

УДК 631.363

ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЬ СТЕБЕЛЬЧАТЫХ МАТЕРИАЛОВ

Кирицев Л.А
Романюха И.Е

Днепропетровский государственный аграрный университет

Предложена конструкция измельчителя стебельчатых материалов с дисковым режущим аппаратом вертикального типа с меньшими затратами энергии на измельчение и динамическими нагрузками на рабочий орган.

The design of the chopper stalked feed disc cutter vertical type with less energy on crushing and dynamic loads on the working body.

Проблема

Основными недостатками измельчения стебельчатых кормов современными измельчителями являются значительные затраты энергии и динамические нагрузки на измельчающий механизм. Учитывая, что измельчению подлежат большие объемы этих кормов, проблема усовершенствования измельчителей с целью уменьшения энергоемкости процесса является актуальной.

Анализ последних исследований и публикаций

Впервые процесс измельчения (резания) лезвием теоретически рассмотрел академик В.П. Горячкин. В дальнейшем теории измельчения развивали такие выдающиеся ученые, как В.А. Желиговский, Н.Е. Резник, С.В. Мельников, Г.М. Кукта, А.И. Завражнов, Н.В. Сабликов, А.Е. Мянд, В.И. Сыровотка, В.И. Передня и другие.

По результатам их разработок созданы современные измельчающие аппараты нескольких типов: дисковые, барабанные, штифтовые, битерно - ножевые и прочие, принципы действия которых базируются на измельчении резанием, разрывом, дроблением, перетиранием, плющением и т.п.

Для измельчения стебельных кормов среди этих принципов наименее энергоемким является резание лезвием. Самое большое распространение имеют два типа измельчающих аппаратов, работающих на этом принципе: барабанный со спиральными и дисковый с криволинейными ножами. С точки зрения энергоемкости дисковый режущий аппарат имеет преимущество перед барабанным, потому что в нем более полно реализуем скользящее резание (угол скольжения $\tau > 50^\circ$), а в барабанном угол скольжения не превышает 30° , поэтому имеем преимущественно наклонное резание. С точки зрения величины динамических нагрузок на режущий механизм преимущество имеет барабанный, потому что в нем момент резания постоянный, тогда как в дисковых радиус резания переменный и, соответственно, меняется момент резания. Устранение указанных недостатков (уменьшение энергоемкости процесса резания барабанного и снижение динамических нагрузок дискового режущих механизмов) является одной из основных проблем усовершенствования процесса измельчения стебельных кормов.

Цель исследования

Разработать конструкцию измельчителя стебельчатых кормов с меньшими затратами энергии, измельчающий аппарат которого объединял бы положительные качества дисковых аппаратов с криволинейным лезвием и барабанных с постоянным радиусом резания.

Для этого в разработку его режущего аппарата нами положены следующие принципы:

- измельчение материала проводить резанием лезвием;
- резание лезвием выполнять со скольжением при значениях угла скольжения $\tau > (50...60)^\circ$;
- измельчение проводить дисковыми ножами, обеспечив их постоянный радиус резания;
- измельчение проводить непрерывно;
- резание проводить на скоростях, которые отвечают минимуму затрат энергии.

Результаты исследований

Для обеспечения главной идеи - непрерывное скользящее резание ножами при постоянном радиусе (моменте) резания мы предложили следующую конструкции измельчителя стебельчатых материалов (см. рисунок).

Измельчитель состоит из бункера, подающего механизма, режущего аппарата, выгрузного устройства и привода.

