

УДК 621.54

**ТОПЛИВНЫЕ БРИКЕТЫ ИЗ ИЗМЕЛЬЧЕННОЙ ДРЕВЕСИНЫ**

А.Р. БИРМАН – доктор технических наук, профессор,  
e-mail: birman1947@mail.ru\*

В.А. СОКОЛОВА – кандидат технических наук, доцент,  
e-mail: sokolova\_vika@inbox.ru\*

Н.А. БЕЛОНОВА – кандидат технических наук, доцент,  
e-mail: graph@spbftu.ru\*

Л.Г. ЧЕРНЫХ – аспирант,  
e-mail: 2904180@mail.ru\*

\* ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный  
лесотехнический университет имени С.М. Кирова»,  
194021, Россия, Санкт-Петербург, Институтский пер., д. 5

С.А. ВОЙНАШ – инженер по научно-технической информации  
кафедры «Наземные транспортные системы»,  
e-mail: sergey\_voi@mail.ru  
658207, Россия, Рубцовск, Тракторная, д. 2/6

**Ключевые слова:** топливные брикеты, отходы древесины, топливо.

В последнее время активно набирают популярность топливные брикеты – альтернативный вид твердого топлива для печей, каминов и котлов. Обусловлен взрывной рост популярности качеством этого топлива, его большой теплоотдачей и длительным временем горения. В качестве сырья для топливных брикетов используют отходы сельхозпроизводства, древесину и другие натуральные материалы. Интересно, что топливные брикеты из опилок по теплоотдаче гораздо лучше, чем полноценные дрова этой же породы дерева. Топливные брикеты – твердое горючее вещество, которое получают из древесины, а также иных отходов растительности. Они широко применяются в наше время. Их используют для разнообразных видов топок, котлов, а также они хорошо горят в каминах, грилях, печах. Топливные брикеты из измельченной древесины не включают вредных веществ, а также клея. Специально спрессованные при высокой температуре и под большим давлением, они напоминают по форме цилиндр.

Производство брикета из опилок основано на процессе прессования отходов столярного производства, измельченных отходов древесины под воздействием высокого давления при нагревании.

В статье рассматривается вопрос использования энергетического потенциала древесной биомассы – древесных топливных брикетов, в основе технологии производства которых лежит процесс прессования мелко измельченных сухих отходов древесины (опилок, щепы, коры). Приведены преимущества древесных топливных брикетов в сравнении с таковыми у других видов твердого топлива.

Установлено, что сжигание древесных топливных брикетов и использование для этого эффективного теплопроизводящего оборудования позволяет получить в 2–4 раза больше тепловой энергии из имеющегося потенциала топливной древесины по сравнению с технологиями сжигания первичных видов древесного топлива (дров).

Даны сравнительные теплотехнические экспресс-испытания работы котла КВ-Р-1 с номинальной теплопроизводительностью 1,0 МВт.

Предложены технологии и оборудование для изготовления не только топливных, но и технологических брикетов практически любой конфигурации.

## FUEL BRIQUETS FROM MILLED WOOD

A.R. BIRMAN – DCs (Engineering), professor,  
e-mail: birman1947@mail.ru\*

V.A. SOKOLOVA – PHd (Engineering), associate Professor,  
e-mail: sokolova\_vika@inbox.ru\*

H.A. BELONOGOVA – PHd (Engineering), associate Professor,  
e-mail: graph@spbftu.ru\*

L.G. CHERNYKH – graduate student,  
e-mail: 2904180@mail.ru\*

\* Saint Petersburg State Forest Technical University,  
194021, Россия, Saint Petersburg, Institute per, 5

S.A. VOYNASH – engineer for scientific and technical information  
of the department «Land transport systems»,  
e-mail: sergey\_voi@mail.ru  
658207, Russia, Rubtsovsk, Traktornaya, 2/6

**Key words:** *fuel briquettes, waste wood, fuels.*

Recently actively fuel briquettes, an alternative type of solid fuel for furnaces, fireplaces and coppers gain popularity. Explosive growth of popularity is caused by quality of this fuel, his big thermolysis and a long time of burning. As raw materials for fuel briquettes use agricultural production waste, wood and other natural materials. It is interesting that fuel briquettes from sawdust on a thermolysis it is much better, than full-fledged firewood of the same breed of a tree. Fuel briquettes – solid combustible substance which is received from wood and also other waste of vegetation. They are widely applied presently. They are used for various types of fire chambers, coppers and also they well burn in fireplaces, grills, ovens. Fuel briquettes from the crushed wood don't include harmful substances and also glue. Specially pressed at high temperature and under big pressure, they remind the cylinder in a form.

