

На правах рукописи



ЛИМАРЕНКО НИКОЛАЙ ВЛАДИМИРОВИЧ

**ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ АКТИВАТОРА ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ
СТОКОВ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

05.20.01 – Технологии и средства механизации сельского хозяйства
(по техническим наукам)

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук

Ростов-на-Дону 2018

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Донской государственной технической университету» (ДГТУ)

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор
Жаров Виктор Павлович

Официальные оппоненты: **Бондаренко Анатолий Михайлович**
доктор технических наук, профессор,
Азово-Черноморский инженерный институт – филиал ФГБОУ ВО «Донской Государственный аграрный университет», заведующий кафедрой «Землеустройство и кадастры»

Куденко Вячеслав Борисович
кандидат технических наук, ФГБОУ ВО «Мичуринский государственный аграрный университет», доцент кафедры «Технологических процессов и техносферной безопасности»

Ведущая организация: ФГБОУ ВО «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова» (г. Новочеркасск)

Защита состоится «23» ноября 2018 г. в 12:00 на заседании диссертационного совета Д 220.057.03, созданного на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Рязанский государственный агро-технологический университет имени П.А. Костычева» по адресу: 390044, г. Рязань, ул. Костычева, д.1, зал заседаний диссертационного совета.

С диссертацией и авторефератом можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО РГАТУ, на сайте университета: www.rgatu.ru, с авторефератом – на сайте Высшей аттестационной комиссии Министерства образования и науки Российской Федерации: www.vak3.ed.gov.ru.

Автореферат разослан «__» _____ 2018 г.

Учёный секретарь
диссертационного совета
доктор технических наук, доцент



И.А. Юхин

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Развитие животноводства является одним из основных факторов обеспечения продовольственной безопасности страны. Согласно доктрине продовольственной безопасности РФ, удельный объём отечественной животноводческой продукции до 2020 года должен составлять не менее 85%, что требует роста производства. Стоки животноводческих предприятий богаты биогенными веществами и опасны в эпидемиологическом отношении, соответственно решение проблемы безопасной их утилизации является важной задачей. Наиболее рациональным вариантом утилизации данного вида стоков является использование их для орошения. Одной из основных операций утилизации стоков животноводческих предприятий является их обеззараживание. Под обеззараживанием в данной работе понимается подавление патогенных и условно патогенных микроорганизмов. Применяемые сегодня способы обеззараживания стоков животноводческих предприятий обладают существенными недостатками, такими как: высокая удельная энергоёмкость, образование большого количества отрицательных побочных продуктов, сильная зависимость эффекта от мутности и жёсткости среды. Устранить приведённые недостатки возможно за счёт применения активаторов, реализующих комплексное физико-химическое воздействие. Соответственно, оптимизация параметров активатора обеззараживания стоков животноводческих предприятий является актуальной задачей, что также подтверждается Указом Президента РФ № 899 от 7 июля 2011 г. «Об утверждении приоритетных направлений развития науки, технологий и техники в Российской Федерации и перечня критических технологий Российской Федерации».

Степень разработанности темы. Значительный вклад в исследование вопроса ресурсосберегающего обеззараживания жидкой фракции отходов животноводческих предприятий внесли учёные: Н.Г. Андреев, В.М. Бахир, Н.В. Бышов, А.Ю. Брюханов, А.М. Бондаренко, Н.П. Вершинин, Х.Х. Губейдуллин, М.Ю. Костенко, В.Б. Куденко, М.Б. Латышенок, В.Д. Попов, М.И. Перельман, А.С. Пресман, Л.Н. Фесенко, О.А. Суржко, А.В. Шемякин, С.В. Яковлев, А. Abdulla, С.Н. Burns, К.-С. Chen, С. Zheng и др. На основании проведённого анализа информационных источников было установлено, что наиболее перспективным способом решения поставленной проблемы является комплексное физико-химическое воздействие, устройством реализации которого является активатор. Установлено, что зависимости, позволяющие определить оптимальные параметры активатора, на данный момент отсутствуют.

Цель исследования. Снижение удельной энергоёмкости активатора обеззараживания стоков животноводческих предприятий за счёт оптимизации его параметров.

Задачи исследования, решение которых необходимо для достижения поставленной цели, сводятся к следующему:

– теоретически исследовать динамику процесса перемещения рабочих тел во вращающемся потоке жидкости в активаторе обеззараживания;

- экспериментально исследовать параметры активатора при обеззараживании стоков животноводческих предприятий;
- оптимизировать параметры активатора при обеззараживании стоков животноводческих предприятий;
- оценить экономический эффект применения предлагаемого активатора при обеззараживании стоков животноводческих предприятий.

Объект и предмет исследования. Объектом исследования являются параметры активатора при обеззараживании стоков животноводческих предприятий. Предметом исследования являются зависимости показателей активатора обеззараживания стоков животноводческих предприятий от его параметров.

Методология и методы исследований. Решение поставленных задач осуществлялось с использованием методов прямых и косвенных измерений, аналого-цифрового преобразования данных, планирования эксперимента, статистической обработки данных, методов оптимизации. Теоретические исследования проводились с использованием основных положений высшей математики, теоретической механики. Экспериментальные исследования проводились в лабораторных условиях в соответствии с апробированными методиками и базировались на математической теории планирования эксперимента. Обработка данных осуществлялась с применением программных комплексов L-Card, Statistica 8.0, MathLab 16. Эмпирической базой исследования стали официальные данные Федеральной службы государственной статистики России, а также результаты экспериментальных исследований.

Научная новизна.

1. Разработана аналитическая математическая модель, описывающая движение частицы в постробочей зоне активатора и обосновывающая параметры начала заборного окна, предотвращающего попадание рабочих тел в готовый продукт, при обеззараживании стоков животноводческих предприятий;
2. Определено существенное влияние основных параметров активатора на качество обеззараживания стоков животноводческих предприятий в нём;
3. Получена регрессионная модель активатора обеззараживания стоков животноводческих предприятий;
4. Оптимизированы параметры активатора обеззараживания стоков животноводческих предприятий.

Основные положения, выносимые на защиту:

- результаты теоретического исследования динамики движения частицы в постробочей зоне активатора обеззараживания;
- результаты экспериментального исследования обеззараживания стоков животноводческих предприятий в активаторе;
- результаты оптимизации параметров активатора при обеззараживании стоков животноводческих предприятий.

Теоретическая значимость работы. Получена система уравнений, описывающая траекторию движения частицы в постробочей зоне активатора и позволяющая выбрать расположение окна для удаления рабочих тел из этой зоны; на основании теоретического анализа разработаны технические решения удержания и обеспечения равномерности заполнения стержнями рабочей зоны активатора.

Практическая значимость работы. Усовершенствовано оборудование для обеззараживания стоков животноводческих предприятий за счёт оптимизации параметров активатора; результаты научных исследований переданы для внедрения в ООО «Домашняя ферма».

Реализация результатов исследования. Активатор обеззараживания стоков животноводческих предприятий внедрён в производственную деятельность фермерского хозяйства ООО «Домашняя ферма» (Ростовская область, Мясниковский район); разработанные системы автоматизированных научных исследований внедрены в учебном процессе Донского государственного технического университета.

