



POLITECHNIKA LUBELSKA

LUBLIN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

ul. Nadbystrzycka 38D, 20-618 Lublin,

tel. (+48 81) 53 84 309

fax (+48 81) 53 84 312

<http://www.pollub.pl>

e-mail: waldemar.wojcik@pollub.pl

Prof. dr hab. inż. Waldemar Wójcik

Pełnomocnik Rektora

ds. Partnerstwa Wschodniego

ОТЗЫВ

**зарубежного научного консультанта на диссертационную работу
PhD докторанта Казахского национального исследовательского
технического университета имени К.И.Сатпаева,
Жирновой Оксаны Викторовны
на тему «Разработка автоматизированной системы диагностики и
управления процессом сжигания биогаза»,
представленный на соискание ученой степени доктора PhD
по специальности 6D070200 – «Автоматизация и управление»**

Настоящая диссертационная работа посвящена исследованию и разработке автоматизированной системы диагностики и управления процессом сжигания биогаза.

В соответствии с целью работы были поставлены и решены следующие задачи:

- анализ технологического процесса как объекта управления;
- разработка математической модели процесса сжигания биогаза;
- проведение экспериментальных исследований в лабораторных и промышленных условиях;
- проведение параметрической идентификации математической модели процесса сжигания биогаза;
- вывод уравнений управляющих каналов и оценка их динамических характеристик;
- статистический анализ динамических характеристик объекта управления;
- разработка структуры и алгоритмов управления автоматизированной системы диагностики и управления процессом сжигания биогаза;
- разработка алгоритмов диагностики процесса сжигания биогаза;
- проведение испытаний автоматизированной системы диагностики и управления процессом сжигания биогаза.

В настоящее время все большее значение приобретают вопросы экономии материалов и топливно-энергетических ресурсов, охраны окружающей среды. В этих условиях развитие коммунальных услуг немислимо без развития нетрадиционных возобновляемых источников энергии. Их преимущества заключаются в том, что они являются неисчерпаемыми и экологически безопасными. Современная технология очистки городских сточных вод связана с потреблением значительных объемов электрической и тепловой энергии. В условиях острого энергетического кризиса остро стоит проблема сокращения этих энергозатрат за счет использования нетрадиционных источников энергии, имеющихся на очистных сооружениях и постоянно обновляемых. Развитие этого направления приведет к значительной экономии традиционных видов топлива. Не менее важным является экологический аспект, поскольку утилизация энергии органическими отходами значительно снизит загрязнение окружающей среды.

Тема работы «Разработка автоматизированной системы диагностики и управления процессом сжигания биогаза» связана с тем, что эта система позволяет решать комплекс проблем, связанных с



Prof. dr hab. inż. Waldemar Wójcik

**Pełnomocnik Rektora
ds. Partnerstwa Wschodniego**

использованием некачественных и возобновляемых ресурсов для производства тепла и энергии очистных сооружений в Астане. В то же время гетерогенность используемых сырьевых материалов, сложность и разнообразие химических реакций, необходимость увеличения теплотворной способности получаемого биогаза (синтез-газа) обуславливают необходимость создания эффективной системы для диагностики и контроля обработки. Проблема снижения энергозатрат всегда была очень острой. Кроме того, энергосбережение является важнейшим средством защиты окружающей среды, обеспечивая сокращение вредных выбросов пропорционально количеству сэкономленного газа. Поэтому оптимизация процесса сжигания биогаза на основе создания новых методов и средств контроля качества горения является актуальной научно-технической задачей.

Объект исследования. Объектом исследования является камера сжигания биогаза.

Методы исследований. Для решения поставленных задач в работе используются методы математического и физического моделирования, методы синтеза и структурного анализа систем, теории автоматического управления, а также методы статической динамики, методы планирования и обработки результатов экспериментов.

Научная новизна исследования, обеспечившая достижение цели работы, заключается в следующем:

- выделены определяющие факторы и разработана математическая модель процесса сжигания биогаза;
- проведена параметрическая идентификация математической модели;
- предложена структура системы управления процессом сжигания биогаза;
- разработаны алгоритмы расчета режимов процесса сжигания биогаза;
- предложены алгоритмы диагностики процесса сжигания биогаза.

