

МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД
ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ ФЕРМ НА ОСНОВЕ СЕТЕЙ ПЕТРИ

С. Н. Савдур

Реферат. Развитие животноводства на промышленной основе вызывает резкое увеличение количества сильно загрязненных сточных вод, очистка и обеззараживание которых является одной из важнейших задач при принятии решения об их использовании в сельском хозяйстве в качестве удобрения и орошения на поля или сбросе в водоемы. Результативность действия подобных систем достигается с помощью новых способов переработки информации и математической характеристике процессов технологии. На основании исследования главных методов создания дискретных химических и технологических систем (ХТС) была выработана целесообразность применения конструкции сетей Петри (СП), чтобы симитировать процесс очистки сточных вод животноводческих ферм (ОСВЖФ). Чтобы охарактеризовать систему мы применяем N-схемы, в основе которых лежит математическая система СП, которая может формировать сетевую конструкцию как в аналитической форме для автоматизации работы при анализе, так и в графической форме для создания наглядности создаваемой модели. Анализируя технологические и химические процессы важно учитывать условие формальности N-схем, которое предполагает, что схемы не принимают свойства симитированных систем во времени, поскольку тайминг срабатывания перехода принято принимать за нуль. Мы учли данные условия и предложили обновленные сети Петри, которые ориентированы на анализ и имитацию дискретных, с помощью изменения времени в задержке меток на переходах и позициях, а также с помощью включения переходов, стоящих в приоритете. Мы создали модель в форме модифицированной обновленной сети Петри (МСП). С помощью *SCADA TRACE MODE* технологий мы разработали целый программный комплекс для системы управления в процессе ОСВЖФ. Данная система может совершать диспетчерское наблюдение за основными частями аппарата управления, а также останавливать и проводить анализ и контроль ее состояния, это осуществимо и в целом, и в рамках прогноза появления внештатных ситуаций.

Ключевые слова: модифицированные сети Петри, очистка сточных вод животноводческих ферм, моделируемые системы, химико-технологическая система, компьютерное моделирование.

Введение. Современные очистные сооружения животноводческих ферм характеризуются сложной многоуровневой структурой, поэтому их можно рассматривать как сложные кибернетические системы. В нашем исследовании применяется системный анализ. Из-за сложного анализа и имитации рассматриваемых систем, для решения задач необходимо использовать принципы компьютерной и математической имитации.

Цель исследований. Повысить эффективность процесса ОСВЖФ на основе системного анализа.

Условия, материалы и методы. Для решения задач, которые мы поставили, были применены такие методы исследования как: теория графов, компьютерное моделирование, системный анализ, теория сетей Петри.

Теория. В связи со стремительным ростом развития человечества, резко обострилась проблема с загрязнением водных ресурсов Земли.

Чрезмерное использование воды сказывается на ее качестве, уничтожает экосистему, т.к. в водные ресурсы попадают различные примеси, появляющиеся в результате деятельности человека. Все это приводит к тому, что вода теряет способность к самоочищению.

Сброс сточных вод в реки и другие природные водоемы промышленными предприятиями, увеличение количества использования водных ресурсов в промышленных целях

приводит к ухудшению их качества. К сожалению, больше половины стоков не подвергается очистке в принципе. При этом для того, чтобы вода не потеряла возможность самоочищения, требуется смешивание стоков с чистой водой в пропорции не ниже 1 к 10. Согласно вычислениям, на очищение сточных вод расходуется одна седьмая доля всех речных стоков в мире. В том случае, если и дальше будет наблюдаться повышение сброса стоков, тогда в последующие десять лет для их очистки понадобятся все ресурсы речных стоков в мире.

Животноводство является одной из сложнейших антропогенных систем и следует проанализировать взаимосвязь деятельности сельскохозяйственного производства и состояния сточных вод. Экологическая ситуация сильно зависит от того, как сельскохозяйственная сфера учитывает в своей деятельности природные условия. Из этого следует, что соблюдение экологических стандартов и охрана труда в данной отрасли должны быть на высшем уровне. Существует ряд принципов взаимодействия окружающей среды и сельскохозяйственного производства. Тем не менее, в ряде регионов РФ экологическая обстановка близка к катастрофически низкому уровню.

