

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ БИОГАЗОВЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

А. Е. Денисова, д-р техн. наук;
Нго Минь Хиеу, асп.

Одесский национальный политехнический университет, г. Одесса

Аннотация. Выполнена оценка экономической целесообразности использования парогазовых установок на биотопливе. Предложена методика определения экономической эффективности биогазовых энергоустановок. Представлено обоснование перспектив использования биогазовых установок и намечены пути уменьшения срока их окупаемости.

Ключевые слова: парогазовая установка, биогаз, биоудобрения, экономическая эффективность.

Анотація. Виконано оцінку економічної доцільності використання парогазових установок на біопаливі. Запропоновано методику визначення економічної ефективності біогазових енергоустановок. Наведено обґрунтування перспектив використання біогазових установок та встановлені шляхи зменшення строку їх окупності.

Ключові слова: парогазова установка, біогаз, біодобрива, економічна ефективність.

Abstract. The economic feasibility assessment of the usage of the combined cycle power plants at biofuel has been carried out. The methodology of determination of the economic efficiency of the biogas power plants is proposed. The rationale of the prospects of the biogas power plants usage is estimated and the ways to reduce the payback period are offered.

Keywords: combined cycle power plant, biogas, bio-fertilizer, economic efficiency.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Использование альтернативных видов топлива в энергоустановках является приоритетным направлением развития мировой энергетики, поскольку способствует энергетической стабильности стран, улучшению состояния окружающей среды и сохранению запасов традиционных энергоресурсов. Интерес к использованию указанных установок стимулируется неуклонным ростом цен на традиционные источники энергии, запасы которых ограничены. По оценкам экспертов, разведанных запасов природного газа хватит на 50...60 лет [6]. Согласно Закону Украины об энергосбережении актуальной проблемой является повышение экономической эффективности энергетических установок, использующих альтернативные виды топлива. Для этого необходимо выполнить анализ экономической целесообразности использования указанных установок, работающих на разных видах топлива, отличающихся мощностью и особенностями назначения. Кризис мировой экономики, связанный с нехваткой топливно-энергетических ресурсов, стимулирует разработку энергосберегающих технологий утилизации биологических отходов с выработкой обогащенного биогаза, способного заместить природный газ для электростанций и транспорта. Кроме этого, выработка биогаза сопровождается получением дополнительного ценного продукта – экологически чистого удобрения для аграрного сектора экономики, реализация которого позволит сократить срок окупаемости биогазовой электростанции примерно в 3 раза.

В качестве источника альтернативного топлива для парогазовых энергоустановок, работающих на биогазе, необходимо предусмотреть в тепловых схемах этих установок генераторы биогаза. При этом в зависимости от мощности и назначения тепловые схемы парогазовых установок отличаются по составу основных элементов.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Анализ биоресурсов Вьетнама показывает (табл. 1), что за счет биомассы, полученной при переработке только древесины, рисовой шелухи и соломы, а также сахарного тростника, можно производить 1430 МВт мощности и 9020 ГВт·ч электроэнергии ежегодно. Согласно «Программе развития электроэнергетики Вьетнама на период до 2020 г.» [1], производство электроэнергии в 2020 г. составит 167 млрд кВт·ч (в 2000 г. – 26 млрд кВт·ч). Однако расчетные запасы природных источников энергии в стране (уголь, нефть, газ) не смогут полностью удовлетворить потребность экономики. К 2020 г. Вьетнам сократит долю экспорта нефти и минеральных ресурсов с нынешних 11,2 до 4,4 %, а вместо этого увеличит долю использования энергии биотоплива до 13,3 % [2]. Перспективы использования биогазовых установок в стране объясняются неуклонной тенденцией повышения цен на традиционные виды топлива, ухудшением состояния окружающей среды, а также тем, что климатические условия во Вьетнаме позволяют собирать биомассу 2–3 раза в год [5].

