

FRI-ONLINE-1-CT(R)-04

COMPARATIVE ANALYSIS OF BIOGAS PRODUCTION TECHNOLOGIES USING SUITABLE RAW MATERIALS

Eng. Evgeniy Ganey, PhD

Process Systems Engineering Laboratory,
Institute of Chemical Engineering, Bulgarian Academy of Sciences of Sofia
E-mail: evgeniy_ganey@iche.bas.bg

Prof. Venko Beschkov, DSc

Chemical & Biochemical Reactors Laboratory,
Institute of Chemical Engineering, Bulgarian Academy of Sciences of Sofia
E-mail: vbeschkov@bas.bg

Prof. Boyan Ivanov, DSc

Process Systems Engineering Laboratory,
Institute of Chemical Engineering, Bulgarian Academy of Sciences of Sofia
E-mail: b.ivanov@iche.bas.bg

***Abstract:** The continuous increase in greenhouse gas emissions due to the rapid development of technical progress, as well as the growing needs for electricity require serious attention to the so-called "green energy" in order to meet permanently the needs of modern human society along with reducing emissions from greenhouse gases. Due to the natural putrefactive processes in the terrestrial flora and fauna, even without human intervention, significant amounts of gases (mainly methane) are generated, which can be used as green energy. Otherwise, they act as pollutants with the most serious greenhouse effect.*

The present paper focuses on the research of biogas production technologies, evaluation of raw materials and products, careful study and evaluation of all possible flows of raw materials and products, as well as environmental impact assessment as result of this activity.

***Keywords:** Biogas, Green energy, Anaerobic digestion, Methane.*

ВЪВЕДЕНИЕ

Нерекъснатото увеличаване на емисиите от парникови газове в следствие бурното развитие на техническия прогрес, както и нарастващата нужда от ел. енергия, налагат да се обърне сериозно внимание на т. нар. „зелена енергия“ за устойчиво задоволяване нуждите на съвременния човек. В следствие на естествените процеси във флората и фауната на земята, дори и без намесата на човек, поради гнилостните процеси, се генерират значителни количества гнилостни газове (основно метан), които биха могли да се оползотворят като зелена енергия. В този контекст от друга страна, вследствие жизнената дейност на човека, се генерират биоразградими отпадъци както от бита, така и от промишлеността. Като примери за това могат да бъдат посочени генерирането на отпадъци от земеделието, горското стопанство, животновъдството, градските пречиствателни станции и др. Тези дейности подсилват в изключително големи мащаби генерирането на гнилостни газове и насърчават нуждата от създаване на технологии и съоръжения и оптимално проектиране на потоците към тях, за постигане на устойчиво развитие в съвременните условия (Esteves, E., et al., 2019).

Целта на тази разработка е преглед на технологиите за производство на биогаз, оценка на суровините и продуктите на тази технология, внимателно проучване и оценка на всички възможни потоци на суровини и продукция, както и оценка на въздействието върху околната среда, в следствие на тази дейност.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Общи сведения

Биогазът, който се получава при гниенето на органична материя представлява смес от основно два газа: метан и въглероден диоксид. В зависимост от произхода му, той съдържа и примеси от сероводород, меркаптани, водород и нисши въглеводороди (етан). Практическо значение биогазът има когато съдържанието на метан в него надхвърля 55 % об. и газът гори. Образуването на метан протича под действието на различни микроорганизми в няколко етапа: разграждане на високо-молекулните субстрати до по-нискомолекулни (олигозахариди, поли-пептиди), тяхната ацидификация (превръщането им в летливи мастни киселини) и окончателната метаногенеза под действие на метаногенни микроорганизми, които спомагат за декарбоксилирането на мастните киселини или до редуцията на въглероден диоксид до метан.

Тези процеси са анаеробни и протичат в два обособени температурни интервала: между 30 и 35°C (наричан мезофилен температурен режим) или между 55 и 60°C (наричан термофилен режим). Мезофилният режим е по-удобен за подържане и по-стабилен спрямо смущения в температурата или захранването на реактора. Термофилният режим е по-интензивен и стерилен по отношение на отпадъците от процеса, но е по-енергоемък и чувствителен спрямо киселинността на средата.

