

На правах рукописи

МЕРКУЛОВ
Михаил Иванович

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ И ТЕХНИЧЕСКОГО
СРЕДСТВА ДЛЯ РАСКРЫТИЯ КОРНЕВОЙ СИСТЕМЫ
ВЕГЕТАТИВНО РАЗМНОЖАЕМЫХ ПОДВОЕВ ЯБЛОНИ**

Специальность 05.20.01 – Технологии и
средства механизации сельского хозяйства

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Мичуринск – наукоград РФ, 2012

Работа выполнена в Государственном научном учреждении «Всероссийский научно-исследовательский институт садоводства им. И.В. Мичурина Российской академии сельскохозяйственных наук»

Научный руководитель – кандидат технических наук, доцент
Завражнов Андрей Анатольевич

Официальные оппоненты: **Горшенин Василий Иванович**, доктор технических наук, профессор, Мичуринский государственный аграрный университет / Заведующий кафедрой тракторов и сельскохозяйственных машин

Курочкин Иван Михайлович, кандидат технических наук, профессор, Тамбовский государственный технический университет / Заведующий кафедрой автомобильной и аграрной техники

Ведущая организация – Государственное научное учреждение «Всероссийский селекционно-технологический институт садоводства и питомниководства Российской академии сельскохозяйственных наук»

Защита диссертации состоится 24 мая 2012 г. в 14-00 часов на заседании диссертационного совета ДМ 220.041.03 при федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Мичуринский государственный аграрный университет» по адресу: 393760, Тамбовская область, г. Мичуринск, ул. Интернациональная 101, корп. 1, зал заседаний диссертационных советов.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВПО «МичГАУ»

Автореферат разослан 19 апреля 2012 г. и размещен на сайте ФГОУ ВПО «Мичуринский ГАУ» www.mgau.ru

Ученый секретарь
диссертационного совета,
кандидат технических наук, профессор



Н.В. Михеев

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Садоводство является важнейшей отраслью сельского хозяйства, обеспечивающей население незаменимыми компонентами питания человека. Плоды и ягоды являются одними из основных источников витаминов, минеральных веществ и других биологически активных соединений, крайне необходимых для нормального функционирования человеческого организма.

Основной культурой садоводства является яблоня. Не вызывает сомнения, что интенсивные сады на слаборослых клоновых подвоях наиболее эффективны. Они значительно раньше вступают в товарное плодоношение, быстрее наращивают урожай. В таких садах ниже затраты ручного труда и выше товарное качество плодов.

Одной из причин медленного внедрения в производство слаборослых садов является отсутствие в достаточном количестве качественного и дешевого посадочного материала на клоновых подвоях. Удовлетворить эти потребности может широкое применение механизированной технологии выращивания посадочного материала с учетом биологических особенностей плодовых растений, обеспечивающих высокую эффективность их размножения. Питомниководство на современном этапе является наиболее выгодной из всех отраслей садоводства, а его продукция – самой дорогой и высокорентабельной.

Технологический процесс выращивания клоновых подвоев яблони включает операцию раскрытия корневой системы вегетативно размножаемых подвоев перед их отделением от маточных растений. Механизированное выполнение этой операции является наиболее важной составляющей в обеспечении качества получаемых отводков. Поэтому повышение степени раскрытия корневой системы вегетативно размножаемых подвоев яблони перед их отделением от маточных растений является актуальной задачей.

Работа выполнена в Государственном научном учреждении «Всероссийский научно-исследовательский институт садоводства им. И.В. Мичурина Российской академии сельскохозяйственных наук» в рамках Межведомственной координационной программы фундаментальных и приоритетных прикладных исследований по научному обеспечению развития агропромышленного комплекса Российской Федерации на 2006–2010 гг., задание 04.16.03 – Усовершенствовать системы ведения питомниководства садовых культур и винограда на основе современных технологий оздоровления растений, эффективных экономически обоснованных способов размножения (№ государственной регистрации 15070.7724074190.06.8.001.9).

Цель работы – повышение полноты удаления субстрата при разокучивании корневой системы вегетативно размножаемых подвоев яблони перед их отделением от маточных растений путем использования комбинированных рабочих органов.

Объект исследования – технологический процесс раскрытия корневой системы вегетативно размножаемых подвоев яблони перед их отделением от маточных растений.

Предмет исследования – закономерности изменения качества раскрытия корней от технологических условий и основных конструктивных параметров роторного рабочего органа лопастного типа.

Методика исследований. Теоретические исследования проводились с использованием методов теоретической механики, дифференциального и интегрального исчисления. В экспериментальных исследованиях нашли применение методы обработки многократных измерений и вариационной статистики. Использовались серийные и специально изготовленные приборы и аппаратура.

Научная новизна:

– исследованы технологические условия в отводковых маточниках, определяющие параметры машины для раскрытия корневой системы клоновых подвоев перед их отделением;

– определена взаимосвязь между технологическими условиями, параметрами рабочих органов и качественными показателями работы машины;

– предложены математическая модель и методика расчета конструктивно-режимных параметров роторных рабочих органов лопастного типа для выполнения технологического процесса раскрытия корневой системы

Практическая значимость. Состоит в разработке конструктивно-технологической схемы машины, обеспечивающей качественное непрерывное раскрытие укрывного вала, стряхивание субстрата с корневой системы с последующим удалением его за пределы зоны корнеобразования (патенты РФ №№ 2395185, 2405291, 2414111).

Реализация результатов исследований.

Результаты исследований приняты Инженерным центром «Садпитомникмаш» ГНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт садоводства им. И.В.Мичурина Россельхозакадемии» и использованы при освоении ее производства.

Апробация работы. Основные положения диссертации доложены, обсуждены и получили положительную оценку на: международных научно-практических конференциях «Агротехническое обеспечение реконструкции промышленных садов в средней полосе РФ» (г. Воронеж, 13-15 октября 2010 г.), «Культура слаборослых насаждений в современном садоводстве» (г. Мичуринск, апрель 2011 г.); всероссийских научно-практических конференциях «Инновационно-техническое обеспечение ресурсосберегающих технологий в АПК (г. Мичуринск, 4-6 мая 2009 г.), «Современные системы производства, хранения и переработки высококачественных плодов и ягод (Мичуринск, 4-5 сентября 2010 г.); всероссийском научно-практическом семинаре «Отечественные машины для садоводства» (г. Москва, 15-16 марта 2011 г.); региональной научно-практической конференции «Насущные вопросы садоводства Центрального Черноземья и возможные пути их решения» (г. Воронеж, 3 февраля 2011 г.).

Образец машины для раскрытия корневой системы вегетативно размножаемых подвоев перед их отделением от маточных растений демонстрировался на всероссийских выставках «День садовода» (Мичуринск, 2009–2011 гг.).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 12 работ, в том числе 4 – в изданиях, рекомендуемых ВАК РФ, 3 – в описаниях к патентам на изобретения.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, пяти разделов, общих выводов, списка литературы и приложений. Работа изложена на 151 странице, из которых 117 основного текста и содержит 21 рисунок, 14 таблиц, 6 приложений. Список использованной литературы включает 103 наименования.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** отмечены особенности интенсивного садоводства, обоснована актуальность темы, определены цель работы, объект, предмет и методы исследований. Показана научная новизна, практическая значимость работы и степень реализации результатов исследований, изложены основные положения, выносимые на защиту.

В **первой главе** «Состояние вопроса, цель и задачи исследований» представлены основные способы и технология выращивания вегетативно размножаемых подвоев. Приведена классификация и анализ устройств для раскрытия укрывных валов, рассмотрены схемы рабочих органов машин для раскрытия корневой системы вегетативно размножаемых подвоев перед их отделением от маточных растений.

Установлено, что наибольшее распространение в производстве получило размножение подвоев в корнесобственных маточниках способом горизонтальных отводков. При этом ответственным этапом технологического процесса, определяющим качество получаемых отводков, является операция раскрытия корневой системы подвоев яблони перед их отделением от маточных растений.

Специальных машин для осеннего раскрытия маточников клоновых подвоев разработано ещё недостаточно, а имеющиеся машины обладают рядом недостатков, которые не позволяют считать, что операция раскрытия маточников клоновых подвоев перед отделением отводков полностью механизирована.

