

АНАЛИЗ РАБОТЫ РЕЖУЩЕГО АППАРАТА ДЛЯ БЕСПОДПОРНОГО СРЕЗА СТЕБЛЕЙ ТЕХНИЧЕСКОЙ КОНОПЛИ

Попов Роман Андреевич, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории Агроинженерных технологий

Перов Геннадий Анатольевич, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник, заведующий лабораторией Агроинженерных технологий

ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур»

170041, г. Тверь, Комсомольский проспект, 17/56; тел.: 89206954642,

e-mail: r.popov@fncl.ru

Ключевые слова: техническая конопля, стебель конопля, резание, режущий аппарат, ротор, уборка конопля.

Уборка технической конопля является важнейшим технологическим процессом при ее возделывании. Для уборки конопля используют различные конструкции режущих аппаратов, приспособленных для выполнения операций с учетом характерных особенностей стеблей, их строения и физико-механических свойств. Применяемые на коноплеуборочной технике советского производства режущие аппараты имеют свои характерные недостатки. Для устранения этих недостатков необходимо дальнейшее совершенствование конструкций режущих аппаратов, снижение расхода энергии на процесс резания, изыскание новых технических решений, обеспечивающих повышение производительности, увеличение долговечности рабочих органов. В статье исследована кинематика работы ротационного режущего аппарата применительно к срезу стеблей технической конопля. Определена траектория движения режущих сегментов, получены аналитические зависимости. Расчетным путем определены основные параметры ротационного режущего аппарата: радиус ротора - 0,57 м, высота режущих сегментов - 0,01...0,015 м, шаг - 0,04 м, количество сегментов на диске - 90 шт., угол расположения соседних сегментов - 4 градуса. Получена графическая зависимость диаметра ротора режущего аппарата от ширины захвата агрегата при разном количестве роторов (от 2 до 8 шт.). По расчетным параметрам представлена схема компоновки режущего аппарата с общей шириной захвата 4,5 м.

Введение

Коноплеводство с XVII века традиционно являлось одной из ведущих отраслей сельскохозяйственного производства для многих регионов России. Техническая конопля – стратегически важная лубяная культура. Из нее получают волокно (пеньку), конопляное масло из семян, целлюлозу, костру и др.

В настоящее время применяют три технологии уборки технической конопля: 1 – на семена; 2 – на волокно; 3 – на семена и волокно. В России интерес к возделыванию технической конопля ежегодно возрастает. Так, по оперативным данным портала «Росленконопля» [1], в 2020 посевная площадь технической конопля составила 7,5 тыс. га. Культуру выращивают в 12 российских субъектах, лидерами среди которых являются Пензенская область (1,7 тыс. га), Республика Мордовия (1,3 тыс. га) и Нижегородская область (около 1,0 тыс. га)

Задача механизации уборки технической конопля по различным направлениям ее использования на сегодняшний день полностью не решена. Процесс осложнен высотой растений, достигающей к моменту сбора урожая в среднем 2...2,5 м, а также структурой стеблей, средний диаметр которых достигает 6...15 мм

и более [2, 3]. Срезание конопля и последующие операции являются довольно сложными и специфическими процессами. В период технической спелости волокно в стеблях уже полностью сформировано, имеет высокую прочность и значительную длину, что приводит к частым забиваниям вращающихся частей рабочих органов растительной массой, наматыванием на них стеблей и ведет к нарушению технологического процесса. Специализированная коноплеуборочная техника в России уже более 30 лет не производится, а существующие образцы (прицепные коноплежатки ЖСК-2,1; ЖК-1,9 и коноплекомбайны ККП-1,8; УК-1,9), изготовленные в 70-х – 90-х годах прошлого века, являются устаревшими машинами с запредельным сроком эксплуатации и низкой производительностью (около 1 га/ч).

В связи с отсутствием современной техники коноплесеющие хозяйства используют зерноуборочные комбайны типа Дон-1500Б, СК-5 «Нива», Енисей-1200 и др. (с доработками в «гаражных» условиях). Уборку осуществляют классическими жатками только семенной (верхушечной) части стеблей технической конопля, а оставшийся на корню наиболее ценный материал для получения пеньковолокна в большин-

стве случаев запахивается или утилизируется.

Попытки создания новых технических средств российского производства в 2000-х годах не были полностью реализованы по ряду финансовых причин [3]. На сегодняшний день на рынке присутствует зарубежная коноплеборочная техника (прицепные жатки с высокой скоростью резания, высокопроизводительные коноплеборочные комбайны с модернизированными кукурузными жатками), однако из-за ее высокой стоимости (более 30 млн. руб. за коноплеборочный комбайн) [4, 5] большинству коноплесееющих хозяйств России данная техника недоступна.

