

МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД  
ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ ФЕРМ

С. Н. Савдур

**Реферат.** Среди источников загрязнения поверхностных водных объектов от сельскохозяйственной деятельности в приоритетном порядке можно выделить животноводческие, свиноводческие и птицеводческие комплексы, которые являются неконтролируемыми и диффузными источниками поступления взвешенных веществ, органических соединений, биогенных элементов, тяжелых металлов и патогенной микрофлоры, что вызывает биохимическое загрязнение и особенно пагубно отражается на состоянии внутренних водоемов. Существенную роль в загрязнении играют сточные воды предприятий по переработке сельскохозяйственной продукции и хозяйственно-бытовые воды сельских поселений с непредсказуемыми загрязнителями. Сфера животноводства является одной из крупнейших потребителей воды. Большая численность животных, находящихся в ограниченном пространстве, применение уборочных систем гидравлического типа при удалении продуктов их жизнедеятельности, ведет к тому, что образуется навоз в больших количествах. Поддержка санитарных и гигиенических норм в производственных помещениях осуществляется при помощи воды – ею моют животных, чистят помещения, а также проводят их дезинфицирование, подготавливают корм, моют предметы и оборудование, смывают водой навоз и прочее. Соответственно, в животноводстве увеличивается потребность в воде, возрастает объем сброса стоков, которые содержат навоз в близлежащие водные объекты. Стоки, которые образуются в результате деятельности отрасли животноводства, по категории определяются, как содержащие большое количество вредных веществ с высокой концентрацией. В зависимости от источников загрязнения и основных загрязнителей следует разрабатывать технические решения по снижению объема сточных вод, их очистке. Эффективность их функционирования можно обеспечить с помощью современных методов обработки информации, применяя методы системного анализа сложных объектов на основе математического описания технологического процесса. Для анализа состояния системы очистки в целом и прогнозирования развития внештатных ситуаций была создана программная реализация системы очистки сточных вод животноводческих ферм.

**Ключевые слова:** сельское хозяйство, сети Петри, модифицированные сети Петри.

**Для цитирования:** Савдур С.Н. Моделирование системы очистки сточных вод животноводческих ферм // Агробиотехнологии и цифровое земледелие. 2024. № 2 (10). С. 60-69

**Введение.** Сельское хозяйство – активный и масштабный источник загрязнения водных объектов биогенными элементами, пестицидами, органическими и минеральными веществами [1].

Неконтролируемыми точечными источниками загрязнения водных объектов посредством сельского хозяйства являются сельскохозяйственные объекты, на которых предусмотрены технические решения по отводу и очистке сточных вод, но по разным причинам объемы стоков и их загрязнение не контролируются, и в водные объекты поступают стоки ненадлежащего качества [2, 3].

Наибольшую опасность для водных объектов представляют животноводческие и птицеводческие стоки, так как высокое содержание в них азота, фосфора, серы и тяжелых металлов приводит к эвтрофикации водоемов и их биологическому загрязнению [4]. Например, для крупных животноводческих хозяйств объем жидких стоков, подлежащих утилизации, составляет от 100 до 1500 м<sup>3</sup> в сутки [5]. Организованные сточные воды объектов животноводства ввиду отсутствия совершенных технологий недостаточно очищаются, что наносит значительный урон качеству природных вод и прилегающим территориям [6]. Зачастую на территории ферм и птицефабрик складываются навоз и помет, а стоки сливаются на рельеф местности [7, 8].

Причиной загрязнения вод жидкими животноводческими стоками служит отсутствие адаптированных под гидросмыв эффективных очистных сооружений и специального оборудования [9, 10].

Эффективность их функционирования можно обеспечить с помощью современных методов обработки информации, применяя методы системного анализа сложных объектов на основе математического описания технологического процесса [11, 12].

Моделирование и компьютерные эксперименты с моделью–заменителем объекта исследования являются эффективным средством, дающим возможность создавать системы управления и позволяющим рассмотреть поведение объекта во внештатных ситуациях, оценить его структуру и законы управления, а также учесть стохастическую природу возмущающих воздействий [13].

**Цель работы.** Оптимизация процессов очищения сточных водных источников на животноводческих фермах на принципе систематического анализа.

**Условия, материалы и методы.** С использованием системного анализа, теории Петри, а также графических методов решаются исследовательские задачи. Технология SCADA используется для создания программного обеспечения на основе объектно-ориентированного подхода, в рамках

современных концепций информационных технологий. Компьютерное моделирование осуществляется в рамках данных методов.

Сложная система, представляющая собой современные технологические линии и биотехнологические продукты, характеризуется сложной многоуровневой структурой взаимосвязи эффектов физических, химических и биологических свойств, а также наличием прямых и обратных потоков между техническими устройствами. Для изучения этой системы применяется стратегия системного анализа, которая позволяет осуществлять синтез технических схем с использованием методов автоматического расчета и оптимального проекта биотехнологических методов.

При математическом моделировании биотехнологических систем на компьютере, важно создать иерархическую структуру модели, где каждый уровень содержит описание своих явлений. Таким образом, системный анализ позволяет эффективно решать задачи в области математического исследования и моделирования.

Среди множества принципов, которые нацелены на решение разноцелевых вопросов моделирования, анализа, в том числе синтеза динамических систем которые имеют непрерывные события (ДСДС), сейчас довольно широко развиваются, а также применяются сетью Петри.

