

УДК 636:631

Нго Минь Хиеу, А.Е. Денисова

Одесский национальный политехнический университет, пр. Шевченко, 1, Одеса, 65044

БИОГАЗОВАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ УСЛОВИЙ ВЬЕТНАМА

Рассмотрены перспективы использования биотоплива для условий Вьетнама. Намечены пути повышения экономичности работы систем генерации энергии с использованием биотоплива. Выполнено технико-экономическое обоснование биогазовых электростанций, обеспечивающих теплоснабжение, горячее водоснабжение и производство экологически чистых удобрений.

Ключевые слова: биотопливо, газотурбинная установка, биогазовая установка, теплоснабжение, горячее водоснабжение, производство удобрений.

The prospects for the use of biofuels for the conditions of Vietnam are considered. The ways of increasing the efficiency of energy generation systems using biofuels are identified. The engineering and economic assessment of biogas plants that provide heat, hot water and the production of organic fertilizers is performed.

Keywords: biofuels, gas turbine, biogas plant, heat, hot water, fertilizer production.

I. ВВЕДЕНИЕ

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 страны. 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 году [3].

II. АНАЛИЗ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА БИОРЕСУРСОВ ВЬЕТНАМА

Биоресурсы Вьетнама настолько велики (таблица 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.

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 US центов/кВт·ч [4].

Таблица 1 – Энергетический потенциал биомассы во Вьетнаме по данным 2010 г.

№№ пп	Сельскохозяйственные и промышленные отходы	Количество, млн.т	Энергетическая ценность, ГДж
1	Опилки	0,27	3,132
2	Древесная щепа	1,33	19,950
3	Древесина	12,40	186,00
4	Рисовая солома	64,70	905,800
5	Рисовая шелуха	6,81	77,674
6	Шелуха кукурузы	5,80	72,500
7	Побеги маниоки	1,25	15,625
8	Сахарный тростник	1,68	21,000
9	Жом сахарного тростника	5,50	39,655
10	Ореховая скорлупа	0,12	1,500
11	Скорлупа кокосовых орехов	5,00	90,000
12	Кофейная шелуха	0,28	4,359

Потенциал биомассы в стране оценивается в $12,03 \cdot 10^{11}$ кВт·ч/год, из которых наибольшую энергетическую ценность представляет рисовая солома и древесина (рисунок 1).

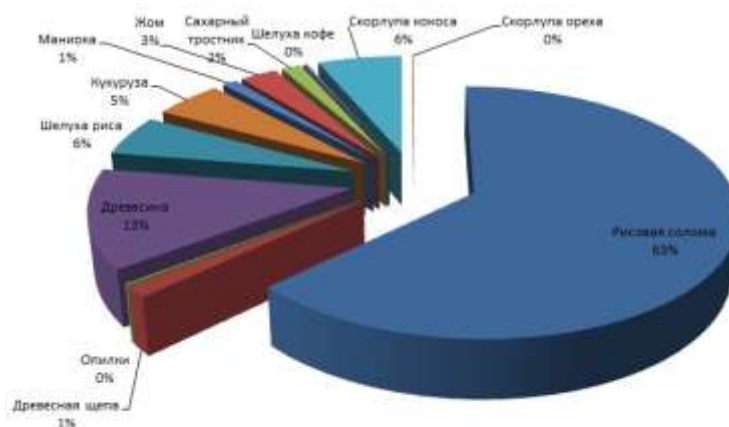


Рисунок 1 – Энергетическая ценность биоресурсов Вьетнама

III. ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ НА БИОТОПЛИВЕ

Для Вьетнама актуальным вопросом является использование газотурбинных установок, использующих энергию биомассы и продуктов ее переработки. Интерес представляет также утилизация биоотходов с выработкой обогащенного биогаза, замещающего природный газ для электростанций. Следует отметить, что выработка биогаза сопровождается получением дополнительного ценного продукта в виде экологически чистых удобрений для фермерских хозяйств, реализация которого позволяет сократить время окупаемости биогазовой электростанции примерно в 3 раза. На рис. 2 представлена принципиальная схема автономной биогазовой электростанции мощностью до 1 МВт для фермерских хозяйств Вьетнама, позволяющая потребителям труднодоступных районов и островных территорий, во-первых, не зависеть от внешних источников энергии, и, во-вторых, получать

дополнительную прибыль за счет продажи избыточной электроэнергии и экологически чистых удобрений для сельского хозяйства. В зависимости от мощности и задач энергоустановки на биотопливе (рис. 2, 3, 4) отличаются по составу основного оборудования (ГТУ – газотурбинная установка; Э – электрогенератор; БГ – генератор биогаза; ПТУ – паротурбинная установка; К – конденсатор; Б – бойлер; Ф – фильтр;). Во всех схемах предусмотрено использование генераторов биогаза в качестве источника альтернативного топлива для ГТУ. На рис. 3 представлена принципиальная схема биогазовой электростанции мощностью более 1 МВт для замены в перспективе электростанций на традиционных видах топлива.

На рис. 4 представлена принципиальная схема биогазовой теплоэлектростанции мощностью более 1 МВт для выработки электроэнергии, тепла для отопления и горячего водоснабжения, а также экологически чистых биоудобрений.

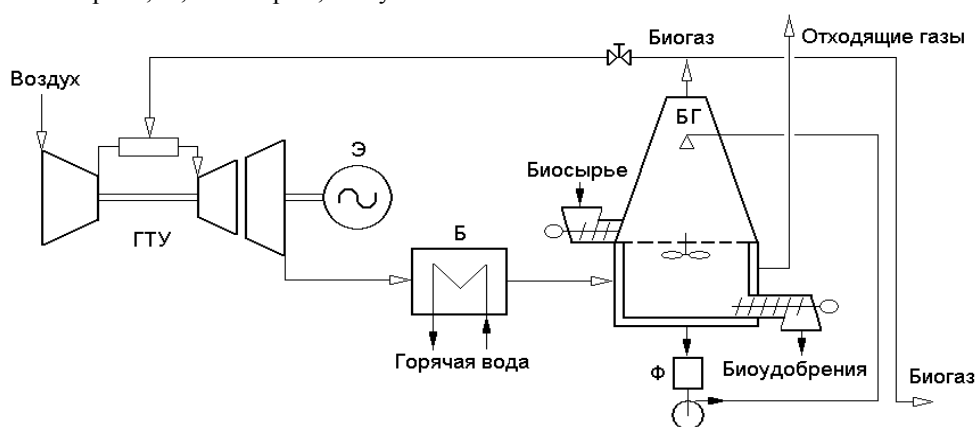


Рисунок 2 – Электростанция с генератором биогаза менее 1 МВт

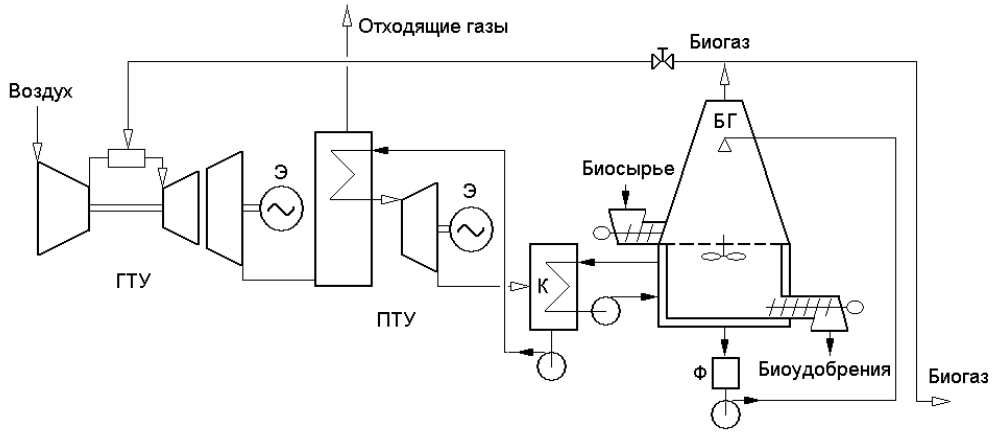


Рисунок 3 – Электростанция с генератором биогаза более 1 МВт

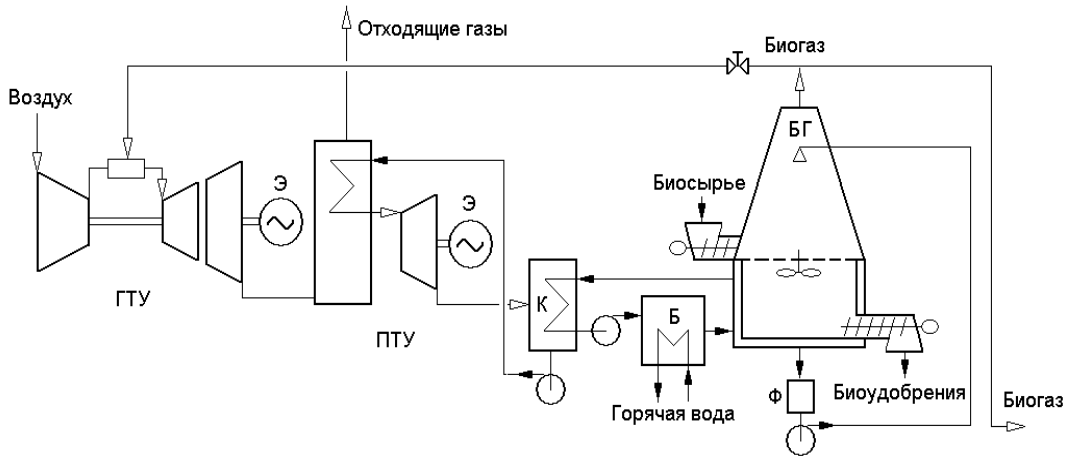


Рисунок 4 – ТЭЦ с генератором биогаза более 1 МВт

IV. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЭНЕРГОУСТАНОВОК НА БИОТОПЛИВЕ

