# ТЕМА

# Энергия биомассы

Введение

Биомасса представляет собой древнейший источник энергии, однако её использование до недавнего времени сводилось к прямому сжиганию либо в открытых очагах, либо в печах и топках, но также с весьма низким КПД. В последнее время внимание к эффективному энергетическому использованию биомассы существенно повысилось, причем в пользу этого появились и новые аргументы:

использование растительной биомассы при условии её непрерывного восстановления (например, новые лесные посадки после вырубки леса) не приводит к увеличению концентрации СО2 в атмосфере;

в промышленно развитых странах в последние годы появились излишки обрабатываемой земли, которую целесообразно использовать под энергетические плантации;

энергетическое использование отходов (сельскохозяйственных, промышленных и бытовых) решает также экологические проблемы;

вновь созданные технологии позволяют использовать биомассу значительно более эффективно.

Потенциал биомассы, пригодный для энергетического использования в большинстве стран достаточно велик, и его эффективному использованию уделяется значительное внимание.

В США в 1990 г. благодаря использованию биомассы было произведено 31 млрд. кВт\*ч электроэнергии, кроме того, за счет твердых бытовых отходов (ТБО) еще 10 млрд. кВт\*ч. На 2010 г. планируется выработать соответственно 59 и 54 млрд. кВт\*ч. Оценка технического потенциала различных видов биомассы, выполненная в Германии, дает: остатки лесной и деревоперерабатывающей промышленности - 142 млн. ГДж/год; солома - 104 млн. ГДж/год; биогаз - 81 млн. ГДж/год.

Особенно остра проблема эффективного использования биомассы для развивающихся стран, прежде всего для тех, у которых биомасса является единственным доступным источником энергии. Здесь в основном речь идет о рациональном использовании древесины и различных сельскохозяйственных и бытовых отходов. Известно, что сегодня население некоторых стран, прежде всего Африки, вырубает леса на дрова для приготовления пищи, и что этот процесс обезлесевания представляет собой угрозу как местному, так и глобальному климату. Используемые сегодня дровяные очаги для приготовления пищи имеют КПД 14-15%. Применяя более совершенные устройства, этот КПД легко повысить до 35- 50%, т.е. сократить потребность в исходном топливе более чем в 3 раза. Хорошо известна программа Бразилии, посвященная получению из отходов сахарного тростника метанола, применяемого как моторное топливо для автотранспорта. Однако этот пример интересен только для стран с соответствующим климатом.

Большое распространение в некоторых странах (Китай, Индия и др.) получили малые установки, утилизирующие отходы для одной семьи. В этих установках, число которых исчисляет миллионами, в результате анаэробного сбраживания производится биогаз, используемый для бытовых нужд. Эти установки весьма просты, но не очень совершенны. Для больших ферм со значительным количеством отходов создаются более эффективные биогазовые установки.

#### пиролизный установка биогаз отходы переработка

#### 1. Технология термоудара

### Пиролизная установка по переработке органических веществ и смесей по технологии термоудара с получением пиролизного газа, горючей жидкости и углеподобного остатка

Пиролизная установка предназначена для переработки органических отходов/веществ с целью обеспечения различными видами энергии предприятий промышленности и сельского хозяйства, фермерских хозяйств, частных домов. Установка позволяет перерабатывать практические любые органические вещества, как-то:

· древесные отходы, отходы сельскохозяйственного производства, твердые бытовые отходы;

· органические полезные ископаемые (угли, торф), которые не используются вследствие низкой калорийности;

· полимерные материалы;

· тяжелую нефть и отходы переработки нефти (битумы, асфальтены) и т.д.

Установка модифицируется для каждого вида сырья. В зависимости от специфики перерабатываемого материала возможны некоторые изменения в схеме. Так, например, в случае переработки термопластичных полимеров не будет узлов, связанных с углеподобным остатком. Технология термоудара (высокоскоростного пиролиза), лежащая в основе настоящей пиролизной установки, относится к области переработки органических веществ, в том числе полимеров и полимерных композиций, в частности, к технике переработки древесины, продуктов растениеводства, органосодержащих полезных ископаемых, а также промышленных и бытовых отходов, содержащих органические составляющие и может найти применение в химической, лесо- и нефтеперерабатывающей отрасли, теплоэергетике и других отраслях промышленности. Технология термоудара запатентована.

Сущность термоудара в мгновенном (со скоростью порядка 104 град/сек) нагреве вещества до границ его существования в конденсированной фазе. При этом происходят следующие процессы:

· "взрывное" вскипание: переход низкомолекулярных жидкостей, в т.ч. и воды, в газообразное состояние;

· газификация вследствие высокоскоростного пиролиза высоко - молекулярных соединений с образованием газовой фазы пиролизного газа.

