

## **ТЕХНИКА В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ**

**Семирненко Ю.І.**

кандидат технических наук, доцент Сумского  
национального аграрного университета, Сумы

**Семирненко С.Л.**

кандидат технических наук, доцент Сумского  
национального аграрного университета, Сумы

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ**

### **СОЛОМЫ КАК ТОПЛИВА**

#### **АННОТАЦИЯ**

Одним из альтернативных видов топлива является солома зерновых культур. С целью определения свойств соломы в рулонах, предназначенной для изготовления топливных гранул/брикетов, проведены исследования фракционного состава и влажности. В результате проведенных исследований установлено, что использование соломы для получения топливных гранул/брикетов возможно только при ее предварительном измельчении, а изготовление гранул/брикетов и их сжигание возможно без предварительной сушки при использовании в качестве местного топлива.

**Ключевые слова:** топливо, сырье, солома, фракции, частицы, влажность, прессование, сушка, гранулы, брикеты.

**Keywords:** fuel, raw, straw, fraction, particles, humidity, pressing, drying, granules, briquettes.

С повышением цен на энергоносители, ограниченностью традиционных источников энергии возникает необходимость в решении вопросов рационального использования энергоресурсов и замены традиционных дорогостоящих видов топлива на альтернативные виды.

Основным запасом альтернативного топлива является биомасса, полученная в большей степени как отходы сельскохозяйственного

производства. Вопросы переработки биомассы имеют большую актуальность, связанную, в первую очередь, с тем, что с точки зрения бизнеса гранулы/брикеты из биомассы являются товаром, тогда как отходы сельского хозяйства, представляющие основной объем биомассы, товаром практически не являются. Быстрый рост цен на ископаемые виды топлива, стремление минимизации транспортных расходов, усиление экологических требований также повышают интерес к теме переработки биомассы растительного происхождения в твердое топливо [2].

По данным, основанным как на литературных источниках, так и на результатах собственных исследований, одним из технически доступных для использования в энергетике видов биомассы для предприятий агропромышленного комплекса Украины является солома зерновых культур. Так, в зависимости от площадей выращивания и урожайности зерновых, экономический энергетический потенциал соломы на Украине может достигать 9,1 млн т (в 2011 году), что эквивалентно 3,8 млн м<sup>3</sup> газа или около 7,0 млн т угля в год [4].

В настоящее время использовать солому как топливо достаточно целесообразно: из относительно дешевого сырья, которое остается после уборки зерновых, получаем экологически чистое топливо. Однако следует отметить, что солома, как и каждый вид топлива, имеет ряд недостатков, среди которых достаточно высокая влажность и разный фракционный состав.

Для эффективного использования соломенной биомассы в качестве топлива необходима соответствующая ее подготовка – сушка, измельчение, гранулирование/брикетирование, что повысит низшую теплоту сгорания, увеличит коэффициент полезного действия котельной установки, снизит расход условного топлива и выбросы загрязняющих веществ. Основным недостатком соответствующей подготовки топлива является серьезное повышение стоимости топлива, и, соответственно, себестоимости производимой энергии, что связано с достаточно сложной и энергоемкой технологией процессов сушки, измельчения, прессования [1].

С целью определения свойств соломы, предназначенной для изготовления топливных гранул/брикетов, были проведены исследования фракционного состава и влажности.

Для определения фракционного состава соломы по длине частиц с рулонов соломы отбирались по три пробы не менее 5 кг. Из отобранных проб выделяли по три навески по 0,5 кг каждая. В каждой навеске измеряли подряд не менее 300 частиц и распределяли их соответственно на шесть фракций:  $(0-100) \times 10^{-3}$  м,  $(101-200) \times 10^{-3}$  м,  $(201-300) \times 10^{-3}$  г,  $(301-400) \times 10^{-3}$  м,  $(401-500) \times 10^{-3}$  м, более  $500 \times 10^{-3}$  м.

