

На правах рукописи



Тропин Александр Николаевич

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ САМОТЕЧНОЙ СИСТЕМЫ
УДАЛЕНИЯ НАВОЗА ПУТЕМ ОПТИМИЗАЦИИ ЕЕ КОНСТРУКТИВНЫХ
И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ**

Специальность 05.20.01 –
“Технологии и средства механизации сельского хозяйства”

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Санкт-Петербург-Павловск 2011

Работа выполнена в Государственном научном учреждении Северо-Западный научно - исследовательский институт механизации и электрификации сельского хозяйства Российской академии сельскохозяйственных наук (ГНУ СЗНИИМЭСХ Россельхозакадемии)

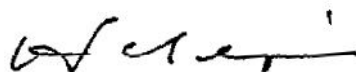
Научный руководитель	кандидат технических наук, доцент Трифанов Алексей Валериевич
Официальные оппоненты:	заслуженный деятель науки и техники РФ, доктор технических наук, профессор Вагин Борис Иванович
	кандидат технических наук, старший научный сотрудник Солодун Василий Иванович
Ведущая организация	Всероссийский научно-исследовательский институт механизации животноводства (ГНУ ВНИИМЖ Россельхозакадемии)

Защита диссертации состоится 14 июля 2011 г. в 11⁰⁰ часов на заседании диссертационного совета Д 006.054.01 при ГНУ СЗНИИМЭСХ Россельхозакадемии по адресу: 196625, Санкт-Петербург, пос. Тярлево, Филътровское шоссе, д. 3, ауд. 201, факс (812) 466-56-66, E-mail: nii@sp.ru

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ГНУ СЗНИИМЭСХ Россельхозакадемии и на сайте института www.szni.ru

Автореферат разослан « 10 » июня 2011 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета



Черей Н.Н

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. В 2009 году приказом Министерства сельского хозяйства РФ была утверждена отраслевая целевая программа «Развитие свиноводства в Российской Федерации на 2010 – 2012 годы». Основной целью этой программы явилось формирование национального свиноводства, конкурентоспособного на мировом рынке мясной продукции, что немыслимо без применения энерго- и ресурсосберегающих технологий.

В современных условиях для реконструируемых и строящихся свиноводческих предприятий особое значение приобретает минимизация затрат ресурсов на производство продукции, в том числе обусловленных выбором технологий и технических средств для уборки навоза. Подбор оптимального состава машин и оборудования технологической линии навозоудаления является одним из резервов снижения себестоимости и повышения рентабельности производства свинины.

На данный момент, при проектировании систем навозоудаления на строящихся и реконструируемых свиноводческих предприятиях Северо-Запада РФ, наиболее перспективной является самотечная система удаления навоза периодического действия ванно-трубного типа, как наиболее выгодная в системе технико-экономической, энергетической и экологической точек зрения.

Положительные результаты испытаний зарубежных аналогов самотечной системы удаления навоза периодического действия ванно-трубного типа являются основанием для принятия решения о целесообразности использования их конструкций или положительных элементов при разработке отечественных систем аналогичного назначения.

В Российской Федерации данная система навозоудаления, несмотря на широкое распространение, исследована недостаточно. Имеющиеся в литературе исследования гидравлических систем удаления навоза в основном посвящены изучению параметров самотечной системы непрерывного действия и универсальной системы удаления навоза. Теоретические исследования самотечной системы удаления навоза периодического действия ванно-трубного типа поверхностны, а экспериментальные носят в основном технологический характер.

Тем не менее, опыт эксплуатации данной системы навозоудаления выявил ряд существенных недостатков, основным из которых следует считать неопределенность конструктивных параметров, таких как: длина навозоприемной ванны, ее ширина и глубина, уклон прокладки коллекторов, их протяженность и диаметр.

В связи с этим оптимизация конструктивных и технологических параметров самотечной системы удаления навоза периодического действия ванно-трубного типа на свиноводческих предприятиях является актуальной задачей.

Цель работы – повышение эффективности работы самотечной системы удаления навоза периодического действия ванно-трубного типа на свиноводческих

предприятиях путем оптимизации ее конструктивных и технологических параметров.

Объект исследований – технологический процесс истечения жидкого свиного навоза из самотечной системы удаления навоза периодического действия ванно-трубного типа.

Предмет исследований – закономерности процесса истечения жидкого свиного навоза из самотечной системы удаления навоза периодического действия ванно-трубного типа.

Методы исследований. Достижение поставленной цели предусматривало проведение теоретических и экспериментальных исследований. Теоретические исследования посвящены получению зависимостей, позволяющих обосновать модель движения жидкого свиного навоза самотеком в навозоприемной ванне и коллекторе самотечной системы удаления навоза периодического действия ванно-трубного типа, выводу основных уравнений, лежащих в основе гидравлических расчетов данного процесса.

В основу экспериментальных исследований положена математическая модель процесса истечения навозной массы из лабораторной установки данной системы навозоудаления, созданная с применением методов математического планирования многофакторного эксперимента

Результаты исследований обрабатывались с использованием современных приборов, технологического оборудования и программных средств ПК.

Научная новизна.

Научная новизна диссертационной работы состоит в теоретическом обосновании и экспериментальной оптимизации конструктивных и технологических параметров самотечной системы удаления навоза периодического действия ванно-трубного типа.

Практическая значимость.

Практическая ценность диссертационной работы заключается в разработке методики инженерного расчета самотечной системы удаления навоза периодического действия ванно-трубного типа на свиноводческих предприятиях и рекомендаций по ее устройству и эксплуатации.

Полученные оптимизированные конструктивные параметры системы навозоудаления и разработанная методика инженерного расчета могут быть использованы в проектных организациях и научных учреждениях при проектировании новых и реконструкции существующих свиноводческих предприятий.

На защиту выносятся следующие научные положения:

- теоретическое обоснование модели движения навозной массы самотеком в навозоприемной ванне и коллекторе самотечной системы удаления навоза периодического действия ванно-трубного типа;

- результаты экспериментальных исследований, позволяющие оптимизировать основные конструктивные параметры самотечной системы удаления навоза периодического действия ванно-трубного типа;

- методика инженерного расчета самотечной системы удаления навоза периодического действия ванно-трубного типа, рекомендации по ее устройству и работе.

Апробация и реализация результатов исследования.

Основные положения диссертационной работы рассмотрены на научно-практических конференциях профессорско-преподавательского состава и аспирантов, проходивших в Санкт-Петербургском Государственном аграрном университете (СПбГАУ) в 2008-2011 гг., Северо-Западном научно - исследовательском институте механизации и электрификации сельского хозяйства Российской академии сельскохозяйственных наук (ГНУ СЗНИИМЭСХ Россельхозакадемии) в 2008-2011 гг. и Всероссийском научно - исследовательском институте механизации животноводства Российской академии сельскохозяйственных наук в 2011 г.

