

Таким образом, учитывая весьма убедительные достоинства граблей-валкователей гребенчатого типа перед ротационными и колесно-пальцевыми валкователями, приведенный экономический эффект от снижения количества примесей в кормах, становится абсолютно очевидной актуальность создания и освоения производства отечественного аналога, внедрение которого обеспечит повышение качества основных видов кормов, а значит приблизит выполнение планов в кормопроизводстве Республики Беларусь.

#### **Список использованной литературы**

1. Программный комплекс мер по развитию кормопроизводства на 2021-2025 годы, утвержденный Заместителем Премьер-министра Республики Беларусь от 16 марта 2021 г. №06/217-261/220.
2. Маклахов А.В., Углин В.К., Никифоров В.Е. Совершенствование технологии заготовки сена в рулонах. Владимирский земледелец. 2017. № 4 (82). С. 28-30.
- 3.: URL <https://belagromech.by/news/osobennosti-tehnologij-i-tehnicheskoeobespeche-nie-zagotovki-kormov-iz-trav-i-silosnyh-kultur>. Дата доступа: 11.06.2021.
4. Лабоцкий, И.М. Техническое обеспечение кормоуборочных работ. Состояние и перспективы / И.М. Лабоцкий [и др.] // Механизация и электрификация сельского хозяйства: Межведомственный тематический сборник РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». В 2-х томах. Мн.: 2013. Вып. 46. Т. 2. С. 3–10.
5. Тройные комбинации дисковых косилок // Проспект фирмы KUNH (Франция), 2017. 20 с.
6. RT 840 // Официальный сайт фирмы «ROC» URL: <https://roc.ag/ru/prodotti/andanatori/rt-840>. Дата доступа: 18.06.2021].

УДК 631.633.15:691.12

### **ОЦЕНКА ПОТЕНЦИАЛА ПОЖНИВНЫХ ОСТАТКОВ КУКУРУЗЫ**

*Дыба Э.В., к.т.н., доцент*

*Трофимович Л.И., научн. сотр.*

*Микульский В.В., к.т.н.*

*Кошля Г.И., ст. препод.*

*Дьякончук С.В., асп.*

*Белорусский государственный аграрный технический университет, г. Минск, Беларусь*

Растениеводство – ведущая отрасль сельского хозяйства в Республике Беларусь. Около двух третей всех посевных площадей страны занимают зерновые, масличные и технические культуры, производство которых связано с образованием значительного количества отходов в виде стерни, соломы, сухих остатков кукурузы, стеблей масличных и технических культур, ботвы картофеля, свеклы и др. Утилизация послеуборочных остатков на полях представляет для сельхозпроизводителей давнюю проблему, поскольку она связана с дополнительными финансовыми расходами, затратами времени или вовсе с необходимостью менять привычные технологии [1].

Цены на природный газ и другие виды топлива ежегодно растут и, по прогнозам, будут повышаться и впредь. В настоящее время общепризнанным фактом является то, что сжигать для получения тепла сухие отходы сельскохозяйственного производства в 2,5-4,0 раза выгоднее, чем использовать природный газ [2]. Все знают, что для этих целей можно применять солому зерновых культур, но немногие слышали, что можно с успехом использовать и кукурузную

солому – главное, чтобы она была сухая. В данной статье мы рассмотрим возможность заготовки и использования кукурузной соломы.

В 2020 году планируется засеять более миллиона гектаров кукурузы, из которых 821,0 тыс. га – на силос, а 241,7 тыс. га – на зерно [3]. Наша страна ежегодно, в результате выращивания зерна кукурузы, производит 1,8-3,0 млн. тонн кукурузной соломы (этот объем с каждым годом возрастает в связи с совершенствованием технологий выращивания и повышением урожайности культуры). Большая часть соломы кукурузы, которая производится в Беларуси, является побочным продуктом и в хозяйственных целях не используется. После уборки кукурузы на зерно на поле остается очень большое количество измельченных пожнивных остатков (стебли, листья, стержни початков и шелуха), с которыми даже хороший плуг не всегда может справиться (рис. 1). Обычно они представляют проблему при основной обработке, поскольку качественно заделать в почву большое количество растительных остатков довольно затруднительно, особенно при урожайности кукурузы свыше 9 т/га. В таком случае на поле остается в среднем 12-18 т/га кукурузной соломы, т. е. поле размером 100 га обычно дает 1200-1800 т кукурузной соломы [2].



**Рис. 1. Заделка в почву измельченных пожнивных остатков кукурузы**

В то же время основными направлениями применения кукурузной соломы в ведущих аграрных странах мира являются:

- использование в качестве подстилки для животных;
- измельчение с последующей заделкой в почву (например, при помощи вспашки) для увеличения содержания гумуса в почве и повышения почвенного плодородия;
- для энергетических целей – сжигания для получения тепла и электроэнергии;
- для производства этанола из целлюлозы, получаемой из кукурузной соломы.

