

сти и науки. Есть много нерешенных вопросов для каждого конкретного месторождения. Прежде всего требуется решить вопросы, связанные с возможностью получения эффективности и газа высокого качества из залежи с влажностью до 65 %, зольностью на сухое вещество до 45 % и коэффициентом использования залежи при высокой вариабельности мощности рудного тела. Следует также изучить условия и целесообразность осушения угольных месторождений. Следовательно, требуется безотлагатель-

ное развитие научно-исследовательских работ в направлении ПГУ, так как успешное решение проблемы определяет энергетическую безопасность страны.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Полезные** ископаемые / П. З. Хомич и др. – Мн.: Адукацыя і выхаванне, 2002. – 528 с.
2. **Аренс В. Ж.** Физико-химическая геотехнология. – М.: МГТУ, 2001. – 656 с.

УДК 620.9:662.638 (476)

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЭНЕРГИИ ИЗ БИОТОПЛИВА

Докт. техн. наук, проф. ВАВИЛОВ А. В.

Белорусский национальный технический университет

В связи с ростом цен на традиционные импортируемые энергоносители и повышением себестоимости производимой в Беларуси продукции идет активный поиск местных альтернативных источников энергии.

Из известных источников самым эффективным является биотопливо: древесные отходы, кустарник, бытовой мусор и т. д. Использование только древесных отходов лесного комплекса на топливо при выработке тепловой и электрической энергии эквивалентно как минимум 2,5 млн т у. т. и обеспечит значительное снижение импорта энергоресурсов в республику. Если же брать в расчет древесно-кустарниковую растительность, сводимую с объектов мелиорации, специально выращиваемую биомассу, отходы, образуемые в коммунальном хозяйстве, при эксплуатации дорог, содержания садово-паркового хозяйства, в различных видах строительства, то эта цифра окажется более внушительной [1–4].

Однако массовое биотопливо в Беларуси не применяется. Локально используются в основном отходы деревообработки. В то же время во многих высокоразвитых странах мира (Дания, США, Швеция, Финляндия и др.) биотопливо – серьезное подспорье в большой энергетике.

Возможно ли создание полноценной энергетики на биотопливе в Республике Беларусь, располагающей большими его запасами? Ответ кроется в изучении опыта стран, где отработаны правовое поле и экономический механизм, стимулирующие использование отходов. В этих странах создана успешно функционирующая инфраструктура, включающая производство необходимого оборудования и фирмы, которые берут на себя заготовку и доставку биотоплива потребителю, контроль за эксплуатацией энергоустановок и т. д.

В настоящее время в республике отсутствует необходимая база, обеспечивающая выгоду от использования отходов в качестве топлива. Не определены места экономически рационального размещения в Беларуси энергетических установок на биотопливе с обеспечением неистощимой сырьевой топливной базы. Существующие технологии заготовки топлива при проведении рубок ухода и главного пользования в лесном комплексе, расчистки закустаренных земель на объектах мелиорации, расчистки полосы отвода в дорожной отрасли, а также применяемое при этом оборудование требуют совершенствования.

Уже сегодня целесообразно вблизи сырьевой топливной базы, используя имеющееся

оборудование, приступать к полномасштабному получению энергии из биотоплив.

Работу рекомендуется проводить по следующим направлениям.

1. Определить объем и динамику сырьевой топливной базы административных районов республики на несколько десятилетий вперед при проведении основных видов хозяйственной деятельности: лесозаготовок, рубок ухода, лесопиления и деревообработки, культуртехнических работ, расчистки полосы отвода в дорожной отрасли и площадок при строительстве и т. д.

2. Уточнить существующую и сформировать перспективную сеть потребителей топлива в каждом районе в соответствии с сырьевой топливной базой.

3. Разработать мероприятия по поддержанию стабильности сырьевой топливной базы.

4. Содействовать созданию предприятий по заготовке, хранению и доставке топлива к энергетическим установкам.

Примерная схема работ по получению энергии из биомассы заключается в следующем. На объекте хозяйственной деятельности, где необходимо удалять нежелательную растительность, ее срезают, вывозят к месту получения энергии или после срезки измельчают и транспортируют, например, в виде топливной щепы к энергетическим установкам.

Сегодня в Беларуси производителями лесозаготовительной техники являются Минский тракторный завод, ОАО «Амкодор-Ударник» и ООО «Инвар».

Для валки, удаления сучьев и разрезания ствола на любые сортименты ОАО «Амкодор-Ударник» выпускает отечественную машину «Амкодор-2535» (табл. 1).

