

ЭНЕРГОЕМКОСТЬ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ ОТПЛОДОНОСИВШИХ СТЕБЛЕЙ МАЛИНЫ

ENERGY INTENSITY OF CHOPPING FRUCTIFIED RASPBERRY STEMS

В.Н. ОЖЕРЕЛЬЕВ, д.с.-х.н.
Брянский государственный аграрный университет,
Брянск, Россия, vicoz@bk.ru

V.N. OZHEREL'YEV, DSc in Agriculture
Bryansk State Agrarian University, Bryansk, Russia, vicoz@bk.ru

В статье проанализированы результаты измерения усилия, необходимого для разрушения подсохшего стебля малины посредством поперечного воздействия на него. В качестве вариантов опыта использовали перерезание стебля с опорой в одной и двух точках, а также его переламывание при расстоянии между опорами 30 и 54 мм. Установлено, что усилие на рабочем органе линейно зависит от диаметра стебля. Подтверждена существенная зависимость необходимого усилия от способа воздействия на материал. Выявлено, что усилие перерезания подсохшего стебля существенно выше усилия, необходимого для его переламывания. Для осуществления процесса переламывания предложен рабочий орган в виде пары горизонтальных двенадцатилопастных роторов, смонтированных с радиальным перекрытием между ними на величину, примерно равную расстоянию между наружными кромками соседних лопастей. При этом роторы должны иметь диаметр порядка 200–210 мм. Кроме того, они должны быть снабжены синхронным приводом и сдвинуты по фазе на угол 15°. В результате моделирования фаз разрушения стебля поперечным переламыванием получены силовые и энергетические параметры процесса. При длине ротора, равной одному метру и одновременном измельчении 25 стеблей средняя мощность, необходимая для его привода, составляет 9,3 кВт при вероятности пиковых значений в 16,4 кВт. При прочностном расчете следует учитывать, что на вал ротора в вертикальной плоскости действует – распределенная нагрузка величиной до 12400 Н, а в горизонтальной плоскости распределенная нагрузка величиной 2750 Н. Макетный образец измельчителя был испытан и подтвердил свою работоспособность.

Ключевые слова: малина, стебли, утилизация, измельчение, резание, переламывание, энергоемкость.

Для цитирования: Ожерельев В.Н. Энергоемкость измельчения отплодоносивших стеблей малины // Тракторы и сельхозмашины. 2021. № 1. С. 88–95. DOI: 10.31992/0321-4443-2021-1-88-95.

The article analyzes the results of measuring the force required for the destruction of a dried raspberry stem by means of transverse action on it. There was used as a variant of the experiment the cutting of stem with support at one and two points, as well as breaking it with a distance between the supports of 30 and 54 mm. It was found that the force on the working body linearly depends on the diameter of the stem. The essential dependence of the required force on the method of action on the material was confirmed. It was revealed that the effort to cut a dried stem is significantly higher than the effort required to break it. To implement the breaking process, a working body in the form of a pair of horizontal twelve-blade rotors mounted with a radial overlap between them by an amount approximately equal to the distance between the outer edges of the adjacent blades is proposed. In this case, the rotors should have a diameter of about 200-210 mm. In addition, they must be equipped with a synchronous drive and shifted in phase by an angle of 150. As a result of modeling the phases of the destruction of the stem by transverse fracture, the force and energy parameters of the process were obtained. With a rotor length of one meter and simultaneous crushing of 25 stems, the average power required to drive is 9.3 kW, with a probability of peak values of 16.4 kW. When calculating the strength, it should be taken into account that a distributed load of up to 12,400 N acts on the rotor shaft in the vertical plane and a distributed load of 2,750 N acts in the horizontal plane. A prototype grinder was tested and proven to work.

Keywords: raspberries, stems, disposal, chopping, cutting, breaking, energy consumption.

Cite as: Ozherel'yev V.N. Energy intensity of chopping fructified raspberry stems. Traktory i sel'khoz mashiny. 2021. No 1, pp. 88–95 (in Russ.). DOI: 10.31992/0321-4443-2021-1-88-95.

Введение

Формирование кроны культурного растения путем его обрезки является обязательным технологическим приемом для виноградарства и, в меньшей степени, для современного плодородия. При этом возникает проблема удаления с плантации и утилизации получаемых обрезков. В более широком плане указанная проблема характерна и для лесного комплекса страны, а также для паркового и коммунального хозяйства крупных городов [1–3].