Деятельность животноводческих производств является на текущий момент основной угрозой для экологии, так как побочные продукты их деятельности значительно загрязняют экосистему.

Ввиду использования в сфере сельскохозяйственного производства технических инноваций в области разведения животных, можно отметить негативное влияние на состояние окружающей среды. [1, 2, 3].

Одним из главных потребителей водных ресурсов является животноводческая сфера. Большое поголовье скота на сравнительно небольшой территории, использование гидравлического оборудования для очистки пространства от продуктов жизнедеятельности животных приводит к большому накоплению навоза. Водные ресурсы в животноводстве служат сохранению санитарных и гигиенических стандартов производства. С помощью воды чистят животных, готовят корма, производят чистку оборудования, смывают отходы жизнедеятельности скота и так далее. Исходя из этого, чем больше потребление водных ресурсов животноводческими производствами, тем больше в реки и другие водоемы сбрасывается загрязненных сточных вод. Вода при этом теряет свои полезные свойства. Даже при небольших объемах сброса загрязненной продуктами жизнедеятельности животных воды в рамках одного предприятия происходит массовое вымирание рыбы, что влечет за собой экономический ущерб.

Сточным водам, как отходам сельскохозяйственной отрасли присваивается категория стоков с высоким содержанием вредных веществ. Эти сточные воды имеют высокую концентрацию грубых и мелкодисперсных примесей, в ней содержатся вредные соединения.

Согласно исследованиям, в твердых продуктах жизнедеятельности крупного рогатого скота и свиней около 90% воды и только 10% сухого вещества. Процент воды увеличивается до 95 если это водный раствор навоза.

Что касается сточных вод при разведении крупного рогатого скота и свиней выявлено, что они достаточно минерализованы. Концентрация солей при этом в стоках отходов жизнедеятельности крупного рогатого скота и свиней различна. Так для крупного рогатого скота эта величина составляет 11360 мг на 1 л а для свиней - 19860 мг на 1 л [2, 3].

Трофический статус водных объектов меняется при поступлении стоков от животноводческих предприятий. Эвтрофикация — это процесс увеличения элементов биогенного характера в воде, вследствие поступления сточных вод от сельскохозяйственных предприятий. Эти отходы негативно влияют на биосферу водоемов, также их не разрешается передавать без предварительной очистки даже на очистные сооружения коммунальных служб. Поиск эффективных решений для очистки, переработки и утилизации сточных вод с целью их последующего использования в отрасли животноводств остается актуальным вопросом.

Для поддержания экологического баланса окружающей среды следует производить

качественную очистку сточных вод. Следует отметить, что на настоящий момент технологии, применяемые для очистки сточных вод далеки от идеала, они не могут гарантировать высокое качество очистки и требуют доработки.

Сооружения, используемые для очистки сточных вод, являются сложной многоуровневой системой, их также рассматривают как кибернетическую систему большой сложности [4, 5, 6].

Существует два подхода к разработке модели объекта:

Объект представляет собой систему динамического типа, имеющую непрерывную переменную. Такой подход чаще всего применяется при разработке моделей в химической промышленности, где технологический процесс происходит непрерывно.

Объект представляет собой систему динамического типа, в которой происходят дискретные события (ДСДС). Например, такой системой будет являться производство, конвейеры сборки, все виды компьютерных сетей.

К ДСДС следует причислить и обрабатывающие химические технологии с дискретной непрерывностью. Чтобы контролировать данную систему применяются определенные математические методики. Зачастую задействуется методика, при которой используются конечные автоматы (КА), создание имитационных моделей и также создается СП [7, 8, 9].

После проведения сравнительного анализа, для создания модели выбрана теория Сети Петри [9]. Она позволяет создавать модели параллельных, дискретных процессов с асинхронностью [10, 11, 12]. С помощью графики представлять сеть, описывать системы на разных абстрактных уровнях. Сеть представляет иерархию систем [13, 14, 15], проводит анализ моделей при помощи современного ПО.

