

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ СКОРОСТИ ВРАЩЕНИЯ НОЖЕЙ РЕЖУЩЕГО АППАРАТА БОТВОУДАЛЯЮЩЕЙ МАШИНЫ

Д. И. Фролов, О. Н. Пчелинцева

В представленной работе рассмотрен общий характер работы рабочего органа режущего аппарата ботвоудаляющей машины. Проанализированы траектории движения лезвий ножей рабочего органа. Получена теоретическая зависимость угловой скорости вращения ножей, характеризующая условие среза свободно стоящих стеблей.

Ключевые слова: ботвоудаляющая машина, листостебельная масса, скорость вращения, ножи.

Введение

Специфической особенностью уборки лука является потребность в дозаривании или просушивание луковиц после выкопки [1]. С учетом этой особенности различают два способа уборки: однофазный, при котором ботва обрезается «на корню» [2–4, 8] и двухфазный, при котором лук после подкапывания и частичной сепарации почвы укладывается в валок с последующим механизированным подбором. Удаление ботвы в последнем случае производится после подбора на стационаре.

В последнее время наибольшее применение находят уборочные машины теребильного типа имеющие ряд преимуществ по сравнению с подкапывающими. Однако, качественная работа теребильных машин обеспечивается лишь при надлежащей подготовке поля перед уборкой [5]. Как показали исследования на период уборки засоренность полей достигает 60...70%, высота сорных растений при этом доходит до 50 см [6, 7]. Это объясняется погодными условиями и тем, что время между последней обработкой посевов гербицидами и уборкой проходит две-три недели, что способствует росту сорных растений.

При уборке машинами теребильного типа засоренных посевов, происходит забивание вращающихся элементов теребильного аппарата, что приводит к снижению производительности машины, поломке, и увеличению количества остановок для очистки [9].

Поэтому вопрос о подготовке поля для выкопки лука машинами теребильного типа является актуальным.

Основной задачей при расчете ротационных косилок является определение минимальной скорости, необходимой для перерезания растительного материала. Обычно резание стеблей сопровождается динамическим действием режущего инструмента.

Скорость резания является функцией многих независимых переменных: толщины лезвия, угла заточки и наклона ножа, жесткости и влажности

стебля, высоты резания и т.п., что затрудняет аналитическое решение задачи [10–12].

Целью работы является теоретическое обоснование угловой скорости вращения фланца с ножами, необходимой для перерезания свободно стоящих стеблей без опоры.

Объекты и методы исследований

Для уяснения общего характера работы рабочего органа режущего аппарата ботвоудаляющей машины, состоящего из фланца 2, с закрепленных на нем и расположенных друг напротив друга ножей 1, проанализируем абсолютную траекторию их движения (рис. 1). Во время работы фланец 2 с ножами 1 вращается в горизонтальной плоскости, а машина перемещается поступательно в направлении оси ОХ. Каждая точка лезвия ножа при этом сложном движении описывает циклоиду. Принимая всю длину лезвия aa_1 за активный элемент ножа, получим площадку, ограниченную двумя циклоидами I, со срезанными растениями. Из рис. 1, видно, что соседний нож с лезвием bb_1 срежет растения на площадке, ограниченной циклоидами II.

Верхняя заштрихованная площадка $cdef$, ограниченная циклоидами обоих ножей, определяет площадь холостой работы второго ножа, так как растения, которые стояли на этой площадке, были срезаны первым ножом. На рис. 1 также показана площадка $iegg$ (заштрихованная крестообразно), ограниченная циклоидами I и II, на которой растения не будут срезаны.

Уравнения движения точки a запишутся следующим образом:

$$\begin{cases} x_a = v_M \cdot t + R \cdot \sin \omega t \\ y_a = R \cdot \cos \omega t \end{cases}, \quad (1)$$

где R – радиус вращения наружной точки режущей кромки ножа, м;

v_M – скорость движения машины, м/с;

t – время, с;

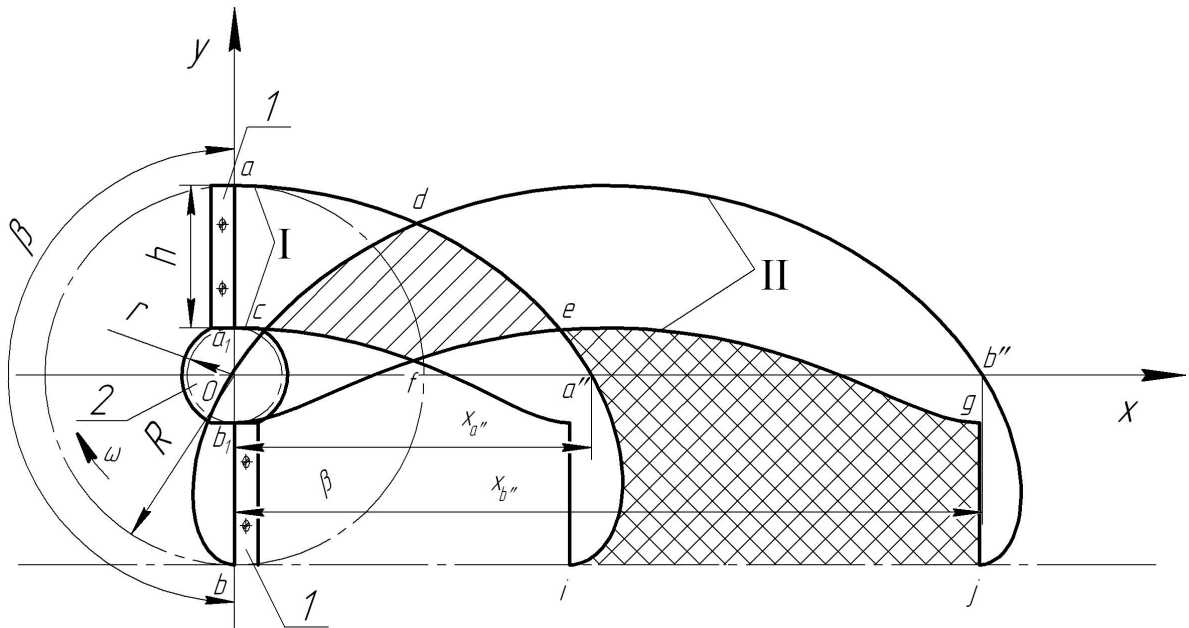


Рис. 1. Схема работы режущего аппарата: 1 – ножи; 2 – фланец.

ω – угловая скорость вращения рабочего органа, м/с.

Уравнения движения точки b запишутся как

$$\begin{cases} x_b = v_M \cdot t + R \cdot \sin(\omega t - \beta) \\ y_b = R \cdot \cos(\omega t - \beta) \end{cases}, \quad (2)$$

где β – угол между ножами, град.

Уравнения движения для точки a_1 :

$$\begin{cases} x_{a_1} = v_M \cdot t + r \cdot \sin \omega t \\ y_{a_1} = r \cdot \cos \omega t \end{cases}, \quad (3)$$

где r – радиус вращения внутренней точки режущей кромки ножа, м.

Уравнения движения для точки b_1 :

$$\begin{cases} x_{b_1} = v_M \cdot t + r \cdot \sin(\omega t - \beta) \\ y_{b_1} = r \cdot \cos(\omega t - \beta) \end{cases}. \quad (4)$$

В связи с тем, что поступательное движение рабочего органа происходит по оси X , то нескошенного участка не будет, если выполниться следующее условие:

$$x_{b''} - x_{a''} = h, \quad (5)$$

где h – длина активной части кромки лезвия, м.

Лезвие aa_1 пройдет через ось X при угле поворота фланца с ножами $\omega t = \frac{\pi}{2}$. Следовательно,

время поворота фланца на половину окружности

составит $t = \frac{\pi}{2\omega}$. Подставляя это выражение в уравнение (1), получим

$$x_{a''} = \frac{v_M \cdot \pi}{2\omega} + R. \quad (6)$$

Лезвие bb_1 второго ножа пройдет через ось X при угле поворота

$$\omega t' = \frac{\pi}{2} + \beta.$$

Определяя из последнего выражения $t' = \frac{1}{\omega} \cdot \left(\frac{\pi}{2} + \beta \right)$ и подставляя его в уравнение (2), получим

$$x_{b''} = \frac{v_M}{\omega} \cdot \left(\frac{\pi}{2} + \beta \right) + R. \quad (7)$$

Подставляя величины $x_{a''}$ и $x_{b''}$ в уравнение (5), получим

$$\frac{v_M}{\omega} = \frac{h}{\beta}, \quad (8)$$

откуда

$$\omega = \frac{v_M \cdot \beta}{h}. \quad (9)$$

Если на фланце укрепить два ножа, то угол $\beta = \pi$ и тогда

$$\omega = \frac{\pi \cdot v_M}{h}, \quad (10)$$

откуда

$$v_M = \frac{h \cdot \omega}{\pi}, \quad (11)$$

или

$$h = \frac{\pi \cdot v_M}{\omega}. \quad (12)$$

Эти три уравнения связывают между собой три параметра (ω , v_M и h) машины. Пользуясь данными уравнениями, можно по любым двум параметрам определить третий.