Проблема утилизации растительных остатков актуальна и для малины, поскольку после съема урожая ее отплодоносившие стебли необходимо ежегодно удалять, хотя бы потому, что в них могут зимовать вредители и возбудители болезней [4]. При выращивании сортов ремонтантного типа такое удаление может быть полностью механизировано путем использования серийных косилок-измельчителей [5]. Сложнее решается проблема утилизации растительных остатков при выращивании сортов, плодоносящих на двухлетних стеблях, которые после ручной вырезки приходится подбирать с поверхности междурядья, измельчать и вывозить [6]. В среднем на каждом гектаре необходимо вывезти и утилизировать порядка 3 т стеблей.

С технической точки зрения неразрешимой проблемы в этом нет. Еще в конце XX века машина, способная надежно выполнять указанный технологический процесс, была разработана и испытана [7]. При ее конструировании была реализована научная гипотеза, заключающаяся в том, что отплодоносившие стебли малины после их вырезки и нахождения некоторое время на открытом воздухе подсыхают и становятся хрупкими, в связи с чем при измельчении их целесообразно не резать, а переламывать [8]. В качестве рабочих органов для этой цели наиболее подходят многолопастные пары роторов, смонтированные с радиальным перекрытием и сдвигом по фазе на половину центрального угла между лопастями. Стебли затягиваются в межроторное пространство лопастями синхронно вращающихся роторов и переламываются.

Работоспособность конструкции была подтверждена успешными полевыми испытаниями, однако тогда были зафиксированы только показатели качества измельчения, заключавшиеся в получении распределения длины отрезков, на которые стебли дезинтегрировались

[6, 7]. Технологический процесс выполнялся с приемлемым качеством, однако сама по себе работоспособность конструкции не гарантирует того, что при ее разработке были выбраны наиболее подходящие рабочие органы с оптимальными параметрами. Для подтверждения исходной теоретической гипотезы необходимо было получить объективные показатели, свидетельствующие о реальном силовом и энергетическом преимуществе разработанного измельчающего аппарата. Кроме того, отсутствовали исходные данные для силового и прочностного расчета конструкции, без которых не избежать либо ее излишней металлоемкости, либо недостаточной надежности.

Цель исследований

Основная цель исследования заключалась в получении усилий, необходимых для перерезания и переламывания отплодоносивших стеблей малины после их предварительного подсушивания на открытом воздухе. При этом необходимо было установить зависимость силовых и энергетических параметров процессов от диаметра стебля, способа его фиксации на опорном устройстве и расстояния между опорными точками.

Материалы и методы

Отдельные компоненты физико-механических свойств стеблей малины изучались исследователями по мере необходимости для реализации конкретных научно-конструкторских задач. Так, Л.М. Махиня и Ф.А. Волков (ВСТИСП, Москва) изучали стеблестой малины с точки зрения влияния его параметров на работу малиноуборочного комбайна [9]. В связи с этим их, в основном, интересовали упругие свойства стеблей, а не их прочность на излом или перерезание.

При разработке ограничителя высоты ряда малины исследователя, наряду с показателями упругости, интересовал и процесс резания стеблей, который, однако, был ограничен их верхней, полутравянистой, частью [10]. Более того, при ограничении высоты ряда предполагается резание вегетирующих стеблей с естественной влажностью перерезаемого материала. Поэтому полученные С.В. Чвалой двухфакторные модели процесса перерезания стеблей не могут быть автоматически распространены на их резание, а тем более переламывание после подсушивания, особенно в комлевой части.

Для реализации цели исследования разработана лабораторная установка, позволяющая фиксировать вертикальное усилие, прикладываемое к испытываемому поперечному сечению стебля в момент его разрушения, на базе которой были спланированы четыре серии экспериментов (рис. 1).

Первая серия включала изучение процесса перерезания лезвием ножа 4 стебля 3 (б), опирающегося на две опоры 1 и 2 и удерживаемого с одной стороны прижимом 5 (рис. 1, а). При этом нож устанавливался с минимально возможным зазором по отношению к противорезу, роль которого выполняла опора 1. То есть, по сути, установка в этом варианте настройки имитировала работу лезвия секатора.

Вторая серия опытов позволила исследовать процесс резания стебля лезвием при тех же условиях, как в первом случае, за исключением

опорной схемы. Во второй серии опытов осуществлялось «консольное» резание (рис. 1, б). То есть левая часть 3 стебля опиралась только на правую опору 1. При этом основная часть б стебля была также зафиксирована прижимом 5.