Сеть Петри удобна для изучения ввиду наглядности и хорошо формализованной модели, показывающей характер поведения параллельных систем, в которых наблюдается асинхронное взаимодействие. Сеть Петри емко иллюстрирует специфику взаимодействия системных компонентов, изменения в состоянии системы по сравнению с первоначальными установками.

Сеть Петри используют как для создания модели, так и для оценки результативности сложных систем. В настоящее время направление использования сети Петри для создания модели динамично развивается. С помощью СП осуществляется анализ автоматических систем производства, решаются проблемы их управления.

Совместно с КА, сеть Петри может показывать параллельно протекающие в динамическом режиме процессы, при этом сохраняя представление динамики любого процесса отдельно. Возможности сети соединяется с наглядностью интерфейса, показывают взаимодействие компонентов между собой.

Сеть Петри имеет простой и понятный вид и читаемость. По сравнению с другими моделями, Сети Петри удобно показывают организацию процессов в ДСДС.

Для расширения возможностей СП при создании моделей, путем добавления новых особенностей в структуру сети, разработана модификация. Это есть расширение сети Петри. Количество данных расширений

значительно велико и постоянно растет, что дает возможность расширить функционал СП и создавать сложные системные модели.

Результаты и обсуждение. Применение методик системного анализа позволяет создать систему управления для процесса ОСВЖФ (рис. 1), она подразумевает создание математической модели, в основе которой лежит Сеть Петри [11].

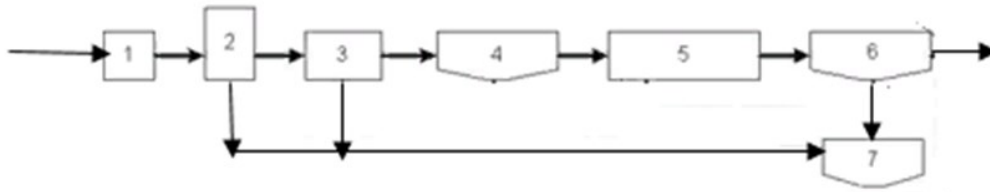


Рис. 1 - Структурная схема очистки сточных вод животноводческих ферм

1- резервуар; 2 - сепаратор твердых и жидких отходов; 3 - резервуар первичной седиментации; 4 - анаэробный резервуар; 5 - резервуар аэрации; 6 - резервуар вторичной седиментации; 7- шламонакопитель

Для детализации данных по представленной системе, целесообразно использовать N-схемы, опирающиеся на математический аппарат сетей Петри. Что касается преимуществ представленного метода, то стоит обратить внимание на потенциал демонстрации сетевого прототипа. Он, может быть представлен в графическом виде. А это уже даёт возможность спроектировать наглядно формируемую модель. Она будет иметь аналитический вид и в последующем даст возможность провести анализ в автоматизированном режиме [12, 13].

Детально изучая химико-технологические схемы, необходимо брать во внимание, что сокращение формальности N-схемы включает в себя несовершенства учёта свойств имитирующей системы в хронологии. Ввиду того, что временной интервал такого перехода всегда остаётся равным 0. Учитывая данный факт, усовершенствованные сети Петри можно представить следующим образом:

$$C \leq, T, I, O, M, L, \tau_1, \tau_2 > [13], \text{ где:}$$

1. $T = \{tj\}$ – конечное определённое количество символов. Их принято именовать переходами. Чтобы проанализировать данные значения, учитывая условное число порций от конечного продукта, а также беря во внимание стабильность подачи в оборудование используемой технологической схемы.

2. $P = \{Pi\}$ - конечное определённое количество символов. Их принято именовать позициями.

3. $I: PxT \rightarrow \{0,1\}$ – функция входа, она задаёт значения для последующих переходов t_j ; вариативность позиций, которые имеют вид $pi \in I(tj)$.