Основным рабочим органом для среза стеблей технической конопли на вышеуказанных машинах является сегментно-пальцевый режущий аппарат, имеющий ширину захвата 1,8...2,1 м (ЖСК-2,1; ЖК-1,9; ККП-1,8; УК-1,9). Этой технике присущи достаточно низкая производительность, высокие затраты ручного труда, а также известные недостатки работы режущего аппарата данного типа (низкая скорость резания, знакопеременные инерционные нагрузки из-за возвратно-поступательного движения, защемление стеблей, поломки пальцев и др.).

Учитывая данные обстоятельства, а также отсутствие производства современных отечественных коноплеборочных машин и механизмов, изыскание, исследование и проектирование рабочих органов для уборки технической конопли являются важной и актуальной задачей повышения уровня механизации технологических процессов в коноплеводстве. В связи с этим в статье представлен перспективный режущий аппарат ротационного типа для срезания стеблей технической конопли, который может быть использован в работе с самоходными высокопроизводительными комбайнами для уборки этой культуры по различным технологиям.

Материалы и методы исследований

Основным объектом исследования является одна из частей технологического процесса уборки технической конопли, выполняемая аппаратом для среза стеблей.

Учитывая то, что стебли технической конопли содержат до 25 % волокна, к аппаратам для их среза предъявляются повышенные требования: это чистый срез, не допускающий смятия стебля; отсутствие затаскивания волокнистой части режущими элементами (образование намоток); длительный срок эксплуатации режущих элементов без дополнительной заточки и др.

В данном исследовании работа аппарата для среза стеблей технической конопли рассмотрена при обеспечении принципа бесподпорного среза. Такой принцип применяется в роторных режущих аппаратах, предназначенных для кошения травостоя высокой урожайности, полевых и спутанных культур, а также кукурузы, подсолнечника, тростника и др. с большим диаметром стебля. Технология бесподпорного среза основана на ударе стебля сегментами (ножами), закрепленными на рабочем органе (диске), который совершает вращательное движение. При этом скорость режущих элементов может быть от 10 м/с до 100 м/с в зависимости от скашиваемой культуры [6 - 11].

При анализе работы режущего аппарата для среза стеблей конопли руководствовались теорией бесподпорного среза стебельных культур ротационным аппаратом с вертикальной осью вращения, разработанной Е.С. Босым [12]. Однако из-за различия свойств конопли, строения стебля, условий уборки и т.д. срезание конопли и работа режущего аппарата имеют ряд особенностей.

При исследовании бесподпорного среза Е.С. Босой рассматривает его при статическом и динамическом действии силы. При статической направленности силы невозможно срезать стебель в строго вертикальном положении. Возникающая нормальная реакция стебля N по отношению к режущему ножу будет отгибать стебель в сторону среза. Чтобы преодолеть эту реакцию, к ножу надо приложить усилие P в горизонтальном направлении [12].

В режущем аппарате ротационного типа усилие среза пропорционально сопротивлению стебля отгибу и силе его инерции. Условие среза отдельного стебля конопли при воздействии на него режущего элемента следующее:

$$F_{cp} < F_{изг} + F_{инр}, \quad (1)$$

где: F_{cp} – сила срезания стебля, Н; $F_{изг}$ – сила сопротивления изгибу, Н; $F_{инр}$ – сила инерции стебля, Н.

Физико-механические свойства стебля определяют его сопротивление изгибу, а сила инерции зависит от массы срезанного стебля и скорости ножа.

Стебель конопли при срезании в полевых условиях, ввиду его значительного диаметра (6...15 мм) и жесткости, рассматриваем как жестко закрепленную одним концом в земле консольную балку, на которую действует сила F_{cp} со скоростью VP на высоте среза H (рис. 1).