Длину частиц соломы измеряли с точностью  $\pm 1 \times 10^{-3}$  м. Величину интервала уточняли после предыдущих исследований.

Результаты измерений фракционного состава соломенной биомассы заносили в табл. 1.

**Таблица 1.**

**Распределение по фракциям соломы, предназначенной для  
изготовления топливных брикетов**

| Фракции, м $\times 10^{-3}$ | Количество частичек<br>соломы |      | Масса частичек соломы |      |
|-----------------------------|-------------------------------|------|-----------------------|------|
|                             | шт.                           | %    | кг $\times 10^{-3}$   | %    |
| < 100                       | 16                            | 15,0 | 0,5                   | 2,7  |
| 101-200                     | 42                            | 43,0 | 4,5                   | 24,8 |
| 201-300                     | 22                            | 24,0 | 5,1                   | 28,0 |
| 301-400                     | 14                            | 10,0 | 3,8                   | 20,9 |
| 401-500                     | 8                             | 5,0  | 2,6                   | 14,3 |
| более 500                   | 5                             | 3,0  | 1,7                   | 9,3  |

Распределение частиц соломы по фракциям показало, что во фракцию  $(0-100) \times 10^{-3}$  м входили преимущественно измельченные листья растений. Фракция более  $500 \times 10^{-3}$  м состояла, в основном, из целых растений. Почти треть соломы (28,0 % по массе) входила во фракцию  $(201-300) \times 10^{-3}$  м.

Как видно из табл. 1, размер фракций соломы не позволяет использовать ее для изготовления гранул/брикетов без предварительного измельчения.

Для определения влажности соломы пробы были взяты в разных местах крайних нижних рулонов, которые хранились на открытом воздухе под навесом в течение трех месяцев и были наиболее влажными. Пробы отбирали с таким расчетом, чтобы они как можно полнее характеризовали данную биомассу. Определяли массовую влажность соломы количеством воды в веществе в процентах от первоначальной массы влажного вещества. Результаты исследований приведены в табл. 2.

**Таблица 2.**

**Влажность рулонов соломы, предназначенной для получения брикетов**

| Поряд-<br>ковый<br>номер<br>пробы | Масса<br>стаканчиков,<br>$\text{кг} \times 10^{-3}$ | Масса<br>стаканчиков<br>с сырой<br>соломой,<br>$\text{кг} \times 10^{-3}$ | Масса<br>стаканчиков<br>с сухой<br>соломой,<br>$\text{кг} \times 10^{-3}$ | Масса<br>испарен-<br>ной воды,<br>$\text{кг} \times 10^{-3}$ | Масса<br>сырой<br>соломы,<br>$\text{кг} \times 10^{-3}$ | Относи-<br>тельная<br>влажность<br>соломы,<br>% |
|-----------------------------------|-----------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| 1                                 | 22,4                                                | 30,8                                                                      | 29,2                                                                      | 1,6                                                          | 8,4                                                     | 19,05                                           |
| 2                                 | 22,4                                                | 30,9                                                                      | 29,2                                                                      | 1,7                                                          | 8,5                                                     | 20,00                                           |
| 3                                 | 22,3                                                | 30,5                                                                      | 28,9                                                                      | 1,6                                                          | 8,2                                                     | 19,51                                           |
| 4                                 | 22,4                                                | 30,6                                                                      | 28,9                                                                      | 1,7                                                          | 8,2                                                     | 20,73                                           |
| 5                                 | 22,1                                                | 30,2                                                                      | 28,5                                                                      | 1,7                                                          | 8,1                                                     | 20,99                                           |
| 6                                 | 22,0                                                | 30,3                                                                      | 28,4                                                                      | 1,9                                                          | 8,3                                                     | 22,89                                           |
| 7                                 | 22,4                                                | 30,7                                                                      | 28,8                                                                      | 1,9                                                          | 8,3                                                     | 22,89                                           |
| 8                                 | 22,1                                                | 30,2                                                                      | 28,3                                                                      | 1,9                                                          | 8,1                                                     | 23,46                                           |
| 9                                 | 22,4                                                | 30,7                                                                      | 28,7                                                                      | 2,0                                                          | 8,3                                                     | 24,10                                           |
| 10                                | 22,2                                                | 30,6                                                                      | 28,6                                                                      | 2,0                                                          | 8,4                                                     | 23,81                                           |
| Среднее                           | –                                                   | –                                                                         | –                                                                         | 1,8                                                          | 8,28                                                    | 21,74                                           |