4. $O: PxT \rightarrow \{0,1\}$ – опция выхода, показывающая переходы в множество чисел выходных позиций. Отображается в формуле:

$$pi \in O(tj).$$

Учитывая все вышеизложенное, можно сделать вывод о возможности расчета множественности выходных позиций, исходя из того, что $O(tj)$ и входных позиций в виде $I(tj)$ в качестве:

$$I(tj) = \frac{pi \in P}{I(pi, tj)} = 1$$

$$O(tj) = \frac{pi \in P}{O(pi, tj)} = 1 \tag{1}$$

$M: P \rightarrow \{1,2,3...\}$ — данное действие требуется для разметки сети, согласно каждому положению, целое число + будет равным числу меток в самой позиции. При этом, возможны колебания в процессе функционирования этой сети.

Действие перехода быстро меняет разметку в виде $M(p) = (M(p1), M(p2), M(p3) \dots M(pn))$ на разметку в виде $M'(p)$ согласно закону:

$$M'(p) = M(p) - I(tj) + O(tj) \tag{2}$$

Вышеуказанное обозначение показывает переход t_j и забирает единственную метку из общего числа выходных позиций, после чего её суммирует к каждому выходу.

$$\tau_1: T \rightarrow N \text{ и } \tau_2: P \rightarrow N$$

функции, которые вычисляют время для задержки во время действия перехода, также время для задержки внутри позиции.

Колебания деятельности МСП представляется возможным определить за счёт движения меток, которые формируют баланс прерывистых потоков для полупродуктов при условии запрограммированных ограничений исходя из их объемов аппаратов для реализации технологической работы во время анаэробного сбраживания.

Указанная модификация СП разрешает сделать анализ работы аппаратов системы при возникновении внештатных ситуаций, а также изменения на уровне сетей и дискретных производств в рамках создания стабильного и устойчивого положения системы [14, 15].

Для работы рассматриваемого процесса был создан математический прототип на основе технологической схемы, а затем ее запрограммированная реализация. Данный математический прототип был создан как МСП. При этом, воплощение в жизнь даёт возможность лучше и исчерпывающе проанализировать принципы функционирования установок и внутрисистемных коммуникаций [16, 17, 18]. Отметим, что удалось разработать прототипы ключевого оборудования, благодаря которому воссоздаётся технологический процесс.

Учитывая данные СП-прототипов, представилось возможным спроектировать модель общей установки. Как это показано на рисунке 2.

С применением СП-прототипа сформирован запрограммированный комплекс для работы технологического аппарата, который создает имитацию работы в режиме запрограммированного времени. С помощью *SCADA TRACE MODE* технологий создан программный комплекс для структуры управления внутри технологического процесса. Данная система может исполнять диспетчерское наблюдение за главными элементами внутри системы управления, проводить анализ состояния системы и останавливать ее, постоянно и для прогнозирования случайного развития экстренных ситуаций.

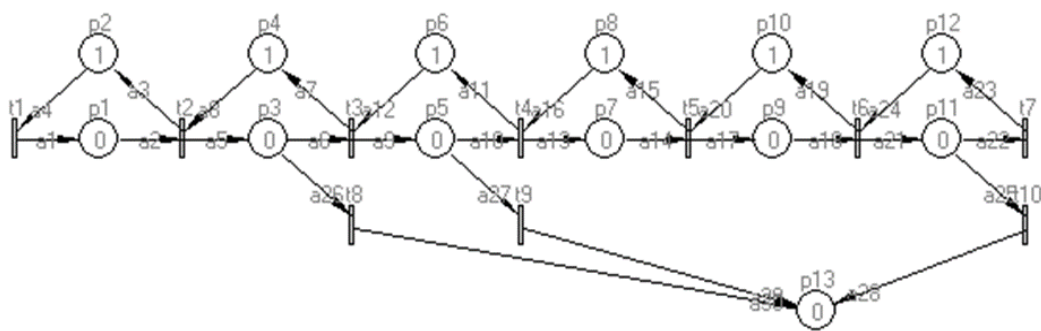


Рис. 2 - Модель технологического модуля в виде МСП

Выводы. Исходя из проведенного исследования, можно заключить, что увеличение сброса сточных вод в реки, моря и озера имеет прямо пропорциональную зависимость от повышения уровня потребления водных ресурсов в сфере промышленности [19, 20]. С увеличением использования воды и сброса сточных вод, основной проблемой считается то, что вода теряет свои качественные характеристики. Исходя из расчетов, для очистки сточных вод задействована одна седьмая всех мировых речных стоков. Согласно вычислениям, на очищение сточных вод расходуется одна седьмая доля всех речных стоков в мире. Если ситуация не изменится в ближайшее десятилетие и сброс сточных вод не остановит темпы роста загрязненной воды, то объем ресурсов для ее очистки приведет к задействованию всего мирового запаса речных сточных вод. Для поиска решения проблемы, мы

рассмотрели влияние сельскохозяйственного производства, а именно отрасль животноводства, которое считается одной из наиболее сложных антропогенных систем.