Production of a briquette from sawdust is based on process of pressing of waste of joiner's production, the crushed waste of wood under the influence of high pressure when heating.

The article discusses the use of the energy potential of woody biomass: wood fuel briquettes, the technology of production which is the process of compacting finely ground dry wood waste (sawdust, chips, bark). The advantages of wood fuel briquettes in comparison with other solid fuels are given.

It is established that the burning of wood fuel briquettes, and the use of effective heat-producing equipment enables to get 2-4 times more heat energy from the available potential of wood fuel in comparison with the combustion technologies of primary wood based fuels (firewood).

Comparative rapid thermal performance testing of boiler KV-R-1 with a nominal heat capacity of 1.0 MW are given.

The technology and equipment for production not only of fuel but of technology blocks virtually any configuration are proposed.

### Введение

Возрастающий рост потребления и постепенное истощение разработанных месторождений нефти и газа, стремительный

рост цен на традиционные энергоносители, а также проблемы экологии, вызывающие все большую озабоченность мирового сообщества, заставляют челове-

чество все активнее использовать резервы возобновляемых источников энергии.

Возможности России в переработке биомассы практически

неограничены, так как общий лесной прирост намного опережает лесозаготовки. Однако в перспективе, по мнению промышленных аналитиков, высококачественные пиломатериалы будут производиться в основном в России, что приведет к уменьшению объемов пиловочника, идущего на экспорт, сокращению производства пиломатериалов и, следовательно, отходов лесопиления в Западной Европе. Для России же, напротив, это будет означать резкое увеличение древесных отходов и создание условий, при которых может развиваться значительный рынок прессованного биотоплива [1].

Брикетируемое биотопливо является реальной альтернативой каменному углю и нефти, так как по своим теплотворным характеристикам не уступает углю, а его экологические параметры вообще вне конкуренции.

Использование древесного топлива становится все более актуальным в России. Так, в качестве одного из приоритетных направлений в области нетрадиционной энергетики Государственной программой России «Экологически чистая энергетика» рассматривается значительное использование энергетического потенциала древесной биомассы.

При этом на фоне всеобщего «пеллетного бума» последних лет специалисты незаслуженно отодвинули на второй план древесные топливные брикеты, в основе технологии производства которых лежит процесс прессования мелко измельчен-

ных сухих отходов древесины (опилок, щепы, коры).

Брикеты, используемые в настоящее время, имеют цилиндрическую или прямоугольную форму. Известен 4- или 6-гранный брикет с радиальным отверстием. Масса брикета – от 0,5 до 2 кг [2].

Достоинствами этих типов брикетов являются минимальные требования к организации производства и низкая себестоимость. Брикеты отличаются высокой калорийностью и длительным временем горения. Высокая теплотворная способность брикета достигается, с одной стороны, благодаря большой плотности после прессования, с другой – за счет небольшой остаточной влажности (как правило, менее 10%).

Преимущества древесных топливных брикетов в сравнении с таковыми у других видов твердого топлива следующие.

1. Теплотворная способность брикетов – 4,5–5,0 кВт. ч/кг, т. е. выше, чем у дров, сопоставима с пеллетами и отдельными видами углей.

2. Брикеты не нуждаются в предварительной сушке, горят с минимальным количеством дыма, не «стреляют» и не искрят.

3. Постоянная температура на всем протяжении горения брикетов при большой продолжительности горения.

4. Низкая зольность (0,5–1,0%). После сгорания брикетов остается пепел, а не угли, как при сжигании других видов твердого топлива.