Сформулированы *задачи исследований*:

– обосновать конструктивно-технологическую схему машины, обеспечивающей качественное непрерывное раскрытие укрывного вала, стряхивание субстрата с корневой системы с последующим удалением его за пределы зоны корнеобразования;

– провести теоретические исследования предложенной схемы комбинированного рабочего органа и определить его основные конструктивные и технологические параметры;

– изучить технологические условия работы в отводковых маточниках, определяющие параметры машины для раскрытия корневой системы клоновых подвоев перед их отделением;

– изготовить экспериментальный образец машины для раскрытия корневой системы и выявить зависимость качественных показателей её работы от конструктивно-режимных параметров;

– проверить работоспособность устройства в производственных условиях и обосновать экономическую целесообразность его применения.

Рациональной схемой машины для раскрытия корневой системы клоновых подвоев перед их отделением вручную секаторами может быть схема, обеспечивающая непрерывное контролирование линии ряда клоновых отводков, максимальное ограничение и рыхление укрывного вала с боков с последующим протряхиванием корневой системы эластичными бичами и удалением субстрата из зоны корней.

Схематично машина изображена на рисунке 1. Она содержит основную раму 1 с опорно-регулируемыми колесами 2. К основной раме посредством параллелограммного механизма 3 присоединена подвижная рама 4 с гидроцилиндром 5. На подвижной раме установлены дисковые разокучиватели 6 и роторные щетки 7 с

приводом от ВОМ. Машина снабжена щупом-копиром 8 управляющим через гидрораспределитель 9 и гидроцилиндр 5 положением подвижной рамы 4.

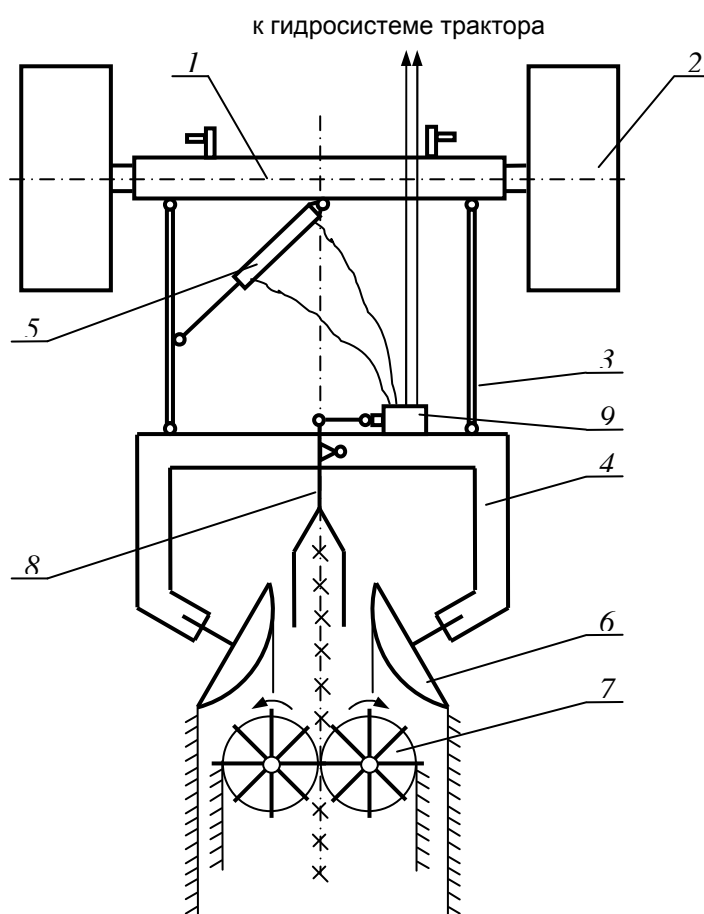


Рисунок 1 – Схема машины для раскрытия корневой системы вегетативно размножаемых подвоев

Машину навешивают на трактор, подключают к ВОМ и гидросистеме трактора. В работе она седлает ряд, щуп-копир 8 ориентирует разокучиватели 6 и щетки 7 в непосредственной близости от растений.

Дисковые отпашники отваливают с обеих сторон ряда почву, образуя вдоль рядов открытые борозды, а на валах почти вертикальные стенки. Движущиеся за отпашниками роторные рабочие органы с принудительным приводом проникают эластичными пальцами в вертикальные стенки укрывных валов в горизонтальных плоскостях по всей высоте, разрушают почву и выносят её в борозды и далее к середине междурядий.

Во **второй главе** «Теоретическое обоснование основных параметров и кинематических режимов рабочих органов машины для раскрытия корневой системы» рассмотрен технологический процесс работы машины для раскрытия корневой системы вегетативно размножаемых подвоев перед их отделением от маточных растений, состоящий из этапов:

- смещение основной массы субстрата укрывного вала отпашниками в сторону междурядья;
- протряхивание и вынос роторными рабочими органами с лопастями остатков субстрата из зоны корнеобразования.

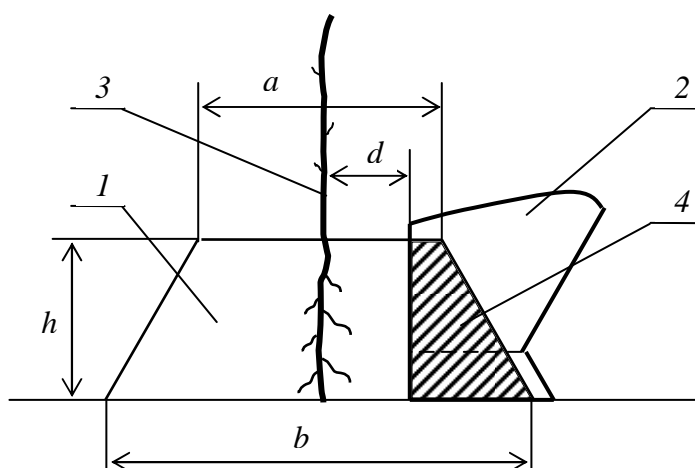
Каждый отпашник вырезает из укрывного вала пласт почвы сечением, размеры которого зависят от конфигурации отпашника, размеров укрывного вала и от глубины обработки. Силы, приложенные к почвенному пласту со стороны отпашника, расходятся на отрезание почвенного слоя основного массива, на деформацию пласта, его подъем, перемещение по ходу орудия и отбрасывание в сторону. Они определяют собой энергетические показатели орудия и являются исходными при проведении конструкторских расчётов.

При этом задача определения сил, действующих на рабочие органы, решается в два этапа: 1) расчет площади выемки, образованной каждым отпашником, и 2) вычисление нагрузки на эти отпашники со стороны почвенного вала.

Для отпашника плужкового типа площадь выемки симметричного укрывного вала (рисунок 2) определяется следующим образом:

$$F_0 = h[(a+b)/4-d], \quad (1)$$

где: F_0 – площадь выемки, м²; a, b, h – размеры соответственно вершины, основания и высоты укрывного вала, м; d – величина защитной зоны (расстояние от оси ряда до внутреннего обреза отпашника), м.



1 – укрывной вал; 2 – отпашник; 3- побеги; 4 – площадь выемки

Рисунок 2 – Схема образования выемки плужковым отпашником:

В соответствии с формулой В.П. Горячкина в направлении движения отпашника на него будет действовать сила

$$R_x = kF_0 + \rho\gamma F_0 v^2, \quad (2)$$

где: k - удельное сопротивление почвы, Н/м²; γ - объемная масса субстрата, кг/м³; ρ - коэффициент отбрасывания.

Пласт субстрата, перемещаясь по отпашнику, действует на его поверхность с усилием, направление которого отклонено от нормали вследствие возникающих при этом сил трения. В поперечном направлении на отпашник действует сила R_y (рисунок 3), определяемая по известной R_x зависимостью

$$R_y = R_x \operatorname{ctg}(\alpha + \varphi), \quad (3)$$

где: R_y – боковая составляющая равнодействующей силы в горизонтальной плоскости, Н; α – угол, образуемый лезвием отпашника и линией ряда; φ – угол трения субстрата укрывного вала по материалу отпашника ($\varphi=15^\circ-20^\circ$).

Устойчивый ход подвижной рамы машины будет обеспечен при условии равновесия сил, действующих на отпашники в горизонтальной и вертикальной плоско-

стях. Для этого предусмотрены опорные колеса и гидроцилиндр автонаправителя в подвижной раме.