При приближении параметров перерабатываемого вещества к параметрам границы существования его в конденсированной фазе межмолекулярное взаимодействие становится пренебрежимо малым. Газовая фаза образуется с существенным изменением энергетической составляющей процесса. Например, вода при "взрывном" высокотемпературном пиролизном вскипании переходит в газовую фазу без поглощения и выделения энергии.

Метод термоудара может лежать в основе как собственно процесса, например, при переработке древесины, так и использоваться в качестве конкретной стадии, например, при переработке несортированных твердых бытовых отходов, где термоудар используется для отделения органической части от неорганической.

Основные преимущества технологии ТЕРМОУДАРА:

· получение пара практически без затраты скрытой теплоты испарения;

· выделение пара на первом этапе процесса, что дает возможность отвода пара к потребителю, в отличие от других известных способов, при которых пар не используется, а выбрасывается в атмосферу,

· отсутствие этапа сушки сырья, используемого в других технологиях (экономия энергии до 30%).

Этапы работы установки:

этап: ЗАГРУЗКА СЫРЬЯ В БУНКЕР

этап: СУШКА (получение водяного пара)

На первом этапе из сырья выделяют воду (в зависимости от того, каково ее содержание в исходном веществе, процент варьируется в диапазоне от 10 до 60).

этап: ПИРОЛИЗ (получение пиролизного газа и углеподобного остатка)

При последующей газификации сырья получаются: 90% пиролизного газа, 10% углеподобного остатка.

этап: КОНДЕНСАЦИЯ ЧАСТИ ПИРОЛИЗНОГО ГАЗА В ГОРЮЧУЮ ЖИДКОСТЬ

Примерно 40% пиролизного газа может быть конденсировано в горючую жидкость.

Технические характеристики установки

Габариты основного блока установки: 2мХ2мХ2м. Габариты установки зависят от ее производительности, а также от набора дополнительных устройств (блока загрузки, блока конденсации, электрического блока и т.д.)

Масса установки: около 1 тонны.

Производительность: базовая модель рассчитана на переработку 2 тонн сырья в сутки. Производительность установки может быть увеличена.

Площадь технического помещения: 25 м2. Под хранилище сырья необходимо отвести отдельное помещение (техническое помещение должно быть изолировано от хранилища сырья не менее чем 3-х метровой буферной зоной, если оба помещения находятся в одном здании и на одном этаже).

Расход электроэнергии (до момента выхода на режим автономного обеспечения) - 3 КВт/час.

Время выхода на автономный режим - 1 час.

Установка потребляет около 15% всей вырабатываемой энергии. Кроме того, установка может быть модифицирована для работы на других видах топлива (бензин, солярка, природный газ, уголь и т.д.)

Нет необходимости оборудовать техническое помещение вытяжкой, поскольку пиролизный процесс проходит в вакууме.

Объем бункера загрузки: 0,5 м3 - 1 м3, время работы (одна загрузка) 5-10 часов.

Экономические преимущества установки:

Установка перерабатывает органические вещества, имеющие чрезвычайно низкую себестоимость. Утилизация некоторых из них (например, твердых бытовых отходов) обычными способами требует дополнительных капитальных затрат. Использование установки дает возможность не только исключить подобные затраты, но и получить прибыль от переработки.

Энергетически установка работает автономно, используя вырабатываемую энергию (за исключением начальной непродолжительной стадии, когда необходим подвод энергии извне).

Установка мобильна и проста в эксплуатации. Она может быть смонтирована как на удалении от источника сырья, так и в непосредственной близости от него.

Работой одной или даже нескольких установок управляют только два человека в смену.

Производительность установки варьируется, исходя из объемов органических веществ, имеющихся в наличии для переработки, а также из количества блоков в модуле.

Технологическая и энергетическая эффективность:

Процесс отличается высокой технологической и энергетической эффективностью и дает экономию тепловой энергии до 30% по сравнению с лучшими традиционными способами сушки и газификации.

Экологический аспект работы установки

Пиролизная установка позволяет перерабатывать органические вещества, традиционные способы утилизации которых наносят вред экологии.

Так, например, твердые бытовые отходы просто сжигают, в результате чего в атмосферу выделяются вредные вещества. Пиролизная установка полностью это исключает. Переработка по технологии ТЕРМОУДАРА приводит к уменьшению первоначального объема вещества в 10 и более раз, что позволяет значительно сократить расходы по захоронению ТБО на полигонах.

Использование полезных продуктов пиролиза (водяного пара и пиролизного газа) безопасно для окружающей среды.

Технология ТЕРМОУДАРА является экологически чистой и безопасной.