Две следующие серии опытов были посвящены изучению усилия, необходимого для поперечного переламывания стеблей (рис. 1, в, г). Подлежащий переламыванию стебель укладывали на опоры 1 и 2, а затем прикладывали вертикальное усилие посредством клиновидного пуансона 4 ровно по центру свободного пространства b_1 (b_2) между опорами. При этом свободный конец б стебля не фиксировали, а лишь слегка придерживали.

Как следует из рисунка, были использованы два варианта настройки оборудования. В первом случае расстояние между опорами 1 и 2 было принято равным $b_1 = 30$ мм. Вторая серия опыта

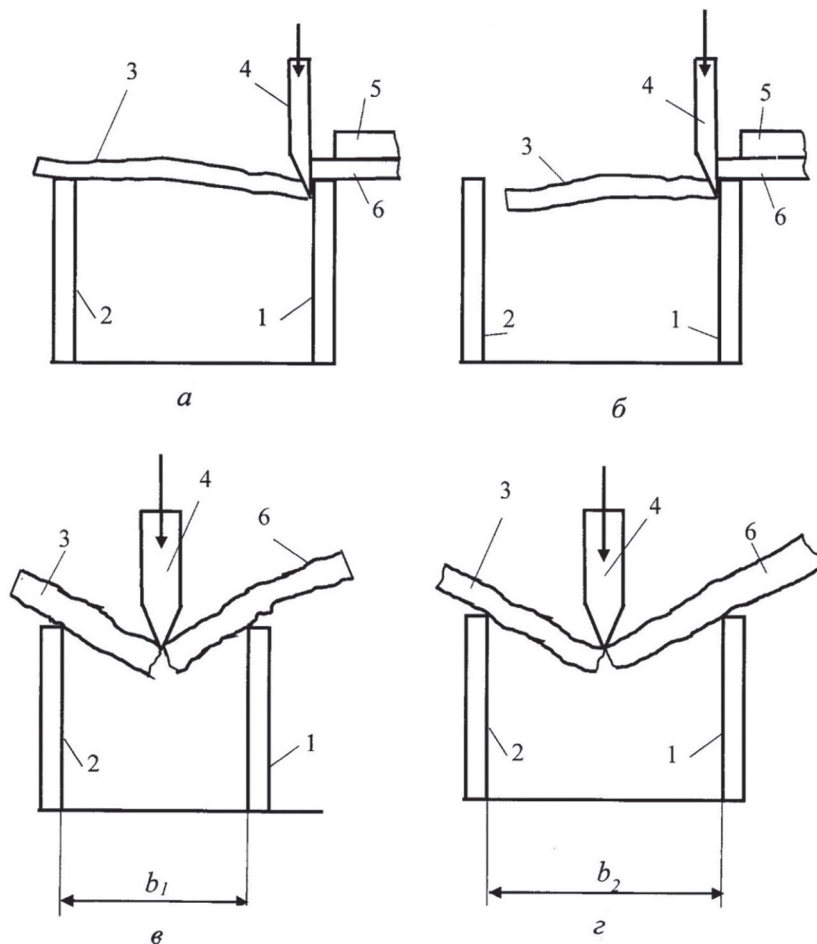


Рис. 1. Схема вариантов опыта:

а – резание на двух опорах; б – резание консольное; в – переламывание ($b_1 = 30$ мм); г – переламывание ($b_2 = 54$ мм); 1, 2 – опоры; 3, 6 – части измельчаемого стебля; 5 – прижим; 4 – нож (клиновидный пуансон)

Fig. 1. Scheme of experiment variants: а – cutting on two supports; б – cantilever cutting; в – breaking ($b_1 = 30$ mm); г – breaking ($b_2 = 54$ mm); 1, 2 – supports; 3, 6 – parts of the shredded stem; 5 – clamp; 4 – knife (wedge-type punch)

выполнялась при $b_2 = 54$ мм. Выбор указанных размеров обусловлен тем, что в первом случае осуществляется имитация переламывания с частичным раздавливанием стебля, что характерно для измельчающего ротора недостаточного диаметра. Большой размер предполагает режим измельчения без заметного раздавливания материала стебля.

Главной проблемой планирования эксперимента является высокая степень дифференциации параметров исследуемого объекта. Дело в том, что свойства стеблей в комлевой части и в средней зоне заметно меняются. В связи с этим отбирали стебли, относящиеся к двум типоразмерным группам. Условно «тонкие» имели диаметр в комлевой части порядка 9–10 мм, а условно «толстые» – 12–13 мм.