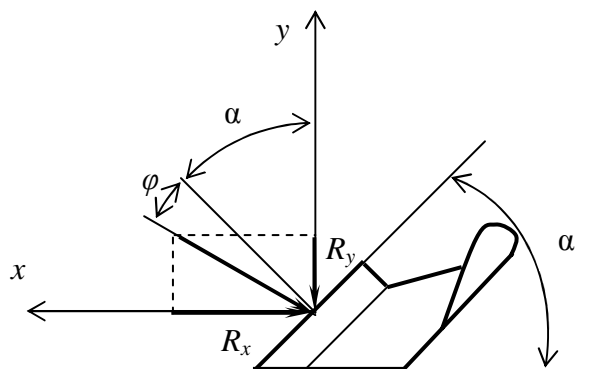


Рисунок 3 – Схема действия сил на отпашник

Дальнейшим этапом теоретических исследований было обоснование основных конструктивных параметров раскрывающих щеток. В работе каждая лопасть (рисунок 4) разметающей щетки сгребает субстрат бровки укывного вала вегетативно размножаемых подвоев с площади, ограниченной двумя конгруэнтными трохоидами, смещенными в направлении поступательной скорости машины.

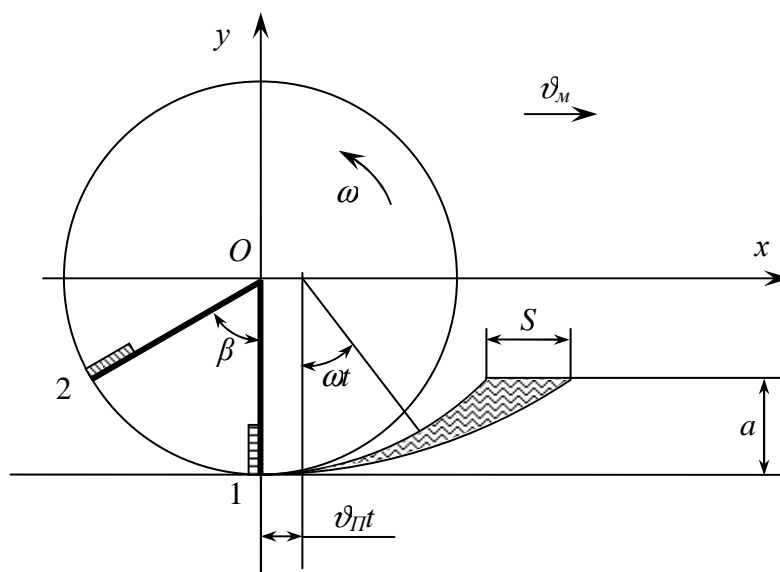


Рисунок 4 – Схема к расчету параметров роторной щетки

Параметрические уравнения крайней точки лопасти 1, вращающейся вокруг центра O с постоянной угловой скоростью и одновременно перемещающейся в направлении оси x :

$$\begin{cases} x_1 = v_{\Pi}t + R \sin \omega t \\ y_1 = R \cos \omega t \end{cases} \quad (4)$$

Основные параметры роторных рабочих органов связаны уравнением

$$S = 2\pi v_{\Pi} / (z\omega), \quad (5)$$

где: S – подача на граблину в направлении поступательной скорости машины, м; z – количество граблин, шт.

В среднем за цикл количество одновременно работающих граблин составляет

$$i = \alpha_k z / 360 \quad (6)$$

где: α_k – угол контакта граблины с кромкой бровки укрывного вала, град.

Угол контакта граблины с кромкой бровки укрывного вала

$$\alpha_k = \arccos(1 - a/R) \quad (7)$$

где: a – ширина сметаемой бровки укрывного вала, м.

В работе вращающаяся щетка оставляет в ряду растений гребни из субстрата, снижающие качество раскрытия корневой системы отделяемых отводков. Поэтому при проектировании щетки необходимо выбирать такие параметры, которые обеспечили бы минимальную высоту гребней. Высота гребней определяется зависимостью

$$c = R \cdot \cos \left[\frac{S}{2R(\vartheta_{\Pi} / \vartheta_{окр} + 1)} \right] \quad (8)$$

Считают, что гребни бывают значимы только при работе с $\lambda=3-4$ барабанов ротационных машин с диаметром 500 мм и выше.

Рабочими элементами роторного разокучивателя являются радиально установленные граблины с эластичными пальцами. При сгребании субстрат постепенно скапливается впереди граблины в виде порций, первые из которых прочно сцепляются с её пальцами, а последующие удерживаются силами трения. На первом этапе происходит разрушение укрывного вала, сгруживание субстрата, в виде так называемой призмы волочения, и вынос его за пределы укрывного вала.

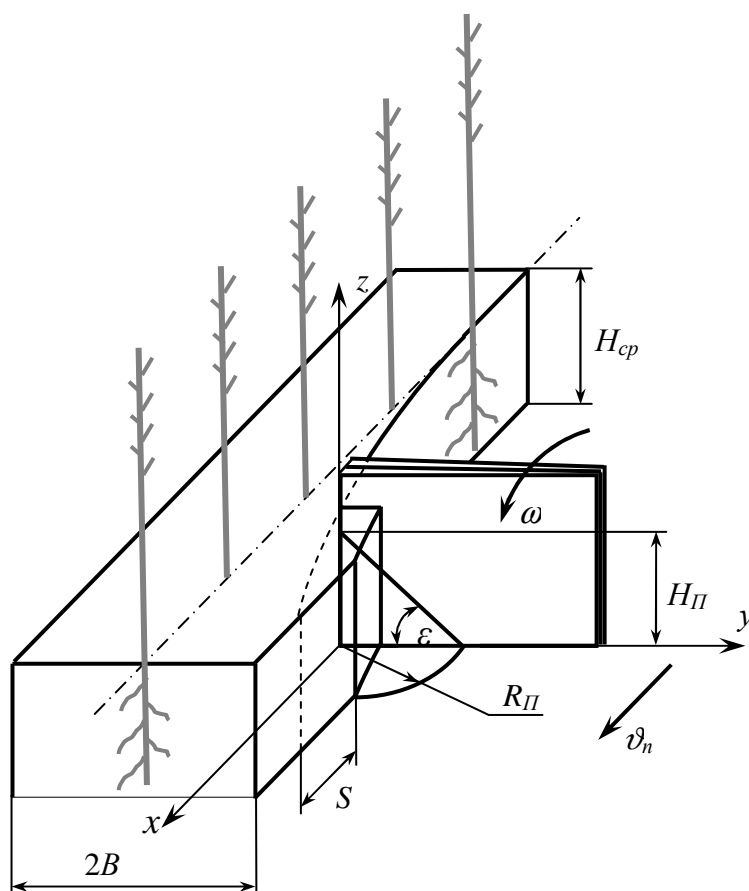


Рисунок 5 – Схема к обоснованию параметров граблины

Текущее значение объема субстрата в призме волочения определяется формулой:

$$V_{II} = k_p C_{max} H_{cp} R(1 - \cos \omega t), \quad (9)$$

где: C_{max} - толщина срезаемой стружки в направлении скорости движения машины, м; $C_{max} = (v_m 2\pi) / z\omega$; H_{cp} - средняя высота укрывного вала, м; R - радиус ротора, м; k_p - коэффициент разрыхления почвы (субстрата) в призме волочения; v_m - поступательная скорость машины, м/с; ω - частота вращения ротора, с⁻¹; t - текущее время, с; z - количество граблин, шт.

Текущее значение радиуса основания конуса в призме волочения

$$R_{II} = \sqrt[3]{12k_p C_{max} H_{cp} R(1 - \cos \omega t) / \pi \cdot tg^2 \varepsilon}. \quad (10)$$

Максимальный объем субстрата накапливается к моменту выхода граблины с укрывного вала, поэтому

$$R_{II}^{max} = \sqrt[3]{12k_p C_{max} H_{cp} B / \pi \cdot tg^2 \varepsilon}, \quad (11)$$

где: R_{II}^{max} - максимальный радиус основания конуса в призме волочения, м; B - ширина бровки укрывного вала, м.

Максимальная высота конуса из субстрата в призме волочения

$$H_{II}^{max} = R_{II}^{max} \cdot tg \varepsilon. \quad (12)$$

Эти два параметра, R_{II}^{max} и H_{II}^{max} , собственно и определяют, соответственно, ширину и высоту гребенки (щётки) с эластичными элементами.

Эластичные элементы граблины в процессе сгребания захватывают порцию субстрата и перемещают ее по почве в направлении движения, отклоняясь при этом от вертикального положения на угол α (рисунок 5).

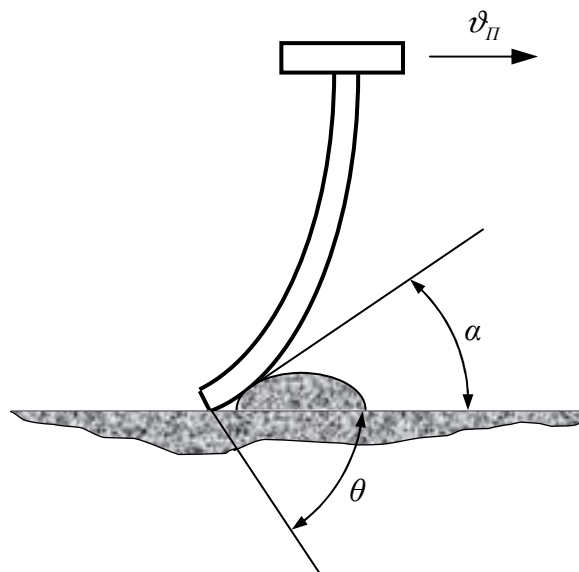


Рисунок 5 – Изгиб элементов граблины при сгребании порции субстрата

В связи с тем, что плоскость рабочего элемента принимает наклонное положение, возникает опасность заклинивания порции субстрата. При малом угле α и большом коэффициенте трения эффект заклинивания может возрасти настолько, что эластичные элементы начнут скользить поверх субстрата не захватывая его. Поэтому их жесткость должна соответствовать определенным параметрам, обеспечивающим перемещение субстрата без заклинивания.

Известно, чтобы выполнить означенное требование, необходимо выдержать условие: $\alpha \geq 2\varphi$, где φ - угол трения субстрата по подошве укывного вала и плоскости граблины.

Если изгиб эластичного элемента граблины под действием распределенной по длине нагрузки $p = P_r/l$ (где: P_r – сопротивление граблине, Н; l - длина эластичного элемента, м) происходит по закону Гука, то угол поворота этого элемента составит:

$$\theta_p = pl^3 / (6EI), \tag{13}$$

где EI - жесткость эластичных элементов, Н·м².

Учитывая, что $\alpha = \pi/2 - \theta \geq 2\varphi$ из выражения (13) можно определить необходимую суммарную жесткость наружных элементов граблин:

$$EI \geq pl^3 / (3\pi - 12\varphi). \tag{14}$$

Жесткость каждого элемента будет в n раз меньше, где n - количество наружных элементов, подверженных наибольшей нагрузке:

$$n = (C_{\max} - d) / t - 1, \tag{15}$$

где: C_{\max} - максимальная толщина срезаемой стружки, м; d - диаметр эластичного элемента, м; t - шаг расстановки эластичных элементов, м.

На выходе щётки из почвенного вала (рисунок б) на порцию субстрата действуют следующие силы: $Q = m \cdot g$ – сила тяжести; $F_1 = f \cdot m \cdot g$ – сила трения по подошве укывного вала; $P = m \cdot \omega^2 \cdot R_o$ – центробежная сила; $P_k = 2m \cdot \omega \cdot v_o$ – сила Кориолиса; $F_2 = 2f \cdot m \cdot \omega \cdot v_o$ – сила трения по поверхности щётки, возникающая от силы Кориолиса. Здесь коэффициент трения (f) по почве и щётке одинаковы, так как движение субстрата относительно щётки происходит по частицам субстрата, прилипшим к элементам щётки, v_o – скорость относительного движения частиц по щётке, м/с; r_o - текущее значение радиуса, м.

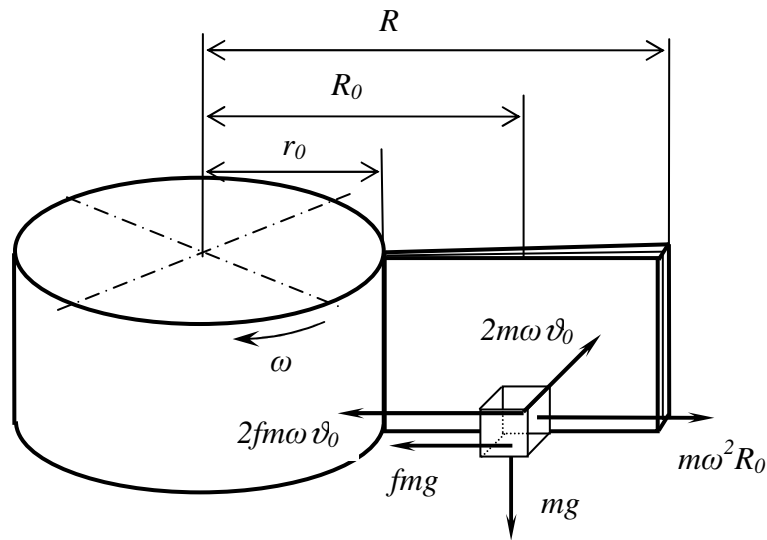


Рисунок б – Схема к определению угловой скорости ротора

В начале движения массы субстрата по щётке $v_o = 0$, т.е. силы Кориолиса нет, следовательно, нет и силы трения, обусловленной силой Кориолиса. Тогда условие равновесия частицы на щётке выглядит следующим образом

$$m\omega^2 R_o = f mg, \tag{16}$$

где R_o - текущее значение радиуса вращения частицы почвы на щётке, м.

Угловая скорость, при которой субстрат движется и сбрасывается со щётки, должна быть не менее

$$\omega \geq \sqrt{fg/r_0}, \quad (17)$$

где r_0 - радиус граблины по внутреннему элементу щётки, м.

Следующим этапом теоретических исследований было обоснование основных параметров копира автонаправителя.

Опыт работы с автонаправителями показывает, что предварительное сжатие пучка растений в рядке обеспечивает более точное копирование ряда и ориентирование рабочих органов относительно маточной косички. В предлагаемой машине для раскрытия корневой системы вегетативно размножаемых подвоев перед их отделением от маточных растений копир представляет собой два образующие ручей соединенных П-образной рамкой прутка, ориентированных вдоль направления движения и снабженных в передней части отогнутыми в сторону смежных междурядий направляющими. Расстояние $2b$ (рисунок 7) между носками направляющих определяется шириной полосы в ряду вегетативно размножаемых подвоев.

Известно, что форма, размеры и расположение направляющей обуславливают поведение стеблей в процессе подвода их рабочими кромками AB в ручей копира. От работы направляющих в значительной мере зависит качество последующих операций, выполняемых машиной.

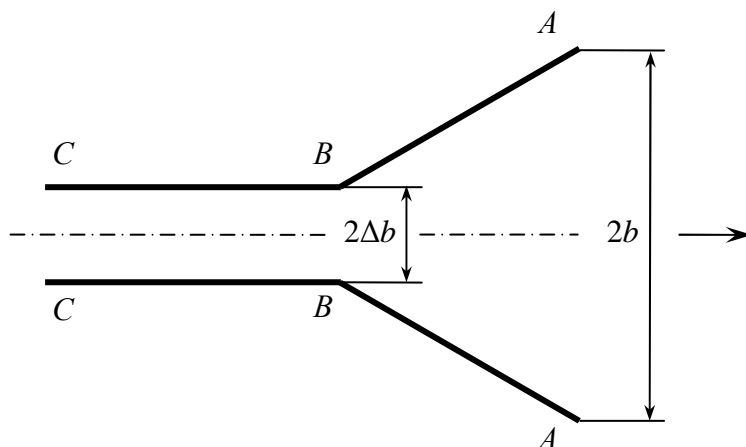


Рисунок 7 – Копир с направляющими

При движении машины взаимодействие рабочих кромок AB направляющих и стеблей на всей ширине $2b$ неодинаково. Стебли, находящиеся на среднем участке шириной $2\Delta b$, не подвергаются воздействию кромок AB направляющей и входят в ручей копира в естественном положении, в котором они находились в ряду растений (при редком стеблестое), или получают некоторый наклон по ходу машины за счет взаимодействия самих стеблей.

Стебли подвоев, расположенные на остальных участках ряда, оказываются под воздействием рабочих кромок AB направляющих и наклоняются ими в сторону и по ходу машины. Наибольший наклон получают стебли, которые расположены на крайних границах полосы подвоев.

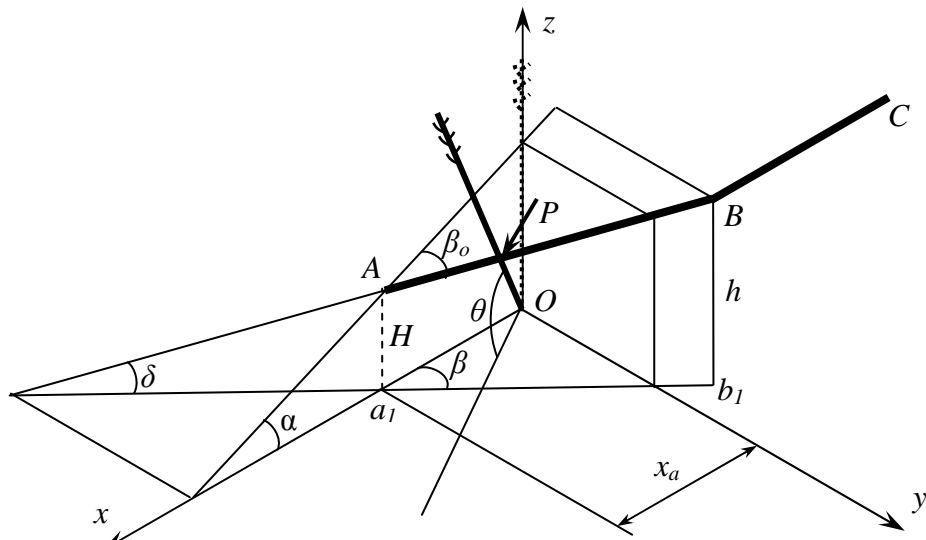


Рисунок 8 – Положение стебля на направителе

При данном h и минимальной длине l наименьший угол наклона стебля получается из формулы:

$$\operatorname{tg} \theta_{\min} = h / \sqrt{l^2 - h^2}, \quad (18)$$

где h – высота установки копира над почвой (гребнем); β – проекция угла отгиба направителя на горизонтальную плоскость (рисунок 8); α – угол наклона направителя к горизонту; β_0 – угол отгиба направителя; x_a – координата носка направителя; f – коэффициент трения стебля о кромку направителя; H – высота расположения носка направителя над почвой.

Установлено, что при чрезмерном уменьшении угла отгиба направителя стебель может подвернуться под кромку прутка. Критический угол наклона направителя при заданном угле отгиба определяется по формуле:

$$\sin \alpha_{\text{кр}} = f \cdot \operatorname{tg} \beta_0. \quad (19)$$

При $\alpha > \alpha_{\text{кр}}$ стебель скользит по кромке направителя в сторону ручки копира. При $\alpha < \alpha_{\text{кр}}$ стебель вначале скользит по направлению к ручью копира, а затем – к носку направителя и может подвернуться под его кромку.

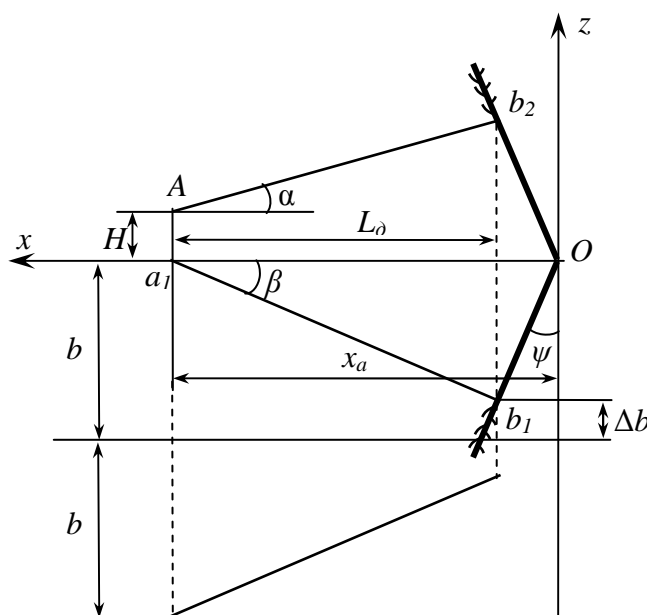


Рисунок 9 – К расчету параметров направителя

Расчет основных параметров направителя может быть выполнен по методике, согласно которой положение стебля в момент, когда он находится в крайней точке B рабочей кромки направителя, определяется проекциями Ob_1 , Ob_2 и углом ψ наклона плоскости стебля. С учетом обозначений рисунка 9 имеем:

$$L_0 = (b - \Delta b) / \operatorname{tg} \beta, \quad (20)$$

где $(b - \Delta b)$ определяется из условия:

$$b - \Delta b = x_a / [\operatorname{ctg} \beta + \operatorname{tg} \psi]. \quad (21)$$

Известно, что $\psi = \varphi + \beta$ и тогда

$$b - \Delta b = x_a / [\operatorname{ctg} \beta + \operatorname{tg}(\varphi + \beta)]. \quad (22)$$

Таким образом может быть определен зазор между прутками копира, обеспечивающий пропуск всей массы стеблей с полосы шириной $2b$ (рисунок 9). При этом наименьшая техническая длина стебля должна быть определена из условия невыпадения его из ручья копира.

В третьей главе «Программа и методика экспериментальных исследований» руководствовались общепринятыми методиками испытаний и учетов. Обработку результатов исследований вели методом математической статистики. При этом определяли: среднее арифметическое (M), ошибку среднего арифметического (m), среднее квадратическое отклонение (σ), коэффициент вариации (V), показатель точности (p). Для выявления степени влияния некоторых факторов на исследуемый процесс и их достоверности был применен статистический анализ полученных экспериментальных данных.

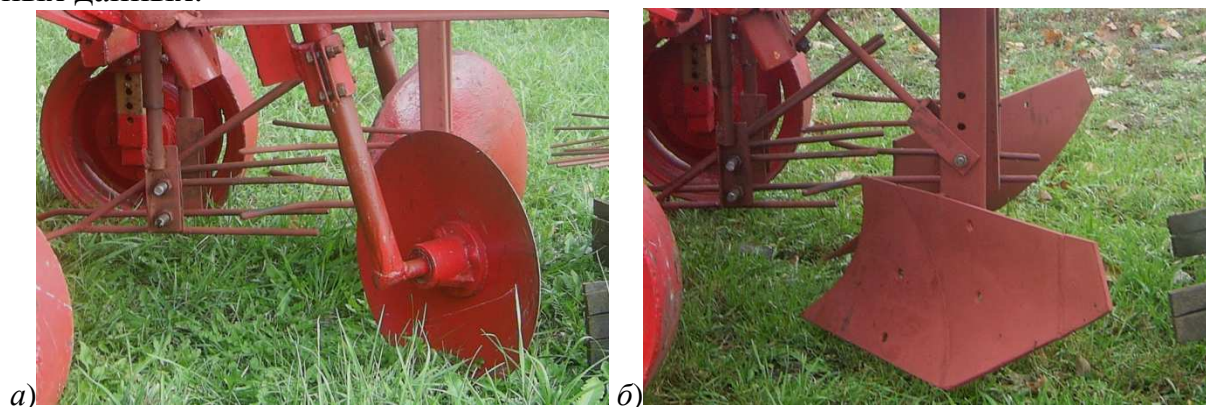


Рисунок 10 – Варианты отпашников: а – дисковые; б - плужковые

Для исследования процесса механизированного раскрытия укрывных валов был изготовлен опытный образец машины, оборудованной отпашниками и установленными последовательно за ними ротационными рабочими органами, выполненными в виде круглых щеток с эластичными лопастями.

Использовались отпашники двух типов: дисковые (рис. 10а) и плужковые (рис. 10б). Наличие отпашников, расставленных в поперечном направлении на 450 мм, позволяло сдвигать в сторону междурядий субстрат из наружных зон укрывного вала. Остальную часть субстрата «выметали» щетки. Эластичные элементы щеток были выполнены различной жесткости (рисунок 11а-д), определяемой по усилию его отгиба на угол 30° от радиального направления, допускающий перемещение субстрата без заклинивания. Кроме того, один комплект щеток (рисунок 11з) имел конструктивные особенности, заключающиеся в наличии на эластичных элементах до-

полнительных грузиков, обеспечивающих инерционное регулирование давления этих щеток на отводки.



Рисунок 11 – Ротационные рабочие органы с лопастями различной жесткости

В разделе также представлены методики определения параметров укрывных валов, определения ширины ленты, количества побегов в ряду и прямолинейности рядов, изреженности рядов, усилий отгиба и сжатия пучка побегов и оптимальной жесткости лопастей ротационного рабочего органа.

В четвертой главе «Результаты экспериментальных исследований» приведены результаты экспериментов согласно принятым методикам. В ходе трехлетнего изучения по обмеру укрывных валов маточника ВНИИС им. И.В. Мичурина были получены результаты, представленные в таблице 1, которые показывают, что параметры укрывных валов варьируют незначительно. Коэффициент вариации в год измерения по ширине укрывного вала не превышает 16,7 %, а по высоте – 23,5 % по всем вариантам. Вместе с тем, наблюдается неравномерное размещение ленты отрастающих побегов в массиве укрывного вала. Замеры показывают, что примерно при равной средней ширине левой и правой бровок укрывного вала (11,8 и 12,9 см),

одна из них варьирует в более широких пределах, $V=44,13\%$, в то время как другая имеет коэффициент вариации $V=18,97\%$. При этом в целом ширина укрывного вала по его верху практически не меняется, коэффициент вариации этого параметра составляет всего $3,70\%$.

Таблица 1 – Вариационные показатели основных параметров укрывных валов

Ряд/подвой, год посадки	Год проведения замеров	Параметр укрывного вала	Вариационные показатели				
			M , см	σ , см	m , см	p , %	V , %
23-24/Р-60, 1996	2005	ширина вершины	23,75	3,88	0,87	3,65	16,33
		ширина основания	47,15	7,50	1,68	3,56	15,91
		высота	17,45	1,04	0,33	1,88	5,96
14/62-396, 1996	2006	ширина левой бровки	11,80	5,21	1,16	8,45	44,13
		ширина правой бровки	12,90	2,45	0,55	4,24	18,97
		ширина вершины	42,35	1,57	0,35	0,83	3,70
23-24/Р-60, 1996	2007	ширина вершины	42,33	7,09	1,45	3,45	16,74
		ширина основания	97,50	11,13	2,27	2,33	11,42
		высота	21,50	5,04	1,45	6,77	23,45

Таблица 2 – Сравнительные результаты замеров ширины ленты побегов в ряду различных подвоев

Ряд/подвой, год закладки	Год проведения измерений	Вариационные показатели				
		M , мм	σ , мм	m , мм	p , %	V , %
24-25/Р-60, 1996	2005	245,5	59,8	13,4	5,5	24,0
14/62-396, 1996	2006	172,5	65,5	14,7	8,5	38,0
27/Р-60, 1996	2007	151,0	59,8	7,5	5,0	39,6
38/Б-7-35, 1996	2007	174,4	73,2	9,3	5,3	42,0
40/ПБ-4, 1998	2007	99,1	59,3	7,4	7,4	59,9
67/54-118, 2004	2007	50,5	53,2	4,7	9,3	105,3
70/54-118, 2004	2007	86,8	44,0	5,6	6,5	50,7

Таблица 3 – Количество побегов поперек ленты на различных подвоях

Ряд/подвой, год закладки	Год проведения измерений	Вариационные показатели				
		M , шт.	σ , шт.	m , шт.	p , %	V , %
14/62-396, 1996	2006	5,0	2,3	0,52	10,4	46,3
27/Р-60, 1996	2007	3,2	1,1	0,14	4,3	34,2
38/Б-7-35, 1996	2007	32	1,3	0,17	5,2	40,7
40/ПБ-4, 1998	2007	3,4	1,5	0,19	5,6	45,1
67/54-118, 2004	2007	1,8	0,8	0,07	4,0	45,5
70/54-118, 2004	2007	2,3	0,8	0,10	4,3	33,3

Результаты определения ширины ленты и количества побегов поперек этой ленты к моменту уборки подвоев в зависимости от формы подвоев и срока эксплуатации маточника приведены в таблицах 2 и 3 с вариационными показателями изу-

чаемых характеристик и гистограммы распределения количества побегов по ширине ленты различных подвоев (рисунок 12).

Анализ полученных данных показывает, что ширина ленты побегов варьирует в широких пределах. В зависимости от формы подвоя и возраста маточника среднее значение ширины ленты составляет 50,5 мм для подвоя 54-118 на третий год после посадки и 245,5 мм для подвоя Р-60 на девятый год после посадки. При этом среднеквадратическое отклонение составляет соответственно 53,2 мм и 59,8 мм. То есть полоса побегов колеблется от единичных растений до ширины в 425 мм и более.

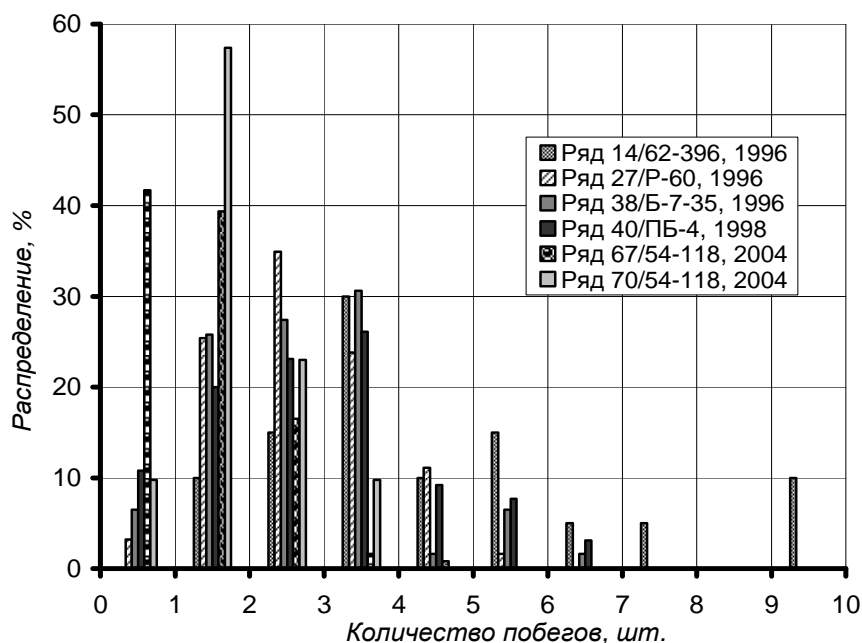


Рисунок 12 – Гистограммы распределения количества побегов по ширине ленты различных подвоев

Из полученных данных следует, что в молодых маточниках лента побегов по длине формируется на 42-57 % из единичных растений. В более зрелом возрасте маточная косичка дает до 6-7 (подвой Р-60) и даже 10 и более побегов (подвой 62-396) в поперечном сечении ленты.

В результате проведения экспериментов по замеру усилий отгиба и сжатия пучка побегов была построена таблица 4 с вариационными показателями изучаемых параметров и гистограммы (рисунок 13) распределения усилий в зависимости от условий опыта. Установлено, что среднее усилие отгиба пучка побегов от вертикального положения на длине ряда в 200 мм составляет $18,6 \pm 1,4$ Н, а среднеквадратическое отклонение – 13,1 Н. При этом примерно 28,9 % замеров усилий отгиба не превышает 10,0 Н.

Таблица 4 – Результаты замеров усилий отгиба и сжатия пучка побегов вегетативно размножаемых подвоев яблони на длине ряда 200 мм

Ряд/подвой, год посадки	Параметр	Вариационные показатели				
		<i>M</i> , Н	σ , Н	<i>m</i> , Н	<i>p</i> , %	<i>V</i> , %
27/Р-60, 1996	Усилие отгиба	18,6	13,1	1,4	7,4	70,6
	Усилие сжатия	19,1	9,0	1,7	8,6	47,2

Усилие сжатия пучка побегов до ширины 100 мм на длине ряда в 400 мм в

среднем составляет $38,1 \pm 3,3$ Н, а среднеквадратическое отклонение не выходит за пределы 18,0 Н. И только 6,7 % замеров не выходит за пределы 15,0 Н.

Сравнивая усилия отгиба и сжатия, в расчете на длину ряда 200 мм получим, что усилие сжатия пучка побегов примерно одинаково с усилием отгиба от вертикали такого же пучка и составляет $19,1 \pm 1,7$ Н. Среднеквадратическое отклонение примерно 9,0 Н, и около 16,7 % замеров не превышает 10,0 Н.

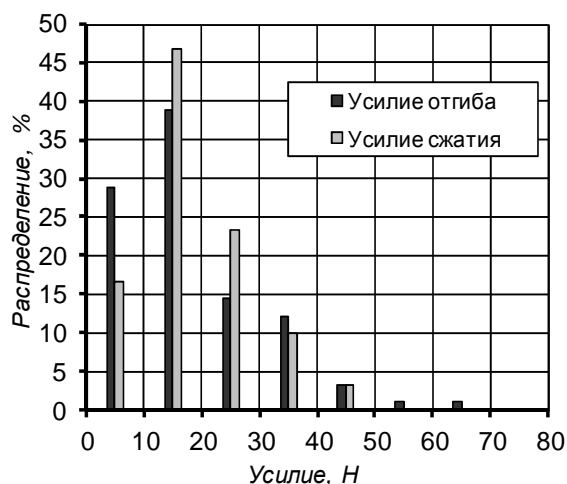


Рисунок 13 – Гистограммы распределения усилий отгиба и сжатия пучка побегов

Экспериментальная проверка новых рабочих органов была проведена в сезон уборки клоновых подвоев яблони в маточнике ВНИИС им И.В. Мичурина с учетом различных подвоев, сроков закладки маточных растений и субстратов.

