

УДК 620.91:67.08

В.В. КАРМАНОВ, Н.И. ВАЛЬКО  
Херсонский национальный технический университет

## **ТЕХНОЛОГИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ РАСТИТЕЛЬНОЙ БИОМАССЫ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ТОПЛИВНЫХ БРИКЕТОВ, ГРАНУЛ И ПИЛЕТОВ**

*В статье наведены особенности переработки отходов растительного сырья с получением топливных гранул, брикетов, пеллет, а также классификация оборудования для их изготовления и принцип утилизации тепла готового продукта.*

*Ключевые слова: экология, отходы, остатки, биосырье, биотопливо, брикеры, пеллеты, гранулы.*

V.V. KARMANOV, M.I. VALKO  
Kherson National Technical University

## **TECHNOLOGY AND EQUIPMENT RECYCLING PLANT BIOMASS FOR FUEL BRIQUETTES GRANULES AND PILETOV**

Abstract

*In the article the features of processing of wastes of digister are pointed with the receipt of fuel granules (preforms), classification of equipment for their making and principle of utilization of heat of the prepared product.*

*Keywords: ecology, waste, residues biosyre, biofuels, bricker, pellets, granules.*

### **Постановка проблемы**

В настоящее время тенденцией в энергетической отрасли является увеличение стоимости природных углеродистых продуктов, нефтепродуктов, угля и газа. Поэтому в странах Европы, Южной, Северной Америк и Азии происходит распространение технологии энергетического использования биомассы (отходы и остатки растительного сырья).

Альтернативным источником энергии является использования вторичного сырья и утилизация отходов и остатков различного происхождения текстильного, сельскохозяйственного, деревообрабатывающего, перерабатывающих и других производств с получением топливных брикетов, гранул, пеллетов с целью использования их в качестве твердого биотоплива.

Актуальность данной темы состоит в том, что утилизация отходов растительного сырья обеспечивает повышение экологической обстановки. Также в процессе утилизации изготавливается экологически чистое биотопливо из возобновляемого сырья растительного происхождения.

Поэтому с энергетической, экологической и экономической точек зрения производство энергии из биомассы является актуальным направлением.

### **Формирование цели исследования**

Целью работы является разработка технологии и оборудования для использования вторичного сырья и утилизации отходов различного растительного происхождения, которые образуются во время переработки льна, конопли, сельскохозяйственного сырья и древесины путем изготовления биотоплива.

Для выполнения поставленной цели необходимо решить такие задачи:

- провести анализ вторичного сырья и отходов различного растительного происхождения первичной переработки лубяных культур, текстильного, сельскохозяйственного, деревообрабатывающего и перерабатывающих производств;
- определить технологические параметры для получения топливных брикетов, гранул, пеллетов из отходов растительного сырья;
- разработать технологическую схему линии переработки растительного сырья для изготовления биотоплива;
- разработать аппаратурно-технологическую схему устройств пресс-формования, сушки, охлаждения топливных брикетов, гранул, пеллетов.

### **Анализ последних исследований и публикаций**

Подходы к моделированию процесса пресс-формования и термомеханической обработки растительных материалов с внешним подводом энергии рассматривались в различных аспектах.

Среди этих подходов перспективными являются следующие: системно-информационный; механико-динамичный; кинетический; термодинамический и другие.

Широкие исследования проведены по определению механико-технологических особенностей растительных материалов. Так, Г. Хайлисом, В. Раздорским и М. Чиликиным были выполнены работы по исследованию механических особенностей стебельной массы.

В последующие годы такие исследования проводили В.П. Горячкин, Л.П. Крамаренко, И.Ф. Василенко, В.А. Желиговский, А.А. Василенко, И.В. Крагельский, А.Ф. Соколов, М.Ф. Бурмистрова, Б.А. Ворошок, М.А. Пустыгин, А.И. Пьянков, Т.А. Орликова, И.М. Полуночев, Л.В. Мильцева, В.Ф. Шемякина, В.Г. Жуков, Г.П. Варламов, И.С. Егоров, О.Э. Фрей и др. Для проведения данных исследований были организованы специальные лаборатории, в которых были получены сведения о физико-механических свойствах растений льна, конопли, колосовых, картофеля, хлопка и других. Важные исследования в этом направлении выполнены также И.С. Синяговским, Н.И. Клеениным, М.Е. Демидко и другими учеными.

Наиболее масштабные исследования по уплотнению сено-соломистых материалов неориентированного расположения выполнены В.И. Особовым, И.А. Долговым, Г.К. Васильевым и др.

#### **Изложение основного материала**

Приведен анализ литературных источников, которые посвящены определению источников вторичного сырья, отходов, остатков растительного происхождения, их количества в зависимости от особенности производства или образования. Эти образования можно систематизировать в три группы (рис.1):

1. Сезонные, которые образуются при сборе урожая зерновых и технических культур.
2. Периодические, которые образуются после праздников в виде сухих сосен, елей, пихты, цветов и т.д. коммунальных работ по очистке территорий от листвы, веток.
3. Постоянные, которые образуются в процессе жизнедеятельности человека, их хозяйственной деятельности. Отходы перерабатывающих производств, таких как: шелуха, полова, костра и т.д.