Анализируя химико-технологические системы, мы определили главную ограниченность по формализму N-схем, которая заключается в том, что они не учитывают временные параметры моделей систем. Для решения этого вопроса мы использовали МСП, которая ориентирована на создание моделей, а также проведение анализа ХТС с дискретной непрерывностью. Это осуществляется за счет того, что включаются приоритетные переходы, и время, которое задерживает метки по позициям и переходам. Создание модели работы, системы ОСВЖФ, которая была реализована как МСП, дает возможность изучить связи системы, а также ряд законов, по которым работает установка.

Литература

1. Гордин И. В. Эколого-экономические проблемы сельскохозяйственной утилизации сточных вод // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2021. №3-2. С. 139-142
2. Рустамова Р. Д., Иноятв А. А. Меры улучшения совершенствования водного хозяйства // Форум молодых ученых. 2019. №6 (34) С. 1-9.учены
3. Крымская Е. Я. Условия использования осадков сточных вод предприятий коммунального хозяйства после переработки // Инновационная экономика: информация, аналитика, прогнозы. 2012. №3. С. 23-25.
4. Мотько Е. В., Здановская Л. Б. Сельскохозяйственное водоотведение, обводнение и орошаемое земледелие // Вестник науки. 2022. №5 (50). С. 355-361.
5. Кирейчева Л. В., Лентяева Е. А. Влияние сельскохозяйственного производства на загрязнение водных объектов // Природообустройство. 2020. №5. с. 18-26.
6. Ляшков М. А., Арискина Ю. Ю. Зарубежный опыт применения хозяйственно-бытовых сточных вод

для целей орошения // Экология и водное хозяйство. 2022. №2. С. 15-31.

7. Теоретическое обоснование устройства для съема флотационного шлама в установке очистки навозных стоков / Ю.А. Киров, Ю.А. Савельев, А.С. Сычев, Е.В. Моисеев // Техника и технологии в животноводстве. 2019. №4 (36). С. 64-69.

8. Валиев В. С., Иванов Д. В., Шагидуллин Р. Р. Способы утилизации осадков городских сточных вод (обзор) // Российский журнал прикладной экологии. 2020. №4 (24). С. 52-63.

9. Savdur S. N., Vorontsova V. L. Network simulation of the sewage treatment system in machine-building enterprises // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Ser. "International Conference on Recent Developments in Robotics, Embedded and Internet of Things, ICRDREIOT 2020". 2020. P. 012044.

Савдур С. Н., Воронцова В. Л. Моделирование информационных и материальных потоков интернет-магазина в цифровой экономике // В книге: Методология развития экономики, промышленности и сферы услуг в условиях цифровизации. Санкт-Петербург, 2018. С. 632-655.

Рязанова Г. Н. Организационное решение проблемы координации спроса и потребления альтернативной энергии на промышленных предприятиях России // Управление. Научно-практический журнал. 2016. № 3 (13). С. 46-56.

12. Guest E., MengChu Z., Li Z. Special issue on «Petri nets for system control and automation» // Asian Journal of Control. 2010. 12 (3). pp.237-239.

13. Barzegar, B., Motameni, H. Modeling and Simulation Firewall Using Colored Petri Net // World Applied Sciences Journal. 2011. 15 (6). pp.826-830.

14. Vorontsova, V. L., Savdur, S. N., Galemzianov, A. F. Network modeling of systemwastewater treatment at the enterprises of the metal processing industry // Journal of Advanced Research in Dynamical and Control Systems. 2019. 11(5). pp. 1–6.