Выявлено, что дисковые отпашники можно устанавливать ближе к линии ряда, за счет чего они обеспечивают наименьшую ширину разметаемой бровки укрывного вала. Но эти отпашники не способны отодвинуть субстрат из зоны вращения разметающих щеток, и последние забрасывают субстрат опять в ряд.

Плужковые отпашники соответствующих размеров образуют достаточно хорошее «корыто» для работы разметающих щеток.

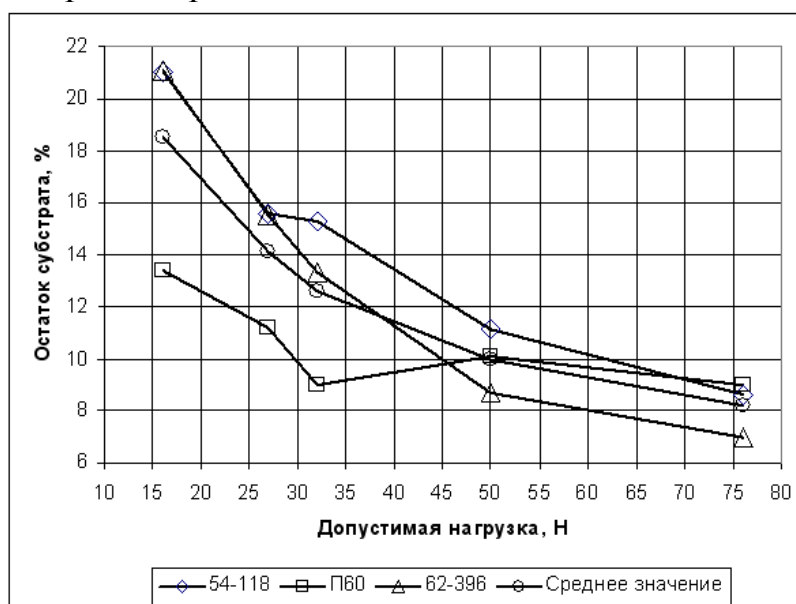


Рисунок 14 – Зависимость полноты удаления субстрата укрывного вала от допустимой нагрузки на лопасть

Установлено (таблица 5), что от 16,6 до 48,2 % субстрата укрывного вала может быть легко перемещено в междурядье отпашниками. Остальное должно быть удалено вращающимися щетками. При этом 24,7-33,7 % субстрата находится в так называемой защитной зоне отпашников. Эта масса субстрата находится вне зоны корневой системы отводков и может быть легко разрушена и перемещена за пределы укрывного вала. Другая часть, примерно 15,4-32,3 %, находится в наружной зоне корневой системы отводков, доступной для щеток. Наиболее затруднительно удалить 8,7-15,7 % субстрата, находящегося в седьмой зоне – внутренней части корней отводков.

Выявлено (рисунок 14), что с увеличением жесткости эластичных элементов роторного рабочего органа, в исследуемых пределах допустимой нагрузки на лопасть от 16 до 76 Н, качество раскрытия укрывного вала улучшается. Остаток субстрата, застрявший внутри корней отводков, снижается с 13,4-21,0 % до 7,0-9,0 %. При этом количество отломанных от маточной косички побегов в среднем по всем вариантам (таблица 6) составляет 3,6 %.

Таблица 5 – Распределение субстрата по зонам укрывного вала (%)

Подвой, год закладки маточника	Зоны укрывного вала				
	$\sum_{i=1}^2 i$	$\sum_{i=3}^4 i$	$\sum_{i=5}^6 i$	$\sum_{i=7} i$	$\sum_{i=5}^7 i$
62-396 2000	44,1	26,7	15,8	13,4	29,2
П60 1996	48,2	27,7	15,4	8,7	24,1
54-118 2004	40,5	24,7	19,1	15,7	34,8
62-396 1997	32,7	33,7	17,2	16,4	33,6
54-118 2007	17,3	35,5	32,3	14,9	47,2
<i>Среднее</i>	36,5	29,7	20,0	13,8	33,8

Таблица 6 – Количество побегов, отломанных от маточных растений (%)

Подвой, год закладки маточника, субстрат	Допустимая нагрузка на лопасть, Н					
	10	16	27	32	50	76
54-118 2004 опилки	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
П60 1996 опилки+почва (1:1)	2,3	1,8	3,4	4,9	4,5	12,7
62-396 1997 почва	4,4	7,5	5,6	6,9	4,4	2,2
<i>Среднее</i>	2,2	3,1	3,0	3,9	2,9	4,9

Сравнение двух щеток с допустимой нагрузкой на эластичные элементы 16 и 10 Н, последние из которых снабжены дополнительными грузиками, показало, что примерно при одинаковой полноте удаления субстрата (остаток составляет в среднем 16,0 и 17,9 % соответственно) количество отломанных побегов снижается с 3,1 до 2,2 % в пользу щеток с грузиками. То есть и щетки эластичнее, и качество раскрытия выше.

Испытания опытного образца машины для раскрытия корневой системы вегетативно размножаемых подвоев яблони (рисунок 15) проводили в опытно-производственном отделении ВНИИ садоводства им. И.В. Мичурина на экспериментальном маточнике в момент отделения отводков подвоев 62-396, 54-118 и П-60, с использованием субстратов из древесных опилок, опилок в смеси с почвой (1:1) и почвы.

Опытный образец машины был подготовлен с учетом оптимальных конструктивных параметров и рабочих режимов, определенных в результате предшествующих экспериментально-теоретических исследований. Машина агрегатировалась с трактором МТЗ-80.



Рисунок 15 – Опытный образец машины для раскрытия корневой системы вегетативно размножаемых подвоев в работе

В ходе производственной проверки установлено, что механизированное раскрытие корневой системы вегетативно размножаемых подвоев яблони с применением органического субстрата путем использования ротационных рабочих органов с эластичными элементами, обеспечивает высокое качество выполнения работ. Полнота удаления субстрата по всем вариантам составила 91-93 %. Отломанные от маточных растений в небольшом количестве (в среднем 3,6 %) побеги пригодны для использования. Механических повреждений побегов, в том числе и отломанных, нет.

В пятой главе «Оценка эффективности и внедрение результатов исследований» проведен в сравнении с используемым в ОПО ГНУ ВНИИС им. И.В. Мичурина пневматическим разокучивателем на основе сравнительных испытаний в 2011 году.

Эффективность новой машины определялась по приведенным стоимостным затратам.

Результаты расчета представлены в таблице 7.

Таблица 7 - Показатели сравнительной экономической эффективности

Наименование показателя	Значение показателей машины		Степень снижения затрат, %
	базовой	новой	
1. Общие затраты труда на единицу выполненной работы (Зт.), чел.-ч/га	11,1	4,0	65,0
2. Общие затраты труда на выполнение годового объема работы новой машины (Зт.-г.), чел.-ч.	22,0	8,0	65,0
3. Прямые эксплуатационные затраты на единицу работы (И), руб./га	21750,5	17537,4	19,4
4. Прямые эксплуатационные затраты на годовой объем работы новой машины (Иг.), руб.	43501,0	35074,8	19,4
5. Капиталовложения на выполнение годового объема работ новой машины (Кг.), руб.	139771,4	129760,0	7,2
6. Приведенные затраты на выполнение годового объема работ новой машины (Пг.), руб.	64466,8	54538,8	15,4
7. Дополнительный экономический эффект от изменения качества продукции (У), руб./га	-	82800,0	-
8. Годовой экономический эффект с учетом изменения количества и качества продукции (Эг.), руб.	-	175528,0	-
9. Лимитная цена (Цв.л.)	-	664971,8	-
10. Экономический эффект от производства и использования новой машины за срок службы (Е _г), руб.	-	1228696,0	-

Установлено, что при использовании новой машины выход стандартных отводков в год уборки на 5-8% выше за счет качества раскрытия корневой системы и улучшения условий среза. Кроме того, на следующий год наблюдается на 8-10% повышение выхода стандартных отводков (первого сорта) за счет лучшего их укоренения. С учетом изменения количества и качества продукции годовой экономический эффект при полной загрузке новой машины составляет 175,5 тыс. рублей.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

1. Ответственным этапом технологического процесса производства вегетативно размножаемых подвоев яблони, определяющим качество получаемых отводков, является операция раскрытия корневой системы подвоев перед их отделением от маточных растений. Имеющиеся для этих целей машины обладают рядом недостатков, которые не позволяют считать, что операция полностью механизирована.