Таблица 1

Технические данные машины «Амкодор-2535»

Подъемный момент манипулятора, кНм	75
Максимальный вылет, мм	7200
Наибольший диаметр срезанного дерева, мм	370
Эксплуатационная мощность двигателя, кВт (л. с.)	73,5 (100)
Транспортная скорость, км/ч	30
Тяговое усилие, кН	85
Габаритные размеры, мм: длина/ширина/высота	7900/2600/3400
Масса, кг	10000

Трелевку срезанных деревьев или хлыстов целесообразно осуществлять двухосными трелевочными машинами Минского тракторного завода МЛ-127 и МЛ-127С с шарнирно-сочлененной рамой (табл. 2).

Таблица 2

Технические данные трелевочных машин

Показатели	МЛ-127	МЛ-127С
Мощность, кВт (л. с.)	77 (105)	77 (105)
Скорость вперед/назад, км/ч	2,3...22,9/ 2,1...21,4	2,3...22,9/ 2,1...21,4
Габаритные размеры, мм: длина/ширина/высота	7200/2880/3165	8010/2880/3240
Дорожный просвет, мм	600	600
Угол подъема и спуска, град.: без груза с грузом	20 14	20 14
Угол косогора, град.	20	20
Снежный покров, мм	1000	1000
Масса, кг	9690	11580

Трелевка также возможна с помощью тягача трелевочного «Амкодор-2200» с канатно-чokerным оборудованием (рис. 1) и трелевочного агрегата ТТР-401 (МТЗ).

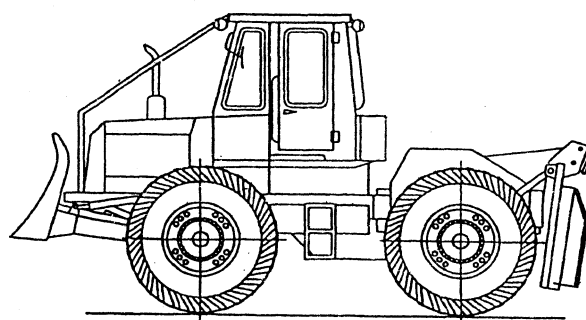


Рис. 1. Тягач трелевочный «Амкодор-2200»

Погрузку и вывозку древесины успешно осуществляют машины серии «Беларус» МЛ-131 и МЛПТ-354М (табл. 3).

Оборудование для погрузки и вывозки маломерных деревьев или дров (полуприцепы ПЛВ-8М и ПЛВ-9М с манипуляторами ГМ-32, ГМ-44) к месту их измельчения в щепу выпускает ООО «Инвар» (рис. 2).

Таблица 3

Технические данные машин серии «Беларус»

Показатели	МЛ-131	МЛПТ-354М
Колесная формула	6×6	4×4
Мощность, кВт (л. с.)	88(119,7)	77(105)
Скорость вперед/назад, км/ч	1,8...27,7/ 3,2...7,3	2,3...22,9/ 2,1...21,4
Габаритные размеры, мм: длина/ширина/высота	9200/3010/3550	9170/2880/3500
Угол подъема и спуска, град.:		
без груза	20	20
с грузом	12	12
Угол косогора, град.	20	20
Масса, кг	13550	9000

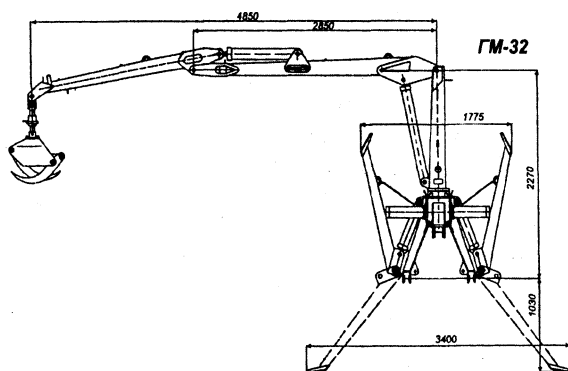
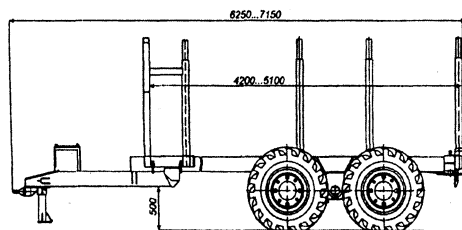


Рис. 2. Полуприцеп и гидроманипулятор производства ООО «Инвар»

Над проблемой получения топливной щепы из неликвидной древесины уже несколько лет работает кафедра строительных и дорожных машин БНТУ.

