

ТАВРИЧЕСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ  
АГРОТЕХНИЧЕСКАЯ АКАДЕМИЯ

На правах рукописи

САНЬКОВ СЕРГЕЙ МИХАЙЛОВИЧ

УДК 634.1/7:631.332

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ РАБОЧИХ ОРГАНОВ СЕКЦИИ  
МАШИНЫ ДЛЯ ПОСАДКИ ЗИМНИХ ПРИВИВОК ПЛОДОВЫХ  
КУЛЬТУР

Специальность 05.20.01 — Механизация сельскохозяйственного про-  
изводства.

Автореферат диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Мелитополь, 1996



631.171  
Дисертацією являється

Робота виконана в Інституті агрономії та садівництва Тавричеської державної аграрно-технічної академії.

Научні керівники — доктор технічних наук, професор

**Карпуша Павел Павлович;**

член-кореспондент УААН, доктор технічних наук, професор  
**Кушнарєв Артур Сергєєвич.**

Офіційні опоненти — доктор технічних наук, професор  
**Тарасенко Владимир Витальєвич;**

кандидат технічних наук, ведучий научний співробітник  
**Кочев Валерий Іванович.**

Ведуча організація: Державний проєктно-конструкторський технологічний інститут «Плодмашпроект» г. Сімферополь.

Захист состоится «14» *феврала* 1996 г. в 10<sup>00</sup> часів на засіданні спеціалізованого ученого совета К. 33.01.01 по присудженню ученої ступені кандидата технічних наук при Тавричеської державної аграрно-технічеської академії (332339, Запоріжська обл., г. Мелітополь, пр-т Б. Хмельницького, 18, ТГАТА). С дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці ТГАТА.

Автореферат розослан «14» *января* 1996 г.

Учений секретар спеціалізованого  
ученого совета

ЧЕРКУН В. Е.

ДВ-35.962

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы исследования.** Использование только летней окулировки при размножении ценных сортов плодовых культур в условиях юга Украины сопровождается определенными трудностями. Так, в период проведения окулировки сухая и жаркая погода приводит к плохому отставанию коры на подвоях и недостаточному развитию глазков, что отрицательно сказывается на приживаемости заокулированных глазков. В то же самое время применение способа зимней прививки при размножении посадочного материала устраняет этот недостаток, снижает пиковую потребность в квалифицированной рабочей силе и улучшает условия работы. Тем не менее, широкому внедрению этого способа препятствует то, что некоторые технологические операции выращивания выполняются вручную или механизированы частично. Одной из таких операций является посадка зимних прививок плодовых культур в первое поле питомника. Использование на этой операции существующих посадочных машин дает низкую приживаемость высаженных прививок, которая обусловлена неприспособленностью их рабочих органов для ее проведения. В связи с этим разработка рабочих органов секции посадочной машины, обеспечивающих высокое качество посадки зимних прививок, является актуальной.

Настоящая работа выполнена в Институте орошаемого садоводства УААН в соответствии с планом НИР с 1982 года по 1994 год и Таврической государственной агротехнической академии.

**Объект исследования.** Зимние прививки плодовых культур и рабочие органы секции посадочной машины.

**Цель работы.** Улучшение качества посадки зимних прививок плодовых культур в сравнении с существующими средствами ме-

ЛНБ им. В. Стефанишина  
АН Украины

ханизации путем разработки рабочих органов секции посадочной машины, способствующих повышению приживаемости высаженных растений на 5 - 10 %.

**Методы исследований и аппаратура.** Теоретические исследования проводились с использованием методов математического моделирования и законов теоретической механики. При обосновании геометрических и технологических параметров шелеобразующего рабочего органа применены методы математического планирования эксперимента. При определении энергетических затрат на образование посадочной щели и величины критического момента разрушения зимней прививки в месте соединения ее компонентов применялось тензометрирование. Экспериментальные исследования проведены на специально изготовленных установках и образцах посадочного аппарата и шелеобразующего рабочего органа в лабораторных и полевых условиях. Для этих целей по ряду опытов были разработаны частные методики, а также использованы методики ВИСХОМ. Результаты исследований обрабатывались методами математической статистики на ЭВМ.

**Научная новизна работы:**

- определение прочностных характеристик зимних прививок плодовых культур в зависимости от их диаметра, сортоподвойной комбинации и направления приложения разрушающей силы;

- получение математической модели процесса образования посадочной щели шнековым рабочим органом с вертикальной осью вращения и определении оптимальных его геометрических размеров и кинематических параметров работы;

- обоснование конструктивной схемы посадочного аппарата, его геометрических параметров и технологических режимов работы;

- подбора вида переходных кривых и разработки алгоритма

формообразования направляющей посадочного аппарата:

- обоснование угла конусности обода прикатывающего катка, исходя из условий его влияния на уплотнение почвы вокруг высаживаемого растения;

- обоснование конструктивно-технологической схемы, параметров и режимов работы секции посадочной машины.

Научная новизна защищена авторским свидетельством на изобретение N 1123567.

Практическая значимость исследования. Обоснованы параметры процесса посадки зимних прививок упорядоченным взаимодействием шелеобразующих, транспортирующих рабочих органов и прикатывающих катков. Разработан посадочный аппарат для посадки зимних прививок плодовых культур, позволяющий увеличить приживаемость высаживаемых растений на 5 - 6 % и обеспечить снижение затрат труда на 20% по сравнению с улучшенной конструкцией сажалки СШН - 3.

На защиту выносятся основные положения, составляющие научную новизну работы.

Апробация работы. Основные результаты работы одобрены на международных (г. Львов 1994г., г. Глеваха 1995г.) и областных (г. Запорожье 1986г. и 1988г.) научно-технических конференциях, а в 1989 году удостоены серебряной медали ВДНХ СССР.

