

Общество с ограниченной ответственностью Агентство «ЯроМакс» / РФ, 119270, Москва, Комсомольский проспект, дом 45, офис 42  
Телефон: (+7.495) 609.10.11, 609.10.12, 609.10.13 / Факс: (+7.499) 766.82.32 / E-mail: info@jaromax.ru / Internet: www.jaromax.ru  
Генеральный директор: Данилов Владимир Владимирович

## Энергообеспечение деревообрабатывающего предприятия с использованием возобновляемых источников энергии Простые решения сложных задач

Автор: Буданов Виталий Викторович

г. Санкт-Петербург, 18.03.2009 г.

Уважаемые коллеги!

Позвольте поприветствовать от имени Агентства «ЯроМакс» участников 12-й Международной научно-практической конференции «Древесные плиты: теория и практика», проходящей в Санкт-Петербургской Государственной Лесотехнической Академии.

Электрическая и тепловая энергия в современном мире необходимы всем. Истощение сырьевых запасов, экологические проблемы и удорожание традиционного органического топлива всё острее ставят вопрос поиска новых технологий энергосбережения и использования возобновляемых энергоносителей. Применение биотоплива для генерации тепловой и электрической энергии позволяет, с одной стороны, снизить выбросы вредных веществ в атмосферу и уменьшить объемы неликвидной биомассы, представляющей угрозу для экологии, а с другой, снизить себестоимость энергии за счет использования дешевого местного топлива. По подсчетам специалистов, если ежегодно вырабатывать на основе возобновляемых источников и местных энергоресурсов не менее 42 млн. т.у.т. энергии, это обеспечит экономию в 34 млрд. куб.м. природного газа. И все предпосылки для такого увеличения масштабов использования торфа, биомассы, энергии ветра и других возобновляемых источников энергии в России есть.

### Стратегическая привлекательность

Правительство России рассматривает задачу использования возобновляемых источников энергии как одно из важнейших направлений развития электроэнергетики и предпринимает конкретные шаги в данном направлении.

\* В принятых «Основных направлениях государственной политики в сфере повышения энергетической эффективности электроэнергетики на основе использования возобновляемых источников энергии на период до 2020 года» устанавливаются следующие значения целевых показателей объема производства и потребления электрической энергии с использованием возобновляемых источников энергии (кроме гидроэлектростанций установленной мощностью более 25 МВт):

- в 2010 году - 1,5%
- в 2015 году - 2,5%
- в 2020 году - 4,5% от общего объема производства и потребления электроэнергии в России

\* По поручению Президента Российской Федерации от 4 марта 2008 г. при Всероссийском институте механизации сельского хозяйства в августе 2008 года создан Центр развития биоэнергетики с целью организации комплексного научного, технологического и технического обеспечения и развития биоэнергетики РФ.

\* В январе 2009 года комиссия Совета Федерации по естественным монополиям совместно с российским Союзом промышленников и предпринимателей провели Круглый стол на тему «О возобновляемых источниках энергии», участники которого приняли решение создать в России «Ассоциацию возобновляемой энергетики» с участием представителей органов власти, бизнеса и науки как площадку для обсуждения и выработки концепции развития энергетики с использованием возобновляемых источников энергии.

Развитие электроэнергетики, направленное на увеличение использования возобновляемых источников энергии, позволит повысить энергоустойчивость многих регионов России. При этом использование древесных отходов производства для выработки электрической и тепловой энергии станет одной из важнейших задач для предприятий лесного комплекса.