### . Пиролизная установка по переработке угля

Установка для переработки угля предназначена для получения максимального количества газа и пара из "бедных углей". Оставшийся неорганический остаток в дальнейшем может быть использован для технических нужд. При дальнейшей конденсации газа возможно получение жидкого котельного топлива. Жидкое топливо может модифицироваться с целью получения других видов топлива, например, топлива для двигателей внутреннего сгорания. Все данные, изложенные ниже, рассчитаны на уголь, взятый из подмосковного угольного разреза ("подмосковный курной уголь"), исходя из минимальной производительности установки 2 т/сут.

Характеристики установки:

. Температура получаемого пара,С - 320-350; Давление, атм - 1,5 - 2

Количество пара близко к содержанию влаги в угле, определяемого из лабораторных испытаний (ошибка не выше 2%)

. Содержание газовой фракции, % - 50

конденсата, % от газовой фракции - 30

. Содержание неорганического остатка, % - 49

. Калорийность газа, ккал/кг - 6300

жидкости, ккал/кг - 6500

твердого неорганического остатка, ккал/кг - 1300

. Затраты энергии на установку - 10%

Первичный запуск производится в течение 10-15 мин. от электросети или за счет других источников энергии. 6. Габариты установки, мхмхм - 2х2х3

Возможности использования получаемых продуктов:

. Пар после модификации используется в водяной (газовой) теплоцентрали используется для получения электричества мощностью от 10 кВт

. Топливо целесообразно использовать для сжигания в газовой фазе для получения электричества - от 10 кВт

. Жидкая фаза может использоваться как добавка к моторному топливу.

. Жидкая и газообразная фракции могут использоваться как котельное топливо.

. Твердый остаток после модификации (опция) может использоваться для получения строительных материалов или бытовой керамики

. Срок службы установки- 15 - 20 лет

. Установка автоматическая, поэтому несколько установок может обслуживаться одним оператором в смену.

Экономический расчет:

· Из 2000 кг угля получается

· 550 кг пара стоимостью 2,5 руб/кг (2,5 руб/кг х 550 кг = 1375 руб)

· 1000 кг топлива стоимостью 6 руб/кг (6 руб/кг х 1000 кг = 6000 руб)

· 450 кг твердого остатка стоимостью 3,4 руб/кг (3,4 руб/кг х 450 кг = 1530 руб)

· Общая стоимость продуктов: 8905 руб

· Затраты:

· затраты энергии на установку: 0,1 х 8905 руб = 891 руб

· стоимость угля 0,273 руб/кг х 2000кг = 546 руб

· зарплата 3-х операторов 1284 руб

· тех. обслуживание 285 руб

· Итого затраты: 3006руб/сут

· Таким образом, прибыль = 5899 руб/сут = 172евро/сут.

· Прибыль за год 56760 евро

· Оперативная цена 149900 евро(Расчет в рублях по курсу ЦБ на день продажи)

· Окупаемость - 2,6 года

· При росте стоимости энергоносителей на 40% в год сроки окупаемости могут

· существенно снизиться и будут меньше 2 лет.

· Срок производства - 24 недели.

### 3. Установка по переработке отходов древесины и продуктов сельского хозяйства

Установка предназначена для получения максимального количества газа и пара из древесины и отходов сельского хозяйства. Она может быть использована для переработки специально выращенной древесины и продуктов сельскохозяйственного производства. Оставшийся неорганический остаток может быть использован для получения топливных брикетов. При дальнейшей конденсации газа возможно получение жидкого котельного топлива. Жидкое топливо может быть модифицировано с целью получения других видов топлива, например, топлива для двигателей внутреннего сгорания. Данные, изложенные ниже, рассчитаны исходя из минимальной производительности установки 2т/сут. Количество пара близко к содержанию влаги в древесине, которое колеблется от 10% до 60%.

Характеристики установки:

. Температура получаемого пара, С - 320-350;

Давление, атм. - 1,5-2;

. Содержание газовой фракции, % - 65-70;

. Содержание органического углеподобного остатка, % - 10-15;

. Калорийность газа, ккал/кг - 5000-5500;

. Калорийность жидкости, получаемой после конденсации, ккал/кг - 5500-6000;

. Калорийность углеподобного остатка, ккал/кг - 7000

. Затраты энергии на установку, % - 10-15;

Первичный запуск установки производится в течение 15-20 мин от электросети или за счет других источников электроэнергии.

. Габариты установки, мхмхм - 2х2х2,5

Возможности использования получаемых продуктов:

. Пар после модификации используется в водяной (газовой) теплоцентрали или для получения электричества мощностью от 5 кВт.

. Топливо может быть использовано для сжигания в газовой фазе или для получения электричества мощностью 10 кВт.

. Жидкая фаза может быть использована как добавка к моторному топливу.