Предложенная методика и рекомендации по устройству и эксплуатации самотечной системы удаления навоза периодического действия ванно-трубного типа использованы ГНУ СЗНИИМЭСХ при разработке проектных предложений по строительству свинофермы по откорму свиней на 2400 свиномест в ООО «Новый двор» Парфинского района Новгородской области и реконструкции свинофермы по воспроизводству, выращиванию и откорму 20 тыс. свиней в год в ООО «Животноводческий комплекс Бор» Приозерского района Ленинградской области.

Публикация результатов исследований.

По материалам диссертации опубликовано 13 печатных работ, в том числе 3 работы в изданиях, рекомендованных ВАК РФ, получено 4 патента на изобретения.

Структура и объём работы.

Диссертация состоит из введения, пяти глав, общих выводов, списка используемой литературы, приложений. Работа изложена на 167 страницах машинописного текста, содержит 11 таблиц, 53 рисунка, список литературы из 117 наименований и 9 приложений.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы, сформулированы цель, объект и предмет исследования, научная новизна работы. Представлены основные положения выносимые на защиту.

В первой главе – «Состояние вопроса по технологии и механизации удаления навоза на свиноводческих предприятиях» представлен обзор и анализ существующих гидравлических систем удаления навоза на свиноводческих фермах и

комплексах. Рассмотрены опубликованные работы по исследованию самотечных систем удаления навоза, проанализированы исследования физико-механических и реологических свойств жидкого свиного навоза.

Анализ опубликованных работ В.В. Калюги, В.К. Найденко, И.Д. Красехина, И.И. Лукьяненко, И.М. Бацанова, М.Ф.Харитонов, А.И. Полякова, О.Д. Чиненова, С. Берглунда, Г. Аниансона, И. Эксбу, В.М. Верховского и др. позволил выявить основные физико-механические и реологические свойства жидкого свиного навоза.

Теоретические основы исследования процесса истечения жидкого свиного навоза, а так же принципы работы самотечных систем для его транспортировки изложены в работах В.В. Калюги, А.Е. Кузьмина, В.П. Капустина, В.А. Саяпина, В.А. Зуева, М.С. Текучевой, А.И. Николаенко, В.А. Короткевича, Л.В. Скребец, И.К. Хлебникова, М.А. Непейна, С.П. Захаревича, Л.М.Новик, В. Хамера и многих других ученых. В данных исследованиях обоснованы модели истечения навозной массы, определены рациональные режимы работы самотечных систем навозоудаления, параметры их функционирования, выявлены резервы повышения технологических показателей.

Выполненный анализ позволил установить, что для удаления жидкого свиного навоза наибольший интерес представляет самотечная система удаления навоза периодического действия ванно-трубного типа (рисунок 1).

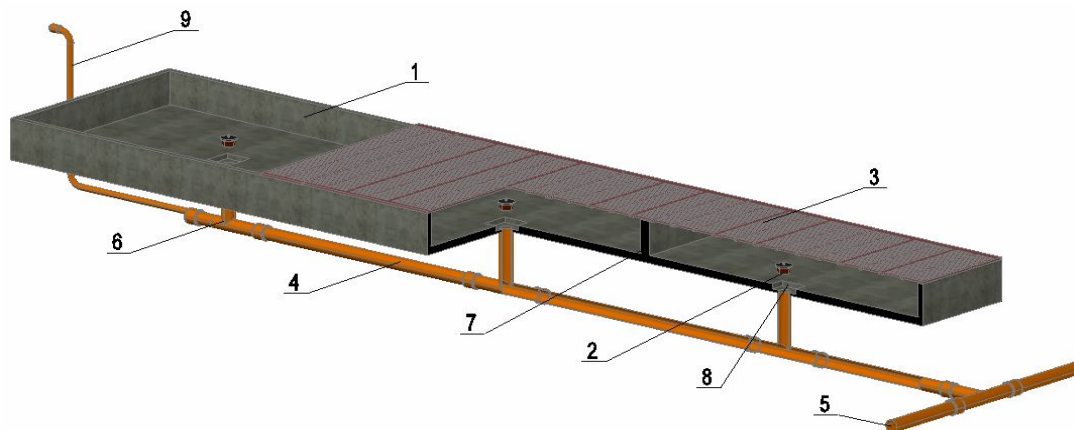


Рисунок 1 – Канал самотечной системы навозоудаления периодического действия ванно-трубного типа:

- 1 – бетонный канал; 2 – пробка; 3 – фрагмент решетчатого пола;
4 – продольный коллектор; 5 – поперечный коллектор; 6 – тройник; 7 – перегородка; 8 – приямок; 9 – воздушный клапан.

Однако, опыт эксплуатации данной системы показал, что она предъявляет особые требования к технологии содержания и кормления свиней, к конструктивным параметрам ее элементов, а так же требует особого внимания в период пуска ее в эксплуатацию. Существенным недостатком следует считать неопределенность

конструктивных параметров, таких как: длина, ширина и глубина навозоприемных ванн, уклон прокладки коллекторов и др.

На основе анализа состояния вопроса и в соответствии с поставленной целью сформулированы следующие основные задачи исследования:

- теоретически обосновать модель движения навозной массы самотеком в самотечной системе удаления навоза периодического действия ванно-трубного типа;

- построить математическую модель процесса истечения навозной массы из экспериментальной установки самотечной системы удаления навоза периодического действия ванно-трубного типа;

- оптимизировать конструктивные и технологические параметры самотечной системы удаления навоза периодического действия ванно-трубного типа;

- экспериментально проверить в лабораторных и производственных условиях правильность теоретических предпосылок и математических выкладок;

- разработать методику инженерного расчета самотечной системы удаления навоза периодического действия ванно-трубного типа и дать рекомендации по ее модернизации и работе.