**В настоящее время при создании автономных энергетических систем на деревообрабатывающих предприятиях наиболее оптимальным вариантом по экономичности, надежности и технико-экономическим показателям представляется комплексное решение задачи совместного получения тепловой и электрической энергии с использованием в качестве основного топлива древесных отходов производства.**

Использование в качестве топлива отходов деревообрабатывающих производств позволяет получать тепло и электроэнергию в 1,5-2 раза дешевле, чем покупка его у централизованных генерирующих компаний. Этот вопрос приобретает особую актуальность в условиях стремительно растущих цен на энергоносители. Так, цены на газ поднялись до 3000 рублей за 1000 м<sup>3</sup>, на мазут – до 11000 рублей за тонну, а в некоторых регионах еще и выше. При этом на предприятиях лесного комплекса остается значительное количество древесных отходов, требующих утилизации, а стоимость её также велика.

## Экономическая привлекательность

Эффективность использования древесных отходов в качестве топлива можно увидеть из нижеследующей таблицы.

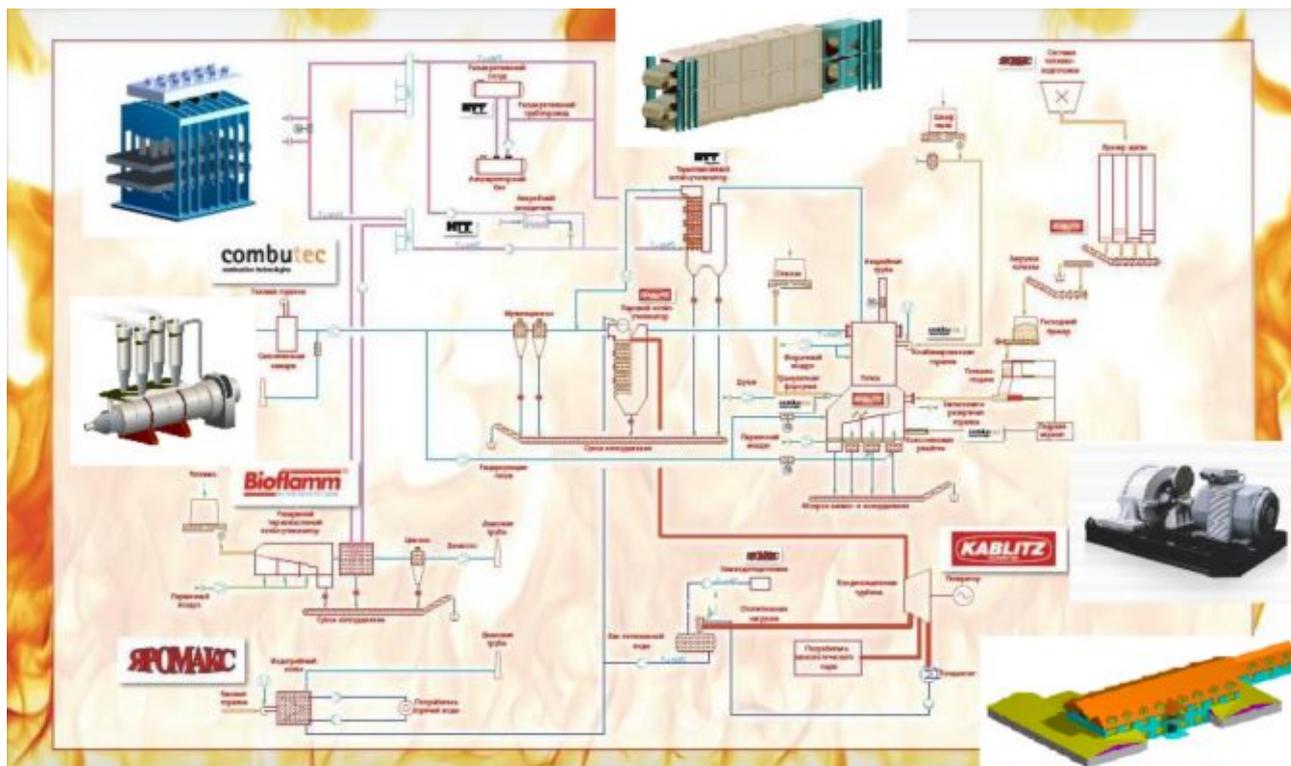
Энергоноситель	Условные единицы (у.е.)	Цена за 1 у.е. (с доставкой)	Средняя энергетическая ценность 1 у.е.	КПД котла (теплогенератора)	Расход энергоносителя на 1 Гкал/ч	Удельная себестоимость 1 Гкал/ч
Электричество	кВт/ч	2,00 руб.	860,00 ккал	99,00%	1.174,54 у.е.	<b>2.349,07 руб.</b>
Дизельное топливо	л	20,00 руб.	10.000,00 ккал	95,00%	105,26 у.е.	<b>2.105,26 руб.</b>
Топочный мазут	кг	10,00 руб.	9.600,00 ккал	85,00%	122,55 у.е.	<b>1.225,49 руб.</b>
Подготовленные дрова	кг	2,00 руб.	2.500,00 ккал	75,00%	533,33 у.е.	<b>1.066,67 руб.</b>
Топливные гранулы	кг	3,50 руб.	4.300,00 ккал	90,00%	258,40 у.е.	<b>904,39 руб.</b>
Топочный уголь	кг	1,90 руб.	4.500,00 ккал	75,00%	296,30 у.е.	<b>562,96 руб.</b>
Природный газ	куб.м	2,50 руб.	9.000,00 ккал	95,00%	116,96 у.е.	<b>292,40 руб.</b>
Древесные отходы	куб.м	50,00 руб.	500.000,00 ккал	80,00%	2,50 у.е.	<b>125,00 руб.</b>