Масса отобранной пробы была такой, чтобы можно было приготовить необходимое количество навесок. Перед определением влажности соломы стебли растений и их составляющие измельчили во фракцию  $(7-10) \times 10^{-3}$  м. Измельченную солому помещали в предварительно взвешенные алюминиевые стаканчики и закрывали крышками. Закрытые навески упаковывали во влагонепроницаемый материал. Время хранения навесок перед испарением влаги составляло не более  $4,32 \times 10^4$  с.

Средняя влажность соломы составляет 21,74 % (см. табл. 2). Поскольку солома, которая сохраняется долгое время под действием внешней среды, имеет не одинаковую влажность в своем слое, и это расхождение может быть значительным, для ее выравнивания используют, как правило, процесс сушки. Этот процесс по своим характеристикам является одним из самых энергозатратных в технологической цепи изготовления топливных брикетов. Поэтому, для уменьшения энергозатрат на сушку и обеспечения равномерного распределения влаги нами предлагается ограничиться на подготовительной стадии к прессованию заменой сушки на перемешивание, которое проходит при измельчении соломы и механическом прессовании, когда в спрессованном монолите сталкиваются влажные и сухие частицы.

Как показали исследования, минимальное снижение влажности соломы при измельчении составляет 2 %. При брикетировании минимальное снижение влажности брикета, который выходит из матрицы пресса – 1 %. То есть, влажность такого брикета будет отличаться от влажности соломы не менее, чем на 3 %. Изготовление брикетов при такой влажности возможно, тем более, что с повышением влажности соломы до 16 % идет снижение удельной работы прессования, в связи с тем, что влага играет роль пластификатора и вяжущей жидкости. Как показали исследования, увеличение влажности до 20 % мало увеличивает удельную работу прессования. Но при дальнейшем увеличении влажности вода играет роль тела, которое расклинивает и противодействует уплотнению материала, делая его более упругим, что приводит к увеличению удельной работы.

Средняя влажность брикетов из соломы самых влажных рулонов будет составлять менее 20%. При охлаждении образованных брикетов может обеспечиваться снижение влажности еще на 2 %. Таким образом, влажность товарных брикетов будет составлять 17%, что является допустимым для использования в качестве местного топлива, так как для обеспечения надлежащего сжигания влажность соломы должна составлять не более 20-25% [3].

#### **Список литературы:**

1. Бакарджиев Р.О. Технічне забезпечення використання соломи на енергетичні цілі / Р.О. Бакарджиев, О.О. Троїцька // Вісник Українського відділення Міжнародної академії аграрної освіти. – Запоріжжя: НВК Інтер-М, 2013. – Вип. 1. – С 157-162.
2. Калетнік Г.М. Науково обґрунтовані та практичні підходи використання соломи та рослинних решток у сільському господарстві / Г.М. Калетнік, В.М. Булгаков, І.В. Гриник // Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Серія: Технічні науки. – 2011. – № 9. – С. 62-68.
3. Семірненко С.Л. Дослідження сушки солом'яної біомаси / С.Л. Семірненко // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства: (технічний сервіс машин для рослинництва). – 2012, – Вип. 121. – С. 256–261.
4. Семірненко С. Л. Зниження техногенного навантаження на довкілля за рахунок удосконалення технології утилізації біомаси: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 21.06.01 «Екологічна безпека» / С. Л. Семірненко. – Суми, 2014. – 23 с.