Сети Петри выдвигались изначально еще в 1962 г. Петри Карлом Адамом как принцип конструирования изменения непрерывных систем, которые имеют асинхронные и параллельные процессы. Используемая сеть Петри - это довольно хороша, а также

наглядно выстроенная структура взаимодействия систем параллельных с взаимодействиями асинхронными. Сама сеть в компактной структуре несет в себе принцип взаимоотношений между всеми элементами системы в целом, а также показатели изменения возможных состояний в случае установки начальных конкретных условий [14].

Для управления программой очищения водных стоков утверждён комплект программ.

Программный комплекс в своей структуре содержит эмулятор установки очищения сточных вод и проекта действующей программы Трейс Моуд, которая реализует визуальное представление установочного процесса.

Эмулятор установки очищения сточных вод построен на действующем принципе Петри. Эмулятор осуществляет расчет сети и устанавливает обновленное состояние установки, при этом находится на вершинах сети. После итогового пересчёта показатели значений переносятся непосредственно в структуру файла W0.txt, который находится в структуре самого проекта. Действующий Трейс Моуд на постоянной основе осуществляет сканирование данного файла, а также производит отображение в доступном для пользователя файле.

Программа эмулятор выпущена только на программном языке, который носит название «Объектный паскаль» и реализуется в визуализированной среде языка написания программ Делфи 7.0.

**Результаты и обсуждение.** При проведении анализа и регулирования работы очистки сточных водных ресурсов изученных производств утверждён целый программный комплекс мер (рис. 1).

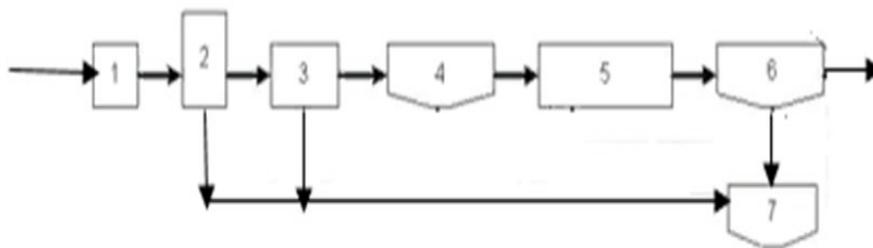


Рис. 1 - Структурная схема очистки сточных вод животноводческих ферм  
1 - резервуар; 2 - сепаратор твердых и жидких отходов; 3 - резервуар первичной седиментации; 4 - анаэробный резервуар; 5- резервуар аэрации; 6 - резервуар вторичной седиментации; 7- шламонакопитель

Программный комплекс строится на основе проекта, созданного при работе в ТРЕЙС МОУД и программы реализации контроля, созданной непосредственно в среде разработчиков Borland Delphi 7.0.

Проект под название Трейс Моуд в своей структуре содержит всего один проектный файл. Программа, которая осуществляет управление деятельностью очистной установки имеет в своей структуре файлов, который можно редактировать в Delphi, а также файла, который отвечает за запуск программного

обеспечения. Два указанных файла хранятся в разных папках.

Разработка любой программы на первом этапе начинается в редакторской структуре каналов.

В данный момент, создается проект, который был обозначен как DIP. После осуществляем переход к реализации узла программы и именуем ее АРМ, а также видом МРВ большой. Оконный блок конкретного объекта рассматриваемого узла отражается так (рис. 2):

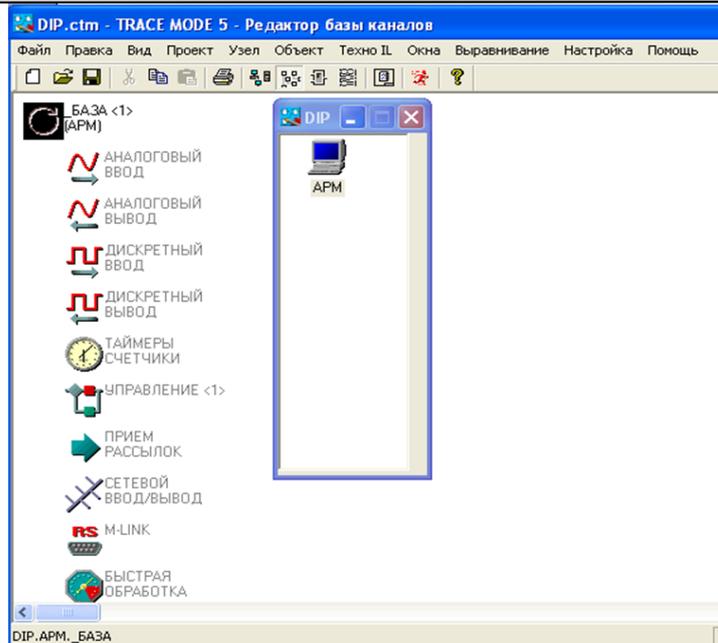


Рис. 2 - Созданный узел АРМ

Для узла, который носит наименование база программы. Канал, который был назван АРМ производится создание отдельного канала PRC1, он будет применяться как обменная база программы. Канал, который был назван PRC1 характеризуется, как представлен на рисунке 3.

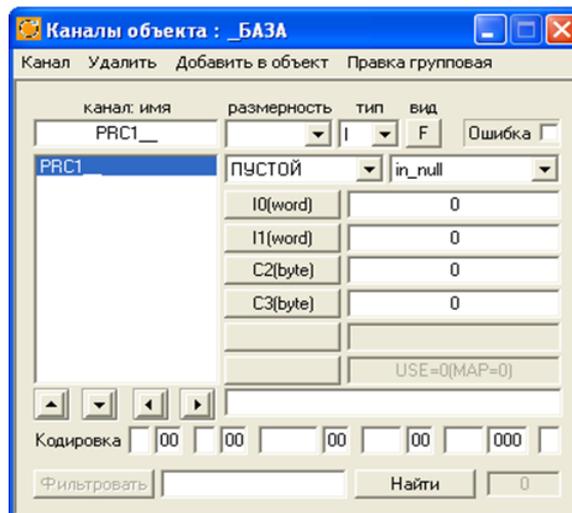


Рис. 3 - Характеристики созданного канала PRC1

Для проведения работы разрабатывается программа с наименованием PRF, это программа с наименованием PRF, она будет считывать весомые переменные по средствам канала PRC1 (рис. 4). Далее производится работа по заданным параметрам в программе.