Предмет и степень внедрения. По результатам выполненных исследований был изготовлен опытный образец секции посадочной машины, которая успешно прошла научно-производственные испытания в ОПХ "Мелитопольское" и совхозе "Садовое" Мелитопольского района Запорожской области. Результаты исследований использованы ГПКТИ "Флодмашпроект" г. Симферополь при разработке конструкторской документации на посадочные машины.

Эффективность внедрения. Головой экономический эффект от

применения посадочной машины с разработанными рабочими органами составил (по ценам на январь 1995 года) 70,052 млн. крб. в сравнении с улучшенной конструкцией сажалки СШН - 3.

**Область внедрения.** Результаты исследований могут быть использованы отраслевыми конструкторскими организациями, а также научно-исследовательскими институтами сельскохозяйственного машиностроения при разработке рабочих органов посадочных машин.

**Публикации.** Основное содержание диссертационной работы опубликовано в десяти печатных работах.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация состоит из введения, четырех глав, общих выводов, библиографии и приложения. Изложена на 179 страницах, в том числе страниц машинописного текста; содержит 58 рисунков, 13 таблиц и 10 приложений. В списке литературы 158 наименований из них 8 наименований литературы на иностранном языке, 30 авторских свидетельств и 2 иностранных патента.

#### СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

"ВВЕДЕНИЕ" содержит краткое обоснование актуальности работы и сформулирована цель исследования.

В первой главе "Анализ существующих технологий и средств механизации посадки зимних прививок плодовых культур в первое поле плодового питомника" приведены результаты исследования физико-механических свойств и размерно-массовых параметров растений в плодовом питомнике. Многие ученые (Васюта В.М., Брызгунов А.В., Мамедов Р.М., Илюхин В.В., Строй А.А.) проводили аналогичные исследования с целью обоснования конструктивных параметров и технологических режимов работы машин по уходу за саженцами и их выкопке.

При этом изучались упругость и прочность ветвей, коэффициенты трения древесины по различным материалам и размерные параметры саженцев плодовых деревьев. Тимченко В. А., наряду с размерными параметрами, изучал сопротивление сеянцев хвойных пород сжатию. Изучение прочности соединения компонентов зимних прививок проводилось для винограда (Шкиопу Э. В.). Таким образом, из анализа ранее проведенных исследований следует, что биометрические и прочностные показатели зимних прививок плодовых культур изучены недостаточно полно и для обоснования геометрических параметров и технологических показателей рабочих органов секции посадочной машины необходимо провести дополнительные исследования.

На основании литературных данных проведен анализ различных схем посадки растений в плодовом питомнике и особенности выполнения технологического процесса выращивания саженцев способом зимней прививки. Здесь приводятся результаты исследований по влиянию различных схем посадки на выход и качество посадочного материала, которые проводились как у нас, так и за рубежом. Работами Андрияшенко Д. П., Мережко И. М., Аракеляна Э. Е., Василенко Р. К. установлено, что оптимальной схемой посадки является размещение растений с междурядьем 70 - 90 см и расстоянием между растениями в ряду 16 - 18 см. Наилучшие результаты при выращивании посадочного материала в специализированных хозяйствах достигаются сочетанием двух способов размножения: окулировки и зимней прививки. Исследованиями Артеменко Н. М. установлено, что уменьшается травмирование при закладке сада однолетними саженцами, которые выращены методом зимней прививки. Однако, при посадке зимних прививок возникают затруднения, обусловленные анатомическими и физиологическими изменениями в растениях. А именно, на-

личие в прививке места соединения подвоя и привоя. механическая прочность на излом которого мала, предъявляет повышенные требования к рабочим органам секции посадочной машины.

Исходя из последовательности выполнения технологического процесса посадки растений, данная секция должна содержать три рабочих органа: шелеобразующий, заделывающий и посадочный аппарат. По каждому типу рабочих органов приведены их конструктивные решения, а по посадочным аппаратам дополнена существующая классификация. Дана краткая характеристика выполнения рабочими органами технологического процесса.

На основании анализа научно-технической информации, а также поставленной в работе цели были сформулированы следующие задачи исследований:

1. Изучить основные биометрические и прочностные показатели зимних прививок плодовых культур и подвоев для них.
2. Обосновать конструктивно-технологическую схему секции посадочной машины.
3. Разработать конструктивную схему посадочного аппарата.
4. Разработать математическую модель формообразования направляющей посадочного аппарата.
5. Определить влияние геометрических и кинематических параметров посадочного аппарата на технологические показатели его работы.
6. Обосновать тип шелеобразующего рабочего органа и определить его геометрические параметры и кинематический режим работы.
7. Обосновать параметры формы и положения прикатывающего катка.
8. Экспериментально подтвердить эффективность работы секции посадочной машины.

9. Произвести научно-производственную проверку рабочих органов секции посадочной машины и дать технико-экономическую оценку результатам выполненных исследований.

Во второй главе "Теоретические предпосылки к обоснованию конструктивно-технологической схемы и рабочих органов секции посадочной машины" приведены результаты опытов по определению основных биометрических и прочностных показателей зимних прививок яблони, черешни и абрикоса. Исследования проводились по методике ВИСХОМ, а также частным методикам, разработанным в Институте орошаемого садоводства. Для определения критического момента разрушения зимней прививки в месте соединения ее компонентов было изготовлено специальное приспособление.