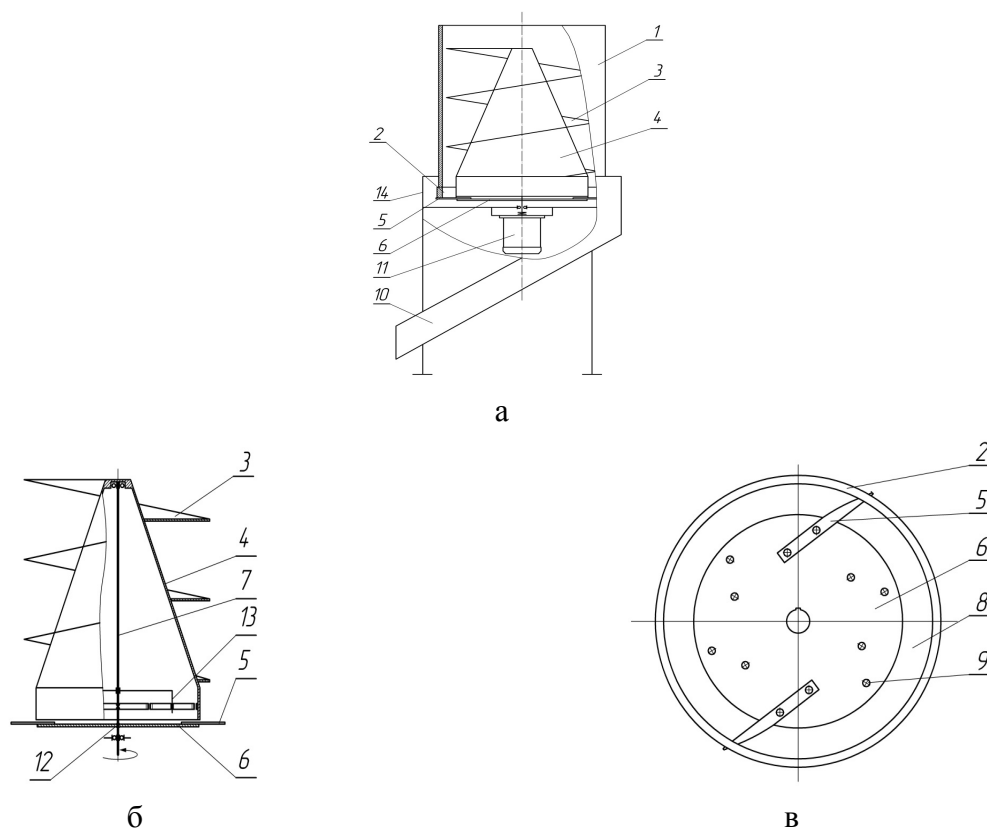


Рис. Схема измельчителя стебельчатых материалов: а – принципиальная схема измельчителя; б – пример кинематики привода измельчителя; в – режущий аппарат измельчителя (вид сверху)

Бункер 1 цилиндрической формы, к нижней части которого прикреплена противорежущая обечайка 2 с таким же внутренним диаметром. В бункере размещён подающий механизм шнекового типа. Витки 3 шнека имеют постоянные шаг и внешний диаметр и закреплены на коническом валу 4, диаметр которого увеличивается в направлении подачи материала.

Режущий аппарат дискового типа с криволинейными ножами 5, размещен под противорежущей обечайкой 2. Ножи 5 закреплены на диске 6 режущего аппарата, который установлен на ведущем валу 7 привода. Форма лезвий ножей 5 обеспечивает скользящее резание материала с оптимальным углом скольжения по всей ширине кольца (щели) резания 8 между внешним диаметром нижнего конца вала 4 шнека и внутренним диаметром противорежущей обечайки 2. Для уменьшения затрат энергии на измельчение материала окружную скорость движения ножей рекомендуются выбирать в пределах 50 – 60 м/с, что соответствует минимуму затрат энергии на резание [1,2] и обеспечит возможность использования в качестве опоры резанию еще и инерцию материала, то есть резание осуществляется постоянно по кольцу резания сначала инерционным резанием, при котором роль противореза выполняет инерция самого материала, а дальше оно постепенно переходит в опорное резание, при котором материал сжимается ножами 5 к обечайке 2. Для регулирования степени измельчения при постоянной скорости подачи материала подающим механизмом на диске 6 предусмотрены отверстия 9 для крепления соответствующего количества ножей 5. Степень измельчения можно регулировать и изменением передаточного отношения трансмиссии привода подающего механизма.

Выгрузное устройство представляет собой выводной лоток 10, на который падают и самотёком выводятся наружу отрезанные частички материала.

Привод состоит из электродвигателя 11, передачи 12 на режущий аппарат (например, жесткое соединение) и понижающей передачи 13 (например, планетарная) на вал 4 шнека подающего механизма.

Бункер, подающий и режущий механизмы с приводом и выводной лоток 10 закреплены на раме 14.

Для регулирования степени измельчения при постоянной скорости подачи материала подающим механизмом на диске 6 предусмотрены отверстия 9 для крепления соответствующего количества ножей 5. Степень измельчения можно регулировать и изменением передаточного отношения трансмиссии привода подающего механизма.

Выгрузное устройство представляет собой выводной лоток 10, на который падают и самотёком выводятся наружу отрезанные частички материала.