Высокая степень дифференциации размеров стеблей не позволяла надежно гарантировать стабильный диаметр испытываемого поперечного сечения, то есть планировать эксперимент при заведомо фиксированных значениях факторного признака (диаметра). В связи с этим опыт с каждым из стеблей начинался с измерения диаметра его комлевой части. После отрезания (отламывания) отрезка стебля на его оставшейся части выбирали случайным образом очередное поперечное сечение, которое измеряли, и опыт повторялся.

Каждая серия опытов включала 25 повторностей. При этом стремились обеспечить

примерно равное представительство поперечных сечений разного диаметра, чтобы обеспечить максимально возможный в таких условиях уровень достоверности результатов исследования.

Результаты и обсуждение

Перед проведением эксперимента в межкафедральной лаборатории Брянского ГАУ была измерена влажность стеблей, оказавшаяся равной 8,85 %. Диаметр стеблей измеряли стандартным штангенциркулем с ценой деления 0,1 мм. Усилие измеряли механическим (пружинным) динамометром с ценой деления 2 Н. Фиксировали максимальное усилие, достигавшееся в каждой повторности опыта.

В первую очередь целесообразно проанализировать результаты каждой серии экспериментов по отдельности. Для этой цели в программе Excel были построены тренды, характеризующие зависимость максимального усилия поперечного воздействия на стебель от его диаметра. На рис. 2 приведен линейный тренд, полученный путем обработки результатов опыта по перерезанию стеблей с их фиксацией на двух опорах, как это показано на рисунке 1, а. Разброс значений достаточно широк, но, как отмечалось выше, это обусловлено высоким уровнем дифференциации свойств измельчаемого материала. Так, для одних испытываемых образцов диаметр 10 мм приходился

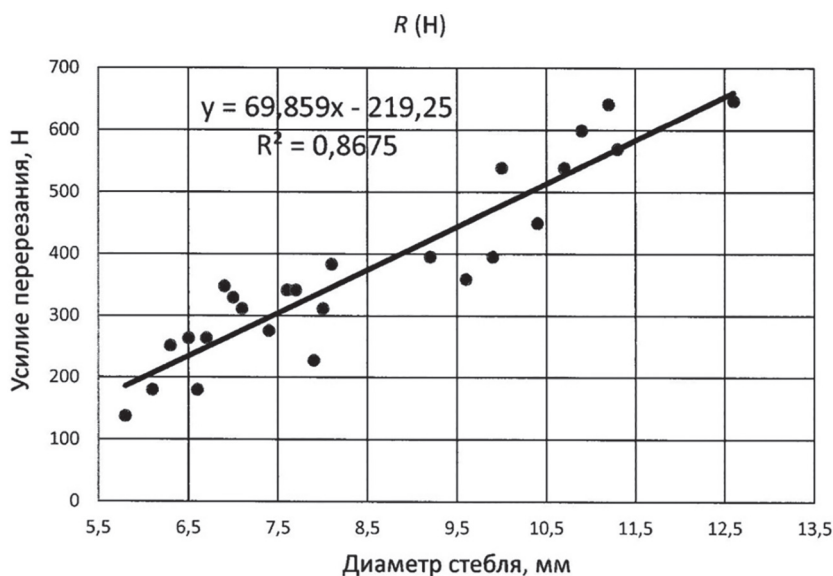


Рис. 2. Поле корреляции и зависимость усилия перерезания стебля малины от его диаметра при опорном резании

Fig. 2. Correlation field and the dependence of the cutting force of the raspberry stem on its diameter during support cutting

на комлевую часть, тогда как в других случаях такой размер был характерен для средней зоны стебля. Для полукустарника, каким является малина [11], естественно, что структура и прочность материала комлевой части стебля заметно отличаются от соответствующих параметров его средней зоны.

Для других серий опыта также характерна линейная форма тренда (рис. 3). Переход в сериях с переламыванием на полиномиальную модель увеличивал коэффициент детерминации R^2 всего на 1–2 %. Так, при переламывании и расстоянии между опорами $\Delta = 54$ мм переход от линейного тренда на его полиномиальный вариант увеличил R^2 с 0,8252 до 0,8467. Очевидно, что разница существенно меньше ошибки измерения, приближающейся к 15 %.

Полученная в обоих вариантах перерезания стеблей линейная зависимость усилия резания от их диаметра (тренды 1 и 2 на рис. 3) хорошо согласуется с классическими представлениями об этом процессе. Действительно, основное сопротивление перемещению рабочего органа оказывает раздавливаемая полоса перерезаемого

материала, сопоставимая по ширине с толщиной зоны затупления лезвия, которая является постоянной величиной. Таким образом, площадь раздавливаемого лезвием материала зависит только от диаметра стебля.