Достоверность результатов исследований. Достоверность полученных результатов подтверждается достаточным объемом и высокой степенью точности эмпирических данных, использованием общепринятых методик и рекомендаций по оценке эффективности технических систем; соответствием полученных результатов требованиям предъявляемым нормативными документами.

Апробация результатов работы. Основные положения работы отмечены грантом фонда содействия инновациям в рамках программы «Умник» в 2016 году, дипломами в рамках 19, 20 международной агропромышленной выставки «Интерагромаш» (2016 г., 2017 г., г. Ростов-на-Дону): «За разработку технологии и оборудования для обеззараживания жидкой фракции отходов животноводческих предприятий сельского хозяйства», «За разработку экологически безопасной технологии обеззараживания жидкой фракции отходов животноводческих предприятий животноводческих ферм», обсуждались и были одобрены на 4, 5 научно-методической конференции «Инновационные технологии в науке и образовании» (2016 г., 2017 г., п. Дивноморское); международной научной конференции «Современные проблемы математического моделирования, обработки изображений и параллельных вычислений 2017» (2017 г., пос. Дивноморское), 8, 9, 10 международной научно-практической конференции «Состояние и перспективы развития сельскохозяйственного машиностроения» (2015 г. – 2017 г., в г. Ростов-на-Дону), международной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Ломоносов» (Московский государственный университет, г. Москва, 2016 г.).

Личное участие соискателя в получении результатов состоит в обосновании актуальности проблемы, постановке цели и задач исследования, проведении теоретических и экспериментальных исследований, обработке и интерпретации результатов, их апробации на выставках, конференциях, разработке контрольно-измерительного

комплекса для проведения экспериментальных исследований, разработке стендов для проведения исследований, публикации, а также внедрении полученных результатов.

Публикации. По материалам проведенного исследования опубликовано 17 печатных работ, в том числе 7 работ в рецензируемых научных журналах перечня ВАК, получен патент на полезную модель.

Структура и объём диссертации. Диссертация изложена на 160 страницах, состоит из 4 глав, 16 таблиц, 36 рисунков, список цитируемых источников включает 165 наименования, в том числе 22 на иностранном языке.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы исследования, сформулированы цель и задачи исследования, объект и предмет исследования, научная новизна, практическая значимость и основные положения, выносимые на защиту, апробация и реализация результатов, сведения о публикациях.

В первой главе выполнен анализ видов и свойств стоков животноводческих предприятий и технологий их утилизации. Установлено, что одной из основных операций при утилизации стоков является их обеззараживание. Выполнен анализ параметров, характеризующих уровень эпидемиологической безопасности стоков животноводческих предприятий. Установлено, что наиболее информативным индикатором, позволяющим оценить качество обеззараживания является число колониеобразующих единиц общих колиформных бактерий (КОЕ ОКБ). Выполнен анализ воздействий, позволяющих получить эффект обеззараживания стоков животноводческих предприятий. Установлено, что наиболее перспективным способом, учитывающим всю специфику данного вида отходов, является комплексное физико-химическое воздействие перемещающихся рабочих тел в виде стержней и активного хлора во вращающемся электромагнитном поле, а наиболее перспективным устройством реализации данного воздействия является активатор. Недостатками известных активаторов являются: сложность удержания рабочих тел в рабочей зоне активатора при его работе с жидкими средами. Установлено, что оптимальный активатор обеззараживания стоков животноводческих предприятий, на данный момент отсутствует. Определены цель, объект, предмет исследования, изложены элементы научной новизны, практическая значимость работы, апробация.

Во второй главе выполнены теоретические исследования динамики процесса перемещения рабочих тел в пострабочей зоне активатора, экспериментально оценена их достоверность и предложены технические решения, повышающие эффективность его функционирования.

При теоретическом рассмотрении динамики процесса перемещения рабочих тел в рабочей зоне активатора установлено, что под воздействием комплекса сил, обусловленных электромагнитным и центробежным полями, а также воздействием потока

стоков и других сил, рабочие тела совершают сложное вращательно-поступательное движение относительно продольной оси активатора. Результирующая сила, действующая на рабочие тела вдоль продольной оси активатора, обусловленная воздействием потока стоков и удерживающей силой электромагнитного поля, не всегда обеспечивает равномерное распределение вдоль продольной оси и нахождение в рабочей зоне активатора рабочих тел. Рабочие тела смещаются в рабочей зоне активатора к его выходу, а часть из них выносятся вместе с потоком стоков за пределы рабочей зоны активатора в пострабочую зону. Графическое изображение ситуации, представлено на рис. 1. В результате этого, возникает неравномерное заполнение рабочей зоны рабочими телами, а часть рабочих тел выносятся за пределы активатора, что приводит к постепенному сокращению их количества в рабочей зоне. Оба события приводят к снижению эффективности функционирования активатора, а вынос рабочих тел за его пределы – недопустим. Изложенное обусловило необходимость устранения выявленных недостатков.

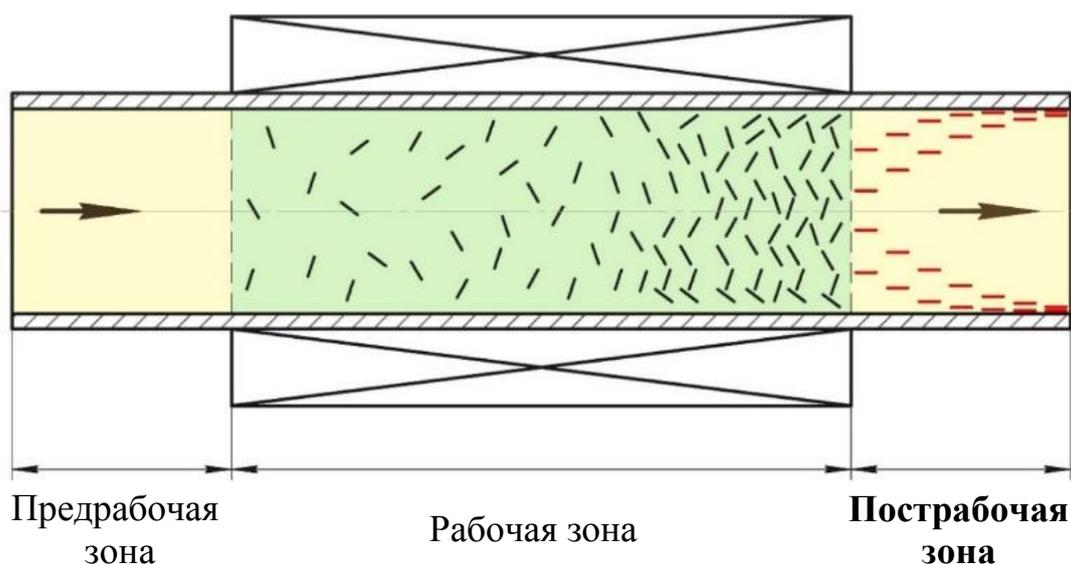


Рисунок 1 – Схема распределения рабочих тел в активаторе

При теоретическом исследовании динамики процесса перемещения стоков и рабочих тел в пострабочей зоне активатора рассмотрены силы: F_A – сила Архимеда, F_y – сила центробежная, $F_{он}$ – сила давления потока жидкости, F_T – сила тяжести, действующие на рабочее тело, перемещающееся во вращающемся потоке жидкости. Схема сил представлена на рис. 2.