Во второй главе – «Теоретические предпосылки к анализу работы самотечной системы удаления навоза периодического действия ванно-трубного типа» рассмотрен процесс удаления навоза из навозоприемной ванны самотечной системы

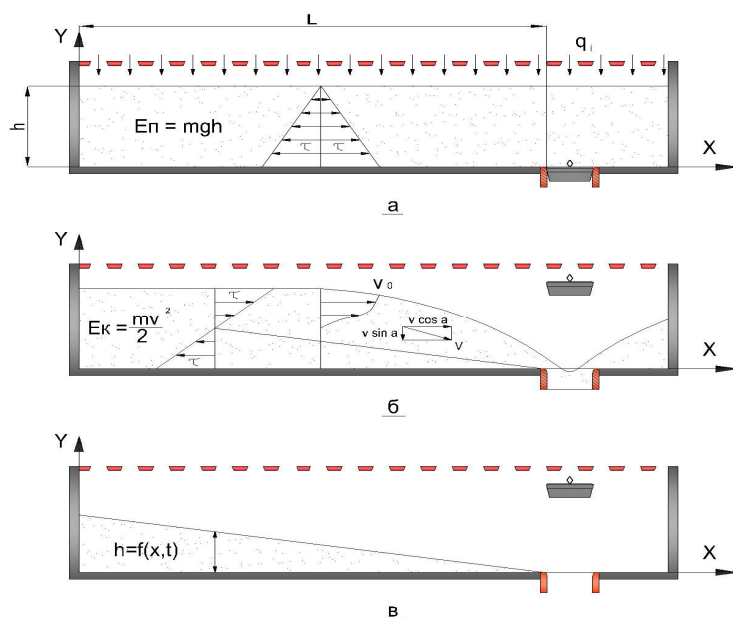


Рисунок 2 – Схема опорожнения навозоприемной ванны самотечной системы удаления навоза периодического действия ванно-трубного типа: а - накопление; б - опорожнение; в - остаточный слой.

навозоудаления периодического действия ванно-трубного типа, установлены основные зависимости процесса истечения навоза, приведены теоретические предпосылки к физическому моделированию процесса удаления навоза из ванны данной системы.

Условно процесс удаления навоза разбит на 3 этапа: накопление навоза в навозоприемной ванне, ее опорожнение и образование остаточного слоя (рисунок 2).

В основу обоснования модели движения навоза положено уравнение Шведова - Бингама, согласно которому

касательное напряжение τ зависит от скорости движения v , вязкости η и предельного напряжения сдвига τ_0 :

$$\tau = \tau_0 + \eta \frac{dv}{dh}, \quad (1)$$

где: τ – касательное напряжение, Па; τ_0 – предельное напряжение сдвига, Па; η – динамическая вязкость, Па*с; v – скорость движения навоза, м/с; h – высота слоя навоза, м.

Динамическая вязкость η количественно характеризует сопротивление навоза смещению его слоев. Предел текучести объясняет тот факт, что навозная масса по достижению определенного профиля свободной поверхности по длине навозоприемной ванны замедляет свое движение и в итоге перестает течь. Тот факт, что в навозоприемной ванне уровень оставшегося навоза значительно повышается к ее началу (рисунок 2) объясняется наличием предельного напряжения сдвига τ_0 .

Для определения условия равновесия навоза в ванне в ядре потока навоза выделили элементарный параллелепипед единичной длины d , ширины c , высоты a (рисунок 3).

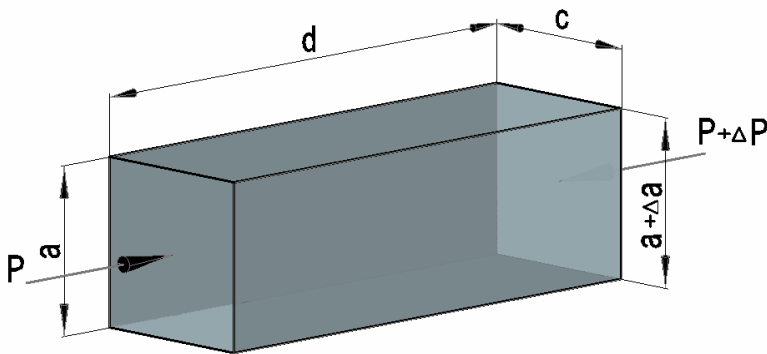


Рисунок 3 – Силы, действующие на элементарный параллелепипед в слое навоза.

Условие равновесия сил, действующие на элементарный параллелепипед в слое навоза, имеет вид

$$P\omega_1 + P\Delta\omega + \Delta P\omega_1 + \Delta P\Delta\omega - P\omega_1 - 2\tau_0\omega_2 + \tau_0\omega_3 = 0 \quad (2)$$

где: P – гидростатическое давление навоза, Па; ΔP – приращение гидростатического давления, Па; $\omega_1, \omega_2, \omega_3$ – площади поперечного сечения вертикальных и горизонтальных площадок ($\omega_1 = a \cdot c$; $\omega_2 = a \cdot d$; $\omega_3 = c \cdot d$), м²; τ_0 – предельное напряжение сдвига, Па.

Условие равновесия навозной массы для всего потока навозной массы:

$$0,33 h_c^2 B \rho - 2 L h_c \tau_0 = L B \tau_0, \quad (3)$$

где: h_c – высота слоя сечения потока навоза, м; B – ширина сечения потока навоза, м; ρ – плотность навоза, кг/м³; L – длина сечения потока навоза, м.

Расход навозной массы определяли по перепаду давления при движении по горизонтальному дну в канале прямоугольного профиля (рисунок 4):

$$Q = \frac{\tau h^2}{6\eta} \left[\left(\frac{\tau_0}{\tau_{\max}} \right)^3 - 3 \left(\frac{\tau_0}{\tau_{\max}} \right) + 2 \right], \text{ м}^3/\text{с} \quad (4)$$

где: h - высота слоя сечения потока навоза, м; τ – касательное напряжение, Па; τ_0 - предельное напряжение сдвига, Па; τ_{\max} – максимальное касательное напряжение сдвига, Па; η - динамическая вязкость, Па*с.

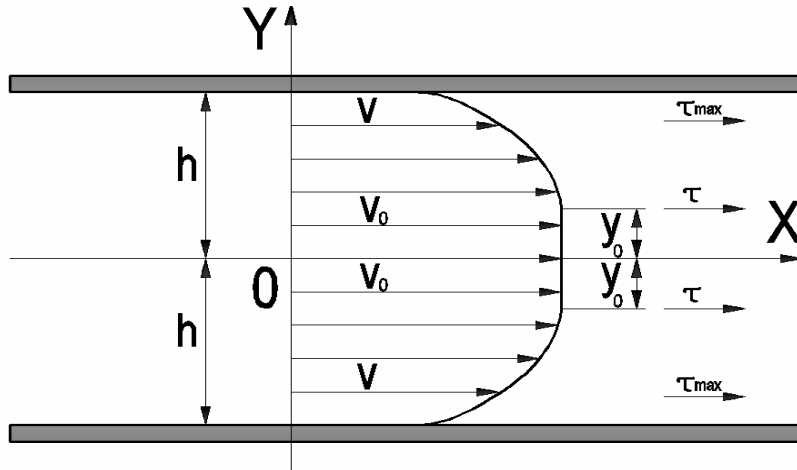


Рисунок 4 – Схема распределения скоростей навозной массы в случае неподвижных граничных плоскостей.