В определенной степени результат сопоставления двух трендов оказался неожиданным. Дело в том, что он свидетельствует о разных механизмах разрушения толстой (комлевой) части стебля и его более тонкой (средней) части. Действительно, при максимальном диаметре стебля усилие консольного резания на 8,8 % превышает усилие опорного резания. С учетом того, что ошибка варьируется на уровне 12–13 %, указанное различие можно оценить, как малозначимое.

Иная ситуация при резании более тонкой части стебля. Так, при диаметре 6 мм усилие, необходимое на перерезание стебля в варианте опорного резания, на 42,5 % выше аналогичного показателя, характерного для консольного резания. Очевидно, что разница, безусловно, значимая, и она свидетельствует о наличии принципиальных отличий в характере процесса.

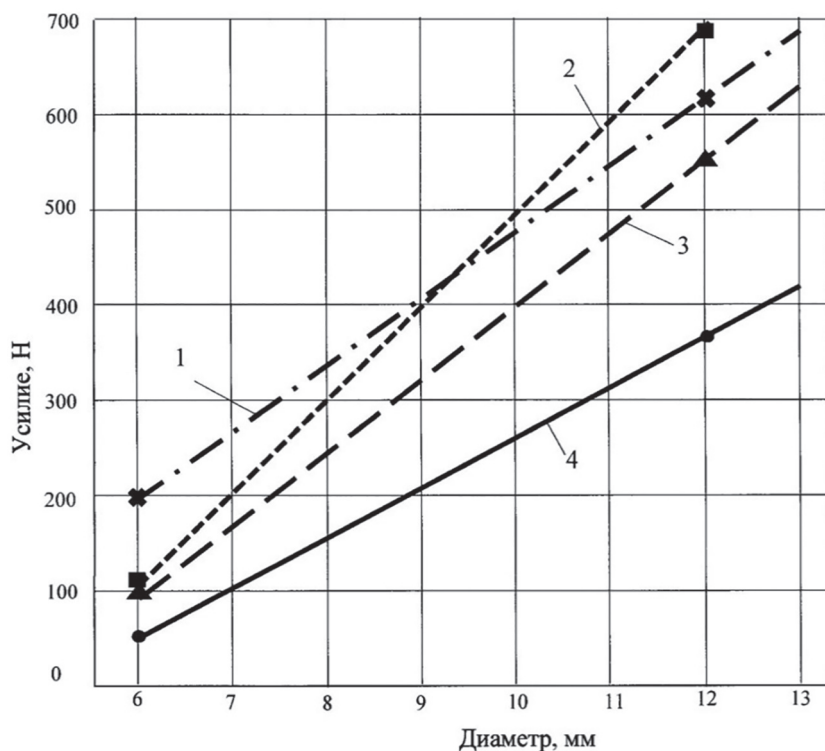


Рис. 3. Зависимость усилия, расходуемого на измельчение стеблей, от их диаметра и способа разрушения:
1 – резание на двух опорах; 2 – резание консольное; 3 – переламывание при $\Delta = 30$ мм;
4 – переламывание при $\Delta = 54$ мм

Fig. 3. Dependence of the effort spent on grinding the stems on their diameter and the method of destruction: 1 – cutting on two supports; 2 – cantilever cutting; 3 – breaking at $\Delta = 30$ mm; 4 – breaking at $\Delta = 54$ mm

Отчасти полученный результат может быть объяснен следующим образом. При резании стебля на опорах происходит «заклинивание» фасочной части лезвия (рис. 1, *а*), что вызывает рост силы трения материала по поверхности фаски и существенно увеличивает общий результат. При консольном резании отделяемый участок 3 стебля сразу отклоняется вниз и не создает значимого усилия трения по поверхности фаски ножа.

Если проанализировать тренды, характеризующие процесс переламывания стеблей (тренды 3 и 4 на рис. 3), то полученный результат сопоставления вполне соответствует основным положениям науки о сопротивлении материалов. Действительно, увеличение расстояния между опорами в 1,8 раза привело к уменьшению усилия переламывания: при $D_{\min} = 6$ мм – в 1,84 раза, а при $D_{\max} = 12$ мм – в 1,5 раза. В комлевой части стеблей прямая пропорция несколько нарушается, хотя, в целом, тенденция сохраняется. Видимо, для больших диаметров стеблей характерен более сложный процесс их разрушения, чем переламывание в результате «чистого» изгиба.