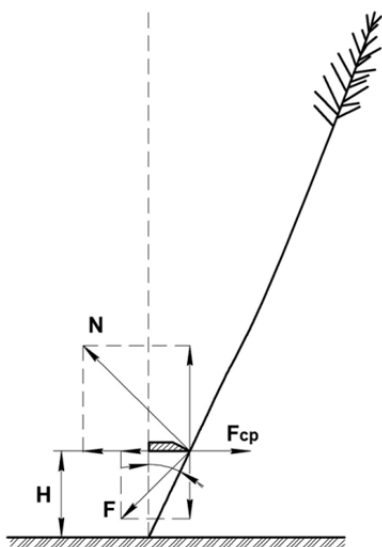


Рис. 1. – Схема срезания стебля конопли режущим сегментом

Скорость срезания зависит от многих независимых переменных: это высота среза, физико-механические свойства конопли, толщина и угол заточки лезвия, материал режущего элемента. В этом случае скорость режущего элемента

$$V_p > \frac{F_{cp} (H^3 + \frac{m}{\Delta t})}{3\Delta t E l_{cm}} \quad (2)$$

где: m – приведенная масса стебля, кг; – время срезания; E – модуль упругости материала стебля, Па; l_{cm} – высота стебля, м.

Анализ выражения (2) показывает зависимость минимальной скорости срезания V_p (или критической скорости срезания $V_{кр}$) от свойств срезаемого материала (жесткости, плотности, величины отгиба стебля при срезании, модуля упругости и др.). Исследованиями установлено, что скорость срезания стеблей растений $V_{кр}$ при бесподпорном срезе находится в пределах от 6 м/с до 10 м/с [10 - 13]. С увеличением значения $V_{кр}$ до 25 м/с необходимое усилие резания существенно снижается. Из условия снижения мощности для привода режущего аппарата роторного типа скорость срезания стебля принимают $V_p = (3...5)V_{кр}$ [13, 14].

Рассмотрим кинематику роторного режущего аппарата для бесподпорного среза стеблей технической конопли, приняв следующие допущения:

- движение ротора - плоско-параллельное;
- угловая скорость диска (ротора) и поступательная скорость машины постоянны в рассматриваемый промежуток времени;

- диск выполнен с четырьмя режущими сегментами (ножами), расположенными по осям и неподвижно закрепленными на нем.

Результаты исследований

Рассмотрим роторный режущий аппарат для бесподпорного среза стеблей технической конопли (диск диаметром $D = 2\pi R$) с режущими зубьями длиной h . За параметры роторного режущего аппарата примем траекторию движения лезвия сегмента, скорость резания, диаметр ротора (диска), количество, шаг и длину режущих сегментов (ножей).

В процессе работы ротор совершает вращательное движение в горизонтальной плоскости с угловой скоростью $V_{маш}$, а машина (агрегат) – поступательное со скоростью $V_{маш}$, направленной по оси X . При этом каждая точка зуба режущего диска описывает циклоиду (трохоиду). Зуб длиной aa_1 при вращении ротора образует площадь со срезанными стеблями конопли между двух трохойд 1. Следующий зуб длиной bb_1 срежет растения на площади между трохойдами 2 (рис. 2).

Заштрихованная площадь a_1aa_1 соответствует холостому ходу второго зуба, так как расположенные на ней стебли срезаны первым зубом. На крестообразно заштрихованной площадке между первой и второй трохойдами стебли конопли срезаться не будут.

Координаты x и y (рис. 2) любой точки A (конец зуба) выражаются следующим образом:

$$\left. \begin{aligned} x_{A'} &= V_{маш}t + R \sin \omega t; \\ y_{A'} &= R \cos \omega t, \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

где $V_{маш}$ - скорость агрегата, м/с; R - радиус диска ротора по концам зубьев, м.

Для точки B :

$$\left. \begin{aligned} x_{B'} &= V_{маш}t + R \sin(\beta + \omega t); \\ y_{B'} &= R \cos(\beta + \omega t). \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

Условие, при котором не будет нескошенной площадки, следующее:

$$x_{B''} - x_{A''} = h = l \cos \alpha, \quad (5)$$

где $l = aa_1$ – длина активной части зуба, м; α – угол режущей кромки зуба, град.

Активная часть зуба aa_1 пройдет путь через ось X при угле поворота диска ротора $\omega t = \pi / 2$. Отсюда время поворота на 90° $t = \pi / 2\omega$. Подставив это выражение в уравнение (3), получим:

$$x_{A''} = \frac{V_{маш}\pi}{2\omega} + R. \quad (6)$$

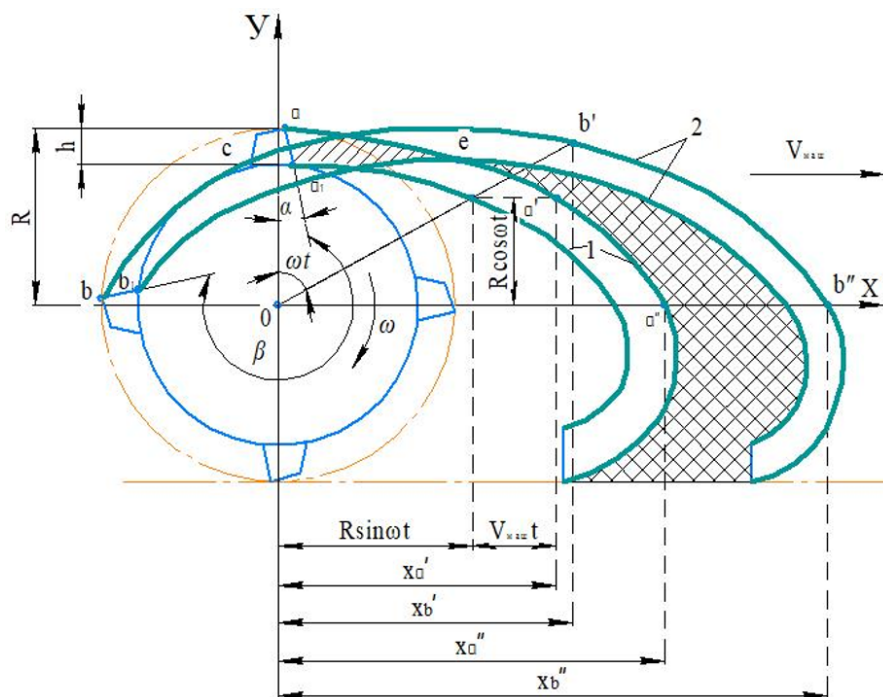


Рис. 2 – Схема работы режущего аппарата для срезания стеблей технической конопли

Активная часть bb1 второго зуба пройдет через ось X при угле поворота:

$$\omega t' = \frac{\pi}{2} - \beta = \frac{5}{2}\pi - \beta. \quad (7)$$

Определим из уравнения (7) и, подставив его в уравнение (4), получим:

$$x_{B''} = \frac{V_{\text{маш}}}{\omega} \left(\frac{5}{2}\pi - \beta \right) + R. \quad (8)$$

Подставив величины и в уравнение (5), получим

$$\frac{V_{\text{маш}}}{\omega} = \frac{h}{2\pi - \beta} = \frac{l \cos \alpha}{2\pi - \beta},$$

откуда определим угловую скорость вращения ротора диска:

$$\omega = \frac{V_{\text{маш}}}{h} (2\pi - \beta). \quad (9)$$

Если на роторе четыре зуба, то угол между

соседними сегментами $\beta = \frac{3}{2}\pi$, тогда

$$\omega = \frac{\pi V_{\text{маш}}}{2h} \quad (10)$$

откуда

$$V_{\text{маш}} = \frac{2h\omega}{\pi} = \frac{hm}{15} \quad (11)$$

или

$$h = \frac{V_{\text{маш}} \pi}{2\omega} = \frac{15V_{\text{маш}}}{n} \quad (12)$$

В уравнениях (10 – 12) длина сегмента h, частота вращения диска n и скорость машины $V_{\text{маш}}$ связаны между собой. По ним можно, зная любые два из этих показателей, рассчитать третий.

При повороте диска на угол π (в случае с четырьмя зубьями) время

$$t = \frac{2\pi R}{4V_{\text{окр}}} \quad (13)$$

где: – окружная скорость ротора диска.

Пройденный агрегатом путь

$$V_{\text{маш}} t = l \cos \alpha, \text{ откуда} \\ t = \frac{l \cos \alpha}{V_{\text{маш}}} \quad (14)$$

Полному взаимодействию активной части зуба со стеблем конопли отвечает условие:

$$\frac{2\pi R}{4V_{\text{окр}}} \geq \frac{l \cos \alpha}{V_{\text{маш}}} \\ \text{откуда} \\ \frac{V_{\text{окр}}}{V_{\text{маш}}} \geq \frac{2\pi R}{4l \cos \alpha} \quad (15)$$

Обозначив $\frac{2\pi R}{4l \cos \alpha} = \lambda$, где λ – показатель

кинематического режима работы режущего аппарата для срезания стеблей конопли, получим:

$$\lambda = \frac{V_{\text{окр}}}{V_{\text{маш}}} \quad (16)$$

В случае, если скорость машины (агрегата) не соответствует частоте вращения ротора, то некоторые площадки могут перекрываться режущими элементами дважды, а некоторые - ни разу, в результате чего часть стеблей остается несрезанной.

В ротационном аппарате за один рабочий ход режущий сегмент срезает стеблестой, занимающий площадь

$$S = \frac{\gamma\pi}{360}(R^2 - r^2),$$

где: γ – угол поворота режущего сегмента, град.; r – радиус диска (расстояние Oa_1), м.

Принимаем $\gamma = 180^\circ$, тогда:

$$S = \frac{180\pi}{360}(R^2 - r^2) = \frac{\pi(R^2 - r^2)}{2}. \quad (17)$$

Это соответствует подаче стеблестоя с площади, имеющей форму удлинённой циклоиды.

Усилие для среза стеблей технической конопли функционально определяется следующими параметрами и характеристиками:

$$F_{\text{ср}} = f(H; m; q_{\text{рез}}; V_p; \Delta p).$$

где: H – высота среза стеблей, м; m ; $q_{\text{рез}}$ – удельное сопротивление резанию стебля, Н/м; Δp – длительность удара режущего элемента, с.

Удельное сопротивление материалов резанию $q_{\text{рез}}$ является одной из важных характеристик процесса срезания растений. В справочной литературе имеются данные по удельному сопротивлению многих растительных материалов, однако в отношении технической конопли такие исследования не проводились. Поэтому для расчетов можно принять среднее значение удельного сопротивления резанию для толстостебельных культур, например, кукурузы.

Усилие срезания стебля конопли

$$F_{\text{ср}} < \frac{3V_p \Delta p q_{\text{рез}}}{H^3} + \frac{mV_p}{\Delta p} \quad (21)$$

Поступательная скорость машины (агрегата) оказывает непосредственное влияние на энергетическую оценку и качество выполнения технологического процесса. На основании экспериментальных данных для удовлетворительной работы ротационных режущих аппаратов при уборке толстостебельных культур реко-

мендовано принимать $V_{\text{маш}} = 10...15$ км/ч (или 2,78...4,17 м/с) [9, 13, 15].

Определим основные параметры режущего аппарата для срезания стеблей технической конопли. Исходя из обеспечения необходимой производительности, примем ширину захвата машины (агрегата) $B = 4,5$ м, скорость движения машины $V_{\text{маш}}$ в интервале 2,78...4,17 м/с. Тогда производительность агрегата за 1 ч работы составит:

$$Q = 0,36BV_{\text{маш}} = 4,5...6,8 \text{ га/ч}. \quad (22)$$

Диаметр ротора режущего аппарата

$$D = \frac{B}{Z_{\text{рот}}} \quad (23)$$

где $Z_{\text{рот}}$ – количество роторов.

На рис. 3 приведена зависимость диаметра ротора D от ширины захвата машины (агрегата) B при различном количестве роторов $Z_{\text{рот}}$.

График показывает, что с ростом ширины захвата машины увеличивается диаметр ротора по линейной зависимости. При этом диаметр ротора можно регулировать, изменяя количество роторов $Z_{\text{рот}}$ в агрегате в зависимости от ширины захвата. Например, при ширине захвата 4 м и $Z_{\text{рот}} = 2$ диаметр режущего аппарата $D = 2$ м; при $Z_{\text{рот}} = 4$ $D = 1$ м; при $Z_{\text{рот}} = 6$ $D = 0,67$ м; при $Z_{\text{рот}} = 8$ $D = 0,5$ м и т.д.

Уточним конструктивный радиус ротора R с учетом перекрытий для исключения зоны нескшивания некоторых стеблей конопли:

$$R = \frac{D}{2} + \Delta,$$

где Δ – ширина зоны перекрытия, м.

Принимаем $\Delta = 0,01...0,015$ м, тогда радиус ротора $R \geq 0,5725$ м.

Уточним угловую скорость диска режущего аппарата из условия, что для качественного срезания стеблей конопли без опоры скорость резания должна быть больше критической скорости резания:

$$\omega = \frac{V_p + V_{\text{маш}}}{R}. \quad (24)$$

Подставив средние значения скорости резания $V_p = 34$ м/с, скорости машины $V_{\text{маш}} = 3,5$ м/с, а также полученное значение радиуса ротора $R = 0,5725$ м в выражение (24), получим:

$$\omega = \frac{34 + 3,5}{0,5725} = 65 \text{ с}^{-1}$$

Из выражения (11) определим частоту

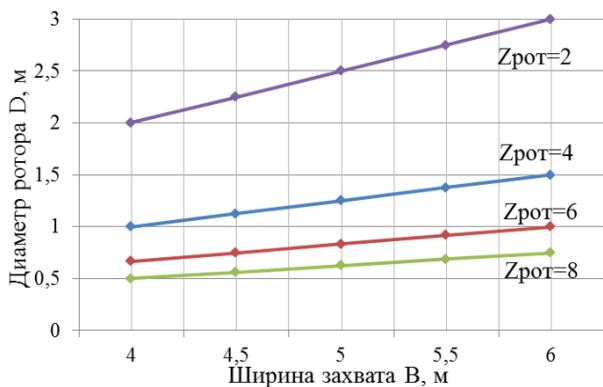


Рис. 3 – Зависимость диаметра ротора аппарата для срезания конопли от ширины захвата машины

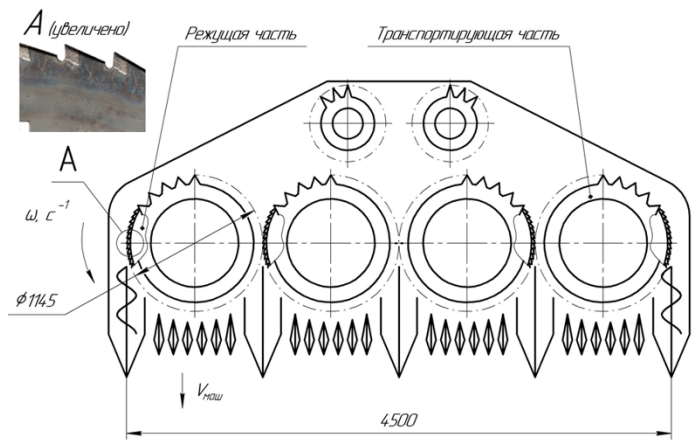


Рис. 4 – Схема режущего аппарата для бесподпорного среза стеблей технической конопли

вращения диска:

$$n = \frac{30\omega}{\pi} = \frac{30 \cdot 65}{3,14} = 621 \text{ мин}^{-1}.$$

Согласно исследованиям, число режущих сегментов не влияет на качество среза, если резание производится передней частью лезвия. Данные экспериментов по исследованию режущих аппаратов для толстостебельных культур (кукуруза, тростник, сорго) указывают, что лучшей является трапецевидная форма сегментов, имеющих заточку только передней части кромки, поэтому резание боковой кромкой следует свести к минимуму [16].

Учитывая волокнистую оболочку и древесную составляющую сердцевины стебля конопли, его высоту и диаметр, а также густоту стеблестоя, целесообразно сплошное размещение режущих сегментов по периферии диска по типу «пилы».

Длину, количество и шаг режущих сегментов будем определять в зависимости от среднего диаметра стеблей конопли, сопротивления срезу и влажности стебля, силы трения, высоты и густоты стеблестоя. Длину режущего сегмента h возьмем равной среднему диаметру стебля конопли ($h = 0,01...0,15$ м). Исходя из конструктивных соображений, для размещения сегментов на диске примем шаг режущих сегментов, в несколько раз превышающий средний диаметр стебля конопли ($t_{cp} = 0,04$ м), и рассчитаем количество режущих сегментов Z :

$$Z = \frac{D}{t_{cp}} = \frac{2\pi R}{t_{cp}} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 0,5725}{0,04} = 90 \text{ шт.} \quad (25)$$

Угол между соседними сегментами

$$\beta = \frac{2\pi}{Z} = \frac{2 \cdot 3,14}{90} = 0,07 \text{ рад} \approx 4 \text{ град.} \quad (26)$$

На рис. 4 представлена схема режущего аппарата для бесподпорного среза стеблей технической конопли с учетом рассчитанных конструктивно-технологических параметров.

Заключение

Теоретические исследования работы режущего аппарата для бесподпорного среза стеблей технической конопли позволили получить аналитические выражения, с помощью которых определены основные параметры режущего аппарата: радиус ротора - 0,57 м, высота режущих сегментов - 0,01...0,015 м, шаг - 0,04 м, количество сегментов на диске - 90 шт., угол расположения соседних сегментов - 4 градуса. Расчетным путем определены оптимальные значения динамических параметров работы режущего аппарата - скорость резания - 34 м/с, угловая скорость вращения диска режущего аппарата - 65 с⁻¹ и частота вращения - 621 мин⁻¹. Полученные результаты расчетов этих параметров будут использованы в дальнейшем при проектировании жаток ротационного типа для уборки технической конопли.

Библиографический список

1. Росленконопля. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.rosflaxhemp.ru/fakti-i-cifri/spravochnie-materiali.html/id/3677> дата обращения 10.08.2020.
2. Пашин, Е.Л. Исследование морфологических и технологических свойств стеблей новых сортов конопли / Е.Л. Пашин, С.В. Жукова, Л.В. Пашина, Г.С. Степанов // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной

промышленности. – 2010. – № 4(325). – С. 21-24.

3. Попов, Р.А. Анализ современных способов и машин для уборки конопли / Р.А. Попов // Состояние и перспективы развития агропромышленного комплекса. Юбилейный сборник научных трудов XIII международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию Донского государственного технического университета, в рамках XXIII Агропромышленного форума юга России и выставки «Интеграгромаш». В 2-х томах. – 2020. – С. 237-242.

4. Попов, Р.А. Состояние, проблемы и возможности для развития отечественного коноплеводства / Р.А. Попов // Агротехника и энергообеспечение. – 2019. – № 4 (25). – С. 42-52.

5. Ростовцев, Р.А. Машинно-технологическое оснащение селекции и семеноводства технических культур: науч. аналит. обзор / Р.А. Ростовцев, В.В. Голубев, Н.П. Мишуров, И.Г. Голубев, В.И. Вахания, С.А. Давыдова – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2019. – 80 с.

6. Алдошин, Н.В. Пути повышения качества работы косилок и жаток / Н.В. Алдошин, А.А. Золотов, Н.А. Лылин // Вестник ФГБОУ «Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина». – 2017. – Вып. 4(80) – С. 7-13.

7. Алдошин, Н.В. Совершенствование конструкции сегментно-пальцевых режущих аппаратов / Н.В. Алдошин, А.А. Золотов, Н.А. Лылин // Вестник НГИЭИ. – 2017. – № 6 (73). – С. 46-53.

8. Горячкин, В.П. Собрание сочинений в 3 т. / В.П. Горячкин. Том 3. Изд. 2-е. – М.: Колос, 1968. – 384 с.

9. Попов, В.Б. Анализ технологического

процесса кошения растений ротационными режущими аппаратами / В.Б. Попов, П.Е. Голушко, А.А. Иванов, В.П. Чаус // Вестник ГГТУ им. П.О. Сухого. – 2009. – № 4 (73). – С. 32-39.

10. Дмитриев, С.Ю. Оптимальные параметры среза стеблей конопли / С.Ю. Дмитриев // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2014. – № 4 – С. 26-28.

11. Kemper, S. Analysis of the overlaid cut in rotary mowers / S. Kemper, Th. Lang, L. Frerichs. // Landtechnik. Agricultural Engineering. – 2012. – № 5. P. 346-349.

12. Босой, Е.С. Теория, конструкция и расчет сельскохозяйственных машин / Е.С. Босой, О.В. Верняев. – М.: Машиностроение, 1978. – 568 с.

13. Догота, П.А. Анализ существующих теорий работы ротационного режущего аппарата косилки для скашивания сидератов в междурядьях многолетних насаждений / П.А. Догота, В.В. Красовский // Науч. тр. ЮФ НУБПУ «КАТУ». – Симферополь. – 2013. – Вып. 153. – С. 164–175.

14. Резник, Н.Е. Теория резания лезвием и основы расчета режущих аппаратов / Н.Е. Резник. – М.: Машиностроение, 1975. – 311 с.

15. Особов, В.И. Механическая технология кормов / В.И. Особов. – М.: Колос, 2009. – 344 с.

16. Райков, В.Л. Теоретическое и экспериментальное обоснование параметров рабочих органов комбайна для уборки сахарного сорго: (специальность 255.01 - Технологии и средства механизации сельского хозяйства): автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук / Райков Виктор Леонидович. – Кишинев, 2017. – 29 с.

ANALYSIS OF THE CUTTING MACHINE OPERATION FOR FREE-STANDING CUTTING OF STEMS INDUSTRIAL HEMP

Popov R.A., Perov G.A.

FSBEI «Federal scientific center of fiber crops»

170041, Tver, Komsomolsky avenue, 17/56; tel.: 89206954642,

e-mail: r.popov@fncl.ru

Key words: technical hemp, the stalk of hemp, cutting, cutting machine, rotor, cleaning of the hemp.

Harvesting of technical hemp is the most important technological process during its cultivation. For harvesting hemp, various designs of cutting machines are used, adapted to perform operations taking into account the characteristic features of the stems, their structure and physical and mechanical properties. The cutting machines used on Soviet-made hemp harvesting equipment have their own characteristic disadvantages. To eliminate these disadvantages, it is necessary to further improve the design of cutting machines, reduce energy consumption on the cutting process, and find new technical solutions that increase productivity and increase the longevity of working bodies. The article examines the kinematics of the rotary cutting device in relation to the cutting of technical hemp stems. The path of the cutting segments is determined, and analytical dependences are obtained. The main parameters of the rotary cutting unit are determined by calculation: rotor radius - 0,57 m, the height of the cutting segments - 0,01...0,015 m, step - 0,04 m, number of segments on the disk - 90 units, angle of adjacent segments - 4 degrees. The graphical dependence of rotor diameter of the cutting machine on the unit width for different numbers of rotors is obtained (from 2 to 8 units). According to the calculated parameters, the layout of the cutting machine with a total working width is presented 4,5 m.

Bibliography

1. Roslenhemp. [Electronic resource]. URL: <https://www.rosflaxhemp.ru/fakti-i-cifri/spravochnie-materiali.html/id/3677> reference data 10.08.2020.

2. Study of morphological and technological properties of stems of hemp new varieties / E.L. Pashin, S.V. Zhukova, L.V. Pashina, G.S. Stepanov // News of higher educational institutions. Textile industry technology. – 2010. – № 4(325). – P. 21-24.

3. Popov, R.A. Analysis of modern methods and machines for harvesting hemp / R.A. Popov // State and perspectives of development of the agro-industrial complex. Anniversary collection of scientific papers of the XIII international research to practice conference dedicated to the 90th anniversary of Don state technical university, as part of the XXIII agro-Industrial forum of the South of Russia and the «Interagromash» exhibition. In 2 volumes. – 2020. – P. 237-242.

4. Popov, R.A. State, problems and opportunities for the development of national hemp farming / R.A. Popov // *Agricultural equipment and energy supply*. – 2019. – № 4 (25). – P. 42-52.
5. Machine-technological equipment for breeding and seed production of industrial crops: scientific analysis review / R.A. Rostovtsev, V.V. Golubev, N.P. Mishurov, I.G. Golubev, V.I. Vakhania, S.A. Davydova – M.: FSBEI «Rusinformagrotech», 2019. – 80 p.
6. Aldoshin, N.V. Ways to improve the quality of mowers and reapers / N.V. Aldoshin, A.A. Zolotov, N.A. Lylin // *Vestnik of FSBEI « Moscow state agroengineering university named after V. P. Goryachkin »*. – 2017. – Ed. 4(80) – P. 7-13.
7. Aldoshin, N.V. Improving the design of segment-finger cutting devices / N.V. Aldoshin, A.A. Zolotov, N.A. Lylin // *Vestnik NSEEU*. – 2017. – № 6 (73). – P. 46-53.
8. Goryachkin, V.P. *Collected works in 3 vols./ V.P. Goryachkin. Vol 3. Pub. 2nd.* – M.: Kolos, 1968. – 384 p.
9. Popov, V.B. Analysis of technological process of mowing plants with rotary cutting machines / V.B. Popov, P.E. Golushko, A.A. Ivanov, V.P. Chaus // *Vestnik of GSTU named after P.O. Sukhoy*. – 2009. – № 4 (73). – P. 32-39.
10. Dmitriev, S.Yu. The optimal parameters of cutting of hemp stalks / S.Yu. Dmitriev // *Agricultural machinery and technology*. – 2014. – № 4 – P. 26-28.
11. Kemper, S. Analysis of the overlayind cut in rotary mowers / S. Kemper, Th. Lang, L. Frerichs. // *Landtechnik. Agricultural Engineering*. – 2012. – № 5. P. 346-349.
12. Bosoy, E.S. *Theory, design and calculation of agricultural machines / E.S. Bosoy, O.V. Vernyaev.* – M.: Engineering, 1978. – 568 p.
13. Dogota, P.A. Analysis of existing theories of operation of rotary cutting machine mower for mowing siderates between rows of perennial plantings / P.A. Dogota, V.V. Krasovsky // *Scientific works of SB NUBNMU «KATU»*. – Simferopol. – 2013. – Pub. 153. – P. 164–175.
14. Reznik, N.E. *Theory of cutting with a blade and basic calculation of cutting devices / N.E. Reznik.* – M.: Engineering machines, 1975. – 311 p.
15. Osobov, V.I. *Mechanical feed technology / V.I. Osobov.* – M.: Kolos, 2009. – 344 p.
16. Raikov, V.L. *Theoretical and experimental justification of the working bodies parameters of the combine harvester for harvesting sugar sorghum: (specialty 255.01-Technologies and means of agricultural mechanization): abstract of the dissertation for the degree of doctor of technical sciences / Raikov Victor Leonidovich.* – Kishinev, 2017. – 29 p.