Высота навозной массы на любом участке навозоприемной ванны определяется по формуле:

$$h = \sqrt{\frac{2\tau_0 L}{\rho g}} (L - l), \text{ м} \quad (5)$$

где: l - характерный линейный размер (координата по оси OX), м; ρ - плотность навоза, кг/м³; g - ускорение свободного падения.

Минимальная высота навозной массы, необходимая для начала движения определяется из выражения:

$$h_0 = \sqrt{\frac{2\tau_0 L}{\rho g}}, \text{ м} \quad (6)$$

Выражение для определения средней скорости потока навозной массы для любого участка навозоприемной ванны имеет вид:

$$v_{cp} = \frac{q_i x}{\sqrt{\frac{2\tau_0 L}{\rho g}} \left(1 - \frac{l}{L}\right)}, \text{ м/с} \quad (7)$$

где: q_i – удельный расход, кг/с*м.

Время перемещения навозной массы из заданного сечения, удаленного на расстояние l , до сливного отверстия определяется по формуле (при $l \geq 0$):

$$t_x = \sqrt{\frac{2\tau_0 L}{\rho g q_i^2}} \left[\ln \frac{1 + \sqrt{1 - \frac{l}{L}}}{1 - \sqrt{1 - \frac{l}{L}}} - 2\sqrt{1 - \frac{l}{L}} \right], \text{ с} \quad (8)$$

В третьей главе – «Программа и методика исследований самотечной системы удаления навоза периодического действия ванно-трубного типа» изложены

программы и методики экспериментальных и производственных исследований, производится описание лабораторной установки самотечной системы удаления навоза периодического действия ванно-трубного типа, смоделированной на основе теории размерностей и подобия исследуемого процесса.

Программой и методикой экспериментальных исследований предусматривалось определение: физико-механических и реологических свойств жидкого свиного навоза, обуславливающих физику процесса перемещения навозной массы в навозоприемной ванне исследуемой системы. Экспериментальные исследования физико-механических и реологических свойств жидкого свиного навоза проводились по общепринятым методикам в лабораторных условиях на опытной базе ГНУ СЗНИИМЭСХ Россельхозакадемии, ФГОУ ВПО СПбГУНиПТ и непосредственно на объектах испытаний. В качестве измерительных средств использовались приборы: весы лабораторные ВТЛ 500; анализатор влажности МХ-50; мерные линейки; лазерный дальномер LE-100; набор мерной посуды; стандартный классификатор. Влажность навоза определяли по методике выпаривания влаги из проб в сушильном шкафу СШ-4М и на анализаторе влажности МХ-50. Реологические свойства исследовали на экспериментальном стенде, состоящем из ротационного вискозиметра Реотест 2, подключенного через измерительное устройство к электронному самопишущему потенциометру КСП-4.

Для проведения исследований была спроектирована и изготовлена экспериментальная установка самотечной системы удаления навоза периодического действия ванно-трубного типа (рисунок 5).

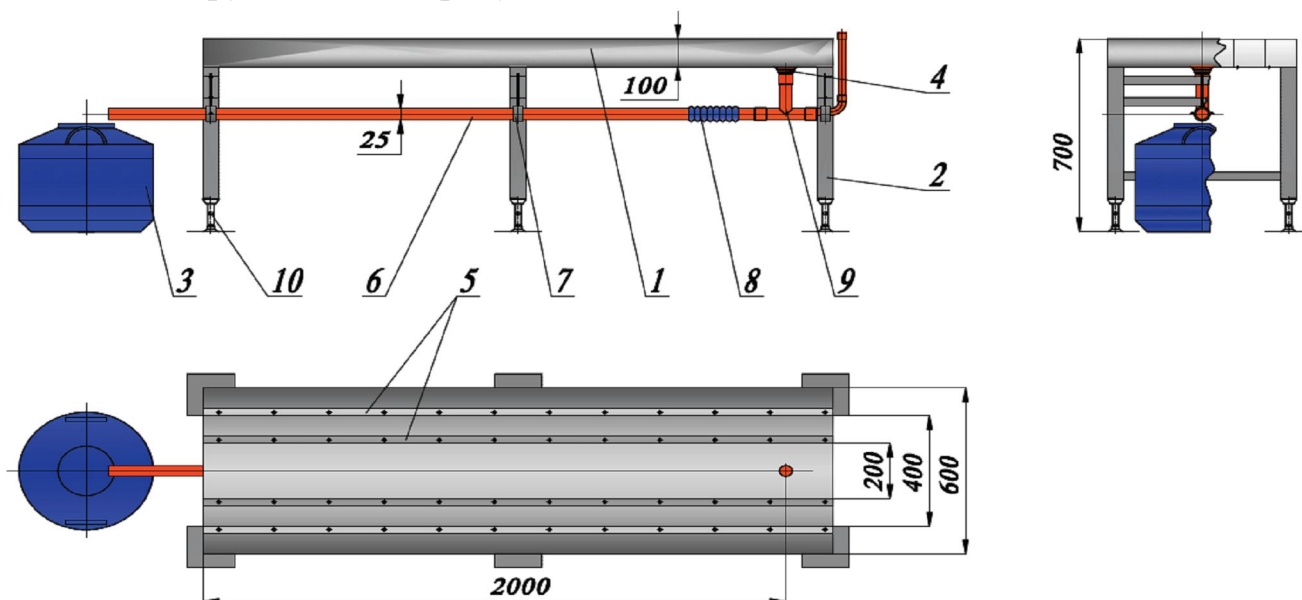


Рисунок 5 – Схема лабораторной установки самотечной системы навозоудаления периодического действия ванно-трубного типа:

- 1 - ванна навозоприемная; 2 - рама; 3 - приемная емкость; 4 - задвижка пробкового типа; 5 - металлические перегородки; 6 - коллектор; 7 - фиксатор винтовой; 8 - труба гибкая; 9 - тройник; 10 - регулятор уровня винтовой.

Программой и методикой лабораторных исследований предусматривалось определение влияния конструктивных и технологических параметров на работу системы и оптимизация их значений, в том числе с применением методов математического планирования многофакторного эксперимента. За критерий оптимизации была принята высота остаточного слоя навоза после опорожнения навозонакопительной ванны ($h_0 \rightarrow \min$).

В таблице 1 представлены факторы проведения экспериментальных исследований и уровни их варьирования.

Таблица 1 – Факторы проведения экспериментальных исследований на физической модели системы навозоудаления и уровни их варьирования.