Анализируя данные проведенных исследований можно отметить, что высота зимних прививок изменяется в широких пределах от 150 мм до 360 мм. Большинство зимних прививок имеет длину привоя до 140 мм, но встречаются и прививки с длиной привоя 180 мм. Широкий диапазон изменения этих показателей обусловлен сортовыми различиями растений. Диаметр корневой системы зимней прививки зависит от типа подвоя. На вегетативно размножаемых подвоях этот параметр не превышает 80 мм, на семенных - 90 мм. Диапазон изменения диаметров подвоя и привоя во всех сортоподвойных комбинациях изменялся в пределах 5 - 15 мм и 4 - 13 мм соответственно. Подбор компонентов зимней прививки производился вручную. Поэтому обеспечить полное совпадение их диаметров невозможно, что и подтверждается результатами исследований. Различие между диаметрами подвоя и привоя может достигать 7 мм, что затрудняет работу захвата посадочного аппарата.

Наличие места соединения компонентов зимней прививки

снижает ее прочность на излом. Следовательно, величину допустимого напряжения от изгибающего момента необходимо связывать с площадью копуляционного среза, которая имеет форму эллипса. Величина площади среза зависит от диаметра подвоя или привоя и длины среза, которая, в свою очередь, зависит от угла среза. Угол среза компонентов зимней прививки изменялся в пределах  $10^{\circ}$  -  $15^{\circ}$  и зависел от подвойно-привойного материала. В опыте при подсчете площади контакта подвоя и привоя брался меньший диаметр, так как срастание их происходит по этому сечению. Приложение силы при разрушении образцов зимней прививки проводилось в двух направлениях: параллельно и перпендикулярно срезу. Результаты опытов были подвергнуты корреляционному анализу, на основании чего были получены уравнения зависимости критического момента разрушения зимней прививки от площади контакта ее компонентов и направления приложения разрушающей силы, которые имеют вид:

$$\lg M = a - b d \quad (1)$$

где  $M$  - величина критического момента разрушения зимней прививки, Нм;

$a$  и  $b$  - коэффициенты уравнения регрессии;

$d$  - меньший диаметр одного из компонентов зимней прививки, мм.

Полученные зависимости для яблони представлены на рис. 1. Для остальных пород зимних прививок характер полученных зависимостей аналогичен.

При обосновании секции посадочной машины было определено, исходя из условия возможного разрушения почвенного пласта, минимально возможное междурядье с использованием сошника. Установлено, что при ширине междурядья менее 80 см необходимо использовать активный щелеобразующий рабочий орган. Были

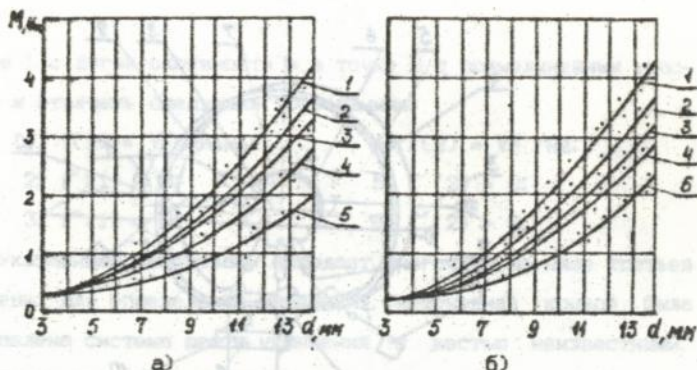


Рис. 1. Зависимость величины критического момента разрушения зимней прививки яблони при направлении силы: а) перпендикулярно срезу; б) параллельно срезу: 1 - Голден Делишес; 2 - Кинг Дэвид; 3 - Ренет Симиренко; 4 - Ред Делишес; 5 - Старкримсон.

сформулированы требования к качеству выполнения технологического процесса рабочими органами посадочной секции, типы которых были выбраны на основании анализа патентно-технической литературы. В результате чего была разработана конструктивно-технологическая схема секции посадочной машины.

В результате анализа различных типов конструкций посадочных аппаратов был выбран лучевой тип посадочного аппарата, как наиболее приемлемый для посадки зимних прививок плодовых культур. На основании этого был разработан посадочный аппарат (рис. 2). При обосновании его конструктивных параметров были использованы результаты исследований биометрических показателей зимних прививок. Конструкция посадочного аппарата включает направляющую, которая состоит из криволинейного участка (дуга окружности), прямолинейного, расположенного горизонтально и переходных кривых. Последние предназначены для устранения скачкообразного изменения центробежного

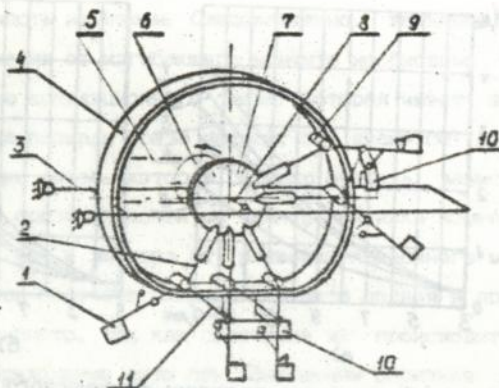


Рис. 2. Конструктивная схема посадочного аппарата:

- 1 - захват; 2 - рычаг переменной длины; 3 - рама;
- 4 - направляющая; 5 - цепь; 6 - звездочка;
- 7 - диск; 8 - вал; 9 - ролик; 10 - раскрыватель.