. Жидкая и газообразная фракции могут использоваться как котельное топливо.

. Углеподобный остаток после модификации (опции) может использоваться для приготовления топливных брикетов.

. Срок службы установки, - 15-20 лет

. Установка автоматическая, поэтому несколько установок могут обслуживаться одним оператором в смену.

. Первичный запуск установки производится в течение 15-20 мин от электричества или других видов топлива.

Экономический расчет

· Из 2000 кг древесины влажностью 30% получается

· 600 кг пара стоимостью 2,5 руб/кг (2,5 руб/кг х 600 кг = 1500 руб)

· 1200 кг топлива стоимостью 4,8 руб/кг (4,8 руб/кг х 1200 кг = 5760 руб)

· 200 кг углеподобного продукта для брикетов стоимостью 6 руб/кг (6 руб/кг х 200кг=1200руб)

· Итого получим: 8460 руб/сут

· Затраты в сутки:

· затраты энергии на установку: 0,1 х 8460 руб = 846 руб/сут

· стоимость древесины 0,095руб/кг х 2000кг = 190 руб/сут

· зарплата 3-х операторов 1270 руб/сут

· тех. обслуживание 280 руб/сут

· Итого затраты: 2586 руб/сут

· Таким образом, прибыль = 5874 руб/сут = 172 евро/сут.

· Прибыль за год 56613 евро.

· Оперативная цена 151200 евро.(Расчет в рублях по курсу ЦБ на день продажи)

· Окупаемость - 2,7 года

· При росте стоимости энергоносителей на 40% в год сроки окупаемости могут снизиться ориентировочно до 2 лет.

· Срок производства - 24 недели.

### 4. Установка по переработке куриного помета

Установка предназначена для получения топлива из куриного помета на основе высокоскоростного пиролиза. При этом получается пар, который может быть использован для обогрева помещений. Минимальная производительность установки 2т/сут. Установка может быть использована для получения удобрений при удалении запаха.

Характеристики установки:

. Температура получаемого пара, С - 320-350;

Давление, атм. - 1,5-2;

. Содержание газовой фракции, % - 45-50;

. Содержание органического углеподобного остатка, % - 2-5;

. Калорийность газа, ккал/кг - 4500;

. Калорийность углеподобного остатка, ккал/кг - 2000;

. Затраты энергии на установку, % - 10;

Первичный запуск установки производится в течение 15-20 мин от электросети или за счет других источников электроэнергии.

. Габариты установки, мхмхм - 2х2х2,5;

Возможности использования получаемых продуктов:

. Водяной пар после модификации используется в водяной (газовой) теплоцентрали или для получения электричества.

. Топливо может быть использовано для сжигания в газовой фазе или для получения электричества.

. Жидкая и газообразная фракции могут использоваться как котельное топливо.

. Углеподобный остаток после модификации (опции) может использоваться для приготовления топливных брикетов.

. Срок службы установки- 15-20 лет;

. Установка автоматическая, поэтому несколько установок могут обслуживаться одним оператором в смену.

. Первичный запуск установки производится в течение 15-20 мин от электричества или других видов топлива.

Экономический расчет

· Из 2000 кг куриного помета влажностью 45% получается

· 900 кг пара стоимостью 2,5 руб/кг (2,5 руб/кг х 900 кг = 2250 руб).

· 1000 кг топлива стоимостью 4,8 руб/кг (4,8 руб/кг х 1000 кг = 4800 руб).

· 40 кг углеподобного продукта для брикетов стоимостью 6 руб/кг (6 руб/кг х 40кг=240руб).

· Итого получим: 7290 руб/сут

· Затраты:

· затраты энергии на установку: 0,1 х 7290руб = 729 руб/сут.

· зарплата 3-х операторов 1281 руб/сут.

· тех. обслуживание 279 руб/сут.

· Итого затраты: 2289 руб/сут.

· Таким образом, прибыль = 5001 руб/сут = 146 евро/сут.

· Прибыль за год 48199 евро.

· Оперативная цена 147598 евро.(Расчет в рублях по курсу ЦБ на день продажи)

· Окупаемость - 3 года.

· При росте стоимости энергоносителей на 40% в год сроки окупаемости могут снизиться ориентировочно до 2,5 лет.

· Срок производства - 24 недели.

### . Установка по уничтожению мусора

Установка по переработке мусора предназначена для уничтожения мусора и других органосодержащих отходов с дачных участков, отдельно стоящих домов и небольших производств. Производительность установки в зависимости от желаний заказчика от 50 до 2000кг/сут. Принципа работы установки - окисление органической части мусора.