Факторы		Уровни варьирования факторов			Интервал варьирования
Наименование	Обозначение	(-1)	(0)	(+1)	
Уклон коллектора, i_k	X1	0,003	0,0045	0,006	0,0015
Влажность навоза, W, %	X2	88	91	94	3
Относительная высота заполнения ванны, h_H/B	X3	0,1	0,15	0,2	0,05

Программой и методикой опытно-производственной проверки предусматривалось определение параметров, особенностей и режимов работы эксплуатируемых самотечных систем навозоудаления периодического действия.

Объектами исследований являлись самотечные системы удаления навоза периодического действия ванно-трубного типа товарной свинофермы ООО «Животноводческий комплекс Бор» Приозерского района, свинокомплекса ОАО «Русбелго» Гатчинского района Ленинградской области, свинокомплекса ОАО «Надеево» Вологодского района Вологодской области.

В четвертой главе – «Результаты и анализ исследований самотечной системы удаления навоза периодического действия ванно-трубного типа» представлены результаты экспериментальных исследований физико-механических и реологических свойств жидкого свиного навоза, процесса удаления навоза из физической модели данной системы, проведенных в том числе с применением многофакторного эксперимента, опытно-производственной проверки.

Результаты экспериментальных исследований, плотности навоза ρ и предельного напряжения сдвига навоза τ_0 от относительной влажности навоза W представлены на рисунках 6, 7.

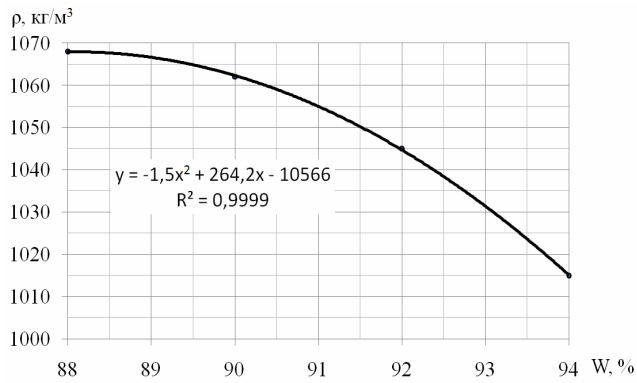


Рисунок 6 – Изменение плотности навоза ρ в зависимости от влажности W .

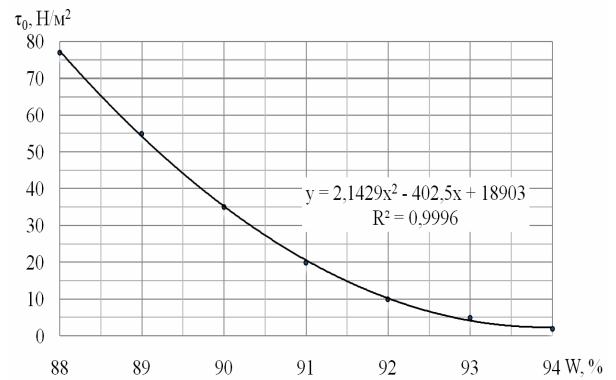


Рисунок 7 – Изменение предельного напряжения сдвига навоза τ_0 в зависимости от влажности W .

Из графика (рисунок 7) следует, что с увеличением относительной влажности навозной массы W предельное напряжения сдвига навоза τ_0 уменьшается. Особо интенсивно процесс протекает при относительной влажности менее 91%, затем, вследствие интенсивного расслоения навоза на фракции, замедляется.

На рисунке 8 представлены результаты экспериментальных исследований зависимости динамической вязкости навоза η от градиента скорости γ при влажности материала $W = 91\%$.

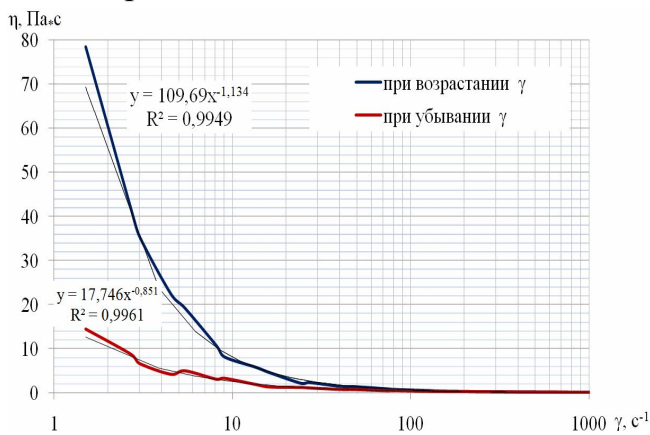


Рисунок 8 – Зависимость вязкости η от градиента скорости γ .

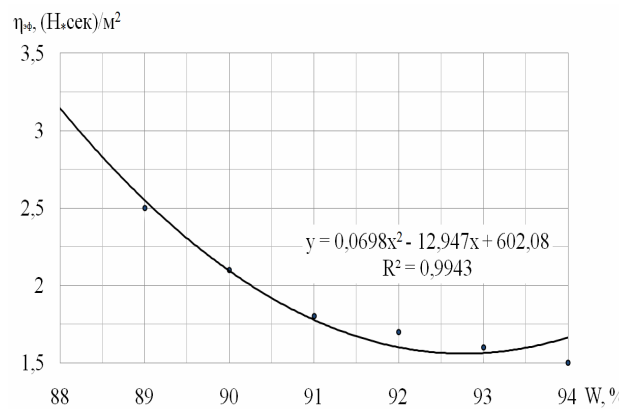


Рисунок 9 – Зависимость эффективной вязкости $\eta_{эф}$ от влажности навоза W .

Нелинейный характер кривых указывает на неньютоновский характер течения. Нисходящая и восходящая кривые не совпадают и образуют «петлю гистерезиса», которая вызвана уменьшением вязкости жидкого свиного навоза при длительных деформациях. Это явление практически полностью обратимо и система обретает первоначальную вязкость после периода покоя. Усредняя полученные данные для случаев возрастания и убывания градиента скорости γ рассчитано значение эффективной вязкости $\eta_{эф}$. На рисунке 9 построена кривая зависимости эффективной

вязкости $\eta_{эф}$ для установившегося режима течения навоза от его влажности W ($\gamma_{ср} = 25 \text{ с}^{-1}$).

График зависимости высоты остаточного слоя навоза h_0 от относительной влажности навоза W представлены на рисунке 10.