ускорения ролика рычага переменной длины при переходе его с одного участка направляющей на другой. Горизонтальный участок направляющей расположен несимметрично относительно вертикальной оси посадочного аппарата, обеспечивая тем самым перемещение захвата в вертикальном положении при заделке почвой корневой системы высаживаемого растения. Таким образом, направляющая содержит две переходные кривые, радиус кривизны которых изменяются от  $\rho = R_{ок0}$  до  $\rho = R_2$  и от  $\rho = R_3$  до  $\rho = R_{ок0}$ . При движении ролика рычага по переходной кривой его центробежное ускорение должно плавно изменяться от  $a = V_1^2 / R_{ок0}$  до  $a = V_2^2 / R_2$ . Это может быть достигнуто в том случае, если график центробежного ускорения, характеризующий движение ролика рычага переменной длины на переходной кривой, будет иметь S-образную форму с двумя экстремумами на концах.

Исходя из этого, переходная кривая должна сопрягаться в

точке 1 с дугой окружности и в точке 2 с прямолинейным участком и отвечать следующим требованиям:

- |                                     |                          |
|-------------------------------------|--------------------------|
| 1) $f(1) = V_1^2 / R_{\text{окр}}:$ | 4) $f(2) = V_2^2 / R_2:$ |
| 2) $f'(1) = 0:$                     | 5) $f'(2) = 0:$          |
| 3) $f''(1) < 0:$                    | 6) $f''(2) > 0.$         |

Указанными свойствами обладает многочлен не ниже третьей степени. Для определения уравнения переходной кривой была составлена система шести уравнений с шестью неизвестными, которая имеет вид:

$$\begin{cases} AX_1^5 + BX_1^4 + CX_1^3 + DX_1^2 + EX_1 + G = Y_1 \\ 5AX_1^4 + 4BX_1^3 + 3CX_1^2 + 2DX_1 + E = f_1' \\ 20AX_1^3 + 12BX_1^2 + 6CX_1 + 2D = f_1'' \\ AX_2^5 + BX_2^4 + CX_2^3 + DX_2^2 + EX_2 + G = Y_2 \\ 5AX_2^4 + 4BX_2^3 + 3CX_2^2 + 2DX_2 + E = f_2' \\ 20AX_2^3 + 12BX_2^2 + 6CX_2 + 2D = f_2'' \end{cases} \quad (2)$$

где A, B, C, D, E, G - неизвестные коэффициенты степенного многочлена:

- X<sub>1</sub>. Y<sub>1</sub> - координаты сопряжения в точке 1 (рис. 3);
- X<sub>2</sub>. Y<sub>2</sub> - координаты сопряжения в точке 2;
- f<sub>1</sub>' f<sub>2</sub>' - значения первых производных в точках сопряжения;
- f<sub>1</sub>'' f<sub>2</sub>'' - значения вторых производных в точках сопряжения.

После подстановки значений и решения системы 2, уравнения левой и правой переходных кривых имеют соответственно вид:

$$U_{\text{л}} = 9,26 \cdot 10^{-5} \cdot X^5 + 3,32 \cdot 10^{-3} \cdot X^4 + 0,28 \cdot X^3 + 5,49 \cdot X^2 - 41,42 \cdot X + 86,15, \quad (3)$$

$$U_{\text{п}} = -1,95 \cdot 10^{-5} \cdot X^5 + 5,35 \cdot 10^{-3} \cdot X^4 + 0,28 \cdot X^3 + 4,82 \cdot X^2 + 34,00 \cdot X + 61,50. \quad (4)$$

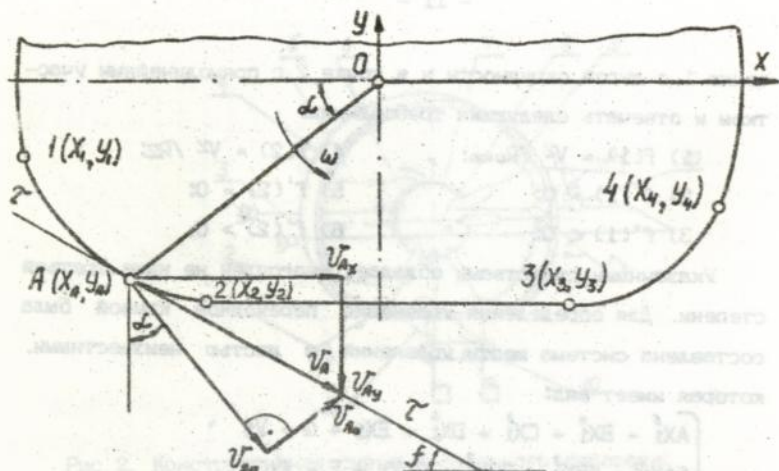


Рис. 3. Схема анализа движения ролика рычага переменной длины по направляющей посадочного аппарата.

Для оценки переходных кривых направляющей посадочного аппарата был выполнен анализ движения по ним ролика рычага переменной длины (т. А). С этой целью определялись скорость и центробежное ускорение ролика, а также радиус кривизны. Зная уравнение переходной кривой и задаваясь положением ролика по оси абсцисс, можно определить его ординату в любой момент времени. Величина радиуса вращения  $OA$  (рис. 3) определялась по формуле:

$$OA = \sqrt{x_A^2 + y_A^2} \quad (5)$$

Угол наклона касательной в каждой точке переходной кривой определялся как первая производная уравнения переходной кривой в этой точке из соотношения:

$$f = 4,63 \cdot 10^{-4} \cdot X^4 + 1,33 \cdot 10^{-2} \cdot X^3 - 0,85 \cdot X^2 + 10,98 \cdot X - 41,42 \quad (6)$$

Скорости ролика в точке А и их проекции на оси координат определялись по формулам:

$$V_{An} = OA \cdot \omega, \quad (7)$$

$$V_{ac} = V_{an} \cdot \operatorname{tg}[90 - (\alpha + f)], \quad (8)$$

$$V_n = \frac{V_{an}}{\cos[90 - (\alpha + f)]}, \quad (9)$$

$$V_{Rx} = V_n \cdot \cos f, \quad (10)$$

$$V_{Ry} = V_n \cdot \sin f. \quad (11)$$

За начало отсчета угла поворота рычага переменной длины ( $\alpha$ ) было взято нижнее вертикальное положение рычага. В результате расчетов определен характер изменения центростремительного ускорения ролика при его движении по переходной кривой и горизонтальному участку направляющей, который приведен на рис. 4.