Обоснована конструктивно-технологическая схема машины, обеспечивающая непрерывное копирование линии ряда клоновых отводков, максимальное ограничение и рыхление укрывного вала с боков отпашниками с последующим протряхива-

нием корневой системы роторными рабочими органами с эластичными лопастями и удалением субстрата из зоны корней.

2. В результате аналитического анализа предложена методика расчета основных параметров отпашников, автонаправителя и последующих рабочих органов окончательной доочистки корней отводков и определены взаимосвязи между качественными показателями работы устройства, технологическими условиями и параметрами рабочих органов. При скорости движения машины $v_m=0,5$ м/с, частоте вращения ротора $\omega=25$ с⁻¹, диаметре ротора $D=0,5$ м, количестве лопастей $z=6$ шт., средней высоте укрывного вала $H_{cp}=0,2$ м, объемной массе субстрата $\gamma=800$ кг/м³ суммарная мощность на привод не превышает 4,0 кВт.

3. Исследованы технологические условия в отводковых маточниках, определяющие параметры машины для раскрытия корневой системы подвоев. В расчетах следует учитывать следующее: валки трапецевидной формы должны быть 0,40-0,43 м по вершине и 0,73-0,85 м в основании при высоте 0,20-0,25 м; к моменту уборки высота отводков составляет 0,58-0,78 м, диаметр корневой шейки – 4,2-5,7 мм, высота зоны укоренения – 0,11-0,14 м; полоса побегов колеблется от единичных растений до ширины 0,43 м; среднеквадратическое отклонение осевой линии ленты побегов различных подвоев от прямолинейности составляет 32,4-50,7 мм, для кромок ленты тот же показатель равен 33,8-61,9 мм; изреженность рядов маточника находится в пределах 6,8-12,7 %.

4. Экспериментальные исследования показали правильность принятой методики расчета. Установлено, что 24,7-33,7 % субстрата находится в так называемой защитной зоне отпашников. Эта масса субстрата находится вне зоны корневой системы отводков и может быть легко разрушена и перемещена за пределы укрывного вала плужковыми отпашниками. Другая часть, 15,4-32,3 %, находится в наружной зоне корневой системы отводков, доступной для щеток. Наиболее затруднительно удалить 8,7-15,7 % субстрата, находящегося внутри корней отводков.

Выявлено, что с увеличением жесткости эластичных элементов роторного рабочего органа, в исследуемых пределах допустимой нагрузки на лопасть от 16 до 76 Н, остаток субстрата внутри корней отводков, снижается с 13,4-21,0 % до 7,0-9,0 %. При этом количество отломанных от маточной косички побегов составляет 3,6 %.

5. При использовании в производственных условиях новой машины, в сравнении с базовой, получен выход отводков первого сорта на 13-18% выше. С учетом изменения количества и качества продукции годовой экономический эффект при полной загрузке новой машины составляет 175,5 тыс. рублей. Срок окупаемости капитальных вложений составляет 0,94 года.

Список работ, опубликованных по теме диссертации:

Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК:

1. Бросалин В.Г. Комплекс машин для маточников вегетативно размножаемых подвоев и интенсивного сада [Текст] / А.И. Завражнов, К.А. Манаенков, В.Ю. Ланцев [и др.] [Текст] // Достижения науки и техники АПК. – 2009. – № 1. – С. 49-52.
2. Бросалин В.Г. Обоснование и расчет параметров и режимов работы машины для раскрытия корневой системы отводков клоновых подвоев яблони [Текст] / В.Г. Бросалин, М.И. Меркулов, К.А. Манаенков // Достижения науки и техники АПК. – 2009. – № 2. – С. 57-59.
3. Бросалин В.Г. Автонаправитель к машине для раскрытия корней отводков клоновых подвоев [Текст] / В.Г. Бросалин, М.И. Меркулов, К.А. Манаенков // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – 2011. – №2, Ч.2 – С. 37-41.
4. Завражнов А.А., Хатунцев В.В., Ланцев, В.Ю. Исследование параметров ротационного рабочего органа машины для механизированного раскрытия укрывных валов [Текст] / Завражнов А.А., Ланцев В.Ю., Меркулов М.И., Хатунцев В.В. // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – 2012. – №1 – Ч.2 – С. 53-59.

в описаниях к изобретениям:

5. Устройство для раскрытия корневой системы вегетативно размножаемых подвоев [Текст]: пат. 2395185 Рос. Федерация: МПК А01В 39/00 / Бросалин В.Г., Манаенков К.А., Меркулов М.И.; заявитель и патентообладатель: ФГОУ ВПО «МичГАУ» – № 2008132194/12; заявл. 04.08.2008; опубл. 10.07.2010, Бюл. № 21. – 9 с.: ил.
6. Устройство для раскрытия корневой системы вегетативно размножаемых подвоев [Текст]: пат. 2405291 Рос. Федерация: МПК А 01 В 39/00 / Бросалин В.Г., Манаенков К.А., Меркулов М.И.; заявители и патентообладатели ФГОУ ВПО «МичГАУ». – № 2009119622/21; заявл. 25.05.2009; опубл. 10.12.2010, Бюл. № 34. – 6 с.: ил.
7. Устройство для раскрытия корневой системы вегетативно размножаемых подвоев [Текст]: Патент 2414111 Рос. Федерация: МПК А01В 39/00 / Бросалин В.Г., Манаенков К.А., Меркулов М.И.; заявители и патентообладатели ФГОУ ВПО «МичГАУ». – № 2009127196/21; Заявл. 14.07.2009; Опубл. 20.03.2011. – Бюл. №8. – 7 с.: ил.

в других изданиях:

8. Бросалин В.Г. Параметры отводков клоновых подвоев яблони в связи с механизацией уборочных работ [Текст] / В.Г. Бросалин, М.И. Меркулов, К.А. Манаенков // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – 2009. – № 1. – С. 86-92.

9. Бросалин В.Г. Физико-механические свойства вегетативно размножаемых подвоев яблони, применяемых субстратов, параметры укрывных валов и ленты отводков [Текст] / В.Г. Бросалин, М.И. Меркулов, К.А. Манаенков // Инновационно-техническое обеспечение ресурсосберегающих технологий АПК: сб. науч. тр. Междунар. науч. практ. конф. 4-5 мая 2009 г. – Мичуринск: Изд-во МичГАУ, 2009. – С. 88-95.
10. Бросалин В.Г. Механизированное раскрытие укрывных валов перед отделением отводков клоновых подвоев [Текст] / В.Г. Бросалин, М.И. Меркулов, К.А. Манаенков // Современные системы производства, хранения и переработки высококачественных плодов и ягод: матер. науч.-практ. конф. 4-5 сентября 2010 года в г. Мичуринске Тамбовской области. – Мичуринск-научоград РФ, 2010. – С.165-168.
11. Меркулов М.И. Обоснование копирующего устройства машины для раскрытия укрывных валов [Текст] / М.И. Меркулов // Агротехническое обеспечение реконструкции промышленных садов в средней полосе РФ: матер. междунар. науч.-практ. конф. 13-15 октября 2010 года. – Воронеж: Изд-во ВГАУ. – С. 116-120.
12. Меркулов М.И. Устройство для раскрытия корневой системы вегетативно размножаемых подвоев [Текст] / М.И. Меркулов // Культура слаборослых насаждений в современном садоводстве: матер. междунар. науч.-практ. конф. апрель 2010 года. – Мичуринск: Изд-во МичГАУ. – С. 172-175.

Отпечатано в издательско-полиграфическом центре ФГОУ ВПО «МичГАУ»

Подписано в печать 09.04.2012 г. Формат 60×84¹/₁₆

Бумага офсетная №1. Усл. печ. л. 1,0. Тираж 100 экз. Ризограф

Заказ № 24735

393760, Тамбовская область, г. Мичуринск, ул. Интернациональная, 101

Тел. +7 (47545) 5-55-12

E-mail: vvdem@mgau.ru