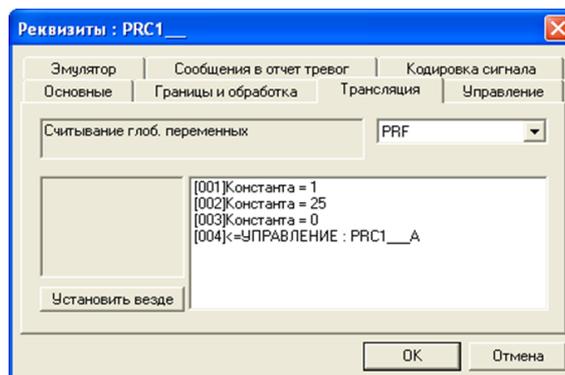


Рис. 4 - Реквизиты канала PRC1 для работы с FBD программой

FBD программа под наименованием WFILE у канала с директорией PRC1\_\_ производит считывание 25 значимых показателей из самого файла W0.txt, считывание производится с первой позиции.

FBD программное обеспечение WFILE анализирует показатели из самого файла под названием W0.txt, который расположен в корневой директории проекта, и направляет полученные значения в Trace Mode (рис. 5).

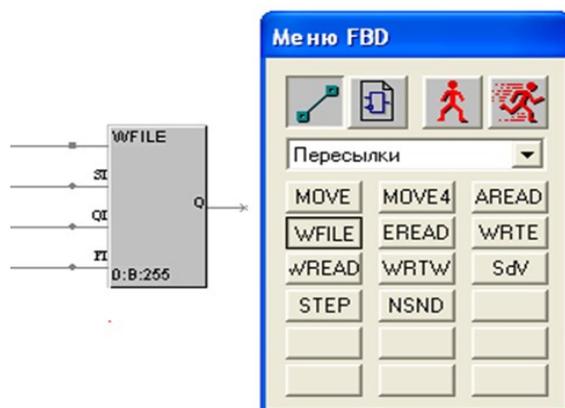


Рис. 5 - Программа FBD

С помощью структуры функционала WFILE (изучение значения W, получаемого в файле) можно осуществлять управление получения показателей значимых изменяемых значений в файле. Данные корневые файлы должны обозначаться как W<n>.txt (где <n> – это порядковый номер от 0 - 255), а также находиться в директории файла. Все строки должны иметь по два числовых знака, который разделяются между собой пробелом. Стоящим первое значение обозначает позицию переменной, второе значение - ее прямое значение [15].

Номер переменной, с которой следует производить счет, задается непосредственно с команды SI. Осуществление входа в QI реализуется путем установки задачи числа производимого считывания конкретных переменных значений, а FI – с нумерации файла. Осуществление выхода из QI отражает результаты завершения выполнения операции по считывания конкретных сведений из файла. Показатель 0 – говорит об успешном завершении выполненной операции, показатель 1 – об имеющемся сбое.

Программа – эмулятор

Программа – эмулятор, которая получила название «Prg» разрабатывалась с применением языка программирования Delphi, а настоящее время она реализуется для управления систем очистки водных стоков.

«Prg» проводит деятельность с возможными потоками, по средствам которых реализуется деятельность с тремя главными этапами технологического проведения процесса.

Программа в своей структуре содержит пять блоков Unit, отвечающие за конкретные функции:

Unit1 отвечает за процедуры реализации программы, которые выполняют ведущие действия;

Unit2 в себе содержит структуру первого

потока Unit1, и производит управление непосредственно за первой стадией;

Unit3 в себе содержит структуру второго потока Unit2, производит управление непосредственно второй стадией;

Unit4 в себе содержит структуру третьего потока Unit3;

Unit5, это непосредственно файл с «Отчетами».

Листинг программы, который детально описывает программы, приведен ниже.

Описание процедур

Модуль Unit1

Button1Click() – осуществление выбора директории самого проекта;

FormCreate() – инициализация изменяемых структур программ, произведение создания потоков;

Button3Click() – запуск непосредственно программного обеспечения, старт осуществления потоков;

Button4Click() – перерыв в выполнении процессов, завершение выполнения рабочих потоков;

Writef – осуществление записи в файловую структуру главных значений, посредством которых осуществлялось управление программой;

Resetf – обнуление в первоначальные показатели переменных данной программы;

Writesc – осуществления записи в файловую директорию главных процессов системы реализации очистки водных стоков;

N1Click() – извлечения информации из файла на стадии построения «Отчета»;

N2Click() – произведение закрытия программой «Главного окна» .

Модуль Unit2

FThread.Execute – реализация первого потока.

Модуль Unit3

FThread.Execute – реализация второго

потока.

Модуль Unit4

TThread.Execute – реализация третьего потока.

Модуль Unit5

Button1Click – произведение завершения «Отчета».

Информация о потоках.

Процесс - экземпляр осуществляемо программы. При запуске программы устанавливается выделение памяти для хода действий, в часть ее будет загружаться программный код.

Поток - объект внутренней деятельности, отвечающий за кодовым контролем и получающий с этой целью процессорное время.