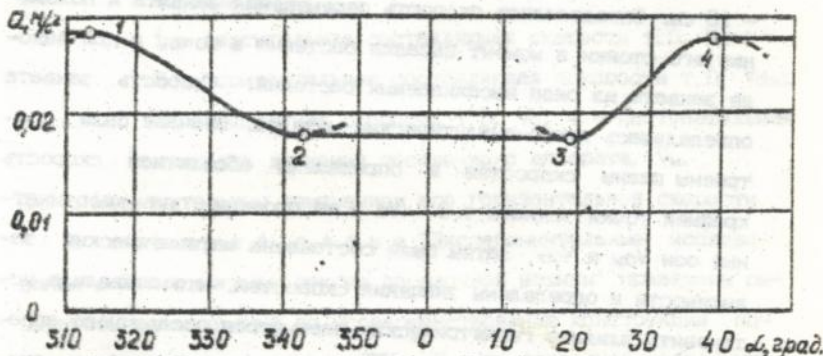


Рис. 4. График изменения центростремительного ускорения ролика рычага переменной длины.

Рассматривая график изменения центростремительного ускорения ролика, можно отметить, что переходные кривые обеспечили плавное изменение этой величины при его движении по различным участкам направляющей.

Для определения технологических параметров работы посадочного аппарата были проведены его кинематические исследования. Определялась траектория движения захвата посадочного аппарата в зависимости режима его работы. Расчеты траекто-

рии движения захватов посадочного аппарата были выполнены при коэффициентах кинематического режима  $\lambda = 0,9$ ;  $\lambda = 1$  и  $\lambda = 1,23$ . Траектория движения конца стоек захватов на всех режимах является циклоида с горизонтальным участком в нижней части. При  $\lambda = 0,9$  она укорочена, при  $\lambda = 1,23$  - удлинена. Для построения траектории движения захватов посадочного аппарата были выполнены соответствующие расчеты, на основании которых составлена программа для ЭВМ. В результате выполненных исследований установлено, что посадку растений данным посадочным аппаратом следует выполнять при работе с  $0,9 < \lambda \leq 1$ . В этом случае шаг посадки растения составляет 16 - 18 см. Определялись скорость перемещения захвата и положение его стойки в момент высадки растения в почву и при выходе захвата из ряда высаживаемых растений. Скорость захвата определялась графо-аналитическим методом. Вначале были построены планы скоростей и определены абсолютная скорость крайней точки захвата  $t.D - V_d$  и ее проекции на координатные оси  $V_{dx}$  и  $V_{dy}$ . Затем были составлены математические зависимости и определены значения скоростей, что позволило установить влияние геометрических параметров посадочного аппарата на положение захвата в момент высадки растений и скорость его перемещения. Положение стойки захвата контролировалось по углу между ней и горизонтальным участком направляющей. Полученные результаты представлены в виде графиков на рис. 5.

Из приведенных графиков следует, что в зоне высадки растений  $13^0 < \alpha < 20^0$   $V_{dy} = 0$ , а  $0,06 > V_{dx} > 0,05$  при этом  $\alpha$  изменяется в пределах от  $89,5^0$  до  $90^0$ .

Таким образом, конструкция посадочного аппарата обеспечивает вертикальное положение захвата в зоне высадки расте-

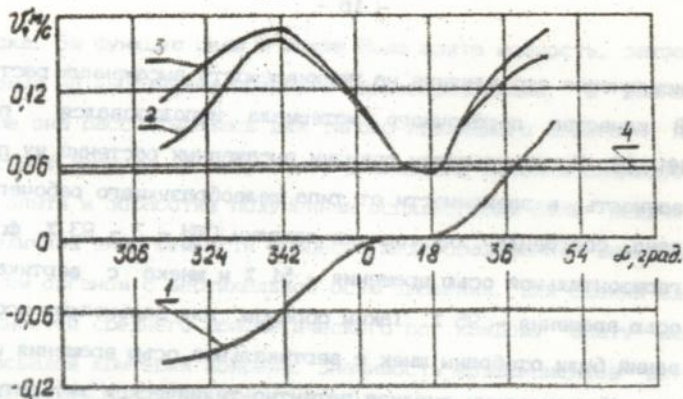


Рис. 5. График изменения скорости крайней точки захвата (т. D) посадочного аппарата и ее проекций на оси координат:

- 1 - вертикальная составляющая скорости т. D,  $V_{dy}$ ;
- 2 - горизонтальная составляющая скорости т. D,  $V_{dx}$ ;
- 3 - абсолютная скорость т. D,  $V_d$ ;
- 4 - поступательная скорость движения посадочного аппарата,  $V_m$ .

ний с незначительным изменением его горизонтальной скорости.

В третьей главе "Экспериментальные исследования рабочих органов секции посадочной машины" приведены результаты исследований по усовершенствованию конструкции посадочного аппарата сажалки СШН - 3, что позволило увеличить производительность труда при посадке растений до 25 % с одновременным улучшением технологических показателей работы машины.