Используя метод кинестатики, в основу которого положен принцип Даламбера, составлено уравнение второго основного закона динамики для материальной частицы в векторной форме:

$$m_q \cdot \vec{a}_q = \sum \vec{F}_i = \vec{F}_{он} + \vec{F}_m + \vec{F}_y + \vec{F}_A, \quad (1)$$

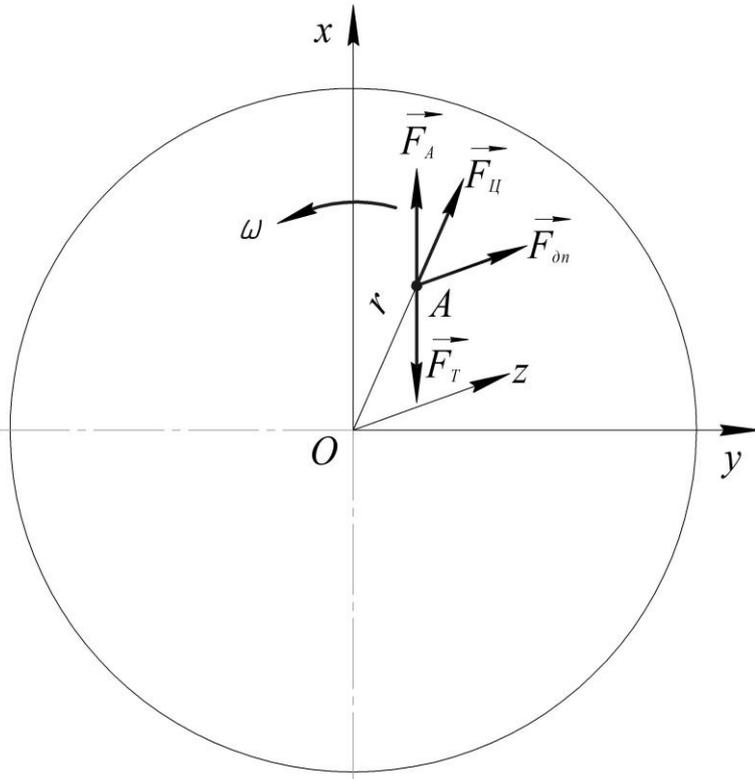


Рисунок 2 – Схема сил, действующих на частицу в пострабочей зоне активатора

где:

m_q – масса частицы в кг;

\ddot{a}_q – ускорение частицы в м/с²;

$\vec{F}_{он}$ – вектор силы давления потока в Н;

\vec{F}_m – вектор силы тяжести в Н;

$\vec{F}_ц$ – вектор силы центробежной в Н;

\vec{F}_A – вектор силы Архимеда в Н.

Которое в виде системы дифференциальных уравнений, имеет следующий вид:

$$\begin{cases} m_q \cdot \ddot{x} = -m_q \cdot g + m_q \cdot \omega_q^2 \cdot x + m_{жс} \cdot g; \\ m_q \cdot \ddot{y} = m_q \cdot \omega_q^2 \cdot y; \\ m_q \cdot \ddot{z} = 0. \end{cases} \quad (2)$$

В виду того, что природа сил, действующих вдоль осей X и Y – идентична, но равнодействующая их вдоль оси X больше, чем вдоль оси Y , в дальнейшем рассматривалась плоская система XOZ

$$\begin{cases} m_q \cdot \ddot{x} = -m_q \cdot g + m_q \cdot \omega_q^2 \cdot x + m_{жс} \cdot g; \\ m_q \cdot \ddot{z} = 0. \end{cases} \quad (3)$$

Поскольку в рассматриваемой системе в первом уравнении отсутствует Z , а во втором – X , рассмотрим систему, как два независимых уравнения. Приняв начальные условия: $t_0 = 0$; $x_0 = 0$; $z_0 = 0$; $\dot{x}_0 = 0$; $\dot{z}_0 = v_n^{np}$, где v_n^{np} – продольная составляющая линейной скорости частицы (потока) в м/с. И решив уравнения (3), получим систему уравнений (4), определяющих траектории движения частиц в пострабочей зоне активатора.

$$\begin{cases} x = \frac{g}{\omega^2} \left(1 - \frac{m_{жс}}{m_q}\right) (1 - ch \omega t); \\ z = V_{ном} \cdot t. \end{cases} \quad (4)$$

где ch – гиперболический косинус.

Оценка достоверности полученных расчётным путём результатов была осуществлена путём постановки эксперимента на активаторе в эксплуатационных условиях:

частота вращения рабочих тел в радиальной плоскости активатора 3000 об/мин; осевая скорость потока 0,144 м/с, что соответствует производительности $Q = 8 \text{ м}^3/\text{час}$. Результаты сравнения расчётных и экспериментальных значений перемещений частицы в пострабочей зоне, представлены на рис.3. Схема зоны возможного движения частицы в плоскости XOZ и схема траектории движения частицы в пострабочей зоне активатора представлена на рис. 4.