Подставив $\beta = \frac{2\pi}{m}$ в выражение (8), где m –

количество ножей на фланце, получим формулу для определения необходимого количества ножей

$$m = \frac{2\pi v_M}{\omega \cdot h}. \quad (13)$$

В зависимости от поступательной скорости движения агрегата при срезании может работать вся режущая кромка ножа, поэтому рассмотрим абсолютную скорость движения точки a_1 , так как она находится ближе к центру рабочего органа.

Тогда, проведя некоторые преобразования, уравнение (3) примет вид:

$$v_{a_1} = \sqrt{\left(\frac{dx_{a_1}}{dt}\right)^2 + \left(\frac{dy_{a_1}}{dt}\right)^2} \quad \text{или} \\ v_{a_1} = \sqrt{r^2 \cdot \omega^2 + 2r \cdot \omega \cdot v_M \cdot \cos \omega t + v_M^2} \quad (14)$$

Результаты и их обсуждение

После анализа формулы (14) следует, что максимальная и минимальная скорости точки a_1 соответственно равны:

$$v_{a_1 \max} = r \cdot \omega + v_M \quad \text{и} \quad v_{a_1 \min} = r \cdot \omega - v_M.$$

Но минимальная скорость точки a_1 должна удовлетворять условию:

$$v_{a_1 \min} > v_{KP} \quad \text{– скорости, необходимой для}$$

перерезания свободно стоящих стеблей без опоры.

Подставляя полученное ранее уравнение в неравенство, получаем

$$r \cdot \omega - v_M > v_{KP}$$

Таким образом необходимая угловая скорость вращения фланца с ножами найдется из условия

$$\omega > \frac{v_{KP} + v_M}{r}. \quad (15)$$

Выводы

В рамках проведенного теоретического исследования работы рабочего органа режущего аппарата ботвоудаляющей машины были рассмотрены аналитические зависимости, позволяющие оценить условия работы машины с целью обоснования угловой скорости вращения фланца с ножами, необходимой для перерезания свободно стоящих стеблей без опоры.

Была получена теоретическая зависимость угловой скорости вращения ножей, характеризующая условие среза свободно стоящих стеблей.

Список литературы

1. Ларюшин, Н.П. Уборка без задержек/Н. П. Ларюшин, А.М. Ларюшин, Д.И. Фролов//Сельский механизатор.– 2007.– № 7.– С. 48–49.
2. Ларюшин, А.М. Совершенствование технологии уборки лука / А.М. Ларюшин, Н.П. Ларюшин, Д.И. Фролов // Труды Международного Форума по проблемам науки, техники и образования.– М.: Академия наук о Земле, 2007.– С. 17–18.
3. Фролов, Д.И. Разработка обрезчика ботвы лука и сорных растений с обоснованием конструктивных и режимных параметров: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01/Фролов Дмитрий Иванович.– Пенза, 2008.– 153 с.
4. Фролов, Д.И. Разработка обрезчика ботвы лука и сорных растений с обоснованием конструктивных и режимных параметров: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01/Фролов Дмитрий Иванович.– Пенза, 2008.– 18 с.
5. Фролов, Д.И. Обоснование оптимальной частоты вращения рабочего органа ботвоудаляющей машины / Д.И. Фролов, А.А. Курочкин, Г.В. Шабурова // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии.– 2013.– № 3.– С. 18–23.
6. Фролов, Д.И. Обоснование рациональных параметров ботвоудаляющей машины на посевах лука/Д.И. Фролов, С.В. Чекайкин//XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. 2014. № 6 (22). С.158–161.
7. Ларюшин, Н.П. Оптимальные параметры ботвоудаляющего рабочего органа обрезчика листостебельной массы/Н. П. Ларюшин, А. М. Ларюшин, Д. И. Фролов//Тракторы и сельхозмашины.– 2010.– № 2.– С. 15–17.
8. Пат. 2339208 Российская Федерация, МПК А 01 D 23/02. Ботвоудаляющая машина / Н.П. Ларюшин, С.А. Сущёв, Д.И. Фролов, А.М. Ларюшин.– № 2007109990/12; заявл. 19.03.2007; опубл. 27.11.2008, Бюл. № 33.– 8 с.: ил.
9. Ларюшин, Н.П. Обоснование конструктивно-режимных параметров ботвоудаляющего устройства при лабораторных исследованиях/Н. П. Ларюшин, А. М. Ларюшин, Д. И. Фролов//Нива Поволжья.– 2008.– № 2 (7) .– С. 46–51.

10. Фролов, Д. И. Моделирование процесса удаления ботвы лука рабочим органом ботвоудаляющей машины / Д. И. Фролов, А. А. Курочкин, Г. В. Шабурова // Известия Самарской ГСХА. – 2014. – № 3. – С. 29–33.
11. Фролов Д. И. Определение оптимальных параметров ботвоудаляющей машины на посевах лука / Д. И. Фролов, А. А. Курочкин, Г. В. Шабурова // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2015. – № 1 (29). – С. 120–126.
12. Фролов, Д. И. Анализ работы ботвоудаляющего рабочего органа с оптимизацией воздушного потока внутри кожуха / Д. И. Фролов // Инновационная техника и технология. – 2014. – № 4. С. 30–35.
13. Фролов, Д. И. Повышение питательности экструдированных кормов для животных / Д. И. Фролов, В. А. Никишин // Сборник научных трудов Sworld. 2014. Т. 7. № 4. С. 98–101.

THEORETICAL SUBSTANTIATION ROTATION SPEED KNIVES CUTTING UNIT HAULM REMOVING MACHINES

D. I. Frolov, O. N. Pchelintseva

In this work, we consider the general nature of the work of the working body of the cutting device haulm removing machine. Analyzed the trajectory of the knife blades of the working body. We obtain a theoretical dependence of the angular velocity of rotation of the blades, which characterizes the condition of a free-standing cut stems.

Keywords: haulm removing machine, cormophyte mass, rotation speed, knives.

References

1. Laryushin, N. P. Cleaning without delay / N. P. Laryushin, A. M. Laryushin, D. I. Frolov // Rural machine operator. – 2007. – № 7. – P. 48–49.
2. Laryushin, A. M. Improvement of onion harvesting technology / A. M. Laryushin, N. P. Laryushin, D. I. Frolov // Proceedings of the International Forum on Science, Technology and Education. – М.: The Academy of Sciences of the Earth, 2007. – P. 17–18.
3. Frolov, D. I. Development of cutter error is tops of onions and weeds with substantiation of constructive and operational parameters: dissertation of the candidate of technical sciences: 05.20.01 / Frolov Dmitry Ivanovich. – Penza, 2008. – 153 p.
4. Frolov, D. I. Development of cutter error is tops of onions and weeds with substantiation of constructive and operational parameters: candidate of technical sciences dissertation author's abstract: 05.20.01 / Frolov Dmitry Ivanovich. – Penza, 2008. – 18 p.
5. Frolov, D. I. Substantiation of the haulm removing machine operating element rotation optimum frequency / D. I. Frolov, A. A. Kurochkin, G. V. Shaburova // Bulletin of the Samara State Academy of Agriculture. – 2013. – № 3. – P. 18–23.
6. Frolov, D. I. Reasoning effective parameters of the haulm removing machine on sowings of the onion / D. I. Frolov, S. V. Chekaykin // XXI century: the results of past and present problems plus. 2014. – № 06 (22). – P. 158–161.
7. Laryushin, N. P. Optimal parameters of top removing working member of cutter for leaf-and-stalk mass / N. P. Laryushin, A. M. Laryushin, D. I. Frolov // Tractors and agricultural machines. – 2010. – № 2. – P. 15–17.
8. Pat. 2339208 Russian Federation, IPC A 01 D 23/02. Haulm removal machine / N. P. Laryushin, S. A. Suschëv, D. I. Frolov, A. M. Laryushin. – № 2007109990 / 12; appl. 19.03.2007; publ. 27.11.2008, Bull. № 33. – 8 p. : silt.
9. Laryushin, N. P. Substantiation of constructively operation characteristic plant-top removing machine by laboratory research / N. P. Laryushin, A. M. Laryushin, D. I. Frolov // Niva Povolzhya. – 2008. – № 2 (7). – P. 46–51.
10. Frolov, D. I. Modeling the process to removing tops onions Of the haulm removing machine operating element / D. I. Frolov, A. A. Kurochkin, G. V. Shaburova // Bulletin of the Samara State Academy of Agriculture. – 2014. – № 3. – P. 29–33.
11. D. I. Frolov determination of the optimal parameters haulm removing machine for sowing onion / D. I. Frolov, A. A. Kurochkin, G. V. Shaburova // Bulletin of the Ulyanovsk State Agricultural Academy. – 2015. – № 1 (29). – P. 120–126.
12. Frolov, D. I. Analysis of work haulm removing working bodies from optimize the airflow inside the casing / D. I. Frolov // Innovative engineering and technology. – 2014. – № 4. – P. 30–35.
13. 14. 13. Frolov, D. I. fortification extruded animal feed / D. I. Frolov, V. A. Nikishin // Collection of scientific works Sworld. Т. 2014. 7. № 4. – P. 98–101.