В результате созданы и выпускаются рубильные машины (предприятий «Инвар» и «Дорвектор») на базе отечественных тракторов МТЗ 80/82 (рис. 3).

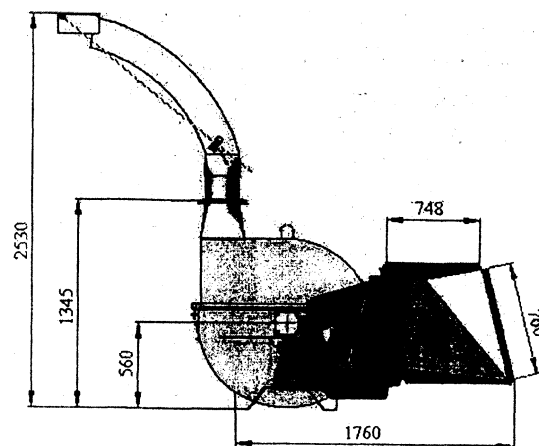


Рис. 3. Рубильная машина УРН

Для транспортировки щепы к хранилищам у энергетических установок можно использовать имеющиеся на предприятиях концерна «Беллесбумпром» щеповозы ЛТ-7А, а также заказывать автомобильные полуприцепы-самосвалы МАЗ-9506 для перевозки щепы.

Сформулируем основные требования к хранилищам биотоплива, обеспечивающим минимальные энергозатраты их эксплуатации и повышение эффективности биотоплива.

1. Хранилища должны быть закрыты (от атмосферных осадков), но выполнены с небольшими затратами, из недорогого строительного материала. Помещения должны быть проветриваемы (чтобы при хранении биотоплива досушилось естественным путем и не впитывало влагу).

2. Конструкция хранилища должна сочетаться с эффективным механизмом подачи биотоплива к энергоустановке.

3. Вместимость хранилища должна обеспечивать многосуточный запас биотоплива.

Таким образом, при получении энергии из биотоплива на энергоустановках размеры хранилища и его конструкция определяются мощностью установки, объемом требующегося топлива и периодичностью его поставки. В каждом административном районе с высокой лесистостью должно быть базовое хранилище биотоплива.

С целью уменьшения капитальных вложений на изготовление и трудозатрат на монтаж базовое хранилище может быть выполнено в виде навесной кровли, подвешенной на вантах к центральной колонне. Несущие элементы

кровли целесообразно изготавливать из деревянных арок.

Потребители топливной щепы, имеющие отапливаемые помещения площадью до 400 м², могут создавать хранилища, рассчитанные на запас щепы сроком на месяц, сверх 400 м² и до 800 м² – только на полмесяца. Для отопления помещений свыше 800 м² хранилища должны быть механизированными, оснащенными техническими средствами подачи щепы к теплоагрегатам. Запас топлива для таких потребителей определен нормативами в количестве 14 дней. Из хранилищ топливо подается к энергетическим установкам.

В последнее время создано новое оборудование различной мощности, позволяющее эффективно использовать биотопливо для получения энергии. При необходимых объемах топлива применяют газогенераторы, которые могут работать с различным отопительным оборудованием. При этом они соответствуют друг другу по мощности ($\pm 30\%$).

При выборе типоразмера газогенератора для системы отопления исходят из следующих норм:

- для отопления помещений с высотой потолков до 3 м на каждые 10 м² требуется 1 кВт тепловой мощности газогенератора;
- для отопления более высоких помещений на 100 м³ требуется 4...5 кВт тепловой мощности газогенератора.

РУП «Экспериментальная база Свислочь» НАН Беларуси организовало производство газогенераторных установок УГВ-Т-30; УГВ-Т-70; УГВ-Т-95; ГГ-Т-500; ГГ-Т-1000, обеспечивающих нагрев и подачу воздуха для отопления производственных помещений, а также для осуществления процесса сушки различных материалов (рис. 4).

Теплогенератор работает следующим образом. В газогенераторе происходит процесс образования генераторного газа. Факел горящего газа подается в топку теплообменника. Продукты сгорания, проходя по трубам теплообменника, нагревают их и через коллектор и дымоотводящий патрубок уходят в атмосферу. Воздух, подаваемый вентилятором, обдувает нагретые поверхности теплообменника, нагревается и нагнетается в отапливаемое помещение.

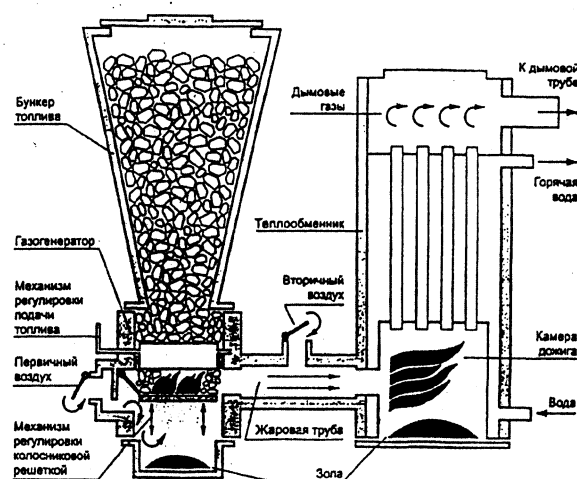


Рис. 4. Газогенераторная установка с теплообменником РУП «Экспериментальная база Свислочь» НАН Беларуси

АО «Казлу Рудос Металз» (Литва) в сотрудничестве со шведским концерном «НО-ТАВ» проектирует и производит перспективное оборудование по сжиганию древесных отходов. Освоено производство топков мощностью 0,5...10 МВт для перевода котлов типа ДКВР и других на сжигание древесных отходов. Топки работают на измельченных древесных отходах с влажностью до 60 %.

Древесные отходы, попадая в топку, проходят три зоны. В первой зоне происходит интенсивная сушка топлива. Во второй – выделяются летучие газы и происходит частичное горение. В третьей зоне завершается процесс сжигания топлива и происходит накопление и удаление золы. Во все зоны подается соответствующее количество воздуха, необходимое для выделения летучих и полного сжигания газа. Подача воздуха регулируется с помощью автоматики. Избыток воздуха в топке равен 1,1...1,2. Более экологически чистое горение топлива получается потому, что над слоем топлива горит газ. Продукты горения с температурой 800...1000 °С направляются в котел. Топка может устанавливаться как на фронте котла, так и под ним. Для очистки дымовых газов за котлоагрегатом устанавливается мультициклон. При переходе работы котла с мазута на древесные отходы уменьшаются вредные выбросы в окружающую среду. Основным недостатком этого оборудования является высокая стоимость.

АО «Белкотлопром» выпускает водогрейные котлы типа КВТ для сжигания различных

твердых топлив тепловой мощностью 0,3... 3,0 Гкал/ч. В топке таких котлов можно сжигать древесные отходы в виде щепы, опилок, отходов лесозаготовительного производства. Мелкое топливо в них из загрузочного люка при помощи шнека подается в камеру сгорания, где оно в основном сгорает на решетке. Несгоревшие продукты далее поступают в камеру догорания. Дымовые газы из котла поступают в мультициклон, где они очищаются и с помощью дымососа подаются в дымовую трубу. Основные технические характеристики котлов типа КВТ приведены в табл. 4.

СООО «Комконт» (г. Гомель) разработало котлы «Компакт» с топками для сжигания древесных отходов, в том числе естественной влажности (рис. 5).

Преимущества котельного оборудования, выпускаемого СООО «Комконт», следующие:

- топка футерована жаростойким бетоном, в результате чего срок эксплуатации установ-

ки увеличивается, а также существует возможность быстрого изменения нагрузки котла;

- подвижная колосниковая решетка изготовлена с 3%-м добавлением хрома, что позволяет увеличить срок эксплуатации при больших температурах, а также полностью сжигать древесные отходы различных фракций с большой влажностью;

- многоциклонный дымофильтр улавливает вредные частицы газов, находящиеся во взвешенном состоянии. Это позволяет добиться минимальных выбросов в атмосферу, соответствующих европейским экологическим нормам;

- многоступенчатая система управления и контроля позволяет работать установке в полностью автоматическом режиме КПД до 86 %;

- применяемая система транспортировки топлива позволяет использовать различные виды топлива, вплоть до кусковых отходов;

- установка оснащается импортными комплектующими (гидравлика, автоматика и др.);

Таблица 4

Технические характеристики котла «Компакт»

Тип: «Компакт»	160	200	250	300	350	400	450	500
Термомощность, кВт	1600	2000	2500	3000	3500	4000	4500	5000
КПД сгорания, %	83	83	83	83	84	84	84	84
Мощность топки, кВт	1930	2410	3010	3620	4170	4760	5360	5950
Нормальный расход газов, Н · м ³ /ч	3900	4900	6200	7400	8600	9800	11000	12200
Объем сжигания, м ³	8,2	8,2	11,6	11,6	16,7	16,7	21,1	21,1
Площадь решетки, м ²	3,3	3,3	4,8	4,8	6,1	6,1	8,2	8,2
Потребление древесины естественной влажности (2300 кВт·ч/т, Н = 45 %), кг/ч	840	1050	1310	1570	1810	2070	2330	2590
Потребление сухих отходов (3700 кВт·ч/т, Н = 25 %), кг/ч	520	650	810	980	1130	1290	1480	1610
Площадь котельной, м ²	91	107	114	133	175	195	245	270
Максимальное рабочее давление, бар	4	4	4	4	4	4	4	4
Потеря воды, мм СЕ	400	400	400	500	500	500	500	500
Максимальная электро-мощность, кВт	25	30	35	45	55	60	70	75
Вес котла + инжектор, кг	22500	24500	32500	34500	45000	47000	54000	56000
Вместимость воды, л	5050	4800	7000	7000	9000	9000	12000	12000

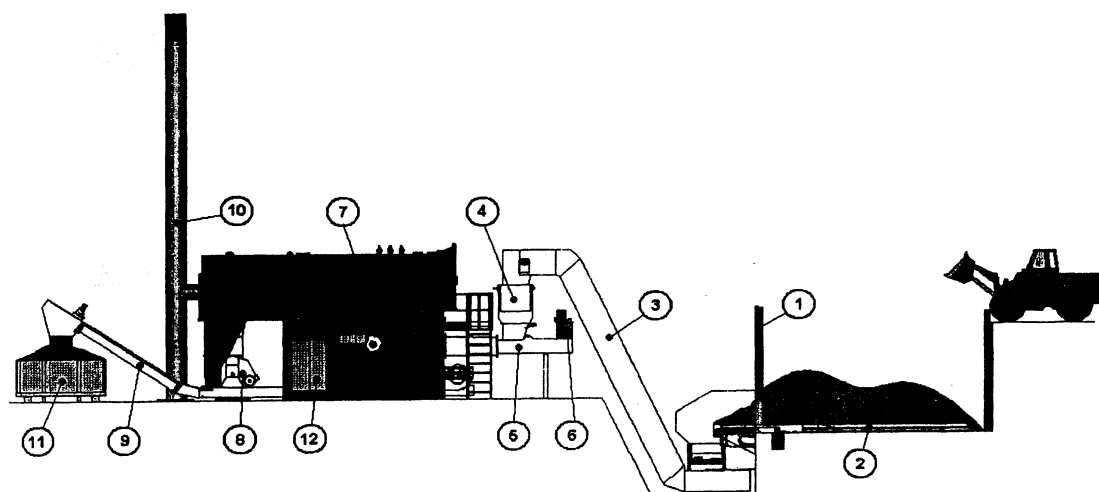


Рис. 5. Котельное оборудование СООО «Комконт»: 1 – накопитель; 2 – скребковый экстрактор; 3 – транспортер подачи; 4 – приемный бункер; 5 – гидротолкатель; 6 – гидростанция; 7 – котел типа «Компакт»; 8 – дымосос; 9 – транспортер удаления золы; 10 – дымовая труба; 11 – удаление золы; 12 – шкаф управления

• СООО «Комконт» осуществляет разработку и привязку котельной к существующим условиям, производит транспортировку, монтаж и запуск котельной установки, обучает обслуживающий персонал, проводит гарантийное и сервисное обслуживание.

Таким образом, в Беларуси выпускаются все технические средства, необходимые для заготовки топлива из древесных отходов и получения из него энергии. Выбор конкретных машин и оборудования зависит от объемов отапливаемых помещений, фракционного состава топлива, удаленности сырьевой топливной базы от энергетических установок и т. д.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вавилов А. В. Биомасса должна стать доступным и стабильным топливом // Энергоэффективность. – 2000. – № 2. – С. 13.
2. Вавилов А. В., Пашковский М. Н. Малая энергетика на древесных отходах // Финансы, учет, аудит. – 1998. – № 2. – С. 9–10.
3. Малая энергетика на биомассе как один из путей решения энергетической проблемы Беларуси / А. В. Вавилов, Г. И. Жихар, Л. П. Падалко и др. // Энергетические проблемы и пути их решения в интересах населения Белоруссии и стран мира: Материалы конгресса / Международная академия экологии. – Мн., 1999. – С. 57.
4. Вавилов А. В. Проблемы использования неликвидной древесины как нетрадиционного и возобновляемого источника энергии в Республики Беларусь // Ресурсосберегающие и экологически чистые технологии. – Гродно, 1997. – Ч. 1. – С. 220–221.