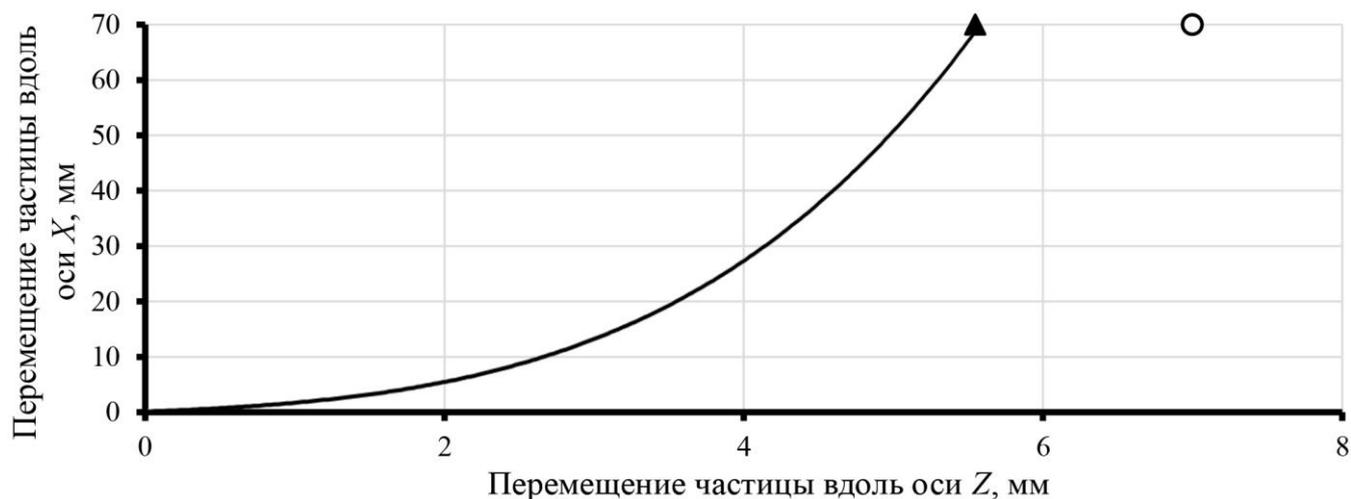


Рисунок 3 – Перемещение частицы в пострабочей зоне активатора

▲ расчётное значение; ○ экспериментальное значение

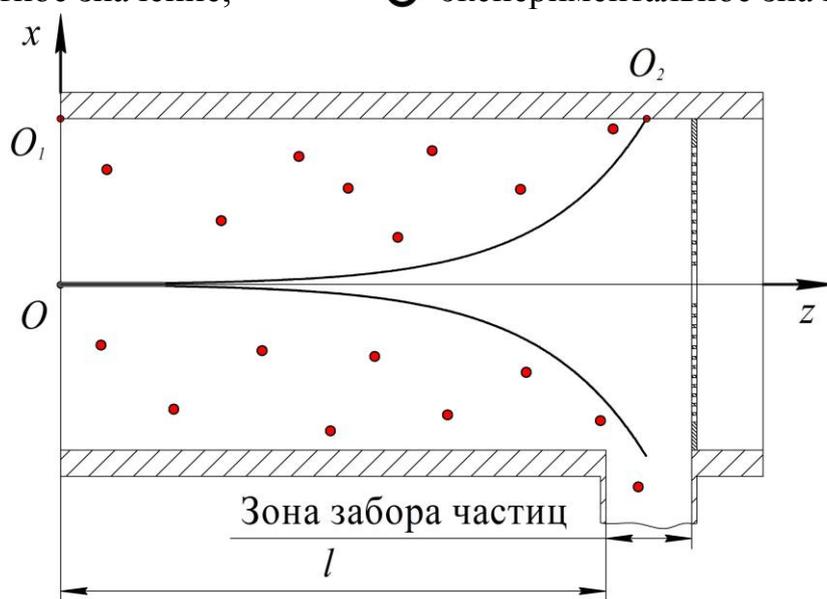


Рисунок 4 – Схема траектории движения частицы в пострабочей зоне активатора

На основании проведенных теоретических исследований динамики процесса перемещения рабочих тел в активаторе обеззараживания были сделаны следующие выводы:

- траектория движения рабочих тел в пострабочей зоне активатора описывается системой дифференциальных уравнений (4) и имеет вид (см. рис. 3 и 4);
- результаты теоретического исследования позволяют определить место начала

заборного окна в пострабочей зоне активатора $l_{теор} = 5,5$ мм, а также обосновать технические решения для повышения эффективности функционирования активатора;

– расхождение между значением $l_{теор} = 5,5$ мм, полученным на основании теоретических исследований, и значением $l_{эксп} = 7$ мм, полученным в результате эксперимента, объясняется влиянием неучтённых в данном исследовании факторов, например, таких как сопротивление жидкости движению рабочих тел.

В третьей главе описано устройство экспериментального стенда (см. рис. 5), контрольно-измерительного комплекса, представлена методика и результаты проведения экспериментального исследования, выполнена оптимизация параметров активатора и проведена оценка достоверности полученных в ходе экспериментального исследования результатов.

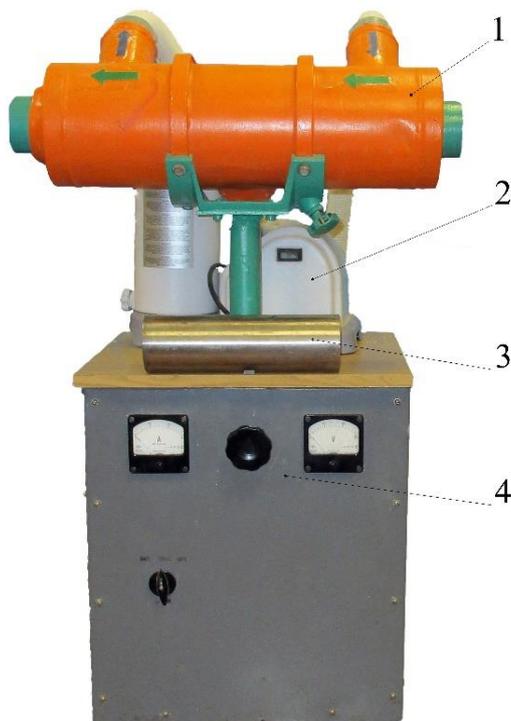


Рисунок 5 – Общий вид экспериментального стенда

Экспериментальные исследования проводились на стенде (см. рис. 5) состоящем из активатора 1; системы охлаждения 2; контейнера 3; универсального источника питания 4. Активатор (см. рис. 6) представляет собой устройство, реализующее комплексное физико-химическое воздействие. В предрбочую зону подаётся исходный технологический материал в виде загрязнённого стока (серый цвет), в рабочей зоне (жёлтый цвет) осуществляется воздействие и выполняется обеззараживание, а в пострабочей зоне (зелёный цвет) осуществляется отвод готового продукта, обеззараженного стока. Основными элементами активатора являются корпус 1, втулка цилиндрическая 2, индуктор 3, рабочие тела 4 (см. рис. 7). Параметрами, характеризующими качество обеззараживания стоков в активаторе, были приняты: число КОЕ ОКБ и удельная энергоёмкость.