Конкретные свойства видов растительных биоотходов развивают тенденции направлений их переработки, разработки новых технологий, оборудования, а также научные и методические основы проектирования.

Построение современных информационных методов проектирования возможно только на основе глубокого анализа взаимосвязанных конструктивно-технологических параметров технических систем с применением современных методов.



**Рис. 1. Схема классификации растительных отходов или остатков**

При переработке растительного сырья (в дальнейшем биомассы), такого, как древесина, зерновые, лубяные и масличные культуры, образуются леггинозосодержащие отходы и остатки. Накопление таких отходов или остатков в виде опилок, соломы или шелухи серьезно нарушают экологическую обстановку окружающей среды.

В связи с повышением спроса на экологически чистое топливо, происходящем на фоне постоянного дефицита на энергоресурсы утилизация отходов, остатков переработки растительного сырья становится высокорентабельным производством. Наиболее важной топливно-технологической

характеристикой биомассы, используемой как твердое топливо, является ее теплотворная способность, которая зависит от ряда факторов: генетических особенностей растений, влияния окружающей среды, условий хранения, влажности и других.

Виды топливных гранул показаны на рис. 2. Виды топливных брикетов показаны на рис.3.



**Рис. 2. Виды топливных гранул из различного растительного сырья**



**Рис. 3. Виды топливных брикетов из различного растительного сырья**

Одной из технологий брикетирования, гранулирования или изготовления пеллетов является пресс-формование, выполняемое на пресс-формователях различного типа специального или многоцелевого назначения. Схема классификации оборудования пресс формования представлена на рис. 4.



**Рис. 4. Схема классификации оборудования по назначению применения для переработки биологических отходов в топливо**

Процесс брикетирования основан на спекании лигнина, имеющегося в растительных клетках, который выделяется при их нагреве под давлением [1]. В основе технологии формования топливных брикетов лежит процесс прессования шнеком винтом отходов (костры льна, соломы, шелухи подсолнечника, гречихи и т.п.) или мелко измельченных отходов древесины (опилок) под высоким давлением при нагревании от 160 до 350 °С. Получаемые топливные брикеты не содержат связующих веществ, кроме одного натурального – лигнина, входящего в состав растительных клеток. Сам по себе лигнин присутствует в достаточных количествах в любом виде древесины, в шелухе семян, соломе, костре льна и даже в скорлупе грецкого ореха. Формование и спекание лигнина в брикете обеспечивает его твердость, прочность и поверхностную изоляцию от влияния атмосферной влаги, что важно для хранения и транспортировки.

При недостаточном содержании лигнина в сырье сформированный брикет при выходе из отверстия рабочего органа может сразу разваливаться на куски. Также следует обратить внимание на подготовку сырья к брикетированию. Сырье необходимо высушивать до влажности 8-12 %. Дальнейшее снижение влажности и использование очень мелко измельченного сырья (с фракциями менее 2 мм) приводит к снижению эффективности действия лигнина. При влажности сырья выше 12% в зоне разгрузки рабочего органа из-за высокой температуры образуется «паровая пробка», которая приводит к избыточному давлению и разрушению целостности формируемого брикета [2].

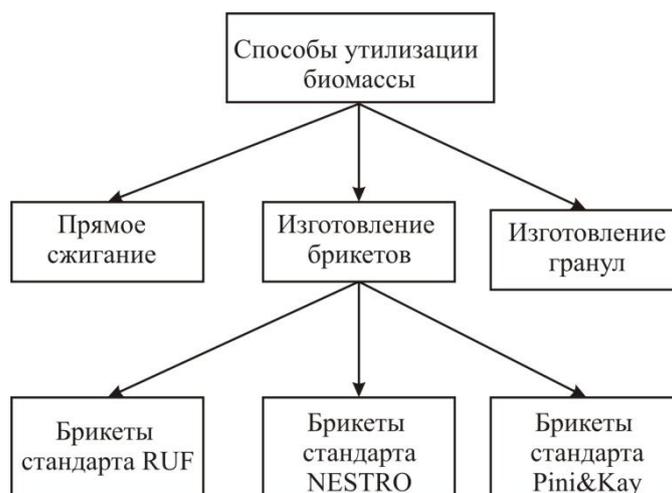
Использование или утилизация различных растительных отходов и остатков осуществляется в большинстве случаев прямым сжиганием для санитарной очистки территории, помещений или получения тепла, приготовления пищи и других целей. В настоящее время явного дефицита энергоносителей актуальным является получение тепла из альтернативных источников энергии. Одним из массовых альтернативных источников энергии является растительное сырье природного происхождения. Для получения такого сырья используются специально выращенные растения, что в настоящее время широко исследуется, или применение уже полученного вторичного сырья в виде отходов переработки или остатков после уборки урожая. Объемы такого растительного сырья обеспечат значительные потребности в выработке и использовании тепловой энергии.

Схема способов утилизации растительного сырья или биомассы показана на рис. 5.

