

ПРОВЕРКА АДЕКВАТНОСТИ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ЛАБОРАТОРНОЙ БИОГАЗОВОЙ УСТАНОВКИ НА ОСНОВЕ ТЕОРИИ СЕТЕЙ ПЕТРИ¹

Петросов Д.А.

Финансовый университет при Правительстве РФ, г. Москва

Аннотация. В работе рассматривается адекватность предложенной модели лабораторной биогазовой установки на основе теории сетей Петри. Для проверки адекватности имитационной модели предложен ряд вычислительных экспериментов, направленные на оценку количества получаемой: тепловой энергии; электрической энергии и удобрений в зависимости от применяемого сырья и катализаторов. Результаты вычислительного эксперимента были сопоставлены с реальными значениями, полученными на лабораторной биогазовой установке, вышеперечисленных показателей и показали более 85% точность, что позволяет говорить об адекватности предложенной имитационной модели лабораторной биогазовой установки на основе теории сетей Петри.

Ключевые слова. Технологические процессы, биогазовая установка, имитационное моделирование, теория сетей Петри, вычислительный эксперимент.

Применение биогазовых установок, как альтернативного источника энергии в современном сельском хозяйстве получило широкое распространение. Использование данной технологии в данной отрасли обусловлено не только получением электроэнергии, но и получением тепловой энергии, которая может использоваться при отоплении технологических помещений, а также органических удобрений, полученных в результате брожения сырья в специализированном хранилище [4, 6].

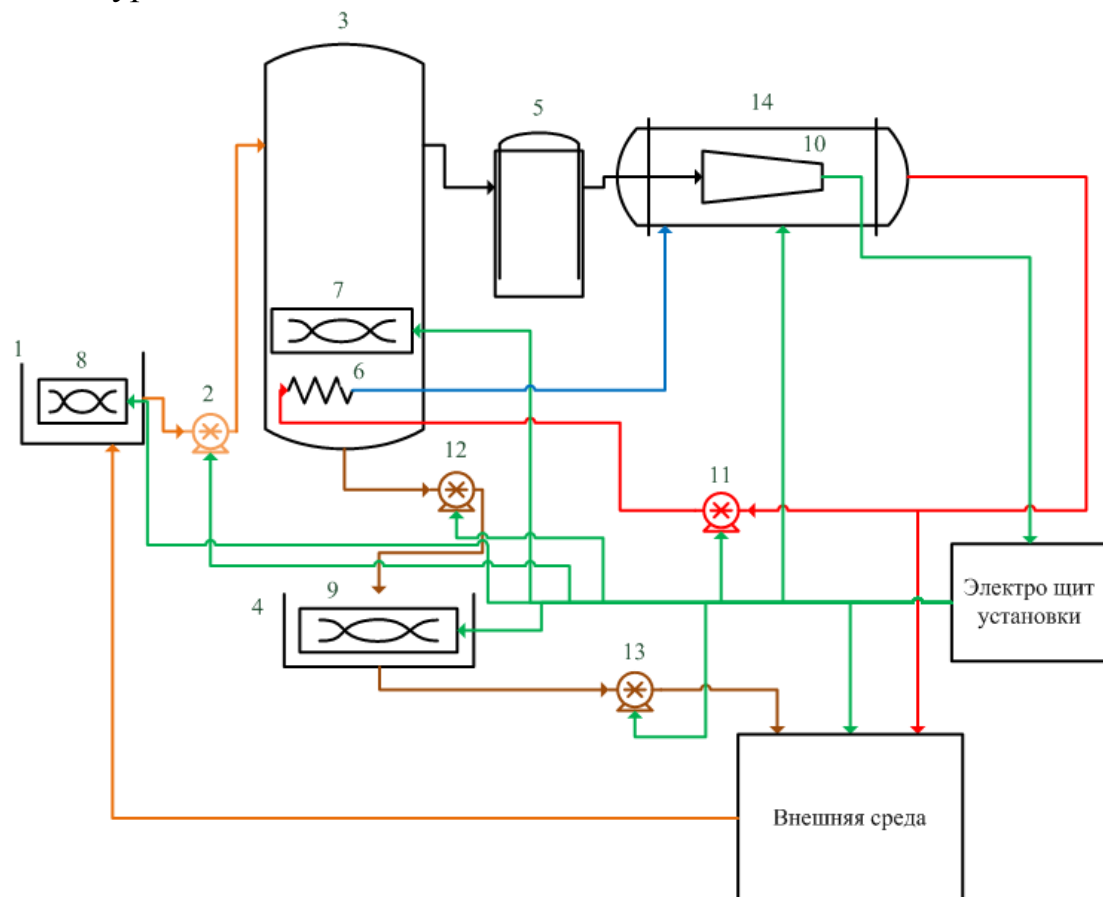
В рамках исследования было проведено моделирование работы лабораторной биогазовой установки (схема установки представлена на рисунке 1) с использованием математического аппарата теории сетей Петри (предложенную модель см. рис. 2). Использование графоаналитических средств при создании имитационных моделей позволяет исследователю получить информацию не только о входных и выходных значениях модели, но и рассматривать технологический процесс в комплексе с внутренними процессами [1-3, 5]. Подход на основе графовых моделей целесообразно применять при моделировании биогазовых установок при решении задачи целесообразности применения данной технологии на конкретной территории или в рамках предприятия.

Разработанная математическая модель нуждается в оценки адекватности, которую можно оценить в сравнении с реальным объектом. В рамках

¹ Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 18-47-310008 p_a.

исследования были рассмотрены различные конфигурации сырья, которые могут быть использованы в лабораторной биогазовой установке:

- овечий навоз;
- свиной навоз;
- конский навоз;
- силос;
- куриный помет.



Элементы:

1. Приемник смеси;
- 2, 11, 12, 13. Насос;
3. Биореактор;
4. Хранилище для удобрений;
5. Газгольдер
6. Обогреватель
- 7, 8, 9. Смеситель
10. Преобразователь газа в электроэнергию (двигатель)
14. Теплообменник

Рисунок 1. Схема лабораторной биогазовой установки

Каждый из вышеперечисленных компонентов, а также их конфигурации, обладает своей спецификой выработки газа, который используется для получения тепловой и электрической энергии. Поэтому реализация имитационных моделей позволит подобрать правильную конфигурацию,

которая позволит повысить эффективность работы данной технологии в рамках предприятия или региона.

В соответствии с полученными данными в условиях лабораторных исследований сырья для биогазовой установки, для предложенной имитационной модели были разработаны веса меток сети, которые позволили вычислять количество: выделяемого газа, тепла и электрической энергии. Для моделирования функции расчета показателей использовались переходы сетей Петри. Таким образом на выходе модели образовывались метки с рассчитанным весом, который иллюстрировал количество полученных ресурсов разного типа (для классификации ресурсов были применены цветные сети Петри)

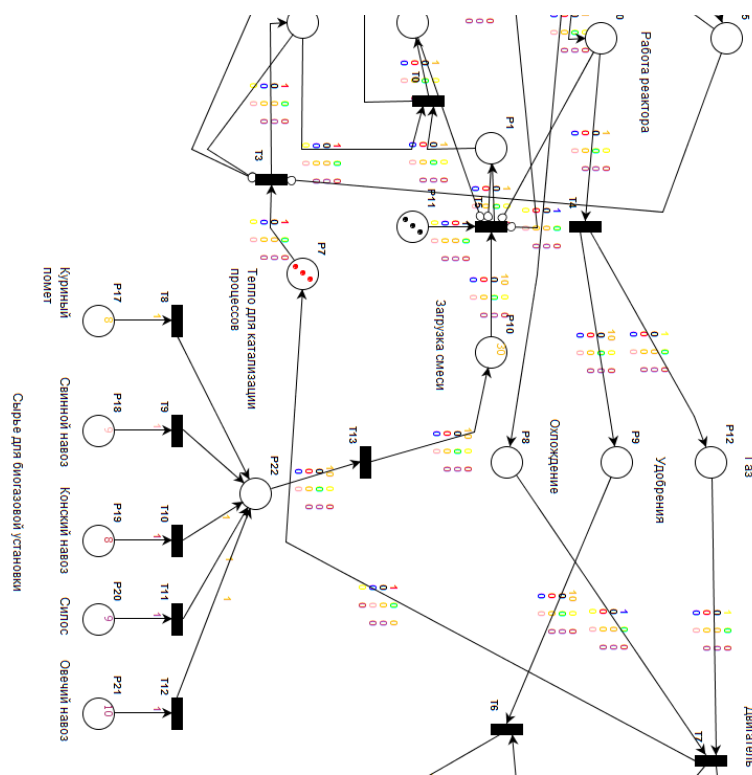


Рисунок 2. Модель лабораторной биогазовой установки на основе теории сетей Петри

В предложенной модели для канализации процесса брожения использовалась горячая вода, также, как и на лабораторной биогазовой установке.

Результат вычислительного эксперимента был сопоставлен с реальными данными и показал, что предложенная модель является адекватной и обладает более чем 85% точностью, что является достаточным при принятии решений о целесообразности использования биогазовых установок, а также позволит повысить их эффективность за счет подбора параметров сырья в зависимости от региональных особенностей или специфики сельскохозяйственного производства конкретного предприятия.

Литература

1. Petrosov, D. A. Evolutionary synthesis of large discrete systems with dynamic structure / D.A. Petrosov, V.A. Lomazov, A.I. Dobrunova, S.L. Matorin, V.I.

Lomazova // Biosciences Biotechnology Research Asia. 2015. Т. 12. № 3. С. 2971-2981.

2. Игнатенко, В.А. Моделирование динамики функционирования систем управления технологическим процессом с использованием математического аппарата сетей Петри /В.А. Игнатенко, Д.А. Петросов Д.А.// В сборнике: Информационно-аналитические системы и технологии Материалы V международной конференции. 2018. С. 34-39
3. Петросов, Д.А. Адаптация генетического алгоритма при моделировании вычислительной техники с изменяющейся структурой и набором компонентов на основе сетей петри /Петросов Д.А.// Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. 2009. № 6 (20). С. 151-160.
4. Садчиков, А.В. Повышение энергетической эффективности биогазовых установок / А.В. Садчиков// Фундаментальные исследования. 2016. № 10-1. С. 83-87; URL: <http://www.fundamental-research.ru/ru/article/view?id=40813> (дата обращения: 23.03.2020).
5. Петросов, Д.А. Разработка имитационной модели биогазовой установки в условиях биологического земледелия / Д.А. Петросов, Н.В. Петросова, И.В. Мирошниченко// Наука и бизнес: пути развития. 2019. № 2 (92). С. 31-38.
6. Хамоков, М.М. Производственная и энергетическая эффективность использования биогазовой установки / М.М. Хамоков, Ю.А. Шекихачев, В.З. Алоев и д.р.// Научный журнал КубГАУ – Scientific Journal of KubSAU. 2012. №76. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/proizvodstvennaya-i-energeticheskaya-effektivnost-ispolzovaniya-biogazovoy-ustanovki> (дата обращения: 20.06.2021).