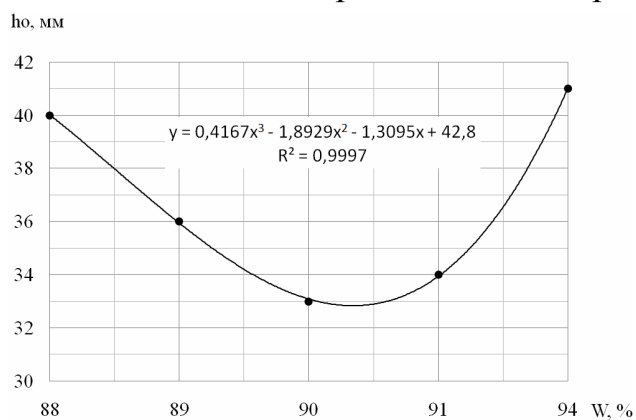


Рисунок 10 – Зависимость высоты остаточного слоя навоза h_0 от влажности W .

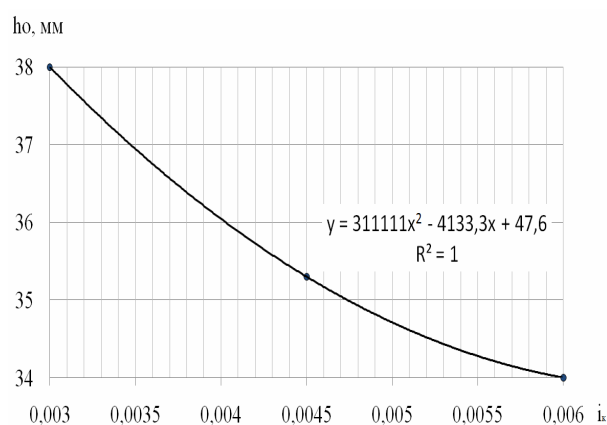


Рисунок 11 – Изменение высоты остаточного слоя навоза h_0 от уклона коллектора i_k

Из графика (рисунок 10) следует, что при увеличении влажности навоза W с 88% до 90% высота остаточного слоя h_0 уменьшается. Это объясняется резким уменьшением значения предельного напряжения сдвига навоза τ_0 на данном участке увеличения влажности навозной массы W (рисунок 7). При относительной влажности больше 91% высота остаточного слоя в ванне интенсивно увеличивается. Это происходит вследствие интенсивного расслоения навоза на фракции. Таким образом, минимальная высота остаточного слоя в ванне достигается при относительной влажности навоза 89-91%.

Из графика (рисунок 11) следует, что высота остаточного слоя навозной массы h_0 уменьшается с увеличением угла уклона сливного коллектора i_k .

Для получения математической зависимости влияния выбранных факторов (таблица 1) на процесс удаления навоза из экспериментальной установки был реализован трехуровневый план Бокса - Бенкина второго порядка. В результате множественного регрессионного анализа, после удаления незначительных коэффициентов и проверки модели на адекватность, было получено уравнение регрессии в натуральных значениях переменных факторов:

$$h_0 = 4776,04 - 5830,4 * i - 97,8034 * W - 3262,07 * h/V + 536078 * i^2 + 8,13088E^{10} * i * W + 9,81345E-10 * i * h/V + 0,535728 * W^2 + 9039,81 * (h/V)^2 \quad (9)$$

Графически поверхности отклика по критерию оптимизации h_0 представлены на рисунках 12, 13 и 14.

При подстановке в уравнение (9) оптимизированных значений факторов эксперимента для h_0 , при критерии оптимизации $h_0 \rightarrow \min$ (таблица 2) определили функцию выхода – значение h_0 составило 2,12 мм.

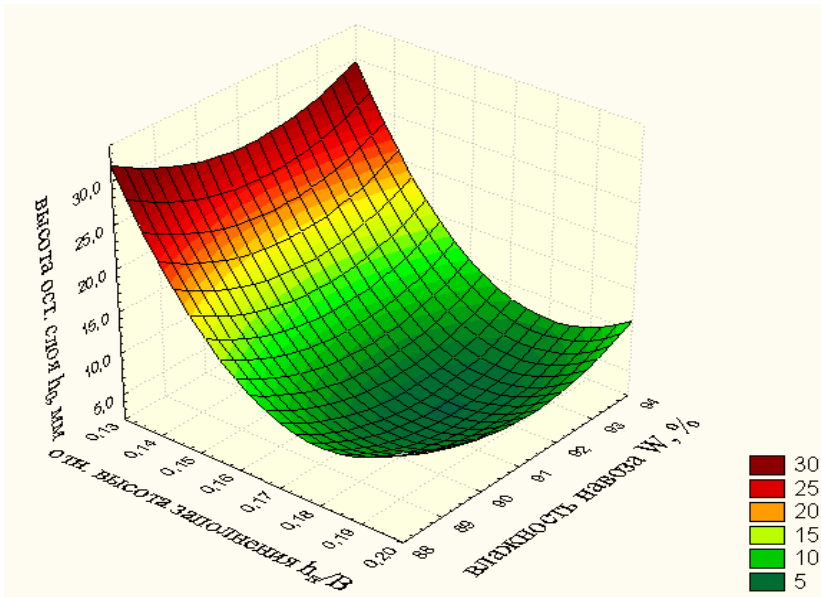


Рисунок 12 – Зависимость высоты остаточного слоя навоза h_0 от относительной высоты заполнения навозоприемной ванны h_n/B и относительной влажности навоза W .

$$i_k = \text{const} = 0,0045.$$

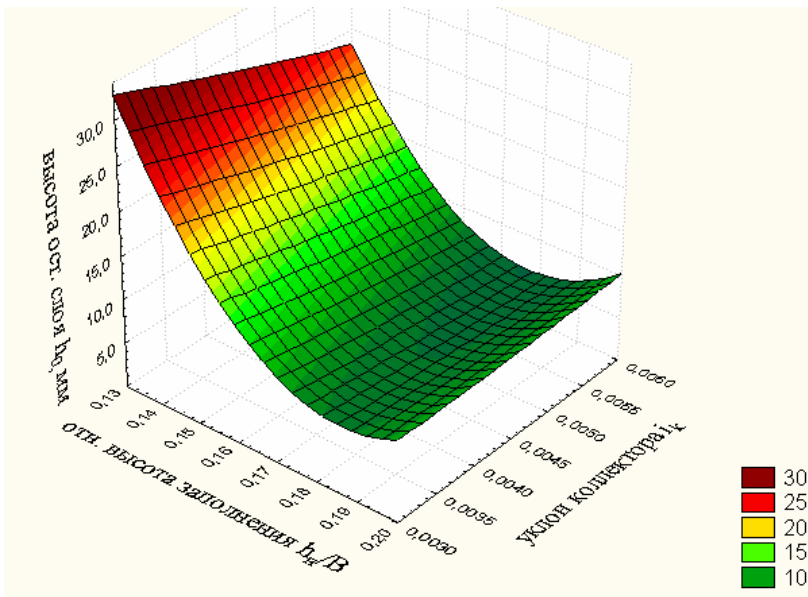


Рисунок 13 – Зависимость высоты остаточного слоя навоза h_0 от относительной высоты заполнения навозоприемной ванны h_n/B и уклона коллектора i_k .