Таблица 1. Энергетический потенциал биомассы во Вьетнаме

Сельскохозяйственные и промышленные отходы	Количество, млн т	Энергетическая ценность, ГДж
Опилки	0,27	3,132
Древесная щепа	1,33	19,950
Древесина	12,40	186,000
Рисовая солома	64,70	905,800
Рисовая шелуха	6,81	77,674
Шелуха кукурузы	5,80	72,500
Побеги маниоки	1,25	15,625
Сахарный тростник	1,68	21,000
Жом сахарного тростника	5,50	39,655
Ореховая скорлупа	0,12	1,500
Скорлупа кокосовых орехов	5,00	90,000
Кофейная шелуха	0,28	4,359

Например, заводы по переработке шелухи риса в регионе дельты Меконга могут обеспечить топливом электрическую станцию мощностью 70 МВт, а из биоматериала заводов по переработке сахарного тростника можно обеспечить топливом когенерационную установку мощностью 250 МВт. При сжигании 2 млн т биогаза в котлах ежегодно можно получать 4 млн т пара и 560 млн кВт·ч электроэнергии себестоимостью 4 цента/(кВт·ч) [1, 3].

Потенциал биомассы во Вьетнаме по данным 2010 г. оценивается в $12,03 \cdot 10^{11}$ кВт·ч/год, из которых наибольшую энергетическую ценность представляют рисовая солома и древесина (рис. 1).

ЦЕЛЬ РАБОТЫ – оценка экономической эффективности биогазовых электростанций как наиболее перспективного вида энергоустановок для Вьетнама с учетом вида топлива, мощности и особенностей их назначения.

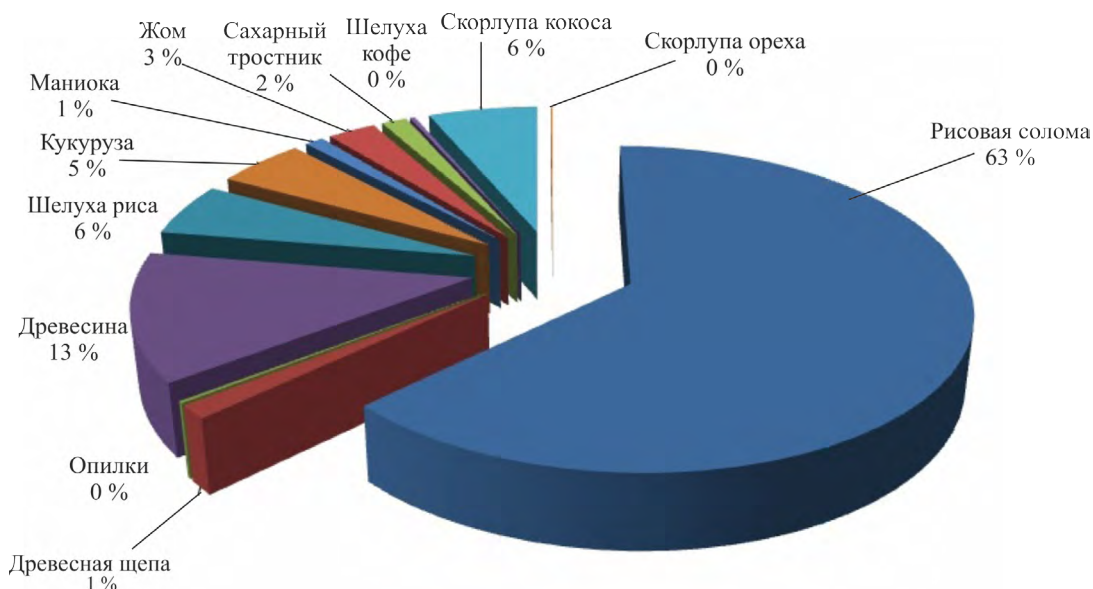


Рис. 1. Энергетическая ценность биоресурсов Вьетнама

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

На рис. 2 представлена принципиальная тепловая схема парогазовой установки (ПГУ) на биогазе мощностью до 1 МВт для фермерских хозяйств и промышленных предприятий, назначением которой является выработка электроэнергии и биоудобрений. При этом отсутствует зависимость объектов энергоснабжения от внешних источников энергии, а дополнительная прибыль получается за счет продажи избыточной электроэнергии и экологически чистых удобрений для сельскохозяйственных потребителей.

На рис. 3 представлена принципиальная тепловая схема парогазовой установки на биогазе мощностью более 1 МВт, которая в перспективе может заменить энергоблоки на традиционных видах топлива.

На рис. 4 представлена принципиальная схема парогазовой ТЭЦ на биотопливе мощностью более 1 МВт, предназначенной для выработки электроэнергии, тепловой энергии для целей отопления и горячего водоснабжения, а также для производства биоудобрений.

В качестве критерия экономической эффективности использования электростанции примем время ее окупаемости $T_{ок}$ в зависимости от электрической мощности и применяемого вида топлива: традиционного – природного газа и альтернативного – обогащенного биогаза. Для этого время окупаемости электростанции выразим в виде

$$T_{ок} = K/D^y - Z^z,$$

где K – капитальные затраты на проектирование,

изготовление и монтаж электростанции; D^y – годовой доход от реализации продукции, вырабатываемой электростанцией; Z^y – годовые эксплуатационные за-

траты, включающие затраты на закупку топлива, зарплату обслуживающему персоналу и текущий ремонт электростанции.

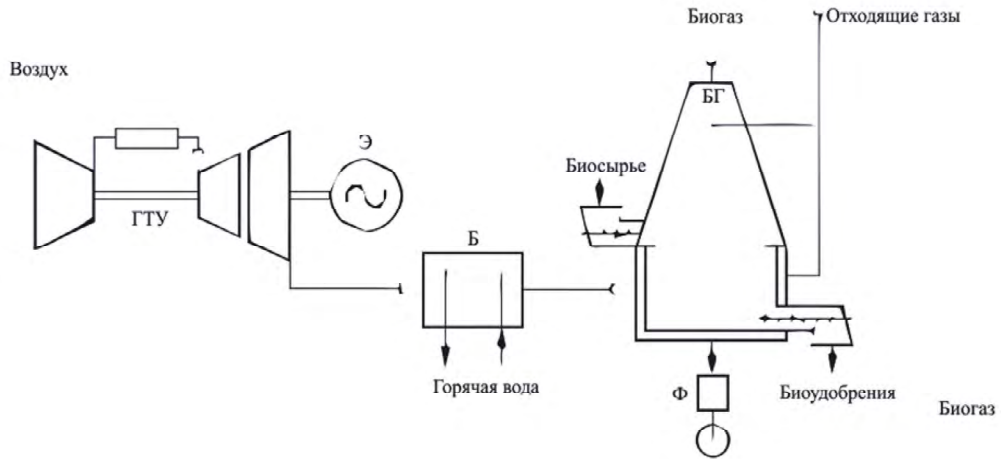


Рис. 2. Парогазовая установка мощностью до 1 МВт с генератором биогаза: ГТУ – газотурбинная установка; Э – электрогенератор; Б – бойлер; БГ – генератор биогаза

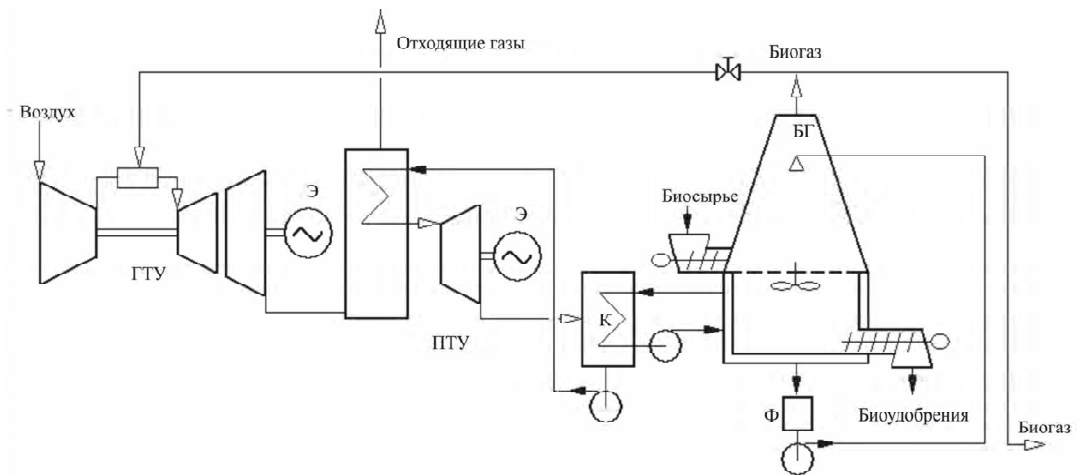


Рис. 3. Парогазовая установка с генератором биогаза более 1 МВт: ПТУ – паротурбинная установка; К – конденсатор; Ф – фильтр

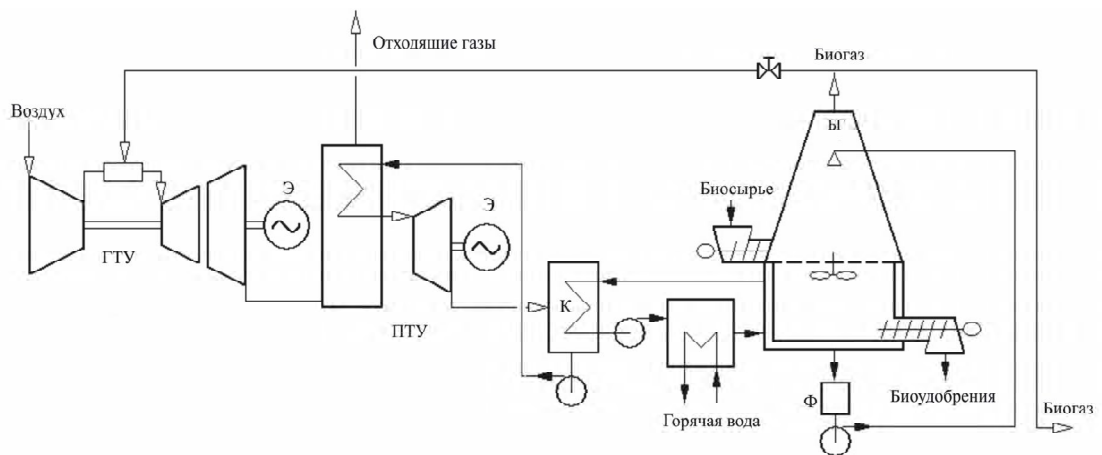


Рис. 4. Схема ТЭЦ с генератором биогаза более 1 МВт

Приведем методику расчета срока окупаемости $T_{ок}$ электрической станции в зависимости от ее мощности и используемого топлива [6].

Капитальные затраты K рассчитываются по удельной стоимости электростанции K_i в зависимости от ее электрической мощности N_{el} :

$$K = K_i N_{el}$$

Годовой доход D^y от реализации электроэнергии, вырабатываемой электростанцией,

$$D^y = N_{el} \tau^y C_{el}$$

где τ^y – количество рабочих часов в году; C_{el} – стоимость электроэнергии, реализуемой электростанцией.

Годовые затраты Z^y на эксплуатацию электростанции

$$Z^y = Z_g^y + Z_o^y + Z_r^y,$$

где Z_g^y , Z_o^y , Z_r^y – годовые затраты на закупку природного газа, на обслуживание электростанции и на текущий ремонт электростанции.

Годовые затраты на закупку природного газа

$$Z_g^y = V_g^y C_g,$$

где V_g^y – объем газа, потребляемый электростанцией за год; C_g – стоимость закупаемого газа.

Объем газа, потребляемый электростанцией за год,

$$V_g^y = 3600 N_{el} \tau^y / (Q \eta_{el}),$$

где Q – теплотворная способность природного газа; η_{el} – КПД электростанции.

Годовые затраты на обслуживание электростанции

$$Z_o^y = 12 n P,$$

где n – количество человек, обслуживающих электростанцию; P – зарплата служащего на электростанции.

Годовые затраты на текущий ремонт электростанции

$$Z_r^y = 0,01 K / n.$$

Для биогазовых электростанций, вырабатывающих одновременно электроэнергию и биоудобрения, доход D_f^y по сравнению с традиционными установками увеличивается за счет реализации биоудобрений. Учитывая, что с 1 м³ обогащенного биогаза, замещающего природный газ, вырабатывается ~5 кВт·ч электроэнергии и ~2 л биоудобрений, доход для биогазовых электростанций

$$D_f^y = N_{el} \tau^y (C_{el} + 2,5 C_f),$$

где $C_{el} = 0,25$ грн/(кВт·ч); $C_f = 0,8$ грн/л – стоимость реализации 1 л биоудобрений [4].

В расчетах по приведенной выше методике учтено, что теплотворная способность природного газа $Q = 34000$ кДж/м³; стоимость природного газа $C_g =$

$= 0,8$ грн/м³; стоимость электроэнергии, отпускаемой электростанцией, $C_{el} = 0,25$ грн/(кВт·ч) [5]; количество рабочих часов в году для электростанции $\tau^y = 8760$ ч; теплотворная способность биогаза $Q = 34000$ кДж/м³.

