

УТВЕРЖДАЮ:  
Директор ФГБНУ  
«Федеральный научный  
агроинженерный центр ВИМ»,  
академик РАН



Измайлов Андрей Юрьевич

« 16 » марта 2022 г.

## ОТЗЫВ

ведущей организации – федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ» (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ) на диссертацию Лимаренко Николая Владимировича на тему: «Повышение эффективности обеззараживания бесподстилочного навоза», представленную в диссертационный совет Д 220.057.03 при федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева» на соискание учёной степени доктора технических наук по специальности 05.20.01 – «Технологии и средства механизации сельского хозяйства»

### Актуальность темы диссертации

Интеллектуализация сельскохозяйственного производства предусматривает развитие и создание новых цифровых технологий, обеспечивающих прослеживаемость материальных потоков, движимых в

процессе выполнения технологических процессов и качество их обработки. В животноводстве особую актуальность на современном этапе приобретает экологизация производства, снижающая антропогенную нагрузку на окружающую среду, в которой первостепенное значение имеют эффективная обработка, хранение и утилизация навозосодержащих стоков.

На крупных животноводческих комплексах при их функционировании образуются большое количество жидкого бесподстилочного навоза, требующего эффективного обеззараживания и больших объемов хранилищ. Соответственно, разработка и создание новых эффективных способов и технологий его обеззараживания является актуальной научной и хозяйственной проблемой.

### **Значимость полученных автором диссертации результатов для развития науки в инженерной сфере АПК**

*Значимыми для науки являются:*

математические модели повышения эффективности обеззараживания бесподстилочного навоза стержневым и шаровым вихревыми слоями в активаторе, раскрывающие влияние параметров активатора, физических, химических и биологических свойств бесподстилочного навоза на энергетические затраты при его обеззараживании и создаваемую экологическую нагрузку.

*Значимыми практическими результатами являются:*

совокупность программных продуктов, в виде цифровизированной smart системы, повышающих эффективность обеззараживания жидкого бесподстилочного навоза и позволяющих прогнозировать уровень экологической нагрузки на окружающую среду в зависимости от свойств обрабатываемого навоза; возможность определения рациональных с энерго-



экологической точки зрения вариантов утилизации навоза и моделирования необходимых для реализации процесса его обработки удельных энергетических затрат.

### **Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертационного исследования**

Разработанные соискателем научные результаты позволяют цифровизировать процесс обеззараживания жидкого бесподстилочного навоза, что в значительной мере снижает удельные энергозатраты, продолжительность воздействия при обработке, а также повышает экологическую безопасность производства.

Полученные результаты могут быть использованы научными, проектными и конструкторскими организациями при разработке новых и модернизации существующих технологических линий обработки и обеззараживания жидкого бесподстилочного навоза на животноводческих фермах сельхозорганизаций и крестьянско-фермерских хозяйств с целью оптимизации энергетических затрат и сокращения издержек производства.

### **Оценка содержания диссертации, её завершенность в целом**

**Во введении** обосновывается актуальность темы диссертационного исследования и значимость решения проблемы повышения эффективности обеззараживания бесподстилочного навоза для науки и практики.

**В первой главе** предложена концепция применения теории эффективности как инструмента снижения энергетических затрат на обеззараживание и повышения экологической безопасности. Проведён анализ свойств органических отходов животноводческих комплексов,

обозначена энергетическая и экологическая специфика обработки различных органических отходов. Показана необходимость проведения дополнительных исследований по обеззараживанию свиного бесподстилочного навоза. Представлены физические, химические, биологические свойства бесподстилочного навоза, параметры, характеризующие уровень его потенциала как энергоносителя. Рассмотрены современное состояние способов и технологий обеззараживания, характеристики устройств и оборудования. На основании изложенного материала выявлена научная проблема, сформулирована научная гипотеза, поставлены цель и задачи исследования, обоснованы объект и предмет исследования.

**Вторая глава** посвящена теоретическим исследованиям повышения эффективности энерго-экологического обеззараживания бесподстилочного навоза. Проведена оценка способов обеззараживания бесподстилочного навоза на основании их энерго-экологических свойств: удельной энергоёмкости, пролонгированного бактерицидного эффекта и общего относительного уровня экологической безопасности. Соискателем разработана структурная схема, выделены факторы, способные оказывать влияние на энерго-экологическую эффективность обеззараживания бесподстилочного навоза. Впервые использованы методы нечётких множеств, в частности функции желательности Харрингтона, для ранжирования способов обеззараживания в соответствии с результирующими их энерго-экологическими эффектами. Доказано, что наиболее предпочтительной величиной интегрального показателя эффективности способов обеззараживания бесподстилочного навоза согласно шкале желательности Харрингтона, является диапазон значений от 0,5 до 0,7 так как данные значения подразумевают развитие системы, например, с использованием цифровизированных решений.



