2220-9506-2018-9-1-7-16.
9. Krylov I. O., Anufrieva S. I., Isaev V. I. Ustanovka doochistki stochnyh i livnevnyh vod ot nefteproduktov // Ekologiya i promyshlennost' Rossii. 2002. № 6. S. 17–19.
10. Opticheskie datchiki kontrolya i monitoringa razlichnyh zhidkostej, pit'evoj vody i stochnyh vod «Optek» [Elektronnyj resurs]. URL: <http://optek.com> (data obrashcheniya: 22.02.2024).
11. Patent № 2792152 RF. MPK G01N 21/31. Ustrojstvo kontrolya avariynyh sbrosov / Alekseev V. A., Usol'cev V. P., Yuran S. I. Zayavka № 2022122806 ot 24.08.2022, FGBOU VO UdGAU. Opubl.: 17.03.2023, Byul. № 8.
12. PLK100/150/154 kontrollery dlya malyh sistem – OVEN [Elektronnyj resurs]. URL: https://owen.ru/product/plk100_150_154 (data obrashcheniya 20.02.2024).
13. Usol'cev V. P., Yuran S. I. Dostovernost' sanitarno-epidemiologicheskogo analiza stochnyh vod pri bol'shom kolichestve sluchajnyh vozdeystvij i otsutstvii dominiruyushchego faktora // Teoreticheskaya i prikladnaya ekologiya. 2016. № 3. S. 19–24.
14. Shahmar'yan M. A., Akimov V. A., Kozlov K. A. Ural'skij region Rossii – opasnosti prirodnoho, tekhnogennogo i ekologicheskogo haraktera // Ekologiya i promyshlennost' Rossii. 2002. № 3. S. 4–8.
15. Shcherbakov B. Ya., Chilikin A. Ya. Zalpovye sbrosy proizvodstvennyh stochnyh vod i ih posledstviya // Ekologiya i promyshlennost' Rossii. 2002. № 7. S. 39–40.
16. Yuran S. I., Gusennikov E. N. Programma dlya sistemy avtomaticheskogo ustraneniya avariynyh sbrosov v stochnye vody / Svidetel'stvo o gosudarstvennoj registracii programmy dlya EVM № 2022664319 RF. № 2022662836: zayavl. 06.07.2022: opubl. 27.07.2022 / zayavitel' FGBOU VO IzhGSKHA.
17. Alekseev V. A., Yuran S. I., Usoltsev V. P., Shul'min D. N. System of Laser Monitoring of Water Pollution with Application of Relative Description of Signal Shape. Devices and Methods of Measurements. 2020; 11(2): 114–121. DOI: 10.21122/2220-9506-2020-11-2-114-121.
18. Gu Z., Chen W., Du L. et al. Application of Raman spectroscopy for the detection of acetone dissolved in transformer oil. Journal of Applied Spectroscopy. 2018; 85(2): 205–211. DOI: 10.1007/s10812-018-0636-2.
19. US Patent Application Publication No. US 2006/0142955 A1. In Situ Optical Computation Fluid Analysis System and Method / Jones, C.M.; Erlod, L. W. June 29, 2006.

Сведения об авторах:

Е. Н. Гусеников¹, аспирант;

С. И. Юран^{2✉}, доктор технических наук, профессор, <https://orcid.org/0000-0003-0440-0012>;

В. П. Усольцев³, кандидат технических наук, доцент

^{1,2}Удмуртский ГАУ, ул. Студенческая, 11, Ижевск, Россия, 426069

³ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, ул. Студенческая, 7, Ижевск, Россия, 426069