Привод состоит из электродвигателя 11, передачи на режущий аппарат 12 (например, жесткое соединение) и понижающей передачи 13 (например, планетарная) на вал 4 шнека подающего механизма.

Бункер, подающий и режущий механизмы с приводом и выводной лоток 10 закреплены на раме 14.

Измельчитель стебельчатых материалов работает следующим образом. Материал, который подаётся в бункер 1, захватывается витками 3 шнека.

За счет конической формы вала 4 шнека и его соответствующей частоты вращения подающий механизм тормозит скорость падения материала, прижимает его к внутренней поверхности цилиндра 1, а потом обечайки 2 и через кольцо резания подает к ножам 5

режущего аппарата. Ножи 5 своими лезвиями выполняют скользящее резание материала по всей ширине кольца резания 8, при этом роль противореза сначала выполняет инерция самого материала, а потом обечайка 2. Отрезанные частички материала падают на выводной лоток 10 и перемещаясь по нему выводятся наружу) подающего механизма и перемещается им с соответствующей скоростью к режущему аппарату.

Рассмотрим энергоёмкость процесса измельчения стебельчатых кормов известными измельчителями. В общем виде мощность, необходимую на измельчение ими стебельчатых кормов, можно описать выражением

$$N = N_{\text{п}} + N_{\text{с}} + N_{\text{р}} + N_{\text{ш}} + N_{\text{о}} + N_{\text{в}} + N_{\text{вив}} + N_{\text{х}},$$

где $N_{\text{п}}$ - мощность, необходимая для подачи материала в зону измельчения;

$N_{\text{с}}$ - мощность, необходимая на предварительное сжатие материала перед измельчением (резанием);

$N_{\text{р}}$ - мощность, необходимая для измельчения;

$N_{\text{ш}}$ - мощность, необходимая для изменения скорости движения частиц измельченной массы;

$N_{\text{о}}$ - мощность, необходимая на преодоление сопротивления движению материала в измельчающем аппарате;

$N_{\text{в}}$ - мощность, необходимая для движения потока воздуха, создаваемого измельчающими рабочими органами;

$N_{\text{вив}}$ - мощность, необходимая для выгрузки измельченной массы из камеры измельчения;

$N_{\text{х}}$ - мощность, затрачиваемая на холостой ход (без вентиляционных затрат).

Сравним удельную энергоёмкость каждой из составляющих процесса измельчения предложенной конструкцией с известными измельчителями РСС – 6,0Б, ИКВ – Ф – 5 «Волгарь - 5» первая и вторая степени измельчения, ИГК – 30Б, ИСК – 3А, КДУ – 2, ДКМ – 5.

Мощность, необходимая для подачи материала в зону измельчения $N_{\text{п}}$. В предложенной нами конструкции материал поступает на шнековый подающий механизм самотеком и задача этого механизма, также как и аналогичных механизмов других сравниваемых измельчителей, заключается в подаче материала на резание с одновременным его сжатием. Итак, в сравнении с подающими механизмами других измельчителей он не имеет особых преимуществ в затратах энергии.

Мощность, необходимая на предварительное сжатие материала перед измельчением $N_{\text{с}}$. В измельчителях РСС – 6,0Б, ИКВ – Ф – 5 «Волгарь - 5» (первая степень измельчения), КДУ – 2 и ДКМ – 5 после выхода материала из подающего механизма он несколько разрыхляется, поэтому ножи должны выполнить повторное дополнительное сжатие перед резанием, на что тратим соответствующую энергию. В измельчителях ИГК – 30Б и ИСК – 3А сжатие отсутствует, потому что основным принципом измельчения является разрыв. В измельчителе «Волгарь - 5» имеем перед измельчением однократное сжатие ножами (резание пуансоном). В предложенной нами конструкции сжатие материала перед измельчением выполняем шнеком с переменным диаметром и в таком (сжатом) состоянии он сразу поступает на резание. Итак, мы имеем преимущество перед первой группой

измельчителей благодаря однократному сжатию, а проигрываем второй и третьей группам, зато они имеют значительно более энергоемкий принцип измельчения.