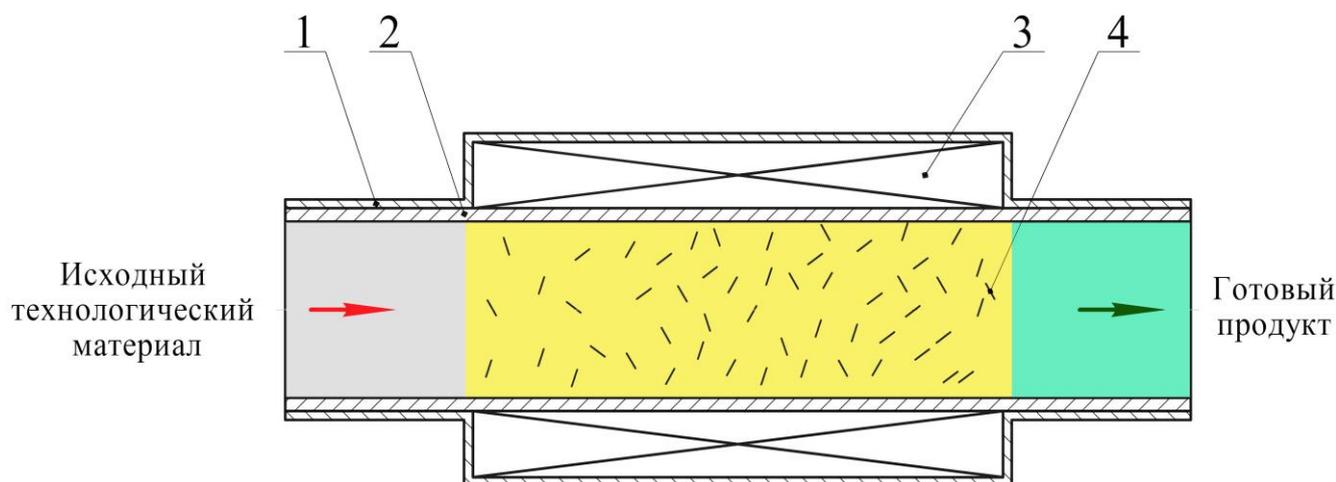


Рисунок 6 – Принципиальная схема активатора обеззараживания

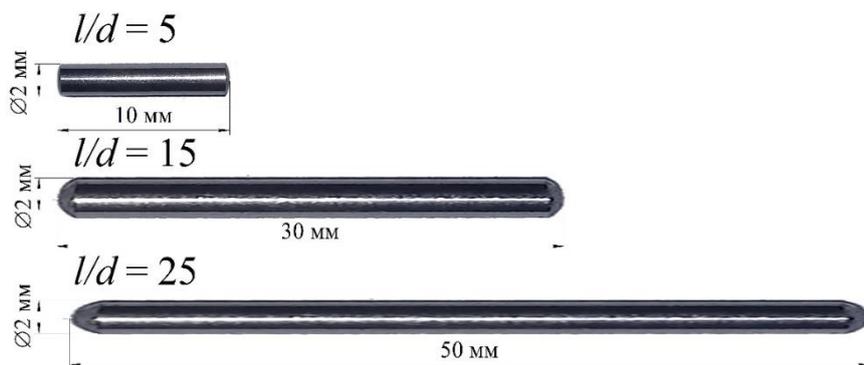


Рисунок 7 – Типоразмеры рабочих тел, используемых в активаторе

На основании анализа информационных источников были выделены наиболее существенные факторы, оказывающие влияние на параметры назначения (см. табл. 1). На рис. 8 представлена блок-схема экспериментального исследования системы.

Таблица 1 – Факторы и уровни их варьирования в натуральных переменных

Фактор	Кодовое обозначение	Уровни факторов		
		$X_i = -1$	$X_i = 0$	$X_i = +1$
Заполненность стержнями рабочей зоны активатора ρ_{zn} в %	X_1	0,74	2,96	5,18
Отношение длины стержней к их диаметру l/d	X_2	5	15	25
Магнитная индукция B в мТл	X_3	40	60	80
Концентрация активного хлора ω в мг/л	X_4	6	12	18
Продолжительность воздействия t в с	X_5	2	4	6

Определение числа колониеобразующих единиц осуществлялось методом прямого посева на питательную среду Эндо (см. рис. 9). Ввиду того, что целью исследования являлась оптимизация параметров активатора обеззараживания, что требовало наиболее точного описания поверхности отклика, был выбран G -оптимальный план

Хартли Ha_5 . После экспериментального исследования были выполнены регрессионный анализ результатов и оптимизация.

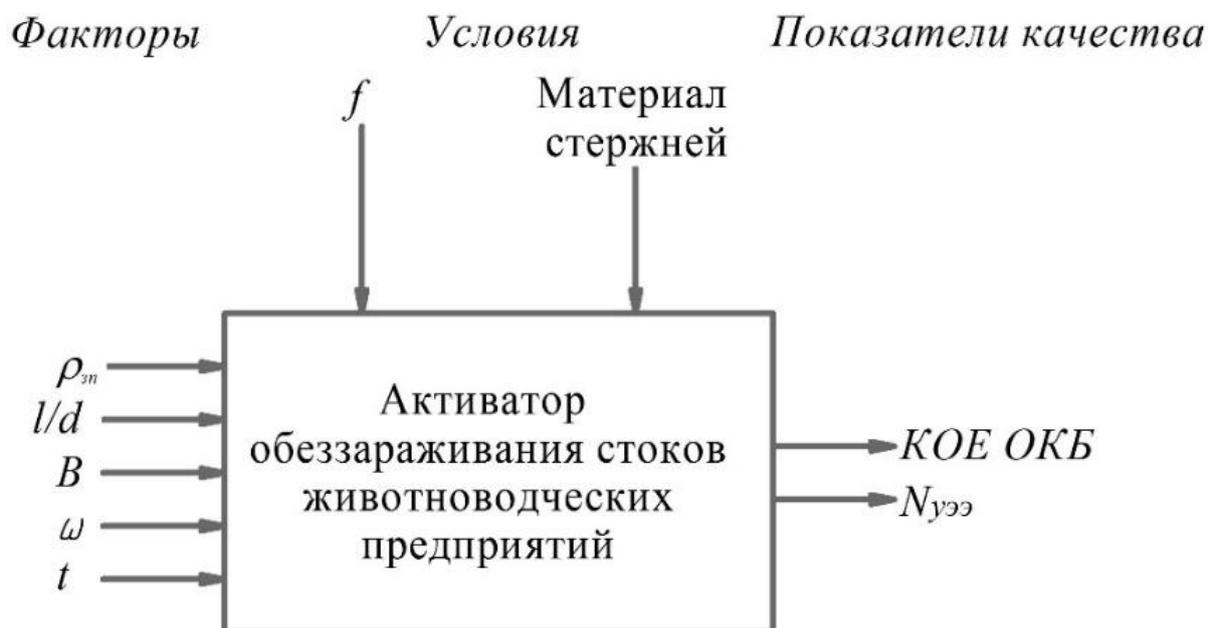


Рисунок 8 – Блок-схема модели системы экспериментального исследования

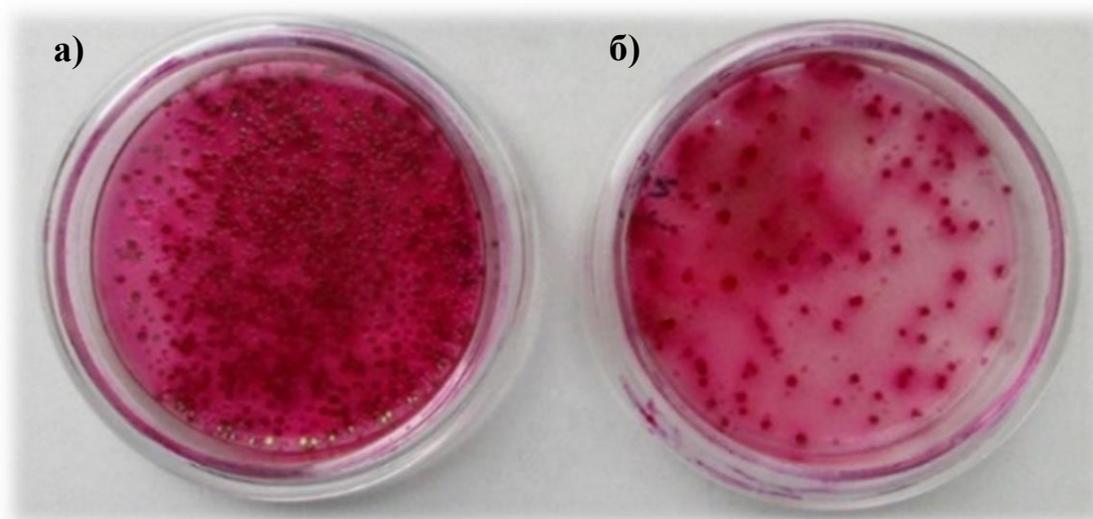


Рисунок 9 – Число колониеобразующих единиц, выросшее на питательном агаре до (а) и после (б) воздействия

Проверка полученных уравнений на адекватность по F -критерию показала, что при выбранном уровне значимости $\alpha = 0,05$, расчетные значения $F_p^{KOE} = 1,2$ и $F_p^{y\omega} = 0,8$ меньше критического значения $F_k = 1,8$. Следовательно, гипотеза об адекватности уравнений справедлива. После определения оценок коэффициентов, их характеристик и исключения функций из уравнений при статистически незначимых коэффициентах, уравнения регрессии в кодированных переменных приняли вид:

для удельной энергоёмкости

$$y_{y_{\text{ээ}}} = 5,59 - 2,14x_1 - 0,44x_2 + 2,24x_3 + 1,14x_5 + 1,52x_1^2 - 1,48x_2^2; \quad (5)$$

для числа КОЕ ОКБ

$$y_{\text{КОЕ ОКБ}} = 71,72 - 9,13x_1 + 1,32x_2 - 20,15x_3 - 31,74x_4 - 14,02x_5 + 5,81x_2^2 + 4,31x_3^2 + 7,98x_4^2 + 3,14x_5^2 - 18,92x_3x_4. \quad (6)$$

После подстановки переходных коэффициентов и преобразования, уравнения регрессии в натуральных переменных приняли вид:

для удельной энергоёмкости

$$\hat{N}_{y_{\text{ээ}}} = 4,815 - 2,789\rho + 0,400 l/d + 0,112B + 0,570t + 0,308\rho^2 - 0,014l/d^2; \quad (7)$$

для числа КОЕ ОКБ

$$\text{КОЕ ОКБ} = 244,830 - 4,113\rho - 3,486 l/d - 0,408B + 71,000 \omega - 13,290 t + 0,058 (l/d)^2 + 0,011B^2 + 0,222\omega^2 + 0,785 t^2 - 0,158 B\omega. \quad (8)$$

Уравнения (7) и (8) дают возможность рассчитать значения удельной энергоёмкости $N_{y_{\text{ээ}}}$ и число КОЕ ОКБ для любых точек, находящихся внутри области изучаемого факторного пространства. На основании экспериментальных данных были построены графические зависимости, представленные на рис. 10, 11.

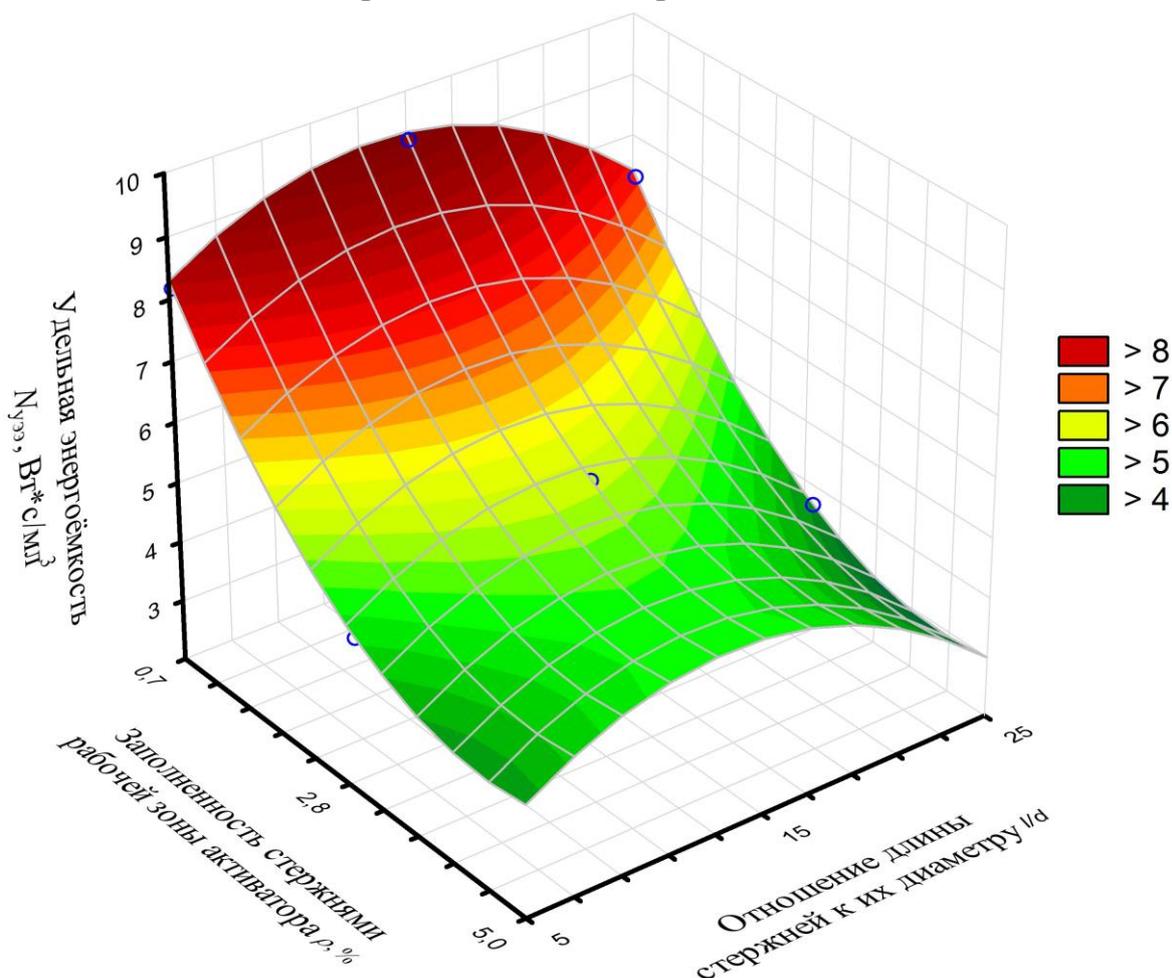


Рисунок 10 – Зависимость удельной энергоёмкости активатора обеззараживания от параметров рабочих тел

