

УДК 625.768.5.08

ОБЗОР МЕТОДОВ И КОНСТРУКЦИЙ ПО УТИЛИЗАЦИИ ДРЕВЕСНЫХ ОТХОДОВ ДЛЯ СОЗДАНИЯ МАШИНЫ ПО ПРОИЗВОДСТВУ ПЕЛЛЕТ**Костырченко В.А., Мадьяров Т.М., Слезов М.А., Васильев А.П.***ФГБОУ ВПО «Тюменский государственный нефтегазовый университет»,
Тюмень, e-mail: tts@tsoгу.ru*

Рассмотрена проблема утилизации древесных отходов при прокладке трассы под временную зимнюю дорогу, а также при утилизации деревьев после лесных пожаров. Рассмотрен рынок потребления древесного топлива. Приведен обзор методов утилизации древесных отходов, сравнение, достоинства и недостатки каждого из рассмотренных методов. Выявлен наиболее эффективный метод утилизации древесных отходов – пеллетирование. Для производства пеллет был произведен обзор конструкций и технологий, были выявлены достоинства и недостатки. Приведена актуальность использования пеллет в качестве более экономичного, экологичного и дешевого вида топлива. На основе полученных результатов планируется спроектировать конструкцию машины по производству пеллет с усовершенствованным рабочим органом, позволяющим собирать, измельчать и перерабатывать древесные отходы в экологическое топливо, ходовым устройством, позволяющим передвигаться по болотистым основаниям, а также автоматизированной системой управления.

Ключевые слова: пеллеты, автозимник, комбинированная машина, вырубка деревьев, рекультивация земель, предотвращение пожаров

REVIEW OF METHODS AND STRUCTURES FOR DISPOSAL WOOD WASTE FOR THE CREATION OF MACHINES FOR PELLET PRODUCTION**Kostyrchenko V.A., Madyarov T.M., Slezov M.A., Vasilev A.P.***Tyumen State Oil and Gas University, Tyumen, e-mail: tts@tsoгу.ru*

The problem of disposing of wood waste for laying tracks for a temporary winter road, as well as the utilization of trees after a forest fire. Considered the market consumption of fuelwood. A review of methods for disposing of wood waste, comparison, advantages and disadvantages of each of the above methods. The most effective method of disposal of waste wood – pelleting. For the production of pellets was carried out a review of designs and technologies, identified strengths and weaknesses. Shows the relevance of the use of pellets as a more cost-effective, environmentally friendly and cheap fuel. Based on the results is planned to design the design of the machine for the production of pellets with improved working body, allows you to collect, grind and process wood waste in ecological fuel, navigation device allowing to move on marshy grounds, as well as automated control system.

Keywords: pellets, snow road, combined machine, cutting down trees, land reclamation, the prevention of fires

Производство пеллет на экспорт выгодно и целесообразно при наличии определенных условий. Одно из условий – близость предприятия к границе, транспортным путям и источникам сырья. В удаленных территориях страны заниматься производством пеллет на экспорт представляется нецелесообразным по причине дороговизны транспортировки.

Страны Европы являются главными потребителями древесных гранул в мире. По данным ИАА «Инфобио», в 2010 году объем европейского рынка составил 10 млн т. Причем около 20–25% мирового объема производства пеллет расходуется в Швеции. Именно эта страна является первооткрывателем в Европе, где в 1984–1988 гг. начинают изготавливать гранулы из остатков деревообработки и в дальнейшем использовать для отопления жилых помещений.

Вид и качество гранул преимущественно зависят от технологий и сырья. В разных странах приняты отличные друг от друга стандарты на производство топливных

гранул. В нашей стране до сих пор не существует каких-либо стандартов качества на твердое и жидкое биотопливо. Существует единственный документ, действующий в области биоэнергетики, – вступивший в силу 1 января 2009 года ГОСТ Р 52808–2007 «Нетрадиционные технологии. Энергетика биоотходов. Термины и определения». Данный стандарт был разработан лабораторией возобновляемых источников энергии географического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова. В стандарте отсутствует информация о технологиях производства, качестве и параметрах биотоплива и классификация его видов.

Одной из важнейших задач является целесообразное использование данных отходов для получения твердого биотоплива, то есть пеллет [1–5].

Существуют несколько основных способов утилизации древесных отходов: пиролиз, газификация, сжигание, пеллетирование. Рассмотрим данные методы более подробно.

Сжигание древесных отходов базируется на нескольких методах сжигания, в том числе: прямое сжигание, сжигание в кипящем/циркулирующем слое, газификация/сжигание газов во вторичной камере сгорания, сжигание пылевидного топлива.

Прямое сжигание происходит в топках с горизонтальной, конусообразной, наклонной или подвижной колосниковой решеткой. Данный метод используется в водогрейных котлах и печах малой мощности (менее 20 МВт) для сжигания древесного топлива, в том числе с высокой влажностью: кусковых и длинномерных отходов, щепы, коры, опилок, топливных брикетов и гранул и т.д. Для автоматизированного сжигания измельченных отходов также используются трубчатые горелки со шнековой подачей. Обычное использование тепла – для сушки древесины в сушильных камерах, в водогрейных котлах для обогрева производственных или жилых помещений. Для выработки электрической энергии отходы сжигаются в паровом котле с последующим использованием пара в паровой турбине. Эта технология имеет низкий электрический КПД порядка 8–13% (для мини-ТЭЦ мощностью 600–1000 кВт), который повышается благодаря использованию более совершенных методов сжигания, таких как сжигание в кипящем/циркулирующем слое или сжигание пылевидного древесного топлива. Однако эти методы используются в электростанциях мощностью не менее 5 МВт, строительство которых требует больших капитальных затрат. Недостатком этого метода является низкая эффективность и высокий уровень эмиссии отходов горения в дымовых газах.

Быстрый пиролиз представляет собой процесс, при котором сухие (< 10% влажности), измельченные в порошок древесные отходы, включая опилки, кору и т.д., быстро нагреваются в кипящем слое инертного материала внутри реактора до температуры 450–500°C при отсутствии воздуха. Продуктами пиролиза являются частицы древесного угля, неконденсирующийся газ, конденсирующиеся пары и аэрозоли. Частицы древесного угля отделяются в циклоне, а летучие вещества подвергаются быстрому охлаждению, в результате которого образуется жидкость – синтетическое жидкое топливо (пиротопливо), поступающее в накопительный резервуар. Пиролизный газ сжигается в горелке реактора, однако этого тепла недостаточно для поддержания процесса. Поэтому требуется дополнительный источник тепла, например природный газ. Основной продукт пиролиза – синтетическое жидкое топливо (пиротопливо) – имеет калорийность, составляющую примерно 55% от калорийно-

сти дизельного топлива. Используется путем сжигания в газотурбинных установках (ГТУ) или дизельных двигателях.

Несмотря на высокую эффективность и удобство использования жидкого синтетического топлива, отсутствие отходов, пиролиз только недавно вышел из стадии исследований и опытных разработок (максимальная производительность действующей пилотной установки составляет 10 тонн в сутки), что обуславливает высокую стоимость используемого оборудования.

Газификация представляет собой процесс высокотемпературного превращения древесины (и других видов биомассы, а также угля и торфа) при нормальном или повышенном давлении в газ, называемый древесным или генераторным газом, а также небольшое количество золы, в специальных реакторах (газогенераторах) с ограниченным доступом воздуха или кислорода. Генераторный газ имеет температуру 300–600°C и состоит из горючих газов (CO, H₂, CH₄), инертных газов (CO₂ и N₂), паров воды, твердых примесей и пиролизных смол. Из 1 кг древесной щепы получают около 2,5 Нм³ газа с теплотой сгорания 900–1200 Ккал/Нм³. Эффективность газификации достигает 85–90%. Благодаря этому, а также удобству применения газа, газификация является более эффективным и чистым процессом, чем сжигание. Наиболее подходящей технологией получения электро- и тепловой энергии из древесных отходов для малых и средних предприятий, а также небольших городов и поселков, использующих котельные на жидком топливе, является процесс газификации в газогенераторах древесных отходов в составе газогенераторных электростанций и газогенераторных тепловых станций.

Процесс пеллетирования в общем виде заключается в следующем.

Мелкие древесные отходы (опилки и стружки) подвозятся автотранспортом (либо погрузчиком) и ссыпаются на механизированный склад «подвижный пол». Стокеры подвижного пола имеют гидравлический привод и под его действием совершают возвратно-поступательные движения. Лопатки («крылья») стокеров имеют клиновидную форму, поэтому при движении стокеров опилки с регулируемой скоростью подачи направляются к цепному (скребковому) транспортеру, из этого транспортера опилки и стружки попадают в смеситель и далее в сушильный барабан.

Опционально от транспортера может отходить дополнительный транспортер топлива, который отбирает часть опилок и направляет их в бункер топлива теплогенератора.

Из бункера топлива опилки шнеком подаются в камеру сгорания теплогенератора. Продукты горения из теплогенератора попадают в смеситель, сюда же под действием разряжения, создаваемого дымососом, поступает холодный атмосферный воздух и направляемое на сушку сырье.

Первоначально смешиваются продукты горения и холодный воздух, пропорция смешивания регулируется автоматически, что обеспечивает поддержание заданной температуры теплоносителя. Затем теплоноситель смешивается с влажным сырьем и засасывается в барабанную сушилку. В барабане сырье захватывается лопастями и поднимается кверху, затем падает сквозь поток теплоносителя, постепенно продвигаясь к выходу. Сразу за выходом находится уловитель, он предназначен для улавливания камней и т.п. и обязательно нужен только при поступлении сырья из отвалов и отсутствии сортировки входящего сырья. Высушенные опилки засасываются в большой циклон за счет разряжения, создаваемого дымососом. В циклоне опилки осаждаются за счет центробежной силы и двигаются вниз, а отработанный теплоноситель выбрасывается в дымовую трубу. Из циклона опилки шлюзовым затвором дозированно подаются в распределитель потока, откуда попадают в молотковую дробилку.

В дробилке происходит окончательное измельчение сырья. С этого момента его принято называть мукой. Из дробилки мука пневмотранспортом попадает в циклоны, в первом происходит первичное отделение муки от воздуха, а во втором – окончательное. Из обоих циклонов мука подается шлюзовыми затворами в шнековый транспортер, далее поступает в наклонный шнековый транспортер, а из него попадает в бункер гранулятора. Опционально шнеки и могут быть совмещены либо заменены специальным бункером гранулятора. Внутри бункера находится устройство, препятствующее слеживанию муки. Из бункера мука подается шнековым питателем с регулируемой скоростью подачи в смеситель, сюда же от парогенератора подается пар либо вода. В смесителе происходит кондиционирование продукта, т.е. доведение влажности муки до уровня, необходимого для процесса гранулирования. Из смесителя увлажненная мука через отделитель ферромагнитных примесей выводится в пресс-гранулятор.

В камере прессования мука затягивается между вращающейся матрицей и пресующими вальцами и продавливается в радиальные отверстия матрицы, где под действием большого давления происходит формирование гранул.

Выдавленные из отверстий гранулы наталкиваются на неподвижный нож и обламываются. Обломанные гранулы падают вниз и через рукав кожуха выводятся из пресса. Гранулы, выходящие из пресса, имеют высокую температуру и непрочны, поэтому они транспортируются норицей в охладительную колонку. Здесь через слой гранул вентилятором циклона всасывается воздух, который охлаждает гранулы и одновременно отсасывает часть несгранулированной муки в циклон. В процессе охлаждения влажность гранул уменьшается за счет испарения влаги, и в гранулах происходят физико-химические изменения. В результате они приобретают необходимую твердость, влажность и температуру. Заполненные мешки погрузчиком или гидравлической тележкой транспортируются на склад готовой продукции.

Российские производители пеллет пользуются стандартами качества, принятыми в европейских странах. Зарубежные производители топлива для пеллетных котлов получают сертификаты соответствия выпускаемой продукции действующим в Европе стандартам качества. Отсутствие документа, подтверждающего качество пеллет, отпугивает покупателей. При этом стоимость сертифицированной продукции того же качества выше, чем несертифицированной.

В стандартах качества EN plus и EN-B зафиксированы требования к бытовым и промышленным пеллетам по ряду критериев, а именно: длине, диаметру, теплоте сгорания, насыпной массе, твердости, истиранию (проценту пыли), влажности, температуре плавления золы, содержанию металлов и других химических элементов. Эти характеристики обычно определяются при проведении проверки качества и фиксируются в соответствующих сертификатах.

Предельные значения химических и физических параметров топливных гранул приведены в таблице.

Характеристика физических и химических параметров пеллет

Характеристика	Величина
Диаметр, мм	4–10
Средняя плотность, кг/м ³	1120
Содержание воды, %	< 10
Зола, %	< 0,50
Теплота сгорания/HW, МДж/кг	> 18
Сера, %	< 0,04
Азот, %	< 0,3
Хлор, %	< 0,02
Истирание/пыль, %	< 2,3
Вспомогательные компоненты, %	< 2

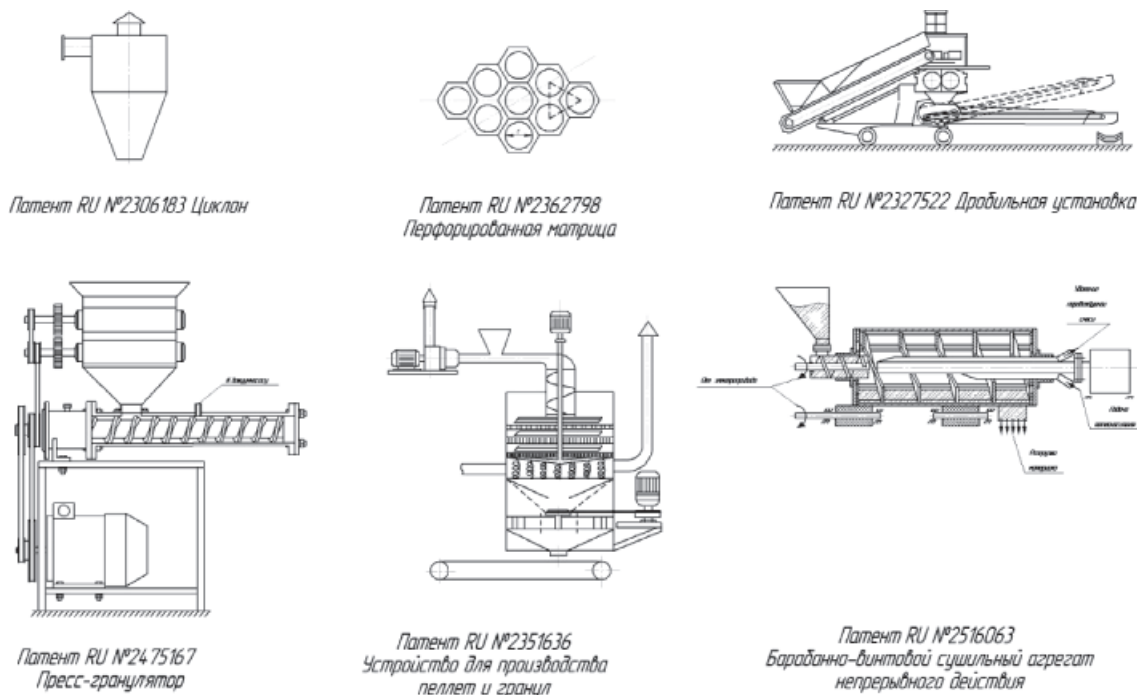


Рис. 1. Обзор технологий по созданию пеллет

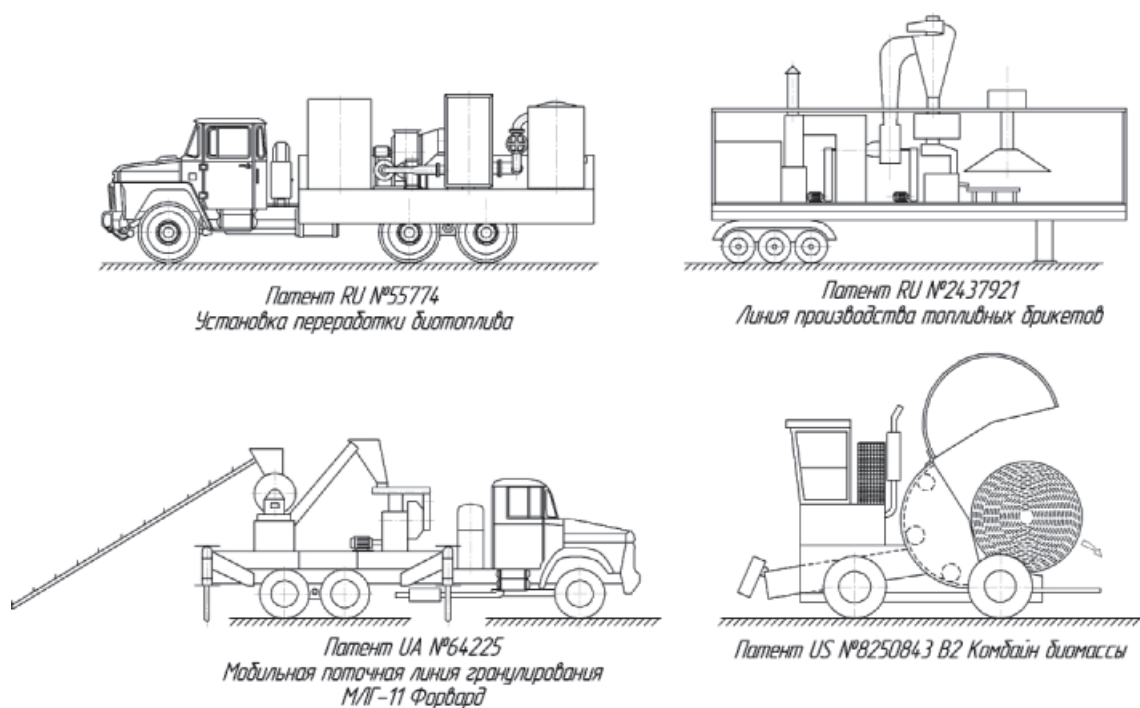


Рис. 2. Обзор конструкций по созданию пеллет

Был проведен обзор технологий и конструкций по созданию пеллет.

На рис. 1 показан обзор технологий по созданию пеллет.

На рис. 2 показан обзор конструкций агрегатов и машин по созданию пеллет.

На основе полученных результатов планируется спроектировать конструкцию машины по производству пеллет с усовершенствованным рабочим органом, позволяющим собирать, измельчать и перерабатывать древесные отходы в экологическое

топливо, ходовым устройством, позволяющим передвигаться по болотистым основаниям, а также автоматизированной системой управления [6–9].

Список литературы

1. Карнаухов Н.Н., Мерданов Ш.М., Костырченко В.А., Мадьяров Т.М. Уплотняющая машина с дополнительным рабочим органом // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 9–2. – С. 236–239.
2. Костырченко В.А., Мерданов Ш.М., Обухов А.Г., Мадьяров Т.М. Повышение эффективности роторного рабочего органа при разработке мерзлых грунтов // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 9–2. – С. 252–256.
3. Мадьяров Т.М., Костырченко В.А., Серебренников А.А., Мерданов Ш.М. Многофункциональный термоагрегат для увлажнения снежной массы // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 9–2. – С. 278–281.
4. Мерданов Ш.М. Механизированные комплексы для строительства временных зимних дорог: монография. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2013. – С. 18–23.
5. Мерданов Ш.М., Обухов А.Г., Костырченко В.А., Мадьяров Т.М. Адаптация снегоболотохода «странник» для содержания и ремонта временных зимних дорог // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 9–2. – С. 286–289.
6. Обухов А.Г., Мерданов Ш.М., Костырченко В.А., Мадьяров Т.М. Мобильный завод по производству строительного материала для временных зимних дорог // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 9–2. – С. 290–293.
7. Патентная база [Электронный ресурс] / Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный институт промышленной собственности» – Режим доступа: <http://www1.fips.ru>.
8. Серебренников А.А., Мерданов Ш.М., Мадьяров Т.М., Костырченко В.А. Прицепной агрегат для уплотнения дорожных насыпей // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 9–2. – С. 304–308.
9. Сысоев Ю.Г., Мерданов Ш.М., Костырченко В.А., Мадьяров Т.М. Машина для ремонта временных зимних дорог // Инженерный вестник Дона. – 2014. – № 2. – Режим доступа: <http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n2y2014/2412> (доступ свободный) – Загл. с экрана. – Яз. рус.

References

1. Karnauhov N.N., Merdanov Sh.M., Kostyrchenko V.A., Madjarov T.M. Uplotnjajushhaja mashina s dopolnitelnym rabochim organom // Fundamentalnye issledovanija. 2015. no. 9–2. pp. 236–239.
2. Kostyrchenko V.A., Merdanov Sh.M., Obuhov A.G., Madjarov T.M. Povyshenie jeffektivnosti rotornogo rabocheho organa pri razrabotke merzlyh gruntov // Fundamentalnye issledovanija. 2015. no. 9–2. pp. 252–256.
3. Madjarov T.M., Kostyrchenko V.A., Serebrennikov A.A., Merdanov Sh.M. Mnogofunkcionalnyj termoagregat dlja uvlazhnenija snezhnoj massy // Fundamentalnye issledovanija. 2015. no. 9–2. pp. 278–281.
4. Merdanov Sh.M. Mehanizirovannye komplekсы dlja stroitelstva vremennyh zimnih dorog (Monografija) Tjumen: TjumGNGU, 2013. pp. 18–23.
5. Merdanov Sh.M., Obuhov A.G., Kostyrchenko V.A., Madjarov T.M. Adaptacija snegobolotohoda «strannik» dlja sodержanija i remonta vremennyh zimnih dorog // Fundamentalnye issledovanija. 2015. no. 9–2. pp. 286–289.
6. Obuhov A.G., Merdanov Sh.M., Kostyrchenko V.A., Madjarov T.M. Mobilnyj zavod po proizvodstvu stroitel'nogo materiala dlja vremennyh zimnih dorog // Fundamentalnye issledovanija. 2015. no. 9–2. pp. 290–293.
7. Patentnaja baza [Jelektronnyj resurs] / Federalnoe gosudarstvennoe bjudzhetnoe uchrezhdenie «Federalnyj institut promyshlennoj sobstvennosti» Rezhim dostupa: <http://www1.fips.ru>.
8. Serebrennikov A.A., Merdanov Sh.M., Madjarov T.M., Kostyrchenko V.A. Pricepnoj agregat dlja uplotnenija dorozhnyh nasypej // Fundamentalnye issledovanija. 2015. no. 9–2. pp. 304–308.
9. Sysoev Ju.G., Merdanov Sh.M., Kostyrchenko V.A., Madjarov T.M. «Mashina dlja remonta vremennyh zimnih dorog», Jelektronnyj nauchnyj zhurnal «Inzhenernyj vestnik Dona», 2014, no. 2. Rezhim dostupa: <http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n2y2014/2412> (dostup svobodnyj) Zagl. s jekrana. Jaz. rus.

Рецензенты:

Захаров Н.С., д.т.н., профессор, действительный член Российской академии транспорта, г. Тюмень;

Торопов С.Ю., д.т.н., профессор кафедры «Транспорт углеводородных ресурсов», ФГБОУ ВПО «Тюменский государственный нефтегазовый университет», г. Тюмень.