При запуске программы файл автоматически создает директорию с целью его выполнения. Соответственно если данное приложение однопоточное, программный код стартует с последовательностью, с учетом установленных переходов.

Каждый поток способен породить другой поток. На этом фоне все потоки не существуют в отдельности от хода процесса, а именно потоки принадлежат установленному процессу, который выполняют установленный код в заданном адресном пространстве. Проще говоря, потоки не способны реализовать код другого заданного процесса.

В delphi есть выделенный класс, отвечающий за реализацию проектов - tThread. Delphi, это класс, который является базой от него следует клонировать следующий класс, а также переустанавливать принцип execute.

На следующем этапе можно писать код в теле tnew.execute, реализация которого бы подвешивало программное обеспечение.

Теперь необходимо произвести запуск данного потока.

Потом указываем, в момент окончания кода в потоке процесс производит завершение, а именно не требуется его закрывать. В ином случае следует произвести вызов команды terminate.

Не рекомендуется производить установку большого приоритета, потому что поток пере-

грузит всю систему.

Чтобы избежать перезагрузки потока следует применять команду sleep(n), показатель n – это заданное число миллисекунд, на показатель которого стоит сделать остановку, встретив в директории данную функцию. n следует задавать исходя из конкретной задачи.

Осуществление запуска поток new.resume.

Потоки созданы. Но может возникнуть вопрос, что произойдет в случае если два потока произведут обращение к аналогичным записям? Для этой цели существуют принципы синхронизации. Для этого в tthread предусмотрен метод, который позволяет избегать к данным vcl-компонентам: procedure synchronize(method: tthreadmethod);

Данный алгоритм позволяет предотвратить конфликт в момент обращения к единым vcl-компонентам.

Wait-функции - функционал, который временно останавливает ход потока. Распространенным случаем wait-функции выступает sleep, а именно в свойстве аргумента направляется число миллисекунд, на показатель которого следует осуществить заморозку, а также при необходимости приостановить поток. Полной wait-функции в качестве параметров передается дескрипторы потока (ov). В методике, wait-функционала инкапсулируют ряд классов синхронизации в наглядном виде, иные – в неявном образе. На основании этого изложены главные показатели и методы работы с возможными потоками.

Руководство пользователя

#### Начало работы

Первоначально осуществляем запуск программы Trace Mode, а именно, запускаем «Профайлер» или «Редактор представления данных». Эти пункты программы Trace Mode можно найти через меню «Запуск -> Все программы -> Трейс Моуд 5» операционной системы Windows. В будущем эти программы будем называть монитор.

В результате выполненных действий появится окно программы монитора, представленное на рисунке 6.

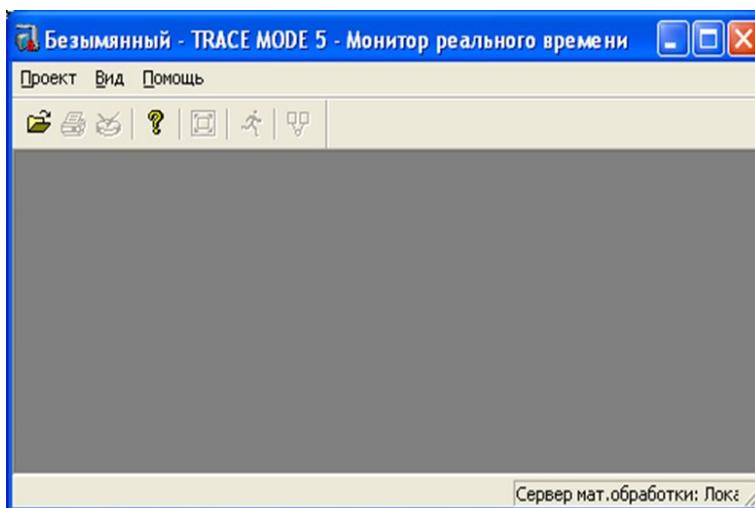


Рис. 6 - Окно монитора

После чего необходимо открыть проект «DIP.ctm» либо через меню «Проект -> Открыть...», либо через нажатие кнопки с изображением открытой папки на панели

инструментов.

Появится окно выбора файла проекта (рис. 7), в котором необходимо выбрать файл «DIP.ctm».

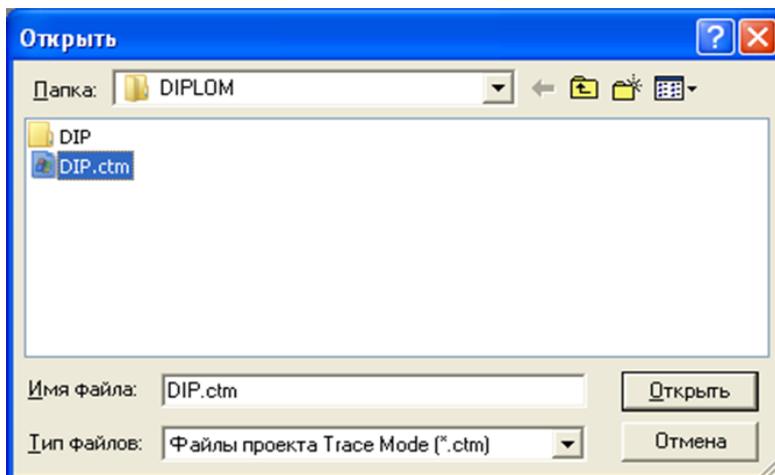


Рис. 7 - Окно выбора файла проекта

Далее необходимо осуществить выбор используемого узла (рис. 8), а именно, узла АРМ просто нажав кнопку «ОК».