Из таблицы видно, что единица тепла при работе на древесных отходах в 0,75 раза дешевле, чем при работе на природном газе, в 4 раза дешевле, чем при сжигании угля, в 6 раз по сравнению с мазутом, в 15 раз по сравнению с дизтопливом и, наконец, в 19 раз дешевле, чем при использовании электричества. Другими словами, у лесобумажных и деревообрабатывающих предприятий имеется уникальная возможность не только сэкономить на вывозе безвозвратных отходов производства и параллельно внести свою лепту в дело защиты окружающей среды от загрязнения, но и обеспечить свое энергопотребление полностью за счет использования дешевого местного топлива.

## Экологическая и функциональная привлекательность

В отношении выделения CO<sub>2</sub> древесина (в отличие от ископаемых энергоносителей: природного газа, продуктов нефтепереработки, угля и др.) является нейтральным топливом. Это означает, что при ее сжигании в атмосферу выделяется только такое количество углекислого газа, которое было поглощено из нее растущим деревом в процессе фотосинтеза, т.е. использование древесного топлива в качестве источника энергии является с точки зрения экологии самым предпочтительным.

На представленной функциональной схеме наглядно показано, как с использованием последних достижений в области термической утилизации биомасс просто решить задачу теплоэнергообеспечения современного деревообрабатывающего предприятия. В данной случае предлагается комплексная энергетическая установка, построенная на базе единой топочной системы и резервного котла.



В качестве основных потребителей тепла на современном плитном производстве рассмотрим следующие:

- Сушилка стружки с использованием горячих газов
- Многоярусный или непрерывный пресс с использованием высокотемпературного органического теплоносителя
- Пресс ламинирования также с использованием ВОТ
- Турбина для получения электроэнергии с использованием водяного пара или органической жидкости в паровой фазе
- Система отопления с использованием горячей воды или пара
- Система горячего водоснабжения

## Инвестиционная привлекательность

В прежние времена задача по обеспечению тепловой и электрической энергией решалась нерационально. Предприятия покупали тепло и электроэнергию от централизованных генерирующих предприятий или строили собственные котельные с разными теплоносителями: отдельно паровую, отдельно водогрейную и отдельно термомасляную установку.