При этом удельные капитальные затраты для биогазовых электростанций больше, чем у традиционных, примерно на 50 % вследствие затрат на генератор биогаза.

В расчетах учтено, что для биогазовых электростанций природный газ не используется, но биомасса для генератора биогаза закупается у сельскохозяйственного производителя, а также учтены расходы на упаковку и транспортировку биоудобрений. Стоимость этих затрат принимаем равной стоимости затрат на закупку природного газа для традиционных электростанций.

На основе предложенной методики расчета срока окупаемости электростанций в зависимости от электрической мощности и вида используемого топлива (традиционного и альтернативного) представлены графики (рис. 5), которые показывают, что биогазовые энергоустановки с реализацией биоудобрений имеют наименьший срок окупаемости.

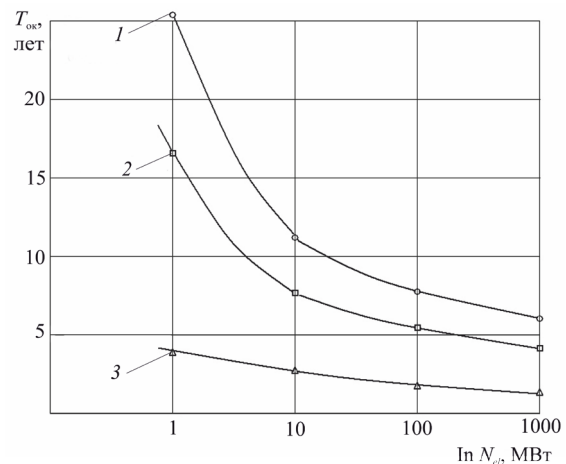


Рис. 5. Зависимость срока окупаемости ПГУ от электрической мощности и вида топлива (природного газа и биогаза): 1 – нетрадиционные электростанции без реализации биоудобрений; 2 – традиционные; 3 – нетрадиционные биоудобрений с реализацией биоудобрений

ВЫВОД

Анализ расчетных данных по сроку окупаемости электростанций в зависимости от электрической мощности и вида используемого топлива показывает, что развитие ПГУ на биогазе связано с совершенствованием технологий по бесперебойной выработке биогаза и биоудобрений с помощью генератора биогаза – одного из основных элементов энергоустановки, это позволит реализовать возможности биогазовых электростанций как наиболее перспективного вида электростанций будущего.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] **Нгуен, Тху Нга.** Структуризация энергетических ресурсов и стратегия развития энергетической отрасли Вьетнама [Текст] / Нгуен Тху Нга // Труды Науч. энерг. ин-та Вьетнамской акад. наук и технологий. – 2011. – С. 101–110.
- [2] Перспективная программа развития электроэнергетики Вьетнама на период до 2020 г. [Электронный ресурс] // Портал внешнеэкон. информ. – Режим доступа: <http://www.ved.gov.ru/exportcountries>.
- [3] Стратегия развития нефтегазовой отрасли Вьетнама до 2015–2025 г. [Электронный ресурс] // Vietnam Economic News. – 2012. – № 16. – Режим доступа: <http://www.mbendi.com>.
- [4] Технология и установки для производства биоудобрений и биогаза [Электронный ресурс] // Объединение «Альтернативная технология». Установки для получения биоудобрений и биогаза. – Режим доступа: <http://www/biogas.vn.ua>.
- [5] **Хрусталеv, Б. М.** Климатические условия Вьетнама и потенциал нетрадиционных источников энергии [Текст] / Б. М. Хрусталеv, Туан Киет Нго, Тху Нга Нгуен // Энергетика : изв. высш. учеб. заведений и энерг. объединений СНГ. – 2009. – № 6. – С. 31–35.
- [6] Экономика и управление энергетическими предприятиями [Текст] : учебник / Т. Ф. Басова, Е. И. Борисов, В. В. Бологова [и др.] ; под общ. ред. Н. Н. Кожевникова. – М. : Изд. центр «Академия», 2004. – 432 с.

© А. О. Денісова, Нго Мінх Хиеу

Надійшла до редколегії 04.09.13

Статтю рекомендує до друку член редколегії ЗНП НУК

д-р техн. наук, проф. М. І. Радченко