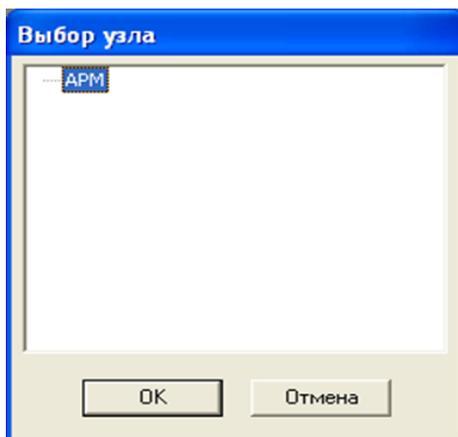


Рис. 8 - Окно выбора узла проекта

На приглашение ввода пароля (рис. 9) необходимо ввести пустой логин и пустой пароль. После чего нажать клавишу ввода или кнопку «Вход».

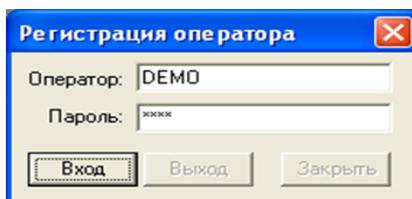


Рис. 9 - Окно ввода пароля

Если выдалось сообщение вида, изображенного на рисунке 10, пугайтесь, закройте монитор и повторите всё не сначала.

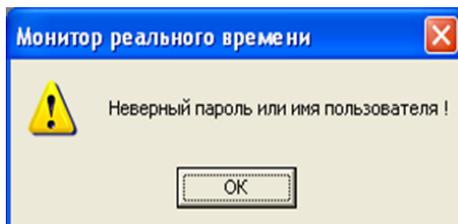


Рис. 10 - Окно выданного сообщения

Графическое изображение установки очистки сточных вод животноводческой фермы отображается на экране.

Нажмите кнопку с изображением красного человечка, чтобы запустить или остановить установку монитора (рис. 11).

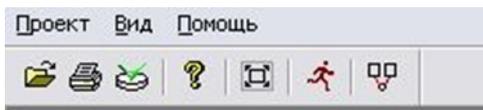


Рис. 11 - Панель инструментов

Среде визуального программирования была создана программа-эмулятор Делфи 7.0, использующая язык программирования Object Pascal [16]. Совершим запуск программы

эмулятора. С этой целью запускаем файл с названием Prg.exe.

Откроется основная форма работы программы (рис. 12).

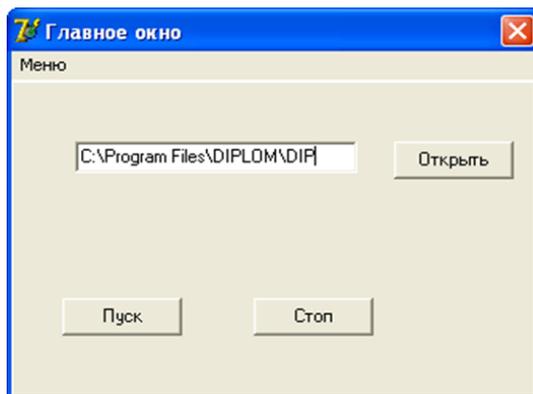


Рис. 12 - Главная форма программы

Для корректной работы программы требуется указать адрес каталога проекта, который находится вверху строки.

Для того чтобы просматривать различные проекты, необходимо нажать на кнопку

«Открыть» в интерфейсе программы, расположенную рядом с полем ввода адреса каталога.

При нажатии кнопки «ОК» в появившемся диалоговом окне выбора каталога (рис. 13), указывается каталог проекта «DIP».

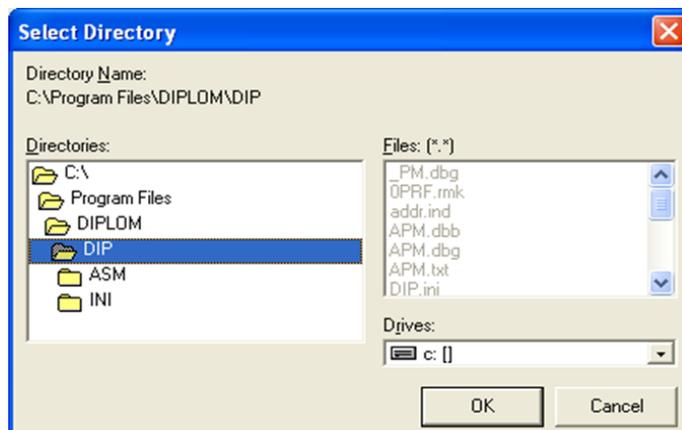


Рис. 13 - Окно выбора директории проекта

Чтобы запустить технический процесс, нажмите кнопку «Сброс», которая обнулит все параметры. После этого все параметры установки будут установлены в исходное состояние. Теперь вы можете запустить процесс, нажав кнопку «Пуск» на главной форме программы. После этого вы вернетесь к окну мониторинга, чтобы изменить уровень жидкости, включить или выключить насос и т.д. Это отобразится на дисплее.

Для того чтобы программа работала корректно, вам необходимо указать точный каталог. Если это невозможно, вам нужно будет изменить путь к проекту. Вы можете остано-

вить процесс, нажав кнопку «Стоп» на главной форме заявки. Затем выберите нужный каталог, как описано ранее [17].

**Работа с программой**

В основной форме программы отобразятся действия, которые можно выполнить с помощью программы:

Стоп и запуск процесса установки.