Поскольку основная цель исследования заключалась в получении объективного сопоставления различных способов измельчения стеблей, то целесообразно рассмотреть полученные результаты и с этой точки зрения. Во-первых, следует отметить: полученные графики свидетельствуют о том, что гипотеза исследования, предполагавшая, что для переламывания подсушенного стебля малины требуется меньшее усилие, чем для его перерезания, нашла экспериментальное подтверждение. Действительно, даже при расстоянии между опорами $\Delta = 30$ мм линия тренда проходит ниже любой из точек двух других трендов, характеризующих энергоёмкость процесса резания. При этом, если преимущество переламывания при $\Delta = 30$ мм не превышает ошибки измерения, то при $\Delta = 54$ мм в тонкой части стебля ($D = 6$ мм) усилие переламывания в 2,12 раза меньше, чем на его консольное перерезание. Если же сравнивать с перерезанием на двух опорах, то разница увеличивается до 3,76 раза.

Что касается комлевой части стебля ($D = 12$ мм), то усилие, необходимое для переламывания стебля, в 1,67–1,86 раза меньше усилия, необходимого для его перерезания. То есть существенную разницу в усилии, необходимом для разрушения стебля малины

посредством поперечного нагружения между альтернативными вариантами измельчения, можно считать зафиксированной в результате эксперимента достоверно. Это обусловлено тем, что, не смотря на достаточно широкий разброс экспериментальных данных, среднее отклонение от линии тренда в вариантах опыта не превышало 28 %.

На основании полученных результатов были уточнены некоторые параметры рабочего органа и смоделированы фазы процесса измельчения стеблей их поперечным переламыванием. Рабочий орган (рис. 4) выполнен в виде пары двенадцатилопастных роторов 1 и 2, смонтированных с радиальным перекрытием и сдвинутых по фазе на угол 15° .

Выбор количества лопастей обусловлен аналогией с зубчатым зацеплением эвольвентного типа, в котором при числе зубьев меньшем 13 возможно их заклинивание и подрезание тела зуба. Исходя из этих соображений принято компромиссное решение выполнить на каждом из роторов измельчителя по 12 радиальных лопастей с двухсторонним заострением наружной кромки каждой из них на угол 60° (рис. 1 *в*, *г*). Поскольку лопасти имеют меньшую толщину, чем зубья эвольвентного профиля, то между ними имеется достаточный резерв свободного пространства. В связи с тем что для обеспечения необходимой величины поперечной деформации стебля целесообразно обеспечить расстояние между наружными кромками лопастей в пределах 50 – 55 мм, диаметр ротора должен быть порядка 200–210 мм.

Процесс измельчения проходит последовательно несколько фаз. Он начинается с захвата конца 11 стебля 15 лопастями 5 и 6 нижнего ротора 2 и лопастью 7 верхнего ротора 1 (рис. 4, *а*). При дальнейшем протягивании стебля вправо величина прогиба его участка 17 (рис. 4, *б*) увеличивается до тех пор, пока лопасть одного из роторов не совпадет с межосевой линией (лопасть 9). В результате деформация заключенного между лопастями 3 и 4 нижнего ротора участка стебля достигает максимума и он разламывается на отрезки 14 и 16. При дальнейшем повороте роторов разрыв связи между отрезками 13 и 14 (являющимися очередной фазой процесса) завершается, вследствие чего образуются обособленные куски 11 и 12, отбрасываемые лопастями 5, 7 и 8 роторов 1 и 2 на транспортер или в накопительную ёмкость.