Проведены следующие научно-экспериментальные работы диссертационного исследования:

1. Разработана методика проведения экспериментальных исследований, на основе которой были рассчитаны коэффициенты зависимости для расчета коэффициента местных сопротивлений ζ_{bt} устройства барботажного перемешивания оригинальной конструкции биореактора, коэффициенты, определяющие максимальную удельную скорость роста микроорганизмов и коэффициент местных сопротивлений системы барботажного перемешивания. Получена эмпирическая зависимость для определения максимальной удельной скорости роста микроорганизмов μ_m при анаэробной ферментации субстрата в мезофильном температурном режиме. Найдена эмпирическая зависимость удельного выхода биогаза $Q_{уд}$ от частоты перемешивания, продолжительности процесса, влажности и температуры биомассы.
2. Проведено экспериментальное исследование качественного и количественного состава биогаза на различных стадиях жизненного цикла технологического процесса сжигания биогаза.
3. Разработаны пошаговый алгоритм и математическая модель, позволяющие оптимизировать параметры технологического комплекса по утилизации отходов и выделению метаносодержащего газа, математическая модель процесса получения биогаза в биореакторе с барботажным перемешиванием биомассы. Разработана математическая модель процесса барботажного перемешивания биомассы, основанная на рассмотрении циркуляции двухфазного газожидкостного потока в турбулентном режиме.
4. Проведены натурные экспериментальные исследования процесса получения биогаза на экспериментальной и промышленной установках в г.Люблине, Польша, а также на



POLITECHNIKA LUBELSKA

LUBLIN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

ul. Nadbystrzycka 38D, 20-618 Lublin,

tel. (+48 81) 53 84 309

fax (+48 81) 53 84 312

<http://www.pollub.pl>

e-mail: waldemar.wojcik@pollub.pl

Prof. dr hab. inż. Waldemar Wójcik

Pełnomocnik Rektora

ds. Partnerstwa Wschodniego

экспериментальной установке в промышленных условиях очистных сооружений ГКП «Астана Су Арнасы» в г.Астана, Казахстан.

5. Разработана инженерная методика расчета биореактора получения биогаза с системой барботажного перемешивания, реализованной в виде пакета программных комплексов.
6. Получены результаты вычислительного эксперимента, позволившего определить основные параметры процесса перемешивания и получить визуальную картину потоков биомассы в биореакторе, результаты экспериментальных исследований в виде уравнения регрессии по определению удельного выхода биогаза в биореакторе с системой барботажного перемешивания.

В результате исследований собраны экспериментальные данные по технологическому процессу получение и сжигание биогаза в виде электронных таблиц, разработанных в программной среде Excel. Данный материал может быть использован для создания и внедрения в практику автоматизированной системы диагностики и управления процессов сжигания биогаза.

В процессе работы над диссертацией Жирнова Оксана Викторовна сумела реализовать способности к научно-исследовательской работе, продемонстрировав умение не только глубоко и полно обобщать научно-техническую литературу, но и обосновывать выводы с элементами научной новизны. К решению задач диссертационной работы способствовали умелое использование научного аппарата и знаний в области технологии озонирования воздуха, применяемые в современном мире. Результаты исследований были полно и своевременно опубликованы в периодических изданиях и докладывались на международных научных конференциях.

Диссертационная работа написана хорошим литературным языком и в соответствии с современной научной стилистикой; она обладает всеми признаками актуальности, научной новизны, теоретической и практической значимостью.

Как зарубежный научный руководитель я удовлетворена общим результатом работы. Считаю, что диссертационная работа Жирновой Оксаной Викторовной на тему: «Разработка автоматизированной системы диагностики и управления процессов сжигания биогаза» соответствует паспорту специальности 6D070200 – «Автоматизация и управление» и может быть рекомендована к защите.

Зарубежный научный руководитель
д.т.н., профессор

Waldemar Wojcik

POLITECHNIKA LUBELSKA
Instytut Elektroniki i Technik Informatycznych
20-618 Lublin, ul. Nadbystrzycka 38A
tel. (81) 53 84 309, fax. (81) 53 84 312

Instytut Elektroniki i Technik Informatycznych
Prof. dr hab. inż. Waldemar Wójcik