Стоп и старт перерасчета эмулятора.

Изучение отчета об реализованных действиях хода установки.

Когда вы запустите эмулятор, установка перейдет в исходное состояние, начнется процесс пересчета уровня жидкости и управления

установочным устройством.

Остановка требуется для прекращения пересчета или для настройки эмулятора (для выбора каталога проекта).

Используйте одну и ту же кнопку в «Основной форме», чтобы остановить и начать пересчет. В ситуации от того, выполняется ли пересчет, кнопки имеют надпись «Stop» или «Start» соответственно. Нажмите эту кнопку, чтобы начать или остановить. После остановки, если вы переключитесь в окно осуществления мониторинга, все указанные уровни обязательно останутся на прежних местах, а состояние всех элементов не изменится. Когда вы запускаете эмулятор, уровень

установки начинает меняться, также изменяется состояние накачки различных датчиков и отображается ход осуществления установки.

#### Файл отчёта

В каталоге проекта находится файл log.txt, в котором программа фиксирует все операции, выполняемые устройствами системы очистки сточных вод: включение и выключение устройств, загрузку и выгрузку смеси [17].

#### Формат сообщения

<Дата> <Время> <текст сообщения>

Вы можете просмотреть сообщение, выбрав пункт «Открыть отчет» в «Меню» основной формы программы. В ходе появится окно отчета, отраженное на рисунке 14.

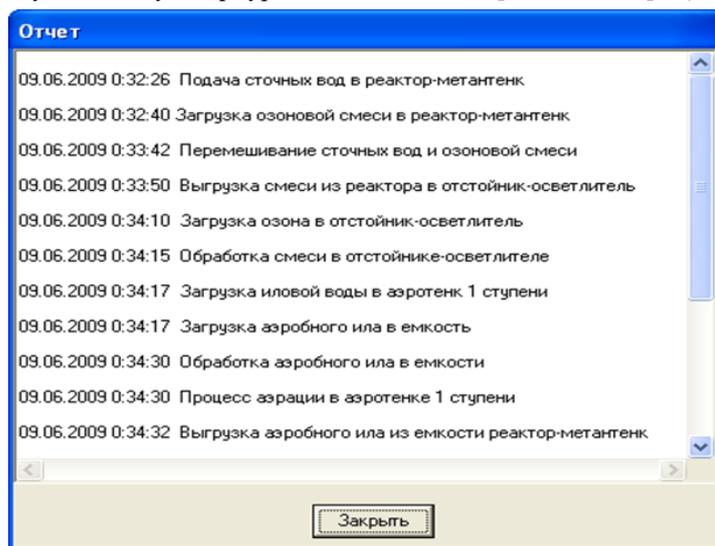


Рис. 14 - Окно «Отчета»

Чтобы произвести чистку окна «Отчеты», нажмите кнопку «Очистить».

Кнопка «Закрыть» используется для закрытия окна отчета [18].

**Выводы.** В настоящее время основным источником экологической опасности, а именно загрязнение сточных вод, можно считать работу животноводческих комплексов, которые существенно загрязняют окружающую среду. В данный момент времени, из-за того, что животноводство активно использует новые технологические решения по разведению скота, наблюдается сильное отрицательное влияние этой сельскохозяйственной отрасли

на окружающую среду. Очистка и глубокая очистка стоков является необходимым и обязательным условием сохранения экологического равновесия окружающей среды.

Эффективность их функционирования можно обеспечить с помощью современных методов обработки информации, применяя методы системного анализа сложных объектов на основе математического описания технологического процесса. Для управления, анализа и прогнозирования развития внештатных ситуаций создана программная реализация системы очистки сточных вод животноводческих ферм.

#### Литература

1. Шигапов И. И., Краснова О. Н., Симонов Г. А. Использование текстильных аэраторов для очистки сточных вод в животноводческих фермах // В сборнике: Инновационные достижения науки и техники АПК. Сборник научных трудов Международной научно-практической конференции. 2019. С. 464-468.
2. Использование текстильных фильтров для очистки сточных вод в животноводческих фермах / И. И. Шигапов, Б. Р. Ахмадов, О. Н. Краснова, Г. А. Симонов // В сборнике: Аграрная наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения. Материалы X Международной научно-практической конференции. В 2-х томах. Ульяновск, 2020. С. 326-331.
3. Инновационное устройство для очистки сточных вод животноводческих ферм / И. И. Шигапов, Г. А. Симонов, Б. Р. Ахмадов, Ю. Р. Гирфанова, О. Н. Краснова // Сельский механизатор. 2021. № 2. С. 20-21.
4. Шигапов И. И., Ахмадов Б. Р., Краснова О. Н. Современные технические средства для очистки сточных вод в животноводческих фермах // Peasant. 2021. № 4 (93). С. 126-130.
5. Текстильные барботажные фильтры-аэраторы для очистки сточных вод на животноводческих фермах / И. И. Шигапов, Р. Н. Байгуллов, О. Н. Краснова, Б. Р. Ахмадов // Сельский механизатор. 2022. № 7. С. 20-21.
6. Инновационные методы и технические средства для очистки сточных вод в животноводческих

фермах / И. И. Шигапов, О. Н. Краснова, Ю.В. Полякова, А. А. Кожанова, Н. С. Маланин // В сборнике: Аграрная наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения. Материалы Национальной научно-практической конференции. В 2-х томах. 2019. С. 192-196.

7. Полякова Ю. В., Кожанова А. А., Маланин Н. С. Барбатажные аэраторы для очистки сточных вод в животноводческих фермах // В сборнике: Молодые исследователи агропромышленного и лесного комплексов – регионам. Сборник научных трудов по результатам работы IV международной молодежной научно-практической конференции. 2019. С. 262-267.