²yuran-49@yandex.ru

Original article

AUTOMATED SYSTEM FOR ELIMINATING EMERGENCY DISCHARGES OF AGRICULTURAL ENTERPRISES

Evgeniy N. Gusennikov¹, **Sergei I. Yuran**^{2✉}, **Victor P. Usoltsev**³

^{1,2}Udmurt State Agricultural University, Izhevsk, Russia

³Kalashnikov ISTU, Izhevsk, Russia

²yuran-49@yandex.ru

Abstract. *The aim of the work is to create a universal and scalable automated system for eliminating emergency discharges of various enterprises, including enterprises of agricultural business. The necessity of introducing additional taps from the main pipe with specialized filters for specific pollutants that may be found in the aquatic environment as a result of an emergency discharge of the enterprise is justified. The need to introduce additional*

taps with specialized filters at their outlet into the installation scheme is explained by the possibility of extending the service life of the main expensive cleaning filter, which, as a rule, is not designed to filter a number of emergency discharges. A damper valve rotating around its axis in the form of a cylindrical flow distributor located at the point where the pipe branches into four pipelines is used as the main mechanism for distributing liquid passing through the drain pipe. The measuring mechanism of the system uses optoelectronic sensors tuned to possible pollutants that may enter the aquatic environment from a particular enterprise. The installation offers the possibility to control automatically changes in the optical density of the aqueous medium flowing through the pipeline, and in case of contamination in the form of emergency discharges, change the position of the damper to drain contaminated water for additional filtration or into a storage. An algorithm and an electrical circuit of an automated system based on a microcontroller have been developed. This system reduces the risk of environmental pollution, extends the service life of a common expensive cleaning filter and reduces the degree of participation of service personnel in monitoring pollution in the wastewater system of the enterprise. Calculations have shown that the probability of applying unjustified environmental sanctions is reduced by 10 %, and the relative error of causing irreparable harm to the environment is reduced in half.

Key words: automated system, algorithm and operation program of the microcontroller, emergency discharges, optoelectronic sensors.

For citation: Gusennikov E. N., Yuran S. I., Usoltsev V. P. Automated system for eliminating emergency discharges of agricultural enterprises. *The Bulletin of Izhevsk State Agricultural Academy*. 2024; 3(79): 99-106. (In Russ.). https://doi.org/10.48012/1817-5457_2024_3_99-106.

Authors:

E. N. Gusennikov¹, Postgraduate student;

S. I. Yuran²✉, Doctor of Technical Sciences, Professor, <https://orcid.org/0000-0003-0440-0012>;

V. P. Usoltsev³, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

^{1,2}Udmurt State Agricultural University, 11 Studencheskaya St., Izhevsk, Russia, 426069

³Kalashnikov ISTU, 7 Studencheskaya St., Izhevsk, Russia, 426069

²yuran-49@yandex.ru

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest: the authors declare that they have no conflicts of interest.

Статья поступила в редакцию 06.05.2024; одобрена после рецензирования 15.05.2024; принята к публикации 06.09.2024.

The article was submitted 06.05.2024; approved after reviewing 15.05.2024; accepted for publication 06.09.2024.

Научная статья

УДК 631.363.25.02

DOI 10.48012/1817-5457_2024_3_106-113

РЕГРЕССИОННАЯ МОДЕЛЬ ИЗНОСА РАБОЧЕЙ ПОВЕРХНОСТИ ЛОПАСТЕЙ БАРАБАНА ДРОБИЛКИ ЗЕРНА СЕРИИ ДКР

Дородов Павел Владимирович¹✉, **Петров Виталий Анатольевич**²,
Торопов Лев Алексеевич³

^{1,2}Удмуртский ГАУ, Ижевск, Россия

³ООО ПК «СОЮЗ», Ижевск, Россия

¹pvd80@mail.ru

Аннотация. Развитие сельскохозяйственного производства в России связано с отраслью животноводства как молочного направления, так и мясного. Сегодня в России все большую долю рынка занимают хозяйства и крупные предприятия АПК, заинтересованные в новых технологиях, эффективных технических средствах, способных повысить рентабельность производства сельскохозяйственной продукции. Одно из перспективных направлений – это снижение издержек при производстве кормов, так как они в структуре себестоимости производства мяса, молока и других продуктов животновод-