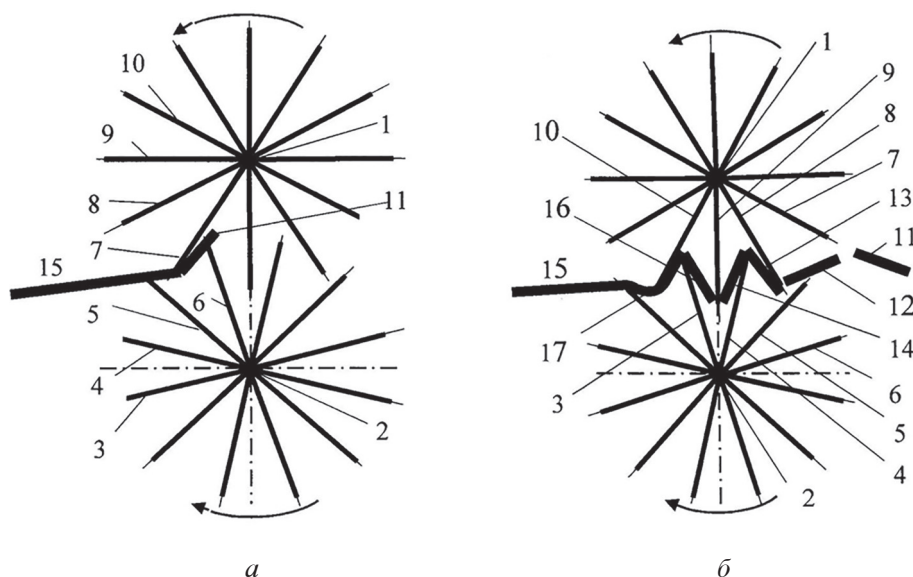


Рис. 4. Фазы процесса измельчения стебля малины поперечным переламыванием:
a – начальная фаза; *б* – конечная фаза; 1, 2 – роторы; 3–10 – лопасти роторов;
11–17 – части измельчаемого стебля малины

Fig. 4. Phases of the process of chopping the raspberry stem by transverse crushing: a – initial phase; b – final phase; 1, 2 – rotors; 3–10 – rotor blades; 11–17 – parts of the crushed raspberry stalk

Измерение усилия, необходимого для переламывания стеблей малины, позволило рассчитать основные силовые и энергетические характеристики измельчителя. В расчете на длину лопасти 1 один метр и при одновременном измельчении 25 стеблей в среднем на привод одного ротора необходимо порядка 9,3 кВт. При этом для прочностного расчета элементов привода следует принимать пиковое значение мощности $N_{\max} = 16,4$ кВт. Максимальное расчетное усилие, действующее на вал ротора в вертикальной плоскости, равно 12400 Н, и оно равномерно распределено по его длине. В горизонтальной плоскости действует также распределенная по длине вала сила суммарной величиной 2750 Н.

Выводы

1. Энергоемкость процесса измельчения стеблей малины зависит как от их диаметра, так и от применяемого способа поперечного воздействия. Наименее энергоемким является поперечное переламывание стебля на опорах.
2. Предпочтительным рабочим органом измельчителя стеблей малины является пара двенадцатилопастных роторов диаметром порядка 200–210 мм, смонтированных с радиальным перекрытием примерно на величину расстояния между наружными кромками двух

соседних лопастей. При этом роторы должны быть снабжены синхронным приводом и сдвинуты по фазе на угол 15° .

3. Средняя мощность, необходимая для привода одного ротора, составляет порядка 9,3 кВт. При кратковременной «пиковой» нагрузке потребляемая мощность может увеличиться до 16,4 кВт.

4. В вертикальной плоскости на вал измельчителя длиной 1 метр при одновременном измельчении 25 стеблей действует максимальная распределенная нагрузка величиной до 12400 Н. В горизонтальной плоскости действует аналогичное усилие величиной 2750 Н.

Литература

1. Садртдинов А.Р., Сафин Р.Г., Исагилова Л.М., Галеев Т.Х., Мингалеева Г.Р. Тенденции образования и потенциал использования отходов растительного происхождения лесопромышленного и агропромышленного комплексов // Деревообрабатывающая промышленность. 2017. № 2. С. 8–17.
2. Орловский С.Н. Измельчение малоценной древесины при рубках ухода // Лесной журнал. 2018. № 5. С. 135–150.
3. Догода П.А., Степанов А.В., Воложанинов С.С., Анищенко В.И., Догода Н.П. Обоснование технологических и конструктивных параметров из-

мельчителя виноградной лозы с изготовлением и испытанием исследовательского образца // Научные труды Южного филиала Национального университета биоресурсов и природопользования Украины «Крымский агротехнологический университет». Серия: Технические науки. 2014. № 162. С. 11–21.