8. Использование текстильных фильтров для очистки сточных вод в животноводческих фермах / И. И. Шигапов, О. Н. Краснова, Н. С. Маланин, Ю. В. Полякова, А. А. Кожанова // В сборнике: Актуальные проблемы аграрной науки: состояние и тенденции развития. Материалы Национальной научно-практической конференции. 2019. С. 261-266.

9. Технические средства для очистки сточных вод в животноводческих фермах / И. И. Шигапов, О. Н. Краснова, Ю. В. Полякова, А. А. Кожанова, Н. С. Маланин // В сборнике: Актуальные проблемы аграрной науки: состояние и тенденции развития. Материалы Национальной научно-практической конференции. 2019. С. 276-282.

10. Салахова И. Ф., Хисамеева Л. Р. Проектирование систем водоотведения животноводческих ферм // В сборнике: Современные проблемы и перспективы развития строительства, теплогазоснабжения и энергообеспечения. Материалы X Национальной конференции с международным участием. Саратов, 2020. С. 187-190.

11. Иванов А. А. Решения по очистке навозных стоков животноводческих комплексов для снижения техногенной нагрузки на водные объекты // Тенденции развития науки и образования. 2020. № 68-3. С. 44-47.

12. Губейдуллин Х. Х., Исайчев В. А., Шигапов И. И. Механическая и биологическая очистка животноводческих ферм с применением спирально-винтовых механизмов // Научный вестник Технологического института - филиала ФГБОУ ВПО Ульяновская ГСХА им. П.А. Столыпина. 2013. № 11. С. 113-116.

13. Лопашева Н. Л. Очистка сточных вод на птицеводческих предприятиях // В книге: Теоретические, практические и безопасные аспекты ведения сельского хозяйства. сборник тезисов круглого стола. 2021. С. 65-67.

14. Савдур С. Н. Моделирование системы очистки сточных вод животноводческих ферм на основе сетей Петри // Агробиотехнологии и цифровое земледелие. 2023. № 2 (6). С. 57-62.

15. Галингер И. О. Экологические проблемы свиноводства и пути их решения // В сборнике: Проблемы агроэкологии АПК Сибири. Сборник трудов Всероссийской с международным участием научно-практической конференции, посвященной 50-летию научной деятельности доктора сельскохозяйственных наук, профессора А.С. Моторина и 25-летию кафедры Экологии и рационального природопользования. Тюмень, 2023. С. 175-179.

16. Методы очистки и утилизации отходов животноводства / Х. Х. Тебуев, М. Х. Хуратижева, Т. А. Сасиков, И. М. Хамокова // В сборнике: экономические, биотехнико-технологические аспекты устойчивого сельского развития в условиях цифровой трансформации. сборник научных трудов по итогам VII Международной научно-практической конференции памяти Б.Х. Жерукова. Нальчик, 2019. С. 153-157.

17. Ковалев А. А. Материальный и тепловой баланс системы очистки навозных стоков с применением компрессионного теплового насоса // Вестник ВИЭСХ. 2015. № 4 (21). С. 114-119.

18. Савдур С. Н. Моделирование системы очистки сточных вод животноводческих ферм на основе сетей Петри // В сборнике: Глобальные вызовы для продовольственной безопасности: риски и возможности. Научные труды международной научно-практической конференции. Казань, 2021. С. 446-454.

#### Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

#### Сведения об авторах:

Савдур Светлана Николаевна - кандидат технических наук, доцент, e-mail: savdur.svetlana@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3261-2154>

Казанский государственный аграрный университет, г. Казань, Россия

#### MODELING OF THE WASTEWATER TREATMENT SYSTEM OF LIVESTOCK FARMS

S. N. Savdur

**Abstract.** Among the sources of pollution of surface water bodies from agricultural activities, livestock, pig and poultry complexes can be prioritized, which are uncontrolled and diffuse sources of suspended solids, organic compounds, biogenic elements, heavy metals and pathogenic microflora, which causes biochemical pollution and has a particularly detrimental effect on the state of inland reservoirs. Wastewater from agricultural processing enterprises and household water from rural settlements with unpredictable pollutants play a significant role in pollution. The livestock sector is one of the largest consumers of water. The large number of animals in a confined space, the use of hydraulic harvesting systems when removing their waste products, leads to the formation of manure in significant quantities. Sanitary and hygienic standards in industrial premises are supported with the help of water – animals are washed with it, rooms are cleaned, and they are disinfected, food is prepared, dishes and equipment are washed, manure is washed off with water, and so on. Accordingly, as the demand for water in animal husbandry increases, the volume of wastewater discharge that contains manure into nearby water bodies increases. The effluents that are formed as a result of the activities of the livestock sector are classified as containing a large amount of harmful substances with a high concentration. Depending on the sources of pollution and the main pollutants, technical solutions should be developed to reduce the volume of wastewater and its treatment. The effectiveness of their functioning can be ensured with the help of modern information processing methods, using methods of system analysis of complex objects based on a mathematical description of the technological process. To analyze the state of the treatment system as a whole and predict the development of emergency situations, a software implementation of a wastewater treatment system for livestock farms was created.

