

УДК 631.316

**ПОДБОР ЭЛЕМЕНТОВ ГИДРОПРИВОДА И УПРАВЛЕНИЕ
ВЫДВИЖНЫМИ СЕКЦИЯМИ ОРУДИЙ ДЛЯ ОБРАБОТКИ
ПОЧВЫ В ПРИСТВОЛЬНЫХ ЗОНАХ ДЕРЕВЬЕВ И ВИНОГРАДА****Саньков С.М., Карташов С.Г.***(Таврийский государственный агротехнологический университет)***Тихонов А.В.***(Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства
имени П. Василенко)*

Предложена методика выбора конструктивных элементов, системы управления садовых культиваторов с поворотной лапой. Показано что технологический процесс обработки почвы в саду, возможно, выполнять на скорости агрегата до 7км/ч.

Система содержания почвы под многолетними насаждениями нуждается в значительных затратах. Использование садовых культиваторов и фрез с поворотной лапой, которая управляется с помощью гидравлической системы, позволило в значительной мере снизить эти затраты. Конструкция пластинчатого гидрораспределителя снизило усилие на поворотном щупе, которое обеспечило выполнение обработки почвы в приствольной полосе в молодых насаждениях практически уже из первого года посадки. Отпала необходимость использовать на этой операции ручную труд.

Однако, в процессе выполнения технологической операции обработки грунта в приствольных полосах возникает вопрос размера защитной зоны возле штамба дерева. Этот показатель в первую очередь зависит от вида многолетних насаждений и их возраста. При необходимости при работе орудия необходимо вносить те или иные изменения, которые направлены на корректирование работы рабочих органов с целью предотвращения повреждения корней дерева [1].

Для обработки почвы в приствольных полосах многолетних насаждений используется много машин и орудий, как отечественного производства, так и зарубежного. Неизменным остается принцип управления их рабочими органами. Как правило, в состав конструктивных элементов системы управления входят управляющий и исполнительный механизм. Они имеют разные конструктивные и технологические параметры, которые оказывает непосредственное влияние на размер и конфигурацию защитной зоны возле штамба дерева.

В качестве примера методики определения этих параметров можно рассмотреть культиватор КСГ-5. Этот культиватор имеет широкий диапазон ширины захвата, что в сочетании с разными почвенноклиматическими

условиями дает возможность использовать его с разными тракторами. В свою очередь они имеют разные насосы в гидравлических системах, а культиватор можно комплектовать разными типами гидроцилиндров и управляющих механизмов.

1 Определение длины хода поршня гидроцилиндра и рабочего давления масла в нем.

Технологическая операция работы поворотной лапы культиватора заключается в том, что она должна уничтожать сорняки и рыхлить почву в приствольной полосе многолетних насаждений. Для обеспечения подрезания корневой системы сорняков угол γ (Рис. 1.) установки лезвия ножа поворотной лапы должен отвечать требованию:

$$\gamma = 90^\circ - \alpha_k, \quad (1)$$

где α_k – угол трения растений по стали, $\alpha_k = 26^\circ - 27^\circ$, [3]

Исходя из этого, угол установки лезвия поворотной лапы по отношению к направлению движения агрегата n-n равняется 60° .

Рычаг штока гидроцилиндра ОВ устанавливается на одной оси с поворотной лапой. Для обеспечения максимальной скорости отвода и ввода поворотной лапы в приствольную полосу угол установки этого рычага по отношению к направлению движения машины должен равнять $\alpha/2$.

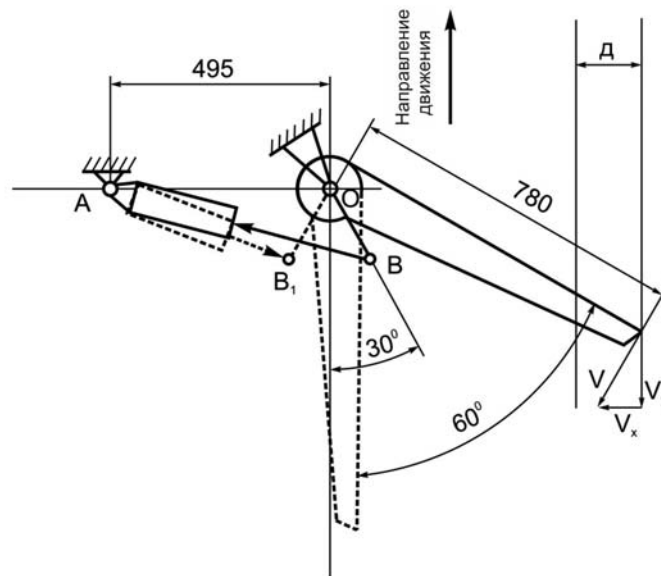


Рисунок 1 – Кинематическая схема привода поворотной лапы

Таким образом: $\angle AOB = 90^\circ + 30^\circ = 120^\circ$

Длина рычага $OB = 0,16$ м. В $\triangle AOB$ по теореме косинусов можно определить длину AB

$$AB = \sqrt{AO^2 + OB^2 - 2 \cdot AO \cdot OB \cdot \cos \angle AOB} \quad (2)$$

Во время обхода штамба дерева лапа принимает другое крайнее положение. В этом случае рычаг занимает положение OB_1 . В этом случае рычаг гидроцилиндра принимает положение OB_1 .

$$\angle AOB_1 = \angle AOB - 60^\circ = 120^\circ - 60^\circ = 60^\circ \quad (3)$$

По теореме косинусов

$$AB_1 = \sqrt{AO^2 + OB_1^2 - 2 \cdot AO \cdot OB_1 \cdot \cos \angle AOB_1} \quad (4)$$

Итак, для выполнения технологического процесса отвода поворотной лапы от штамба дерева необходимо чтобы ход поршня гидроцилиндра был равен:

$$H = AB - AB_1$$

Давление масла в гидроцилиндре направлено на удержание лапы в рабочем положении, подвод и вывод ее из приствольной полосы. Максимальное давление масла в гидроцилиндре будет в двух положениях поворотной лапы: во время удержания ее в рабочем положении и при вводе ее в ряд насаждений.

Нож, выдвинутый в ряд насаждений, воздерживается в рабочем состоянии гидроцилиндром через рычаг (Рис. 2).

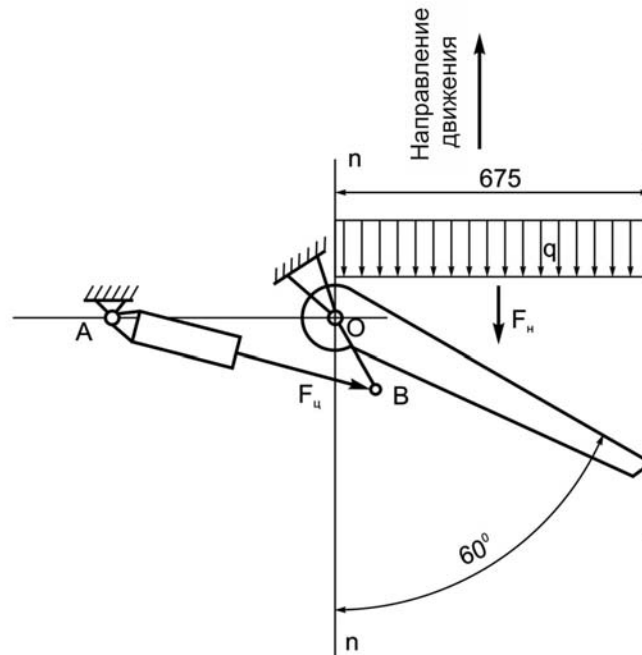


Рисунок 2 – Схема действующих сил на поворотную лапу в рабочем положении

Усилие почвы на нож можно определить через удельное сопротивление ее q и ширину захвата ножа L :

$$F_i = q \cdot L, \quad (5)$$

где q – удельное сопротивление почвы.

Крутящий момент, который создает эта сила относительно оси вращения, равняется:

$$M_n = q \frac{L^2}{2} \quad (6)$$

Противодействующей силой является сила, которую создает давление масла в гидроцилиндре, $F_{ц}$:

$$F_{ц} = P \frac{\pi \cdot d^2}{4}, \quad (7)$$

где P – давление рабочей жидкости на поршень гидроцилиндра, кПа;

D – диаметр поршня гидроцилиндра, м.

Крутящий момент, который создает эта сила, равняется:

$$M_{ц} = F_{ц} \cdot OK, \quad (8)$$

где OK – фиктивное плечо силы $F_{ц}$.

Величину фиктивного плеча OK можно найти как высоту ΔAOB на основании AB . Зная все стороны треугольника за формулой Герона находим его площадь:

$$S_{\Delta AOB} = \sqrt{p \cdot (p - AO) \cdot (p - OB) \cdot (p - AB)}, \quad (9)$$

где p – полупериметр ΔAOB

$$p = \frac{AO + OB + AB}{2} \quad (10)$$

Но

$$S_{\Delta AOB} = \frac{AB \cdot OK}{2}. \quad (11)$$

Откуда

$$OK = \frac{2 \cdot S_{\Delta AOB}}{AB}.$$

Приравняв моменты, которые создают силы $F_{н}$ и $F_{ц}$ относительно оси поворота ножа, можно определить давление рабочей жидкости в гидроцилиндре.

$$P \cdot OK \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} = \frac{q \cdot L^2}{2}, \quad (12)$$

$$P = \frac{2 \cdot q \cdot L^2}{OK \cdot \pi \cdot D^2} \quad (13)$$

При вводе поворотной лапы в ряд насаждений усилия почвы на него воспринимаются на ширине захвата 0,78 м (рис. 3). В этом случае необходимо принять к вниманию, что усилие на нож лапы будут действовать не одинаково по всей ширине его захвата, а пропорционально расстоянию от оси поворота, так как точки лезвия ножа при повороте проходят неодинаковое расстояние. Поэтому возле оси поворота эти усилия можно принимать равными 0, а на конце лапы они принимают максимальное значение. По этому в среднем их можно принимать $q = 1,1 \text{ кН/м}$.

Расчеты давления рабочей жидкости при вводе поворотной лапы в ряд насаждений выполнялись аналогично. Результаты расчетов следующие:

$$OK_1 = 0,158 \text{ м}; S_{\Delta AOB} = 0,0395 \text{ м}^2; P = 874 \text{ кПа}.$$

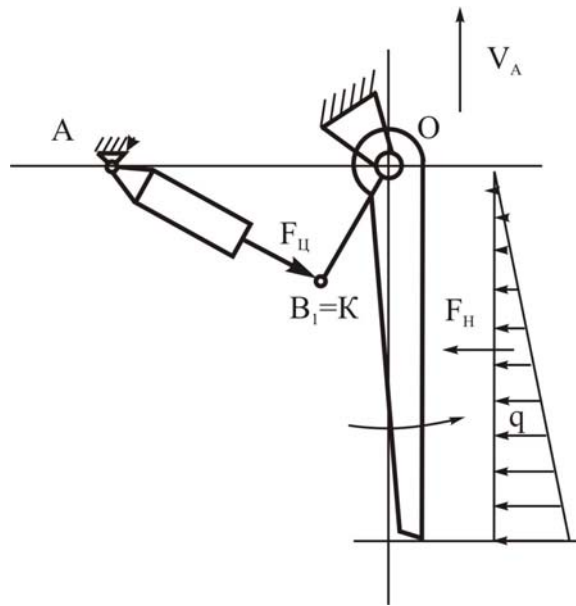


Рисунок 3 – Схема действующих сил на поворотную лапу во время начала движения в ряд насаждений

Таким образом, при выполнении технологического процесса обработки приствольных полос сада на культиватор КСГ-5 может устанавливаться гидроцилиндр ЦС-55 с ходом поршня $H = 153$ мм. Давление рабочей жидкости в гидроцилиндре при работе не будет превышать допустимых норм [2].

2 Определение траектории движения поворотной лапы.

Качественное выполнение технологического процесса обработки почвы в междурядьях и приствольных полосах сада зависит от правильного подбора гидроцилиндра. От соотношения емкости полости гидроцилиндра и производительности установленного в гидросистеме трактора насоса зависит угловая скорость поворота лапы, т.е. скорость выхода ее из ряда деревьев и возвращение ее в первоначальное положение. Это, в свою очередь, влияет на площадь необработанной почвы вокруг штамба дерева.

Таким образом, при обработке почвы в приствольной полосе многолетних насаждений необходимо учитывать не только схему посадки деревьев, но и правильное соотношение скорости движения агрегата со скоростью поворота лапы.

Скорость поворота лапы обусловлена скоростью движения штока гидроцилиндра. Она, в свою очередь, зависит от производительности гидравлического насоса и объемов полостей рабочего гидроцилиндра.

Отклонение лапы от штамба дерева происходит при подаче масла в штоковую пустоту гидроцилиндра. Скорость движения штока гидроцилиндра при его втягивании рассчитывается за формулой [2]:

$$V_{ш} = \frac{0,2 \cdot Q}{D^2 - d^2}, \text{ м/с} \quad (14)$$

где Q – производительность гидравлического насоса, л/мин;

D – диаметр поршня гидроцилиндра, $D = 5,5$ см;

d – диаметр штока гидроцилиндра, $d = 3,0$ см.

Тракторы типа МТЗ-80 комплектуются насосом НШ-32 производительностью 32 л/мин. = 533см³/с [2].

Место крепления гидроцилиндра расположено таким образом, что сила прикладывается к рычагу ОВ (рис. 4) не под прямым углом. Во время работы угол ОВА постоянно изменяется. Это указывает на тот факт, что угловая скорость лапы при выходе и входе ее из приствольной полосы не одинаковые по величине.

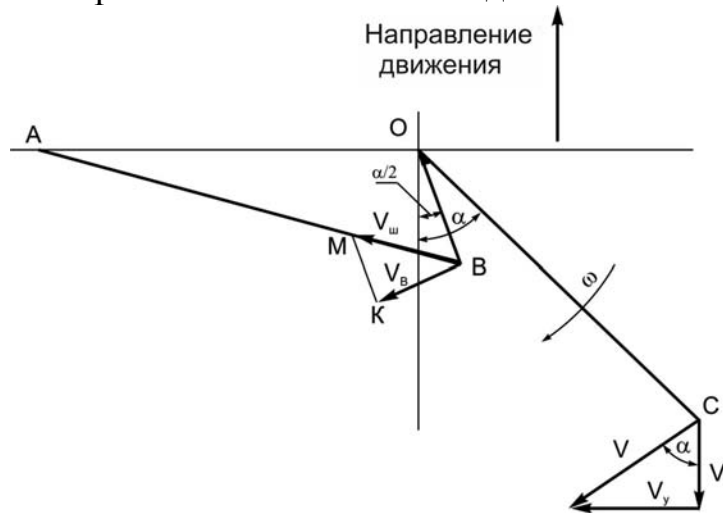


Рисунок 4 – К расчету угловой скорости поворота лапы

Схематично поворотную лапу можно представить отрезком ОС ее лезвия. Меж рычагом ОВ и лапой ОС сохраняется постоянный угол из-за того, что они закреплены жестко на одной оси. Таким образом во время работы рычаг ОВ осуществляет поворот относительно оси О на угол 60°. Рычаг установлено таким образом, что относительно направления движения он оборачивается на угол $\alpha/2$.

З ΔAOB по формуле 2 находим АВ. Угол ОВА равняется:

$$\angle OBA = \arccos \frac{AB^2 + OB^2 - AO^2}{2 \cdot AB \cdot OB}, \quad (15)$$

$$\angle MBK = 90^\circ - \angle OBA \quad (16)$$

Угловая скорость рычага ОВ равняется:

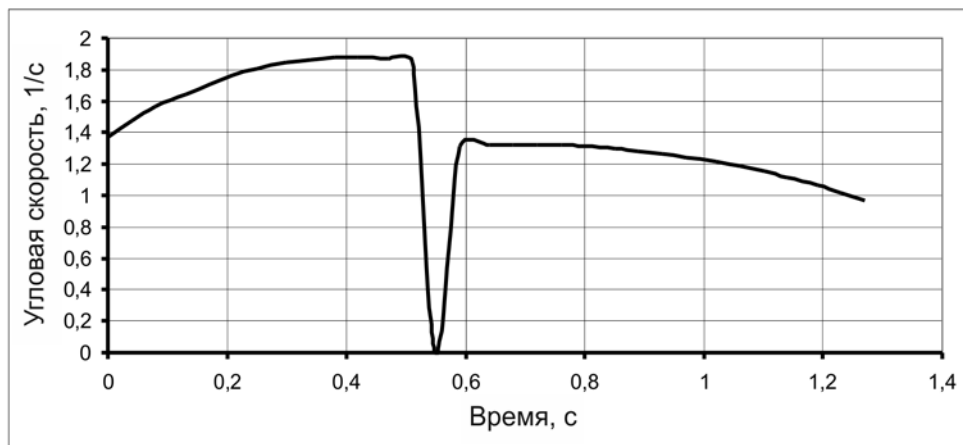
$$\omega = \frac{V_u \cdot \cos \angle MBK}{OB} \quad (17)$$

Культиватор КСГ-5 может агрегатироваться в зависимости от ширины захвата с тракторами класса 14 кН и 30 кН, гидравлическая система которых может комплектоваться насосами НШ-32 или НШ-46. В свою очередь ширина захвата культиватора зависит от ширины посадки деревьев. На культиватор для осуществления поворота лапы может устанавливаться гидроцилиндры ЦС-55 и ЦС-40.

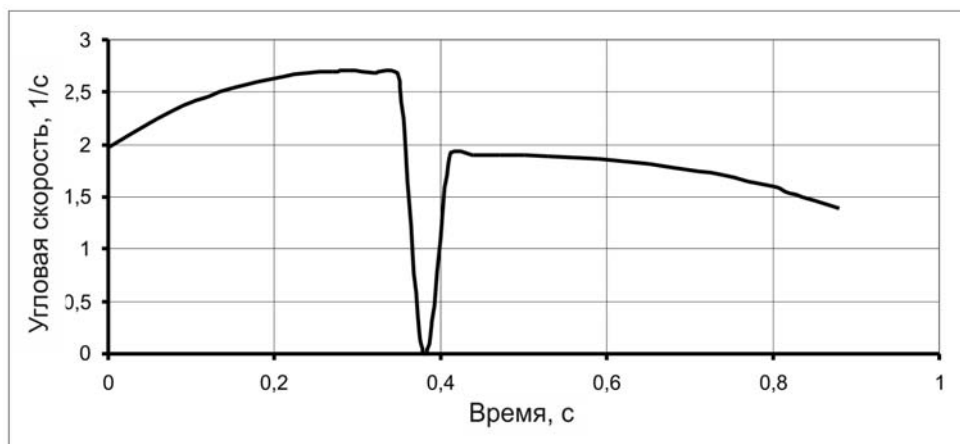
Были также проведены расчеты и для насоса НШ-10, которые показали, что даже при использовании гидроцилиндра ЦС-40, продолжительность рабочего цикла составляет более 2с. Это обстоятельство приведет к значительному снижению рабочей скорости машины – 2-3 км/ч.

По приведенным формулам для возможных соотношений комплектации были проведены расчеты, результаты которых представлено на рис. 5.

Анализируя приведенные результаты расчетов в графическом виде можно сделать вывод, что такая комплектации культиватора обеспечивает продолжительность рабочего цикла выхода и возвращения поворотной лапы в приствольную полосу деревьев не более как за 1,5 с. Таким образом подбором длины щупа можно обеспечить качественное выполнение технологического процесса обработки почвы в приствольных полосах при скорости движения агрегата 5 – 7 км/ч.



НШ-32



НШ-46

Рисунок 5 – Изменение угловой скорости поворота лапы при использовании гидроцилиндра ЦС-55 в зависимости от марки насоса

Для выбора рациональной скорости движения агрегата было рассчитано траектория движения поворотной лапы, которая осуществляет сложное движение: относительное движение (поворот относительно оси O) и переносное (движение агрегата). Точка O лезвия лапы осуществляет абсолютное движение вдоль оси абсцисс и изменяется у нее только координаты по оси X . Точка C осуществляет два движения, перемещается ее центр обращения ($t. O$) и она поворачивается относительно $t. O$ с угловой скоростью ω .

Пусть в начальный момент лезвие лапы занимает положение OC (Рис. 6), которое задается координатами точек $O (X_0, Y_0)$ и $C (X_C, Y_C)$. Спустя некоторое время лезвие будет занимать положение O_1C_1 с координатами точек $O_1 (X_{O_1}, Y_{O_1})$ и $C_1 (X_{C_1}, Y_{C_1})$. Изменение координат точек можно записать следующими уравнениями:

для точки O_1 :

$$\begin{cases} X_{O_1} = X_0 + V \cdot t \\ Y_{O_1} = Y_0 \end{cases} \quad (18)$$

для точки C_1 :

$$\begin{cases} X_{C_1} = X_0 - OC \cdot \cos(60^\circ - \omega \cdot t) \\ Y_{C_1} = Y_0 + OC \cdot \sin(60^\circ - \omega \cdot t) \end{cases} \quad (19)$$

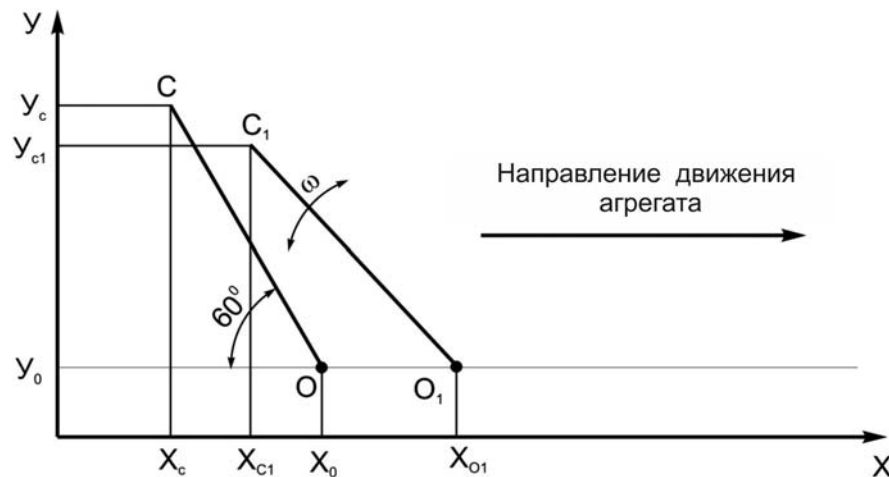


Рисунок 6 – Схема к определению траектории движения поворотной лапы

Скорость движения агрегата при выполнении технологического процесса обработки почвы принимали согласно рекомендациям [3], угловые скорости поворотной лапы нами были рассчитаны раньше. Схема посадки сада была выбрана 4×2 , как более распространенная для семечковых культур. Для расчета траектории движения поворотной лапы были сделаны расчеты с помощью программы Microsoft Excel. Результаты сделанных расчетов представлены на рис.7.

Из анализа представленных графических материалов ясно, что технологический процесс обработки почвы в саду возможно выполнять на скорости агрегата до 7 км/ч . Поворотная лапа успевает занять при этом режиме свое рабочее положения. Таким образом подобранные рабочие органы системы гидроуправления поворотной лапой культиватора способны обеспечить качественное выполнение технологического процесса обработки почвы в приствольных полосах сада.

Для обеспечения дальнейшего снижения площади необработанной почвы возле штамба дерева необходимо отрегулировать длину щупа.

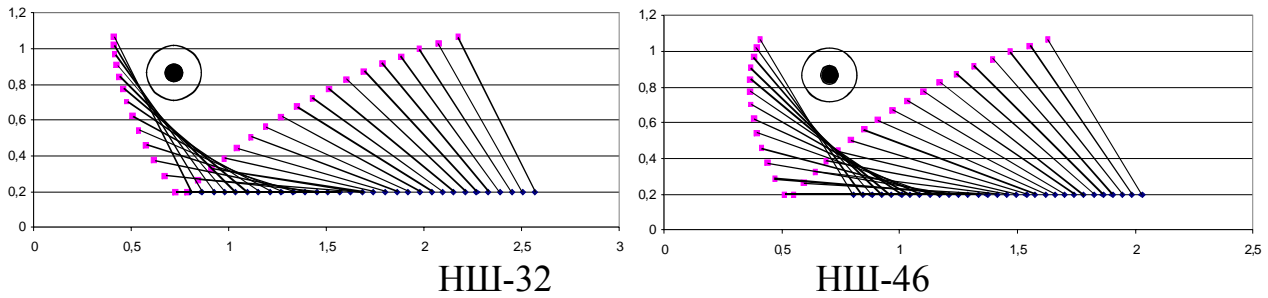


Рисунок 7 – Траектория движения поворотной лапы в зависимости от марки насоса гидросистемы при использовании гидроцилиндра ЦС-55 и скорости движения агрегата 7 км/ч

Вывод. На основании расчетов установлено, что на размер и конфигурацию зоны необработанной почвы возле штамба дерева оказывают непосредственное влияние конструктивно-технологические характеристики управляющих и исполняющих элементов, как трактора, так и сельскохозяйственных машин и орудий.

Список литературы

1. Савін М. Пристовбурний обробіток / Савін М, Сапожніков А, Кувшинов А, Возняк Г. // Садівництво по-українськи, – №1, 2014 – с. 73-75.
2. Фрумкис И.А. Гидравлическое оборудование тракторов, автомобилей и сельскохозяйственных машин. – М.: Колос, 1971.
3. Бабенко А.Є. Довідник з механізації садівництва / А.Є. Бабенко, В.П. Бабій, М.О. Демидко та ін.; За ред.. М.О. Демидка.- 2-е вид., перероб. і доп. – К.: Урожай, 1992.

Анотація

ПІДБІР ЕЛЕМЕНТІВ ГІДРОПРИВОДУ І УПРАВЛІННЯ ВИСУВНИМИ СЕКЦІЯМИ ЗНАРЯДЬ ДЛЯ ОБРОБКИ ҐРУНТУ В ПРИСТВОЛОВИХ ЗОНАХ ДЕРЕВ І ВИНОГРАДУ

Саньков С.М., Карташов С.Г., Тіхонов О.В.

SELECTION OF ELEMENTS OF A HYDRAULIC DRIVE AND CONTROL SLIDING PARTITIONS TOOLS FOR SOIL IN THE STALK AREAS OF TREES AND GRAPES

S.Sankov, S.Kartashov, A.Tikhonov

The technique of selection of structural elements, system of management of garden cultivators with rotary paw. It is shown that technological process of processing of soil in the garden, perhaps, to perform at speeds Agra-Gata up to 7 km/h.