Характеристики установки:

. Предельная температура процесса, С - 600-650;

. Производительность, кг/час - 100;

. Содержание неорганического твердого остатка определяется составом исходного мусора;

. Органические отходы уничтожаются полностью, точность не выше 1%;

. Газ не содержит вредных отходов (СО2, Н2О,N2);

. Потребляемая мощность при запуске 1-3 кВт;

Первичный запуск установки производится в течение 15-20 мин от электросети или за счет других источников электроэнергии. В дальнейшем установка работает автономно.

. Габариты установки, мхмхм - 1х2х2;

. Срок службы - 15-20 лет;

. Установка полуавтоматическая.

## Системы очистки и опреснения воды

### Установка по получению питьевой воды из загрязненной или морской воды



Схема установки по получению питьевой воды из загрязненной или морской воды

Метод может быть использован как для сильно, так и для слабо загрязненных вод.

Метод может применяться в регионах, обладающих недостаточным количеством воды или обладающих сильно загрязненной, не пригодной для питья водой.

Поскольку в процессе требуется подвод энергии, то она может быть получена за счет различных источников (электричества, газа и т.д.).

Основные преимущества процесса:

· уменьшение энергозатрат на единицу полученной продукции по сравнению с другими методами получения воды путем ее перегонки,

· высокая скорость процесса,

· возможность работы в широком диапазоне концентраций примесей.

· Значение последнего преимущества особенно возрастает при необходимости работы с водами переменного состава, например, с сезонными водами.

Неочищенная или соленая вода предварительно нагревается до температуры, близкой к кипению. При этой температуре удаляются соединения, присутствующие в воде и имеющие более низкие, чем вода, температуры кипения. Если вредные вещества в исходной воде отсутствуют, то предварительный нагрев все равно целесообразен для уменьшения диапазона высокоскоростного нагрева.

После удаления легколетучих веществ вода направляется в реактор, где нагревается до температуры термоудара (около 375 oС). Растворимые в воде, имеющие более высокую критическую температуру вещества не успевают испариться и направляются в узел отделения примесей. В дальнейшем соли или высококипящие жидкости направляются на переработку или захоронение.

Полученный пар охлаждается, испаряя дополнительное количество воды, или направляется на технологические цели. Параметры пара должны модифицироваться с соответствии с требованиями технологического процесса.

Если вода используется для пищевых целей, то после конденсации пара желательна ее модификация в соответствии с указаниями врача-диетолога.

Очевидно, что экономичность метода возрастает при использовании теплоты, получаемой при охлаждении и конденсации пара.

Локальная система водооборотной очистки предприятий



Установка по получению питьевой воды из загрязненной или морской воды

## Переработка твердых бытовых отходов (Биогаз)

Одним из весьма перспективных источников энергии может стать биогаз, образующийся при разложении твердых бытовых отходов (ТБО). В отличие от технологий сжигания ТБО, получение и использование биогаза является экологически чистой технологией. Ежегодная эмиссия метана (энергетически ценного компонента биогаза) с поверхности свалок земного шара составляет около 30 - 70 млн. т, что сопоставимо с мощностью основных биогенных источников метана. Известно, что метан является одним из основных планетарных источников парникового эффекта и сегодня остро стоит проблема стабилизации концентрации в атмосфере этого газа. Кроме того, метан часто является причиной самовозгорания свалочных отложений и сильного загрязнения атмосферы продуктами горения, так как при его взаимодействии с воздухом создаются горючие и взрывоопасные смеси. В то же время свалочный метан может приносить пользу в качестве топлива, заменяя нефть, газ, уголь. В среднем одна тонна мусора выделяет 100-200 м3 биогаза.

Ввиду непрерывного процесса образования свалочных отложений и постоянной эмиссии биогаза, этот источник можно отнести к возобновляющимся. Например, в г.Санкт-Петербурге ежегодно образуется около 4,5 млн. м3 твердых бытовых отходов.

Были проведены кадастровые оценки возможных источников биогаза свалок и полигонов ТБО с определением их потенциала. Ориентировочный объем запасов метана при разложении органического вещества свалочных масс только двух действующих полигонов "Южный" и "Новоселки" оцениваются в размере около 1 млрд. м3 Учеными СПбГПУ совместно с другими организациями разрабатываются экологически безопасные энергетические технологии переработки ТБО на полигонах, в том числе с получением биогаза. Одна из таких технологий предусматривает создание автономной энергетически независимой системы переработки свалочных отложений на основе возобновляемых источников энергии. В этой технологии источником энергии для добычи и транспортировки биогаза и других нужд полигона является ветроэнергетическая станция (ВЭС). Свалочные отложения, достигая высот в несколько десятков метров, значительно меняют рельеф местности. Эти искусственные возвышенности увеличивают потенциал ветровой энергии и могут использоваться в качестве площадки для установок ВЭС. Такое комбинированное решение энергокомплекса избавляет от необходимости строительства дорогостоящих линий энергопередач, а также отчуждения земель для сооружения ВЭС. После завершения эксплуатации полигона такое размещение ВЭУ обеспечивает энергетическую рекультивацию свалочного холма. Подтверждено, что совмещение биогазовой электростанции и ВЭУ в единый энергетический комплекс позволяет эффективно использовать потенциал местных энергетических ресурсов, а также уменьшить загрязнение окружающей среды. Примерный план полигона ТБО, ориентированного на получение и использование биогаза, представлен на рис. 1.

