

Съвместно предприятие “БИОТЕХНОЛОГИЧНИ ПРОИЗВОДСТВА”
БТПП, 9.10.2015

КОМПЮТЪРНА СИСТЕМА ЗА КОНТРОЛ И МОНИТОРИНГ НА ПИЛОТНА ИНСТАЛАЦИЯ ЗА БИОГАЗ

Доц. д-р инж. Иван Симеонов

НИГ “Математическо моделиране и компютърни методи”
Институт по микробиология “Стефан Ангелов”, БАН

УВОД

Анаеробната биодеградация на органични отпадъци (АБДОО):

- Получаване на енергия;
- Пречистване на силнозамърсяваща органика;
- Получаване на естествен тор;
- Намаляване на емисиите на парникови газове.

АБДОО понякога е доста нестабилен биотехнологичен процес, което създава проблеми при неговото широко практическо приложение. Това се дължи на сложните взаимодействия между различните видове участващи микроорганизми и комплексните трансформации на замърсяващата органика, сложността и изменчивостта на субстратите, разнообразие на микрофлората и др.

Тези проблеми се задълбочават още повече при разграждане на смеси от органични отпадъци, което в известна степен обяснява нерешителността на потребителите да използват смеси от различни видове отпадъци в анаеробните биореактори.

Анаеробната биодеградация на органични отпадъци [АБДОО] е биотехнологичен процес, включващ съобщество от няколко вида популации от микроорганизми, намиращи се в сложни взаимоотношения помежду си. Затова е особено важно да се следят голям брой важни за процеса параметри. В досега известните биогазови инсталации се измерват и регулират малък брой величини – температура и pH в биореактора (БР), добиви и състав на получавания биогаз. Причина за това е липсата на надеждни и достатъчно евтини сензори за биохимичните променливи на процеса. Напоследък в тази област се оформя ново научно направление – разработване на софтуерни сензори на неизмерими променливи на основата на математически модели. Получени и публикувани са оригинални научни резултати и на колектива от Института по микробиология (ИМикБ), БАН.

Целта на доклада е да бъде представена разработената и тествана около две години система за мониторинг на процесите на АБДОО в пилотната биогазова инсталация на ИМикБ.

Таблица 1. Потенциален добив на биогаз при анаеробната биодеградация на различни отпадъци

Органични отпадъци	Добив на биогаз м³/кг ОСВ	Съдържание на метан, %
Говежди тор	0.291	62.8
Свински тор	0.427	66.9
Птичи тор	0.467	57.9
Овчи тор	0.628	70.0
Свински тор (50%) и пшеничена слама (50%)	0.380	57.7
Слама	0.342	58.0
Млечни отпадъци (суроватка)	0.632	82.0
Кланични отпадъци	0.525	79.5
Отпадъци от домати	0.75	59.9

Основни съоръжения на БГИ:

- Биореактор (метантанк)
- Газхолдер (резервоар за събиране на биогаза)
- Входни и изходни басейни за събиране на входящата органика и биошлама (естествен тор)
- Автоматика, вентили, помпи и др.
- Когенераторна група (електрическа и топлинна енергия)
- Алтернативна възможност за бъдещето – горивни елементи

СТРУКТУРА НА МОНИТОРИНГОВАТА СИСТЕМА

Системата включва наблюдение, визуализация и регистрация на два вида величини:

1) Пряко измервани (с хардуерни сензори):

- температура в биореактора (сензор Pt 100);
- налягане в биореактора;
- дебит на получавания биогаз (за различни интервали от време) – разработен от нашия колектив капацитивен сензор, въз основа на измерване на линейното преместване на горната част на газхолдера и трансформацията му в стандартен електрически сигнал;
- процентно съдържание на метан (CH_4), и въглероден диоксид (CO_2) в получавания биогаз със сензори на фирма MSR;
- pH – с лабораторен рН-метър в изходящия поток.

2) Оценявани със софтуерни сензори – специфичните скорости на растеж и концентрации на биомаса на две от основните популации от микроорганизми – ацидогенни и метаногенни бактерии.

$$\dot{\hat{z}}_1 = -(D + k_1)\hat{z}_1 + q_{CO_2}$$

$$\hat{\mu}_1 = \frac{q_{CO_2}}{\hat{z}_1}$$

$$\dot{\hat{z}}_2 = -(D + k_2)\hat{z}_2 + Q_{CH_4}$$

$$\hat{\mu}_2 = \frac{Q_{CH_4}}{\hat{z}_2}$$

$$q_{CO_2} = K_{X_2CH_4} Q_{CO_2} - K_{X_2CO_2} Q_{CH_4}$$

$$\hat{X}_1 = \frac{\hat{z}_1}{K_{X_1CO_2} K_{X_2CH_4}}$$

$$\hat{X}_2 = \frac{\hat{z}_2}{K_{X_2CH_4}}$$

D – скорост на разреждане

$k_1, k_2, K_{X_1CH_4}, K_{X_2CH_4}, K_{X_2CO_2}$ – коефициенти

Q_{CO_2}, Q_{CH_4} – измерими величини

μ_1 – специфична скорост на растеж на ацидогенни бактерии

μ_2 – специфична скорост на растеж на метаногенни бактерии

X_1 – концентрация на биомасата на ацидогенни бактерии

X_2 – концентрация на биомасата на метаногенни бактерии

ТЕХНИЧЕСКА РЕАЛИЗАЦИЯ

Измерваните сигнали (температура и налягане в БР, налягане във входящия тръбопровод, дебит на получавания биогаз, процентно съдържание на метан и въглероден диоксид) се подават на входовете на аналого-цифрови преобразуватели (АЦП) на определени интервали от време (по желание на потребителя - в конкретния случай те са от 1 до 6 часа) и след това се въвеждат, обработват (с филтри от различен ред по желание на потребителя), визуализират (цифрово и графично) и записват с помощта на стандартен персонален компютър.

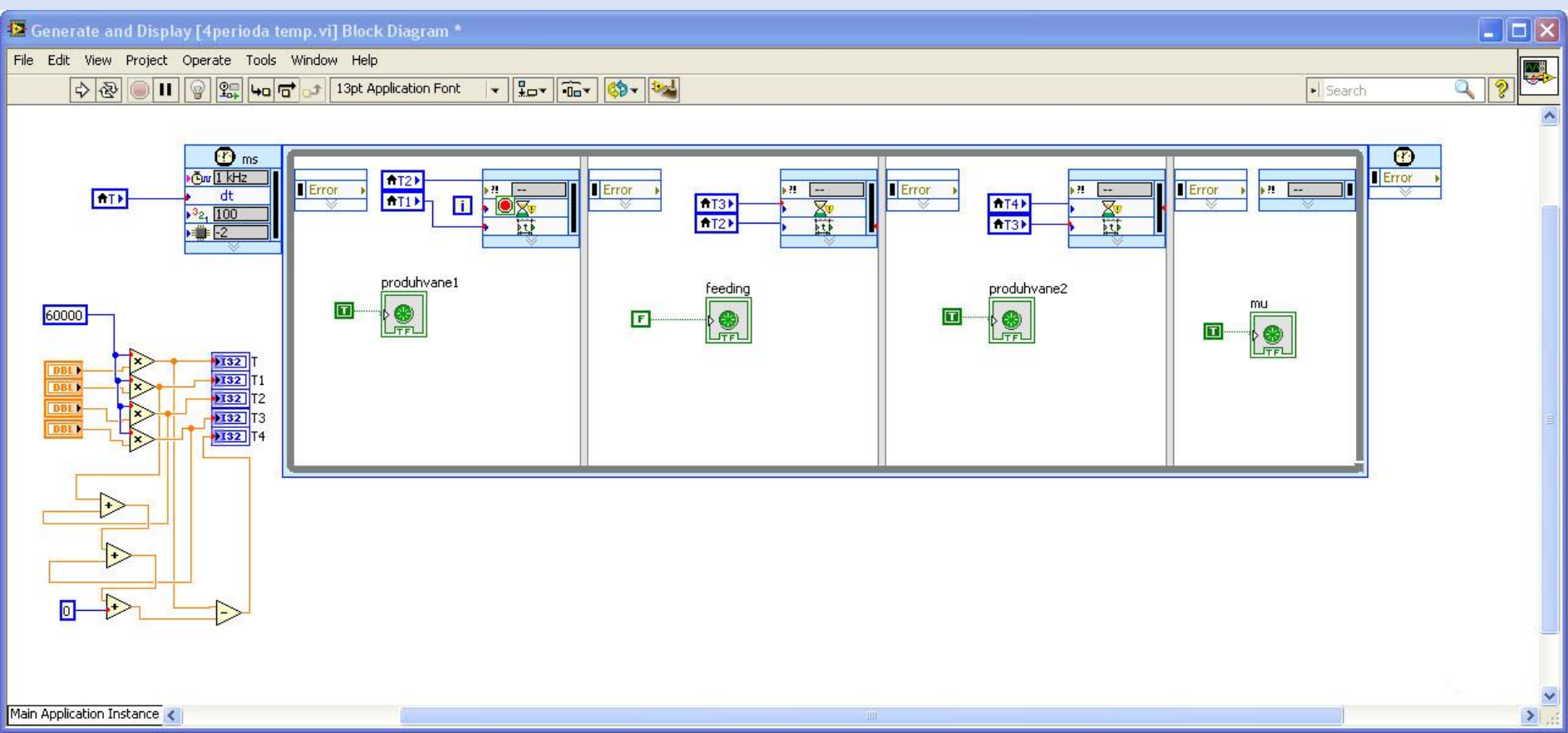
Разработеният интерфейс и програмно осигуряване за визуализиране и съхраняване на резултатите, както и за връзка с оператора на биогазовата инсталация е на основата на програмния пакет LabVIEW на фирмата National Instruments и хардуерни модули (АЦП и ЦАП) на същата фирма.

Поради спецификата на използваните сензори за измерване на състава на биогаза е реализиран специфичен алгоритъм, включващ продухване с въздух от околната среда (3 минути), измерване на съдържанието на метан и въглероден диоксид (5 минути) в поток на биогаз с точно дозиран (със специална помпа) дебит (от газовата фаза на БР и връщане обратно) и ново продухване (3 мин). Техническата реализация включва определен брой магнетвентили, управлявани от цифрови изходи на ЦАП.

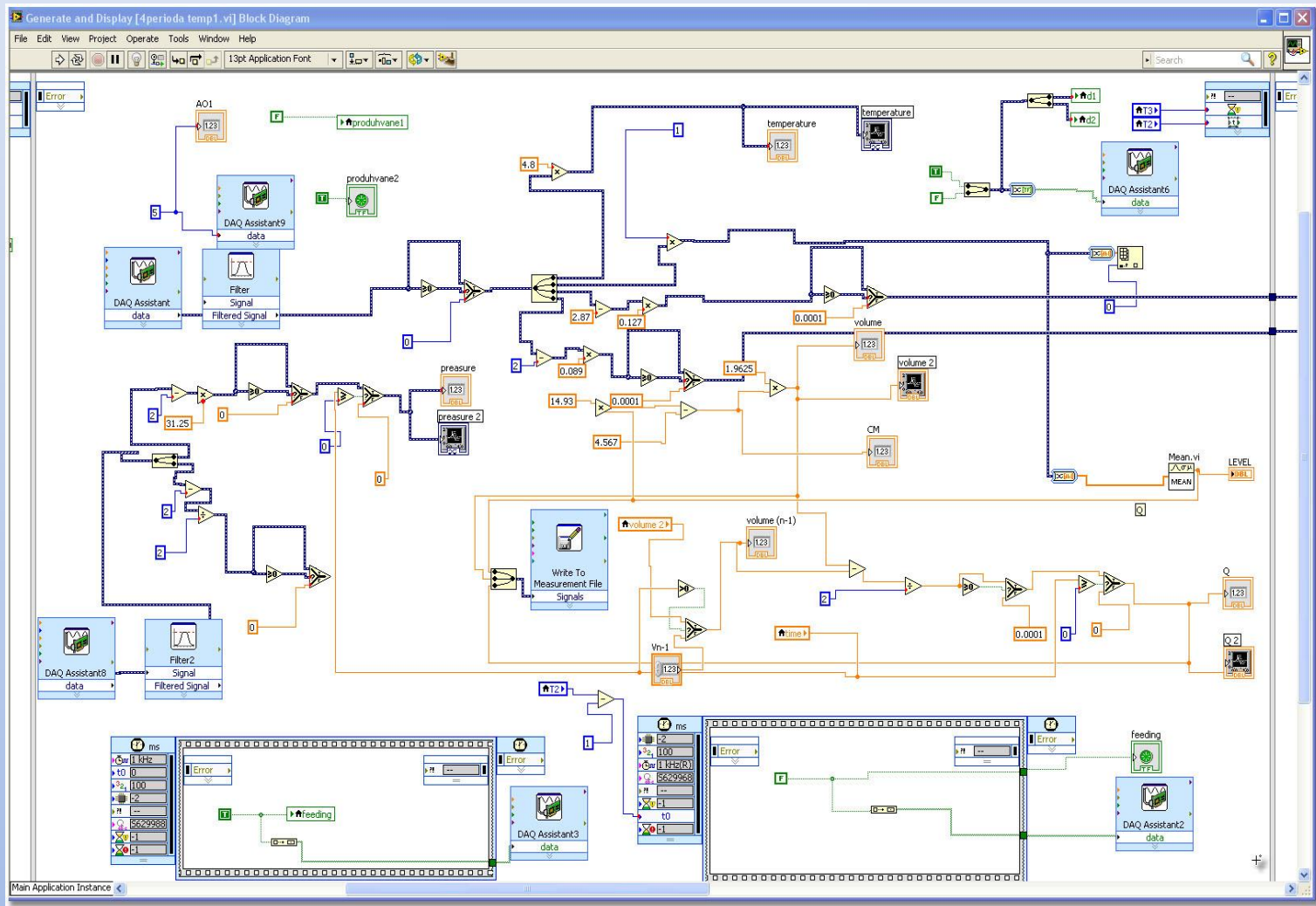
ПРОГРАМНА РЕАЛИЗАЦИЯ

Софтуерната реализация включва управление с четири последователни цикъла, показани на Фиг. 1:

- цикъл на продухване на газовите сензори с атмосферен въздух. Осъществява се с използването на два цифрови изхода на ЦАП, които пускат или спират магнетвентилите за достъпа на въздух от атмосферата;
- цикъл на подхранване на биореактора и измерване на CH_4 и CO_2 в газовата фаза. На Фиг. 2 е показана софтуерната реализация на този цикъл, включваща блокове на четене и визуализиране на аналогови данни от АЦП, блокове за филтриране на сигналите, блок за запис на данни на твърдия диск на персонален компютър, вградени цикли за начало и край на подхранването на биореактора, реализиране на алгоритми за преизчисляване на токовете сигнали от АЦП в линейно отклонение на газхолдера, обем на биореактора и добив на биогаз, свързващи и сравняващи елементи и др.
- цикъл на повторна продухване на газовите сензори с атмосферен въздух;
- цикъл на оценяване на специфичните скорости на растеж със софтуерен сензор (1) и визуализирането им на монитора.



Фиг. 1



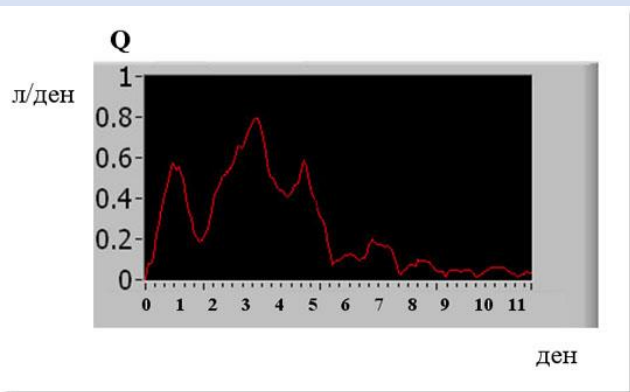
Фиг. 2

ЕКСПЕРИМЕНТАЛНИ ИЗСЛЕДВАНИЯ

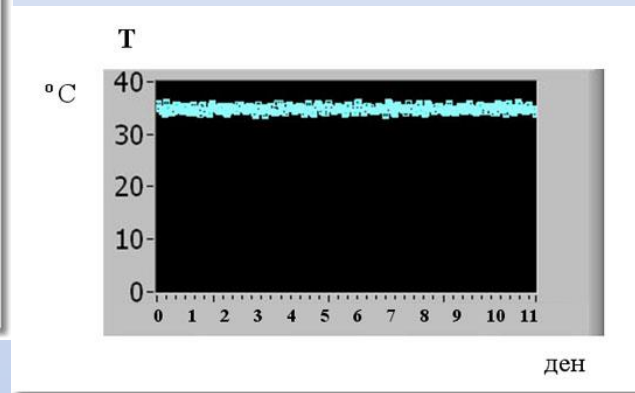
Мониторинговата система е в период на изпитания от две години, при което се усъвършенства непрекъснато съобразно натрупвания опит и възгледите на колектива. Обикновено един път седмично се снемат файловете с данни за всички величини и се съхраняват и външен носител. На Фиг. 3 са визуализирани основните показатели при импулсно изменение на органичното натоварване при непрекъснат процес на АБД на отпадъчни плодове и зеленчуци за 11 дневен период, като на Фиг. 3а) е дневният добив на биогаз (Q), на Фиг.3б) - температура в БР (T), на Фиг. 3в) – налягането в БР (P), на Фиг. 3г) - pH в БР, измерено в изходящия биошлам, на Фиг. 3д) - съдържание на метан в биогаза, Фиг.3е) - съдържание на въглероден диоксид в биогаза, на Фиг. 3ж) специфичната скорост на растеж на ацидогенни бактерии (μ_1), на Фиг. 3з) - специфичната скорост на растеж на метаногенни бактерии (μ_2), на Фиг. 3и) - концентрация на ацидогенни бактерии (X_1), на Фиг. 3й) - концентрация на метаногенни бактерии (X_2).

Получените данни се обработват и анализират с оглед получаване на нови знания за процесите на АБД на различни органични отпадъци, математическо моделиране на тези процеси и разработване на нови технологии.

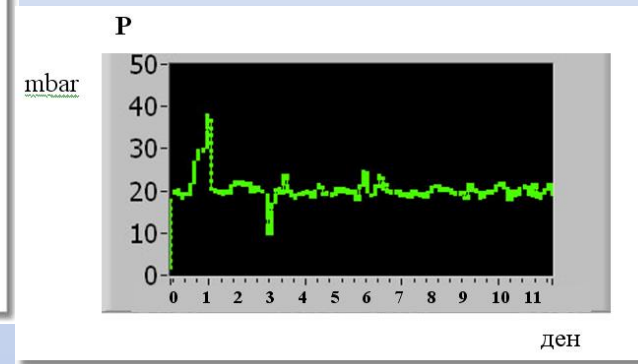
ЕКСПЕРИМЕНТАЛНИ ИЗСЛЕДВАНИЯ



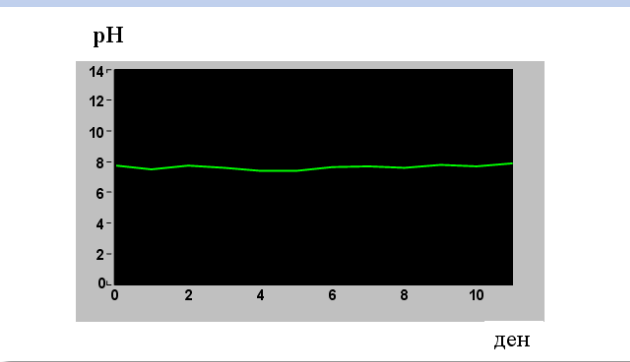
а) дневен добив на биогаз (Q)



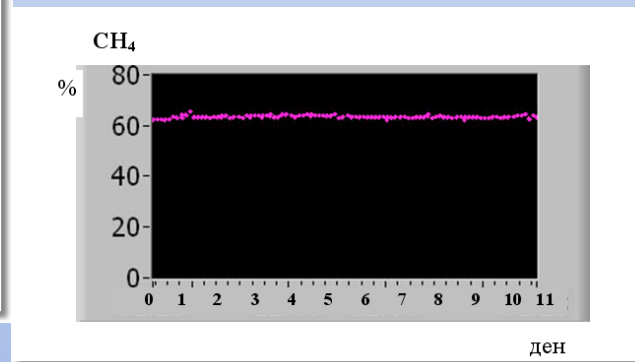
б) температура в БР (Т)



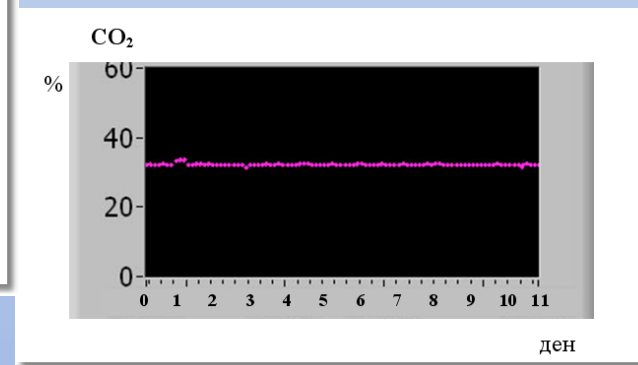
в) налягане в БР (P)



г) pH в БР

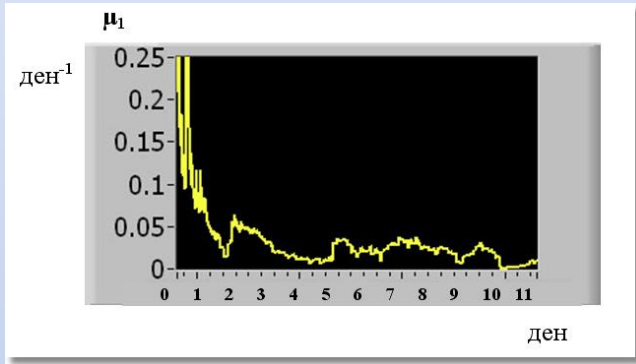


д) съдържание на метан в биогаза

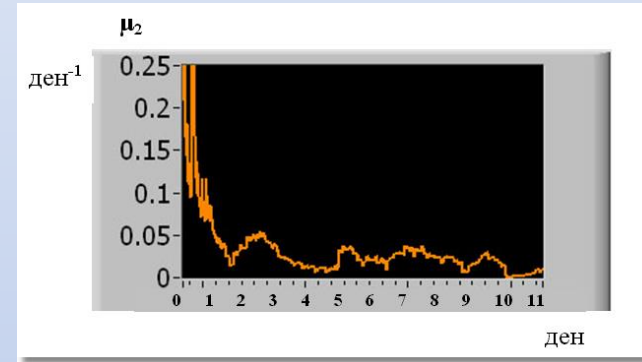


е) съдържание на въглероден диоксид в биогаза

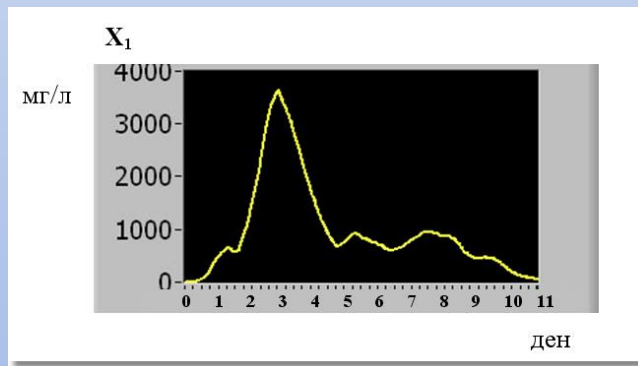
ЕКСПЕРИМЕНТАЛНИ ИЗСЛЕДВАНИЯ



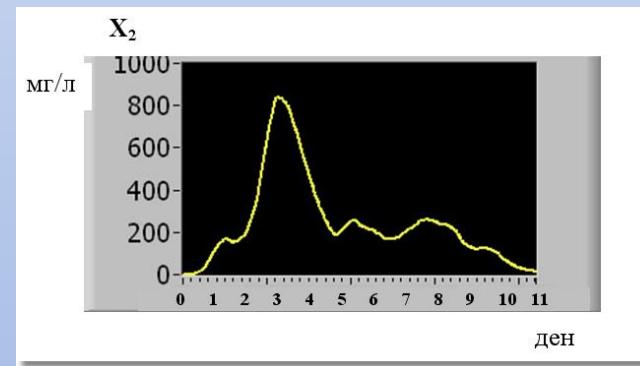
ж) специфичната скорост на растеж на ацидогенни бактерии (μ_1)



з) специфичната скорост на растеж на метаногенни бактерии (μ_2)



и) концентрация на биомасата на ацидогенни бактерии (X_1)



й) концентрация на биомасата на метаногенни бактерии (X_2)

Фиг. 3

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработената мониторингова система може да бъде използвана при процеси на анаеробна биодеградация на органични отпадъци от различен произход като съветник на оператора на промишлени биогазови инсталации.

В бъдеще системата ще бъде разширена с възможности за:

- Мониторинг на процесите в двуфазна система за получаване на водород и метан от лигноцелулозни отпадъци;
- Реализация на нови софтуерни сензори.
- Автоматично управление на процесите

За България:

1. Енергия от метан получен от:

свински тор се оценява на 6.7 PJ;

от говежди тор се оценява на 25 PJ;

от птичи тор се оценява на 3.7 PJ.

Заб.

- 1 петаджаул (PJ) = 10¹⁵ джаула.

- Енергията от М тона животински тор се изчислява по формулата:

$$E = 22.6 M / \text{РСН}_4,$$

където РСН₄ е добивът на метан от 1 тон, като се приема, че енергията от 1 m³ метан е 22.6 MJ.

2. Частта на емисиите на метан от селското стопанство е 18%.

БЛАГОДАРНОСТИ: Настоящото изследване е финансирано от МОН, ФНИ, договор ДФНИ-Е02/13