

ГЛАВА 10: АНАЛИЗ НА ТЕХНОЛОГИИТЕ ЗА ИЗПОЛЗВАНЕ ЕНЕРГИЙНИЯ ПОТЕНЦИАЛ НА БИОМАСА

10.1. Цели:

Основните цели, към които трябва да се стремят обучаемите са:

- Идентифициране и аргументиране на мотивацията и ползите от производството на биогаз;
- Характеризиране на технологиите за производство на биогаз;
- Специфициране параметрите на технически решения на използване на биогаз;
- Разработване структура за производство на биогаз в рамките на земеделско сдружение.

10.2. Мотивация и предимства на производството на биогаз

Потенциалната енергия от биомаса е метод, който успешно се прилага в няколко страни с многобройно население в Азия. В това отношение в Китай има повече от 10 милиона такива предприятия, благодарение на които в селските райони се осигурява повече от 80% от необходимата енергия. Процесът, наречен "*Global Gas Scheme*" се използва в Индия в продължение на повече от 75 години и се прилага в над 80 000 работещи инсталации.

Според изследванията, направени през 1940-1950 от Ducelier Марсел Isman - химик и агроном, в Европа са се появили хиляди стопанства, оборудвани с такива системи. Германците са започнали мащабни действия за изграждане на биологични инсталации, в които чрез преработка на отпадъци и селскостопански вторични продукти са получили биогаз и биоторове. Биологични технологии за производство на горими газове, които понастоящем се използват в много страни по света са склонни да развиват действието на микроорганизмите, за да се получи богата биомаса подходяща за превръщане в метан.

Практиката показва, че най-подходящите първоначална суровини за производството на биогаз са възобновяемите суровини като царевица, слънчоглед или ръж. Друг вид суровина са твърд или течен оборски тор и органични отпадъци, от които няма друг начин да се произведе биогаз, ако органичната материя е с ниско процентно съдържание лигнин (дървени отпадъци). В контекста, базиран на основната цел на биологичната технология, е развитието на микроорганизми при подходяща температура на ферментация (на мезофилен, около 39 °C) за получаване на богат газ, произведен от "биомаса". Разлагането на растителния или животински субстрат се осъществява от въздействието на микроорганизми от природата, без да е необходима консумация на енергия.

Един от основните екологични проблеми на съвременното общество е непрекъснатото увеличаване на количеството на органичните отпадъци. В много страни, устойчивото управление на отпадъците и предотвратяването на тяхното натрупване, и предприемането на действия за тяхното намаляване са станали основни политически приоритети, което е важен принос към общите усилия за намаляване на замърсяването, на емисиите на парникови газове и на глобалното изменение на климата.

Практиките като неконтролираното изхвърляне на отпадъци вече са неприемливи при съвременните условия.

Дори и платформи за съхранение или изгаряне на органични отпадъци не са сред най-добрите практики и стандартите за опазване на околната среда. Енергийното оползотворяване и рециклиране на хранителните вещества и органична материя са нещо необходимо в наши дни. Производство на биогаз чрез анаеробно разлагане (AP) се счита за стандартна обработка на животински отпадъци, както и на голям брой органични отпадъци, подходящи за тази цел. Например тези субстрати, се превръщат в енергия от възобновяеми източници и органични торове за селското стопанство. В същото време, отстраняване на органичната фракция от общото количество на отпадъците, увеличава едновременно ефективността на преобразуване на енергията, като оставя изгарянето на отпадъци и стабилността на сметищата.

Анаеробното разлагане е микробиологичен процес на разлагане на органичната материя без кислород, използван в много естествени среди и широко се прилага днес, за мащабно производство на биогаз в рамките на реактори - резервоари, изолирани срещу проникване на въздух. Голямо разнообразие от микроорганизми участват в процеса на АР, като в резултат се получават двата крайни продукта: *биогаз* и *остатъци*.

Биогазът е горим газ, състоящ се от метан, въглероден двуокис и малки количества от други газове и микроелементи.

Остатъците представляват разграден анаеробен субстрат, богат на макро-и микроелементи, които може да се използват като тор за растенията.

Енергийната криза от началото на 70-те допринесе за едно ново предизвикателство, а именно производство на възобновяеми горива, включително биогаз, който е получен в резултат на АР.

В момента най-важното приложение на процеса АР е производството на специфични инсталации за биогаз, чрез обработка на субстрати от селското стопанство, животински тор, растителните остатъци, енергийни култури или органични отпадъци от агро-промишлени и хранителни дейности. Според Международната енергийна агенция (МЕА), в Европа и Северна Америка са изградени хиляди предприятия, които използват АР. Много от тях са технологично усъвършенствани системи, като техният брой се е увеличил значително през последните години. Само в Германия има повече от 3 930 инсталации за биогаз, работещи през 2010 година. В Азия има милиони малки биореактори за производство на биогаз, работещи в страни като Китай, Индия, Непал и Виетнам, които произвеждат гориво за готвене и отопление. Смята се, че в Европа е налице значителен потенциал за увеличаване на текущото производство на биогаз, въз основа на текущото състояние и потенциала и възможностите за отглеждане на добитък.

След разширяването на ЕС, новите държави членки от Източна Европа също трябва да използват тези технологии и да се възползват от потенциала им за производство на биогаз. Приложението на технологиите на АР в тези страни ще спомогне за намаляване на голям брой проблеми, свързани със замърсяването на околната среда, с повишаване устойчивостта на селските райони и селскостопанския сектор като цяло.

Биогазът, получен чрез АР е по-евтин и е възобновяем източник на енергия, който в резултат на изгарянето се получава неутрален CO_2 . Така се създава възможност за обработка и рециклиране на цялото разнообразие от остатъци и вторични селскостопански продукти, различни биологични отпадъци, органични отпадни води от промишлеността. В същото време, биогазът носи голям брой социално-икономическите ползи, както за земеделските стопани, които пряко участват в производството му така и на цялото общество. Поради всички тези причини, биогазът получен в резултат от процесите на анаеробно разграждане е един от основните приоритети на Европейската стратегия за био-горива и възобновяеми енергийни източници.

В същото време, биогазът осигурява много ползи за социално-икономическите и екологични сектори, за отделните компании, така и за земеделските стопани, които са пряко ангажирани с тази дейност. Технологията на производство на биогаз, повишава икономическата ефективност на местно ниво, осигурява работни места в селските райони и увеличава регионалната покупателна способност. Това води до повишаване на жизнените стандарти и допринася за общото социално и икономическо развитие на обществото, както и на тези, които се занимават със селскостопански дейности.

Ползи за обществото от производството на биогаз:

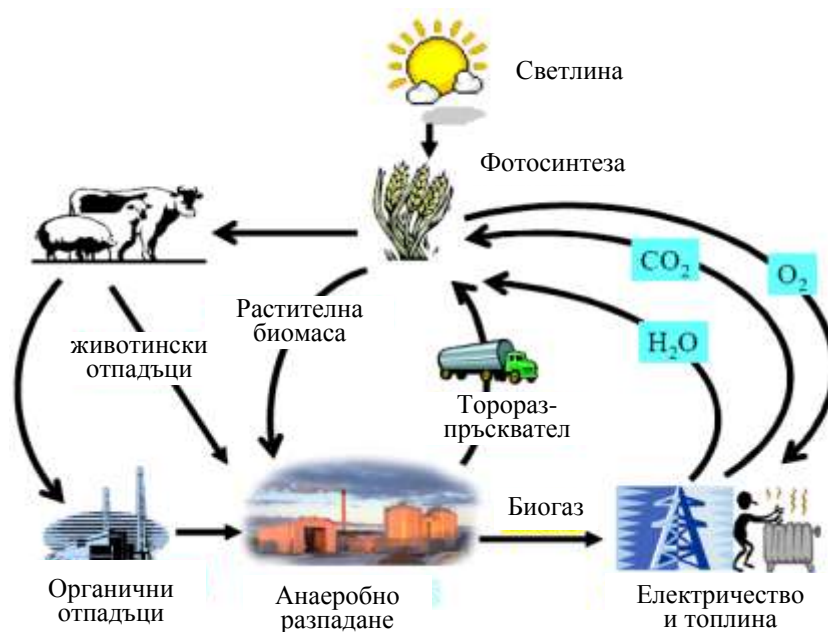
- Източник на възобновяема енергия;
- Намаляване на емисиите на парникови газове и намаляване на глобалното затопляне;
- Намаляване на зависимостта от вносни изкопаеми горива;
- Принос към директивите на ЕС в областта на енергетиката и опазването на околната среда;

- Намаляване на отпадъци;
- Създаване на нови работни места;
- Гъвкаво и ефективно използване на биогаз;
- Намаляване на необходимото количество вода

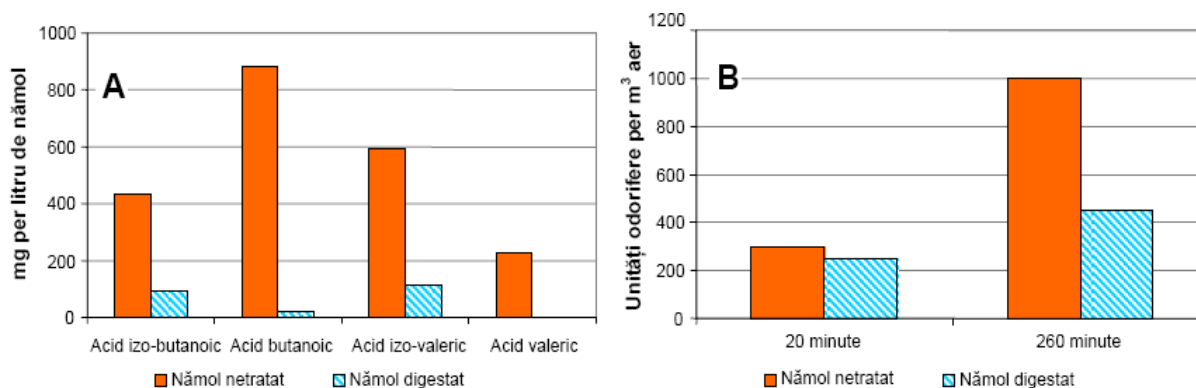
Ползи за земеделските производители

- Допълнителен доход за земеделските производители;
- Добив на тор от остатъци;
- Затворена верига от хранителни вещества (фиг. 10.1);
- Гъвкавост при използването на различни видове суровини;
- Слаба миризма и по-малко вредни насекоми (фиг. 10.2);
- Намалено ниво на заболяемост.

На фиг. 10.2 Група А означава концентрация на летливи мастни киселини, които предизвикват неприятни миризми в необработени разграждащи се утайки, а Група В – концентрация на миризма във въздушни проби, събрани на полето, след третиране на необработени отпадъчни води и утайки в резултат на анаеробно разграждане (Hansen, 2004).



Фиг. 10.1. Устойчива верига за производство на биогаз, получаван чрез процес AP (Al Seadi, 2002 г.)



Фиг. 10.2. Към дефиниране на различните видове групи

10.3. Технологии за производство на биогаз

През последните години световния пазар за производство на биогаз нараства с 20% до 30% за година. В Европа, страни като Австрия, Дания, Германия и Швеция са сред най-опитните по отношение на технология за производство на биогаз и са в състояние да установят конкурентни национални пазари в областта. За да се развият тези пазари е проведено обширно проучване, а секторите за производство на биогаз са получили значителни държавни субсидии и се радват на обществена подкрепа. Включените земеделски производители, оператори на инсталации за производство на биогаз, и инвеститорите са придобили важна техническа информация свързана с технологии и експертни познания по отношение на биогаза.

Системите за АР в суха и влажна среда се подобряват непрекъснато чрез високо ниво на научните изследвания, които са насочени както към провеждане на стабилни операции и процеси по изпълнението, така и върху намирането на нови комбинации от субстрати.