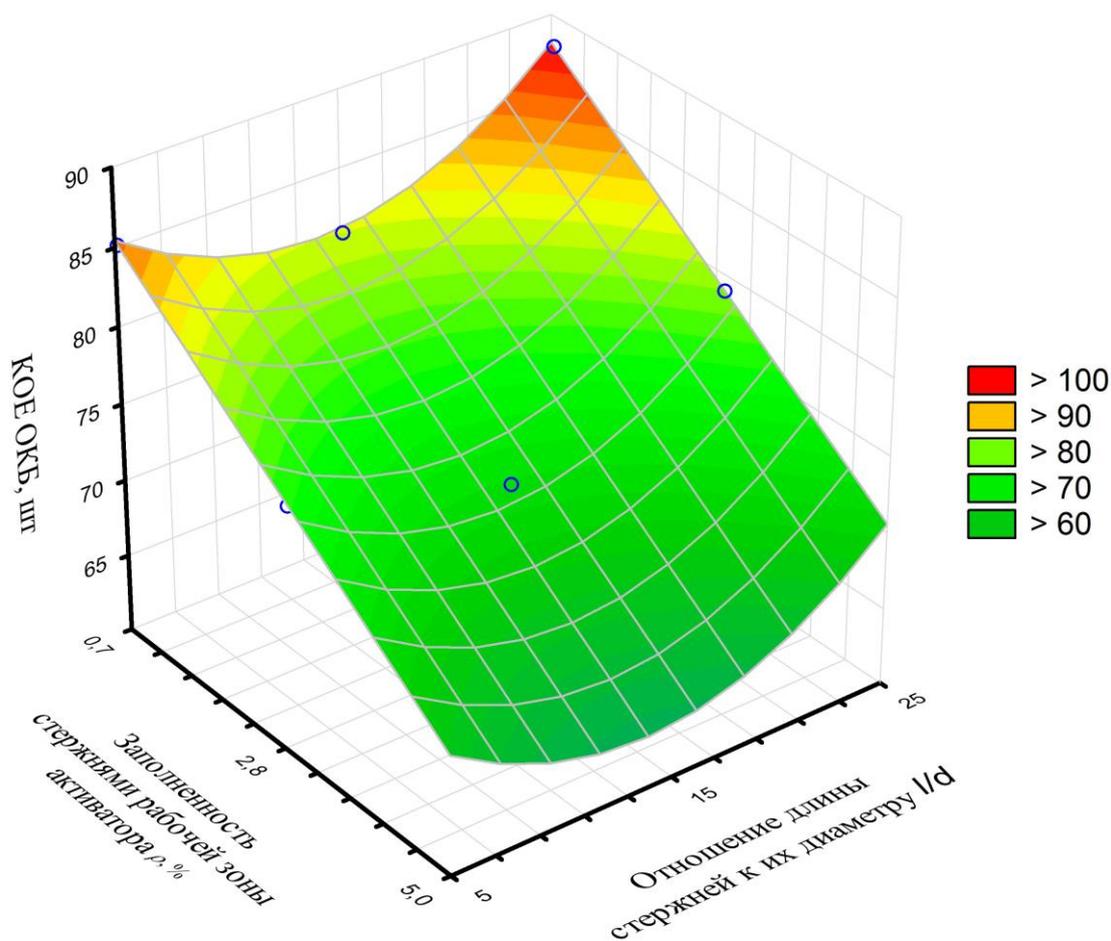


Рисунок 11 – Зависимость числа колониобразующих единиц в активаторе обеззараживания от параметров рабочих тел

После получения математических моделей, определяющих влияние параметров активатора на качество обеззараживания и его удельную энергоёмкость, возникла необходимость в получении наилучшего результата при соответствующих условиях, то есть оптимизации параметров активатора, обеспечивающих минимальные затраты удельной энергии, при соблюдении предельно допустимого значения числа КОЕ ОКБ в стоках животноводческих предприятий. С математической точки зрения: «Нахождение минимума целевой функции в некоторой области конечномерного векторного пространства, ограниченного набором линейных и нелинейных неравенств»: $N_{уэ} \rightarrow \min$. В качестве входных параметров были приняты диапазоны факторов, представленные в табл. 1. Ограничением являлась функция (8), со значением, не превышающим 100 единиц. Блок-схема оптимизационной задачи, представлена на рис. 12.

В качестве наиболее перспективных методов были выбраны: полного перебора и крутого восхождения (или спуска, в зависимости от задачи достижения максимума или минимума). Расчёты производились с использованием пакета математического моделирования Matlab.

Для оценки достоверности результатов математического моделирования и оптимизации параметров активатора обеззараживания стоков животноводческих предприятий опытным путём был проведен эксперимент.



Рисунок 12 – Блок-схема модели системы при оптимизации

В качестве технологического материала использовались стоки, взятые в помещении ООО «Домашняя ферма». Блок-схема модели системы при оценке достоверности результатов, представлена на рис. 13.

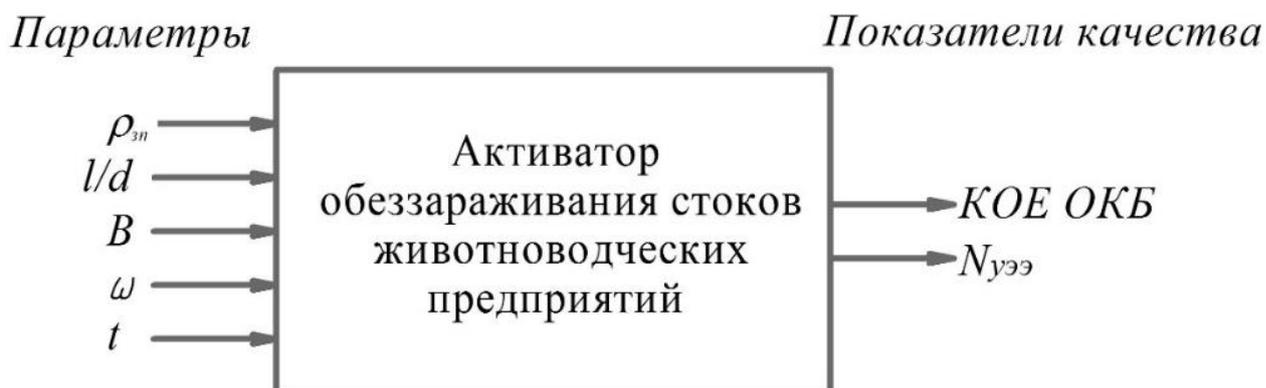


Рисунок 13 – Блок-схема модели системы при оценке достоверности результатов

Условиями эксперимента являлись значения факторов, полученные при оптимизации. Было реализовано 10 параллельных опытов. Расхождение значений удельной энергоёмкости и числа КОЕ ОКБ, полученных расчётным путём по математическим моделям в процессе оптимизации и экспериментальным путём, при оптимальных значениях параметров активатора составило $\Delta_{КОЕ\text{ОКБ}} = 7,3\%$, что приемлемо при решении нашей задачи.

В четвёртой главе выполнен расчёт экономического эффекта внедрения активатора обеззараживания стоков животноводческих ферм производственной мощностью 600 голов. Расчёт показал, что использование оптимальных параметров активатора позволяет существенно интенсифицировать обеззараживание стоков, а общий экономический эффект составляет 188 800 руб.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Итоги выполненного исследования

1. Теоретически исследована динамика процесса перемещения рабочих тел во вращающемся потоке жидкости в активаторе, получена система уравнений (4), описывающая траектории движения рабочих тел в пострабочей зоне активатора. Предложены технические решения, позволяющие повысить эффективность функционирования активатора при работе с жидкими средами; экспериментально оценена достоверность результатов, полученных на основании теоретических исследований $l_{теор} = 5,5$ мм и значением $l_{эксн} = 7$ мм, полученным в результате эксперимента. Разница объясняется влиянием неучтённых в данном исследовании факторов, например, таких как сопротивление жидкости движению рабочих тел.

2. Экспериментально исследовано применение активатора обеззараживания стоков животноводческих предприятий, получены регрессионные математические модели (7) и (8), описывающие зависимость удельной энергоёмкости активатора обеззараживания и числа КОЕ ОКБ от основных параметров.

3. Оптимальные параметры активатора обеззараживания стоков животноводческих предприятий имеют значения: заполненность рабочей зоны рабочими телами $\rho_{zn} = 5,18$ %, что соответствует $m = 1\ 400$ гр., отношением $l/d = 25$ ($d = 2$ мм и $l = 50$ мм), при продолжительности воздействия $t = 2,81$ с; при этом удельная энергоёмкость $N_{уэ} = 3,09$ Вт·с/мм³; что на 65% ниже относительно применения рабочих тел с отношением $l/d = 15$ ($d = 2$ мм и $l = 30$ мм) и уровне заполненности $\rho_{zn} = 2,96$ %, что соответствует $m = 800$ гр. и продолжительности воздействия $t = 6$ с; на 15 % ниже относительно применения рабочих тел с отношением $l/d = 5$ ($d = 2$ мм и $l = 10$ мм) и уровне заполненности $\rho_{zn} = 0,74$ %, что соответствует $m = 200$ гр. и продолжительности воздействия $t = 4$ с; при этом значение числа КОЕ ОКБ равно 98 шт., при предельно допустимом 100 шт., соответственно использование полученных оптимальных параметров позволяет достичь снижения удельной энергоёмкости активатора.