Современные технологии позволяют сжигать топливо в единой топке и получать при этом тепловую и электрическую энергию с использованием сразу нескольких теплоносителей. На схеме видно, что в одной топочной системе можно получить топочные газы с температурой до 1000°C, применяя различные технологии сжигания для разных фракций древесных отходов:

- ⇒ Кусковые отходы подаются из расходного бункера и сжигаются на подвижной колосниковой решетке
- ⇒ Опилки и отсев вдуваются через инжекторную форсунку и сжигаются над колосниковой решеткой в зоне дожигания
- ⇒ Пылевидная фракция сжигается в отдельной топке с использованием специальной комбинированной горелки
- ⇒ Дополнительно либо в качестве резервного топлива можно использовать традиционные виды топлива (природный газ или продукты нефтепереработки)

## Технологическая привлекательность

Полученные при сжигании топочные газы с помощью дымососов направляются по двум газоходам в лучистые и конвективные части двух разных котлосистем. В одной котлосистеме в качестве теплоносителя используется термомасло (высокотемпературный органический теплоноситель). Нагретое до 300°C, теплоносящее масло направляется на теплообеспечение термомаслянных потребителей. В конкретном случае это пресса. В другой котлосистеме производится перегретый водяной пар, который направляется в паровую турбину с частичным отбором пара. Генератор паровой турбины вырабатывает необходимое количество электроэнергии, а часть не полностью обработанного пара с более низкими параметрами направляется другим потребителям, в т.ч. для обеспечения отопительной нагрузки.

Дополнительно горячие топочные газы с помощью отдельного дымососа направляются по третьему газоходу в смесительную камеру. Отработавшие газы после котлов-утилизаторов также направляются в смесительную камеру, в которой предусмотрена возможность подмеса холодного воздуха для регулирования температуры сушильного агента.

Далее газы поступают непосредственно в сушилку. В нашем конкретном случае в барабанную сушилку стружки на производстве ДСП. При необходимости газы предварительно очищаются в специальных жаро- и износостойких мультициклонах. Для обеспечения пиковой тепловой нагрузки предусмотрена дополнительная газовая горелка, установленная перед сушилкой в смесительной камере.

Для резервирования отопительной или технологической нагрузки можно применить резервный котел-утилизатор на древесных отходах с выработкой тепла в виде горячей воды, пара или термомасла. Альтернативно можно применить водогрейный, паровой или маслогрейный котел на газу или мазуте, подключив его в общую схему отопления. Топочные газы от резервного котла также направляются в смесительную камеру технологической сушилки.

Выработка электроэнергии осуществляется по классической паровой технологии с использованием отходов деревообработки в качестве топлива. В паровом котле-утилизаторе получаем перегретый водяной пар с высокими параметрами (например, с температурой 420°C и с давлением 30 бар) и направляем его в паровую турбину с несколькими ступенями отбора пара, которая соединена с генератором для выработки электрической энергии. Часть не полностью обработанного пара после турбины используется для теплообеспечения предприятия. При этом достигается максимальный КПД по использованию исходного топлива (до 85% по совокупности электроэнергия / тепло).

Вместо водяного пара для выработки электроэнергии можно использовать высокотемпературный органический теплоноситель по технологии ORC (ОЦР), также в паровой фазе. Технология ORC / ОЦР (Organic Rankine Cycle / Органический Цикл Ренкина), используемая при производстве электроэнергии отличается от традиционной технологии тем, что вместо воды в ней используется органическое рабочее тело с благоприятными термодинамическими характеристиками. Это позволяет осуществлять эксплуатацию оборудования с относительно низкой рабочей температурой (от 70°C до 340°C).

В установке ORC-ОЦР имеет место процесс с полностью замкнутым циклом, при котором в качестве рабочего тела используется кремниевое (силиконовое) масло. Органическое рабочее тело под давлением испаряется, подвергается частичному перегреву теплоносящим маслом и затем, расширяясь, вращает осевую турбину, которая через эластичную муфту соединена с асинхронным генератором. Далее кремниевое (силиконовое) масло проходит через регенератор, в котором происходит подогрев рабочей жидкости, подающейся в испаритель, после чего оно конденсируется, охлаждаясь водой, в отдельном теплообменнике (конденсаторе) и с помощью насоса вновь поступает в испаритель. Таким образом завершается полный цикл.