Използването на биогаз за комбинирано производство на топлинна и електрическа енергия (СНР) е станал стандартен инструмент за повечето от проектите за предприятия за производството на биогаз в Европа. В страни като Швеция, Холандия и Германия, подобрен биогаз се използва също и като био-гориво за транспорт. В тези страни разпределителните мрежи са усъвършенствани и са изградени станции за съхранение. Подобряването на мрежите за пренос на биогаз и природен газ е сравнително нова тенденция. Първите електроцентрали на природен газ и биометанни мрежи са изградени в Германия и Австрия. Новото приложение на биогаз е в горивните клетки, която вече е напреднала и търговско-достъпна технология, работеща в страни като Германия.

Интегрираното производство на био-горива (биогаз, био-етанол, био-дизел), храни и суровини в индустрията днес е важна зона за научни изследвания, като част от концепцията на обработката на биологични отпадъци. В рамките на тази интегрирана концепция, биогазът осигурява енергията, необходима за обработка при получаване на течни био-горива, докато вторичните продукти, получени по този начин се използват като суровини за АР. Смята се, че интегрираното био-рафиниране предлага няколко предимства по отношение на енергийната ефективност, икономическите резултати и намалява емисиите на парникови газове. По тази причина, в Европа и в световен мащаб са реализирани редица пилотни проекти, чиито резултати ще бъдат на разположение през следващите години.

Очаква се световният потенциал за производство на енергия от биомаса да бъде много висок. Оценката на енергийния потенциал на биомаса се основава на редица изследвания, сценарии и симулации, които показват, че само малка част от него се използва и днес. Същото изследване показва, че използването на биомаса може да се увеличи значително в близко бъдеще. Европейската асоциация за биомаса (АЕБИОМ) изчислява, че европейското производство на енергия, с базовата биомаса може да се увеличи от 113 Мтое през 2010 г. до 220 Мтое през 2020г.

Съответният потенциал за растеж на биомаса от земеделски произход е доста висок. Според АЕБИОМ в ЕС-27, между 20 и 40 x 10⁶ ha земеделско земя може да се използва за производство на енергия, без това да окаже неблагоприятно влияние и да засяга производството на хранителни продукти в Европейския съюз.

За превръщане на биомасата в биогаз чрез АР, могат да бъдат използвани различни видове отпадъци: отпадъци и продукти от селското стопанство, агроиндустрията и хранително-вкусовата промишленост, битови и общите отпадъци, идващи от ежедневните дейности. На европейско равнище, оценката на енергийния потенциал на биогаз е доста трудно поради големия брой променливи, които да бъдат взети предвид.

Например, енергийният потенциал на биогаза зависи от наличието на земя, която да бъде използвана за производство на енергийните култури, без да се засяга производството на суровини за хранителни цели, на производителността на отглежданите култури, на ефективността на различни субстрати за производството на метан, и енергийната ефективност на използване на биогаз.

Анаеробно разлагане

АР е биохимичен процес, чрез който сложни органични субстрати (растителна биомаса и отпадъци, животински отпадъци, органични отпадъци, отпадъчни води, утайки от канализационната система и др.) се разлагат в отсъствието на кислород, до биогаз и остатъци от различни видове анаеробни бактерии. Ако основата е обект на АР и се състои от смес от две или повече материали (например животински тор и органичните отпадъци от хранително-вкусовата промишленост), процесът се нарича ко-разлагане. Ко-разлагането е общо за повечето приложения за биогаз.

Много видове биомаса може да се използват като субстрати (суровини) за производство на биогаз чрез процеса АР. Най-честите видове материали са оборски тор, селскостопанските остатъци и са лесно смилаеми органичните отпадъци от хранително-вкусовата и агро-индустрията (растителни и животински), органични фракции от битови отпадъци и кетъринг (растителни и животински), утайки от отпадъчни води, енергийни култури (царевица, китайска тръстика, сорго, детелина) или адекватно производство на биогаз от отпадъци (табл. 10.1).

Таблица 10.1

БИОЛОГИЧНИ ОТПАДЪЦИ ЗА АДЕКВАТНА БИОЛОГИЧНА ОБРАБОТКА

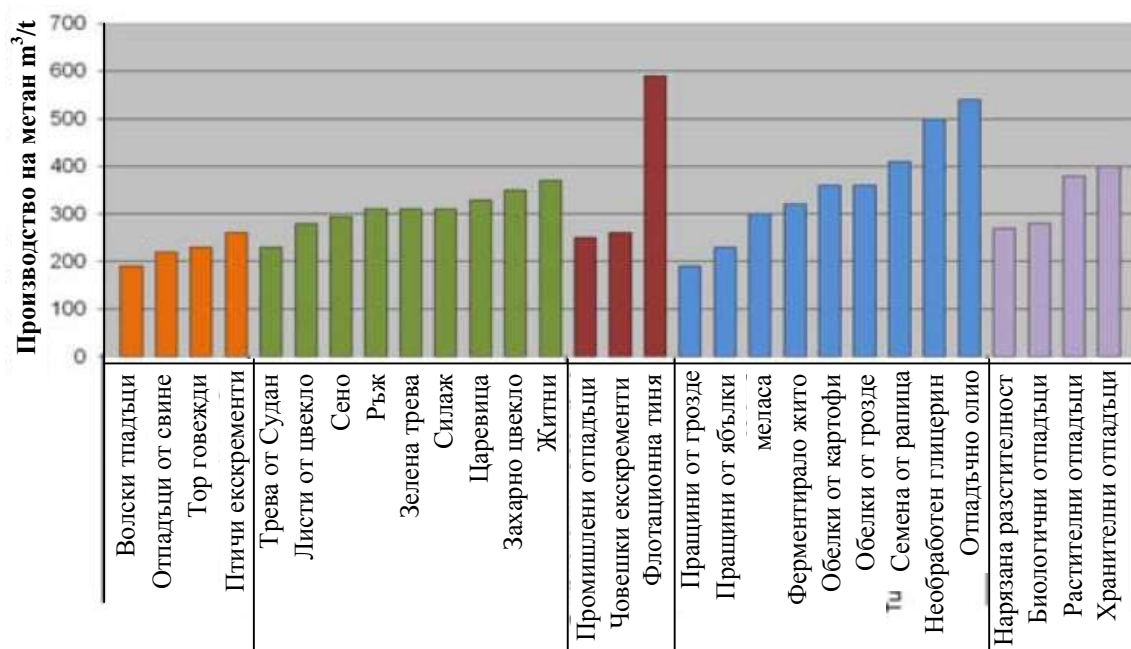
(Европейски каталог на отпадъци, 2007 г.)

Код на отпадъците	Описание на отпадъците	Видове отпадъци
02 00 00	Отпадъци от селското стопанство, градинарството, аквакултурата, горското стопанство, лов и риболов, приготвяне на храна и обработка.	Отпадъци от селското стопанство, градинарството, аквакултурата, горското стопанство, лов и риболов. Отпадъци от приготвяне на храна и преработка на месо, риба и други храни от животински произход. Отпадъци от подготовката и преработката на плодове, зеленчуци, зърнени култури, хранителни масла, какао, чай и тютюн, производството на консерви, подготовката и ферментацията на дрожди и на базата на екстракти от дрожди, меласа. Отпадъци от производство на захар. Отпадъци от млекопреработвателната. Отпадъци от производството на тестени и сладкарски изделия. Отпадъци от индустрията и безалкохолни напитки (с изключение на кафе, чай и какао).
03 00 00	Отпадъци от дърво, дограма, производство на мебели, хартиена и картонена индустрия.	Отпадъци от дърво, дограма, производство на мебели, целулоза, хартиена и картонена индустрия.
04 00 00	Отпадъци от кожарската и текстилната индустрия.	Отпадъци от кожарската и кожухарската промишленост.
15 00 00	Видове отпадъци от опаковки, мивки, кърпи, филтърни материали и защитно облекло, които не фигурират в други групи.	Опаковки (включително от разделно събиране на общински отпадъци).
19 00 00	Отпадъци от съоръжения за управление на отпадъци, отпадъците, изпускани от пречиствателни станции за отпадъчни води и подготовката на питейна вода и вода, използвани в промишлеността.	Отпадъци от анаеробна обработка на отпадъци. Управление на водите на отпадъци от инсталации за обработка, непосочено на друго място. Питейна вода и отпадъчни води или промишлени.
20 00 00	Битови отпадъци (битови и други подобни търговски и промишлени отпадъци), включително разделно събиране на отпадъците.	Фракции на отпадъци, сортирани при събиране (с изключение на 15 01). Градински и паркови отпадъци (включително отпадъци от гробища). Други битови отпадъци.

Използването на животински отпадъци като суровина за анаеробно разлагане има някои предимства, заради неговите свойства: инокулирането на анаеробни бактерии, съдържащи се в среда с естествено високо съдържание на вода (4-8% в нормалната течност), който действа като разтворител за другите субстрати и осигуряване хомогенност и подходяща интензивност на потока на биомаса; евтини и леснодостъпни; събират се като отпадъци от животновъдните стопанства. През последните години, различни видове на суровини са били тествани и въведени за използване при протичане на процеса АР: така наречените енергийни култури (СЕК-специализирани енергийни култури), които се отглеждат специално за целите на производство на енергия / за производство на биогаз.

Субстратите, участващи в процеса АР могат да бъдат класифицирани според техния произход, съдържанието на сухо вещество, производството на метан и други критерии. Сухите субстрати, съдържащи по-малко от 20% се използват за така нареченото мокро разлагане (някои автори го наричат мокра ферментация). Тази категория включва тор и мокри органичните отпадъци от хранително-вкусовата промишленост. Когато съдържанието на сухо вещество е по-голямо от 35%, такова разлагане се нарича сухо разлагане (суха ферментация). Сухото разлагане е типично за енергийни култури и силажни материали. Изборът на вида и количеството на суровината за получаване на смес от субстрати при протичане на процеса АР зависи от съдържанието на сухо вещество и съдържанието му на въглеhidрати, липиди и протеини.

Потенциалът за добив на метан е един от най-важните критерии за оценка на различни субстрати при протичане на процеса АР. Фиг. 10.3 показва добивите на метан от различни видове суровини. Трябва да се отбележи, че добивът на метан от тор е относително нисък, следователно, на практика процесът на производство на метан от животинска тор не е икономически ефективен, но е важна комбинацията с други ко-субстрати с висок добив на метан, с цел да се увеличи производството на биогаз. Най-честите съпътстващи субстрати за ко-разграждането с оборски тор са мазни остатъци от храна, риболов и кетъринг, отпадъци от алкохолна бира и захарна промишленост и др.



Фиг. 10.3. Параметри на енергийни култури, използвани за производство на метан (Prahl, 2007)

След производството на биогаз, разложеният субстрат (остатъкът от разлагането) се рециклира, като се внася в почвата и след това се използва като тор за растенията. Анаеробното разлагане протича при наличие на много малко количество топлина в сравнение с аеробно разлагане с кислород, като компостиране. Енергията, съдържаща се в

химическите връзки на основата остава по същество в биогаза, произведен под формата на метан.

Формирането на биогаз е резултат от няколко последователни етапа: хидролиза, киселинна среда, ацетон, съдържащ метан. На всеки етап изходните вещества непрекъснато се разбиват на малки молекули от специфичните групи микроорганизми.

Параметри на процеса анаеробно разграждане

Ефективността на процеса АР зависи от няколко критични параметри. Следователно, изключително важно е да се осигурят най-подходящите условия за развитие на анаеробните микроорганизми.

Растежа и дейността им са значително се влияят от липсата на кислород, температура, рН, съдържание на хранителни вещества, интензивност на смесване, както и наличието и количеството на инхибитори.