Для обоснования типа щелеобразующего рабочего органа был проведен агротехнический опыт. В качестве объектов исследования были взяты: сошник сажалки СШН - 3, фреза с горизонтальной осью вращения и шнек с вертикальной осью вращения. Данные рабочие органы крепились на одной раме. Посадка растений производилась посадочным аппаратом одного типа с целью

исключения его влияния на приживаемость высаженных растений. В качестве посадочного материала использовался подвой ММ-106. По результатам ревизии высаженных растений их приживаемость, в зависимости от типа шелеобразующего рабочего органа, составила: для сошника сажалки СШН - 3 - 93 %, фрезы с горизонтальной осью вращения - 51 % и шнека с вертикальной осью вращения - 95 %. Таким образом, для дальнейших исследований были отобраны шнек с вертикальной осью вращения и сошник. На основании анализа патентно-технической литературы в качестве базового шелеобразующего рабочего органа был выбран шнек. По результатам исследования биометрических показателей зимних прививок плодовых культур наружный диаметр шнека был принят равным 100 мм. Для определения остальных его геометрических размеров и технологических параметров работы было использовано математическое планирование проведения опыта. Исходя из анализа предварительных исследований, в качестве основных факторов были приняты:

- частота вращения шнека,  $f \text{ с}^{-1}$ ;
- шаг витков шнека,  $t \text{ мм}$ ;
- отношение диаметра вала шнека к диаметру шнека,  $d/D$ .

За математическую модель процесса шелеобразования было взято уравнение регрессии второго порядка и определены экспериментальная область пространства и основные уровни факторов. Опыт проводился на двух типах почв: темно-каштановой слабосолонцеватой и супесчаном черноземе. Основной уровень и шаг варьирования частоты вращения шнека для этих почв был различным, так как они отличаются по своему физико-механическому составу. Согласно требованиям и методике построения математического планирования была составлена матрица ротатбельного центрального композиционного планирования второго

порядка. За функцию цели в опыте была взята мощность, затрачиваемая на выполнение процесса шелеобразования. В данном случае она рассчитывалась для тягово-приводного агрегата по известной формуле. В результате реализации матрицы планируемого опыта и обработки полученных осциллограмм были получены величины энергоёмкости процесса шелеобразования шнековым рабочим органом с вертикальной осью вращения. Для оценки однородностей среднего арифметического по каждому опыту использовался критерий Кохрена. Значимость коэффициентов регрессии определялась по критерию Стьюдента, адекватность моделей - по критерию Фишера. После получения на ЭВМ коэффициентов регрессии и выполнения проверок полученные математические модели процесса шелеобразования шнековым рабочим органом на темно-каштановой слабосолонцеватой почве и супесчаном черноземе имеют вид:

$$Y = 2,21 - 0,85X_1 - 0,74X_2 - 0,20X_3 + 0,37X_1^2 + 0,67X_2^2 + 0,91X_3^2 + 0,32X_1X_2 - 0,23X_1X_3 + 0,25X_2X_3, \quad (12)$$

$$Y = 1,50 + 0,49X_1 - 0,27X_2 + 0,17X_3 + 0,34X_1^2 + 0,79X_2^2 + 0,39X_3^2 - 0,28X_1X_2 - 0,50X_1X_3 + 0,42X_2X_3. \quad (13)$$

Данные уравнения позволили установить зависимость энергоёмкости исследуемого процесса от выбранных факторов и оценить степень и характер самостоятельного и совместного влияния факторов на выходной параметр. Для анализа данного процесса были построены двумерные сечения поверхности отклика в области эксперимента. Анализируя полученные результаты следует отметить, что характер зависимостей шелеобразования на двух типах почв носит схожий характер. Поверхности откликов двумерных сечений имеют вид эллипсных впадин с ярко выраженной точкой экстрима. Для определения оптимального значения факторов, при которых показатель энергоёмкости процес-

са является минимальным, использовался метод скользящего допуска. В результате этого найдены оптимальные значения независимых факторов, которые равны: для супесчаного чернозема  $f = 10,37c^{-1}$ ,  $t = 65$  мм и  $d/D = 0,47$ ; для темно-каштановой слабосолонцеватой почвы  $f = 14,81c^{-1}$ ,  $t = 71$  мм и  $d/D = 0,52$ . Сопоставляя значения факторов следует отметить, что в данных почвенных условиях можно использовать шнек с одинаковыми геометрическими параметрами, изменяя только частоту его вращения. После решения компромиссной задачи получены следующие значения факторов:  $t = 68$  мм и  $d/D = 0,495$ . Затраты мощности при этом соответственно равны 1,43 кВт/м и 1,89 кВт/м.

С целью проведения экспериментальных исследования был изготовлен макетный образец посадочного аппарата. Определение технологических показателей его работы в полевых условиях выполнялось с использованием моделей зимних прививок. Посадка растений осуществлялась на тех же кинематических режимах работы, на которых исследовалась траектория движения захвата. Результаты исследования показали, что шаг посадки растений составил при:  $\lambda = 0,9$   $t = 23,8$  см;  $\lambda = 1$   $t = 19,5$  см и  $\lambda = 1,23$   $t = 18,8$  см, т.е. шаг посадки по сравнению с теоретическим увеличился, что объясняется скольжением опорно-приводных колес. Во время работы посадочного аппарата с  $\lambda = 1,23$  увеличивался наклон высаженных растений и захват при выходе соприкасался с ними.

В ходе проведения исследований определялся наиболее эффективный тип захвата для разработанного посадочного аппарата. Использовались захваты сажалки СМН - 3, рассадопосадочных машин СРНМ - 4 и А - 821. Последний захват обеспечивал более качественное выполнение процесса посадки растений, их отклонение от вертикального положения по абсолютной величине

не не превышало 30°. На отклонение высаженных растений от оси ряда конструкция данных захватов существенно не повлияла.