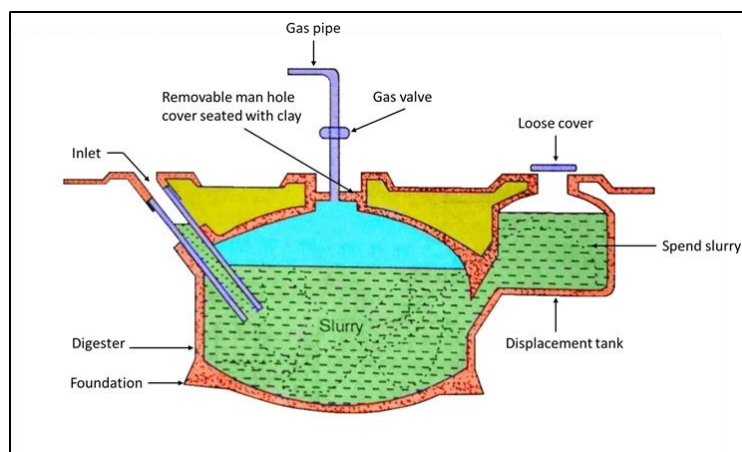
Направления за добив на биогаз

Добив на биогаз в битови мащаби

Мощностите за добив на биогаз в домакински мащаби са адаптивни за третиране на отпадъци от децентрализираното животновъдство и птицевъдство. В някои домакински инсталации (Кения, Индия и пр.) се използва сламата като суровина. Типичният домакински реактор има обем от 6-15 m³ и може да поеме преработката на отпадъците от 8-20 прасета, 1-2 крави или 150-200 пилета, като гарантира производство на биогаз 0,8- 2,0 m³ на ден.

Повечето битови уредби са с фиксиран купол (Фиг. 1.). Реакторите с фиксиран купол са разработени през 70-те години. При тях конструкцията е фиксирана откъм обем и вместимост. Стандартното оборудване на реакторите с фиксиран купол се състои от три компонента: реактор, битово-санитарно помещение и обор за животни. Типичният реактор с фиксиран купол се състои от подземен реактор, изработен от тухли, цимент и стоманобетон и покрив под формата на купол под нивото на земята. Той е снабден с тръба в горната част, която представлява изход за биогаз. Натрупаният в купола биогаз оказва натиск върху суспензията, като по този начин поддържа налягане в реактора по отношение на резервоарите на вход и изход.

През последните години, поради нарастващите разходи за труд и вероятността за нарушение на херметичността при реактори с фиксиран купол, бяха въведени алтернативни строителни материали, включително полиетилен с висока плътност, поливинилхлорид (PVC), надуваеми пластмасови материали и стъклени влакна, както и подсилена пластмаса (Deng, L. et al., 2017).



Фиг. 1. Битова уредба за биогаз с фиксиран купол (Kumar, A. et al., 2015)

Септични ями за биогаз

Септичните ями за биогаз се базират на битовите реактори и традиционните септични ями, комбинирани с нова технология за анаеробно пречистване на отпадни води. Септичните ями за биогаз използват анаеробно разграждане за пречистване на отпадните води при температури на околната среда. Те могат да бъдат особено полезни за градовете или селата на развиващите се страни, където липсва капацитет за изграждане на централна пречиствателна станция.

Процесът на септичната яма за биогаз може да бъде разделен на три фази: 1) първично утаяване, 2) анаеробна ферментация и 3) обработка на остатъчния шлам (Brissaud, F. 2007).

Биогазови инсталации за третиране на битови отпадъци

Утайките от пречиствателните станции имат високо съдържание на влага, голям обем и съдържание на органични вещества до 50–70%. Включването в тях на технология за производство на биогаз би помогнало за намаляване и стабилизиране на утайките, като същевременно се генерира метан (Singh, A. et al. 2020).

Биогазови инсталации за третиране на промишлени отпадъци

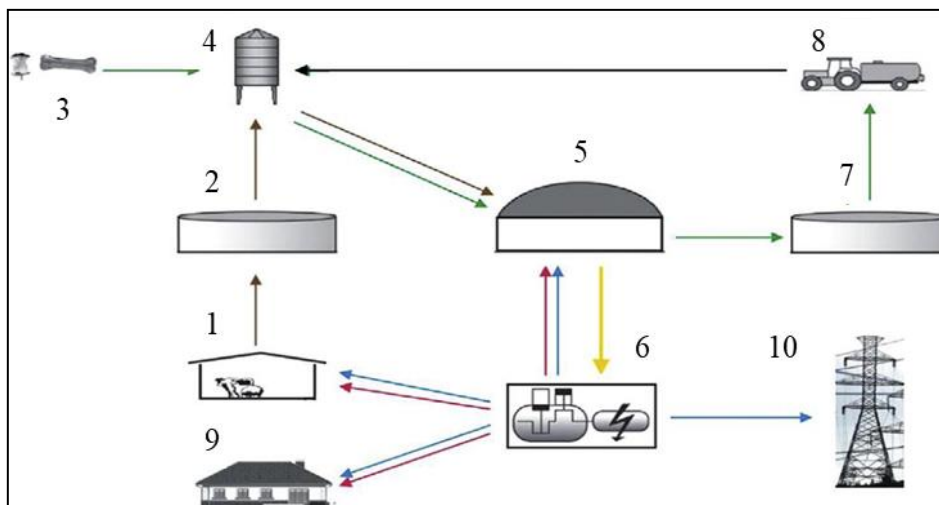
Наред с третирането на промишлени отпадъци, технологията за биогаз се използва в голяма степен и за пречистване на отпадъчни води с високи концентрации на органични вещества, от производството на спирт, отпадъчни води от фармацевтичната промишленост, отпадъчни води от хранително-вкусовата промишленост, отпадъчни води съдържащи скорбяла, както и такива генерирани от месопереработвателните предприятия.

Алкохол и нишесте съдържащите отпадъчни води, както и тези от винарската промишленост имат най-сериозен потенциал при производството на биогаз (Wang, J. 2006).

Анаеробното третиране на горепосочените отпадъчни води и утайките дава положителен ефект при пречистването на водите и наред с това, генерираните количества биогаз са в най-високи стойности.

Биогазови инсталации за третиране на селскостопански отпадъци

Селскостопанските отпадъци за производство на биогаз са предимно от животински произход. Производството на добитък и птици в съвременното фермерство е насочено към изграждане на мащабни и специализирани производствени единици. В следствие на това количествата оборски тор се концентрират в определени локални зони, представлявайки сериозна заплаха за почвата, водата и въздуха. Изграждането на биогазови инсталации в тези райони би допринесло за решаването в известна степен на тези проблеми (Фиг. 2).



Фиг. 2. Инсталация за биогаз, използваща отпадъци от животновъдството:

(1) Ферма за добитък и птици, (2) Предварителен резервоар, (3) Отпадъци от кланица, (4) Смесителен резервоар, (5) Метантанк, (6) Когенерация до ел. енергия и топлина, (7) Резервоар за последваща обработка, (8) Тор, (9) Офиси (10) Енерго-разпределителна мрежа (Abdeshahian, P., et al., 2016).

Биогазовите инсталации за селскостопански отпадъци се класифицират като малки, средни, големи и свръхголеми, с производство на биогаз съответно 5–150, 150–500, 500–5000 и над 5000 m^3/d .

Технологии за добив на биогаз

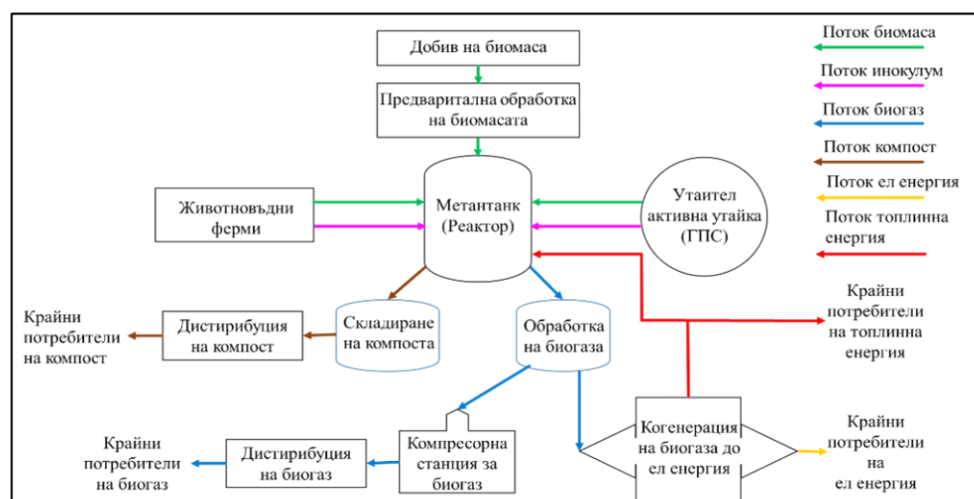
Ранните инсталации за биогаз, обработващи предимно животински отпадъци, се базират на метантанкове, с обем 20–300 m^3 . Тези инсталации се състоят от няколко на брой до стотици метантанкове. Подземно инсталираните метантанкове работят при температурата на обкръжаващата почва. Тези инсталации работят със сравнително ниска ефективност, като хидравличното време на задържане е около 40 дни, а обемна скорост на производство на биогаз е в границите 0,13–0,3 $m^3/(m^3.d)$. Предимствата на тази технология се изразяват в намалена нужда от предварителна обработка на суровината, изискват неголяма площ (могат да се изградят непосредствено под съоръженията за отглеждане на животни), не изискват сериозни капиталовложения за изграждане, а също така са енергийно независими (не се нуждаят отдопълнително подгриване).

Подземните метантанкове имат сериозни недостатъци като загуба на активна микрофлора, затруднено управление на температурата, ниска ефективност и затруднено извеждане от реактора на ферментиралата течна маса.

В края на 1980 г. са разработени наземни инсталации за биогаз, използващи за ферментацията си мезофилни микроорганизми. Тези инсталации са се прилагали предимно за обработка на птичи и говежди тор (Peng, H. et al 1994) Производителността на биогаз в тези инсталации достига 0,69–1,5 $m^3/(m^3.d)$.

През 90-те години, с развитието на мащабни животновъдни и птицевъдни ферми, замърсяването на водата, в следствие на операциите по развъждането, става все по-забележимо. По това време основната цел за изграждане на инсталации за биогаз е била пречистването на отпадъчните води и утилизацията на отпадъците. Биогазът при тези инсталации се е явявал като страничен продукт. Ефективността на тези инсталации не е била на нужното равнище, тъй, като концентрациите на входящите вещества не е била достатъчна, а от друга страна, възможностите за контрол на температурата на ферментиращата среда са били ограничени (Xu, J.Q et al. 1991).

След 2000 г., поради нарастващия недостиг на енергия, са изградени много инсталации за биогаз, чиято основна цел е именно производство на биогаз. При тях се използва животински тор като изходна суровина. Ферментацията се извършва посредством мезофилни в температурно отношение микробни комплекси при висока концентрация на сухи вещества повече от 8%, като се прилага методът на идеално смесване (CSTR - continuous stirred-tank reactor). При тях се генерират значителни количества биогаз в сравнение с предходните инсталации. Биогазът се реализира за производство на електроенергия, а излишната топлина от генератора се прилага за отопление на реакторите (Kumar, A., et al. 2015) (Фиг. 3).



Фиг. 3 Суперструктура за производство на биогаз

ИЗВОДИ

На базата на така направеното проучване и оценявайки предимствата на всяко направление и технология в съответния период, може да се заключи, че най-целесъобразно е изграждането на интегрирана схема за производство и разпределение на биогаз (Фиг. 3), като се съчетаят всички предимства на горепосочените с цел оптимизация на ресурсно-осигурителната верига. По този начин ще се гарантира, че за периода на планиране на дадено производство за биогаз, предприятието ще бъде обезпечено откъм ресурси, пазари и работна сила.

Acknowledgements

The authors would like to thank the Fund for Scientific Research, Republic of Bulgaria for the support of this work by grant KP-06-N27/1/2018.

REFERENCES

- Abdeshahian, P., Lim, J.S., Ho, W.S., Hashim, H., Lee, C.T. (2016), *Potential of biogas production from farm animal waste in Malaysia*, *Renew. Sustain. Energy Rev.*, 60, 714- 723.
- Brissaud, F. (2007), *Low technology systems for wastewater treatment: perspectives*. *Water Sci Technol*, 55(7), 1–9.
- Deng, L., Liu, Y., Zheng, D., Wang, L., Pu, X., Song, L., Wang, Z., Lei, Y., Chen, Z., Long, Y.(2017). *Application and development of biogas technology for the treatment of waste in China*. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*,70, 845-851.
- Esteves, E., Herrera, A., Esteves, V., Morgado, C. (2019), *Life cycle assessment of manure biogas production: A review*, *Journal of Cleaner Production*, 219, 411-423
- Kumar, A., Mandal, B., Sharma A. (2015), *Advancement in Biogas Digester*, *Green Energy and Technology*, 201, 351-382
- Lan, T., Cai, L., Cai, C.D. (2009) *2 MW biogas power generation plant of large laying hen farm*, *China Biogas*, 27(3), 31–3.
- Peng, H., Zheng L., Lu, X.(1994) *Introduction of large-scale plant for anaerobic digestion of cow manure in Xinghao farm in shanghai*. *China Biogas*;12, 22–25.
- Singh, A., Upadhyay, A., Shrivastava, S., Vivekanand, V. (2020), *Life-cycle assessment of sewage sludge-based large-scale biogas plant*, *Bioresource Technology*, 309, 123373
- Wang, J.(2006). *The application prospect of anaerobic biological technology in the field of agriculture and industry in China*. *Agricultural mechanization and the new rural construction*. In: *Proceedings of the 2006 academic annual conference of the Chinese society of agricultural machinery*, Zhengjiang, Jiang Su province, 92–97.
- Xu, J.Q., Yang, K.J., Liu, Y.H., Huang, Z.L., Xu, K.N. (1991), *The industrial scale experiment for the integrated treatment system with biogas fermentation of wastewater from intensive pig farms*, *China Biogas*, 9(3), 26–9.