Работни параметри на процеса на производство на биогаз

а. Производителност

Изграждането на предприятия за производство на биогаз съчетава техническите и икономически изисквания. Получаването на максимален добив на биогаз, произведен от цялостно преработване на субстрата, изисква следене на хидравличното време на задържане и съответно размера на биореактора. На практика изборът на система (например, размер и вид на реактор) е компромис между максимална продуктивност за производство на биогаз и икономическа рентабилност. В това отношение, производителността е важен параметър, който показва, сухото тегло на органични вещества, които могат да бъдат заредени в биореактора, за единица обем и време:

$$BR = \frac{m \cdot c}{V}, \quad (10.1)$$

където BR е производителността, kg/(day.m³);

m - масата на субстрата, заредена за единица време, kg/day;

c - концентрацията на органичната материя, %;

V - обемът на ферментатора, m³.

б. Време на хидравлично задържане (HRT)

Важен параметър, който оказва влияние размера на биореактора е хидравличното време на задържане (HRT). HRT е средното време, за което субстрат се съхранява вътре в резервоара за разлагането. HRT е свързано с обема на биореактора (VR) и обема на субстрата, зареден за единица време, според следното уравнение:

$$HRT = \frac{VR}{V}, \quad (10.2)$$

където HRT е времето на хидравлично задържане, day;

VR - обемът на ферментатора, m³;

V - размерът на субстрата, зареден за единица време, m³/s.

Според (10.2) повишеното органично хранване намалява HRT.

Времето на задържане трябва да бъде достатъчно дълго, за да се осигури условието броят на бактериите, отстранени заедно с отпадъчните води (остатъци) да не е по-голям от броя на бактериите, довели до репродукцията (времето на дублирането на анаеробни бактерии е от 10 или повече дни). Краткият HRT осигурява добър темп на субстратен поток, но по-ниска производителност на газа. Затова е важно HRT да се подбере правилно спрямо скоростта на разграждане на специфични субстрати. Знаейки HRT, ежедневно зареждане на суровината и скоростта на разграждане на субстрата, е възможно да се изчисли необходимия обем на биореактора.

в. Списък на параметрите

За да се оценят характеристиките на инсталации за производство на биогаз и да се направи сравнение между различните използвани системи, може да се използват някои основни параметри, посочени в табл. 10.2. За оценка на изпълнението възможностите на завод за производство на биогаз е направен анализ по няколко критерия.

Таблица 10.2

РАБОТНИ ПАРАМЕТРИ НА БИОГАЗОВА ИНСТАЛАЦИЯ (*Schnell, 2008*)

Параметър	Символ	Измервателна единица	Метод на определяне
Температура	T	°C	Измерване по време на работа
Работно налягане	p	Mbar	Измерване по време на работа
Поток	V	m ³ / day ; t/day	Измерване
Обем на реактора	V _R	m ³	Определяне в зависимост от конструкцията
Количество газ	V за day V за year	m ³ /day m ³ /year	Измерване по време на работа и трансформация в m ³
Гарантирано минимално HRT	HRT MGRT	day	Изчисляване с текущите стойности
Суровина		kg TS/(m ³ . day)	Изчисляване с текущите стойности
Концентрация на метан в биогаз	CH ₄	%	Измерване по време на работа
Специфична ефективност		%	Изчисляване с текущите стойности
Специфично производство на биогаз		m ³ / m ³	Изчисляване с текущите стойности
Бруто енергия		kWh	Определяне на количеството на биогаз и метан
Производство на електроенергия		kWh	Измервания в изхода на ВТТР генератора
Изходна мощност в електрическата мрежа		kWh	Измервания в изхода на ВТТР генератора
ВТТР ефективност	η	%	Изчисляване с текущите стойности
Топлинна / електрическа енергия за снабдяване на станцията		kWh	Планиране, според измерванията по време на работа
Специфична топлинна / електрическа енергия за доставки на станцията		kWh/m ³ консумирана kWh/GV	Изчисляване с текущите стойности
Производство на енергия			Сумиране на енергията, която може да се използва Изчисляване с текущите стойности
Ефективност на инсталацията	η	%	Чиста енергия, в резултат от общата енергия
Наличност		%	Часов процент в една година от максималния работен капацитет на завода
Експлоатация		%	Съотношението между реалното количество на вход и прогнозираното количество
Общи инвестиции		€	Общи разходи, направени от инсталацията за биогаз
Субсидии		€	Предварително определена
Процент субсидии		%	Процент на всички субсидии за общата инвестиция
Относителни инвестиции		€/ m ³ реактор €/GV	Процент, само ако се се използват отпадъци от домашни животни
Специфични разходи за обработка		€/ m ³ консумирана €/GV	По калкулации

10.4. Технически решения за използване на енергийния потенциал на биомаса от селското стопанство

В модерното общество, производството на биогаз чрез АР е широко използван процес за обработка на отпадъци от животновъдните ферми (тор) за производство на възобновяема енергия и торове, с цел подобряване на свойствата на животински отпадъци.

В страни със значително селскостопанското производство, рестриктивното законодателство и нормативните уредби свързани с изхвърляне на животински и растителни отпадъци и рециклирането им е насочено към АР. Освен това, последните изследвания предполагат засилен интерес сред големи земеделски производители за отглеждане на енергийни култури, с цел използването им като суровина за производството на биогаз.

Очаква се разработването на подходящи технически решения за оползотворяване на енергията от селскостопанска биомаса. Селскостопански инсталации за биогаз обработват предимно селскостопански субстрати (напр. тор, растителните остатъци и селскостопански продукти, специализирани енергийни култури, и др.). Отпадъци от животински произход от рода на едрия рогат добитък и свинска тор са основните суровини за повечето инсталации за биогаз, въпреки че през последните години броят на предприятията е нараснал значително, с помощта на специалните енергийни култури.

По размер, функция и място, селскостопански инсталации за производство на биогаз са разделени в три категории:

А. Семейни инсталации за биогаз

Технологията, използвана за изграждане на предприятие за производство на биогаз, е различна в отделните държави, в зависимост от метеорологичните условия и от националния контекст (например, енергийните политики, законодателство, капацитет на енергийната индустрия, и т.н.).

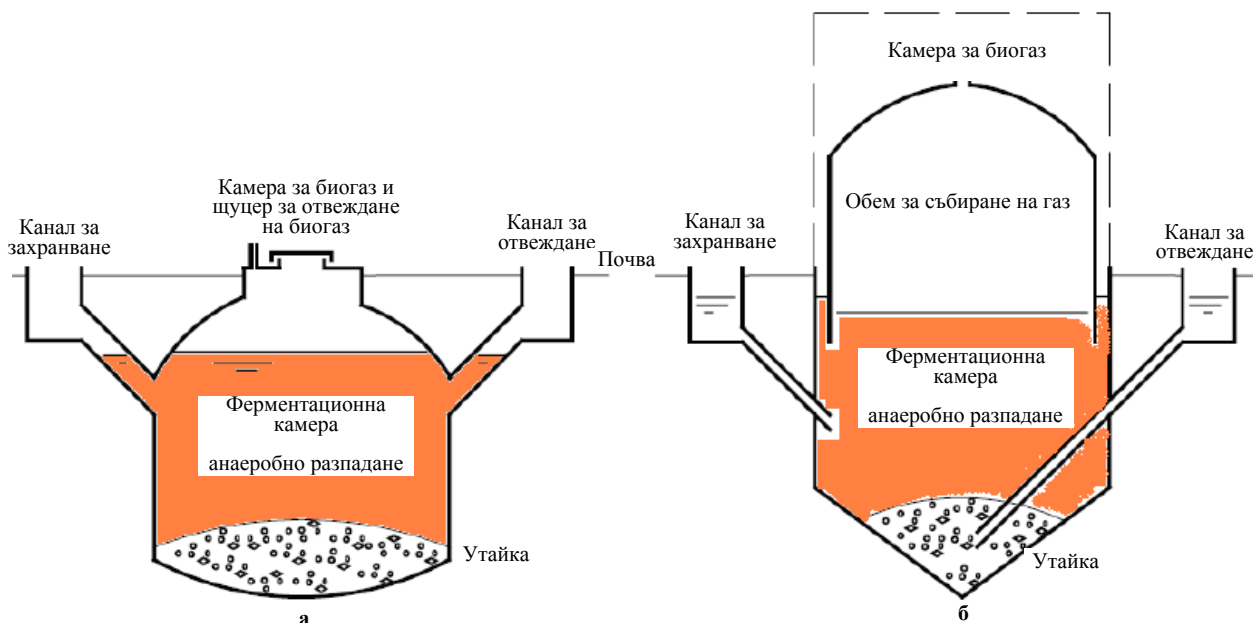
В развиващите се страни като Непал, Китай и Индия, работят милиони семейни инсталации за производство на биогаз, като се използват много прости технологии. Използваната суровина в предприятията за производство на биогаз, идва от домакинства и / или техните малки селскостопански дейности, и биогаза се използват за вътрешни нужди и осветление.

Реакторите са с проста конструкция, евтини, здрави, лесни за управление и поддържане на параметрите, и могат да бъдат построени с локално наличните материали. Обикновено няма инструменти за контрол, защото много от тези реактори работят при топъл климат и имат дълго HRT:

а) Китайският тип (фиг.10.4а) е подземен реактор, обикновено с обем от 6 до 8 m³. Той се хранва с утайки от отпадъчни води, животински тор и органични битови отпадъци. Реакторът работи в полу-непрекъснат режим, нови суровини се добавят всеки ден, и пропорционално на това количество се добавя и съответното количество алкохол със същата периодичност. Този реактор е проектиран за приложение без разбъркване, за които седиментните неразтворени вещества трябва да се отстраняват 2-3 пъти в годината, през който по-голямата част от субстрата се отстранява и само малка част (около една пета от съдържанието на реактора) е оставена като закваска. Първият китайски реактор е построен през 1958 година;

б) Индийският тип (фиг.10.4b), е сходен китайския, т.е. подземен реактор за домакинства и за малки стопанства. Разликата е, че отпадъчните води се събират на дъното на реактора, а поплавъка работи и като резервоар на биогаз;

в) Друг вид на малко-машабно производство на биогаз е вид мобилен завод, който е направен от хоризонтален цилиндричен реактор, хранящ се със субстрат в единия край, а остатъци се събират в противоположния край. Суровината се движи през реактора като огромна маса и една част от отделения материал се връща повторно в реактора за разграждане на добавената суровината, като по този начин се осъществява инокулация.

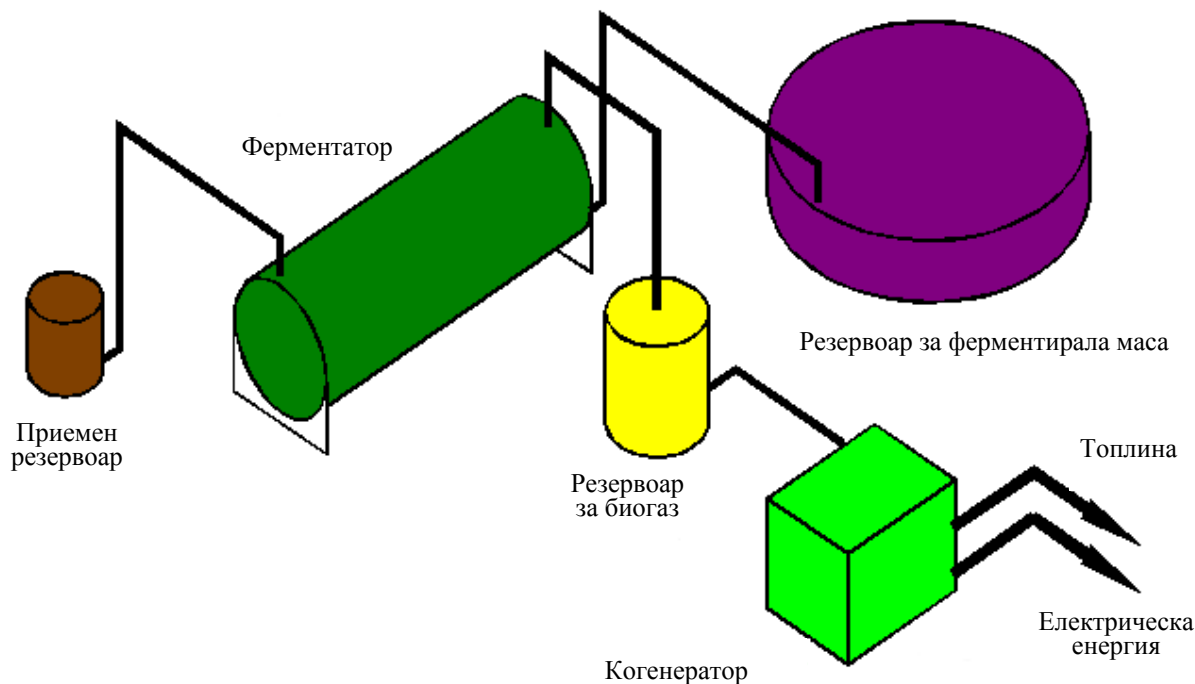


Фиг. 10.4. Вид семейна инсталация за биогаз.