15. Modeling of wastewater treatment system of car parks from petroleum products / S. N. Savdur, Y. V. Stepanova, I. A. Kodolova, E. L. Fesina // Journal of Physics: Conference Series this link is disabled. 2018. 1015(3). P. 032121.

16. Технология получения биогаза из сельскохозяйственных растительных отходов с высокой биодоступностью, активированных методом паровзрывной обработки / Д.Б. Просвирников, Б.Г. Зиганшин, Л.И. Гизатуллина, И.Х. Гайфуллин // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2022. Т. 17. № 4 (68). С. 90-97.

17. Влияние препарата мифосфон на эффективность процесса получения биогаза и утилизации углеродсодержащих отходов / И.Х. Гайфуллин, З.М. Халиуллина, Б.Г. Зиганшин, Ю.Х. Шогенов, Э.А. Галлямов // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2021. Т. 16. № 3 (63). С. 19-26.

18. Использование современных технологий для снижения углеродного следа в животноводстве / Ф.Ф. Ситдииков, Б.Г. Зиганшин, Р.Р. Шайдуллин, А.Б. Москвичева // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2020. Т. 15. № 1 (57). С. 81-87.

19. Исхаков А. Т., Гатина Ф. Ф. Факторный анализ развития молочного скотоводства регионов России // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2022. Т. 17. № 2 (66). С. 137-144.

20. Применение цифровых технологий для снижения углеродного следа в животноводстве / Г.С. Клычова, А.Р. Закирова, А.Р. Юсупова, А.С. Клычова, Э.А. Галлямов // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2022. Т. 17. № 1 (65). С. 122-128.

Сведение об авторе:

Савдур Светлана Николаевна - кандидат технических наук, доцент; e-mail: Savdur.svetlana@yandex.ru
Казанский государственный аграрный университет, Казань, Россия

SIMULATION OF THE WASTE WATER PURIFICATION SYSTEM OF LIVESTOCK FARMS BASED ON PETRI NETS S. N. Savdur

Abstract. The development of animal husbandry on an industrial basis causes a sharp increase in the amount of highly polluted wastewater, the purification and disinfection of which is one of the most important tasks when deciding on their use in agriculture as fertilizer or discharge into reservoirs or irrigation fields. The effectiveness of such systems is achieved with the help of new ways of processing information and mathematical characteristics of technology processes. Based on the study of the main methods of creating discrete chemical and technological systems (CTS), the expediency of using the design of Petri nets (SP) to simulate the process of wastewater treatment of livestock farms (OSWF) was developed. To characterize the system, we use N-schemes, which are based on the mathematical system of the joint venture, which can form a network structure both in analytical form for automating work during analysis, and in graphical form to create visibility of the created model. Analyzing technological and chemical processes, it is important to take into account the formality condition of N-circuits, which assumes that the circuits do not take the properties of simulated systems in time, since the timing of the transition is taken to be zero. We took into account these conditions and proposed updated Petri nets that are focused on the analysis and simulation of discrete CTS, by changing the time delay of labels on transitions and positions, as well as by enabling transitions that are in priority. We have created a model in the form of a modified updated Petri net (SME). With the help of SCADA TRACE MODE technologies, we have developed a whole software package for the control system in the process of OSWF. This system can perform dispatching monitoring of the main parts of the control apparatus, as well as stop and analyze and monitor its condition, this is feasible both in general and within the framework of forecasting the occurrence of emergency situations.

Key words: modified Petri nets, wastewater treatment of livestock farms, simulated systems, chemical and technological system, computer modeling.

References

- Gordin I. V. Ecological and economic problems of agricultural wastewater disposal // International Journal of Humanities and Natural Sciences. 2021. №3-2. pp. 139-142
- Rustamova R. D., Inoyatov A. A. Measures to improve the improvement of water management // Forum of Young scientists. 2019. No. 6 (34) p. 1-9.
- Krymskaya E. Ya. Conditions for the use of sewage sludge from municipal enterprises after processing // Innovative economics: information, analytics, forecasts. 2012. No.3. pp. 23-25.