Преимущества технологии ORC-ОЦР заключаются в следующем:

- ✓ Высокий КПД турбин (до 85%)
- ✓ Низкие механические нагрузки в турбине благодаря малой скорости вращения
- ✓ Малая скорость турбины позволяет иметь прямую механическую связь с электрогенератором без понижающего редуктора
- ✓ Нет эрозии лопаток благодаря отсутствию влажности в паровых соплах
- ✓ Очень высокая работоспособность (свыше 50.000 часов без остановок)
- ✓ Большой срок службы
- ✓ Полностью автоматическая работа без присутствия оператора
- ✓ Турбины могут обслуживаться обычным теплотехником

Естественно, на примере только одной схемы невозможно рассмотреть все возможные варианты комплексного теплоэнерго-беспечения различных предприятий. Но такая задача и не ставилась. На примере этой схемы мы только хотели показать, что подобные вопросы успешно решаются, и современные полностью автоматизированные системы позволяют надежно управлять всеми технологическими процессами при выработке тепловой и электрической энергии.

### Эксплуатационная привлекательность

Эффективно использовать отходы деревообработки методом сжигания в единой топке с одновременной выработкой тепловой и электрической энергии позволяют современные топочные системы.

На нижеследующей схеме представлена топочная система для утилизации проблемного древесного лома. Новейшие установки оснащаются запатентованной Турбосистемой КАБЛИЦ, которая обеспечивает невероятно низкое содержание оксида углерода в отработавших газах. Особенно это заметно при работе котла с малой нагрузкой.

Турбосистема КАБЛИЦ представляет собой колосниковую топку в сочетании с расположенной над ней большой камерой дожигания цилиндрической формы, в которой топочные газы перемешиваются с дутьевым воздухом и с частично рециркулированными отработавшими газами в пропорции, необходимой для конкретного эксплуатационного режима. Специальная воздушная камера создает вдоль наклонной оси камеры дожигания завихрение и придает газозвушной смеси турбулентное ускорение. На выходе из камеры дожигания скорость газов резко замедляется, чем обеспечивается более продолжительное время термического воздействия на летучие органические соединения.

Такая конструкция гарантирует максимальное дожигание летучих частиц и большой запас по предельно допустимым концентрациям загрязняющих веществ:

Оксиды углерода	до 10 мг/м <sup>3</sup>
Массовая доля несвязанного углерода	до 2% от исходного содержания
Оксиды и диоксиды азота	до 200 мг/м <sup>3</sup>
Массовая доля несвязанного азота	до 0,5% от исходного содержания

В качестве топлива для таких топочных систем можно использовать все известные виды древесных отходов:

- = Корни, комли, сучки, ветки, вершинки, кора
- = Прочие древесные отходы от лесозаготовки
- = Отходы от раскряжёвки стволов деревьев
- = Влажная щепа, обрезки, опилки, стружка
- = Прочие древесные отходы от лесопиления
- = Сырая кора, карандаши, дроблёнка
- = Шпон-рванина, древесная шлифпыль
- = Прочие древесные отходы фанерного производства
- = Сухая и влажная кора, щепа, опилки, гранулят
- = Отходы от раскроя плит ДСП, ДВП, ЦСП, MDF, OSB
- = Отсев, пусковое волокно, шлифовальная пыль
- = Прочие отходы древесноплитного производства
- = Обрезки от облицованных и крашенных плит
- = Остатки кромочного пластика, ламинатов и плёнок
- = Прочие отходы мебельного производства

Кроме вышеперечисленных отходов деревообработки в качестве топлива для современных топок можно использовать различные сельскохозяйственные отходы, а также альтернативные виды биогенного топлива, например: сортированный мусор, утиль, вторсырьё, топливные суррогаты (скоп, флаф, пеллеты), оконные рамы, дверные блоки, старую мебель, древесный лом, старогонные шпалы, столбы, матчи, макулатуру, тряпье, упаковочные материалы, осадки сточных вод, шламы, продукты вспенивания и прочие промышленные отходы. Но это уже тема для отдельного разговора.