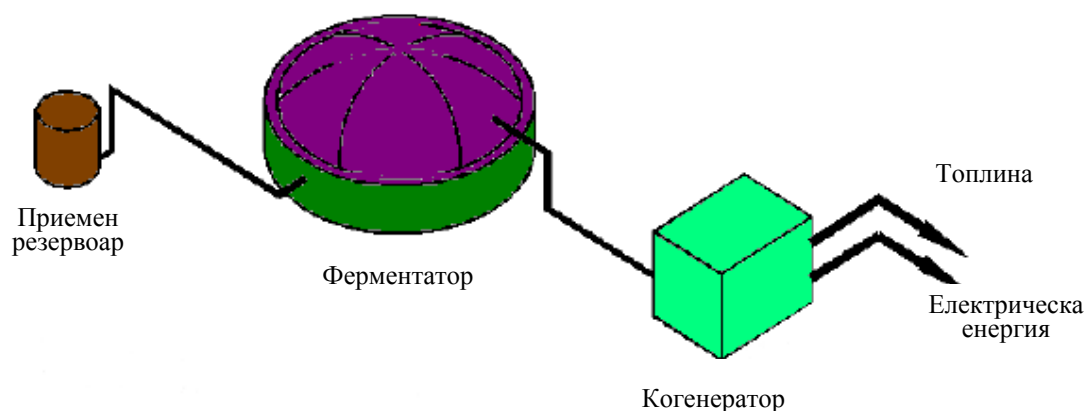
Б. Инсталации за биогаз на ниво ферма

Инсталациите за производство на биогаз на ниво стопанство са предназначени да обслужват само едно земеделско стопанство, чрез разграждане на началната суровина в хода на тяхната дейност. Много инсталации за биогаз използват ко-разлагане с малки количества субстрати, богати на метан (например, отработени масла от рибно преработвателната промишленост, растителни отпадъци, масла и др.), с цел повишаване на производителността на метан. Възможно е също да се предоставят и животински отпадъци, получени от една или две съседни ферми (напр. чрез тръбопровод).

Инсталации за биогаз на ниво стопанство имат различни размери, конструкции и набор от технологии за обработка. Някои от тези стопанства са много малки и се използва проста технология, докато други са много големи и сложни, като централизирани инсталации за ко-разлагане. Въпреки това, всички те работят по един и същи начин: битовите отпадъци се събират в резервоар за предварително съхранение, разположен близо до реактор, който се хранва чрез изпомпване на предварително съхранената суровина. Ферментаторът е изграден като запечатан контейнер, изработен от стомана или стоманобетон и е изолиран, за да поддържа постоянна температурата по време на процеса (мезофилната на около 35 °C, или термофилната на около 55 °C). Ферментаторът може да бъде хоризонтален или вертикален, като обикновено е снабден с устройства за разбъркване, за смесване на субстрата и свеждане до минимум на риска от образуване или флотация на седиментни слоеве. Смесването осигурява доставка на необходимите хранителни вещества за микроорганизмите. Средната HRT е обикновено (20-40) дни, в зависимост от вида на основата и температурата на разграждане. Получената суровина се използва като тор върху земеделските земи, а излишъкът се продава на земеделските производители, които имат култури в околността. Произведеният биогаз се използва като гориво в газови двигатели, за производство на електрическа и топлинна енергия. Суровината, около (10-30)%, се използва за топлинна и електрическа енергия, за нуждите на предприятие за производство на биогаз и потреблението на земеделско домакинство, а излишъкът се продава на енергийните дружества или консуматорите на топлина от околните райони. Основната конструкция на една типична инсталация на ферма за производство на биогаз, от тип хоризонтална реактор с неръждаема стомана е показан на фиг. 10.5 и фиг. 10.6.



Фиг. 10.5. Схематично представяне на инсталация за производство на биогаз с хоризонтален ферментатор



Фиг. 10.6. Схематично представяне на инсталация за производство на биогаз по схема „две в едно“ (Hjort-Gregersen, 2008)

Освен биореактори с обем от $(100-200) \text{ m}^3$, които са обзаведени с устройства за бавно смесване, инсталацията има и резервоар за отпадъци за предварително съхранение и резервоари за съхранение на разграждащата се биомаса, пространство за съхранение на биогаз и агрегат за комбинирано производство на енергия за електрическа и топлинна енергия. Температурата на процеса АР може да варира от мезофилна до полу-термофилна $(35-48)^\circ \text{C}$, а хидравличното време на задържане да варира в рамките на $(15-25)$ дни.

Производството на биогаз е между $(40-50) \text{ m}^3 \text{ биогаз} / \text{m}^3 \text{ обработена биомаса}$.

Ферментаторът може да бъде изграден като вертикален цилиндър с конично дъно, състоящ се от така наречения „две в едно“ резервоар, използван за суровина за съхранение и за обработка. Ферментаторът е изграден във вътрешността на резервоара за съхранение на остатъци непосредствено до стената му, и е покрит с газонепропускаема мембрана, която се задържа опъната под влиянието на произведения биогаз. Резервоарът е снабден с електрическа бъркалка с гребло. Той също има резервоар за предварително съхранение на

субстрат резервоар и СНР. Температура на обработката е (22-25)°C и хидравличното време на задържане е над 50 дни.

Едно съвременно развитие в растениевъдството е използването на биомаса от специализирани енергийни култури. Предимството е енергийното съдържание на този вид на биомаса, което е значително по-високо, отколкото за по-голямата част от органичните отпадъци. Въпреки това, съществуват някои ограничения и проблеми, свързани с оперативните разходи, използването и наличието на земя, за този вид култура.

В. Централизираните инсталации за ко-разлагане

Централизираното ко-разграждане е концепция, базирана на разграждането на животински отпадъци, събрани от няколко ферми, и завод за производство на биогаз, разположен в тях. Централното местоположение на завода за производство на биогаз се прави за да се намалят разходите, времето и труда, необходими за транспортиране на оборски тор и остатъци от фермата до предприятието за производство на биогаз.

Животинският тор е обект на ко-разграждането с различни видове суровини (например, селскостопанските остатъци на смилаеми остатъци от храна, рибарството и агро-промишлени отрасли, сортирани органични отпадъци или утайки от отпадъчни води). Инсталациите за централизирано ко-разлагане (наричани още общности за централизирано ко-разлагане) се използват в голям мащаб в Дания, но също и в други райони с развит сектор животновъдство.

Животинският тор, тора от едър рогат добитък, свине, норка и птичи тор се съхраняват в резервоари за предварителна обработка във ферми и канали за събиране на утайките. От съоръженията за предварително съхранение, отпадъци се транспортират в рамките на схема, създадена за производство на биогаз и специални туби за опаковка. На местоназначението, те се смесват с други ко-субстрати, хомогенизират се и се изпомпват в резервоара за разграждането.

Инсталацията за биогаз се използва за събиране на отпадъци и за транспортирането им от фермата до инсталацията за разграждане в обратно. Остатъците се транспортират директно до полето, където се използват като тор, а фермерите предприемат предварително мерки за правилното им съхранение.

Процесът на разграждане протича както при мезофилните температури, така и при термофилни температури, и HRT е (12-25) дни. След разграждането, има контролиран процес на почистване на основата, за да се постигне ефективно намаляване на патогенни популации и капацитета на кълняемост на семената на плевелите, като по този начин се гарантира безопасното рециклиране на остатъци като тор.

Захранването на реактора е непрекъснато, сместа на биомасата се изпомпва в биореактора и се изхвърлят в равни количества в строга последователност на изпомпване. Отделените остатъци се транспортират чрез тръбопровод до резервоарите за съхранение. В много случаи, тези резервоари са покрити с някои хидроизолационни мембрани, за да се улови и биогаза, произведен при пост-разграждането (достига до 15% от цялото количество), при по-ниски температури. Остатъците се анализират и характеризират по отношение съдържанието на хранителни елементи (DM, VS, N, P, K, pH) и след това се транспортират до фирми (доставчици на суровини) и се съхраняват в резервоари, предназначени за складиране. Земеделските производители получават определено количеството материал, който се разпръсква върху обработваната от тях земя, а излишъкът се продава на съседни ферми. Във всички случаи, остатъците от процеса са включени в плановете за торене на всяка фирма, като по този начин те заменят минерални торове. Така, производството на биогаз е стъпка в цикъла за рециклиране на отпадни вещества от животински тор и органични отпадъци. Централизираните фабрики също са снабдени със съоръжения за отделяне на течни и твърди фракции от AP.

Централизираното ко-разграждане осигурява:

- Рециклиране по евтин и безопасен за околната среда начин - животински тор, органични отпадъци;

- Производство на енергия от възобновяеми източници;
- Намалване на емисиите на парникови газове;
- Подобрена сигурност чрез стерилизация на остатъци;
- Подобряване на ефективността на торене;
- По-малко неудобства, причинени от миризми и насекоми;
- Икономически ползи на земеделските стопани.

Повечето инсталации за ко-разлагане са централно организирани, като кооперативните предприятия и земеделските производители ги снабдяват със суровини, но в същото време те са акционери и собственици. Обикновено тези компании имат борд на директорите, който отговаря за ръководството на предприятието, наемане на необходимия персонал, и опция всички икономически и юридически споразумения за сътрудничество в областта на изграждането на завода, неговите доставки на суровини, разпределение/преразпределение на торове. В Дания, компаниите функционират като кооперации, доказали се като организационни структури, които са икономически значими и функционални.

10.5. Пример за структура, произвеждаща биогаз в рамките на земеделското сдружение

Инсталация за производство на биогаз, използваща царевичен силаж, е изградена въз основа на потенциала от ВЕИ в района на Добруджа, се състои от следните компоненти:



Фиг. 10.7. Платформа за съхранение на силаж и ферментационна група

1. *Платформа за съхранение на силаж от царевица.* Платформата е обградена от бетонни стени. Силозът обикновено е покрит с фолио, за да се предпази силажа от изсушаване;
2. *Багер* или трактор с кофа от 1 до 1,5 m³;
3. *Главен ферментор.* Контейнер от бетон или от неръждаема стомана, в който се поставя ферментационен субстрат. Той е изолиран с двойна мембрана, която действа като място за съхранение на газ и защита срещу UV;
4. *Вторичен ферментор*, подобен на главния ферментор. Той се използва за производство на биогаз в две фази, за да се удължи времето на задържане. Това е мястото, където субстрата се подлага на допълнителна ферментация, където все още се произвежда биогаз и т.н.;



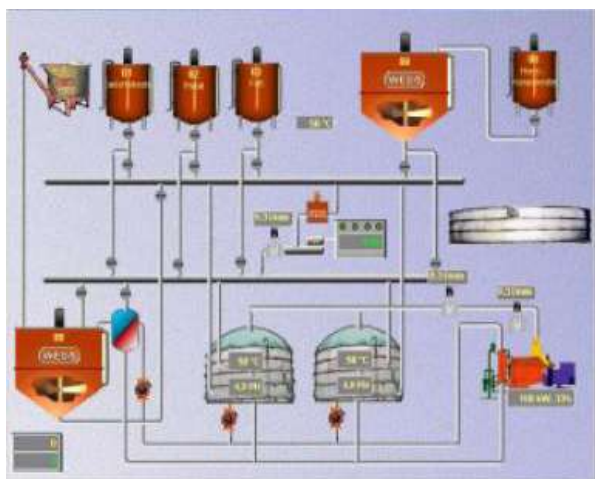
Фиг. 10.8. Дозиращи и смесителни системи

5. *Технологичната структура* на инсталацията може да включва депо за ферментирания субстрат. От тук ферментирания субстрат се приема като отлична биотор, съхранява се в резервоари и се разпространява на пазара;
6. *Двойно изолирани смесителни устройства*, които не позволяват формиране на коричка върху субстрат, който да пречи на свободното освобождаване на биогаз. Те се намират вътре във ферментатора;
7. *Инсталации за отопление и поддържане* на мезофилната температура от около 39 °С, необходими за развитието на микроорганизмите и производството на биогаз. Те са изработени от неръждаема стомана, за да устоят на кисела среда на субстрата;
8. *Контейнер за съхранение на зелена маса*. Гравитационно, съдът може да послужи като висока фуния, или отворен контейнер, но с транспортна система на силос;
9. *Дозатор за зелена маса*. Това е спирала вал (винт), който се управлява и подава точното количество субстрат, необходим за допълване на зелена маса в главния ферментатор;
10. *Система за транспортиране* на субстрата чрез тръби, помпи и сензори;
11. *Биогазова транспортна система*, изградена от тръби, помпи и аналитични сензори;
12. *Система за пречистване на биогаза*. Отделя метан от въглероден диоксид и хидроизолира сярната киселина;
13. *Компресиране на природен газ* за осигуряване на постоянен поток и налягане;
14. *Контейнер за съхранение на метан*;
15. *Пилотен пламък*. Това е една инсталация за изгаряне на неизползван метан. При стартирането на инсталацията, метанът няма необходимото налягане и желаната приемственост и първоначално произведения метан се изгаря. В случай на свръх налягане част от метана също се изгаря. Компактният котел, включително мотор-генератора е компактна инсталация, която изгаря газ метан в газови двигатели, който задвижва електрически генератор. В зависимост от КПД на двигател-генератора количеството топлинна енергия може да надхвърли дори количеството произведена електроенергия. Употребата на голямо количество произведената топлина постоянно увеличава ефективността на предприятието за производство на биогаз. Високата ефективност на комбинираното производство на енергия и възстановяване на топлината енергия, са получени чрез допълнителна субсидия в размер до 55 €/MWh наличната енергия.

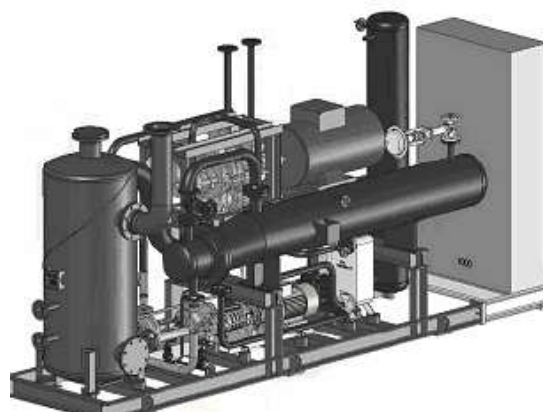


Фиг. 10.9. Биогазова инсталация

16. Контролните съоръжения за производство на биогаз са монтирани табло;
17. Панелът за контрол на управлението осигурява специално проследяване и управление на процеса;
18. Възможност за контрол на технологични процеси чрез интернет;



Фиг. 10.10. Централизирано управление на производството на биогаз



Фиг. 10.11. Мотор-генераторна група

19. Трансформатор за свързване към електропреносната мрежа;
20. Изисквания към електропреносната мрежа до мястото на присъединяване;
21. Транспортирането на произведената топлина изисква мрежа от добре изолирани тръби;
22. Основен трансформатор - оразмерен е в съответствие с нуждите от енергия: за отопление на сгради, отопление на конюшни, рибните стопанства, промишлено производство на пара, охлаждане на хладилни зали, замразяване, сушене на зърно, дървени изделия, "но не на последно място" производство на пара за задвижване на турбогенератори на електроенергия.

А. Изисквания към структурите при производство на биогаз

Анализирайки ситуацията в Добруджа, за установяване колко силажна царевича за производство на биогаз, с мощност от 370 kW се установява следното:

1. Растителен субстрат от силажна царевича 6 800 t/y (приблизителна дневна необходимост на 18,63 t);

2. За да се стабилизира процеса на ферментация са необходими 1 050 t оборски тор;

Всеки тип субстрат има специфична енергия на производителността. Тор от едър рогат добитък има най-добрите характеристики за протичане на процеса на ферментация при производство на метан;

3. Ямите, необходими за съхранение на силажа са с вместимост около 1 700 m²;

4. Багер или трактор с вместимост на повдигача от 1 до 1,5 m³;

5. Ферментор, с общ обем на около 2 713 m³;

6. Помпена станция (в много случаи, става дума за контейнери за предварително съхранение);

7. Разпределител от 35 t;

8. Мотор-генератор с мощност 370 kW;

9. Пречистването на газове е осигурено, като е монтирано устройство в контейнера на мотор-генератора;

10. Депо за субстрати, ферментирали най-малко шест месеца (около 4 691 t);

11. Платформа за производство на биогаз с мощност от 370 kW изисква около 1 ha земя.

От функционална гледна точка, на фиг. 10.12 е представена функционалната схема на структурите за производство на биогаз.

Б. Оценка на разходите, свързани с реализиране на структури за производство на биогаз

Разходи за суровини, необходими за осигуряване на субстрат

Инсталация за производство на биогаз на основата на царевичен силаж с мощност от 370 kW изисква:

1. Царевица за силаж в размер на около 6 800 t;

2. За стабилизиране на производството са необходими близо 1 050 t оборски тор;

3. Средната производство на царевичен силаж за хектар е 40 t;

4. Времето на събиране на силажа е около три месеца;

5. Площта необходима за осигуряване на 6 800 t е 170 ha;

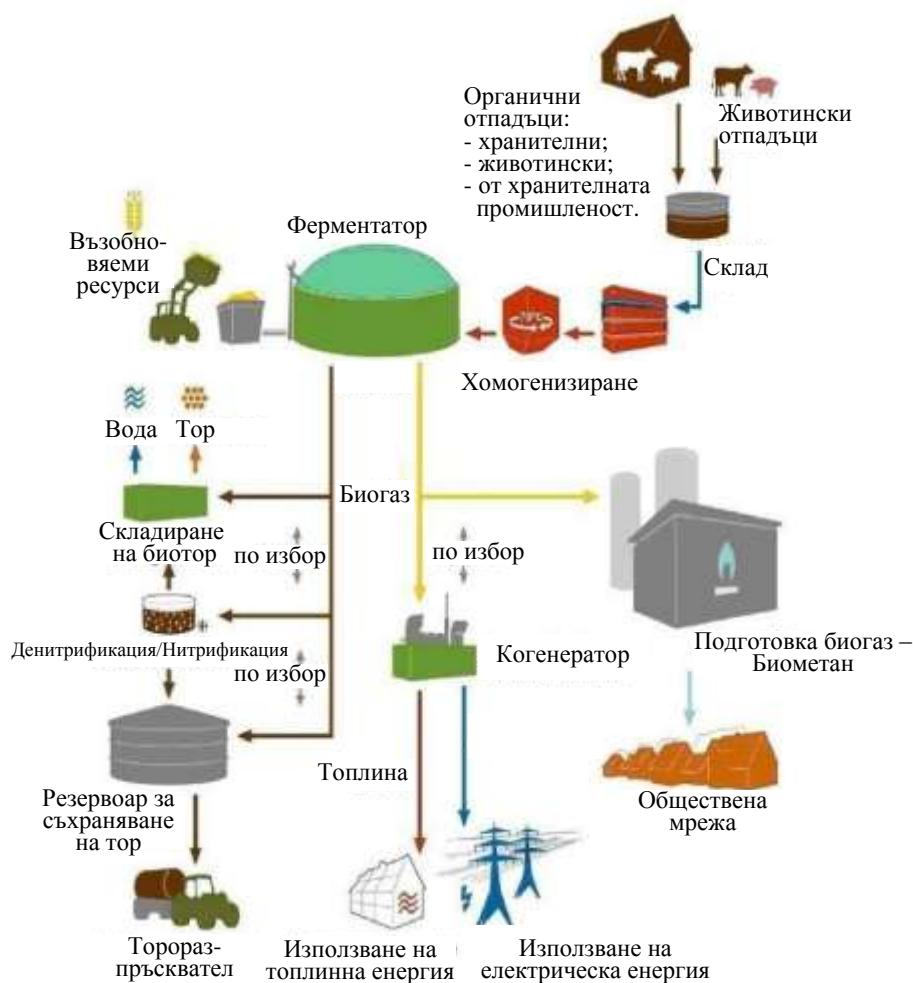
6. Изкупната цена може да бъде по-висока от цената на пшениченото зърно за производство на хектар. През 2009 г. пшеницата е с цена е 0,35 €/kg. Максималното производство е 7 500 kg/ha. Така че може да получи до 2 625 RON/ha. От тук може да се пресметне, че цената на царевичен силаж не може да струва повече от пшеница. По тази причина е допустима цена до 2 625 RON за 40 t на силос, и до 65,62 USD/t или 0,06 €/kg;

7. Максималната цена при покупка на 6800 t на силос е около 446 250 RON;

8. За стабилизиране на производството се изисква около 1 050 t оборски тор, в случай че е на свински тор количеството се увеличава до 1 580 t;

9. Оборския тор няма продажна цена. Цената му е структурирана, както следва: на базата на цената на горивата за транспорт, труд и амортизация, изчислена за 10 тонни общи резервоари;

10. Практиката показва, че цената на потреблението, труда и амортизацията може да се доближава до 0,35 €/km. За земеделска площ, която има всички ресурси, споменати по-горе в радиус от 15 km, цената може да се доближава до € 1,05/t.



Фиг. 10.12. Структурна схема на инсталация за производство на биогаз

Оценка на печалбите от продажба на енергия

1. Инсталация за производство на биогаз на основата на царевичен силаж с мощност от 370 kW произвежда:
 $1,370 \text{ kWh} \times 24 \text{ h} \times 365 \text{ days} \times 0,93 = 3,014.316 \text{ kWh}$;
2. Средната цена на фондовия пазар, отчетена през 2010 г. е 0,040 € / kWh;
3. За всеки MWh, произведен и вкаран в националната мрежа ANRE изисква със закон 220/2008 издаване на три зелени сертификата на стойност между € 27 и издаване на € 55 (за 2010 г. стойност е 55 €/CV). ANRE запазва очакваната стойност на CV на 55 евро за следващите 10 години, дължащи се на високите изисквания от страна на производителите на електроенергия по конвенционалните методи;
4. Затова 3,014,316 kWh електроенергия могат да се продават със средна цена 0,205 RON/kWh, или общо 617,934 € за година;
6. Предприятието за производство на биогаз също така произвежда и топлина. При 44,7% топлинната ефективност на двигател-генератора топлинната енергия, за продажба е 2953 MWh годишно;
7. Продажната цена на топлинната енергия е 0,040 €/кВтч. Като се има предвид, че само 60% от топлинната енергия е на разположение за продажба, ако има собствени възможности за потребление, тогава печалбата е 70,872 € за година;
8. При тези условия използването на 1/4 CV със стойност от 55 € / MWh топлинна енергия. ще бъдат дадени за високоефективно комбинирано производство и топлинна използване на енергията. При тези обстоятелства приходите ще бъде € 165,787 годишно;
9. Обща сума на печалбите, направени в рамките на една година са:

$$617,934 \text{ €} + 70,872 \text{ €} + 165,787 \text{ €} = 854,593 \text{ €}.$$

Производителност и печалба

А. Производствени разходи зависят от източника на суров материал. В анализа авторите са започнали да купуват на свободния пазар царевичен силаж при цена 14€/t и 2,50 €/t за животински тор.

Производствените разходи за мощност от 370 kW се оценяват на около € 296,491 през първата година и включват: изграждане на завод за производство на биогаз, разходите, свързани с отчитане цената на услугата за мотор-генератор и биогаз, растенията и тора, разходи за съхранение, за придобиване, данни и анализи, технически разходи за персонал, потребление на електроенергия от около 5% за ANRE лицензионни такси и др.

Б. За първата година получената брутна печалба от 558 102 €.

Стойност на инсталация за биогаз

Според анализа в тази глава и консултации с водещи европейски доставчици в областта посочените разходи са оценени на 1,45 млн. €, към които са добавени предварителната работа и необходимата селскостопанска техника.

За една такава инвестиция е избран завод за производство на биогаз с мощност 526 kW, инсталиран през 2010 г. в окръг Bihor. Разходите за предварителната работа на местно ниво и минималното обзавеждане за производство, селскостопанска техника и транспорт, са в размер на 2 881 000 €.

В същия контекст трябва да се отбележи, че производството на възобновяема енергия от биомаса е субсидирано с невъзвръщаемост (50-70)%, в зависимост от програмата, за която се кандидатства.

10.6. Потенциал на биомаса на територията на Република България

В природата съществува голямо разнообразие от видове биомаса, подходящи за преработка или директно изгаряне с цел добив на енергия. Основните видове са:

- дървесина. Тя е за отопление и отпадна дървесина от горскостопанските работи. Интерес по отношение на производството на биогаз представляват бързорастящите видове разпространени в България – върбови и тополови.

Общо залесената площ възлиза на 3 651 243 ha (което представлява около 33 % от територията на България). Процентното разпределение по видовете гори е илюстрирано на фиг. 10.13.



Фиг. 10.13. Структура на общата залесена площ по видове гори

- маслодайни култури за производство на течни биогорива - слънчоглед, рапица, соя, семки от грозде, семки от памук и др.;

- твърди селскостопански отпадъци от земеделски култури - слама, царевични стъбла, слънчогледови стъбла, люспи от слънчоглед и др. В миналото в България е имало практика за използването на сламата като енергиен ресурс – за отоплителни цели, а в първата половина на 20 век – и като гориво за локомотивите на вършачните машини. Съществувала е

добре развита практика за прибиране на значителна част от наличната слама от полето и използване в животновъдството и в целулозно-хартиената индустрия. Имало е случаи на транспортиране на балирана слама на сравнително големи разстояния, за нуждите на целулозно-хартиената промишленост. Лозовите пръчки и клоните от резитба на овощни дървета също са били използвани като гориво в миналото. Тази практика може да бъде улеснена чрез надробяването им на трески близо до местата на резитбата, по подобие на надробяването на трески на клони и вършина от горското стопанство. Твърдите селскостопански отпадъци се генерират при отглеждането на земеделски култури и тяхното количество е в пряка зависимост от добитата годишна реколта и реколтираните площи. В таблицата по-долу са представени средните годишни количества на селскостопанските отпадъци, които могат да бъдат използвани за енергийни цели.

Таблица 10.3

Дялове на твърдите селскостопански отпадъци

	Добив на земеделски култури, т/г.	Дял на селскостопанските отпадъци, %
Пшеница + ечемик + ръж (средногодишно за периода 2000-2005 г.)	4 450 000	61 [*]
Царевица (средногодишно за периода 2000-2005 г.)	1 406 000	128 ^{**}
	Реколтирани площи, ха	Селскостопански отпадъци, кг/ха ***
Слънчоглед	635 000	2 000
Лозя	85 000	2 000
Овощни градини	38 000	1 550
Тютюн	40 000	1 250

Сламата е твърд селскостопански отпадък, който в страната се използва основно в растениевъдството и животновъдството. Около 20 % от нея е възможно да се оползотворява за енергийни нужди. Останалите видове твърди селскостопански отпадъци нямат друго приложение и делът на използваните за енергийни цели количествата е съобразен с максималните възможности за събирането им.

Таблица 10.4

Количества твърди селскостопански отпадъци

Видове твърди селскостопански отпадъци	Общи количества, т/г.	Оценен дял на наличните % неизползвани количества	Налични неизползвани количества, т/г.
Слама	2 714 500	20	542 900
Царевични стъбла	1 799 680	60	1 079 808
Слънчогледови стъбла	1 270 000	60	762 000
Лозови пръчки	170 000	80	136 000
Клони от овощни дървета	58 900	80	47 120
Тютюневи стъбла	50 000	80	40 000

Възможните методи за преобразуване на биомасата в енергия включват: директно изгаряне с оползотворяване на топлината, газификация или пиролиза (при която се получава горивен газ) и бърза пиролиза (при която се получава течен горивен продукт). Твърдите селскостопански отпадъци могат да се използват и като гориво за стирлингови двигатели. Съществуват методи за производство на етанол от целулозните компоненти на биомасата, както и на въглеродороди от нейните лигнинови компоненти. От всички изброени методи, най-ефективно е директното изгаряне.

-течни селскостопански отпадъци от животни – фекалии. Информация за домашните животни отглеждани в големите ферми е представена в табл.10.5.

Таблица 10.5

Количества тор, отделян в големите ферми

Вид на животновъдните ферми	Брой на животните в големи ферми	Средно дневни количество тор от 1 животно, кг суха маса/ден	Годишни количества тор, отделяни в големите ферми, т суха маса/г.	Енергиен еквивалент на биогаза, тне/г.
Говеда и биволи	127 205	4,0	92 860***	20 000
Свине	462 070	0,6	101 193	21 800
Птици	12 000 000	0,03	131 400	28 200
Общо			325 453	70 000

Количеството генериран биогаз зависи от редица фактори. При добра експлоатация на съответната инсталация е възможно да се получи биогаз с енергиен еквивалент 2150 kcal/kg суха маса тор. Това отговаря на получаването от 1 тон суха маса тор на 500 m³ биогаз с 50% съдържание на метан (долната топлина на изгаряне на метана е 35 818 MJ/m³).

Така определеният енергиен потенциал на биогаза би могъл да се използва за генериране на около 325 GWh/у електроенергия;

-твърди индустриални отпадъци - хартия, талаш, стърготини от дървопреработване, мебелна промишленост, производство на строителна дограма и др.;

-течни индустриални отпадъци – основно от хранително вкусовата промишленост;

-твърди градски отпадъци - органични твърди фракции от домакинствата и търговския сектор (над 70% от нетретираните отпадъци подлежат на биологично разпадане);

-течни градски отпадъци - отпадни води, утайки от пречиствателните станции и др.

Начините на използване на биомасата са няколко:

-пряко изгаряне без преработка - дърва за огрев;

-изгаряне след надробяване - дървесни трески и кори за отопление и комбинирано производство;

-изгаряне след механично пресоване - дървесни брикети, пелети за отопление от слънчогледови люспи, от талаш и др.;

-индиректно изгаряне - след преработка в газообразни биогорива - биогаз, сметищен газ, канализационен газ. Биогазът е със състав - метан (~70 %) и въглероден двуокис (~30).

Калоричността на 1 m³ при атмосферно налягане е около 22 600 kJm⁻³. Това е приблизително равностойно на 1 литър мазут или около 6,4 kWh. Разновидност на биогаза е сметищният газ, получаван при разлагането на отпадъците в сметищата. В него метана е около 54%. Използва се също и канализационният газ. Той се получава в резултат на анаеробна преработка на канализационни утайки;

-индиректно изгаряне след преработка в течни биогорива - сурово растително масло, биоетанол, биометанол, биодизел.

Ефектът от използването на биомасата е следният:

- премахването на отпадъците от дърводобива и дървопреработката, които водят до замърсяване на околната среда, до пожари в горите, до запълване на сметищата и депата за битови отпадъци и са причини за пожари в тях;

- решаването на проблема с отоплението на училища, детски градини, обществени сгради, частни домове и др. на ниска цена;

- намаляването на количествата на отделените вредни емисии във въздуха;

- икономически, социален и екологичен ефект от производствата;

- спасяването на хиляди m^3 гора от изсичане в резултат на оползотворяването на отпадъчна биомаса;

- намаляването на замърсяването на атмосферния въздух в резултат на употребата на биодизелови горива – те отделят по-малко вредни емисии. Биодизеловите горива се разграждат четири пъти по-бързо от дизеловите. Биодизеловите горива съдържат пренебрежимо малки количества от сяра, което намалява опасността от киселинни дъждове.

Използването на биомасата има двоен ефект. От една страна се получава биогаз, който се използва за получаване на енергия след изгаряне. От друга страна изгарянето на метана намалява неговото количество в атмосферата на планетата, с което се намалява парниковия ефект получават от него.

План за действие за биомасата

Планът за действие (2005 г.) определя мерките за повишаване използването на биомаса от дървесина, отпадъци и селскостопански култури чрез създаване на пазарно ориентирани инициативи и премахване на бариерите за създаване на пазар. По този начин ЕС ще намали зависимостта си от внос на енергийни ресурси, ще редуцира емисиите на парникови газове и ще стимулира развитието на селските райони. В настоящия момент ЕС задоволява 4 % от своите енергийни нужди с биомаса. В случай на пълно използване на потенциала на биомасата през 2010 г. този процент ще се удвои (от 69.10^3 toe през 2003 г. до около 185.10^3 toe през 2010 г.) при спазване на добрите практики в селското стопанство, гарантиране на устойчиво производство на биомаса и без значително да се засяга местното производство на храни.

10.7. Структура и специфика на конструкцията на биогазова инсталация. Технологичен процес - ферментация при естествени условия, мезофилна и термофилна технологии. Баланс на топлинните потоци във ферментатора

Получаването на биогаз е резултат от анаеробно разпадане във ферментор. Резултат от ферментирането е биогаз и биотор. Биоторът се използва за наторяване на почвите. От биогаза след изгаряне се получава електроенергия и топлинна енергия. Топлинната енергия е подходяща за отопляване на сгради, парници, ферми и др. Изчислено е, че около 10 % от материала се използва за храна на бактериите, а останалите около 90% се превръщат в метан.

Основният параметър, по който се различават технологиите за производство на биогаз е температурата. Известни в практиката са следните технологии:

- ферментация при естествени условия;

- мезофилна технология;

- термофилна технология.

За ферментацията при естествени условия се използват покрити вместиимости, при температура на околната среда. Отделения газ е в неголеми количества. Времето за ферментация е над 60 денонощия. Такива системи работят в тропиците и субтропиците. Полученият газ е много евтин. Тази технология е неефективна за промишлено производство.

Мезофилната технология, изисква точно поддържане на температура от порядъка на 36°C . Добивите на биогаз са големи. Времето за ферментация е сравнително дълго 5 седмици. Предимство на технологията е поддържането на сравнително ниска температура, което намалява експлоатационните разходи. Недостатък е необходимостта от допълнителна пастеризация, което усложнява инсталацията и изисква допълнителни капиталовложения и

експлоатационни разходи. Това се налага поради ниската температура във ферментатора, поради което не се обеззаразява получения тор.

Термофилната технология изисква поддържането на температура 56°C . Добивите на газ са по-големи. Времето за ферментация е по-късо. Поради високата температура, поддържана във ферментатора не е необходима допълнителна пастьоризация. Недостатък на технологията е поддържаната по-висока температура, което налага по-добра изолация, съответно по-големи капиталовложения и по-големи експлоатационни разходи. Такива системи изискват по-точен контрол на параметрите на процеса, защото е възможно отделяне на амоняк, което може да въздейства лошо на бактериите и да забави ферментацията. Такъв тип инсталации се използват предимно в Германия, Дания и други скандинавски страни.

Биогаза е богат на метан газ. Метановото съдържание е от 50 до 85%. В състава си съдържа също така и въглероден двуокис от 15 до 40% ,азот, водород, кислород и сероводород. Производството на метан от биомаса се реализира на различни етапи на преобразуване на органичната материя. За да достигне до метана (CH_4) и въглеродния диоксид (CO_2), които са крайните продукти, е необходима една система от микроорганизми, които преобразуват органичните съединения в органични водородни киселини и въглероден диоксид. Също така са необходими микроорганизми, които преобразуват органичните киселини до оцетна киселина и следва декарбоксилация отново до метан. Преобразуването на целулоза до метан може да стане чрез смес откултивирани микроорганизми, която съдържа водород, CO_2 и летливи мастни киселини. Летливите мастни киселини се преобразуват до оцетна киселина CH_3COOH от която впоследствие чрез декарбоксилиране се получава метан. До метан могат да се преобразуват и вещества като алкохоли и алдехиди. Анаеробната ферментация е процес, който се извършва във ферментаторите за получаване на биогаз. Той съдържа до 70 % метан, CO_2 и биошлам. Метаногенните бактерии синтезират метан непосредствено от водород и въглероден двуокис. За увеличаване на метаногенната активност са създадени щамове бактерии чрез методите на генното инженерство. Анаеробната ферментация се състои от разлагане на органичен материал в отсъствие на кислород. За да стане този процес по оптимален начин, с оглед максималното извличане на метан, е необходимо да се постигне определена физическа консистенция и химически състав на субстрата, което става чрез смесването на подходящи съотношения на различните видове отпадъци чрез специални миксери и добавяне на вода. Биологичната процедура на ферментацията се състои от три фази. Към първата фаза бактерии от киселина трансформират сложния органичен под слой на прости органични киселини. Продуктите на тази фаза са газови киселини с кратка връзка. През втората фаза метаногенните бактерии трансформират киселините от първата фаза към газови продукти (CH_4 , CO_2). Полученият метан CH_4 , излизащ от системата се акумулира и се използва като гориво. Окончателното бактериално преобразуване на органичните вещества във CO_2 и CH_4 се осъществява на третия етап от процеса. Освен това от CO_2 и H_2 се образуват допълнителни количества CH_4 и H_2O . Изследванията показват, че големият процент на получения метан произхожда от директното трансформиране на оцетна киселина, а останалият – от въглеродният диоксид. Изчислено е, че около 10 % от органичния материал се използва за храна на развитите бактерии а останалото се трансформира в метан. Главният технико-икономически параметър, по който се диференцират реакторите е топлината в тях. Има три основни температурни технологии, които намират приложение в съвременната промишленост. При първата технология се използва събирането на метан от покрити вместимости, например лагуни, което става при температура на околната среда. Отделения газ е в неголеми количества. Времето за ферментация в покритите лагуни е над 60 денонощия, което ги прави неефективни за устойчиво енергопроизводство. Такива единични системи работят в тропиците и субтропиците. Те са възможно най-евтините производства на биогаз. Втората технология, така наречената мезофилна технология, предвижда строго дефинирана температура от порядъка на 36°C , която е характерна температура за мезофилните метаногенни бактерии и добивите на биогаз са много големи. Времето за ферментация

обикновено е 5 седмици. Следва да се има в предвид, че температурата във вертикалните ферментатори на повърхността е около 41 °C, докато в ниската му част, която в някои конструкции е подземна е 35 °C. В САЩ системите за мезофилна технология са по-сложни и съответно по-скъпи, защото е нужно да се подгряват резервоари за пастьоризация на торова маса, което е свързано с допълнителни капиталовложения и експлоатационни разходи, но осигурява обеззаразен биологичен тор. Третата технология е термофилната. Предвижда строго дефинирана температура от порядъка на 56 °C, която е характерна температура за термофилните метаногенни бактерии, при които добивите на биогаз са по-големи в сравнение с по-горе разгледаните. Времето за ферментация е по-късо и степента на деградация на торовата маса е по-голяма. Допълнително предимство на тази технология е, че не е нужно да се подгряват пастьоризатори за хигиенизация на остатъчната торова маса. Ферментаторите и другите инсталации по тази технология са по-скъпи, защото изискват по-добра топлоизолация и имат по-голям разход на енергия, въпреки че в тях престоят на торовата маса е по-малък. Такива системи изискват по-прецизен контрол защото риска от отделяне на високо количество амоняк е по-голям, което може да доведе до унищожаване на бактериите и до забавяне на ферментацията. Тези инсталации се използват по-рядко, предимно в Германия, Дания и други скандинавски страни. Концентрацията на водородни йони или рН стойност оказва влияние върху жизнената дейност на микроорганизмите. Най-добре протичат жизнените процеси при $pH = 7,2 - 7,4$.



Фиг. 10.14. Биогазова инсталация на фирмата EISENMANN

След около 15 дни метаногенните бактерии се развиват и се получава бавно спадане на киселинността, защото киселините се превръщат в метан. Тогава рН на средата се намира между 7 и 8 (средно и леко алкална). Ако за средата рН е 9 то развитието на метаногенните бактерии се увеличава, но за сметка на това развитието на ацидогенните бактерии намалява. Поддържането на оптимално рН на средата се постига чрез строго спазване на

технологичния процес. Ако рН падне под 6,2 средата ще има токсичен ефект върху бактериите. Възможна е корекция, чрез внасяне на алкално действащи вещества по време на ферментационния процес, но не е желателно. Бактериалната храна има основни съставки органичен въглерод С (Carbon) и органичен азот N (Nitrogen). Затова входящите суровини, торовата суспензия, например, следва да имат подходящо съотношение на азота, под формата на протеини и на въглерода, под формата главно на въглехидрати. Въглехидратите определят енергията, която получават бактериите, а на протеините се дължи растежът им. Съотношението на въглерода и азота в суспензията се смята за оптимално ако е $C:N = 30:1$. Най-доброто съотношение е 14 – 19:1, което съответства на суспензия, съставена почти изцяло от животинска тор, съпътстващи тора отпадъци от животни, фермата и вода. При това отношение ферментаторите работят много стабилно, тяхната работа се влошава в два случая: Първият е когато $C/N < 10$. Вторият е когато $C/N > 60$. Ако азотът е сравнително много (случай 1), то въглерода бързо ще бъде изконсумиран, а азота ще остане неоползотворен напълно, което води до отделяне на миризливи и негорими амонячни газове. Ако въглерода е относително много (случай 2), то азотът бързо ще бъде изконсумиран а въглерода ще остане неоползотворен напълно, което ще доведе до забавянето на отделянето на метан. Отношението C/N на торовата маса може да се увеличи чрез добавяне на въглеродосъдържаща биомаса, но при условие, че то се запази по-малко или равно на 30:1. Ролята на добавките е не само за интензификация на газоотделянето, но и до пряко нарастване на енергийния добив, тъй като към потенциала на животинския тор се прибавя и потенциала на добавките. Присъствието на тежки метали, антибиотици, измивни препарати и други елементи, използвани в селското стопанство може да има забавящ ефект върху ферментационния процес. Този ефект настъпва при концентрации на мед Cu (10 – 250 mg/l); калций Ca (8000 mg/l); натрий Na (8000 mg/l); магнезий Mg (3000 mg/l); никел Ni (100-1000 mg/l); цинк Zn (350-100 mg/l) и други.

Принципната схема на стандартна биогазова инсталация на фирмата EISENMANN (фиг.10.14) се състои от:

- хоризонтален първичен ферментор;
- степен за термична дезинтеграция;
- вертикален цилиндричен вторичен ферментор.

Инсталацията работи автоматично. Тя е обзаведена с електронна система за контрол на основните параметри и управление на процесите.

Основният (първичен) ферментор представлява реактор от топлоизолирана стоманена тръба с хоризонтален вал на разбърващия механизъм и система за дрениране на пясъка и утайките. Сухите, твърди субстанции се подават във ферментора чрез самостоятелна шнекова система, докато течните се подават чрез помпа. В първичния ферментор тези субстанции се смесват и разбъркват интензивно. Ферментацията се извършва при постоянна температура между 30 °C и 55 °C. При тази ферментация (мезофилна метанизация) се добива около 60-70% от количеството биогаз.

След престоя в първичния ферментор, субстанцията се подава в термичния дезинтегратор, където се извършва термично разпадане. Термичното разпадане увеличава добивът на биогаз. За целта субстанцията се нагрява до 70 °C. При такава температура трудно разградимите съставки, като целулозните стени на растителните клетки се разпадат. Това дава възможност на клетъчното съдържание да ферментира и да се отдели допълнително количество биогаз. Термичната дезинтеграция повишава ефективността и рентабилността на инсталацията. Загряването на материала до 70 °C осъществява процеса на пастьоризация.

След термичния дезинтегратор, субстанцията се подава във вторичния ферментор. В него става окончателната ферментация и напълното разпадане на органичните съставки до метан. Ферментаторът представлява вертикален, топлоизолиран цилиндричен съд, покрит с двойна, еластична, херметически уплътнена мембрана. Това дава възможност в него да се

събира и съхранява цялото количество произведен биогаз, до момента на използването му. Ферменторът е обзаведен със стенно отопление и бъркалки.

Управлението на процеса от електронна система има следните основни задачи:

- контрол и автоматично поддържане на температурата в трите ферментора - в първи 30°C до 55°C, във втори ферментор до 70°C и в трети ферментор 30°C до 55°C;
- управлението на бъркалки и помпи;
- моделиране на процеса производство на биогаз и планиране на подаването на входящи суровини и енергия за отопление, симулиране на добива на биогаз;
- чрез симулиране на процеса, се търсят управляващи въздействия, осигуряващи голям добив на биогаз при минимален разход на енергия. За намаляването на разхода на енергия за нагряването на инсталацията, чрез симулация с модел се определя подходящия момент за подаването на енергия за нагряване.

10.8. Инсталация за производство на пиролизен газ. Структура и специфика на конструкцията на инсталация за производство на пиролизен газ. Видове технологични процеси. Управление на инсталация за производство на пиролизен газ. Критерии за управление на инсталация за производство на биогаз.

Пиролизата е термохимичен процес. При него се извършва термична конверсия на отпадъците при температура (400-600)°C в отсъствие на кислород (фиг.10.15). В резултат се получава пиролизен газ, съдържащ метан, кондензирани газове, пиролизно масло, пиролизен въглен и др. Полученият пиролизен газ се ползва за изгаряне в ко-генератор при което се произвежда ел.енергия и топла вода. Част от него може да се използва като метан за автомобилния парк. Електрическата енергия и топлата вода се консумират в населеното място. Останалите отпадни суровини се продават като заместители на мазута, в химическата промишленост или за наторяване.

Суровини за производство са отпадни каучукови изделия, отпадни пластмасови изделия, отпадна хартия, отпадни продукти от земеделието, твърди битови отпадъци, промишлени отпадъци и др.

