

СЕКЦИЯ 4
ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ
РАБОЧИХ ОРГАНОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ
МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ

УДК 631.3:635

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАБОТЫ
МАШИН ДЛЯ ФРЕЗЕРОВАНИЯ ПРИСТВОЛЬНЫХ ПОЛОС

И.Г. Смирнов¹, к.с.-х.н.; Н.Н. Романюк², к.т.н., доцент;
Д.О. Хорт¹, к.с.-х.н.; Р.А. Филиппов¹, к.с.-х.н.; С.В. Есипов²
¹ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ»;
г. Москва, Российская Федерация
²Белорусский государственный аграрный технический университет,
г. Минск, Республика Беларусь

Введение

Одной из составных частей технологии выращивания плодовых и ягодных культур является технологический процесс обработки почвы в многолетних насаждениях. Качество его выполнения определяется показателями, которые зависят от функциональных возможностей применяемых технических средств.

Основная часть

Оригинальная фреза с выносной секцией [1] предназначена для сплошной обработки почвы и уничтожения сорняков в междурядьях виноградников и садов интенсивного типа (рисунок 1).



Рисунок 1. – Фреза универсальная с выносной секцией

Определим ширину захвата фрезерной секции B_p (рисунок 2)

$$\begin{cases} B_p = 2(e + e') + d_\sigma \\ B_p = k \cdot d_\sigma \end{cases}, \quad (1)$$

где e – ширина защитной зоны, м; e' – перекрытие линии ряда, м; d_σ – диаметр фрезерного барабана, м; k – количество фрезерных барабанов на корпусе, шт.

На основе уравнений (1) установлено, что для обработки полосы необходимой ширины, с учетом перекрытия, достаточно разместить на поворотном корпусе четыре барабана диаметром $d_\sigma=0,32$ м.

Уравнение абсолютного движения точки A_{ij} , принадлежащей j -му ножу i -го вертикального ротора, при обходе штамба (рисунок 3) имеет вид

$$\begin{cases} X_{ij} = l_i \cos(\Phi + \Delta\Phi_i) + r_i \cos \alpha_{\rho ij} \\ Y_{ij} = -l_i \sin(\Phi + \Delta\Phi_i) + \mathcal{G}_n t + r_i \sin \alpha_{\rho ij} \end{cases}, \quad (2)$$

где l_i – расстояние от центра i -го барабана до оси подвеса корпуса, м; r_i – радиус точки i -го барабана, м; Φ – текущий угол поворота корпуса, рад; $\Delta\Phi_i$ – исходный угол поворота i -го барабана относительно оси подвеса (угловой сдвиг i -го барабана), рад; \mathcal{G}_n – поступательная скорость движения агрегата, м/с; t – текущее время, с; $\alpha_{\rho ij}$ – текущий угол поворота j -го ножа на i барабане, рад.

Абсолютная скорость движения ножа, она же скорость резания $\mathcal{G}_{\rho ij}$, определится из системы уравнений

$$\begin{cases} \mathcal{G}_{xij} = -l_i \Omega \sin(\Phi + \Delta\Phi_i) - r_i \omega_i \sin \alpha_{\rho ij} \\ \mathcal{G}_{yij} = -l_i \Omega \cos(\Phi + \Delta\Phi_i) + \mathcal{G}_n + r_i \omega_i \cos \alpha_{\rho ij} \end{cases}, \quad (3)$$

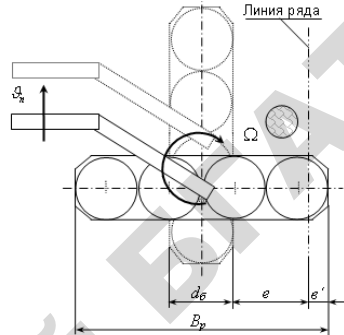


Рисунок 2. – К обоснованию ширины захвата рабочих органов

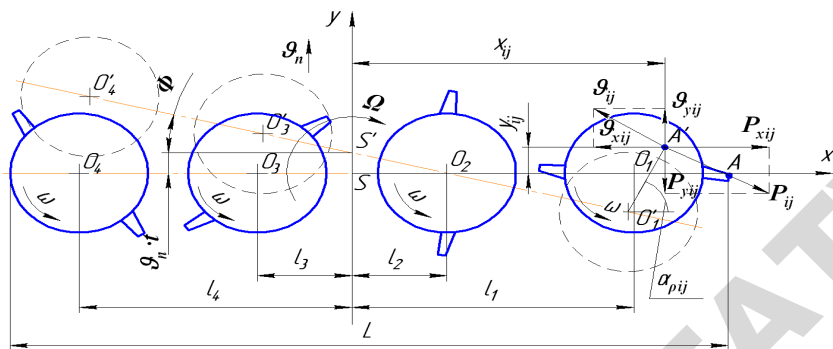


Рисунок 3. – К обоснованию кинематики и динамики рабочих органов при обходе штамба

где Ω – угловая скорость поворота корпуса при обходе штамба, с^{-1} ; ω_i – угловая скорость вращения i -го ротора относительно неподвижной системы координат, с^{-1} .

Реакцию со стороны почвы P_{ij} на нож вертикального ротора можно представить в виде суммы сопротивлений отрезанию $P_{резij}$ и отбрасыванию $P_{отбij}$ стружки

$$P_{ij} = P_{резij} + P_{отбij} = \left(k_{ij} + \frac{1}{2} \rho \cdot k_v \cdot g_{pij}^2\right) \cdot S_{lij}, \quad (4)$$

где k_{ij} – твердость почвы, Н/м^2 ; ρ – плотность почвы, кг/м^3 ; k_v – коэффициент деформации почвы; S_{lij} – площадь проекции ножа, м^2 .

Суммарный момент, действующий на поворотный корпус относительно оси подвеса, определяется по формуле

$$M = \sum_{ij} [P_{yij} \cdot X_{ij} + P_{xij} (Y_{ij} - g_n t)], \quad (5)$$

где P_{yij} , P_{xij} – проекции реактивной силы на оси неподвижной системы координат, Н .

Дифференциальные уравнения движения корпуса при обходе штамба имеют вид:

$$J \frac{d\Omega}{dt} = M; \quad \frac{d\Phi}{dt} = \Omega; \quad \frac{d\varphi}{dt} = \omega, \quad (6)$$

где J – момент инерции корпуса, $\text{кг} \cdot \text{м}^2$.

Численное моделирование процесса обхода штамбов методом Эйлера с нулевыми начальными условиями позволило получить траекторию движения ножей поворотной секции при обработке почвы в ряду деревьев (рисунки 4 и 5). Точка A правой половины корпуса, находящейся в линии ряда, в результате поворота переместится в точку A' . При этом левая половина корпуса (точка B) заходит в ряд деревьев, но уже с другой стороны штамба (точка B').

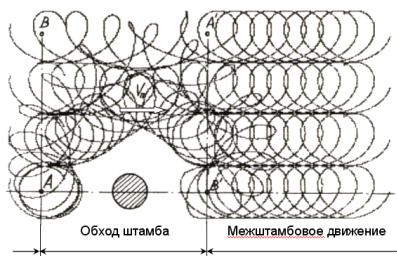


Рисунок 4. – Траектории движения ножей поворотной секции при обработке почвы в ряду деревьев

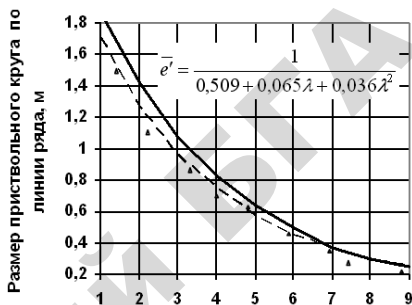


Рисунок 5. – Зависимость пути e' , от кинематического показателя фрезы λ :
(—) теоретическая,
(---) экспериментальная

Основным условием работоспособности машины является соответствие пути, проходимого за время поворота секции на 180° , размеру защитного приствольного круга по ходу движения $e' = 0,51$ м. Это условие выполнимо при соотношении окружной и поступательной скоростей рабочих органов $\lambda = 5,8$.

График изменения мощности, расходуемой на фрезерование почвы по мере продвижения вдоль ряда (рисунок 6), показывает, что при обходе штамба энергоёмкость процесса падает. Это объясняется уменьшением ширины захвата рабочих органов.

Отслеживание положения ножа в почве, в обработанной или необработанной ее части, позволило установить зависимость площади обработанных зон от параметров и режимов работы устройства. Установлено (рисунок 7), что только при установке на каждом барабане четырех ножей с шириной захвата $b_0 = 0,07$ м наблюдается подрезаемость сорняков, соответствующая агротребованиям.

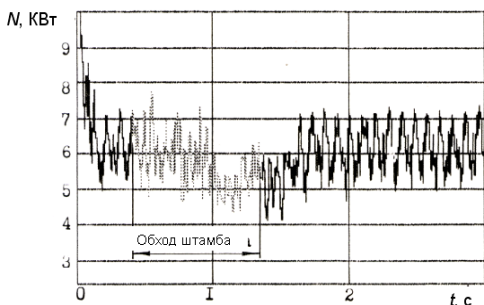


Рисунок 6. – Зависимость мощности N на фрезерование почвы, от времени t

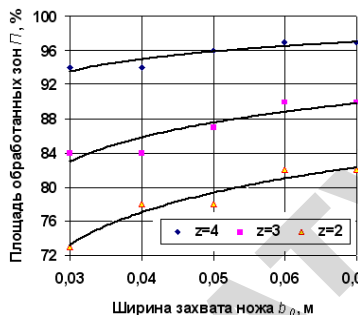


Рисунок 7. – Зависимость площади обработанных зон Π от количества ножей на барабане z и ширины захвата ножа b_0

Заключение

Предложена оригинальная конструкция выносной секции фрезы садовой, использование которой позволит повысить точность и качество обработки межствольной зоны междурядий садовых насаждений. Проведенные исследования позволили установить, что для обработки полосы необходимой ширины, с учетом перекрытия, достаточно разместить на поворотной секции четыре фрезерных барабана. Численное моделирование процесса обхода штамбов методом Эйлера с нулевыми начальными условиями позволило получить траекторию движения ножей поворотной секции при обработке почвы в ряду деревьев. Установлено, что при установке на барабане четырех ножей с шириной захвата $b_0 = 0,07$ м наблюдается полная подрезаемость сорняков.

Список использованной литературы

1. Выносная секция фрезы садовой : патент 2544378 С1 Российской Федерации, МПК А 01В 39/16 ; А 01В 33/02 / А.Ю. Измайлов (RU), Я.П. Лобачевский (RU), И.Г. Смирнов (RU), Д.О. Хорт (RU), Р.А. Филиппов (RU), Н.Н. Романюк (BY) ; заявитель ГНУ ВИМ Россельхозакадемии (RU).– № 2013153026/13 ; заявл. 29.11.2013 ; опубл. 20.03.2015 // Федеральная служба по интеллектуальной собственности. – 2015, Бюл. №8.