Рис.1. План полигона ТБО

 <javascript:onClick=showPic('pic1.jpg')>

### Установка по переработке несортированных твердых бытовых отходов

Процесс переработки несортированных ТБО является одним из сложнейших вследствие наличия в них разнообазных (оганических и неорганических) веществ, а также вследствие наличия в них большого количества различных по размерам отходов. При создании процесса необходимо учитывать широкий диапазон состава веществ и отходов по размерам и назначению.

На завершающем этапе переработки неорганических соединений используются общеизвестные технологические процессы.

В начале процесса в блоке отделения от общей массы ТБО отделяются крупногабаритные отходы, которые затем разделяются на отходы, состоящие преимущественно из органической и неорганической частей.

Неорганические крупногабаритные отходы поступают в блок разделки, где разделываются на части, размеры которых определяются загрузочным устройством камеры окисления. После прохождения камеры окисления они соединяются с неорганическими отходами основного потока и направляются на дальнейшую переработку в соответствии с общеизвестными технологиями.

Крупногабаритные отходы, состоящие преимущественно из органической части (пластмасса, древесина и т.д.) после грубого дробления (блок предварительного дробления) попадают в основной поток движения отходов.

Оставшиеся после удаления крупногабаритных предметов органические и неорганические отходы поступают в блок измельчения, затем направляются в камеру предварительного подогрева (температура в камере порядка 200 oС или выше). Температура в камере определяется условиями удаления воды и других относительно легкокипящих соединений.

Из камеры предварительного подогрева отходы попадают в реактор термоудара, где мгновенно нагреваются до температуры 650-700 oС. При этой температуре протекает высокоскоростной пиролиз органических соединений с образованием твердых и газообразных продуктов. В камере предварительного подогрева и реакторе термоудара процессы проводятся без доступа воздуха.

Твердые отходы, содержащие и неорганическую часть, из реактора поступают в блок сбора и направляются в блок разделения, где более легкий по плотности органический остаток отделяется от неорганического. Органический остаток, представляющий собой углеподобный продукт, сушится и направляется на дальнейшее использование.

Неорганический остаток попадает в камеру окисления, где удаляются последние следы органических соединений. К неорганическому остатку основного потока, вышедшего из камеры окисления, добавляется неорганический остаток крупногабаритных отходов, прошедший через блок разделки и камеру окисления.

Оставшийся после окисления неорганический остаток, содержащий соединения металлов, стекло и т.д., направляется на плавление, разделение и по известным технологиям перерабатывается в полезный продукт.

Содержание неорганического остатка обычно ниже, чем 10% от исходного ТБО.

Получаемые на различных стадиях газовые фракции направляются на очистку и частичную конденсацию с выделением полезных продуктов. Оставшийся газ разделяется на компоненты и/или дожигается в установке. После дожигания газ очищается и выводится. В соответствии с требованиями экологии в схеме может содержаться блок поглощения основного количества CO2.

Выделяемые в процессе для дальнейшего использования продукты определяются составом ТБО и пожеланиями заказчика.

При наличиии в ТБО радиоактивных соединений они должны контролироваться на входе (отходы) и выходе (продукты) процесса. Оставшая радиоактивная часть отходов подлежит захоронению.

Вследствие значительного колебания исходного состава несортированных ТБО в процессе большое внимание уделяется контролирующим и регулирующим системам (приборам).

Преимущества процесса:

· относительно небольшие энергозатраты при переработке единицы ТБО вследствие нагрева до высоких температур меньшего количества вещества, чем в обычно используемых процессах, и преимущественно энтропийного характера процесса пиролиза,

· использование малого количества кислорода (воздуха),

· максимальная степень допустимой переработки или уничтожения отходов,

· минимальное возможное количество выводимых из системы соединений.