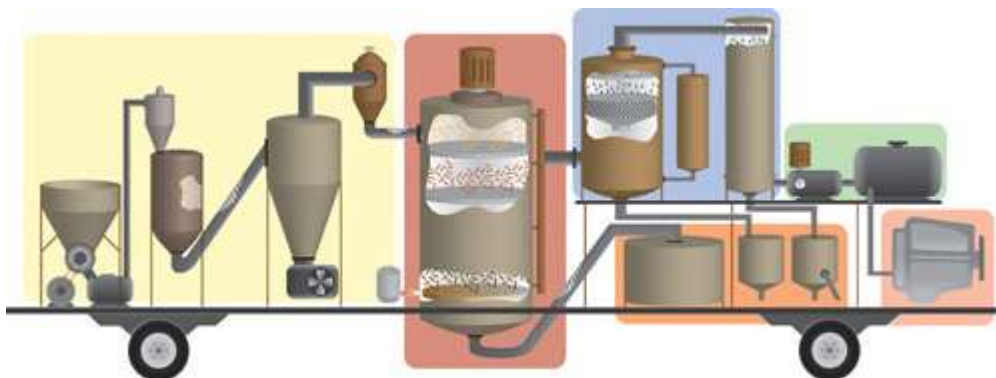
Мобилната инсталация за преработка на отпадни суровини е предназначена за термохимична обработка на отпадни въглеводородни продукти в условията на вакуум. Тя може да преработва следните видове отпадъци:

- промишлени - гума, пластмаса, хартия, текстилни отпадъци, трупно брашно, отпадъци от консервната промишленост, като костилки, семена, обелки и др.
- битови отпадъци.
- отпадна биомаса, като клони, съчки, отпадъци от резитбата от лозя и овощни градини, отпадна земеделска биомаса като слама, царевичак, слънчогледови пити, повредени семена, отсежки и др.

В по-голямата си част тези отпадъци съдържат въглеводороди, масла, фосфатиди, захари и много други съставки, които извлечени по подходящ начин са много ценни суровини за получаване на биогорива. Употребата на биогорива има редица предимства пред ископаемите, като се започне от тяхната практическа неизчерпаемост и се премине през финансовите ползи от тяхната преработка и се стигне до екологичните преимущества.

Предложените принципно нови технологии и обзавеждане преработват отпадните продукти, така че от една страна да се получат евтини и с широка употреба горива, от друга да се решат проблемите с преработката на технологични и други видове отпадъчни продукти. Така се създават условия за съвместно постигане на две от най-важните цели на всяко предприятие, генериращо отпадъци в своята дейност – постигане на безотпадно екологично производство и намаляване на себестойността на произвежданите продукти, чрез усвояване на допълнителна „енергия”.

На фиг. 10.15 е показна пиролизна мобилната инсталация за преработка на отпадни суровини.



Фиг. 10.15. Пиролитична мобилна инсталация за преработка на отпадни суровини:

-приемно-входящи устройства; -вакуум пиролитичен реактор;
 -кондензатори пиролитични фракции; -компресор и съд за газов кондензат;
 -съдове за готова продукция; -газодвигателна електростанция.

Инсталацията е с автономно захранване и произвежда сама всичките необходими енергоносители, което и позволява да работи самостоятелно. Характеризира се с непрекъснат цикъл на действие за постигане на ниски загуби на енергия, гарантиране на технологичния режим и рециклиране на вложената енергия.

Вакуум пиролитизата е термохимичен процес в условията на вакуум среда, който превръща въглеводородните суровини в три основни ценни продукта: течена фракция (биомасло), газова фракция (основно газ метан) и пиролитичен въглен. И трите продукта намират широко приложение в индустрията и енергетиката. Най-ценен е течният продукт - биомасло, което може да бъде изгорено в дизелов двигател, в газова турбина, в пещ или да бъде използвано като суровина за химически заводи. Това е гориво с висока плътност и висока енергийна стойност, лесно може да бъде транспортирано и съхранявано. Газовата фракция също намира приложение в газодвигателни електростанции, двигатели с вътрешно горене, котли, пещи и др. Твърдата фракция е пиролитичен въглен, който се ползва в химическата промишленост и за горене.

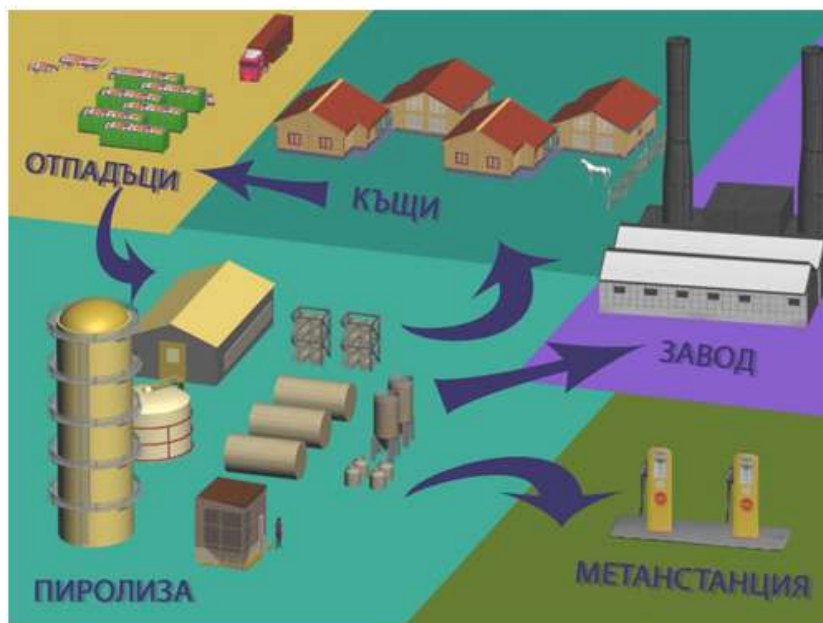
Бързопиролитичната технология може да се осъществи при сравнително ниски инвестиционни разходи и висока енергийна ефективност в сравнение с други процеси, особено при по-малки размери на оборудването. При подходящи параметри на процеса може да се добива преимуществено една или друга фракция. Например при висока температура и продължително време на обработка се получава основно газова фракция. При ниска температура и продължително въздействие се получава основно твърда фракция – въглен, а при средно ниски температури и кратко време на въздействие се получава основно течна фракция – биомасло. Вакуум пиролитизата има редица предимства пред атмосферната и в редица случаи е най-удачната термична конверсия на въглеводородните продукти, поради по-ниската си температура, липса на допълнителен инертен топлоносител, условия за по-бързо механично разграждане и др.

Чрез добавянето на подходящи смесителни устройства може да се получи цяла гама нови течни горива. Основните компоненти на тези горива са течен носител и смляно твърдо вещество.

Течният носител може да бъде еднокомпонентен или смес от две или повече течни горива. Като течно гориво се ползват основно биогорива, получени от възобновяеми суровини, като тежка фракция биопиролитично масло, лека фракция биопиролитично масло, пречистен глицерин, отпадни масла и др. Твърдото въглеводородно вещество също може да бъде еднокомпонентно или смес от едно или повече твърди въглеводородни вещества. Твърди смлени въглеводородни материали могат да бъдат: материали от възобновяеми източници, като пиролитичен въглен, карбонизирана биомаса, изсушена биомаса, също така и неорганични суровини, като каменни въглища, отпадъци от гумени изделия, пластмаса и др.

Смесването на течен носител и твърдо вещество от еднокомпонентни съставки или повече компонентни съставки образува широка гама от възможни горива. Най-широко приложими и масови са горивата от органични възобновяеми източници, като пиролизни биомасла-пиролизен въглен, глицерин-пиролизен въглен, пиролизни масла-карбонизирана биомаса, пиролизни масла-смяна биомаса, глицерин-смяна или карбонизирана биомаса, отпадни масла-пиролизен въглен или биомаса и много др.

На фиг.10.16 е показано приложение на течни горива получени с вакуум пиролиза.



Фиг.10.16.Приложение на течни горива, получени с вакуум-пиролиза

Течните горива базирани на продукти от вакуум-пиролизата на отпадни въглеводородни суровини са евтини, с висока калоричност, екологични, удобни за съхранение, транспорт и употреба. Тези горива поради широката суровинна база са в състояние да заместят до 50% от използваните сега конвенционални горива: въглища, природен газ и нефт. Производството на новите течни горива разполага с широка суровинна база, евтини и лесно достъпни суровини. Получените горива са широко приложими, екологично чисти и не на последно място икономически изгодни и са в състояние да променят облика на енергийния пазар.

Течните горива от отпадъци могат да се ползват в следните системи:

-гориво за ТЕЦ, топлоцентрали, големи и малки самостоятелни отоплителни котли. Това е най-масовият потребител на новите течни горива. За задоволяване на потреблението само на средно голяма топлоцентрала от порядъка на 10 MW е необходимо течено гориво от порядъка на 1 200 t/h. Това показва, че първоначално на новото гориво могат да преминат малки и средни котли, до осигуряване на достатъчни количества от новото гориво;

-горене в пещи, котли, бойлери и др. общи устройства за генериране на топлина и енергия. Те обикновено са по-ниско ефективни от двигателите и турбините, но могат да работят с голямо разнообразие от горива - течни горива, естествен газ, петролни дестилати и др. Поради това течните горива изглеждат подходящо гориво за котли, поне докато неговите характеристики осигуряват необходимото ниво на емисии и е икономически приложимо;

-горене в дизелови двигатели. Докато бойлерите се използват най-вече за произвеждане на топлина, дизеловите двигатели предлагат по-висока ефективност (до 45%) при генерирането на енергия и могат да бъдат адаптирани също така да комбинират топлинния и енергиен процеси. Средните и ниско скоростни двигатели са познати с тяхната гъвкавост относно горивото и могат да работят с нискокласови горива. Течни горива на

пиролизна основа могат с успех да се прилагат в нискооборотни корабни двигатели, стационарни електростанции и др.

-Изгаряне в турбини. Газовите турбини имат различни области на приложения (задвижване на електрически силови генератори и др.). Безспорно газовите турбини могат да бъдат модифицирани или препроектирани, за да се приспособят към някои от необичайните характеристики на течните пиролизни горива, но трябва да бъдат направени някои модификации относно ефекта на физичните и химични свойства на течните горива от пиролиза, като атомизацията, ефикасността на горене, формирането на сажди, газообразните и твърдостични емисии.

Получените течни горива се получават от възобновяеми отпадъчни суровини и себестойността на горивата е в границите на (150-200) лв./t, в зависимост от суровината и качеството. В зависимост от производителността, суровините и качеството инсталацията се изплаща за (1-2) години.

Тест за самоподготовка

1. Биогаз, получен чрез обработка на биомаса е:
 - а. Рафиниран природен газ, използван за промишлени и битови дейности;
 - б. Запалим газ, състоящ се от метан, въглероден двуокис и малки количества от други газове и микроелементи;
 - в. Разграден анаеробен субстрат, богат на макро-и микро-хранителни вещества, които могат да бъдат използвани след това като тор за растения;
 - г. Всички отговори са неправилни.Отговор: б

2. По време на хидравличното задържане (HRT) е неправилно твърдението:
 - а. HRT трябва да бъде толкова малко, така че да гарантира броя на бактериите, отстранени с отпадните води (остатъци) да не е по-голям от броя на бактериите, получени в резултат от репродукцията (скоростта на дублирането на анаеробни бактерии е 10 или повече дни);
 - б. краткото HRT дава добра скорост на субстрат поток, но по-ниска производителност на газ;
 - в. стойността на HRT трябва да бъде адаптирана към специфичната скорост на разграждане на субстрати;
 - г. може да се определи необходимия обем на биореактора, ако са известни: ВХЗ, ежедневното зареждане на суровината и скоростта на разграждане на субстрата.Отговор: в

Тест за оценяване

1. Обяснете биохимичния процес анаеробно разграждане!
1. Обяснете принципа на работа на инсталация в малка ферма!