С целью сравнительных исследований работы посадочных аппаратов был заложен агротехнический опыт. Для чего была изготовлена посадочная машина, содержащая три секции с различными типами посадочных аппаратов: сажалки СШН - 3, машины СШП - 5/3 и экспериментального. В качестве посадочного материала использовались зимние прививки яблони Роял Ред Делишес. Установлено, что разработанный посадочный аппарат обеспечил приживаемость высаженных зимних прививок на 5 - 6 % выше, чем два других. Шаг посадки растений составил 18,1 см, что, с учетом скольжения опорно-приводных колес, соответствует теоретическому.

Как правило, в посадочных машинах применяются прикатывающие катки цилиндрической формы с жестким ободом. В месте контакта почвы с ободом катка возникают различные зоны воздействия его на почву, что приводит к образованию перед ним валка почвы и, как следствие, это влияет на наклон высаженных растений. Для обеспечения качественной посадки зимних прививок необходимо свести к минимуму воздействие валка почвы на прививку, а воздействие обода прикатывающего катка направить на уплотнение почвы вокруг высаженного растения. С целью исследования влияния формы жесткого обода прикатывающего катка на распределение приращения твердости почвы по глубине и наклон высаженных растений были изготовлены катки с наклоном обода от 0° до 15°. Поверхность ободов этих катков была выполнена гладкой. Диаметр катков был равен 500 мм, а угол их установки составлял 20° и в ходе проведения исследований не изменялся.

На основании проведенных исследований установлено, что

наклон обода прикатывающего катка не оказал существенного влияния на отклонение высаженных растений от оси ряда, а повлиял на характер распределения приращения твердости почвы по глубине. Также установлено, что уплотнение почвы вокруг стволика высаживаемого растения происходит более интенсивно при использовании прикатывающего катка с наклоном обода  $10^{\circ}$ . Уплотнение почвы, в этом случае, происходит начиная с глубины 1 см. Качество уплотнения почвы возле высаживаемого растения можно характеризовать по усилию вытаскивания его из почвы. Так, после прохождения катка цилиндрической формы это усилие составило 10,6 Н, а с наклоном обода  $10^{\circ}$  - 149 Н. Это говорит о том, что конический прикатывающий каток с наклоном обода  $10^{\circ}$  лучше уплотняет почву вокруг высаженного растения, чем цилиндрический.

В четвертой главе "Научно-производственная проверка. Опытное внедрение. Техничко-экономическая эффективность" изложены результаты проверок в производственных условиях рабочих органов секции посадочной машины, созданных в результате выполненных исследований. Приведена экономическая эффективность при использовании посадочной машины с разработанными рабочими органами.

Научно-производственная проверка проводилась в ОПХ "Мелитопольское" и совхозе "Садовое" Мелитопольского района Запорожской области.

#### ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

1. В результате анализа известных способов и средств механизации посадки зимних прививок в плодовом питомнике установлено, что секции посадочных машин, включающие посадочные аппараты, шелеобразующие и заделывающие рабочие органы,

имеют относительно высокую удельную энергоемкость процесса и не обеспечивают необходимого качества посадки за счет: образования посадочной щели пассивными рабочими органами, значительных динамических нагрузок на посадочный аппарат при транспортировке прививок в посадочную щель, смешение слоев почвы и недостаточное ее уплотнение в зоне расположения высаженного растения.

2. Для обеспечения: минимального (до  $7^\circ$ ) отклонения от вертикального положения и от оси ряда - до  $\pm 1$  см; нагрузки в месте соединения компонентов прививки ниже критической; качественного образования и подготовки под высадку растений посадочной щели с минимальными затратами энергии на процесс; минимального перемещения и максимально допустимого уплотнения почвы в зоне высадки растения наиболее перспективными являются лучевые посадочные аппараты, активные щелеобразующие рабочие органы с вертикальной осью вращения, прикатывающие катки с конической рабочей поверхностью.

3. По результатам теоретических исследований установлено, что на условия:

- рационального транспортирования прививок в посадочную щель доминирующее влияние оказывает направляющая роликов рычагов переменной длины посадочного аппарата, а также доказано, что направляющая должна состоять из трех участков: дуги окружности, горизонтального участка, расположенного несимметрично относительно вертикальной оси посадочного аппарата, и переходных кривых, обеспечивающих первый порядок гладкости в стыковых точках и S - образную форму графика центростремительного ускорения ролика;

- эффективного образования посадочной щели существенное влияние оказывает тип рабочего органа, а также установлена

целесообразность применения активного рабочего органа с винтовой линейчатой поверхностью, у которого шаг  $t = 68$  мм, а отношение диаметра вала к диаметру шнека  $d/D = 0,435$ :

- минимального перемещения и максимально допустимого уплотнения почвы в зоне расположения высаженного растения существенное влияние оказывают параметры формы и положения прикатывающих катков, а также установлено, что наиболее рациональной формой является коническая рабочая поверхность, у которой угол между осью вращения и образующей составляет  $10^\circ$ .

4. Разработаны математические зависимости, позволяющие определить параметры переходных кривых, траектории движения захватов и производить расчеты оптимальных режимов работы рабочих органов секции посадочной машины.

5. На основании результатов проведенных исследований разработана секция посадочной машины, позволяющая за счет рациональных геометрических и кинематических параметров рабочих органов снизить удельные затраты на процесс образования посадочной щели в 1,5 - 1,6 раза по сравнению с сошником посадочной машины СШН - 3, обеспечить минимальное ( $< 4 \cdot 10^{-3}$  Нм/мм<sup>2</sup>) напряжение в месте соединения компонентов зимней прививки и максимально допустимого уплотнения почвы в зоне расположения прививки. При этом основными конструктивно-технологическими параметрами являются: скорость движения агрегата - 0,058 м/с, частота вращения шнекообразующего рабочего органа для супесчаного чернозема -  $10,31$  с<sup>-1</sup>, для темно-каштановой слабосолонцеватой почвы -  $14,81$  с<sup>-1</sup>; коэффициент кинематического режима работы посадочного аппарата  $0,9 < \lambda \leq 1$ ; количество захватов - 12 шт.

6. Экспериментально установлены и проверены в хозяйственных условиях подтверждены технико-экономические показа-

тели:

- удельные затраты энергии на образование посадочной шели составили для: супесчаного чернозема -  $23,84 \text{ кВт/м}$ , темно-каштановой слабосолонцеватой почвы -  $31,51 \text{ кВт/м}$  при скорости перемещения -  $0,06 \text{ м/с}$ ;

- отклонения высаженных растений от вертикального положения находилось в пределах  $7^\circ$ , а от оси ряда -  $\pm 1$  см при шаге посадки 16 - 18 см;

- годовой экономический эффект от внедрения посадочной машины, содержащей четыре посадочные секции, созданных с учетом результатов выполненных исследований, составил (по ценам на январь 1985 года) 70,052 млн.крб. по сравнению с улучшенной конструкцией сажалки СШН - 3.

Основные положения работы опубликованы в следующих работах:

1. Механизированная технология производства саженцев, выращиваемых способом зимней прививки /Р.К. Василенко, В.К. Кукушкин, С.М. Саньков, А.А. Строй.-Буклет, Запорожье, 1983. -3 с.
2. Кукушкин В.К., Строй А.А., Саньков С.М. Механизация ручного труда при выращивании посадочного материала в плодовом питомнике //Пути сокращения применения ручного труда в отраслях пищевой промышленности: Тез. докл. Республ. науч.-техн. конф. - Запорожье, 1984. - С. 4 - 6.
3. Кукушкин В.К., Строй А.А., Саньков С.М. Совершенствование конструкций машин и орудий при механизированной технологии производства саженцев плодовых культур //Комплексная механизация возделывания плодовых, ягодных культур и винограда: Тез. докл. Всесоюзн. науч.-техн. конф. - Краснодар, 1984. - С. 205 - 208.
4. Саньков С.М., Кукушкин В.К. К обоснованию типа ш-

леобразушего рабочего органа посадочной машины //Интенсификация садоводства - составная часть выполнения продовольственной программы СССР: Тез. докл. обл. науч.-техн. конф. - Мелитополь, 1985. - С. 142 - 143.

5. Саньков С.М., Строй А.А., Дмитренко Н.Г. Результаты исследования посадочного аппарата для посадки зимних прививок плодовых культур в поле питомника //Молодые ученые и специалисты - реализации региональных целевых комплексных программ, ускорению научно-технического прогресса: Тез. докл. II обл. науч.-техн. конф. - Запорожье, 1986. - С. 165 - 166.

6. Саньков С.М., Строй А.А., Кукушкин В.К., Илюхин В.В. Совершенствование конструкции посадочной машины для плодовых культур //Тракторы и сельскохозяйственные машины 1990. - N 10. - С. 25 - 27.

7. Караев О.Г., Саньков С.М., Цимбал В.І. Геометричне моделювання прямої садильного апарату для зимових щеплень //Тез. доп. Міжнар. наук.-метод. конф. - Львів, 1994. - С. 71-72.

8. Саньков С.М. Результати досліджень прикочуючих котків садильних машин для плодового розсадника //Тез. доп. міжнар. наук.-техн. конф. з питань розвитку механізації, електрифікації, автоматизації та технічного сервісу АПК в умовах ринкових відносин. - Глеваха, 1995. - Ч. II. - С. 177.

9. А.с. 1063307 СССР, МКИ<sup>4</sup> А 01 С 11/02. Посадочный аппарат /В.К. Кукушкин, С.М. Саньков, А.А. Строй (СССР). - Оpubл. 30.12.83. Бюл. 48. - 3 с.

10. А.с. 1123567 СССР, МКИ<sup>4</sup> А 01 С 11/02. Посадочный аппарат /В.К. Кукушкин, С.М. Саньков, С.К. Чобану, Н.М. Миронов (СССР). - Оpubл. 15.11.84. Бюл. 42. - 4 с.

Sankov S.M. Validity of the tools of the section of the machine for planting winter grafts of fruit cultures.

Thesis on technical science candidate's degree on speciality 05.20.01-farm production mechanization. Tavrija State Agrotechnical Academy.-Melitopol.1995.

Thesis containing theoretical and experimental investigation on planting machine working organs, geometrical and technological parameters is under defence. Winter inoculation destruction critical moment value and its dependence on inoculation diameter was obtained. The planting device enabling to increase planted crops striking roots for 5-6% was worked out.

Key words: slot creating working organ, planter, winter inoculation, compacting roller.

Саньков С.М. Обґрунтування робочих органів секції машини для садіння зимових щеплень плодових культур.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.20.01 - механізація сільськогосподарського виробництва. Таврійська державна агротехнічна академія. - Мелітополь, 1995.

Захищається дисертаційна робота, яка містить в собі теоретичні та експериментальні дослідження по обґрунтуванню геометричних та технологічних параметрів робочих органів секції садильної машини. Виявлена величина критичного моменту руйнування зимового щеплення та його залежність від її діаметру. Розроблена секція садильної машини, яка дозволяє на 5 - 6 % збільшити приживання висаджених зимових щеплень плодових рослин.

Ключеві слова: шліфоутворюючий робочий орган, садильний апарат, зимове щеплення, прикочуючий коток.









453508

AB 33.962