Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»
==========

УДК 631.434.52

Математическое моделирование процесса скашивания растительности с приствольных полос плодовых деревьев в садах

Апажев А.К., Шекихачев Ю.А., Каздохов Х.К., Полищук Е.А.

Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет им. В.М. Кокова

Аннотация

В статье проанализирован процесс работы косилки для скашивания растительности с пространства вокруг штамбов плодовых деревьев в садах. Приведены результаты теоретического исследования для обоснования величины выноса поворотной секции косилки относительно продольной оси трактора. Полученные теоретические зависимости позволяют оценить стабильность выполнения технологического процесса и полноту скашивания растительности с пространства вокруг штамбов плодовых деревьев в садах предлагаемой косилкой

Ключевые слова: САД, ПЛОДОВЫЕ НАСАЖДЕНИЯ, ШТАМБ, РАСТИТЕЛЬНОСТЬ, КОСИЛКА, СКАШИВАНИЕ, ЭФФЕКТИВНОСТЬ

В орошаемых садах и в районах с достаточным количеством осадков используют дерново-перегнойную систему, при которой междурядья плодовых насаждений после окончания формирования крон деревьев засевают многолетними злаковыми травами. Во время их высева почва должна быть достаточно плотной, чтобы не оставался путь от посевного агрегата. При выборе семян предпочтение следует отдавать травам, которые образуют неглубокую мочковатую корневую систему. Высев нужно выполнять в конце лета с внесением азотных удобрений (100…120 кг / га). Начиная со второго года растительность периодически (три-четыре раза) скашивают, не допуская ее отрастания выше 20 см. Измельченная масса распределяется по поверхности почвы, в результате чего формируется мульчирующий слой, который стабилизирует структурный и температурный режим поверхности, способствуя повышению плодородия и устойчивости почвы [1, 2].

Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»
==========

При уходе за почвой особое внимание следует обращать на его состояние в приствольных полосах плодовых деревьев. Существующие в настоящее время технические средства не могут эффективно скашивать растительность, произрастающую в данной зоне.

Для решения указанной проблемы предложена косилка для окашивания штамбов плодовых деревьев [3-8]. Основные показатели, характеризующие качество работы косилки для окашивания штамбов плодовых деревьев (полнота скашивания растительности с пространства вокруг штамба плодового дерева и степень повреждения коры штамба) зависят от многих факторов, как биологического (размещение плодовых насаждений в ряду; размерные характеристики плодовых деревьев и др.), так и технико-технологического (покрытие рабочей поверхности, контактирующей со штамбом плодового дерева; давление, передаваемое на кору плодового дерева со стороны отбойных колес; маневренность машины; микрорельеф местности и др.) характера.

При выполнении технологического процесса по скашиванию растительности в межствольной полосе и в зоне вокруг штамбов плодовых деревьев выносная поворотная секция располагается по линии ряда, контактируя со штамбами плодовых деревьев, ее несущая конструкция – в непосредственной близости от штамбов, а энергетическое средство – в свободной части междурядья.

В связи с этим условия работы косилки будут определяться:

- размещением плодовых насаждений в ряду (расстояние между плодовыми деревьями);
- размерными характеристиками плодовых деревьев (диаметр штамба);
- шириной приствольной полосы.

Основными конструктивными параметрами выносной поворотной секции косилки являются: величина выноса относительно продольной оси трактора; диаметр отбойных колес; угол установки выносной поворотной секции (линии, проходящей через центры отбойных колес) к направлению движения агрегата.

Для обоснования величины выноса поворотной секции относительно продольной оси энергетического средства рассмотрим процесс ее выхода из зацепления и входа в зацепление со штамбом плодового дерева (рис. 1).

Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»
==========

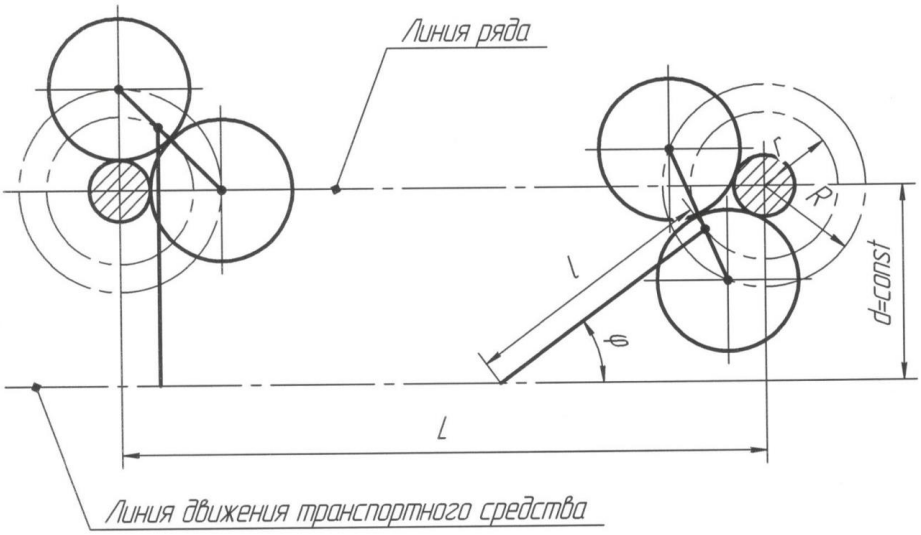

Рис. 1 – Схема к обоснованию требуемой величины выноса поворотной секции косилки

Требуемая величина выноса поворотной секции (длина рычага $|AB|$) определиться по выражению:

$$l = d + \left(\frac{d_{Ш} + d_{К}}{2}\right)\sin\theta, \qquad (1)$$

где d – расстояние между линией ряда и линией движения энергетического средства, определяемое эксплуатационными требованиями, м; $d_{Ш}$ – диаметр штамба плодового дерева, м; $d_{К}$ – диаметр отбойного колеса, м; $\theta = \left(90^{0} - \alpha\right)$ – угол, составляемый $|OB|$ с горизонталью, град.

Диаметр отбойных колес будет определяться необходимостью обеспечения среза растительности с приствольного круга плодового дерева с учетом перекрытия рабочими органами линии ряда плодовых деревьев. Требуемый диаметр отбойных колес выносной поворотной секции, обеспечивающий полную обработку пространства вокруг штамба плодового дерева за один проход агрегата, может быть определен из системы уравнений:

$$\left.\begin{aligned} D_{P} &= a + b \\ D_{P} &= d_{Ш} + d_{К} \end{aligned}\right\}, \qquad (2)$$

где a – ширина защитной зоны, м; b – перекрытие линии ряда деревьев, м.

Угол установки выносной поворотной секции α (линии, проходящей через центры отбойных колес) к линии, перпендикулярной направлению движения косилки, будет

определяться необходимостью обеспечения условия, при котором до момента начала проворачивания выносной поворотной секции вокруг штамба плодового дерева будет обработана максимально большая площадь, расположенная за штамбом плодового дерева. Данное условие будет соблюдаться, если центры ротора A (точка O_1) и штамба плодового дерева (точка K) будут располагаться на одной линии, перпендикулярной направлению движения агрегата (рис. 2).

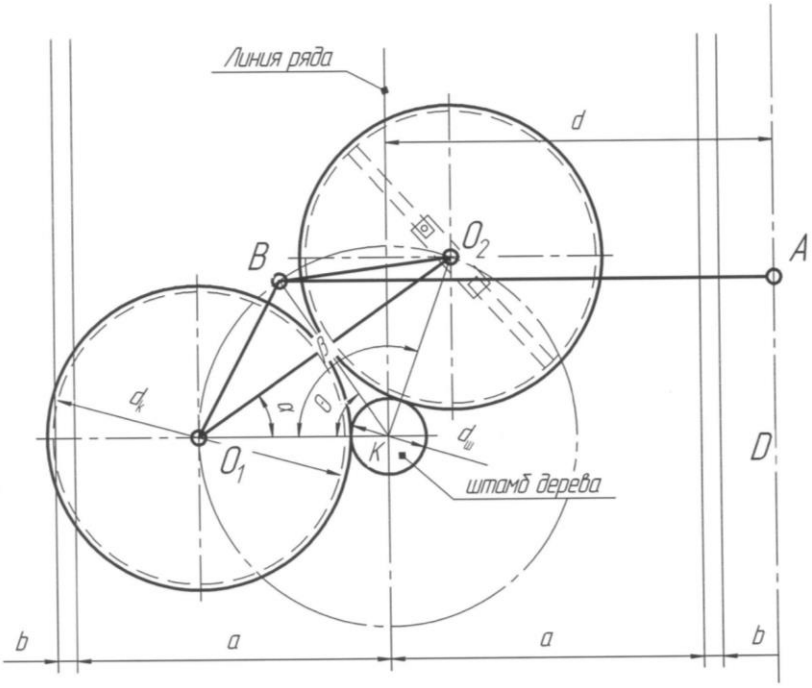

Рис. 2 – Схема к обоснованию конструктивных параметров выносной поворотной секции косилки

Рассмотрим выносную поворотную секцию в момент контакта со штамбом плодового дерева. В данном случае штамб плодового дерева представляет собой окружность, вписанную между отбойными колесами *1* и *2*. Из равнобедренного треугольника ΔO_1KO_2 имеем:

$$\beta = \arccos\left[\frac{|O_1O_2|^2 - |O_1K|^2 - |O_2K|^2}{2|O_1K|\cdot|O_2K|}\right], \qquad (3)$$

где $|O_1O_2|$ – расстояние между роторами, м.

Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»
==========

Учитывая, что в момент проворачивания поворотной секции вокруг штамба плодового дерева $|O_1K| = |O_2K| = 0{,}5(d_{Ш} + d_{К})$, получим:

$$\beta = \arccos\left\{\frac{|O_1O_2|^2 - 2[0{,}5(d_{Ш} + d_{К})]^2}{2[0{,}5(d_{Ш} + d_{К})]^2}\right\}. \quad (4)$$

Тогда угол атаки составит:

$$\alpha = \frac{180^0 - \beta}{2}. \quad (5)$$

Полный цикл работы выносной поворотной секции при скашивании растительности с пространства вокруг штамба плодового дерева можно разделить на два основных этапа, отличающихся друг от друга системой приложенных сил, определяющих движение выносной поворотной секции.

На первом этапе при скашивании растительности выносная поворотная секция вращается вокруг оси штаба плодового дерева.

На втором этапе скашивания растительности, при выходе из зацепления со штамбом плодового дерева и до возвращения в исходное положение, выносная поворотная секция вращается вокруг оси крепления поворотной планки.

Первый этап скашивания растительности в зоне приствольного круга, при котором перемещение энергетического средства вызывает вращение выносной поворотной секции вокруг штамба плодового дерева, можно разбить на два подэтапа, отличающихся друг от друга системой приложенных сил.

На первом подэтапе первого этапа поступательное перемещение энергетического средства, при контакте со штамбом плодового дерева, вызывает изменение положения основных элементов конструкции выносной поворотной секции, вызывая тем самым вращение последней вокруг штамба плодового дерева.

На втором подэтапе первого этапа, при дальнейшем поступательном перемещении энергетического средства и изменении направления вращения поворотного рычага, вращение выносной поворотной секции относительно штамба плодового дерева происходит под действием восстанавливающей силы упругого элемента последнего.

На втором этапе скашивания, с момента начала потери контакта одного из отбойных колес со штамбом плодового дерева и до возвращения системы в исходное

положение, вращение поворотной секции осуществляется под действием упругих восстанавливающих сил.

Для обеспечения полного оборота режущих элементов вокруг штамба плодового дерева с поддержанием оптимальных параметров, обеспечивающих качественное выполнение технологического процесса, окашивающая косилка снабжена выносной поворотной секцией. Стабильность выполнения технологического процесса обеспечивается при условии минимума давления на штамб плодового дерева и его неотрывности от поверхности последнего.

В конструкции выносной поворотной секции основными элементами являются возвратные пружины, жесткость которых оказывает существенное влияние на упругую характеристику механизма в целом, и, как следствие, на силы давления, передаваемые со стороны каждого из отбойных колес на штамб плодового дерева в процессе выполнения технологического процесса (рис. 3).

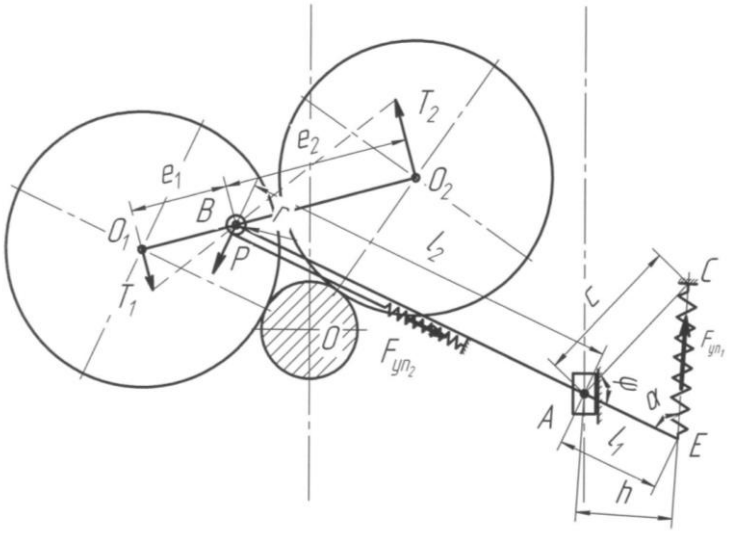

Рис. 3 – Схема к определению сил, действующих со стороны выносной поворотной секции окашивающей косилки на штамб плодового дерева

В процессе перемещения отбойных колес по штамбу плодового дерева сила давления R_i каждого из них на штамб изменяется в зависимости от положения механизма и будет определяться как:

$$R_i = \sqrt{P + T_i}, \qquad (6)$$

где P – сила, действующая со стороны упругого элемента поворотного рычага, Н; T_i – сила, действующая со стороны упругого элемента поворотной планки, Н.

Сила давления P, действующая со стороны упругого элемента поворотного рычага $|BE|$, может быть определена из уравнения равновесия моментов сил относительно точки A:

$$P = \frac{F_{УПР_1} l_1 \sin\beta}{l_2}, \tag{7}$$

где l_1 – длина звена $|AE|$ (отрезка, ограниченного шарниром крепления поворотного рычага на раме и точкой приложения силы $F_{УПР_1}$), м; β – угол между осями рычага $|AE|$ и пружины, град; l_2 – длина звена $|AB|$ (отрезка, ограниченного шарниром крепления поворотного рычага на раме и точкой приложения силы P), м;

Сила упругости пружины *1* определится по выражению:

$$F_{УПР_1} = C_1 \Delta l_1, \tag{8}$$

где C_1 – жесткость пружины *1*, Н/м; Δl_1 – удельное растяжение пружины *1*, м, равное:

$$\Delta l_1 = l_{P_1} - l_{O_1}, \tag{9}$$

где l_{P_1}, l_{O_1} – длины пружины *1*, соответственно, в деформированном и свободном состоянии, м.

Длина пружины в свободном состоянии равна:

$$l_{P_1} = \sqrt{C^2 + l_2^2 - 2Cl_2 \cos\varphi}, \tag{10}$$

где C – длина отрезка $|AC|$, ограниченного шарниром крепления поворотного рычага на раме и точкой крепления пружины к раме, м; φ – угол, характеризующий текущее положение поворотного рычага относительно рамы косилки, град.

Механизм возврата поворотной планки представляет собой упругий элемент, один конец которого прикреплен к корпусу, а второй – к тросу, наматываемому на барабан, установленный на оси вращения последней. При наматывании троса на барабан сила упругости $F_{УПР_2}$ создает вращающий момент M_2, который пытается вернуть поворотную планку в исходное положение:

Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»
==========

$$M_2 = F_{УПР_2} d, \tag{11}$$

где d – диаметр барабана, м.

Сила упругости пружины *2* определится по выражению:

$$F_{УПР_2} = C_2 \Delta l_2, \tag{12}$$

где C_2 – жесткость пружины *2*, Н/м; Δl_2 – удельное растяжение пружины *2*, м, равное:

$$\Delta l_2 = l_{P_2} - l_{O_2}, \tag{13}$$

где l_{P_2} – расстояние между точками крепления растянутой пружины *2*, м; l_{O_2} – расстояние между точками крепления пружины *2*, находящейся в покое, м;

Силы, вызванные силой упругости пружины $F_{УПР_2}$, определятся из условия подобия:

$$T_1 = \frac{2F_{УПР_2} e_1}{d}, \tag{14}$$

$$T_2 = \frac{2F_{УПР_2} e_2}{d}, \tag{15}$$

где e_1 и e_2 – длины звеньев $|O_1B|$ и $|O_2B|$ (отрезков, ограниченных, соответственно, шарниром крепления поворотной планки и точками приложения сил T_1 и T_2), м.

Тогда результирующие силы, действующие со стороны каждого из отбойных колес выносной поворотной секции на штамб плодового дерева, можно рассчитать по выражениям:

$$R_1 = \sqrt{P^2 + T_1^2}, \tag{16}$$

$$R_2 = \sqrt{P^2 + T_2^2}. \tag{17}$$

Список использованных источников

1. Kyul E.V., Apazhev A.K., Kudzaev A.B., Borisova N.A. Influence of anthropogenic activity on transformation of landscapes by natural hazards / Indian Journal of Ecology. 2017. Т. 44. № 2. С. 239-243.– URL: https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57195587959

2. Шекихачева Л.З. Минимизация экологических рисков при функционировании агроландшафтов / Инновационные научные исследования: теория, методология, практика:

материалы международной (заочной) научно-практической конференции. – Кишинев: Editura «Liceul», 2017. С. 103-106.

3. Патент 2349037 Российская Федерация, МПК7 A 01 D 34/00. Механизм навески рабочего органа косилки для окашивания штамбов плодовых деревьев / Бугов Х.У., Шекихачев Ю.А., Полищук Е.А. [и др.]. Заявитель и патентообладатель Кабардино–Балкарская гос. сель. хоз. акад.– №2006136642/11; заявл. 16.10.06; опубл. 20.03.09, Бюл. №8. – 4 с. : ил.

4. Патент 170119 Российская Федерация, МПК7 A 01 D 34/84. Косилка окашивающая / Шомахов Л.А., Шекихачев Ю.А., Полищук Е.А. [и др.]. Заявитель и патентообладатель Кабардино–Балкарский гос. агр. унив.– №2017101469; заявл. 17.01.17; опубл. 14.04.2017, Бюл. №11. – 2 с. : ил.

5. Патент 173053 Российская Федерация, МПК7 A 01 D 34/84. Косилка окашивающая для молодого сада / Шомахов Л.А., Шекихачев Ю.А., Апажев А.К. [и др.]. Заявитель и патентообладатель Кабардино–Балкарский гос. агр. унив.– №2017119262; заявл. 01.06.17; опубл. 08.08.2017, Бюл. №22. – 5 с. : ил.

6. Патент 2650409 Российская Федерация, МПК7 A 01 D 34/08. Косилка для окашивания штамбов деревьев / Шомахов Л.А., Шекихачев Ю.А., Апажев А.К. [и др.]. Заявитель и патентообладатель Кабардино–Балкарский гос. агр. унив.– №20171290058; заявл. 14.08.17; опубл. 11.04.18, Бюл. №11. – 4 с. : ил.

7. Балкаров Р.А., Шомахов Л.А., Шекихачев Ю.А. Машины по уходу за почвой в садах на горных склонах / Садоводство и виноградарство. 2000. № 1. С. 7.

8. Шекихачев Ю.А. Исследование динамических процессов в системе «сельскохозяйственная машина-ствол плодового дерева» / Субтропическое и декоративное садоводство. 1997. С. 64.

==========

Цитирование:

Апажев А.К., Шекихачев Ю.А., Каздохов Х.К., Полищук Е.А. Математическое моделирование процесса скашивания растительности с приствольных полос плодовых деревьев в садах // АгроЭкоИнфо. – 2020, №3. – http://agroecoinfo.narod.ru/journal/STATYI/2020/3/st_312.pdf.