4. Motko E. V., Zdanovskaya L. B. Agricultural drainage, irrigation and irrigated agriculture // Bulletin of Science. 2022. No.5 (50). pp. 355-361.
5. Kireicheva L. V., Lentyaeva E. A. Influence of agricultural production on pollution of water bodies // Nature management. 2020. No.5. pp. 18-26.
6. Lyashkov M. A., Ariskina Yu. Yu. Foreign experience in the use of domestic wastewater for irrigation purposes // Ecology and water management. 2022. No.2. pp. 15-31.
7. Theoretical substantiation of a device for removing flotation sludge in a sewage treatment plant / Yu.A. Kirov, Yu.A. Savelyev, A.S. Sychev, E.V. Moiseev // Equipment and technologies in animal husbandry. 2019. No.4 (36). pp. 64-69.
8. Valiev V.S., Ivanov D.V., Shagidullin R.R. Methods of utilization of urban wastewater sludge (review) // Russian Journal of Applied Ecology. 2020. No.4 (24). pp. 52-63.
9. Savdur S. N., Vorontsova V. L. Network simulation of the sewage treatment system in machine-building enterprises // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Сер. "International Conference on Recent Developments in Robotics, Embedded and Internet of Things, ICRDREIOT 2020". 2020. P. 012044.
10. Savdur S. N., Vorontsova V. L. Modeling of information and material flows of an online store in the digital economy // In the book: Methodology of economic development, industry and services in the conditions of digitalization. Saint Petersburg, 2018. pp. 632-655.
11. Ryazanova G. N. Organizational solution to the problem of coordination of demand and consumption of alternative energy at industrial enterprises of Russia // Management. Scientific and practical journal. 2016. No. 3 (13). pp. 46-56.
12. Guest E., MengChu Z., Li Z. Special issue on «Petri nets for system control and automation» // Asian Journal of Control. 2010. 12 (3). pp.237-239.
13. Barzegar, B., Motameni, H. Modeling and Simulation Firewall Using Colored Petri Net // World Applied Sciences Journal. 2011. 15 (6). pp.826-830.
14. Vorontsova, V. L., Savdur, S. N., Galemzianov, A. F. Network modeling of systemwastewater treatment at the enterprises of the metal processing industry // Journal of Advanced Research in Dynamical and Control Systems. 2019. 11 (5). pp. 1–6.
15. Modeling of wastewater treatment system of car parks from petroleum products / S.N. Savdur, Y.V. Stepanova, I.A. Kodolova, E.L. Fesina // Journal of Physics: Conference Series [this link is disabled](#). 2018. 1015(3). P. 032121.
16. Technology of biogas production from agricultural plant waste with high bioavailability activated by steam-blasting treatment / D.B. Prosvirnikov, B.G. Ziganshin, L.I. Gizatullina, I.H. Gayfullin // Bulletin of Kazan State Agrarian University. 2022. Vol. 17. No. 4 (68). pp. 90-97.
17. The effect of the drug mephosphone on the efficiency of the process of obtaining biogas and utilization of carbon-containing waste / I.H. Gayfullin, Z.M. Khaliullina, B.G. Ziganshin, Yu.Kh. Shogenov, E.A. Gallyamov // Bulletin of the Kazan State Agrarian University. 2021. Vol. 16. No. 3 (63). pp. 19-26.
18. The use of modern technologies in dairy farming / F.F. Sitdikov, B.G. Ziganshin, R.R. Shaidullin, A.B. Moskvicheva // Bulletin of Kazan State Agrarian University. 2020. Vol. 15. No. 1 (57). pp. 81-87.
19. Iskhakov A. T., Gatina F. F. Factor analysis of the development of dairy cattle breeding in the regions of Russia // Bulletin of the Kazan State Agrarian University. 2022. Vol. 1
20. The use of digital technologies to reduce the carbon footprint in animal husbandry / G.S. Klychova, A.R. Zakirova, A.R. Yusupova, A.S. Klychova, E.A. Gallyamov // Bulletin of the Kazan State Agrarian University. 2022. Vol. 17. No. 1 (65). pp. 122-128.

Authors:

Savdur Svetlana Nikolaevna - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; e-mail: Savdur.svetlana@yandex.ru
Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia.