

*На правах рукописи*

**СКАЧКОВ  
МАКСИМ ВЛАДИМИРОВИЧ**

**ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ МОБИЛЬНОГО  
АГРЕГАТА ДЛЯ МАГНИТНО-ИМПУЛЬСНОЙ  
ОБРАБОТКИ ЗЕМЛЯНИКИ**

Специальность 05.20.01 – технологии и средства  
механизации сельского хозяйства

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

**Москва – 2011**

Работа выполнена в Государственном научном учреждении Всероссийский селекционно-технологический институт садоводства и питомниководства Россельхозакадемии (ГНУ ВСТИСП Россельхозакадемии)

Научный руководитель: кандидат физико-математических наук,  
старший научный сотрудник  
Донецких Владислав Иванович

Официальные оппоненты: член-корреспондент Россельхозакадемии,  
доктор технических наук, профессор  
Артюшин Анатолий Алексеевич

кандидат сельскохозяйственных наук,  
доцент  
Мехедов Михаил Алексеевич

Ведущая организация: Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования Мичуринский государственный аграрный университет (ФГОУ ВПО МичГАУ)

Защита состоится: «19» мая 2011 г. в 14:30 часов на заседании диссертационного совета Д 006.020.01 при Государственном научном учреждении Всероссийский научно-исследовательский институт механизации сельского хозяйства Россельхозакадемии (ГНУ ВИМ Россельхозакадемии) по адресу: 109428, г. Москва, 1-й Институтский проезд, д.5

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ГНУ ВИМ Россельхозакадемии.

Автореферат разослан «18» апреля 2011 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета,  
кандидат технических наук

Пехальский И.А.

## **ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ**

**Актуальность темы.** Вопросы повышения продуктивности ягодников с каждым последующим этапом увеличения урожайности требуют более тщательного поиска и изучения факторов и механизмов их воздействия на потенциальные внутренние резервы растений. В подавляющем большинстве традиционные методы оптимизации условий роста, селекционного отбора из исходных форм и направленных генетических изменений постоянно требуют поддержания задействованных факторов на оптимизированном уровне, чтобы предотвратить постепенный возврат к исходному состоянию, т.е. к «вырождению».

Более эффективным, менее затратным и обеспечивающим стабильное сохранение растением улучшенную форму признан метод адресной стимуляции требуемых процессов из множества протекающих в данное время внутри растения, что достигается, например, путём локального изменения параметров магнитного поля. При этом растение не претерпевает принципиального изменения, а лишь, откликаясь на стимулирующий импульс, временно проявляет повышенную активность (ускорение роста, формирование урожая). В данное время вышеописанный метод стимуляции растений не применяется, вследствие отсутствия как специализированного оборудования, так и технологий обработки. Разработка специальных технических средств и метода обработки растений представляет собой актуальную проблему.

**Цель работы** Обоснование технологического процесса и параметров мобильного агрегата для магнитно-импульсной обработки земляники в условиях промышленной плантации.

### **Задачи исследований:**

- анализ электрофизических методов, позволяющих повысить урожайность земляники;
- обоснование метода и параметров воздействия на землянику, проведение экспериментальных исследований;
- обоснование конструктивных параметров оборудования мобильного агрегата для обработки земляники;
- разработка и изготовление мобильного агрегата для магнитно-импульсной обработки земляники в условиях промышленной плантации;
- исследование процесса магнитно-импульсной обработки земляники при использовании мобильного агрегата;
- проведение приёмочных испытаний мобильного агрегата для магнитно-импульсной обработки земляники;

- определение экономической эффективности нового технологического процесса и разработанного мобильного агрегата.

**Объект исследования** – оборудование мобильного агрегата и технологический процесс магнитно-импульсной обработки земляники.

**Предмет исследования** – конструктивные параметры и режимы работы агрегата для магнитно-импульсной обработки, влияющие на урожайность земляники.

**Методика исследований** Теоретические исследования проводились на основе применения положений высшей математики и физики. При выполнении экспериментальной части работы применялись общепринятые методы полевых экспериментальных исследований и математического планирования многофакторного эксперимента. Оценка биометрических показателей проводилась в соответствии с ГОСТ 6828-89.

**Научная новизна** заключается в разработке инновационной технологии магнитно-импульсного воздействия на растения земляники. Новизна технических решений подтверждена патентами РФ.

**Практическая значимость.** Применение разработанного технологического процесса обработки позволяет повысить урожайность земляники садовой более чем на 20%. Полученные разработки целесообразно применять в научной работе с биологическим материалом. Технология была апробирована в исследованиях отдела селекции, генетики и сортоизучения плодовых и ягодных культур ГНУ ВСТИСП Россельхозакадемии.

**Реализация результатов исследований.** Работа по оценке влияния магнитно-импульсной обработки земляники проводилось совместно с центром испытаний сельскохозяйственной техники ФГНУ Росинформагротех (протокол приёмочных испытаний № 15-02-09 (4120012) от 31 августа 2009 года). Разработанное оборудование успешно использовалось в ООО «Одоевские сады» Тульской области.

**Апробация работы.** Материалы диссертационных исследований в 2008-2010 гг. представлены в отчётах и обсуждены на заседаниях отдела механизации трудоёмких процессов в садоводстве, получили положительную оценку Ученого совета ГНУ ВСТИСП Россельхозакадемии. Результаты исследований были доложены на Всероссийской научно-практической конференции «Инновационно-техническое обеспечение ресурсосберегающих технологий в АПК» (Мичуринск, 2009) и на V Международном конгрессе «Слабые и сверхслабые поля и излучения в биологии и медицине» (Санкт-Петербург 2009).

### **На защиту выносятся:**

- метод магнитно-импульсной обработки земляники в условиях промышленной плантации;
- конструктивные параметры мобильного агрегата для магнитно-импульсной обработки;
- результаты теоретических, экспериментальных исследований, регрессионные модели, описывающие влияние параметров магнитно-импульсной обработки на урожайность земляники.

**Публикации.** По теме диссертационной работы опубликовано 13 работ, в том числе 4 работы из перечня ведущих периодических изданий рекомендованных по списку ВАК.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация состоит из введения, четырех глав, выводов, списка литературы и приложений. Материалы изложены на 141 странице машинописного текста, содержат 12 таблиц, 39 рисунков; библиография включает 167 источников, в том числе 31 – на иностранных языках.

### **СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

**Во введении** обоснована актуальность и сформулированы основные направления исследований, дана общая характеристика работы.

**В первой главе** «Состояние вопроса и задачи исследований» рассмотрены и проанализированы оборудование и методы, применяемые для электрофизического воздействия на биологические объекты в различных областях деятельности человека. Выявлены перспективы их развития, сформулированы цель и задачи исследований.

Среди исследуемых факторов, описанных в литературе, известны: ионизирующее, лазерное, световое в различных диапазонах, СВЧ и КВЧ-излучения, электрический ток, электрические и магнитные поля, импульсное давление и пр. Каждый из которых обеспечивается своим специализированным оборудованием, часто весьма сложно устроенным и дорогостоящим, а многие физические факторы, такие как электрический ток или некоторые виды излучения просто опасны для жизни человека, и потому мало пригодны для эксплуатации в сельском хозяйстве, где технологическая культура и безопасность, не всегда соответствует требуемому уровню. Обработка биологического материала магнитным полем даёт положительный эффект, являясь при этом высокотехнологичным и достаточно просто автоматизируемым процессом, со сравнительно низкими затратами.

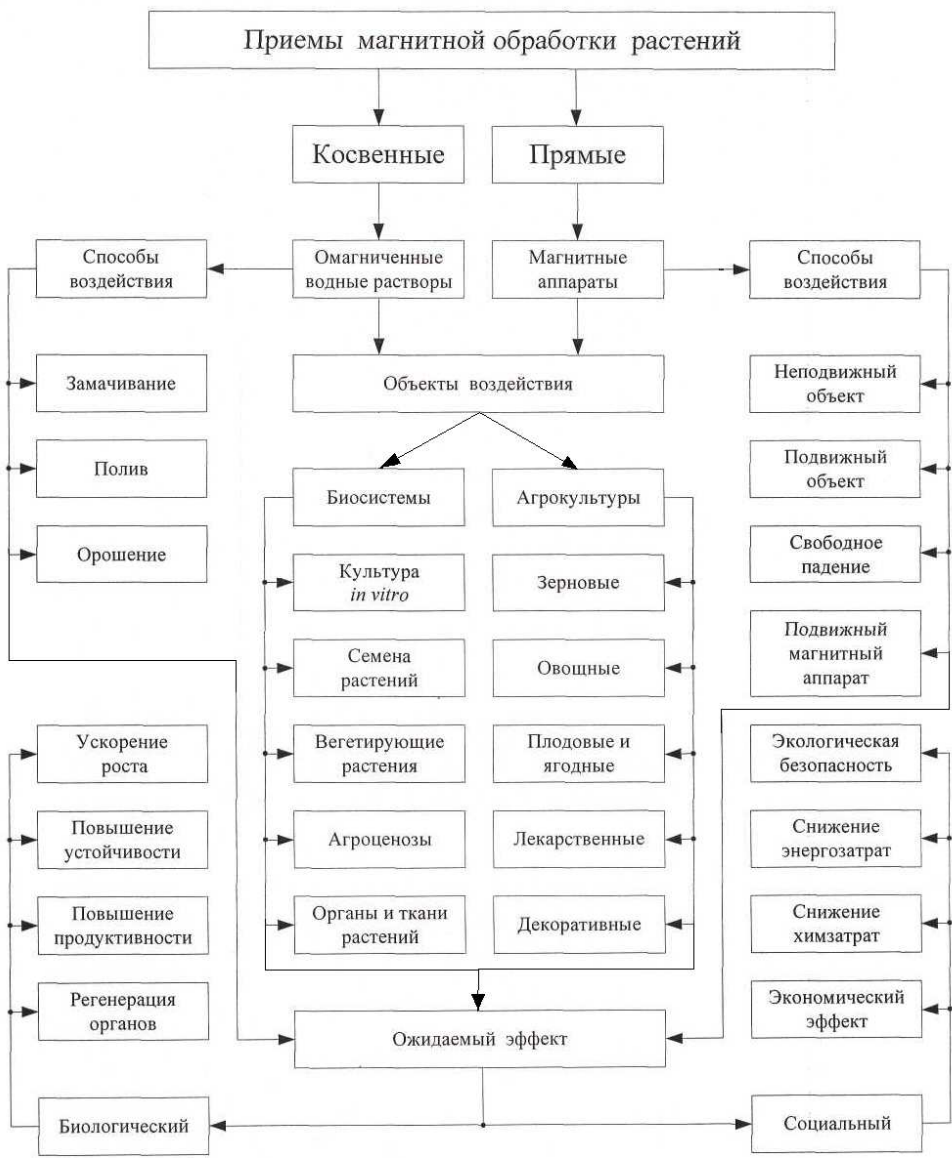


Рисунок 1 - Классификационная схема приёмов магнитной обработки растений.

На основе анализа работ Донецких В.И., Пресмана А.С., Новицкого Ю.И., Будаговского А.В., Бинги В.П., Красногорской Н.В., Холодова Ю.А., Травкина М.П., Крылова А.В., Бучаченко А.Л., Стрековой В.Ю., Упадышева М.Т. и других исследователей разработана классификационная схема приёмов магнитной обработки сельскохозяйственных растений (рис.1). Несмотря на сравнительно большое разнообразие приборов и аппаратуры для воздействия магнитными полями на различные объекты при проведении литературного обзора, специализированного оборудования для применения в сельскохозяйственном производстве промышленных масштабов, выявлено не было.

В период с 1997 по 2006 гг. в ГНУ ВСТИСП Россельхозакадемии в исследовательских целях был разработан ряд приборов (ГОИ, УДМОР-01, СИ-3, АМИ-3) для воздействия на растения магнитным полем в условиях лаборатории.

Большинство аналогичного оборудования применяется в металлургии и медицине, разработано не на научном обосновании магнитобиологических эффектов, а на основе устойчивых эмпирических зависимостей, полученных в многочисленных исследованиях. Следовательно, для создания подобной аппаратуры в области сельского хозяйства необходимо проведение многочисленных опытов на растительных объектах для установления оптимизированных режимов обработки из широкого диапазона различных характеристик.

**Во второй главе** «Разработка мобильного агрегата для магнитно-импульсной обработки земляники» проведены выбор диапазона параметров воздействующего магнитного поля, моделирование магнитного поля создаваемого индуктором, разработка мобильного агрегата и оценка качества выполняемой операции в зависимости от агрофона.

Основной сложностью возникающей на этапе разработки оборудования для обработки растительных объектов является неопределённость в характеристиках воздействия.

Часто ошибочно полагают, что магнитобиологические эффекты находятся в прямой зависимости от величины магнитной индукции. Между тем многочисленные исследования в области медицины показывают, что биологические объекты и водные структуры особенно чётко реагируют на относительно слабые магнитные поля на уровне геомагнитного поля Земли (около 50 микротесла). Из литературных источников установлено, что при применении импульсного магнитного поля достигаются наиболее заметные эффекты по сравнению с переменными и постоянными магнитными полями при одинаковых индукциях.

При выборе частотного диапазона воздействия принимались во внимание как многочисленные данные, полученные опытным путём на биологических объектах, так и теоретические наработки по исследованию основных частотных ритмов присутствующих в биосфере Земли (например, Шумановский резонанс с частотой 8 - 16 Гц) и различных циклических, колебательных процессов, происходящих внутри живой материи. Также следует иметь в виду и тот аспект, что градиентное (т.е. неоднородное не только во времени, но и в пространстве) магнитное поле вызывает увеличение реакции отклика биологического объекта.

Таким образом, с экономической и технологической точек зрения необходимо создание оборудования, способного генерировать импульсное градиентное МП с частотой в диапазоне 8-16 Гц и напряжённостью, близкой к геомагнитному полю Земли (0,3-5 мТл).

За основу генератора импульсов тока был взят аппарат АМИ-3 (активатор магнитно-импульсный, разработка ГНУ ВСТИСП Россельхозакадемии, патент РФ №2296457). В переработанном аппарате было: увеличено количество выдаваемых частот, добавлена возможность работы в непрерывном режиме.

При разработке мобильного агрегата для магнитно-импульсной обработки земляники было реализовано предложение по использованию индуктора в виде плоской спиральной катушки. Для моделирования распределения магнитного поля в пространстве использовался комплекс программ для инженерного моделирования электромагнитных, тепловых и механических задач методом конечных элементов ELCUT™ версия 5.6 (разработчик ПК "ТОР" С-Петербург). Для расчетов разрядного контура использовались общепринятые расчётные формулы, а также специализированные свободно распространяемые компьютерные программы расчета катушек индуктивности, в частности программа RTE, применяемая для расчёта катушек индуктивности и трансформаторов. Целью расчётов являлось определение величин активного сопротивления и индуктивности, которые должны находиться в заданных пределах для стабильной работы задающего блока активатора АМИ-3.

При моделировании распределения магнитного поля индуктора варьировались различные параметры его катушки (внешний и внутренний диаметры, вид намотки, шаг намотки, площадь сечения провода намотки) с целью получения оптимального распределения магнитного поля, с учётом характеристик, необходимых для стабильной работы задающего блока активатора. Наиболее выгодное сочетание параметров обеспечивается при сплошной спиральной намотке катушки 66 витками, при внутреннем диаметре катушки 50 мм, внешнем – 460 мм.



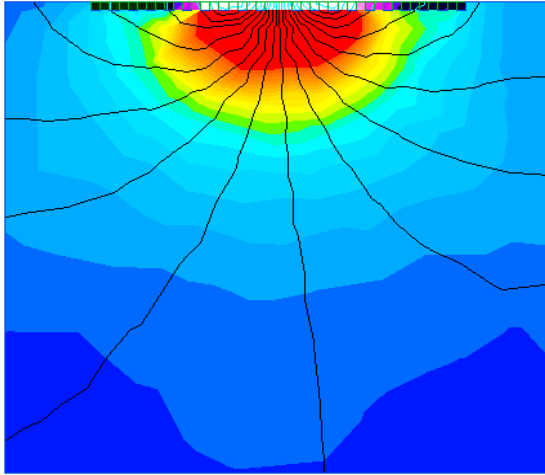


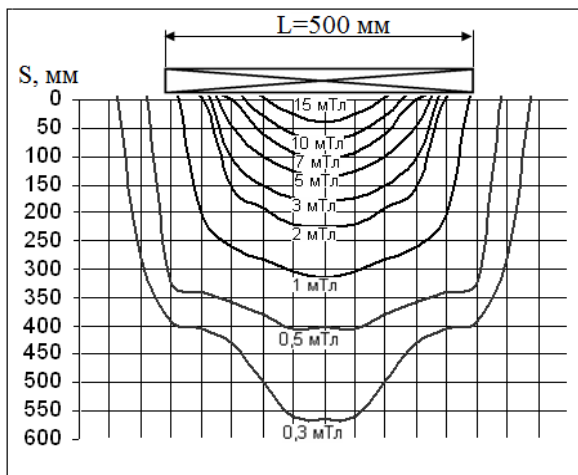
Рисунок 2 Распределение магнитной индукции при моделировании магнитного поля в программе ELKUT 5.6

Распределение магнитного поля в данном случае удовлетворяет принятым ранее условиям: магнитная индукция в зоне обработки составляет  $0,3 - 5$  мТл (рис 2), магнитное поле градиентное.

В соответствии с выбранными при моделировании параметрами были созданы два индуктора ПСИ – 1, основу которых составляют плоские спиральные катушки с двойной намоткой. Такое техническое решение позволило использовать индукторы ПСИ-1 совместно с электронными блоками активатора АМИ-3 для создания как одно-, так и разнонаправленных импульсов магнитной индукции.

Для проверки правильности применяемого метода моделирования магнитного поля было проведено измерение распределения эквипотенциалей амплитудных значений магнитных импульсов, генерируемых индуктором. Замеры проводились на специально изготовленном лабораторном стенде.

Сравнение показало, что характер распределения магнитного поля при замерах на стенде (рис. 3) аналогичен полученному при моделировании на ПК (рис. 2), подтверждая тем самым правильность выбранного метода моделирования и позволяя использовать его в дальнейшей работе.



$S$  – расстояние до плоскости индуктора;

$L$  – ширина индуктора.

Рисунок 3 Диаграмма распределения эквипотенциалей амплитудных значений магнитных импульсов индуктора ПСИ-1 (по замерам на стенде).



Рисунок 4 - Экспериментальный образец механизированной платформы для МИО растений в полевых условиях.

На этапе первоначальных исследований по выявлению магнитобиологических эффектов была использована специально разработанная механизированная платформа (рис. 4). Была подтверждена работоспособность скомпонованного набора оборудования.

Установлено, что на качество работы установки в предлагаемом компоновочном варианте существенно влияет агрофон. Установлен ряд значительных недостатков: плохая проходимость (особенно на глыбистой, влажной или рыхлой, после фрезерования почве); неравномерность хода; невозможность длительной обработки, в следствии больших физических нагрузок (обычно не более 500 м ряда без остановки), малая производительность. При дальнейшей разработке мобильного агрегата для магнитно-импульсной обработке земляники было принято решение, расположить всё необходимое оборудование на специально разработанном навесном устройстве, агрегируемом с пропашным трактором .

За основу разработки была взята несущая металлическая рама, на которой параллельно поверхности почвы располагаются два индуктора ПСИ-1, два электронных блока активатора АМИ-3, коммутирующее устройство и соединительные кабели. Для точного контроля за скоростью хода трактора при проведении опытов, на переднем колесе был установлен датчик числа оборотов, подключенный к электронному блоку вычисления и индикации скорости хода.

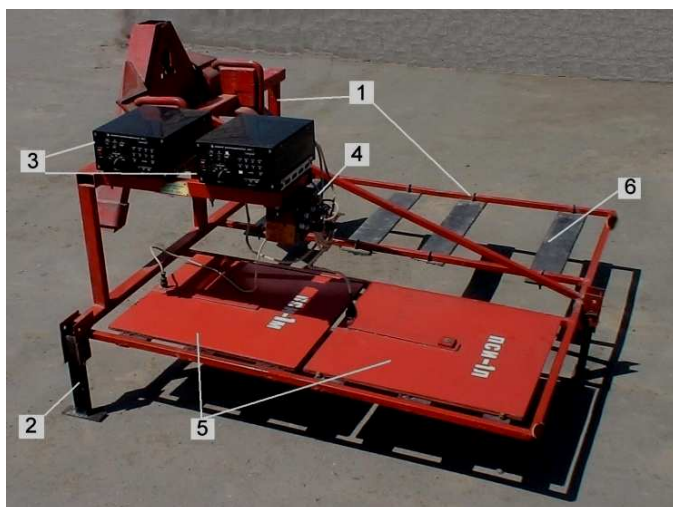


Рисунок 5 Установка для МИО земляники садовой (вид сбоку слева): 1 – рама; 2 – опорные стойки; 3 – активаторы АМИ-3; 4 – коммутатор; 5 – индукторы ПСИ-1; 6 – место для установки дополнительных индукторов.

Предложенный образец (рис. 5) машины был избавлен от большинства недостатков первой конструкции. Очередной этап совершенствования машины включал оценку возможности снижения отрицательного эффекта от неоднородности агрофона. При работе из-за неровностей почвы положение индуктора относительно объекта обработки изменяется по высоте, соответственно изменяется и положение зоны воздействия с параметрами магнитного поля необходимыми для качественного выполнения технологической операции. В связи с чем, возникает вопрос об оценке влияния агрофона на качество выполняемой операции.

В наибольшей степени своё местоположение будет изменять максимально удалённая от центра поворота точки М (рис. 6) задняя часть индуктора (точка В), поэтому наиболее целесообразно рассматривать изменение положения этой точки.

На схеме (рис. 6) точки с индексом 1 обозначают положение до наезда на неровность, с индексом 2 – во время наезда,  $N_1M$  – база трактора,  $h_n$  – высота неровности,  $R_3$  – радиус заднего колеса трактора,  $h_p$  – расстояние от плоскости индуктора до уровня почвы,  $q$  – расстояние от уровня центра заднего колеса трактора до уровня индуктора. Используя известные математические зависимости, можно найти величину  $h_{p2}$  уровень расположения индуктора при наезде переднего колеса на неровность.

$$h_{p2} = R_3 - \left( \sin \left( \arctg \frac{h_n}{N_1M} \right) O_2T_2 + \cos \left( \arctg \frac{h_n}{N_1M} \right) g_1 \right)$$

В случае, когда агрегат наезжает на неровность задним колесом, смещение индуктора в вертикальной плоскости можно рассматривать аналогично рассмотренному выше случаю с наездом на неровность переднего колеса при учёте следующих поправок:

- при наезде заднего колеса на неровность точка М (относительно которой рассматривается поворачивание агрегата в вертикальной плоскости) изменяет своё положение в вертикальной плоскости, увеличивая смещение индуктора;
- необходимо учитывать деформацию неровностей почвы после прохождения по ним переднего колеса.

С учётом данных поправок, зависимость уровня расположения индуктора от неровностей агрофона, в случае наезда на них заднего колеса агрегата, имеет вид:

$$h_{p2} = R_3 - \left( \sin \left( \arctg \frac{h_n k}{N_1M} \right) O_2T_2 + \cos \left( \arctg \frac{h_n k}{N_1M} \right) g_1 \right) - h_n k$$

где  $k$  - коэффициент учитывающий деформацию;

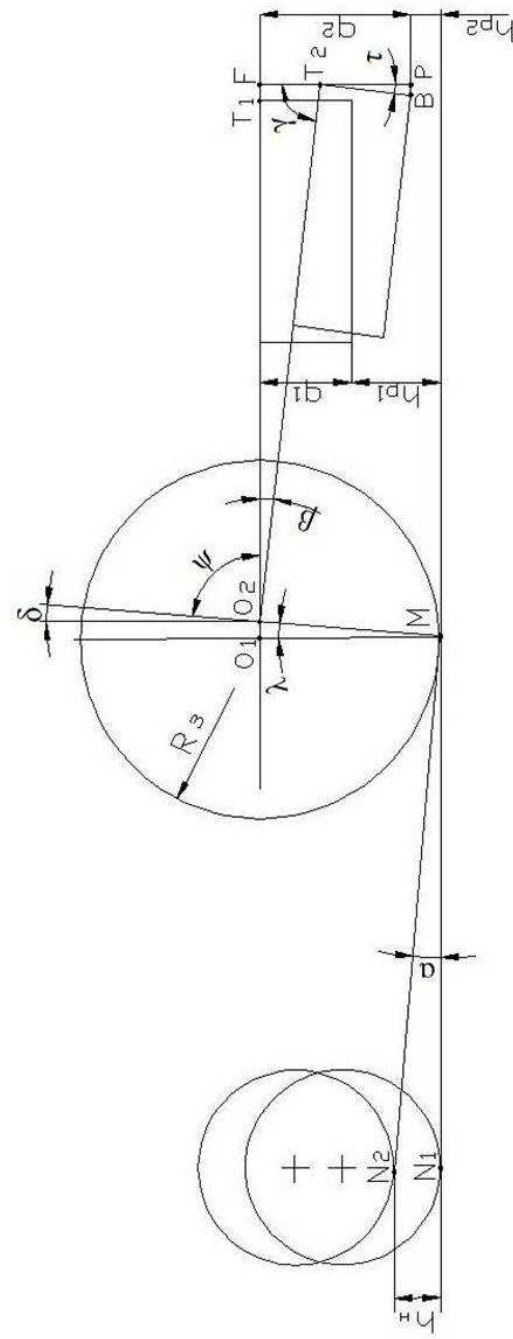


Рисунок 6– Схема изменения положения индуктора относительно уровня почвы при наезде переднего колеса агрегата на неровность.

При комплектовании агрегата для магнитно-импульсной обработки на базе трактора ВТЗ 2048А Rз=578 мм; N<sub>1</sub>M=1940 мм; q<sub>1</sub>=178 мм. В данном случае условия качественной обработки при которой рабочая зона индуктора не будет выходить за границы расположения объекта воздействия, будут выполняться при неровностях почвы не превышающих 30 мм в глубину и 45мм в высоту.

Таким образом, технологический процесс обработки земляники мобильным агрегатом соответствует выбранным ранее параметрам воздействия.

**В третьей главе** «Методика и результаты экспериментальных исследований» обоснован выбор земляники садовой, как объекта воздействия, дана её характеристика и биологические особенности, приведены методика проведения обработки и учётов опытов, а также результаты исследований.

Опыты проводились в течении трех лет (2007-2009 гг.) на двух сортах земляники садовой: Дукат (ранний сорт) и Зенга Зенгана (поздний) в условиях промышленной плантации. Существующая система производства земляники была дополнена технологической операцией магнитно-импульсной обработки на двух стадиях вегетации: ранней весной, на этапе обработки почвы в междурядьях и в середине фазы цветения. В 2007 г. использовался экспериментальный образец механизированной платформы (рис. 4), а в 2008-2009 гг. мобильный агрегат (рис. 5), обработка при помощи которого, производилась со скоростью, определяемой из выражения:

$$V = \frac{3,6(L+d)F}{N} \quad [\text{км/час}]$$

где L – длина плоского индуктора рабочего органа в направлении скорости передвижения трактора, м;

d – диаметр растения, м;

F – частота следования импульсов магнитной индукции, Гц;

N – число импульсов магнитной индукции, воздействующих на одно растение.

Для учёта из каждого варианта обработки бралось не менее 15 растений. Все опыты выполнены с трехкратной повторностью. Проведение учетов осуществлялась по методике, изложенной в монографии [Седов Е.Н. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур/ под ред. Седова Е.Н. и Огольцовой Т.П.// Орел.- изд-во ВНИИСПК-

1999.- 608 с] и ГОСТ 6828-89. Статистическая обработка полученных данных проводилась с использованием методов математического планирования эксперимента, в результате которой были получены уравнения регрессии и поверхности откликов, так, например, для земляники сорта Дукат в 2009 г. было получено следующее уравнение регрессии в кодированном виде:

$$y_i = 1102,15 + 141,13x_1 + 43,55x_2 - 81,633x_1x_2$$

при переходе от кодированных значений к натуральным имеющее вид:

$$Y = -263,80 + 96,5f + 19,048n - 1,2755fn$$

где  $Y$  – урожайность земляники, г/п.м.;

$f$  – частота импульсов магнитной индукции, Гц;

$n$  – число импульсов, шт.

Поверхность отклика, построенная по полученному уравнению, имеет вид

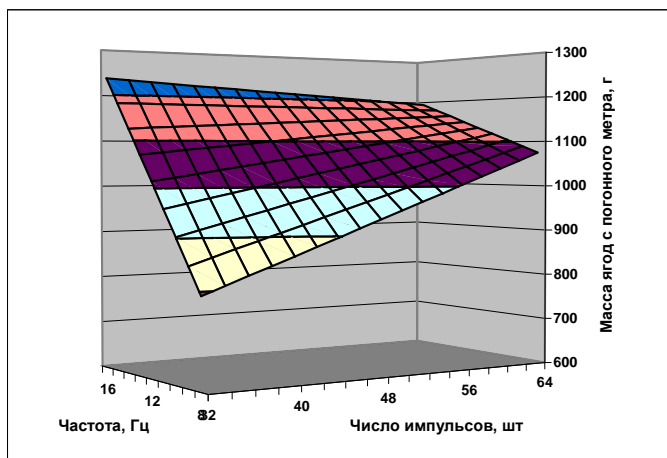


Рисунок 7 График зависимости урожайности земляники сорта Дукат от частоты и количества импульсов магнитной индукции направленных вертикально вверх (по данным 2009 г.).

Из графика (рис 7) видно, что увеличение частоты импульсов при небольшой экспозиции воздействия приводит к значительному увеличению урожайности, увеличение же частоты импульсов при большой экспозиции воздействия приводит к менее заметному увеличению урожайности. При увеличении экспозиции воздействия на малых частотах возможно дальнейшее повышение урожайности. Однако при этом увеличится и время обработки каждого объекта, а значит снизится скорость агрегата, что нецелесообразно из технологических и экономических соображений

Полученные данные были обработаны с помощью специально разработанной программы «Определение закономерности влияния МИО на урожайность земляники садовой сорта Дукат 2009» (свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2010612210). Полученное уравнение в каноническом виде описывает распределение выходного параметра (масса ягод в граммах с погонного метра) в зависимости от изменения варьируемых факторов опыта (частота и количество импульсов магнитной индукции воздействующих на одно растение).

$$Y_2 = 973,123 + 368,65X_1^2 - 101,568X_2^2$$

графическая форма которого показана на рисунке 8, как поверхность отклика.

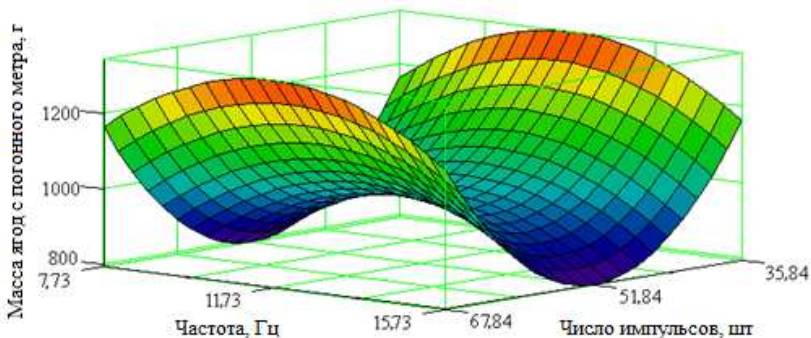


Рисунок 8 Поверхность отклика, полученная разработанной программой, на основе опытных данных по обработке земляники сорта Дукат импульсами магнитной индукции направленными вертикально вверх (по данным 2009 г.).



В данном случае угол поворота осей новой системы координат относительно начальной  $\alpha = -5,3^\circ$ . Координаты центра поверхности отклика в кодированном виде отличаются от фактического интервала варьирования на величины  $x_1 = -0,067$  (частота импульсов);  $x_2 = 0,24$  (количество импульсов).

Для выявления причин, вызывающих изменение урожайности в 2009 г. были произведены оценочные опыты по обработке пыльцы земляники импульсами магнитной индукции и учёт количества, а так же средней массы ягод, в результате которого было установлено, что повышение урожайности происходило вследствие увеличения количества ягод (рис.9). Однако, при этом наблюдалось некоторое уменьшение их средней массы (рис. 10). Так как возрастание количества ягод происходило более интенсивно, чем уменьшение их средней массы – общая урожайность земляники возрастает.

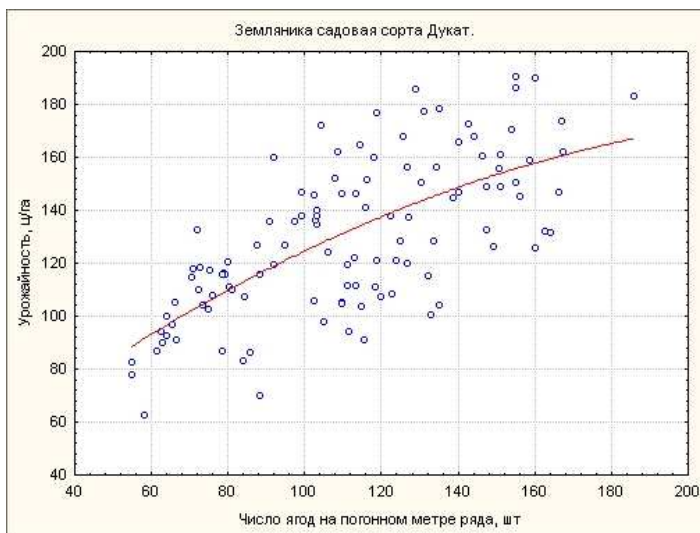


Рисунок - 9 Зависимость числа ягод с погонного метра от урожайности земляники сорта Дукат 2009 г.

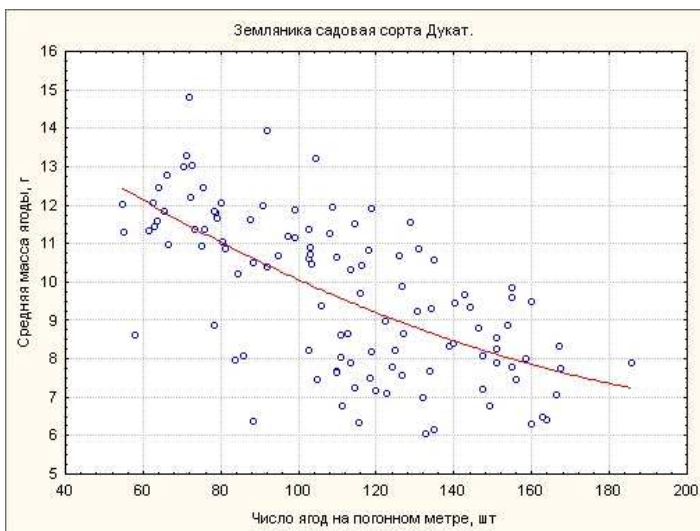


Рисунок - 10 Зависимость между числом ягод с погонного метра и их средней массой, сорт Дукат 2009 г.

Степень влияния магнитно-импульсной обработки на пыльцу земляники определялась после её прорастания во влажных камерах подсчётом количества проросших пыльцевых зёрен, так же проводилась оценка длины пыльцевых трубок. Полученные данные показали большой разброс с мало выраженной зависимостью от какого-либо конкретного варьируемого фактора. Однако при обработке пыльцы хорошо зарекомендовавшим себя в опытах на урожайность режимом (16 Гц, 32 импульса магнитной индукции) процент прорастания пыльцевых зёрен увеличился на землянике сорта Дукат в 2 раза, на сорте Зенга Зенгана в 5-8 раз. Что возможно способствует уменьшению вредного влияния неблагоприятных погодных факторов (заморозков, засухи, избыточного увлажнения) на землянику садовую в период цветения.

Разработанный мобильный агрегат был положительно оценён центром испытаний сельскохозяйственной техники ФГНУ Росинформагротех (протокол приёмочных испытаний № 15-02-09 (4120012) от 31 августа 2009 года)

**В четвёртой главе** «Оценка экономической эффективности магнитно-импульсной обработки земляники» сделан расчёт изменений технико-экономических показателей при использовании рассматриваемой технологической операции, в т.ч. способа движения, при котором вблизи обработанного объекта

агрегат не будет повторно проезжать в течении 30-40 минут после воздействия, тем самым не нарушая процессы ответной реакции растения на обработку.

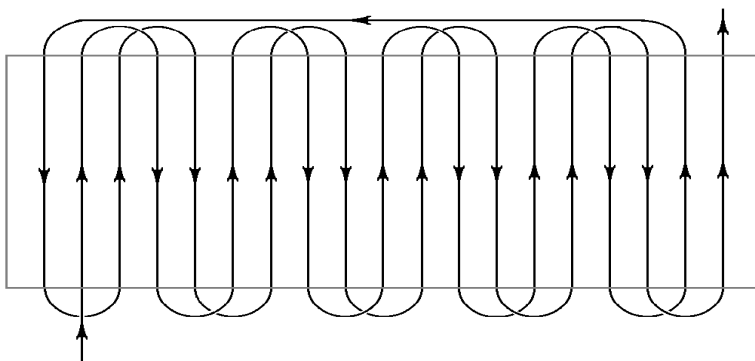


Рисунок 11 Схема движения агрегата для магнитно-импульсной обработки на плантации земляники садовой.

$$t = \frac{S * n}{2 * p * V} + \frac{n}{2 * p} * t_p + \frac{0,001 * k * n}{V_p}$$

где  $t$  – время возвращения агрегата к соседним с обработанными необработанным рядам, ч;  $S$  – длина гона, км;  $n$  – количество рядов в квартале, шт;  $p$  – ширина захвата агрегата, ряд;  $V$  – рабочая скорость агрегата, км/ч;  $t_p$  – время разворота агрегата, ч;  $k$  – ширина ряда, м;  $V_p$  – скорость переезда агрегата к началу квартала.

Проведён сравнительный анализ технико-экономических показателей с использованием и без использования магнитно-импульсной обработки. Годовой экономический эффект (в ценах 2009 г.) составляет 32770 руб/га, срок окупаемости (при расчёте на 10 га) – меньше года при этом уровень рентабельности производства возрастает на 33%.

## ОБЩИЕ ВЫВОДЫ.

1. В результате анализа существующих электрофизических методов воздействия на биологические объекты разработана классификационная схема методов обработки сельскохозяйственных объектов магнитными полями. Показаны особенности воздействия импульсных магнитных полей на растения.

2. Предложен метод обработки земляники с целью повышения урожайности, заключающийся в двух кратном (в период начала вегетации и середины фазы цветения) воздействии на растения земляники импульсным магнитным полем;

3. Разработан мобильный агрегат для магнитно-импульсной обработки земляники в условиях промышленной плантации, обоснованы его конструктивные и технологические параметры: тип машины – навесная; габаритные размеры 1300x1500x970 – в рабочем положении, 1300x1470x1215 – в транспортном положении; минимальный радиус поворота агрегата (по крайней наружной точке при агрегатировании с трактором ВТЗ 2048А) – 5,1 м; необходимая ширина поворотной полосы 6,8 м; ширина захвата 1,5 м (2 ряда), масса навесной машины 147 кг, рабочая скорость агрегата 2,1 км/ч, производительность 0,35 га/ч.

4. Установлен режим обработки 32 направленными вертикально вверх магнитными импульсами с индукцией в зоне обработки 0,3 – 5 мТл и частотой 16 Гц в течении 2 секунд, при котором урожайность земляники в условиях промышленной плантации возрасала на 29%. Отмечено, что увеличение урожайности происходило вследствие увеличения количества ягод.

5. В результате приёмочных испытаний мобильного агрегата для магнитно-импульсной обработки земляники (ФГНУ Росинформагротех протокол № 15-02-09 (4120012) от 31 августа 2009 года) было отмечено, что мобильный агрегат является новым, оригинальным предложением в производстве машин для растениеводства, обладая всеми современными требованиями к наукоемким, экологически чистым и ресурсосберегающим технологиям.

6. Проведена оценка экономической эффективности применения разработанного устройства. Анализ экономических показателей выявил годовой экономический эффект в размере 32,7 тысячи рублей на гектар плантации, а срок окупаемости (для площади 10 га) менее года, что позволяет рекомендовать разработанные оборудование и технологический процесс магнитно-импульсной обработки как в большие, так и средние по объёму производства хозяйства.

#### ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ДИССЕРТАЦИИ ОТРАЖЕНЫ В СЛЕДУЮЩИХ ПУБЛИКАЦИЯХ:

1. Скачков, М.В. Магнитно-импульсная обработка промышленных плантаций земляники [Текст] / М.В. Скачков, В.И. Донецких // Сельский механизатор. -2009.- № 6.- С. 30-31.

2. Скачков, М.В. Новый технологический приём повышения урожайности земляники [Текст] / М.В. Скачков // Тракторы и сельхозмашины. -2009.- № 5.- С. 8-10.
3. Скачков, М.В. Магнитная обработка при возделывании земляники [Текст] / М.В. Скачков, В.И. Донецких, В.Г. Селиванов // Техника и оборудование для села. - 2009.- № 8.- С. 28-30.
4. Донецких, В.И. Магнитно-импульсная обработка посадочного материала садовых растений [Текст] / Донецких В.И., Скачков М.В. // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2009.- № 5.- С. 31-35.
5. Патент РФ № 2362296 С1 Устройство для магнитно-импульсной обработки низкорослых растений / В. И. Донецких, М. В. Скачков. 2009. Бюл. № 21.
6. Скачков, М.В. К агротехнике выращивания посадочного материала земляники [Текст] / М.В. Скачков, Е.Н. Костянова // Культурные растения для устойчивого сельского хозяйства в XXI веке (поиск, интродукция, создание, сохранение и использование в селекции). Научные труды / Россельхозакадемия.- М.- 2008.-Т.3-540 с.
7. Скачков, М.В. Магнитная обработка пыльцы земляники [Текст] / М.В. Скачков, Л.А. Марченко // Тезисы V Международного конгресса «Слабые и сверхслабые поля и излучения в биологии и медицине».- СПб 2009.
8. Скачков, М.В. Электромагнитная активация нанотехнологических процессов в сабоводстве [Текст] / М.В. Скачков, В.И. Донецких // Инновационно-техническое обеспечение ресурсосберегающих технологий в АПК. Материалы Международной научно-практической конференции.- Мичуринск.- 2009 г.
9. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2010612210. Определение закономерности влияния МИО на урожайность земляники садовой сорта Дукат 2009 / С.А. Твердохлебов, А.Н. Медовник, А.А. Цымбал, В.И. Донецких, М.В. Скачков.
10. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2010612175. Определение действительных коэффициентов уравнения регрессии при МИО земляники сорта Зенга Зенгана 2009, векторами направленными вверх / С.А. Твердохлебов, А.Н. Медовник, А.А. Цымбал, В.И. Донецких, М.В. Скачков.
11. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2010612176. Определение математической модели процесса воздействия импульсов магнитной индукции, направленных вертикально вниз, на урожайность земляники садовой / С.А. Твердохлебов, А.Н. Медовник, А.А. Цымбал, В.И. Донецких, М.В. Скачков.
12. Куликов, И.М. Инновационные технологии возделывания земляники садовой [Текст] / И.М. Куликов, В.А. Высоцкий, Л.В. Алексеенко, Л.А. Марченко, В.И. Донецких, Л.В. Белякова, М.В. Скачков, Е.Л. Ревякин, В.Г. Селиванов // научн.-практ. изд. – М.: ФГНУ «Росинформагротех».- 2010.- 88 с.
13. Патент РФ № 2389173 С1 Способ выращивания земляники садовой / М. В. Скачков, В. И. Донецких, М.Т. Упадышев. 2010. Бюл. № 14.