

На правах рукописи



Низамов Руслан Каримович

**ПОВЫШЕНИЕ СОХРАНЯЕМОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ
ТЕХНИКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВОДОРАСТВОРИМЫХ
ИНГИБИТОРОВ КОРРОЗИИ**

Специальность 05.20.03 – Технологии и средства технического
обслуживания в сельском хозяйстве

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва 2013

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Московский государственный агроинженерный университет имени В. П. Горячкина»

Научный руководитель:

Гайдар Сергей Михайлович
доктор технических наук, доцент

Официальные оппоненты:

Казанцев Сергей Павлович
доктор технических наук, профессор, декан факультета Технического сервиса в АПК ФГБОУ ВПО «Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина»

Петрищев Николай Алексеевич
кандидат технических наук, заместитель заведующего лабораторией разработки технологий и средств диагностирования, эксплуатации МТП и охраны труда Государственное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт ремонта и эксплуатации машинно-тракторного парка Российской академии сельскохозяйственных наук»

Ведущая организация:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Российский государственный аграрный заочный университет»

Защита диссертации состоится «27» мая 2013 года в 15.00 часов на заседании диссертационного совета Д 220.044.01 при ФГБОУ ВПО «Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина» по адресу: 127550, Москва, ул.Лиственничная аллея, д.16а, корпус 3, конференц-зал.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВПО «Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина».

Автореферат разослан «__» _____ 2013 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета

А.С. Дорохов

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. В Российской Федерации ежегодные прямые потери металлов из-за коррозии составляют до 12% от общей массы металлофонда, что соответствует потере до 30% ежегодно производимого металла. Кроме того, имеют место косвенные потери, которые в 3...4 раза превышают прямые. Металлофонд сельского хозяйства составляет 10...12% общего металлофонда страны (1600 млн. т), в то же время срок службы техники и оборудования в 2,5...3 раза короче, чем в промышленности и на транспорте. Из-за коррозионного разрушения происходит до 33% отказов сельскохозяйственных машин, на 40...55% снижается прочность углеродистых сталей и серого чугуна, в 2...4 раза увеличивается износ сопряженных деталей. На устранение ущерба, возникшего из-за потери агрегатами и деталями своих функциональных свойств, ежегодно тратится до 30% средств от общих затрат, расходуемых на восстановление их работоспособности. Защита сельскохозяйственной техники (СХТ) от атмосферной коррозии в процессе эксплуатации является необходимым условием сохранения ее ресурса и работоспособности.

Обеспеченность тракторами и уборочными машинами составляет 45...58% от технологической потребности. При необходимой энергообеспеченности в 220...260 кВт на 100 га посевной площади имеется всего 107 кВт.

По данным агропромышленных предприятий затраты денежных средств на ремонт техники в 2008 г. превысили 60 млрд. руб., при этом только на закупку новых запасных частей израсходовано более 30 млрд. руб. В каждом сезоне 60...65% парка тракторов и зерноуборочных комбайнов, более 70% почвообрабатывающих и посевных машин подвергаются ремонту, однако в большинстве аграрных предприятий доля исправных машин в напряженные периоды сельскохозяйственных работ не превышает 80...82%.

Известно, что 70...80% деталей машин выходят из строя вследствие совместного воздействия климатических факторов и механических нагрузок. Из них 20...25% приходится на долю поломок по причине потери прочности из-за атмосферной коррозии.

Существующие технологии подготовки машин к хранению предполагают выполнение ряда технологических операций в определенной последовательности, на выделенных для этих целей участках. Однако, время между выводом машины с полевых работ, поступлением на очистку, последующей стоянкой в отведенном месте и непосредственно ее консервацией может достигать, в силу различных объективных обстоятельств (нехватка механизаторских кадров, плотный график полевых работ, слабая техническая оснащенность машинных дворов) порой нескольких месяцев.

Несмотря на то, что для таких случаев предусмотрен регламент работ по кратковременному хранению техники, на практике считают, что достаточно просто произвести операцию очистки машин. А этого явно недостаточно, особенно, учитывая стоимость сложной импортной техники.

Борьбу с коррозионными разрушениями необходимо начинать уже на предварительной стадии очистки машин, перед постановкой их на хранение и

дальнейшей консервацией в межсезонный период. Кратковременную защиту на стадии очистки можно вполне осуществить при помощи водорастворимых ингибиторов коррозии, вводимых в составы моющих растворов, и осуществляя ополаскивание водным раствором ингибитора в процессе очистки сельскохозяйственной техники и ее деталей.

Цель работы: Разработка средств и технологии, используемых на этапе операции очистки при постановке сельскохозяйственной техники на хранение, выполнении технического обслуживания и ремонта, для повышения ее сохраняемости.

Задачи исследований:

1. Провести анализ и выбрать органические соединения дифильного строения для получения полифункционального водорастворимого ингибитора коррозии, нетоксичного и экологически безопасного.
2. Разработать математическую модель и провести оптимизацию рецептуры ингибитора.
3. Исследовать свойства нового ингибитора и определить перспективы его использования в качестве ингибирующей добавки в рабочие жидкости.
4. Получить структурную формулу нового соединения и определить механизм защитного действия ингибитора.
5. Разработать рабочую документацию для промышленного производства и технологию операции очистки с применением ингибитора.
6. Провести технико-экономическую оценку предложенных рекомендаций.

Объект исследования. Процессы коррозионно-механического разрушения деталей, сопряжений, сборочных единиц и систем сельскохозяйственной техники под воздействием внешних факторов и влияние их на надежность.

Предмет исследования. Механизмы защитного действия разработанных средств, установление их оптимальных составов и эффективных технологий применения.

Научная новизна:

1. Разработана математическая модель и проведена оптимизация рецептуры полифункционального водорастворимого ингибитора коррозии;
2. Впервые описан механизм защитного действия нового ингибитора коррозии;
3. Выявлен эффект «распознавания» вида металла в зависимости от химического строения молекулы;
4. Экспериментально доказана зависимость эффективности ингибитора от количества функциональных групп в молекуле.

Практическая значимость:

- разработаны рецептуры водорастворимых ингибиторов коррозии (Патент РФ № 2462538, Патент РФ № 2462539);
- повышена стойкость металлических поверхностей машин и оборудования к воздействию агрессивных сред в условиях сельскохозяйственного производства за счет использования водорастворимых ингибиторов при выполнении операции очистки;

- произведен выбор оборудования для подготовки ингибированных составов в условиях сельскохозяйственного производства;

- основные положения, изложенные в диссертации, могут быть использованы органами управления АПК на различных уровнях, в том числе коллективными и фермерскими хозяйствами. Результаты исследования будут использованы в проведении лекционных, лабораторно-практических занятий по специальности 110304 – Технология обслуживания и ремонта машин в АПК, и в разработке новой дисциплины «Нанотехнологии и наноматериалы в агроинженерии» (направление подготовки 110300 – Агроинженерия).

Реализация результатов:

разработаны технические условия и технологический регламент для производства водорастворимых ингибиторов коррозии. На предприятии ЗАО «АВТОКОН» освоен промышленный выпуск ингибиторов, которые используются на предприятиях: ОАО «Завод им. В.А. Дегтярева», ОАО «Скопинский автоагрегатный завод» и ООО НПП «Технобиор»;

конкурсная работа «Противокоррозионная защита сельскохозяйственной техники с применением нанотехнологий» отмечена Дипломом Российской академии сельскохозяйственных наук, как лучшая завершенная научная разработка 2011 года;

результаты включены в каталог «Нанотехнологические разработки аграрных вузов» ФГБНУ «Росинформагротех».

Апробация работы. Основные положения работы доложены, обсуждены и одобрены на: Международной конференции «Нанотехнологии и наноматериалы в лесном комплексе», г. Мытищи, Московский государственный университет леса, 2011 г.; 1-ой конференции молодых ученых и специалистов отделения механизации, электрификации и автоматизации «Научное обеспечение инновационных процессов в агропромышленной сфере», г. Москва, ГНУ ГОСНИТИ Россельхозакадемии, 2012 г.; Международной научно-практической конференции «Трибологические основы повышения ресурса машин (наука, образование, практика)», г. Москва, ФГБОУ ВПО МГАУ, 2012 г.; Международной научно-практической конференции «Научные проблемы эффективного использования тягово-транспортных средств в сельском хозяйстве», г. Москва, ФГБОУ ВПО МГАУ, 2012 г.; VI международной научно-практической конференции «Научно-информационное обеспечение инновационного развития АПК», г. Москва, ФГБНУ «Росинформагротех», 2012 г.; 25 Международном научно-техническом семинаре имени Михайлова В.В. «Проблемы экономичности и эксплуатации автотракторной техники», г. Саратов, ФГБОУ ВПО «Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова», 2012 г.; Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых и специалистов «Особенности технического оснащения современного сельскохозяйственного производства», г. Орел, ФГБОУ ВПО «Орловский государственный аграрный университет», 2012 г.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 10 научных работ, в том числе 6 статей в изданиях, рекомендованных ВАК, 1 статья в зарубежном издании, получены 2 патента РФ на изобретения.

Основные положения диссертации, выносимые на защиту:

1. Математическая модель оптимизации рецептуры полифункционального водорастворимого ингибитора коррозии.
2. Механизм защитного действия ингибитора в составе технических средств.
3. Результаты лабораторных, стендовых и эксплуатационных испытаний эффективности полученных средств.
4. Рекомендации по применению защитных средств при эксплуатации СХТ.
5. Результаты технико-экономической эффективности применения защитных средств при постановке СХТ на хранение.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, пяти глав, общих выводов и рекомендаций, списка использованных источников и приложений. Общий объем диссертации составляет 178 страниц машинописного текста, в том числе 158 страниц основного текста 50 рисунков и 30 таблиц. Диссертация содержит библиографию из 144 наименований, из них 20 зарубежных источников.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Введение. Обоснована актуальность, дана общая характеристика проблемы. Показаны научная новизна и практическая значимость результатов исследований.

В первой главе проведен анализ состояния вопроса по литературным источникам и проведена классификация сельскохозяйственных сред, влияющих на процессы коррозии и коррозионно-механического изнашивания в условиях сельскохозяйственного производства (табл. 1).

Таблица 1 – Классификация типовых сельскохозяйственных сред по степени опасности коррозионных воздействий

Группа	Тип и особенности среды	Значения коррозионных потерь углеродистой стали Ст. 3	
		г/(м ² ·год)	мкм/год
Группа I	Открытая атмосфера сельской местности: зона умеренного климата зона холодного климата	100...217	13...28
		90...110	11,5...14
Группа II	Атмосфера животноводческого помещения: коровник свинарник птичник	440...640	56...82
		558...721	71...92
		500...600	64...76
Группа III	Среда минеральных удобрений и ядохимикатов: суперфосфат аммиачная селитра нитрофоска сульфат аммония медный купорос	350...380	35...40
		380...400	38...50
		850...900	100...120
		910...1100	125...145
		1900...2100	250...270

Показан вклад в развитие науки о коррозии и износе ведущих отечественных ученых: Колотыркина Я. М., Розенфельда И. Л., Шехтера Ю. Н., Флорионовича Г. М., Болдырева А. В., Алцыбеевой А. И., Фокина А. В., Тимонина В. А., Ахматова А. С., Крагельского И. В., Гаркунова Д. Н., Ерохина М.Н., Стрельцова В. В. и др.

Система противокоррозионной защиты сельскохозяйственной техники в аграрном производстве сформировалась благодаря работам Меламеда М. Н., Северного А. Э., Севернева М. М., Пасечникова Н. М., Поцкалева А. Ф., Спектра А. Г., Пучина Е. А., Синявского И. А., Курочкина В. Н., Яковлева Б. П., Латышенка М. Б., Митягина В. А., Рязанова В. Е., Простоквашина В. Г., Щукина А. Р., Прохоренкова В. Д., Петрашева А. И. и др.

Рассмотрены общие принципы системы обеспечения сохранности сельскохозяйственного машинно-тракторного парка. Изучены характер и особенности коррозионных разрушений деталей и сборочных единиц СХТ. В результате выявлены детали и сборочные единицы, наиболее подверженные коррозии и износу, к ним можно отнести: детали режущего аппарата, крепеж, цепи, шкивы, звездочки, а также детали из тонколистовой стали, которые при ремонте нуждаются в замене или ремонтных воздействиях. Выявлено, что 70...80% деталей машин выходят из строя вследствие совместного воздействия атмосферной коррозии и механических нагрузок. Из них 20...25% приходится на долю поломок от перегрузок при работе вследствие потери прочности из-за атмосферной коррозии. Описан механизм коррозионно-механического изнашивания сопряжений СХТ, дан характер разрушений и номенклатура сопряжений, наиболее подверженных данному разрушению.

В данной главе также сформулированы цели и задачи, решаемые в работе.

Во второй главе изложена теория создания водорастворимых ингибиторов, являющихся основой для получения средств защиты СХТ от коррозии на стадии очистки. Учитывая тот факт, что коррозионные процессы происходят на границе раздела фаз «поверхность металла–жидкость, газ» в качестве одного из ингредиентов выбраны органические соединения – аминспирты (моноэтаноламин – МЭА; диэтаноламин – ДЭА; триэтаноламин – ТЭА). Молекулы таких соединений обладает двумя видами функциональных групп: гидроксильной и аминной. Функциональные группы обеспечивают адсорбцию молекул на поверхности металла, обеспечивая защиту от коррозионных разрушений.

Зависимость защитного действия от концентрации аминспиртов в водном растворе позволяет сделать заключение о влиянии количества функциональных групп в структурной формуле (МЭА – 2, ДЭА – 3, ТЭА – 4) (рис. 1).

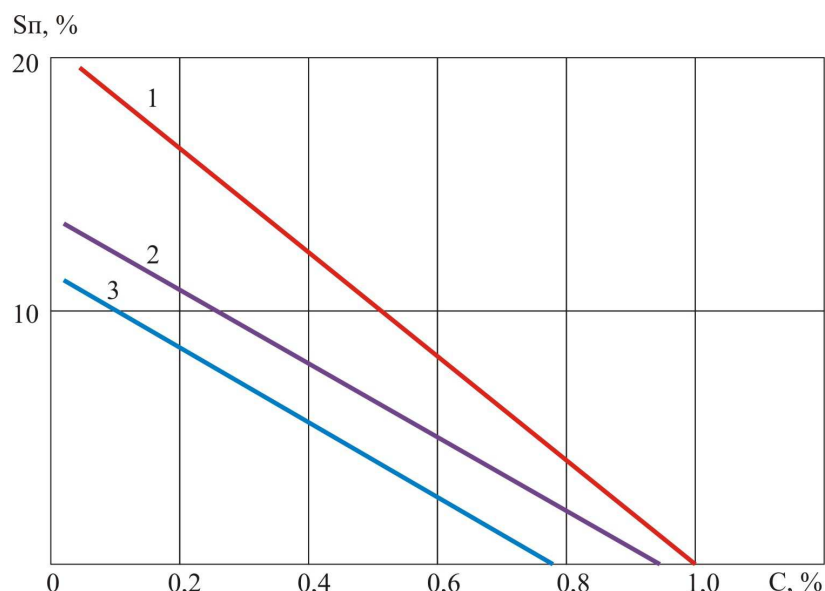


Рисунок 1 – Зависимости площади коррозионного поражения (S_p) стальных пластин Ст. 3 от концентрации (C) в водном растворе:
1 – МЭА; 2 – ДЭА; 3 – ТЭА.

Недостатком этаноламинов является то, что они образуют с цветными металлами водорастворимые комплексы, т.е. защищают только черные металлы (рис. 2).

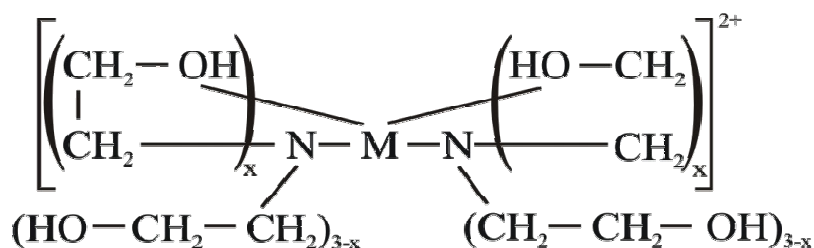


Рисунок 2 – Образование комплексных соединений на поверхности медных пластин после погружения их в раствор этаноламинов.

В качестве ингибиторов для цветных металлов используется бензотриазол (рис. 3), не вызывающий образование водорастворимых комплексов, что позволяет модифицировать молекулу этаноламина и получать полифункциональный ингибитор для черных и цветных металлов.

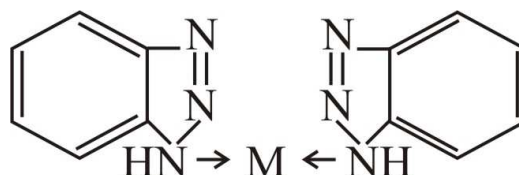


Рисунок 3 – Результаты испытания медных пластин в водном растворе бензотриазола.

Для придания веществам антисептических и биоцидных свойств используются борсодержащие вещества – борная кислота (H_3BO_3).

Получение боратов аминоспиртов (Борат) осуществляется за счет реакции поликонденсации (Рисунок 4).

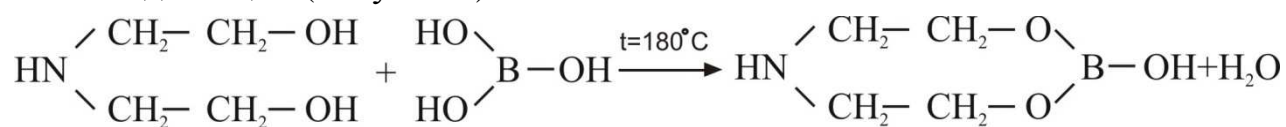
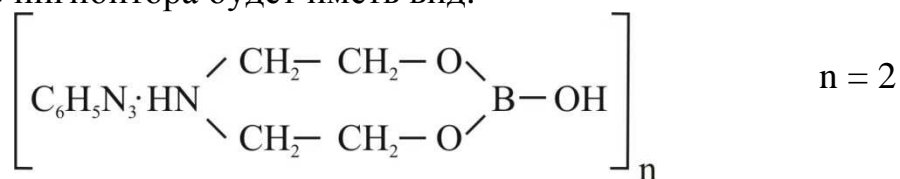


Рисунок 4 – Реакция синтеза бората диэтаноламина.

Окончательная структурная формула полифункционального водорастворимого ингибитора будет иметь вид:



Вещество представляет собой раствор бензотриазола ($C_6H_5N_3$) в борате аминоспирта (Борат-М).

Определение размера молекул в результате проведенного синтеза с помощью фотонно-корреляционной спектроскопии (рис. 5) показал, что молекулы представляют собой полимеры размером от 200 до 300 нм.

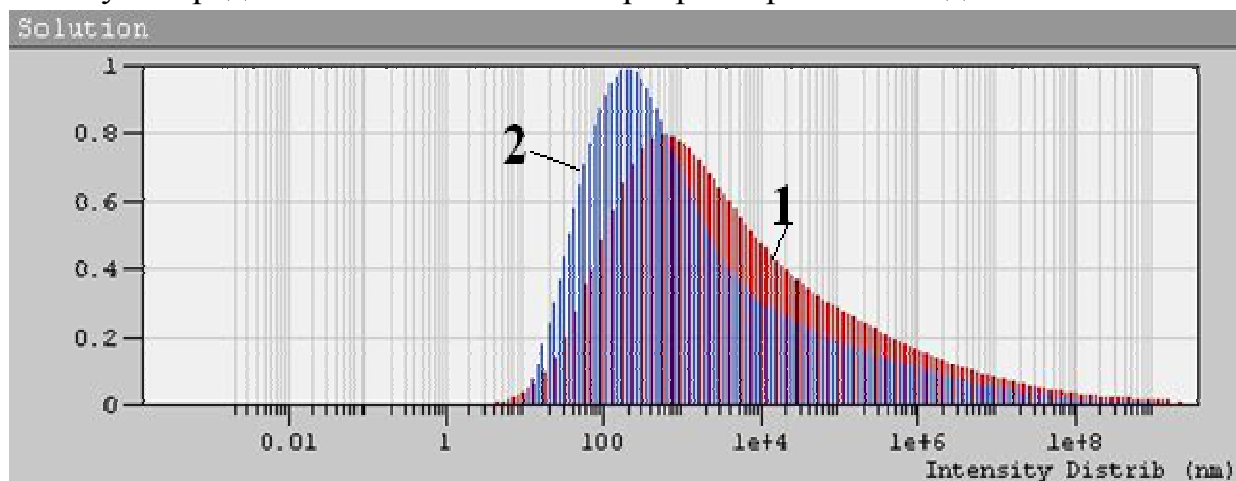


Рисунок 5 – Распределение частиц по размерам в относительных единицах ингибитора в водном растворе Борат (0,2 г/л) (дистиллированная вода) в начальный (1) и конечный момент времени (2).

Размеры таких молекул позволяют получить плотную упаковку за счет сил адсорбции на поверхности металла и придать ингибитору дополнительный эффект экранирования.

Для оптимизации рецептуры ингибитора были изготовлены 5% растворы боратов в воде. В качестве параметра оптимизации выбрана защитная способность $y(z_2)$, в качестве факторов: содержание диэтаноламина в составе – x_1 и борной кислоты – x_2 .

В качестве математической модели выбрано уравнение регрессии второго порядка. Результаты эксперимента представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Полный факторный эксперимент с числом точек факторного пространства $N = K^n = 9$, где K – число уровней факторов; n = число факторов

№ опыта	Уровни факторов		Средние опытные значения функции отклика
	X_1 m_1 , гр	X_2 m_2 , гр	
1	200 (-)	20 (-)	45
2	280 (+)	20 (-)	69
3	200 (-)	100 (+)	48
4	280 (+)	100 (+)	17
5	240 (0)	60 (0)	42
6	280 (+)	60 (0)	70
7	200 (-)	60 (0)	69
8	240 (0)	100 (+)	63
9	240 (0)	20 (-)	44

Воспроизводимость экспериментов оценивалась по критерию Кохрена.

После расчета значений коэффициентов уравнение регрессии имеет вид:

$$y=58,1-0,5X_1-0,5X_2+3,4X_1^2-12,7X_2^2-10X_1X_2$$

После проверки модели на адекватность были определены значения факторов ($x_1 = 235$ гр, $x_2 = 78$ гр) соответствующие экстремальному значению функции отклика. Проведенный полный факторный эксперимент по оптимизации защитных свойств позволил определить оптимальное соотношение в рецептуре аминспирта к борной кислоте, как 3:1.

Анализ реакционной способности отдельных классов соединений позволил спрогнозировать свойства нового соединения, исходя из сведений о других соединениях этого класса. Описанный механизм защитного действия ингибитора выявил зависимость эффективности от химической структуры органического соединения.

В третьей главе изложена программа и приведены методики исследований. При выборе метода ускоренных испытаний учитывались условия эксплуатации, хранения и воздействие основных значимых факторов. Для изучения защитных свойств водорастворимых ингибиторов коррозии Борат и Борат-М выбраны следующие методики исследования:

- ускоренные лабораторные на металлических пластинах в коррозионной камере Г-4;
- лабораторно-стендовые (циклические с перепадом температур до 100°C) на пластинах;
- ускоренные коррозионные испытания в водных средах;
- натурные климатические на деталях, сборочных единицах, агрегатах и единицах сельскохозяйственной техники на климатических испытательных станциях;

- натурные климатические на металлических пластинах при хранении в неотопляемых хранилищах с естественной вентиляцией и на открытых площадках;

- натурные климатические на этапе производства, хранения, транспортирования агрегатов, сборочных единиц и деталей.

Для испытания образцов на стойкость к воздействию плесневых грибов выбран метод 1 ГОСТ 9.048–89. Зараженные образцы ингибиторов помещали в открытой чашке Петри и пробирках в эксикатор и выдерживали в течение 28 суток в условиях, оптимальных для роста грибов и бактерий: при температуре 27...28°C и влажности 98 %. Промежуточные осмотры образцов (визуально и с микроскопированием) проводили через 14 суток.

Для выяснения характера тормозящего действия коррозионного процесса ингибиторами выбрана методика электрохимических исследований с использованием измерительного комплекса фирмы Solartron (Великобритания).

В четвертой главе представлены результаты исследований и проведен их анализ.

В результате взаимодействия металла и компонентов коррозионной среды образуется поверхностная пленка, обладающая достаточно высокой защитной эффективностью (Z). Если при введении ингибитора защитная способность возрастает, то величина Z определяется свойствами не только ингибитора, а защитной системы «фазовая пленка-ингибитор».

В связи с этим был использован метод оценки вкладов каждой из составляющих такой системы (рис. 6).

Именно к такому особому случаю относится поведение стальной поверхности в ингибированных водных растворах.

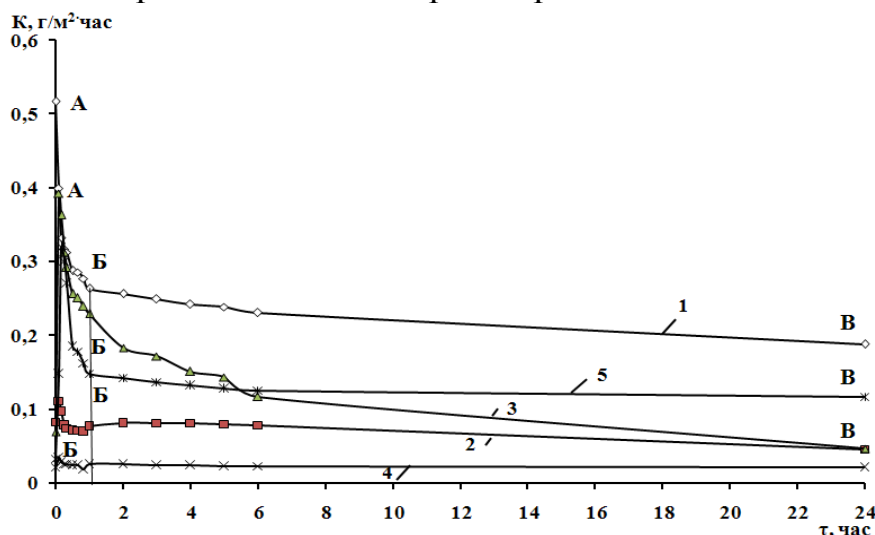


Рисунок 6 – Зависимость скорости коррозии стали Ст3 от продолжительности эксперимента в водном ингибированном (концентрация $C_{инг}$ – 50 г/л) растворе – 2, 4; в воде после выдержки в ингибированном растворе – 3, 5; 1 – контроль; 2, 3 – Борат; 4, 5 – Борат-М.

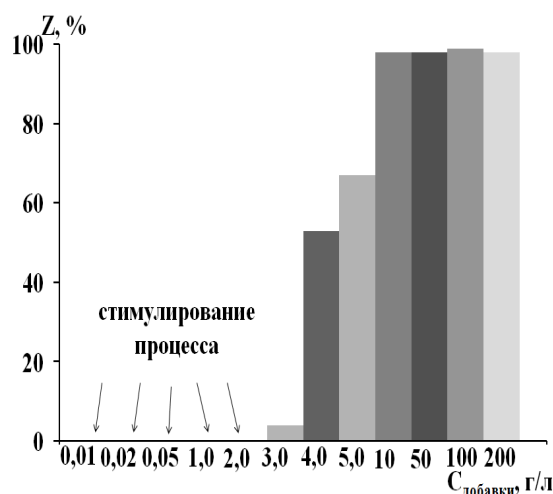
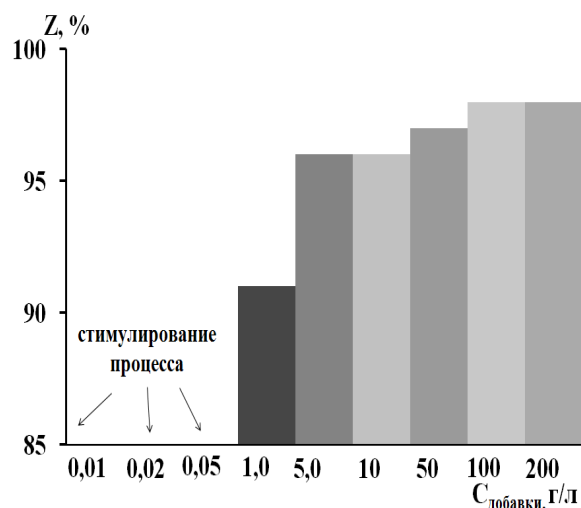
На кривых наблюдается два участка. Первый участок - АБ, для которого характерно начальное ускорение коррозии стали, обусловленное, видимо, разрушением первичного воздушно сформированного оксида (30 минут) и

последующее быстрое ее торможение (участок БВ). Последний процесс обусловлен формированием поверхностной пленки с участием водорастворимых ингибиторов коррозии. В водных растворах (вода техническая), ингибированных Борат-М при тех же концентрациях скорость коррозии стали ниже, чем при использовании Бората (рис. 6, кривые 2, 4). При противокоррозионной защите сельскохозяйственной техники на стадии очистки машин не предполагается длительный контакт с ингибированным водным раствором. Интерес представляет прежде всего так называемый «эффект последействия», показывающий, насколько эффективно предварительный контакт металлической поверхности с ингибированным водным раствором сказывается на протекании на ней коррозионных процессов.

На кривых, отвечающих за эффект последействия в технической воде после выдерживания образцов в ингибированных водных растворах в течение 24 часов также наблюдается два участка. Первый участок, для которого характерно высокое начальное ускорение коррозии стали, для электродов с предварительной выдержкой в ингибированных водных растворах, более продолжительный (≥ 1 час). Видимо, он отвечает за разрушение поверхностной пленки, полученной с участием водорастворимых ингибиторов коррозии. Затем процесс коррозии тормозится. В случае с Боратом-М он завершается после 5 часов, причем до этого момента скорость коррозии для образцов, выдержанных в этом ингибиторе ниже, чем в случае с Боратом. При использовании водных растворов Бората, хотя на участке БВ скорость растворения поверхностной пленки слабо зависит от времени, достигнуть постоянного значения за 24 часа не удается, то есть пленка не достигает стационарного состояния.

Коррозионные испытания стальных образцов Ст3 в водных растворах показали (рис. 7 (а, б) и 8 (а, б)), что оптимальная концентрация Бората и Борат-М в технической и дистиллированной воде составляет 5 – 10 г/л. Использование более высоких концентраций этих ингибиторов в водных растворах не является экономически целесообразным, так как не наблюдается ярко выраженный концентрационный эффект.

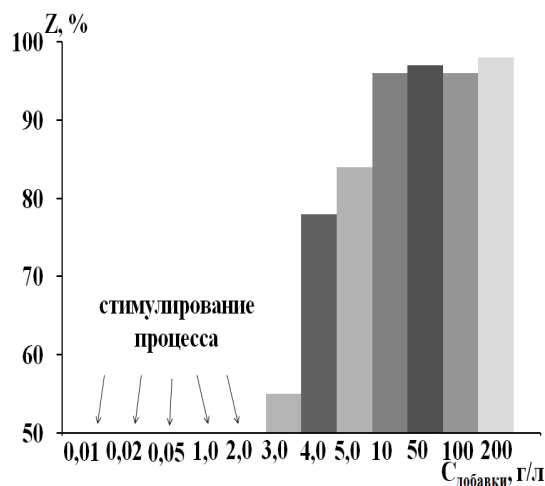
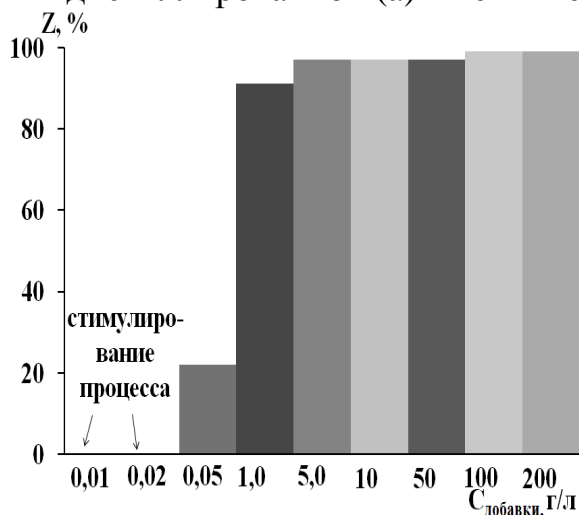
При коррозионных испытаниях, как и при поляризационных исследованиях была смоделирована ситуация различного времени соприкосновения стальных (Ст3) поверхностей с ингибированными растворами с последующим определением скорости протекания коррозионных процессов при помещении их в воду для определения эффекта последействия. По результатам исследований, приведенным в таблице 3, при испытаниях в технической воде защитная эффективность выше, чем в дистиллированной, что связано с влиянием рН воды, наличием и концентрацией солей, имеющихся в технической воде, по сравнению с дистиллированной.



а)

б)

Рисунок 7 – Результаты ускоренных коррозионных испытаний стальных пластин в дистиллированной (а) и технической воде (б), ингибированной Боратом.



а)

б)

Рисунок 8 – Результаты ускоренных коррозионных испытаний стальных пластин в дистиллированной (а) и технической воде (б), ингибированной Борат-М.

Анализ поляризационных кривых (табл. 3, рис. 9), показал, что с ростом концентрации Бората в технической воде снижается скорость коррозии стального электрода. Наиболее сильно облагораживается потенциал коррозии при концентрации Бората 5 г/л в водном растворе, наиболее сильно снижаются токи коррозии при концентрации Бората 10 - 50 г/л. Борат выступает, прежде всего, как ингибитор анодного типа.

Таблица 3 – Данные электрохимических измерений на стали Ст3, полученные в ингибированных Боратом водных растворах (техническая вода)

Добавка, г/л	$-E_{кор}, \text{В}$	$i_{кор}, \text{А/м}^2$	$b_k, \text{мВ}$	$b_a, \text{мВ}$	$K_{3/x} \cdot 10^{-4}, \text{кг/м}^2\text{ч}$	$Z, \%$
отсутствует	0,46	0,251	180	60	2,61	-
1	0,37	0,177	120	60	1,84	30
5	0,09	0,141	180	200	1,46	44
10	0,21	0,006	70	100	0,07	97
50	0,18	0,004	70	100	0,04	98

*с – стимулирование процесса

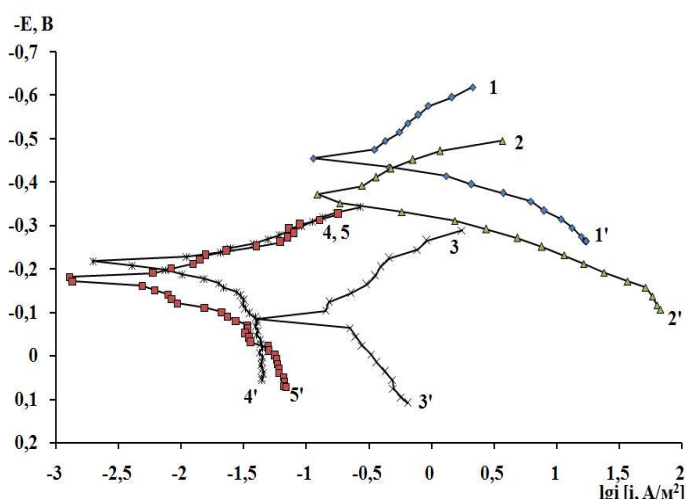


Рисунок 9 – Катодные (1 – 5) и анодные (1'– 5') поляризационные кривые стали Ст3 в технической воде (1,1'), ингибированной Боратом (2,2' – 5,5').
Концентрация Бората, г/л: 2,2' – 1; 3,3' – 5; 4,4' – 10; 5,5' – 50.

С точки зрения защиты сельскохозяйственной техники от коррозии на стадии очистки машин, как указывалось выше, нас прежде всего интересует эффект последействия, поэтому необходимо определить оптимальное время контакта металлической поверхности с ингибированным водным раствором. Исследования показали высокий эффект последействия при кратковременном контакте металлической поверхности с ингибированным водным раствором. При продолжительности контакта 5 минут эффект последействия (Z) составил 50 %, что всего на 5 % меньше, чем при снятии поляризационных кривых непосредственно в ингибированном водном растворе. При увеличении времени контакта металлической поверхности с ингибированным водным раствором до 24 часов эффект последействия снижался. Следовательно, при проведении лабораторных исследований, достаточно пятиминутного контакта металлических образцов с ингибированным водным раствором, а при проведении производственных испытаний – кратковременного ополаскивания металлических поверхностей техники.

Таблица 4 – Результаты испытаний ингибиторов коррозии на биостойкость

Наименование ингибитора	Шифр образца	Внешний вид после испытаний	Балл
10%-й раствор Борат	1-1	Визуально и под микроскопом прорастания спор и конидий не обнаружено	0
	1-2		0
10%-й раствор Борат-М	2-1	Визуально и под микроскопом прорастания спор и конидий не обнаружено	0
	2-2		0
10%-й раствор Диэтаноламин	3-1	Визуально и под микроскопом выявлено прорастание спор и развитие мицелия	2
	3-2		2

По окончании испытаний на биостойкость оценивали стадию развития грибов в баллах по 6-ти бальной шкале (табл. 4).

Таблица 5 – Результаты натурно стендовых испытаний использования композиций на основе Борат (числитель) и Борат-М (знаменатель) в технической воде

С _{добавки} , г/л	Защитная эффективность, Z, %									
	Открытая атмосфера				Неотапливаемое помещение					
	3 мес	6 мес	9 мес	12 мес	1 мес	2 мес	3мес	6 мес	9 мес	12 мес
1	22/23	17/19	с/с	с/с	-	-	-	-	-	-
5	20/15	12/22	с/с	с/с	27/49	57/60	57/57	66/60	53/50	54/53
10	25/с	17/16	с/с	с/с	63/50	67/63	66/66	63/66	56/59	58/60
50	18/29	17/16	2/с	с/с	60/49	60/61	70/74	68/73	69/63	68/65
100	12/36	17/18	с/с	с/с	-	-	-	-	-	-
200	14/24	12/10	с/с	с/с	-	-	-	-	-	-

Примечания – скорость коррозии незащищенной стали, $г/м^2 \cdot ч \cdot 10^3$. Открытая атмосфера: $K_3 = 8,65$; $K_6 = 8,02$; $K_9 = 6,90$; $K_{12} = 4,8$ неотапливаемое помещение: $K_1 = 1,04$; $K_2 = 0,75$; $K_3 = 0,53$; $K_6 = 0,41$; $K_9 = 0,32$; $K_{12} = 0,27$. Индекс – длительность испытаний, месяц. * с – стимулирование коррозии.

По результатам натурно-стендовых испытаний (табл. 5), проведенных как в условиях открытой атмосферы, так и в условиях неотапливаемого помещения, оптимальной является концентрация водорастворимых ингибиторов коррозии - 10 г/л. В условиях прямого попадания атмосферных осадков скорость коррозии стальных пластинок, обработанных составами, ингибированными Борат-М и Борат, невысокая (защитный эффект не превышает 20 – 25 %) и к 9 месяцам испытаний на стальных образцах вместо защиты наблюдается стимулирование коррозии. Видимо, это связано с тем, что с течением времени происходит смыв защитной пленки, полученной после высыхания ингибированного состава, с поверхности стали атмосферными осадками, а также возможно разложение компонентов защитной пленки под действием солнечной радиации.

При испытаниях в условиях закрытого неотапливаемого помещения на образцах визуально не наблюдалось протекания активных коррозионных процессов в соответствии с рисунком 10 в течение 12 месяцев.



Рисунок 10 – Внешний вид образцов после 12-ти месячных натурно-стендовых испытаний в закрытом неотапливаемом помещении.

Тем не менее, пленка ингибированных составов, полученная однократным окунанием, обеспечила защитную эффективность порядка 60 %. Как показали исследования, для приготовления ингибированных растворов необязательно использовать дистиллированную воду, так как составы, полученные в обычной технической воде, обеспечивают более высокие результаты по защитной эффективности.

Таким образом, водорастворимые ингибиторы Борат и Борат-М показали себя хорошими ингибиторами атмосферной коррозии в условиях закрытого неотапливаемого помещения, тогда как в условиях открытой атмосферы применять их рекомендуется с дальнейшим нанесением защитных покрытий (консервационное масло, ПИНС и т.д.), поскольку защитная пленка тонка то под действием атмосферных осадков, происходит достаточно быстрый смыв ее с защищаемой поверхности.

В пятой главе разработаны предложения по практической реализации результатов исследований и дана оценка их технико-экономической эффективности.

Экономическая эффективность от внедрения водорастворимых ингибиторов в средства, применяемые при операции очистки машин, агрегатов, сборочных единиц и деталей, достигается за счет следующих преимуществ:

- не требуется стадия сушки после очистки поверхности водой;
- меньшего расхода защитных покрытий (консервационные масла, ПИНС и т.д.) на финишной стадии консервации;
- не требуется дополнительное оборудование для нанесения консервационного материала после очистки.

Экономическая эффективность от применения новых защитных материалов определяется в сравнении с консервацией водно-восковым составом по формуле:

$$\mathcal{E} = K_3 \cdot (C_{MB} \cdot M_6 \cdot (1 + \Delta K_d) - C_{MH} \cdot M_H);$$

где C_{MB} , C_{MH} – цена соответственно базового и нового (водорастворимый ингибитор коррозии) материалов, руб/кг;

M_6 , M_H – расход на одну машину соответственно базового и нового материалов, кг/шт;

K_3 – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы. Примем $K_3 = 1,1$;

ΔK_d – коэффициент, учитывающий дополнительные потери на туманообразование при работе распылителя в неотрегулированном режиме, $\Delta K_d = 0,064 - 0,1$. Примем $\Delta K_d = 0,08$.

Экономическая эффективность от внедрения разработанных предложений по использованию водорастворимых ингибиторов коррозии на стадии очистки машин ожидается не менее 500 рублей на единицу сложной техники. По Российской Федерации экономический выигрыш составит около 3 млрд рублей.

Общие выводы

1. По результатам информационного обзора работ, из-за коррозионного разрушения происходит 33% отказов машин, прочность углеродистых сталей, серого чугуна снижается на 40-55%, в 2-4 раза увеличивается износ

сопряженных деталей. На устранение ущерба, связанного с потерей узлами и деталями машин своих функциональных свойств, ежегодно затрачивается до 30% средств от общих затрат, расходуемых на восстановление их работоспособности. Косвенный ущерб, обусловленный недобором, например продукции из-за несоблюдения агротехнических сроков выполнения полевых работ и потерь сельскохозяйственной продукции, как правило, в 3-5 раз больше.

2. Эффективным способом защиты от коррозии СХТ, работающей в агрессивных сельскохозяйственных средах, является своевременная очистка с последующим ополаскиванием водным раствором ингибитора коррозии. Исследования показали, что скорость коррозии сталей в этом случае уменьшается в 5-20 раз по сравнению с неочищенными стальными поверхностями и в 2-3 раза по сравнению с очисткой без последующего ополаскивания раствором ингибитора.
3. Используя сведения об органических соединениях дифильного строения, способных понижать поверхностную энергию на границе раздела фаз, были спрогнозированы свойства нового соединения. Выявлена зависимость эффективности ингибитора от химической структуры органического соединения.
4. Полный факторный эксперимент с использованием уравнения регрессии второго порядка позволил определить соотношение реагентов (ДЭА, H_3BO_3) в рецептуре, как 3:1. В качестве модификатора использован бензотриазол в количестве 1% с целью придания ингибитору защитных свойств цветных металлов.
5. Анализ экспериментальных исследований показал, что оптимальное количество ингибитора в водном растворе составляет 10 г/л, при этом защитный эффект (Z) достигает 97%. Смещение поляризационных кривых в положительную сторону свидетельствует об анодном действии, т.е. защите анодных участков. Размер молекул, в результате поляризации, достигающий 300 нм позволяет предположить об экранирующих свойствах ингибитора. Заражение образцов ингибитора спорами грибов *Aspergillus niger van Tieghem* в условиях, оптимальных для роста грибов и бактерий (температура 27 ... 28°C и влажность 98% в течение 28 суток) показало наличие антисептических свойств.
6. По результатам натурно-стендовых испытаний в условиях прямого попадания атмосферных осадков скорость коррозии стальных пластин, обработанных водным раствором ингибитора, невысокая (защитный эффект не превышает 20-25%) и к 9 месяцам испытаний на образцах наблюдается стимулирование коррозии. При испытаниях в условиях закрытого неотапливаемого помещения на образцах не наблюдалось протекания коррозионных процессов в течение 12 месяцев, защитная эффективность порядка 60%.
7. Оценка технико-экономической эффективности применения водорастворимых ингибиторов при консервации СХТ, выполнении ТО и ремонта показала, что за счет проведения работ на стадии очистки отпадает необходимость в консервации и расконсервации техники на местах стоянок, в применении

дополнительного технологического оборудования и защитных материалов, что позволяет снизить трудоемкость проведения этих работ на 30-40%, автоматически повысить их качество и полноту выполнения. Экономический эффект за счет снижения затрат на поддержание техники в работоспособном состоянии может в масштабах страны достигать 3 млрд. рублей в год.

Основные результаты диссертации опубликованы в следующих работах:

Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК

1. Низамов Р.К. Теория и практика создания ингибиторов атмосферной коррозии [Текст] / Р.К. Низамов, С.М. Гайдар, С.А. Гурьянов, М.И. Голубев // Техника и оборудование для села, 2012. № 4 (178). с. 8-10.
2. Низамов Р.К. Защита резьбовых соединений ингибированными консистентными смазками [Текст] / Р.К. Низамов, Т.О. Озинковская // Техника и оборудование для села, 2012. № 5 (179). с. 7-8.
3. Низамов Р.К. Инновационные консервационные составы для защиты сельскохозяйственной техники от коррозии [Текст] / Р.К. Низамов, С.М. Гайдар, В.Д. Прохоренков, Е.Г. Кузнецова // Техника и оборудование для села, 2012. № 11 (184). с. 40-43.
4. Низамов Р.К. Противокоррозионная защита при очистке сельскохозяйственной техники [Текст] / Р.К. Низамов, С.М. Гайдар, А.В. Пегушин // Труды ГОСНИТИ. 2012. Том 109 ч.1. с. 169-172.
5. Низамов Р.К. Концепция создания ингибиторов коррозии с использованием нанотехнологических подходов [Текст] / Р.К. Низамов, С.М. Гайдар, М.И. Голубев // Лесной вестник, 2012. № 7(90). с. 140-142.
6. Низамов Р.К. Повышение долговечности и экономичности двигателей с применением нанотриботехнологии [Текст] / Р.К. Низамов, Е.А. Пучин, С.М. Гайдар, В.Н. Свечников // Ремонт, восстановление, модернизация, 2012. № 9. с. 24-28.

Зарубежные издания

7. Nizamov R.K. Conception of corrosion inhibiting factors creation with the usage of nanotechnological approach [Текст] / R.K. Nizamov, S.M. Gaidar, M.I. Golubev // Scientific Israel- Technological Advantages, 2012. Vol. 14. №3. с. 88-91.

Патенты на изобретения

8. Низамов Р.К. Состав для защиты металлов от коррозии и солеотложений [Текст] / Р.К. Низамов, Е.А. Пучин, С.М. Гайдар, В.Д. Прохоренков, М.И. Голубев // Патент РФ № 2462538, опубл. 27.09.2012 Бюл. № 27.
9. Низамов Р.К. Ингибитор коррозии металлов [Текст] / Р.К. Низамов, Е.А. Пучин, С.М. Гайдар, В.Д. Прохоренков, М.И. Голубев, Е.Г. Кузнецова // Патент РФ № 2462539, опубл. 27.09.2012 Бюл. № 27.

Материалы конференций и прочие издания

10. Низамов Р.К. Инновационные разработки средств консервации сельскохозяйственной техники [Текст] / Р.К. Низамов, С.М. Гайдар, В.Д. Прохоренков, Е.Г. Кузнецова // Научно-информационное обеспечение инновационного развития АПК: Материалы VI Международной научно-

практической конференции «ИнформАгро – 2012». М.: ФГБНУ «Росинформагротех». 2012. с. 320-327.

11. Низамов Р.К. Наномодифицированные твердые смазочные покрытия [Текст] / Р.К. Низамов, С.М. Гайдар // Нанотехнологические разработки аграрных вузов: Каталог – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2013. с. 45-49.
12. Низамов Р.К. Водорастворимый ингибитор коррозии [Текст] / Р.К. Низамов, С.М. Гайдар // Нанотехнологические разработки аграрных вузов: Каталог – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2013. с. 51-53.

Тираж 100 экз. Объем 1,0 п.л. Формат 60x84/16

Отпечатано в типографии ФГНУ «Росинформагротех»
141261, Московская обл., пос. Правдинский, ул. Лесная, 60