4. Ожерельева М.В. Совершенствование технологии возделывания малины в условиях средней полосы России: дис. ... канд. с.-х. наук. Брянск, 2001. 145 с.
5. Казаков И.В., Айтжанова С.Д., Евдокименко С.Н., Сазонов Ф.Ф., Кулагина В.Л., Андропова Н.В. Ягодные культуры в центральном регионе России / под научной ред. академика РАН И.М. Куликова. М.: ФГНУ ВСТИСП, 2016. 233 с.
6. Ожерельев В.Н. Технологические процессы и средства механизации производства ягод малины: дис. ... докт. с.-х. наук. Брянск, 2001. 312 с.
7. Ожерельев В.Н., Ивченко В.А. Подборщик-измельчитель стеблей // Механизация и электрификация с.-х. 1991. № 10. С. 56.
8. Ожерельев В.Н. Подборщик-измельчитель стеблей: патент на изобретение № 2518427 Российская Федерация; опубл. 10.06.14, Бюл. № 16.
9. Махиня Л.М., Волков Ф.А. Жесткость изгиба и напряжение в побегах малины в связи с машинной уборкой урожая // Сб. научн. работ НИИЗИСНП. 1979. Том 14. С. 91–95.
10. Чвала С.В. Совершенствование технологии по уходу за товарной плантацией малины и разработка режущего аппарата для ограничения высоты стеблей. дис. ... канд. техн. наук: Брянск, 2008. 215 с.
11. Казаков И.В. Малина. Ежевика. М.: ООО «Издательство АСТ»; Харьков «Фолио», 2001. 256 с.

References

1. Sadrtidinov A.R., Safin R.G., Ismagilova L.M., Galejev T.KH., Mingaleyeva G.R. Trends in the formation and potential of using plant waste from the timber and agro-industrial complexes. *Derevobratyvyayushchaya promyshlennost'*. 2017. No 2, pp. 8–17 (In Russ.).
2. Orlovskiy S.N. Shredding of low-value wood during thinning. *Lesnoy zhurnal*. 2018. No 5, pp. 135–150 (In Russ.).
3. Dogoda P.A., Stepanov A.V., Volozhaninov S.S., Anishchenko V.I., Dogoda N.P. Substantiation of

technological and design parameters of the grapevine shredder with the manufacture and testing of a research sample. *Nauchn-yye trudy Yuzhnogo filiala Natsional'nogo universiteta bioresursov i prirodopol'zovaniya Ukrainy «Krymskiy agrotekhnologicheskii universitet»*. Seriya: Tekhnicheskiye nauki. 2014. No 162, pp. 11–21 (In Russ.).

4. Ozherel'yeva M.V. Sovershenstvovaniye tekhnologii vzdelyvaniya maliny v usloviyakh sredney polosy Rossii: dis. ... kand. s.-kh. Nauk [Improvement of the technology of cultivation of raspberries in the conditions of central Russia: Dissertation for Degree of PhD in Agriculture]. Bryansk, 2001. 145 p.
5. Kazakov I.V., Aytzhanova S.D., Yevdokimenko S.N., Sazonov F.F., Kulagina V.L., Andronova N.V. Yagodn-yye kul'tury v tsentral'nom regione Rossii [Berry crops in the central region of Russia]. Pod nauchnoy red. akademika RAN I.M. Kulikova. Moscow: FGNU VSTISP Publ., 2016. 233 p.
6. Ozherel'yev V.N. Tekhnologicheskkiye protsessy i sredstva mekhanizatsii proizvodstva yagod maliny: diss. ... dokt. s.-kh. Nauk [Technological processes and means of mechanization of the production of raspberries: Dissertation for Degree of DrSc in Agriculture]. Bryansk, 2001. 312 p.
7. Ozherel'yev V.N., Ivchenko V.A. Stalk pick-up chopper. *Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya s.-kh.* 1991. No 10, pp. 56 (In Russ.).
8. Ozherel'yev V.N. Podborshchik-izmel'chitel' stebley [Stalk pick-up chopper]: patent na izobreteniyе No 2518427 Rossiyskaya Federatsiya; opubl. 10.06.14, Byul. No 16.
9. Makhinya L.M., Volkov F.A. Bending rigidity and stress in raspberry shoots due to machine harvesting. *Sb. nauchn. rabot NIZISNP*. 1979. Vol. 14, pp. 91–95 (In Russ.).
10. Chvala S.V. Sovershenstvovaniye tekhnologii po ukhodu za tovarnoy plantatsiyey maliny i razrabotka rezhushchego apparata dlya ogranicheniya vysoty stebley. dis. ... kand. tekhn. Nauk [Improvement of technology for the care of a commercial raspberry plantation and development of a cutting device to limit the height of the stems: Dissertation for Degree of PhD in Engineering]: Bryansk, 2008. 215 p.
11. Kazakov I.V. Malina. Yezhevika [Raspberries. Blackberries]. Moscow: ООО «Izdatel'stvo AST»; Khar'kov «Folio» Publ., 2001. 256 p.