**Key words:** agriculture, Petri nets, system analysis, complex systems, wastewater treatment.

**For citation:** Savdur S.N. Modeling of the wastewater treatment system of livestock farms. *Agrobiotechnology and Digital Agriculture*. 2024; 2 (10): 60-69

## References

1. Shigapov I. I., Krasnova O. N., Simonov G. A. [The use of textile aerators for wastewater treatment in livestock farms]. V sbornike: Innovacionnye dostizhenija nauki i tehniki APK. Sbornik nauchnyh trudov Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii. 2019: 464-468.
2. Shigapov I. I., Akhmadov B. R., Krasnova O. N. [The use of textile filters for wastewater treatment in livestock farms]. V sbornike: Agrarnaja nauka i obrazovanie na sovremennom jetape razvitija: opyt, problemy i puti ih reshenija. Materialy X Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii. V 2-h tomah. Ul'janovsk. 2020: 326-331.
3. Shigapov I. I., Simonov G. A., Akhmadov B. R. [Innovative device for wastewater treatment of livestock farms]. Sel'skij mehanizator. 2021; 2: 20-21.
4. Shigapov I. I., Akhmadov B. R., Krasnova O. N. [Modern technical means for wastewater treatment in livestock farms]. Peasant. 2021; 4 (93): 126-130.
5. Shigapov I. I., Baigullov R. N., Krasnova O. N. [Textile bubbling filters-aerators for wastewater treatment on livestock farms]. Sel'skij mehanizator. 2022; 7: 20-21.
6. Shigapov I. I., Krasnova O. N., Polyakova Yu. V. [Innovative methods and technical means for wastewater treatment in livestock farms]. V sbornike: Agrarnaja nauka i obrazovanie na sovremennom jetape razvitija: opyt, problemy i puti ih reshenija. Materialy Nacional'noj nauchno-prakticheskoj konferencii. V 2-h tomah. 2019: 192-196.
7. Polyakova Yu. V., Kozhanova A. A., Malanin N. S. [Barbate aerators for wastewater treatment in livestock farms]. V sbornike: Molodye issledovateli agropromyshlennogo i lesnogo kompleksov – regionam. Sbornik nauchnyh trudov po rezul'tatam raboty IV mezhdunarodnoj molodezhnoj nauchno-prakticheskoj konferencii. 2019: 262-267.
8. Shigapov I. I., Krasnova O. N., Malanin N. S. [The use of textile filters for wastewater treatment in livestock farms]. V sbornike: Aktual'nye problemy agrarnoj nauki: sostojanie i tendencii razvitija. Materialy Nacional'noj nauchno-prakticheskoj konferencii. 2019: 261-266.
9. Shigapov I. I., Krasnova O. N., Polyakova Yu. V. [Technical means for wastewater treatment in livestock farms]. V sbornike: Aktual'nye problemy agrarnoj nauki: sostojanie i tendencii razvitija. Materialy Nacional'noj nauchno-prakticheskoj konferencii. 2019: 276-282.
10. Salakhova I. F., Khisameeva L. R. [Designing drainage systems for livestock farms]. V sbornike: Sovremennye problemy i perspektivy razvitija stroitel'stva, teplogazosnabzhenija i jenergoobespechenija. Materialy H Nacional'noj konferencii s mezhdunarodnym uchastiem. Saratov. 2020: 187-190.
11. Ivanov A. A. [Solutions for cleaning manure runoff of livestock complexes to reduce the anthropogenic load on water bodies]. Tendencii razvitija nauki i obrazovanija. 2020; 68-3: 44-47.
12. Gubeidullin H. H., Isaichev V. A., Shigapov I. I. [Mechanical and biological purification of livestock farms using spiral-screw mechanisms]. Nauchnyj vestnik Tehnologicheskogo instituta - filiala FGBOU VPO Ul'janovskaja GSHA im. P.A. Stolypina. 2013; 11: 113-116.
13. Lopaeva N. L. [Wastewater treatment at poultry enterprises]. V knige: Teoreticheskie, prakticheskie i bezopasnye aspekty vedenija sel'skogo hozjajstva. sbornik tezisov kruglogo stola. 2021: 65-67.
14. Savdur S. N. [Modeling of the wastewater treatment system of livestock farms based on Petri nets]. Agrobiotehnologii i cifrovoe zemledelie. 2023; 2 (6): 57-62.
15. Galinger I. O. [Environmental problems of pig farming and ways to solve them]. V sbornike: Problemy agrokologij APK Sibiri. Sbornik trudov Vserossijskoj s mezhdunarodnym uchastiem nauchno-prakticheskoj konferencii, posvjashhennoj 50-letiju nauchnoj dejatel'nosti doktora sel'skohozjajstvennyh nauk, professora A.S. Motorina i 25-letiju kafedry Jekologii i racional'nogo prirodoopol'zovanija. Tjumen'. 2023: 175-179.
16. Tebuev, H. H., Khuratizheva M. H., Sasikov T. A. [Methods of cleaning and disposal of livestock waste]. V sbornike: jekonomicheskie, biotehniko-tehnologicheskie aspekty ustojchivogo sel'skogo razvitija v uslovijah cifrovoj transformacii. sbornik nauchnyh trudov po itogam VII Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii pamjati B.H. Zherukova. Nal'chik. 2019: 153-157.
17. Kovalev A. A. [Material and thermal balance of the manure wastewater treatment system using a compression heat pump]. Vestnik VIJeSH. 2015; 4 (21): 114-119.
18. Savdur S. N. [Modeling of the wastewater treatment system of livestock farms based on Petri nets]. V sbornike: Global'nye vyzovy dlja prodovol'stvennoj bezopasnosti: riski i vozmozhnosti. Nauchnye trudy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii. Kazan'. 2021: 446-454.

## Conflict of interest

The author declares that there is no conflict of interest.

## Author:

Savdur Svetlana Nikolaevna - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, savdur.svetlana@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3261-2154>  
Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia.