

DOI: 10.58168/E-SESTTI2025_89-93

УДК 747.012

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ ДРЕВЕСНЫХ ОТХОДОВ**INNOVATIVE TECHNOLOGIES FOR PROCESSING WOOD WASTE**

Евсеева А.А., студент ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Россия, Воронеж.

Стородубцева Т.Н., доктор технических наук, профессор ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г. Ф. Морозова», Россия, Воронеж

Морковин В.А., кандидат технических наук, заведующий кафедрой ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Россия, Воронеж

Evseeva A.A., student of the FGBOU VO Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Russia, Voronezh

Storodubtseva T.N., Doctor of Technical Sciences, Professor of the FGBOU VO Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Russia, Voronezh

Morkovin V.A., Candidate of Technical Sciences, Head of Department FGBOU VO Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Russia, Voronezh

Аннотация. Во многих развивающихся странах возобновляемые источники энергии сбалансированно используются в промышленных целях наряду с традиционными энергоресурсами. Это позволяет достичь устойчивого развития экономики и помогает сохранить чистоту окружающей среды. В условиях современного темпа роста промышленности проблеме бережного использования природных ресурсов уделяется недостаточное внимание.

Abstract: In many developing countries, renewable energy sources are used in a balanced manner for industrial purposes along with traditional energy resources. This makes it possible to achieve sustainable economic development and helps to keep the environment clean. With the current rate of industrial growth, insufficient attention is being paid to the problem of careful use of natural resources.

Ключевые слова: древесина, отходы, эффективность, инновации, ресурсы, процессы, вырубка, пожар, доступность.

Keywords: wood, waste, efficiency, innovation, resources, processes, deforestation, fire, accessibility.

Рациональное природопользование наряду с полным удовлетворением потребностей должно учитывать принципы истощаемости и непостоянства природных ресурсов, сохранять возможность восстановления природно-ресурсного потенциала и экологического баланса. Одним из ярких примеров отрасли остро нуждающейся в регулировании процессов потребления может служить лесная промышленность. Результатом лесозаготовки помимо качественных пиломатериалов является образование большого количества нерентабельной древесины и отходов, которые полезно не используются и зачастую остаются на местах вырубки. Причинами этого являются низкая транспортная доступность объектов вырубки, недостаточное внедрение систем переработки отходов, мягкость законодательства и недобросовестность лесозаготовителей. Помимо нереализованного экономического потенциала образующийся

валежник таит в себе ряд опасностей – это обширный рассадник для вредителей и возможный очаг будущего лесного пожара. Количество отходов увеличивается пропорционально росту производства, одновременно с этим удельный вес отходов дровозаготовки

возрастает с увеличением глубины переработки.

В такой ситуации остро встает вопрос об утилизации и полезном использовании древесных отходов. Государственная политика в сфере использования местных видов топлива на период до 2030 года будет предусматривать: восстановление и поддержку развития производства местных источников топлива, создание тепловых электростанций и котельных, работающих на этих источниках (торф, отходы лесной и деревообрабатывающей промышленности), в том числе в труднодоступных и удаленных регионах [1].

Помимо неоспоримой пользы для экологии, переработка вторичных природных ресурсов является источником получения дополнительной прибыли от продажи топливных гранул сторонним организациям и хозяйствам. Затраты на тепловую и электрическую энергию составляют порядка 25 % себестоимости конечных продуктов деревообработки что, несомненно, подогревает интерес к использованию собственных источников энергии. Это особенно актуально в условиях роста тарифов на энергоресурсы и установления лимитов потребления. Отдаленность и трудная транспортная доступность объектов вырубki делают невозможным или заметно удорожают вывоз отходов для дальнейшего использования, что порождает потребность в мобильной установке для переработки отходов и выработки энергии для собственных нужд производства и организации быта персонала.

Коэффициент полндревесности и насыпная масса. Древесные отходы в процессе лесозаготовки накапливаются в одном месте и без предварительного уплотнения занимают больший объем, чем они занимали в цельной древесине. Вес единицы объема такой насыпи напротив меньше за счет разрыхления. Эта характеристика была рассмотрена ранее, в контексте анализа возможности и рентабельности перевозки древесных отходов. Влажность. Влага в древесине влияет на физико-механические свойства древесины в любом ее виде.

Уровень содержания влаги в древесных отходах имеет большое влияние на технологию производства паллет. Так при влажности выше 14-16 % затрудняется процесс измельчения, т.к. вода играет роль смазки и на выходе после измельчения получают более крупные частицы. При очень низкой влажности, порядка 4-5 % напротив древесина становится хрупкой и легко измельчается. При такой низкой влажности древесина активнее 32 впитывает как воду, так и другие растворимые элементы, предусмотренные технологией обработки, например, связующие и обеззараживающие [2].

Содержание лигнина в древесине лиственных пород порядка 20-30 %, в хвойных – до 50 %. Лигнин придает древесине пластичность, что позволяет осуществлять прессование без дополнительных связующих веществ. Сам по себе он также прекрасно гранулируется и брикетируется, поэтому иногда его добавляют к трудно прессуемому сырью, например - к березовым отходам, для улучшения качества производимых гранул и брикетов. Несмотря на то, что высокое содержание лигнина в древесине хвойных пород обеспечивает ее пластичные свойства, высокое содержание смолы не позволяет использовать для изготовления пеллет хвойный опил в чистом виде.

Необходимо смешивать хвойные опилки с опилками лиственных пород (рекомендуемое количество хвойных не больше 20 %). Размеры частиц непосредственно влияет на эффективность процесса, чем меньше фракция, тем выше производительность. Так как форма измельченных древесных отходов далека от формы шара, то для ее характеристики используют такой параметр как эквивалентный диаметр. Оптимальный размер для подачи на сушку не более 25 мм, на пеллетайзер – не более 5 мм, допускается примесь в массу для пеллетирования отходов эквивалентного диаметра 25 мм, но не более 25 процентов от общей массы.

Добавление крупных частиц сказывается на прочности пеллет и возможности их транспортировки. Размер частиц неразрывно связан с таким показателем как парусность. Под парусностью понимают способность частиц витать в потоке воздуха или другого газа. Этот параметр важен при проектировании сушильных установок для расчета оптимальной скорости сушильного агента, чтобы избежать высокой доли уноса частиц. Чтобы анализировать эффективность и рентабельность организации мероприятий по переработке древесных отходов, нужно иметь представление об их количестве.

Безусловно, данные меняются в зависимости от метода раскроя древесины, совершенства технологии и многих других факторов.

Соответственно, отходы составляют 37 % от общей заготовки древесины. Имея информацию об объемах лесозаготовки предприятия, можно рассчитать примерный объем древесных отходов.

Помимо переработки в топливные гранулы древесные отходы, предварительно измельченные, могут непосредственно сжигаться в котлах. Этот путь имеет место на пеллетных или иных производствах, связанных с деревообработкой при выработке энергии для собственных нужд.

Основные методы энергетического использования древесных отходов - прямое сжигание; сжигание в кипящем циркулирующем слое; газификация; сжигание пылевидного топлива. Для использования кусковых отходов в качестве топлива необходимо их предварительно переработать в щепу.

Практика показала, что наиболее эффективно и интенсивно сгорают древесные отходы, имеющие размер от 25 до 100 мм [3].

Для повышения эффективности использования древесных отходов, следует их предварительно измельчить и высушить. Организация слоевого сжигания пылевидного топлива происходит при подаче на решетку снизу небольшого количества воздуха, необходимого для процессов горения.

При восполнении отработанного объема и постоянной подаче воздуха на решетке будет поддерживаться фиксированный горящий слой. Пылевидное древесное топливо с минимальным содержанием влаги можно использовать в более совершенных методах. Если повысить скорость подаваемого на решетку воздуха, то на частицы начнут действовать подъемные силы, и толщина слоя увеличится. Возникновение кипящего слоя происходит при равенстве сил тяжести частиц и подъемной силы воздуха, минимальную скорость, при которой начинается этот процесс, называют первой критической скоростью.

При дальнейшем увеличении скорости подаваемого воздуха, установится стационарный кипящий слой. Однако существует верхний порог скорости (зависит от размера и плотности

частиц) при котором топливо не успевает прогореть и уносится потоками воздуха за пределы топки. Эта скорость называется второй критической. Реально существующие установки на кипящем слое работают в промежутке между этими двумя скоростями.

Недостатком является высокая доля уноса (в отдельных случаях достигает 20 %) и высокий абразивный износ внутренних частей оборудования, из-за использования инертных материалов для поддержания процесса горения в узком диапазоне температур. Следующим этапом совершенствования технологии сжигания является установка после топки циклона. Недогоревшие частицы возвращаются обратно в топку и циркулируют до полного сгорания, что решает проблему уноса.

Газификация осуществляется в вертикальных шахтах, называемых газогенераторами. Процесс газификации проходит в 4 этапа, соответственно газогенератор подразделяется на 4 зоны. Схема газогенераторного процесса [4] а) – прямой; б) – обращенный. В зоне сушки, расположенной в верхней части бункера, происходит сушка древесных отходов за счет генераторного газа. В средней части 38 бункера до камеры горения располагается зона сухой перегонки. В ней топливо после зоны подсушки подвергается сухой перегонке. Температура в этой зоне примерно 300-500 градусов. Процесс нагрева без доступа воздуха называется пиролизом – топливо обугливается, и из него выделяются смолы, кислоты и другие продукты сухой перегонки. В последней зоне осуществляется непосредственно процесс газификации. При прямом процессе газификации смолы, кислоты и пары воды проходят через зоны горения и восстановления, разлагаются на составные части и переходят в газообразную фазу. Благодаря этому системы топливоподачи меньше загрязняются, но увеличивается количество смол в составе продукта.

К основным факторам, влияющим на процессы газификации и состав генераторного газа можно отнести: размер газифицируемой древесины, влажность газифицируемой древесины, порода газифицируемой древесины, слой щепы в газогенераторе. В настоящее время, в контексте поиска путей энергосбережения, выпускается много статей и исследований возможности перевода ТЭЦ работающих на природном газе на генераторный.

Одно из исследований говорит о том, что перевод действующих котлов на менее калорийный вид топлива может происходить достаточно легко – с заменой или модернизацией горелочных устройств, без изменения топки и газохода. Это обусловлено тем, что на горение генераторного газа необходимо примерно в 9 раз меньше воздуха, несмотря на то, что его калорийность в 6-7 раз ниже [5].

Выводы. Потребность в надежном, дешевом и экологически чистом источнике энергии не теряет свою актуальность во все времена. Избыток традиционных топливных ресурсов нашей страны негативно сказывается на развитии альтернативных технологий получения энергии. Как показало исследование, проводимое в рамках данной работы, Европейские страны могут похвастаться обилием технологий и хорошей нормативно-правовой базой в сфере производства топливных гранул и оборудования для технологических линий.

В условиях современного темпа роста промышленности, загрязнения окружающей среды и факта истощаемости природных ресурсов, возникает необходимость воздействия рычагов государственного управления по примеру зарубежных коллег. Создание благоприятной рыночной ситуации, единых правил, норм и систем регулирования может подстегнуть

российского промышленного производителя двигаться в сторону использования альтернативных источников энергии.

В настоящее время в некоторых регионах России активно ведутся работы по внедрению систем переработки древесных отходов, но до сих пор львиная доля готовой продукции подвергается экспорту. Энергетическая стратегия России включает в себя, в том числе, увеличение доли переработки древесных и прочих отходов. Результаты данной работы могут быть полезны не только крупным лесозаготовительным предприятиям, но и частным потребителям, мелким фермерским хозяйствам как возможный путь снижения издержек собственного производства или как достаточно прибыльный инвестиционный проект.

Цепочка проста: если производимые древесные гранулы будут использоваться на внутреннем рынке - это значит, что с их помощью получают энергию и используют ее для некоего производства, плоды этого производства, в том числе и налоги, будут способствовать росту промышленности и укреплению экономики страны. Организация перерабатывающего предприятия подразумевает появление новых рабочих мест в регионе, потребностей в технологиях и оборудовании.

Все эти факторы аккумулятивно образуют единый сильный экономический эффект. Подводя итоги проделанной работы, стоит отметить, что лесопромышленный комплекс России таит в себе крупную нереализованную прибыль. Однако работа призвана привлечь внимание читателя не только на экономические аспекты использования отходов, но и на неопределимую пользу окружающей среде от этой деятельности.

Список литературы

1. Энергетическая стратегия России на период до 2030 года.
2. Семенов, М.И. Производство электро- и теплоэнергии из отходов лесозаготовки и деревообработки // Лесное хозяйство. - 2025. - №5. – с.37-39.
3. Каталог производственной компании «Gran Master». – URL: <https://gran-master.ru/catalog/detail.php?ID=219> (дата обращения 01.03.2025).
4. Косарин, А.А. Пути повышения экономической эффективности сушки пиломатериалов // Лесной вестник. Мытищи. – 2021. - №1. – С.114-117.
5. Диденко, В.Н., Энергетические аспекты полного перевода котлоагрегатов с природного на генераторный газ: Интеллектуальные системы в производстве, - 2021. - №3. – с.97-102.

References

1. Russia's Energy Strategy for the period up to 2030
2. Semenov, M.I. Production of electrical and thermal energy from logging and woodworking waste // Forestry. – 2025, No. 5, pp.37-39.
3. Catalog of the production company "Gran Master". – URL: <https://gran-master.ru/catalog/detail.php?ID=219> (accessed 03/01/2025).
4. Kosarin, A.A. Ways to increase the economic efficiency of drying lumber // Lesnoy Vestnik. Mytishchi. – 2021. - No. 1. – pp.114-117.
5. Didenko, V.N., Energy aspects of the complete conversion of boilers from natural to generator gas: Intelligent systems in production, 2021, No. 3, pp.97-102.