4. Годовой экономический эффект от применения активатора обеззараживания стоков животноводческих предприятий с оптимальными параметрами составил 188 800 руб.

Рекомендации производству

Полученные в ходе исследования оптимальные параметры активатора обеззараживания стоков животноводческих предприятий могут быть использованы предприятиями, проектирующими новые конструкции активаторов, а также малыми фермерскими хозяйствами при обеззараживании стоков и отходов жидкой фракции производственной деятельности.

Перспективы дальнейшей разработки темы

Определение оптимальных параметров активатора обеззараживания для других видов отходов сельскохозяйственных предприятий.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ДИССЕРТАЦИОННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ОПУБЛИКОВАНЫ В СЛЕДУЮЩИХ РАБОТАХ:

– в изданиях перечня ВАК:

1. Месхи, Б.Ч. Создание математической модели для оценки энергоёмкости процесса обеззараживания стоков животноводства / Б.Ч. Месхи, Н.В. Лимаренко, В.П. Жаров, Б.Г. Шаповал // Вестник Дон. гос. техн. ун-та. – 2017. – Т.18, № 4 . – с. 129-135.

2. Лимаренко, Н.В. Создание математической модели технологического процесса обеззараживания стоков животноводства / Н.В. Лимаренко // Известия ВУЗов. Пищевая технология. – 2017. – № 3. – с. 108-112.

3. Лимаренко, Н.В. Определение закона распределения плотности вероятностей удельной электрической энергоёмкости при обеззараживании стоков агропромышленного комплекса / Н.В. Лимаренко // Известия ВУЗов. Пищевая технология. – 2017. – № 2. – с. 118-121.

4. Лимаренко, Н.В. Определение закона распределения плотности вероятностей числа колониеобразующих единиц в технологическом процессе обеззараживания стоков животноводческих ферм / Н.В. Лимаренко, В.П. Жаров // Вестник Дон. гос. техн. ун-та. – 2017. – Т.16, № 2 . – с. 136-140.

5. Лимаренко, Н.В. Экспериментальное исследование влияния массы рабочих тел на параметры, характеризующие качество функционирования индуктора / Н.В. Лимаренко, В.П. Жаров, Ю.В. Панов, Б.Г. Шаповал // Вестник Дон. гос. техн. ун-та. – 2016. – Т.16, № 2 . – с. 90-96.

6. Лимаренко, Н.В. Влияние температуры на параметры работы индуктора, используемого при обеззараживании материалов / Н.В. Лимаренко, В.П. Жаров // Известия ВУЗов. Пищевая технология. – 2016. – № 1. – с. 88-91.

7. Лимаренко, Н.В. Исследование параметров магнитного поля в рабочей камере индуктора / Н.В. Лимаренко, В.П. Жаров, Ю.В. Панов, Б.Г. Шаповал // Вестник Дон. гос. техн. ун-та. – 2016. – № 1. – с. 136-142.

– патенты РФ:

8. Пат. 171681 РФ. Устройство для удержания ферромагнитных частиц в рабочей зоне индуктора при работе с жидкими средами / Б.Ч. Месхи, В.П. Жаров, Б.Г. Шаповал, Н.В. Лимаренко // Бюл. – 16. – № 2016147751. Опубл. 09.06.2017.

– в периодических изданиях:

9. Лимаренко, Н.В. Моделирование технологического процесса утилизации стоков животноводства / Н.В. Лимаренко // Современные проблемы математического моделирования, обработки изображений и параллельных вычислений 2017: сб. трудов междунар. науч. конф. – пос. Дивноморское, 4 – 11 сентября, 2017. – с. 158-166.

10. Лимаренко, Н.В. Создание экологически безопасной технологии утилизации

стоков животноводства / Н.В. Лимаренко, В.П. Жаров, Б.Г. Шаповал // Инновационные технологии в науке и образовании. ИТНО-2017: сб. науч. тр. – Ростов на-Дону; Зерноград; п. Дивноморское, 11-15 сентября, 2017. – с. 175-179.

11. Лимаренко, Н.В. Анализ видов стоков животноводства / Н.В. Лимаренко // Инновационные технологии в науке и образовании. ИТНО-2017: сб. науч. тр. – Ростов на-Дону; Зерноград; п. Дивноморское, 11-15 сентября, 2017. – с. 172-175.

12. Лимаренко, Н.В. Исследование влияния заполненности рабочей зоны рабочими телами на качество функционирования индуктора / Н.В. Лимаренко // Состояние и перспективы развития сельскохозяйственного машиностроения: сб. трудов 10-й междунар. науч. конф. – Ростов-на-Дону, 1-3 марта, 2017. – с. 622-626.

13. Лимаренко, Н.В. Анализ влияния физических воздействий на процесс обеззараживания стоков сельского хозяйства / Н.В. Лимаренко, В.П. Жаров, Б.Г. Шаповал // Инновационные технологии в науке и образовании. ИТНО-2016: сб. науч. тр. – Ростов на-Дону; Зерноград; п. Дивноморское, 11-17 сентября, 2016. – с. 118-122.

14. Лимаренко, Н.В. Параметры, характеризующие гигиеническое состояние стоков сельского хозяйства в процессе их обеззараживания / Н.В. Лимаренко, В.П. Жаров // Инновационные технологии в науке и образовании. ИТНО-2016: сб. науч. тр. – Ростов на-Дону; Зерноград; п. Дивноморское, 11-17 сентября, 2016. – с. 40-43.

15. Лимаренко, Н.В. Экологически безопасный способ обеззараживания сточных вод [Электронный ресурс] / Н.В. Лимаренко // Международная конференция студентов, аспирантов и молодых ученых: секция «Биология»; 11-15 апреля 2016 г.: Москва, МГУ имени М.В. Ломоносова, биологический факультет. Тезисы докладов. Москва: Товарищество научных изданий КМК, 2016. – 416 с. – с. 332-333.

16. Лимаренко, Н.В. Специфика выбора биоиндикатора для оценки эффекта обеззараживания стоков сельского хозяйства / Н.В. Лимаренко, В.П. Жаров // Состояние и перспективы развития сельскохозяйственного машиностроения: сб. трудов 9-й междунар. науч. конф. – Ростов-на-Дону, 2-4 марта, 2016. – с. 516-518.

17. Лимаренко, Н.В. Анализ способов обеззараживания / Н.В. Лимаренко // Состояние и перспективы развития сельскохозяйственного машиностроения: сб. трудов 8-й междунар. науч. конф. – Ростов-на-Дону, 3-6 марта, 2015. – с. 605-608.

ЛИМАРЕНКО НИКОЛАЙ ВЛАДИМИРОВИЧ

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ АКТИВАТОРА ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ
СТОКОВ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ

05.20.01 – Технологии и средства механизации сельского хозяйства
(по техническим наукам)

АВТОРЕФЕРАТ

Подписано в печать 21.09.2018

Объем 1,2 усл. п. л. Офсет. Формат 60x84x16.

Бумага тип №3. Заказ № 20/9. Тираж 100 шт.

ООО «ДГТУ-ПРИНТ»

Адрес полиграфического предприятия:

344000, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1.