Одним из приоритетных направлений является применение кукурузной соломы для энергетических целей. Использовать кукурузную солому для производства тепла могут как небольшие агропредприятия, так и крупные элеваторы. Это особенно актуально в том случае, если предприятие занимается растениеводством, стабильно дающим очень большое количество кукурузной соломы. Прессованную солому можно использовать как печное топливо. При сгорании 1 кг соломы в отопительном котле выделяется в виде тепла около 18 МДж, что примерно соответствует количеству энергии, выделяемой при сгорании 0,4 л дизельного топлива. Рулон соломы диаметром 1,8 м и весом 330 кг заменяет, как минимум, 140 л дизельного топлива или 140 м<sup>3</sup> природного газа [1].

Расчеты, полученные на Украине, где уже реализовано несколько крупных пилотных проектов в области соломенной теплогенерации (Винницкая, Одесская, Запорожская области и др.), показывают, что себестоимость производства 1 гигакалории тепла, произведенной в котельной на соломе, почти в два раза ниже, чем себестоимость той же гигакалории, полученной от сжигания природного газа (тем более, с учетом его постоянного подорожания). Побочной выгодой использования соломенных котлов является производство экологически чистой золы – ценнейшего источника калия и целого набора микроэлементов. Золы образуется довольно много – приблизительно 5 % от объема сожженной соломы – почти в 10 раз больше, чем у древесины. Просеянную золу можно вносить на поля, добавлять в навозные кучи [1].

К сожалению, применение кукурузной соломы для энергетических целей в Республике Беларусь не развито, в основном из-за отсутствия научно-практического опыта, а также специальных средств механизации. В отличие от нас, в странах ЕС, Китае и в США кукурузная солома уже в течение многих лет успешно используется в качестве топлива – для производства, как тепла, так и электроэнергии, в Египте отходы переработки кукурузы используют в фермерских хозяйствах как корм, топливо, подстилку для животных. В США, Китае и Европе на кукурузной соломе работают целые электростанции и заводы по производству этанола. А наибольшее количество технических решений по заготовке и переработке пожнивных остатков кукурузы запатентовано в Китае (более 50) [4].

Для уборки кукурузной соломы в перечисленных странах используются пресс-подборщики различных видов. Для погрузки очень удобно применять телескопические погрузчики. Для формирования валков и их объединения обычно используют различные механические валкователи и грабли. Измельчитель соломы на комбайне отключают, чтобы сформировались хорошие валки. Наиболее распространенный способ уборки кукурузной соломы – в круглые рулоны. Пресс-подборщик используется в агрегате с накопителем рулонов (рис. 2), что позволяет сгруппировать рулоны в поле, и тем самым минимизировать затраты на уборку.



**Рис. 2. Уборка кукурузной соломы рулонным пресс-подборщиком**

Но для транспортировки соломы и ее хранения, это не самый лучший вариант. Более компактными считаются крупногабаритные прямоугольные тюки (рис. 3). Они лучше приспособлены для транспортировки на большие расстояния, поскольку укладываются более плотно.



**Рис. 3. Уборка кукурузной соломы тюковым пресс-подборщиком**

При подборе растительной массы пресс-подборщиком необходимо учитывать плотность, с какой он уплотняет солому в тюках: чем она выше, тем лучше, поскольку в таком случае транспортировка тюков будет менее затратной. Большое значение имеет также длина резки соломы: чем она короче, тем лучше уплотняется. В то же время не следует нарезать слишком коротко, чтобы тюки не распадались. Солома обязательно должна быть сухой.

Существует распространенное мнение, что транспортировка соломы невыгодна. Но это далеко не так, ведь современное оборудование позволяет делать тюки с большой плотностью и массой. Таким образом, в серийные транспортные платформы и стандартный грузовик с прицепом для транспортировки соломы может поместиться от 10 до 40 т соломы в тюках, что делает такую логистику вполне рентабельной даже при транспортировке на большие расстояния.

Логистика заключается в сборе кукурузной соломы в поле и последующей ее транспортировке на ферму для дальнейшего хранения или производства пеллет либо в доставке непосредственно на склад потребителю (рис. 4).



**Рис. 4. Хранение и переработка тюков из кукурузной соломы**

Энергетическая ценность тонны соломы при влажности 15 %, по данным Teagas, представлена в таблице 1 [2].

*Таблица 1.*

Энергетическая ценность тонны соломы при влажности 15 %

| Тип               | Калорийность, Мжд/кг | Содержание энергии, кВт-час/тонна | Эквивалент сжигания нефти (л/тонна) | Содержание золы, кг/тонна |
|-------------------|----------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|---------------------------|
| Кукурузная солома | 14,4-18,0            | 4,0-4,8                           | 390-400                             | 60-90                     |
| Пшеничная солома  | 14,4                 | 4,032                             | 396                                 | 57                        |
| Ячменная солома   | 14,7                 | 4,116                             | 406                                 | 48                        |
| Рапсовая солома   | 14,3                 | 4,004                             | 393                                 | 62                        |
| Сено              | 14,3                 | 4,004                             | 393                                 | 71                        |

Существует ряд котлов, которые не чувствительны к более сложному химическому составу соломы и отлично ее сжигают. Имеются котлы, оснащенные воздушными нагнетателями для управления подачей воздуха. Котельные установки для кукурузной соломы могут использоваться для производства тепла на агропредприятиях, для сушки зерна и централизованного теплоснабжения. Солома может быть представлена в виде соломенной резки, пеллет (гранул) или цельного тюка (круглого или прямоугольного сечения) в зависимости от технологии, к которой приспособлен котел. Кукурузная солома может подаваться в камеру сгорания в виде целых тюков при помощи погрузчиков или специальным конвейером. Также она может предварительно измельчаться и вдуваться в камеру сгорания при помощи сильного потока воздуха. Еще один метод – сжигание пеллет из кукурузной соломы, которые обладают хорошей сыпучестью, поэтому сжигать их очень просто при помощи подачи обычной норией, т.е. механическим путем.

Экономия при сушке зерна кукурузы при помощи сжигания соломы в сравнении с природным газом (при влажности входящего зерна 27 %, исходящего – 14 %, а также учитывая, что для снижения влажности зерна нужно в среднем на 1 тонно-процент 1,50 м<sup>3</sup> газа) представлены в таблице 2 [2].

Таблиця 2.

Економія при сушці зерна кукурузи при помощи сжигания соломы в сравнении с природным газом

| Кол-во зерна для сушки, т | Нужно природного газа для сушки, м <sup>3</sup> | Цена газа для сушки, \$ | Нужно соломенных гранул для сушки, т | Цена соломенных гранул для сушки, \$ | Экономия на сушке партии зерна при использовании гранул соломы, \$ | Экономия за 5 лет, \$ |
|---------------------------|---|-------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--|-----------------------|
| 1000                      | 19500   | 7198                    | 46                                   | 2374                                 | 4824   | 24119                 |
| 5000                      | 97500   | 35990                   | 229                                  | 11871                                | 24119  | 120597                |

Сжигание 2,34 кг гранул (пеллет) из кукурузной соломы эквивалентно сжиганию 1,0-1,1 м<sup>3</sup> природного газа. При этом гранулы из кукурузной соломы намного доступнее, поскольку в этом случае не требуются газопроводы, специальные разрешения и оплата услуг газовых компаний. Таким образом, для населения (в сельских домах) использование гранул или сечки из кукурузной соломы в 2 раза выгоднее, чем природного газа. А для промышленных предприятий и агрофирм выгода получается еще больше [2].

При использовании газа для сушки зерна существуют определенные риски: перебои с поставкой газа, повышение цен на газ, поставка разбавленного и некачественного газа, огромная стоимость разрешительной документации и работ по подведению газа. А при использовании кукурузной соломы для сушки зерна таких рисков нет. При сегодняшней конъюнктуре рынка капитальные инвестиции на подведение и установку газового оборудования для сушки зерна в агрофирмах значительно превышают затраты на аналогичное оборудование, предназначенное для сжигания кукурузной соломы.

Пожнивные остатки в растениеводстве – это возобновляемый ресурс, пока выращиваются зерновые культуры – будет и солома. Эффективным инструментом в этом вопросе являются современные технологии, которые позволяют использовать поживные остатки безопасно и эффективно.

Процесс утилизации поживных остатков кукурузы в условиях Республики Беларусь не изучен. Кроме того, рабочие органы отечественных серийных машин (пресс-подборщиков) не приспособлены для подбора и измельчения поживных остатков кукурузы. В этой связи, учитывая недостатки существующих пресс-подборщиков, их несовершенство, как с точки зрения подбора, так и с точки зрения измельчения и прессования поживных остатков кукурузы, становится абсолютно очевидной актуальность в проведении исследований по изучению процесса их утилизации, с целью определения основных конструктивных и кинематических параметров устройства для подбора и измельчения поживных остатков кукурузы.

#### Список использованной литературы

1. Альтернативные методы управления растительными остатками в растениеводстве вместо сжиганий URL: <http://борисоглебский-район.рф /tinybrowser/files/go/broshyura.-alternativnyye-metody-utilizacii-rastitelnyh-ostatkov.pdf>. – Дата доступа: 24.07.2020.
2. Использование кукурузной соломы для энергетических целей URL: <https://www.agronom.com.ua/yspolzovanye-kukuruznoj-solomy-dlya-energetycheskyh-tselej>. Дата доступа: 14.07.2020.
3. Рабочий план по подготовке и проведению весенних полевых работ в 2020 году URL: <http://mshp.gov.by/documents/plant/a5425cdc-74310987.html>. Дата доступа: 14.07.2020.
4. Отходы переработки кукурузы как вторичный сырьевой ресурс URL: <https://waste.ua/cooperation/2011/theses/ovchinnikova.html>.