Мощность, необходимая для измельчения N_p . Это наиболее весомая составляющая в формуле. Из анализа энергоемкости процесса измельчения рабочими органами сравниваемых машин имеем следующее. В соответствии с теорией измельчения наиболее энергоемкими являются рабочие органы измельчителей ИГК – 30Б и ИСК – 3А, в которых используемым способом измельчения является разрыв. Менее энергоемкий способ применен на второй стадии измельчения в измельчителе «Волгарь - 5», где резания осуществляют пуансоном с углами резания от нормального до наклонного. Еще менее энергоемкий способ измельчения применен в измельчителе «Волгарь - 5» (первая стадия), КДУ – 2 и ДКМ – 5, в которых используют наклонное резание барабанными рабочими органами. Наименее энергоемкими являются рабочие органы предложенной нами конструкции и измельчителя РСС – 6,0Б, где применено скользящее резание. Но предложенная нами конструкция имеет существенные преимущества перед РСС – 6Б, которые еще больше уменьшают энергоемкость процесса, а именно:

- резание непрерывное;
- момент резания постоянный;
- динамическая нагрузка на рабочий орган минимальная.

Мощность, необходимая для изменения (величины, направления) скорости $N_{ш}$ и преодоления сопротивления движению N_0 частиц измельченной массы. В измельчителях ИГК – 30Б, ИСК – 3А, КДУ – 2 и ДКМ – 5 необходимы значительные затраты энергии на изменение как величины и направления скорости так и сопротивления движению частиц измельченной массы, создаваемые их рабочими органами, в ИКВ – Ф – 5 «Волгарь - 5» (первая и вторая степень измельчения) они меньше, тогда как в РСС – 6,0Б и в предложенной нами конструкции они практически отсутствуют.

Мощность, необходимая для движения потока воздуха, создаваемого измельчающими рабочими органами $N_{в.}$ В измельчителях ИГК – 30Б, ИСК – 3А, КДУ – 2 и ДКМ – 5 тратится значительная энергия на преодоление сопротивления движению воздуха, создаваемого измельчающими рабочими органами. Эти затраты меньше в ИКВ – Ф – 5 «Волгарь - 5» (первая и вторая степень измельчения), а в РСС – 6,0Б и в предложенной нами конструкции они совсем незначительные.

Мощность, необходимая для выгрузки измельченной массы из камеры измельчения $N_{вив.}$ Затраты энергии на эту операцию зависят от задач, которые поставлены перед выгрузным механизмом.

Самые большие затраты энергии на выгрузку измельченной массы имеем в измельчителях РСС – 6,0Б и ИГК – 30Б, сравнительно меньшие в ИСК – 3А, но эти затраты связаны, в основном, с дальнейшей транспортировкой массы. На само удаление массы из рабочей камеры эти затраты незначительные. В измельчителях КДУ – 2 и ДКМ – 5 в связи с наличием молотковых барабанов, которые практически не принимают участие в измельчении (за исключением приготовления травяной муки), эти затраты меньше, чем у предыдущих машин. В остальных измельчителях, в том числе и в предложенном нами, выгрузка массы происходит самотёком, то есть практически без затрат энергии.

Мощность, затрачиваемая на холостой ход (без затрат на движение потока воздуха, создаваемого рабочими органами) N_x . Эти затраты энергии присутствуют во всех

измельчителях, выбранных для анализа. Величина этих затрат зависит от особенностей каждой конструкции и отличается незначительно.

Как видно из выполненного анализа, предложенная нами конструкция дискового вертикального измельчителя стебельчатых кормов по всем составляющими мощности входящим в формулу (1), не уступает известным конструкциям измельчителей, а по такой составляющей, как величина мощности, которая необходима непосредственно на измельчение, значительно превосходит другие и имеет практически одинаковые показатели с РСС – 6Б. Но предложенная нами конструкция имеет существенные преимущества перед РСС – 6Б, а именно: резание непрерывное, момент резания постоянный, динамическая нагрузка на рабочий орган минимальная.

Выводы

1. Предложена конструкция измельчителя стебельчатых кормов с вертикальным дисковым рабочим органом, который объединяет в себе положительные качества режущих дисковых аппаратов с криволинейным лезвием и барабанных с постоянным радиусом резания.

2. Измельчитель с вертикальным дисковым рабочим органом обеспечивает измельчение материала:

- скользящим резанием лезвием при оптимальных значениях угла скольжения;
- непрерывно, с практически постоянным радиусом резания на скоростях, которые отвечают минимуму затрат энергии.

3. Измельчитель с вертикальным дисковым рабочим органом по затратам удельной энергии на измельчение имеет существенные преимущества перед известными измельчителями стебельчатых кормов.

Литература

1. Мельников С.В. Механизация и автоматизация животноводческих ферм / С.В. Мельников // - Л.: Колос, 1978. - 560 с.