Один из узлов комплекса по переработке несортированных твердых бытовых отходов

## Проблема ограничения эмиссии метана в атмосферу из свалок бытовых отходов

Современные типичные городские свалки твердых бытовых отходов являются значительным источником эмиссии газообразного метана в атмосферу Земли. Этот источник также важен, как и разработка каменного угля, и жизнедеятельность жвачных сельскохозяйственных животных. В последнее десятилетие мировая наука выяснила серьезное экологическое значение такой неконтролируемой эмиссии метана. Выяснилось, что метан, накапливающийся на определенных высотах в атмосфере Земли, приводит к выраженному парниковому эффекту, и, как следствие, к постепенному потеплению климата планеты. Этот эффект известен достаточно давно, но до последнего времени связывался либо с запылением атмосферы, либо с повышением концентрации углекислого газа в ней. Сейчас выяснилось, что молекулы метана обладают в 20 раз более сильным поглощающим эффектом для инфракрасного излучения, чем молекулы углекислого газа. Природные источники выброса метана очень невелики. Залежи природного газа являются закрытыми для выхода метана. Наиболее мощные источники метана образовались в результате хозяйственной деятельности человека, и их роль растет с угрожающей быстротой. Свалки твердых бытовых отходов содержат большое количество органических отходов. Накапливаясь в толще свалки в условиях ограниченного доступа кислорода, органические вещества под действием естественных метанобразующих бактерий подвергаются процессу анаэробной ферментизации с образованием так называемого биогаза (смеси метана и углекислого газа). Биогаз постепенно просачивается через толщу свалки и попадает в атмосферу Земли. Образование биогаза в слое отходов начинается через 4-5 лет после засыпки свалки и может продолжаться десятилетиями. Эмиссия в атмосферу метана c поверхности свалок земного шара составляет ежегодно 10 - 30 млрд. м3. Доля метана со свалок в суммарном потоке метана от всех наземных источников - 4%, что позволяет считать расширение свалок одной из причин увеличения концентрации метана в атмосфере. Еще в начале 80-х годов прошлого столетия выяснилось, что использование свалочного биогаза может иметь серьезное экономическое значение для создания генераторов тепла и электроэнергии. Сейчас в ряде стран (США, Канада, Дания и др.) созданы десятки устройств и агрегатов для использования свалочного газа, как возобновляемого источника энергии. В последнее время внимание к этому источнику энергии значительно выросло. Решающее значение имело Киотское международное совещание по проблемам выхода вредных газов в атмосферу 1997 года. Агентство по охране окружающей среды США (US EPA) регулярно проводит за свой счет международные школы по проблеме сокращения выброса метана в атмосферу. Две последние школы проходили в Киеве (1998 г.) и Новосибирске (2000 г.). Одна из крупнейших секций таких школ - секция освоения свалок для утилизации свалочного метана. Это одна из серьезнейших проблем охраны окружающей среды и самого существования цивилизации на Земле. В ряде случаев (в зависимости от количества биогаза в свалке, его дебита, наличия близко расположенного потребителя и т.д.) использование свалочного газа дает значительный экономический эффект. В США более 150 крупных свалок используются для получения тепла и электроэнергии в ряде хозяйственных и жилых объектов. Украина имеет очень хорошие перспективы для развития технологии добычи свалочного биогаза. Высокий уровень урбанизации страны и относительно теплый климат определяют высокий количественный потенциал свалочного газа в Украине. Сейчас этот потенциал практически не используется. Еще в советское время в 1989 году было принято общесоюзное решение о создании опытного полигона для добычи свалочного газа на основе закрытой городской свалки в Житомире. Участок свалки был закрыт слоем глины, оборудовано 11 скважин и соответствующие трубопроводы для сбора биогаза, определен его ежесуточный дебит. Но с развалом СССР работы были остановлены, и сейчас система не используется. В последние два года на средства одной из американских фирм проводятся работы по созданию опытного участка из трех скважин для добычи биогаза на одной из свалок ТБО в Луганске. Интересные исследовательские работы проводятся в Днепропетровске. Есть проект, разработанный с участием Национального Научного Центра "Харьковский Физико-технический институт(ННЦ ХФТИ) для получения биогаза со старой закрытой харьковской городской свалки "Дергачевская". Сейчас в мировой практике закладка новых свалок ТБО сразу увязывается с оборудованием для последующего сбора и утилизации биогаза.

Основные источники биогаза - такие фракции мусора как бумага, древесина, текстиль, пищевые отходы. Примерный состав биогаза, образующегося при разложении ТБО следующий: 40-60% метана, 30-45% диоксида углерода, а также сероводород, кислород, азот и др. Активное газообразование начитается примерно с третьего года от начала складирования. Первые 15-20 лет 1м3 ТБО при разложении выделяет 1,0-1,5 м3/год биогаза. В дальнейшем интенсивность выделения биогаза резко сокращается. Период полного разложения составляет около 50 лет.