## Техническая привлекательность

Сжигать все эти виды биогенного и отчасти антропогенного топлива, в т.ч. с минимальной подготовкой исходного сырья, позволяют колосниковые топki КАБЛИЦ с механическими (подвижными) решетками плоской или наклонной конструкции, имеющими воздушное или водяное охлаждение.

Стандартные переталкивающие колосниковые решётки КАБЛИЦ с переменным секционным приводом и интенсивным воздушным охлаждением имеют наклонное исполнение и могут работать в широком диапазоне размеров и влажности топлива. Колосниковые решетки этой конструкции характеризуются высокой шуровочной способностью, а также возможностью настройки на различные режимы работы котла. Это достигается за счёт ступенчатого секционного расположения и движения колосников. Привод колосниковых полотен осуществляется гидравлическим способом.

Для работы с очень мелкой фракцией применяются колосниковые решетки беспровального типа с механическим забрасывателем твердотопливной смеси. Топки такой конструкции особенно эффективны при работе с высококалорийными, спекающимися видами твердого топлива, влажность которых не превышает 20-25%. А для сжигания сырого топлива, в котором массовая доля воды порой достигает 65%, применяются колосниковые решетки ворошильного типа. Благодаря особой конструкции колосников и секционному регулированию процесса горения обеспечивается полное сгорание самых проблемных видов топлива.

При работе с длинномерами и крупнокусковой фракцией за переталкивающей колосниковой решёткой могут устанавливаться откидные колосниковые решётки или специальные решётки дожигания для полной утилизации топливного углерода и повышения общего КПД установки.

Требования к современным колосниковым решёткам:

1. Широкий диапазон применения
2. Невосприимчивость к колебаниям нагрузок и топливной кондиции
3. Изменяющаяся скорость переталкивания отдельных колосниковых секций
4. Эффективная шуровка топлива в процессе переталкивания
5. Регулируемая по зонам подача топчного воздуха (допустимая температура нижнего дутья до 250°C)
6. Быстрая сквозная вспышка по всему слою топлива
7. Оптимальная настройка на различные режимы работы благодаря высокой шуровочной способности
8. Высокий коэффициент полезного действия
9. Максимальное дожигание топлива
10. Высокая эксплуатационная готовность
11. Минимальная потребность в обслуживании
12. Большая продолжительность безостановочной работы
13. Длительная наработка на отказ
14. Повышенная износостойкость и большой срок службы
15. Минимальное энергопотребление
16. Прочность конструкции
17. Максимальная заводская сборка отдельных модулей для простого и быстрого монтажа

Однако, понятие «Древесные отходы» не должно восприниматься как нечто ненужное. К отходам необходимо относиться также бережно, как и к любому другому энергоносителю. При этом следует принимать все возможные меры для экономного расходования драгоценного древесного топлива. Так, оптимального использования энергии древесины можно добиться за счет экономии топлива путем рекуперации тепла отработавших газов, например на подогрев дутьевого воздуха с помощью стальных пластинчатых теплообменников КАБЛИЦ с ребристыми поверхностями нагрева.

## Заключительное слово

В завершение нашего доклада остается только повторить, что термическая утилизация отходов производства способна решить целый ряд задач, стоящих перед предприятием: задач по энергоснабжению, экологических, экономических, технологических и других. А при комплексном подходе к этому вопросу открываются всё новые и новые перспективы.

Благодарим за внимание.

Буданов В.В.

ООО Агентство «ЯроМакс»