$$W = \text{const} = 91\%.$$

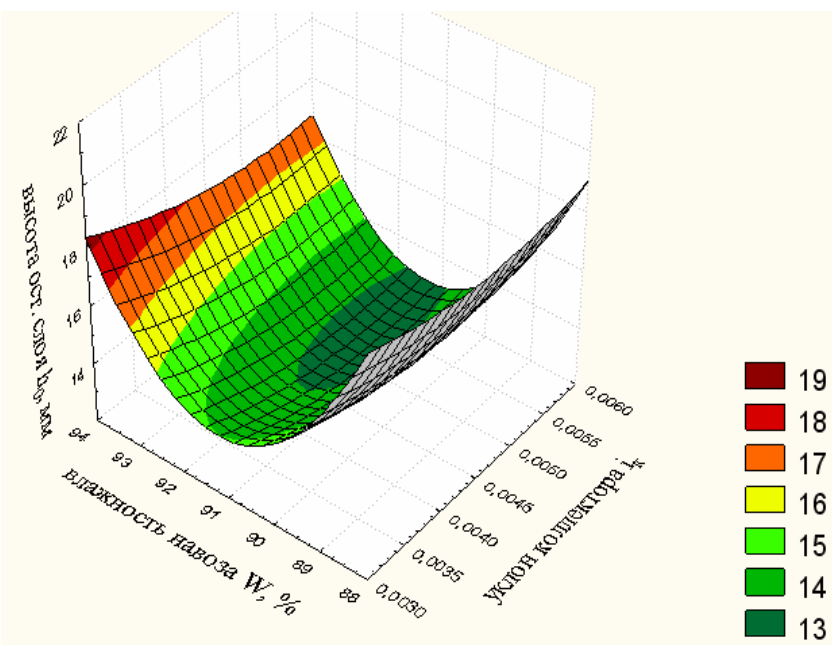


Рисунок 14 – Зависимость высоты остаточного слоя навоза h_0 от уклона коллектора i_k и относительной влажности навоза W .

$$h_n/B = \text{const} = 0,15.$$

Таблица 2 – Оптимизированные значения факторов эксперимента для h_0

Фактор	Размерность	Значение фактора		
		минимальное	максимальное	оптимизированное
Уклон коллектора экспериментальной установки, i_k	-	0,003	0,006	0,0054
Относительной влажности навоза, W	%	88,0	94,0	91,2809
Относительная высота заполнения экспериментальной установки, h_n/V	-	0,1	0,2	0,1804

Соответственно оптимизированные параметры, применительно к физической модели самотечной системы удаления навоза периодического действия ванно-трубного типа, будут иметь следующие значения: ширина навозоприемной ванны $B = 0,4$ м, глубина заполнения модели навозом $h_n = 0,06$ м, уклон коллектора $i_k = 0,006$. При переносе оптимальных параметров многофакторного эксперимента на реальный объект через масштаб длин или линейный масштаб ($l_1 = 10$) получим соответственно: ширина навозоприемной ванны $B = 4$ м, глубина заполнения навозоприемной ванны навозом $h_n = 0,6$ м, уклон коллектора системы навозоудаления $i_k = 0,006$.

В пятой главе – «Реализация результатов исследований и их технико-экономическая оценка» - представлены рекомендации по модернизации и работе самотечной системы удаления навоза периодического действия ванно-трубного типа в свинарниках различного назначения, разработана методика инженерного расчета данной системы, проведена ее технико-экономическая оценка.

Применение предложенной системы удаления навоза, в сравнении с системой навозоудаления, применяемой в свинарнике - откормочнике на 800 голов ООО «Животноводческий комплекс Бор» Приозерского района Ленинградской области, обеспечивает снижение капитальных вложений на 9,45%, прямых эксплуатационных затрат на 12,75%, приведенных затрат на 12,09%. Годовой экономический эффект от эксплуатации проектируемой системы навозоудаления составляет 41,67 тыс. руб.

Общие выводы

1. Повышение эффективности качественных показателей работы самотечной системы удаления навоза периодического действия ванно-трубного типа сводится к максимальному и безотказному опорожнению навозоприемных ванн. В реальных эксплуатационных условиях оптимизация данных показателей достигается минимизацией высоты остаточного слоя навоза h_0 , образующегося после опорожнения навозоприемной ванны ($h_0 \rightarrow \min$).

2. Жидкий свиной навоз влажностью 88 – 91% может быть классифицирован как неньютоновская система со сложными нестационарными реологическими свойствами. Перемещение навоза в навозоприемной ванне под действием гравитационных сил обуславливается его вязко-пластичными свойствами и с высокой степенью достоверности соответствует модели Шведова – Бингама.

3. На основе результатов теоретических и экспериментальных исследований конструктивных и технологических параметров самотечной системы удаления навоза периодического действия ванно-трубного типа установлено:

- основными конструктивными параметрами, влияющими на высоту остаточного слоя навоза h_0 , являются: длина навозоприемной ванны L , ее ширина B , высота заполнения h_n , уклон i_k и диаметр d_k сливного коллектора.

- основными технологическими параметрами, оказывающими существенное влияние на высоту остаточного слоя навоза h_0 , являются влажность навозной массы W и предельное напряжение сдвига τ_0 , эффективная работа системы навозоудаления обеспечивается поступлением в навозоприемную ванну навоза влажностью от 88 до 92%, что соответствует предельному напряжению сдвига от 75 до 10 Па;

4. Решение оптимизационной задачи позволило выявить оптимальные конструктивные и технологические показатели для параметра оптимизации ($h_0 \rightarrow \min$): длина L и ширина B навозоприемной ванны – 12 и 4 метра соответственно, глубина заполнения ванны навозом h_n - 0,6 м, уклон коллектора системы навозоудаления i_k - 0,006, диаметр коллектора d_k - 0,25 м, влажность навоза W - 91%.

5. Разработанная на основе результатов теоретических и экспериментальных исследований методика инженерного расчета самотечной системы удаления навоза периодического действия ванно-трубного типа позволяет определить основные конструктивные и технологические параметры при удалении жидкого свиного навоза из свинарников различного назначения.

6. Годовой экономический эффект при применении предложенной самотечной системы удаления навоза периодического действия ванно-трубного типа в свинарнике - откормочнике ООО «Животноводческий комплекс Бор» Приозерского района Ленинградской области составляет 41,67 тыс. руб. за счет экономии приведенных затрат. Планируемая годовая экономия по прямым эксплуатационным затратам составляет 35,21 тыс. руб.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:

публикации в изданиях, рекомендованных ВАК:

1. **Тропин А.Н.** Энергосберегающая бесстрессовая технология содержания свиней / Калюга В.В., Найденко В.К., Даричев С.Н., Тропин А.Н // Техника и оборудование для села. – 2009. - №9. – С. 32 – 34.

2. **Тропин А.Н.** Навозоудаление на свиноферме / Тропин А.Н // Сельский механизатор. – 2010. - №11. – С. 24 – 25.

3. **Тропин А.Н.** Анализ технологии и результаты опытно-производственной оценки самотечно-сливной ванно-трубной системы удаления навоза периодического действия в ООО «Животноводческий комплекс БОР» Приозерского района Ленинградской области / Базыкин В.И., Тропин А.Н., Трифанов А.В. // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2011. – № 22. – С. 362–368.

в других изданиях:

1. **Тропин А.Н.** Исследование конструктивных и геометрических параметров навозных каналов самотечных систем удаления навоза / Трифанов А.В., Тропин А.Н // Вклад молодых ученых в развитие науки. Сборник материалов 3 научно-практической конференции. Великие Луки: РИО ВГСХА. – 2008. – С. 211 – 213.

2. **Тропин А.Н.** Усовершенствованная технология производства свинины / Калюга В.В., Найденко В.К., Трифанов А.В., Даричев С.Н., Тропин А.Н // Научно-технический прогресс в животноводстве – ресурсосбережение на основе создания и применения инновационных технологий и техники. Сборник научных трудов ВНИИМЖ, Т. 18. Подольск. – 2008. – С. 16 – 21.

3. **Тропин А.Н.** Усовершенствованные технологии и технические средства производства свинины / Найденко В.К., Трифанов А.В., Даричев С.Н., Тропин А.Н // Сборник научных трудов СЗНИИМЭСХ Россельхозакадемии, Вып. 80. – 2008. – С. 136 – 144.

4. **Тропин А.Н.** Предпосылки к совершенствованию самотечно-сливной системы удаления навоза периодического действия / Найденко В.К., Трифанов А.В., Даричев С.Н., Тропин А.Н. // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства: Сборник научных трудов СЗНИИМЭСХ, вып. 80. – 2008. – С. 144 – 152.

5. **Тропин А.Н.** Направления развития свиноводства в Ленинградской области / Трифанов А.В., Тропин А.Н // Вклад молодых ученых в развитие науки. Сборник материалов 4 научно-практической конференции. Великие Луки: РИО ВГСХА. – 2009. – С. 253 – 255.

6. **Тропин А.Н.** Обоснование выбора моечного оборудования для свиноводческих предприятий / Тропин А.Н., Трифанов А.В. // Вклад молодых ученых в развитие науки. Сборник материалов 4 научно-практической конференции. Великие Луки: РИО ВГСХА. – 2009. – С. 255 – 259.

7. **Тропин А.Н.** Применение гидравлических систем удаления навоза при реконструкции и новом строительстве свиноводческих предприятий / Трифанов А.В., Тропин А.Н. // Jaunimas siekia pazangos – 2009: Lietuvos zemes ukio universiteto Doktorantu korporacija «Kolegos». – 2009. – №3 – С. 177 – 180.

8. **Тропин А.Н.** Направления совершенствования технологий производства свинины / Трифанов А.В., Даричев С.Н., Тропин А.Н. // Совершенствование технологических процессов и рабочих органов машин в животноводстве: Сборник научных трудов научно-практических конференций ФГОУ ВПО СПбГАУ в 2006 – 2010 гг. – 2010. – С. 3 – 5.

9. **Тропин А.Н.** Результаты исследований гидравлических систем удаления навоза на свинокомплексе ЗАО «Надеево» Вологодского района Вологодской области / Тропин А.Н. // Совершенствование технологических процессов и рабочих органов машин в животноводстве: Сборник научных трудов научно-практических конференций ФГОУ ВПО СПбГАУ в 2006 – 2010 гг. – 2010. – С. 123 – 126.

10. **Тропин А.Н.** Результаты исследования самотечной системы удаления навоза периодического действия / Тропин А.Н. // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства: Сборник научных трудов СЗНИИМЭСХ, вып. 82. – С – Петербург – 2010. – С. 128 – 135.

Патенты:

1. Патент на изобретение № 2406298 Российская Федерация, А 01К 1/00. Устройство для удаления навоза / Найдено В.К., Трифанов А.В., Тропин А.Н.; заявитель и патентообладатель ГНУ СЗНИИМЭСХ Россельхозакадемии. - №2009117957/12 ; заявл.12.05.2009 ; опубл. 20.12.2010, Бюл. №35.

2. Патент на изобретение № 2339219 Российская Федерация, А 01К 1/00. Станок для содержания свиней / Найдено В.К., Калюга В.В., Трифанов А.В. Даричев С.Н., Братчиков В.Н., Тропин А.Н.; заявитель и патентообладатель ГНУ СЗНИИМЭСХ Россельхозакадемии. - №2007109509/12; заявл. 15.03.2007; опубл. 27.11.2008, Бюл. №33.

3. Патент на изобретение № 2373701 Российская Федерация, А 01К 1/00. Способ содержания свиней на модульной свиноферме «семейными стадами» и устройство для его осуществления / Найдено В.К., Калюга В.В., Трифанов А.В., Даричев С.Н., Тропин А.Н.; заявитель и патентообладатель ГНУ СЗНИИМЭСХ Россельхозакадемии. - №2007147885/12; заявл. 21.12.2007; опубл. 27.11.2009, Бюл. №33.

4. Патент на изобретение № 2376754 Российская Федерация, А 01К 1/00. Устройство для удаления навоза / Найдено В.К., Трифанов А.В., Даричев С.Н., Тропин А.Н.; заявитель и патентообладатель ГНУ СЗНИИМЭСХ Россельхозакадемии. - №2008117559/12; заявл. 30.04.2008; опубл. 27.12.2009, Бюл. №36.

Подписано к печати 26.05.2011г.
Формат 60x84 1/16. Бумага офсетная.
Объём 1.0 п.л. Тираж 100 экз. Заказ № 133
Отпечатано в типографии ГНУ СЗНИИМЭСХ
Санкт-Петербург-Павловск, пос. Тярлево, Филътровское шоссе, 3