

УДК 674.08

В.В.Пинчук, Н.В. Иноземцева

## ОПЫТ ВНЕДРЕНИЯ АГРЕГАТНО-МОДУЛЬНЫХ КОМПОНЕНТОВ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ПРЕССА И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ НА НЕМ РЕЖИМОВ БРИКЕТИРОВАНИЯ ДРЕВЕСНЫХ ОПИЛОК

Описан разработанный гидравлический пресс ПРО-60, предназначенный для спрессовывания мелких древесных отходов хвойных и лиственных пород деревьев в брикеты, которые могут быть использованы для отопления жилых, общественных и производственных помещений. Определены рациональные режимы брикетирования опилок на прессе ПРО-60, позволяющие получать брикеты, пригодные для длительного хранения.

Ключевые слова: топливный брикет, древесные опилки, брикетирование, гидравлический пресс, гидроблок управления, импортозамещение.

В настоящее время в мире все большее внимание уделяется повышению экологической безопасности бытового топлива. В связи с этим брикеты из деревянных опилок, полученные без дополнительных связующих, находят все большее применение. Рациональное использование древесных отходов – одна из важнейших задач комплексной переработки древесного сырья. Древесные отходы являются хорошим топливом, имеющим высокую теплотворную способность. Главное достоинство этого топлива – его экологическая безопасность, так как при сгорании образуется минимальное количество золы и вредных веществ [1]. Чтобы сжигание отходов происходило эффективно, эти отходы должны иметь примерно одинаковые размеры и форму, обеспечивающие необходимый контакт с кислородом воздуха (для наибольшей теплоотдачи). Технологии прессования предварительно измельченных древесных отходов реализуют эти условия. Они позволяют сделать основное производство малоотходным, улучшить экологическое состояние предприятия, повысить культуру производства, уменьшить затраты на хранение и транспортировку полученного биотоплива по сравнению с необработанными отходами и дровами, получить дополнительную прибыль. Изготовление биотоплива из древесных отходов возможно прессованием в гранулы или брикеты. Теплотворная способность древесных топливных брикетов – 4000-4400 Ккал/кг, что выше, чем у дров, и сопоставимо с теплотворностью многих видов угля, применяемых в коммунальной теплоэнергетике.

**Постановка задачи.** Брикетирование используется для переработки древесных отходов в высококалорийное экологическое топливо (брикеты), для изготовления индивидуального топлива, используемого круглый год, для решения проблем хранения сгораемых отходов, а также проблем с отбросами, которые возникают в малых и средних столярных мастерских и лесопилках. Полученный в результате брикетирования топливный материал благодаря своим высоким потребительским свойствам находит широкое применение как в домашнем хозяйстве, так и в промышленных отопительных системах.

Преимущества опилочных брикетов перед непрессованными опилками:

- Брикеты занимают в 4-5 раз меньший объем, чем непрессованные опилки, и это дает соответствующую экономию складских площадей.
- Брикеты, обладая большим весом, чем опилки, становятся транспортабельным топливом (1м<sup>3</sup> хвойных сухих опилок весит 150-200 кг, а брикетов – 800-1100 кг).
- Брикетирование позволяет в 4-8 раз повысить эффективность использования транспортных емкостей при перевозке отходов.

Брикетированные древесные отходы, полученные без дополнительных связующих, являются реальной альтернативой традиционным видам топлива как по своим теплотворным характеристикам, так и по экологическим параметрам.

Технология брикетирования древесной стружки заключается в получении брикетов - нормированных спрессованных изделий цилиндрической формы. Следует отметить, что в данном исследовании связующим веществом выступает лигнин - вещество, содержащееся в растительных материалах. Это дает возможность применять в качестве сырья также отходы сельскохозяйственных предприятий. Лигнин, содержащийся в дереве, под давлением выделяется и склеивает сырье в брикет. Когда поршень прессует сырье, температура существенно поднимается, при этом содержащиеся в сырье клейкие вещества выходят наружу. Однако влажность сырья должна быть минимум 6% [3]. Влага в сырье испаряется из-за высокой температуры. При сильном испарении могут образоваться полости для пара, что приведет к разрушению брикета из-за расширения. Наилучший для брикетирования процент влажности зависит от используемого сырья и рекомендуется в пределах от 6 до 16 % [3]. При влажности более 16% качество будет существенно снижено либо брикетирование станет вообще невозможным, поэтому максимальная влажность – 20 % [1]. Наличие лигнина удешевляет и упрощает процесс брикетирования. Для активации лигнина необходимо иметь температуру не ниже 120 °С. При этом лигнин склеивает частицы в плотную однородную массу. Брикет получается более плотным, с низкой гигроскопичностью. Такие брикеты пригодны для транспортировки и хранения упорядоченными блоками. Если температура брикетирования ниже температуры активации лигнина, то брикет получается менее плотным. Со временем брикеты растрескиваются и активно набухают, хранить такие брикеты возможно только навалом.

Таким образом, по потребительским свойствам брикеты, полученные методом холодного прессования, уступают брикетам, полученным при повышенных температурах.

В литературе отсутствуют систематизированные данные о выборе параметров процесса брикетирования, позволяющие обоснованно разрабатывать технологию брикетирования [1-4]. Широкое использование топливных брикетов требует создания новых производств по выпуску специализированных прессов для брикетирования. Наиболее рациональными являются мобильные прессы на основе гидропривода производительностью 60-80 кг/ч. Разработка и изготовление прессов предполагаемой модификации обусловлены следующими причинами: территориальной рассредоточенностью лесозаготовительных и деревообрабатывающих производств (перевозка сырья сама по себе является энергозатратной операцией), а также небольшой ресурсной емкостью каждого из производств. Такие мобильные прессы рационально устанавливать на малых и средних предприятиях деревообработки, в районах санитарной вырубке леса и т.п. Подобные производства могут быть созданы и с успехом функционировать в удаленных регионах с избыточными трудовыми ресурсами, решая проблему занятости населения, развивать экспортный потенциал региона. Использование топливных брикетов решает задачу импортозамещения топливно-энергетических ресурсов, приобретаемых из-за рубежа. Возможными потребителями данного топлива являются котельные Республики Беларусь, переводимые на сжигание местных альтернативных видов топлива вместо импортируемого газа, мазута, угля. Это снизит энергозависимость Республики Беларусь от импорта энергоресурсов. Топливные брикеты возможно применять для сжигания в котлах коммунально-бытового и производственного назначения, энергетических установках тепловых и электрических станций, домашнем хозяйстве, водонагревательных титанах железнодорожных вагонов и др. Системы сжигания брикетов легко устанавливаются на типовые котлы взамен горелок для жидкого и газообразного топлива с сохранением высокого уровня автоматизации.

Зарубежные аналоги отличаются высокой стоимостью. В то же время элементы гидравтоматики серийно выпускаются на отечественных предприятиях данного профиля и

могут быть использованы для комплектации при производстве прессов для брикетирования. Производство прессов для изготовления топливных брикетов имеет значимую экспортно-ориентированную перспективу.

Таким образом, разработка нового оборудования для производства брикетов из измельченной древесины и исследование процесса уплотнения измельченной древесины является актуальной практической задачей.

**Экспериментальные исследования и их результаты.** В ГГТУ им. П.О. Сухого разработан пресс ПРО-60, предназначенный для спрессовывания мелких древесных отходов хвойных и лиственных пород деревьев в компактные, экономящие место брикеты, которые могут быть использованы для отопления жилых, общественных и производственных помещений (рисунок).

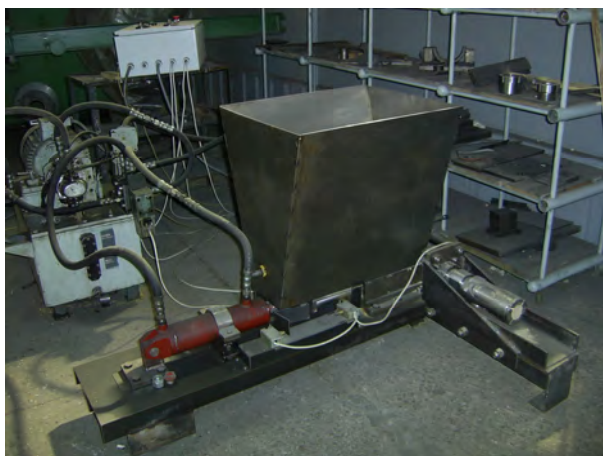


Рис. Общий вид пресса ПРО-60

Основные технические параметры пресса при работе на очищенных от посторонних включений древесных отходах:

- диаметр брикета, мм – 52±2;
- производительность (в зависимости от материала), кг/ч – 50-60;
- потребляемая энергия, кВт/ч – не более 3,0;
- вес пресса, кг – не более 450;
- габаритные размеры пресса, мм – 2020x1500x1420.

Данный пресс установлен в ЛПХ «Рогачевский лесхоз» для опытной эксплуатации. Следует отметить при этом, что научная новизна работы заключается в разработке импортозамещающего оборудования

(пресса на основе гидропривода) с использованием опыта передовых предприятий Гомельского региона и разработок ученых ГГТУ им. П.О.Сухого. Разработанная конструкция мобильного пресса за счет использования новых технических решений превосходит зарубежные аналоги как по техническим характеристикам, так и по экономическим показателям. Гидроблок управления (ГУ) станции управления гидропривода пресса был изготовлен методом агрегатно-модульного монтажа из унифицированных функциональных блоков типа БВ [5; 6]. Это позволило существенно сократить затраты и сроки разработки и изготовления гидропривода пресса. Достаточно отметить, что разрабатывать сборочный чертеж ГУ и чертежи монтажных корпусов не потребовалось, так как монтажная схема ГУ в данном случае позволяет решить все вопросы в процессе его изготовления. В результате проектные и сборочные работы при изготовлении ГУ заняли не более восьми часов, в то время как даже в условиях специализированных предприятий эти работы занимают 2-3 месяца (при той сложности гидросхемы, которая используется в разработанном прессе). Зарубежным аналогом по производительности и назначению является пресс фирмы «GROSS» (Германия) модели GP60 стоимостью 20060 евро. Стоимость разработанного пресса составила в долларовом эквиваленте около 8000 долларов США. Следовательно, возврат вложенных средств наступает уже после изготовления и внедрения в эксплуатацию партии из 3 прессов. Таким образом, экономический эффект от разработанного пресса для брикетирования древесных отходов достигается за счет более низкой стоимости по сравнению с зарубежными образцами подобного оборудования. Косвенный эффект заключается в создании дополнительных рабочих мест при производстве прессов в Республике Беларусь. Кроме того, использование данных прессов в народном хозяйстве позволяет расширить применение нового экологически безопасного и возобновляемого местного топливно-сырьевого ресурса, снизить остроту проблемы занятости в удаленных регионах и увеличить экспортный потенциал Гомельской области. Основными потребителями

вновь созданной продукции могут явиться Министерство промышленности, Министерство лесного хозяйства, Министерство сельского хозяйства и продовольствия, Белорусская железная дорога. Проведенные испытания на Белорусской железной дороге показали более высокую (в 2,5 раза) эффективность сжигания древесных брикетов по сравнению с торфобрикетами. Аналогов производства подобных прессов в Беларуси нет.

Основными параметрами, влияющими на свойства брикетов из древесных опилок, являются давление прессования, влажность прессуемого материала (опилок) и температура. Поэтому задачами исследования являются:

- получение зависимости плотности брикета от давления прессования, влажности и температуры опилок при работе пресса ПРО-60;
- выбор рационального режима работы пресса, обеспечивающего изготовление топливных брикетов приемлемого качества (с плотностью не ниже 700 кг/м<sup>3</sup> и наружной поверхностью без трещин и разрушений).

При разработке технологических режимов процесса брикетирования опилок необходимо учитывать изменение физико-механических свойств получаемых древесных брикетов при изменении температуры, влажности опилок и давления прессования.

Термопарой измерялась температура нагрева древесных опилок в формующем канале пресса ПРО-60 при его работе. Давление в формующем канале пресса ПРО-60 было определено расчетным путем при помощи показаний манометра гидростанции и составило от 30 до 80 МПа. Влагомером измерялась влажность брикетов.

Давление в формующем канале пресса ПРО-60 определялось по формуле

$$P = \frac{S_{ц}}{S_n} P_{mn},$$

где  $P_{mn}$  - показания манометра в момент прессования;  $S_{ц}$  - площадь поперечного сечения поршня гидроцилиндра;  $S_n$  - площадь поперечного сечения плунжера.

В таблице представлены значения плотности брикета в зависимости от давления прессования.

Из таблицы видно, что повышение давления в диапазоне от 3 до 8 МПа приводит к незначительному росту плотности. Для получения топливных брикетов с приемлемым качеством (с показателем плотности не менее 700 кг/м<sup>3</sup> и влажностью не более 20%) необходимо обеспечивать нагрев опилок в формующем канале свыше 80 °С, иметь давление прессования не менее 8 МПа и температуру исходного сырья не менее 25°С. Брикеты, полученные при более низких температурах, существенно расширяются при хранении. При этом на поверхности образца образуются трещины, проходящие перпендикулярно направлению прессования. Прочность брикета резко снижается.

Таблица

Значения плотности брикета в зависимости от давления прессования

Давление, МПа		Плотность, кг/м <sup>3</sup>			Температура исходного сырья (опилок), °С	Нагрев опилок в формующем канале, °С	Время работы пресса ПРО-60, мин
По показаниям манометра	В формующем канале пресса	№1	№2	№3			
3	18,747	516,787	518,623	521,314	10	32	30
5	31,245	606,156	661,664	663,163	10	42	40
6	37,494	626,94	593,792	607,682	10	40	5
8	49,992	668,735	633,379	648,194	10	40	2

Технология упаковки топливных брикетов должна обеспечивать их длительное хранение, в связи с чем необходимо исключить доступ к ним влаги. Это достигается применением для упаковки брикетов полиэтиленовых мешков, герметизация которых выполняется при помощи сварочно-упаковочного стола, изготовленного по чертежам, разработанным в ГГТУ им. П.О. Сухого.

Итак, разработан, изготовлен и запущен в опытную эксплуатацию гидравлический пресс для брикетирования мелких древесных отходов. При этом гидроблок управления станции управления гидропривода пресса был изготовлен прогрессивным методом агрегатно-модульного монтажа, что позволило существенно сократить затраты, сроки разработки и изготовления гидропривода пресса.

Определен рациональный технологический режим брикетирования: процент влажности брикетов в пределах от 10 до 20 %, давление прессования не менее 8 МПа, температура сырья не менее 25 °С. При данных условиях получаются брикеты плотностью не ниже 700 кг/м<sup>3</sup>, которые имеют глянцевую гладкую поверхность без трещин и пригодны для длительного хранения.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вершинин, В. Чистая энергия / В. Вершинин // Леспроминформ. - 2004. - №5. - С. 66-67.
2. Сангалов, Ю.А. Композиты: дисперсная древесина - термопластичные полимеры как перспективное направление химической технологии переработки древесины / Ю.А. Сангалов, Н.А. Красулина, А.И.Ильясова // Химическая промышленность. - 2002. - №3. - С. 1-9.
3. Гомонай, В. М. Производство топливных брикетов. Древесное сырье, оборудование, технологии, режимы работы: учебник / В. М. Гомонай. — М.: МГУЛ, 2006. — 68 с.
4. Трошин, А. Г. Развитие процессов и оборудования для производства топливных брикетов из биомассы / А. Г. Трошин, В. Ф. Моисеев, И. А. Тельнов, С.И. Завинский // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. - 2010. - № 3/8 (45). - С. 36 - 40.
5. Устройство для монтажа гидро- и пневмоаппаратуры: пат. 7134 РБ / Пинчук В.В., Гинзбург А.А., Шелег В.К. - Заявл. 26.05.10; опубл. 30.04.11.
6. Пинчук, В.В. Расчет и конструирование агрегатно-модульных гидроблоков управления технологических машин / В.В. Пинчук, В.К. Шелег. - Гомель: ГГТУ им. П.О. Сухого, 2010.- 270 с.

Материал поступил в редколлегию 12.05.15.