5. Стоимость брикетов ниже стоимости пеллет. К сырью для производства брикетов нет таких жестких требований, как к пеллетному (в частности по содержанию коры); брикетирующие линии дешевле и, соответственно, ниже себестоимость производства.

6. Котлы (и камины) для брикетов просты в обслуживании, не требуют специально оборудованных мест для складирования и автоматической подачи топлива, а потому дешевле пеллетных; брикетами в отличие от пеллет можно заменять другие виды твердого топлива (уголь, дрова) без модернизации котлов и печей. Именно поэтому производители пеллетных котлов в последнее время включают в линейку своей продукции комбинированные котлы, которые могут работать и на брикетах.

7. Выброс оксида углерода в атмосферу при сгорании топливных брикетов минимален.

8. Возможность длительного хранения брикетов без ухудшения их качественных характеристик, отрицательного влияния на окружающую среду; топливные брикеты пожаро- и взрывобезопасны.

9. Улучшение условий труда обслуживающего персонала котельных.

#### Методика исследования

В зависимости от условий использования можно использовать брикеты различной плотности. Достижение заданной плотности брикетов осуществляется установкой на подвижной плите

устройства различного числа пуансонов, формирующих сферическую форму изделия.

Минимальное число пуансонов – два: первый осуществляет подпрессовку измельченной древесины, второй обеспечивает формообразование и плотность готового изделия.

С увеличением плотности пропорционально увеличивается и число пуансонов, устанавливаемых за пуансоном, осуществляющим подпрессовку. Число прессующих пуансонов определяется эмпирически в зависимости от требуемой степени уплотнения прессуемой массы [3].

### Результаты исследования

Сжигание древесных топливных брикетов и использование для этого эффективного теплопроизводящего оборудования позволяет получить в 2–4 раза больше тепловой энергии из имеющегося потенциала топливной древесины по сравнению с технологиями сжигания первичных видов древесного топлива (дров).

Сравнительные теплотехнические экспресс-испытания работы котла КВ-Р-1 с номинальной теплопроизводительностью 1,0 МВт дают следующие практические результаты:

- процесс горения древесных топливных брикетов в топках котла характеризуется устойчивостью и равномерностью;

- при небольшой разнице теплотворной способности угля (4920 ккал/кг) и топливных брикетов (4291 ккал/кг) КПД котлов при использовании топливных брикетов достигает 51,83%, что

- на 5,28% превышает показатели каменного угля;

- расход условного топлива на 1 Гкал выработанного тепла: каменный уголь – 306,9 кг у.т./Гкал, топливные брикеты – 276,1 кг у.т./Гкал;

- наблюдается снижение коррозии поверхности котлов, дымоходов и дымовых труб;

- выбросы сажи, золы и других твердых частиц при сжигании брикетов практически отсутствуют; количество золы при использовании брикетов минимально, очистку пространства под колосниками достаточно производить 1 раз в сутки, а золу можно использовать для удобрений и раскисления почвы в отличие от проблем с утилизацией шлака;

- отсутствует угольная пыль и грязь, упрощается и облегчается подача топлива в топку, не требуется частое удаление шлака (имеющего высокую температуру и выделяющего газообразные продукты, в том числе угарный газ).

Нами предлагается разработка новой технологии и оборудования для производства древесных брикетов (из опилок или коры) сферической формы.

Необходимость реализации предлагаемого технического решения заключается в том, что цилиндрические или иные нешарообразные брикеты при всех вышеперечисленных достоинствах имеют ряд существенных недостатков, обусловленных именно конфигурацией (формой) готового брикета. Это:

- неравноплотность брикета в направлении прессующего усилия, а значит существенные

- различия прочностных свойств готового изделия по его объему;

- неравномерность расположения нешарообразных (цилиндрических или прямоугольных) брикетов в топке котлов или печей (где-то легли как спички в коробке, а где-то хаотически расположены); это приводит к неравномерному поступлению и распределению воздуха к брикетам в процессе их горения, нарушению режима горения, градиенту теплового поля, неполному сгоранию топлива и повышению зольности;

- необходимость использования механизмов принудительной подачи брикетов в топку, так как хаотично ориентированные брикеты несферической формы не способны самостоятельно и равномерно перемещаться, например, по наклонной плоскости только за счет силы их тяжести;

- значительные усилия формования брикетов, что усложняет конструкцию прессового оборудования;

- наличие кромок на поверхности брикетов, которые легко разрушаются при хранении и транспортировке. Это снижает объем топливной биомассы и приводит к необходимости организации сбора и утилизации отходов.

Достоинства сферических брикетов:

- радиальное усилие прессования (от периферии к центру) определяет максимальные плотность и равноплотность наружного слоя сферического брикета;

- шарообразная форма брикетов априори определяет их равномерное расположение в топке,



а значит, равномерный подвод воздуха ко всему объему биотоплива и его равномерный режим горения;

- формообразование сферических брикетов требует наименьшего усилия прессования по отношению к брикетам любой иной формы;

- сферические брикеты легко скатываются в топку по наклонной плоскости; их поток легко контролируется и дозируется;

- сферические брикеты не имеют кромок, а значит, не разрушаются при хранении и транспортировке, не образуют отходов.

Прессовое оборудование для производства сферических брикетов изображено на рис. 1 и 2.

Оборудование для изготовления топливных брикетов 1 включает станину 2, дозатор 3, матрицы 4 для прессуемой массы 5, содержащие цилиндрическую боковую поверхность 6, механизм создания прессующего усилия 7. Последний выполнен в виде группы смонтированных на плите 8 пуансонов 9, длины которых последовательно увеличиваются к концу стадии брикетирования, а также приемник 10 готовых брикетов и привод.

Каждый пуансон 9 имеет полусферическую рабочую поверхность 11, а каждая из матриц 4 снабжена имеющим полусферическую рабочую поверхность 12 вертикально подвижным дном 13, жестко скрепленным с подпружиненным ползуном 14, содержащим на конце ролик 15. При этом матрицы 4 смонтированы на траках 16 конвейера 17. На станине 2

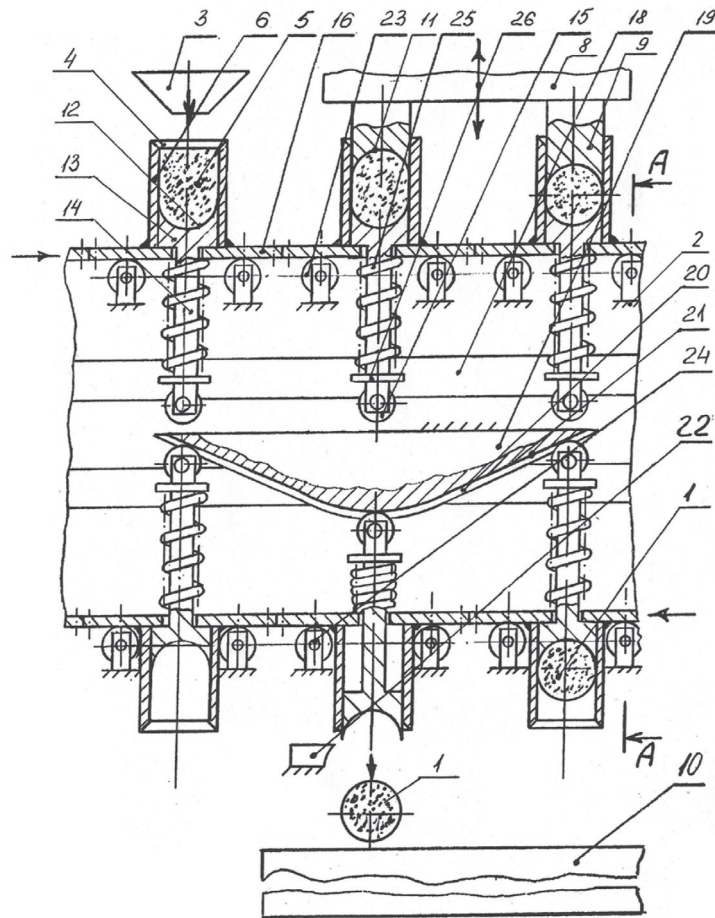


Рис. 1. Устройство для изготовления брикетов сферической формы  
Fig. 1. Device for the manufacture of spherical briquettes

устройства смонтированы прямолинейная направляющая 18 и кулачок 19 с криволинейной направляющей 20 на его нижней поверхности 21 для перемещения по направляющим 18 и 20 роликов 15 ползунов 14.

На выходе брикетов 1 из устройства смонтирован отбойник 22, предназначенный для воздействия на готовое изделие 1 в момент его высадки из устройства. Траки 16 верхней ветви конвейера 17 опираются на опоры качения 23, а нижней ветви – на опоры качения 24. На хвостовик каждого из ползунов 14 установлена пружина 25 и квадратная шайба 26, жестко скрепленная

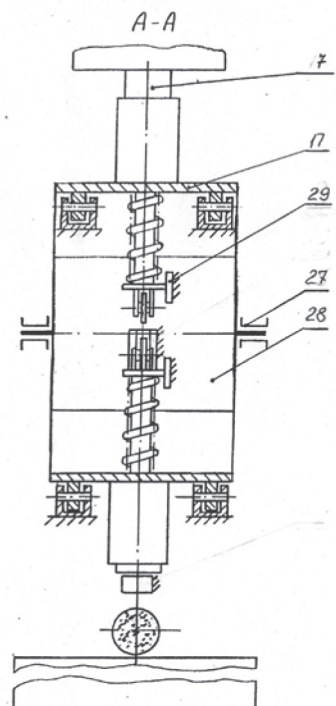


Рис. 2. Разрез А-А по рис. 1  
Fig. 2. Section A-A in fig. one

с хвостовиком. Квадратная шайба 26 предназначена для исключения вращения ползуна 14 вокруг своей оси за счет контакта с направляющей 29. Вал ведущего барабана 28 конвейера 17 смонтирован в подшипниках 27.

Устройство для производства сферических брикетов работает следующим образом.

Из дозатора 3 измельченные древесные материалы, например опилки, загружают в матрицу 4 пресс-формы. Затем включают привод конвейера 17 с траками 16, и загруженная матрица 4 пресс-формы перемещается на некоторое расстояние (шаг) и останавливается соосно с первым из пуансонов 9 (наиболее короткий), рабочая поверхность которого выполнены в виде полусферы. При опускании пуансонов происходит подпрессовка древесной массы. При этом ролики 15 ползуна 14 перемещаются по прямолинейной направляющей 18, а ползун 14 опирается на траки 16, прогиб которых за счет усилия прессования предотвращают опоры 23, жестко скре-

пленные со станиной 2 устройства.

При дальнейшем перемещении траков 16 конвейера 17 на один шаг пресс-форма останавливается соосно со вторым пуансоном 9 (более длинным) и происходит окончательное формирование древесной массы 5 в шар.

Отметим, что число пуансонов 9 может быть больше двух в зависимости от требуемого числа ударов пуансона 9 с целью достижения окончательной плотности и формы древесной массы.

При дальнейшем движении траки 16 огибают ведущий барабан 28, вращающийся на валу, укрепленном в подшипниках 27, ролики 15 ползунов 14 постепенно начинают перемещаться по криволинейной направляющей 20 кулачка 19, и происходит движение ползунов 14 вдоль матриц 4, которые постепенно переворачиваются загрузочным отверстием вниз.

При этом происходит принудительная высадка готового изделия 1 в приемник 10.

Для исключения прогиба траков 16 в момент высадки готового изделия 1 нижняя ветвь конвейера 17 с траками 16 опирается на вращающиеся опоры 24, жестко скрепленные со станиной устройства. При перемещении пресс-формы с матрицей 4 на следующую после высадки позицию пружина 15 возвращает ползун 14 в исходное положение.

### Выводы

Устройство позволяет изготовить топливные брикеты с равно плотными слоями, начиная с наружного, что обеспечит повышение прочности топливных брикетов, равномерное их расположение и горение в топке, а также упрощение их подачи в топку. Это достигается тем, что топливные брикеты изготавливают сферическими.

По предлагаемой технологии и на предлагаемом оборудовании возможно изготовление не только топливных, но и технологических брикетов практически любой конфигурации.

### Библиографический список

1. Модификация древесины мягких лиственных пород методом глубокого уплотнения / А.Р. Бирман, А.С. Кривоногова, В.А. Соколова, Ван Тоан Нгуен // Научное обозрение. 2015. № 17. С. 90–94.
2. Куницкая О.А., Григорьев И.В. Переработка низкотоварной древесины: проблемы и перспективы // Энергия: экономика, техника, экология. 2015. № 9. С. 70–75.
3. Бирман А.Р., Кривоногова А.С., Соколова В.А. Определение коэффициента фильтрации и параметров процесса пропитки древесных углей в поле центробежных сил // Научное обозрение. 2015. № 7. С. 238–243.

### Bibliography

1. Modification of softwood hardwood by the method of deep compaction / A.R. Birman, A.S. Krivonogova, V.A. Sokolova, Van Toan Nguen // Scientific Review. 2015. No. 17. P. 90–94.
2. Kunitskaya O.A., Grigoriev I.V. Processing of low-value timber: problems and prospects // Energy: Economics, Technology, Ecology. 2015. No. 9. P. 70–75.

3. Birman A.R., Krivonogova A.S., Sokolova V.A. Determination of the filtration coefficient and parameters of the process of impregnation of charcoal in the field of centrifugal forces // Scientific Review. 2015. No. 7. P. 238–243.

УДК 615.322.012

## БИООРГАНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ ПЛОДОВ ЛИСТОПАДНЫХ КУСТАРНИКОВ СЕМЕЙСТВА РОЗОЦВЕТНЫХ

А.А. ЩЕГОЛЕВ – кандидат химических наук, доцент,  
shegolev anatology@yandex.ru\*

Л.Г. СТАРЦЕВА – кандидат технических наук, доцент,  
slg14@yandex.ru\*

\* кафедра химической технологии древесины,  
биотехнологии и наноматериалов,  
ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет»,  
620100, Россия, Екатеринбург, Сибирский тракт, 37

**Ключевые слова:** *углекислотные экстракты, фитокрипы, шиповник, рябина обыкновенная, арония черноплодная.*

Проведены исследования в области технологии криохимической переработки биомассы плодов листопадных кустарников: шиповника, рябины, аронии. Применение традиционных тепловых режимов на стадиях сушки и последующего дробления плодов в присутствии атмосферного воздуха приводит к потерям 35–65% витаминоактивных соединений от их содержания в свежих плодах. В данном исследовании применение отрицательных температур, а также инертной среды жидкого азота на всех стадиях переработки плодов обеспечивает получение микродисперсных порошков (фитокрипов), которые не содержат продуктов термоокислительной деструкции витаминоактивных соединений. Фитокрипы плодов целесообразно использовать для коррекции пищевого рациона человека по суточной норме потребления токоферолов, каротиноидов, рибофлавина, тиамин, аскорбиновой кислоты.

Биологическая активность новых продуктов – плодовых фитокрипов – также обусловлена наличием комплекса флавоноидов, содержание которых в фитокрипах плодов шиповника, рябины, аронии составляет 3–6% от массы фитокрипов.

В данном исследовании также экспериментально подтверждена целесообразность использования жидкого диоксида углерода в качестве экстрагента для выделения комплекса биоорганических соединений липофильной природы из плодов.

Предэкстракционную подготовку свежего растительного сырья проводили методом сублимационной сушки с последующим криодроблением в среде жидкого азота. Полученные фитокрипы плодов подвергали экстрагированию в системе фитокрип – жидкий CO<sub>2</sub>. Выход абсолютных липофильных экстрактов составлял 4–8% от массы плодовых фитокрипов.

Доклиническое изучение фармакологической активности и безопасности применения подтверждает, что биоорганические комплексы в виде фитокрипов и липофильных экстрактов перспективны для создания новых препаратов медицинского назначения, а также могут восполнять дефицит витаминоактивных соединений в пищевом рационе населения разных возрастных групп.