**В третьей главе** представлены методики экспериментальных исследований повышения эффективности обеззараживания бесподстилочного навоза. Обоснована перспективность применения в качестве интенсификатора обеззараживания стержневого и шарового вихревых слоёв в индукторе активатора совместно с химическим реагентом. Описаны элементы контрольно-измерительных комплексов, экспериментальных стендов, методики измерения, контроля и варьирования параметров. На основании результатов собственных предварительных исследований, а также анализа информационных источников обоснованы математические методы обработки экспериментальных данных и используемые для этого программные продукты. Проведены отсеивающие опыты.

**В четвёртой главе** представлены результаты имитационного моделирования энергетической эффективности активатора обеззараживания бесподстилочного навоза в зависимости от типа вихревого слоя, произведена экспериментальная оценка достоверности полученных математических моделей. Представлены и проанализированы результаты экспериментальных исследований повышения эффективности обеззараживания бесподстилочного навоза стержневым и шаровым вихревыми слоями в активаторе. Полученные экспериментально данные формализованы в виде математических моделей, позволяющих оценить энерго-экологическую эффективность обеззараживания. Обоснованы параметры, обеспечивающие максимальную энергетическую эффективность операционного воздействия интенсификации обеззараживания бесподстилочного навоза стержневым и шаровым вихревыми слоями. Обоснование параметров произведено путём решения оптимизационной задачи, достоверность результатов которой подтверждается использованием стандартных методик. Следует отметить, что для решения оптимизационной задачи соискателем разработан

специализированный прикладной программный продукт, защищённый свидетельством о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2019616853 РФ.

**В пятой главе** разработана модульная цифровизированная смарт система повышения эффективности обработки бесподстилочного навоза при его обеззараживании. Описаны методики и сценарии эксплуатации предлагаемой системы программных продуктов. Разработанная цифровизированная смарт система защищена свидетельством о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021661091 РФ и внедрена в производственную деятельность ОАО «Птицефабрика Атемарская» и АО «Рязанский свинокомплекс», а также в учебный процесс ФГБОУ ВО Рязанский агротехнологический университет имени П.А. Костычева. Результаты производственных испытаний позволили установить, что положенные в основу исследования методики и цифровизированная смарт система совместно обеспечивают повышение производительности труда более чем на 20 %, за счет сокращения продолжительности обеззараживания.

**В шестой главе** проведена оценка эколого-энергетической эффективности комплекса технических средств повышения эффективности обеззараживания бесподстилочного навоза при его последующем использовании в качестве органического удобрения. Установлено, что использование цифровизированной смарт системы в условиях бесподстилочного содержания свиней позволяет получить годовой экономический эффект равный 2 973 086 рублей.

**Заключение** диссертационной работы содержит результаты, соответствующие поставленным задачам, отражающим проведённые соискателем исследования. Представленные рекомендации производству и перспективы дальнейшей разработки темы следуют из материалов исследований.



## Замечания по диссертационной работе

1. В тексте раздела 1.2.3 применены разные понятия: свойства, характеристики и параметры.
2. Не ясно, что являлось исходными данными для зависимостей (1.3), (1.4), (1.5)?
3. Модель (1.8) с.39 два раза учитывает расходы технологической воды и расход воды для удаления отходов, что здесь имеется ввиду?
4. Насколько уместна и терминологически применима «вероятностно-желательностная модель...», предложенная во второй задаче исследований с.79.
5. Какой именно нормативный документ является основанием для утверждения, что эпидемиологическая безопасность бесподстилочного навоза может быть обеспечена при значениях КОЕ не превышающих 100 единиц (раздел 1.2.5)?
6. Блок-схема на рисунке 2.1 не совсем корректна, так как твёрдая фракция может быть внесена не только в почву в качестве органического удобрения, но и может быть использована в качестве добавок к удобрениям в теплицах и других био-агроценозов.
7. На рисунке 2.3 соискатель приводит категории эффективности обеззараживания. Требуется пояснения разницы между экологической и эпидемиологической эффективностью.
8. Отсутствуют статистические характеристики модели (4.3). Не ясно приведена ли данная модель после исключения из неё функций статистически незначимых переменных или нет?
9. Из материалов экспериментальных исследований не совсем понятно, проводились ли натурные производственные испытания установки непосредственно на ферме или автор ограничился результатами имитационного моделирования?