Выделение биогаза зависит от многих параметров: влажности, температуры, плотности, состава, кислотности и т.д.. Метанобразующие микроорганизмы появляются в ТБО при водосодержании >50%, температуре >30°С, значении водородного показателя рН>7. Оптимальные для выделения биогаза температура ТБО - 35-40°С, влажность - 90-96%.  
В последние годы проектирование и строительство всех новых свалок ТБО осуществляется с учетом требований по созданию газосборной системы для использования биогаза.

Наиболее распространенная система извлечения биогаза состоит из сети вертикальных скважин, связанных вместе горизонтальными трубами, которые собирают биогаз в коллектор. Существует также система с горизонтальными газоприемными трубами, которую принимают при суммарной толщине отходов менее 8 метров. Применяют две технологии сооружения систем сбора газа: первая - после заполнения свалки, вторая - одновременно с заполнением ее ТБО.

Биогаз, образующийся на свалке, можно без предварительной подготовки использовать как топливо для котлов и печей, а после соответствующей очистки - как топливо для газовых двигателей и турбин. Если биогаз не используется, то для предотвращения эмиссии метана в атмосферу, обычно, предусматривают его факельное сжигание.

Сложность использования биогаза со свалок ТБО заключается в нескольких причинах. Во-первых, биогаз выделяется неравномерно в течение года. Причем его основное количество выделяется летом, а зимой, в период отопительного сезона, биогаз практически не выделяется. Во-вторых, свалка представляет собой биохимический реактор со стенками из уплотненной глины, которые в состоянии выдерживать только незначительный перепад давления. Этот перепад не может обеспечить значительную скорость транспортировки биогаза к коллектору. В-третьих, наличие вредных и балластных примесей в составе биогаза требует его предварительной подготовки перед его использованием в качестве топлива в котельных, газовых турбинах, двигателях внутреннего сгорания. Основные этапы подготовки биогаза к использованию следующее: очистка от взвешенных частиц, удаление сероводорода, отделение влаги и уменьшение количества диоксида углерода. В-четвертых, биогаз выделяется в незначительных (для экономического использования) количествах 1,0-1,5 м3/год с 1м3 отходов, что делает невыгодным использование небольших свалок ТБО.

Одним из перспективных направлений ограничения эмиссии метана в атмосферу со свалок ТБО, является наиболее полное использование биогаза, путем его разделения на основные компоненты (метан и диоксид углерода) с использованием обоих из них. Вопрос заключается в экономической эффективности использования свалочного газа.

В течение нескольких последних лет в ННЦ ХФТИ разрабатывались различные способы разделения газовой смеси метан-диоксид углерода на основные компоненты. Исследовались методы предварительной подготовки биогаза, включающие в себя, осушку биогаза и очистку его от сероводорода. Были разработаны криоадсорбционный и криодистилляционный методы разделения, на которые получены несколько патентов Украины. Созданы лабораторные разделительные установки, техническая документация на опытно-промышленные установки. В основу конструкции установок положено модульное построение. Разработаны разделительные модули, модуль предварительной подготовки биогаза, влагопоглотитель, модуль очистки биогаза от сернистых соединений, модуль получения твердого диокcида углерода. Эти модули могут компоноваться в различных сочетаниях в зависимости от требований к получаемому продукту. К сожалению эти разделительные установки требуют больших капиталовложений, имеют довольно большие габариты, требуют стационарного размещения, что делает экономически невыгодным их использование. Сейчас ведутся работы по разработке технологии разделения биогаза методом короткоцикловой атермичной адсорбции. Метод основан на разделении компонент смеси газов с различными теплотами адсорбции при изменении давления над адсорбентом (метод качающегося давления).

Предусматривается создание разделительного модуля и питание от него двигатель-генератора, который будет производить электроэнергию для работы разделительной установки. Остальная электроэнергия будет отправляться потребителю.

Предполагается создание макета короткоцикловой адсорбционной разделительной установки производительностью 2-5 м3/час, а также разработка установки большей производительности. По предварительным оценкам короткоцикловая разделительная установка производительностью до 50м3 биогаза в час, сопряженная с двигатель-генератором, будет мобильной, и иметь приемлемые размеры и вес для монтажа и транспортировки на автомобильном прицепе грузоподъемностью 2-3 тонны.

В конечном результате проблема ограничения эмиссии метана в атмосферу со свалок ТБО - в максимальном использовании его для получения энергии при окислении

СН4+2О2 = СО2+2Н2О

В результате реакции одна молекула метана образует одну молекулу диоксида углерода, что, кроме полученной энергии, уменьшает парниковый эффект, вызываемый метаном, примерно в 20 раз. Представляется, что задача использования биогаза свалок ТБО должна стать одной из приоритетных задач при проектировании и эксплуатации этих сооружений.