Для удовлетворения всех возрастающих требований к качеству и ассортименту выпускаемой продукции в настоящее время зарубежные производители предлагают широкий спектр машин – от лабораторных до высокопроизводительных промышленных установок различных конструкций и модификаций.

Анализ такой техники и технологий позволил систематизировать важнейшие типы этих машин и классифицировать их по определенным признакам. На наш взгляд, это наиболее полно отражает

сущность процесса и является важным вспомогательным материалом при проектировании современных пресс-формирующих установок, а также для выработки новых видов продукции [3].



**Рис. 5. Способы использования растительных отходов или остатков в виде брикетов, грану, пеллет**

Рекомендуется классифицировать такое оборудование по геометрической форме, механическим, функциональным или термодинамическим характеристикам, поскольку они оказывают влияние на химические и структурные характеристики получаемых продуктов. Особое значение имеют такие параметры, как: количество тепловой энергии, образующейся в процессе формования брикетов, пеллет и гранул за счет механического преобразования энергии, а также температура процесса и влажность формируемой массы.

Существующие одношнековые пресс-формователи имеют как достоинства, так и недостатки. Такие шнеки проще в изготовлении, относительно дешевые, поддаются реставрации. Недостатками одношнековых пресс-формователей являются слабое перемешивание обрабатываемого продукта, отсутствие принудительной подачи сырья и самоочистки. В таких машинах чаще возникают перепады давления из-за неравномерной подачи продукта. Переход с одного вида сырья на другой затруднен тем, что камеру и шнек необходимо разбирать и очищать. Более высокие расходы по эксплуатации одношнековых машин связаны с длительными простоями при чистке, большими затратами и объемом работ по обслуживанию.

Для устранения указанных недостатков предложен комбинированный шнек винт специальной конструкции. Он может состоять из одного или нескольких шнеков винтов с элементами различной конфигурации. Именно шнек-винт определяет режимы обработки материалов, производительность машины и качество готового продукта.

Конечным продуктом формования являются брикеты, гранулы и пеллеты определенной геометрической формы, имеющие температуру не менее 100 °С. При таких температурах может происходить слеживание продукта в накопительном контейнере с образованием слипшихся кусков агломератов. Это ведет к появлению брака, и может вызвать нарушения в технологии. Поэтому целесообразно обеспечить охлаждение и сушку продукта сразу после формования. Рациональным вариантом является дальнейшее совмещение процесса сушки и охлаждения с утилизацией тепла от горячего продукта в теплообменнике.

Известно, что применительно к целому ряду гетерогенных процессов тепловой обработки крупнозернистых материалов рациональным является подвод или отвод тепла с помощью поверхностных теплообменников, погружаемых в кипящий или фонтанирующий слой этого материала [4]. При таких компоновочных решениях увеличивается прямой контакт теплоносителя или хладагента со слоем продукта. Разработанный аппарат может работать при более низких числах псевдооживления за счет интенсивного кондуктивного теплообмена, что позволит уменьшить на 25% расход электроэнергии на воздухоподогревательные устройства. Аппаратурное оформление такого типа обеспечивает экономическую и экологическую эффективность за счет уменьшения пылеуноса. Выполненные исследования внешнего теплообмена подтвердили его высокую интенсивность и равномерность, особенно в схемах непрерывной подачи сырья и отвода готовой продукции. С учетом отмеченных особенностей, разработана комплексная технологическая схема производства.

### **Выводы**

В результате исследований по решению проблемы переработки сельскохозяйственных остатков и утилизации отходов первичной переработки льна, конопли (лубяных культур) текстильного производства и отходов деревообрабатывающего производств и др. разработана, апробирована гибкая технология и блочно-модульное оборудование: пресс-формователь, сушилка и охладитель; сформирована компактная поточная линия с минимизированными переходами и сформулированы следующие результаты:

1. Впервые проведен анализ, мониторинг, упорядочение и классификация биологического вторичного сырья и растительных отходов, применимых для теплоэнергетики (в дальнейшем биоотходы и биотопливо).

2. Выполнена классификация оборудования пресс-формования, сушки и охлаждения по монтажным, габаритным, функциональным свойствам и назначению для изготовления биотоплива.

3. Впервые научно обоснованы методы проектирования и разработки регулируемых характеристик шнеков-винтов по геометрическим, технологическим и функциональным параметрам.

### **Список использованной литературы**

1. Карманов В.В. Энергосберегающая технология и оборудование для получения топливных гранул (брикетов) из отходов растительного сырья / В.В. Карманов, В.Д. Михайлик, Н.Л. Костюнин // Проблемы легкой и текстильной промышленности Украины. – 2009. – №2 (16) – С. 35-38.
2. Александров А.В. Основы теории упругости и пластичности / А.В. Александров, В.Д. Потапов. – М.: Выс.шк., 1990. – 399 с.
3. Геррман Х. Шнековые машины в технологии: Пер с нем. / Геррман Х.; Под ред. Л.М. Фридмана. – Л.: Химия, 1975. – 232 с.
4. Михайлик В.Д. Повышение эффективности аппаратов с проточным фонтанирующим слоем // Вестник ХНТУ. – №3 (29). – 2007. – С. 166-170.