10. Не ясны критерии приемлемости выбора метода полного перебора при решении оптимизационной задачи.

11. Не вполне конкретно сформулированы рекомендации производству и перспективы дальнейшего развития темы (какой типоразмер установок по производительности, установленной мощности должен выпускаться для обеспечения различных размеров ферм и др.)

### **Завершённость и качество оформления диссертационной работы**

Основные положения, научные результаты, выводы и рекомендации диссертационной работы Лимаренко Н.В. являются обоснованными и имеют научную новизну.

Достоверность научных результатов, положений выводов и рекомендаций диссертационной работы обеспечивается сходимостью результатов теоретических и экспериментальных исследований

Материалы диссертации опубликованы в 53 научных работах, из них 20 в изданиях, рекомендованных ВАК РФ, 5 статей проиндексированы в международных базах Web of Science и Scopus, получено 3 патента Российской Федерации на изобретение, 1 на полезную модель и 7 свидетельств о государственной регистрации программ для ЭВМ.

Основные научные результаты, положения, выводы, результаты и рекомендации, разработанные в рамках диссертационной работы Лимаренко Н.В. прошли апробацию в печати и на международных научно-практических конференциях. Диссертационная работа и автореферат изложены технически грамотным языком.

Диссертационная работа соответствует паспорту научной специальности 05.20.01 – Технологии и средства механизации сельского хозяйства, в частности пунктам: 7 – разработка методов оптимизации конструкционных параметров и режимов работы технических систем и



средств в растениеводстве и животноводстве по критериям эффективности и ресурсосбережения технологических процессов; 8 – разработка технологий и технических средств для обработки продуктов, отходов и сырья в сельскохозяйственном производстве; 11 – разработка инженерных методов и технических средств обеспечения экологической безопасности в сельскохозяйственном производстве.

Содержание автореферата соответствует предъявляемым требованиям и достаточно полно отражает основные положения и научные результаты диссертации, выносимые на защиту.

### **Заключение**


Диссертационная работа Лимаренко Николая Владимировича на тему: «Повышение эффективности обеззараживания бесподстилочного навоза», содержит научно-обоснованные технические решения по снижению энергетических затрат при обеззараживании бесподстилочного навоза в условиях АПК России, внедрение которых поможет решить важную народно-хозяйственную задачу повышения эффективности подготовки органических отходов к использованию и их экологической безопасности.

Диссертационная работа является законченной научно-квалификационной работой, которая по актуальности, новизне и практической значимости, а также объёму выполненных исследований соответствует критериям, изложенным в пунктах 9, 10, 11, 13 и 14 «Положения о присуждении учёных степеней», утверждённого постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 года № 842, а её автор Лимаренко Николай Владимирович, заслуживает присуждения ему учёной степени доктора технических наук по специальности 05.20.01 – Технологии и средства механизации сельского хозяйства.

Диссертационная работа, автореферат диссертационной работы и отзыв ведущей организации на диссертационную работу рассмотрены на расширенном заседании отдела № 14 Механизации и автоматизации процессов в животноводстве федерального государственного бюджетного научного учреждения Федерального научного агроинженерного центра ВИМ (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ), протокол № 3 от « 15» марта 2022 г.


Председатель заседания:

заведующий отделом № 14  
Механизации и автоматизации  
процессов в животноводстве,  
доктор технических наук, профессор

 Кирсанов Владимир  
Вячеславович

Секретарь заседания:

младший научный сотрудник отдела  
№ 14 Механизации и автоматизации  
процессов в животноводстве,  
кандидат сельскохозяйственных наук

 Гелетий Дарья  
Григорьевна

Подпись В.В. Кирсанова и Д.Г. Гелетий заверяю:

Учёный секретарь  
ФГБНУ ФНАЦ ВИМ  
кандидат технических наук



Соколов Александр  
Вячеславович

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ» (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ)  
109428, Российская Федерация, г. Москва, 1-й Институтский проезд, дом 5  
Телефоны: 8 (499) 171-43-49; 171-19-33; факс 8 (499) 171-43-49  
E-mail: [vim@vim.ru](mailto:vim@vim.ru)  
Официальный сайт: <https://vim.ru/>