В качестве критерия экономической эффективности энергоустановок на биотопливе примем срок ее окупаемости $T_{ок}$ в зависимости от электрической мощности и применяемого вида топлива: традиционного (природного газа) и альтернативного (обогащенного биогаза).

Срок окупаемости установки:

$$T_{ок} = K / (D^r - Z^r), \quad (1)$$

где K – капитальные затраты на проектирование, изготовление и монтаж электростанции; D^r – годово́й доход от реализации продукции, вырабатываемой электростанцией; Z^r – годовые эксплуатационные затраты, включающие затраты на закупку топлива, зарплату обслуживающему персоналу и текущий ремонт электростанции.

Приведем методику расчета срока окупаемости $T_{ок}$ электрической станции в зависимости от ее мощности и используемого топлива [5]:

– Капитальные затраты (K) рассчитываются по удельной стоимости электростанций ($K_{уд}$) в зависимости от ее электрической мощности ($N_{эл}$):

$$K = K_{уд} \cdot N_{эл} \quad (2)$$

где D^r – годово́й доход от реализации электроэнергетики:

$$D^r = N_{эл} \cdot \tau^r \cdot C_{эл}, \quad (3)$$

τ^r – количество рабочих часов в году;

$C_{эл}$ – стоимость электроэнергии, реализуемой электростанцией.

– Годовые затраты (Z^r) на эксплуатацию электростанции:

$$Z^r = Z_r^r + Z_o^r + Z_p^r, \quad (4)$$

где Z_r^r – годовые затраты природный газ;

Z_o^r – годовые затраты на обслуживание электростанции;

Z_p^r – годовые затраты на текущий ремонт электростанции.

– Годовые затраты на природный газ:

$$Z_r^r = V_r^r \cdot C_r, \quad (5)$$

где V_r^r – годово́й объем потребляемого газа;

C_r – стоимость природного газа.

– Объем природного газа, потребляемый установкой за год:

$$V_r^r = 3600 N_{эл} \cdot \tau^r / (Q \cdot \eta_{эл}), \quad (6)$$

где Q – теплотворная способность природного газа; $\eta_{эл}$ – КПД электростанции.

– Годовые затраты на обслуживание электростанции:

$$Z_o^r = 12 n \cdot 3, \quad (7)$$

где n – количество персонала, обслуживающих электростанцию;

Z – зарплата персонала.

– Годовые затраты на текущий ремонт:

$$Z_p^r = 0,01 K / n \quad (8)$$

Для биогазовых электростанций, вырабатывающих одновременно электроэнергию и биоудобрения, доход D_y^r по сравнению с традиционными увеличивается за счет реализации биоудобрений. Учитывая, что с 1 м^3 обогащенного биогаза, замещающего природный газ, вырабатывается $\sim 5 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$ электроэнергии и $\sim 2 \text{ л}$ биоудобрений.

Доход, получаемый от биогазовых энергоустановок:

$$D_y^r = N_{эл} \cdot \tau^r (C_{эл} + 2/5 C_y), \quad (9)$$

где $C_{эл} = 0,25 \text{ грн}/(\text{кВт}\cdot\text{ч})$;

$C_y = 0,8 \text{ грн}/\text{л}$ – стоимость реализации 1 л биоудобрений [6].

В таблице 2 приведены результаты расчета срока окупаемости электростанции, работающей на природном газе, а в табл.3 – на обогащенном биогазе.

Исходные данные для расчета электростанции на природном газе (таблица 2):

– Теплотворная способность природного газа $Q = 34000 \text{ кДж}/\text{м}^3$.

– Стоимость природного газа, добываемого на Украине $C_r = 0,8 \text{ грн}/\text{м}^3$.

– Стоимость электроэнергии, отпускаемой электростанцией $C_{эл} = 0,25 \text{ грн}/(\text{кВт}\cdot\text{ч})$ [7].

– Количество рабочих часов в году для электростанции $\tau^r = 8760 \text{ час}$.

Исходные данные для расчета биоустановки (табл. 3):

– Теплотворная способность обогащенного биогаза $Q = 34000 \text{ кДж}/\text{м}^3$.

– Стоимость электроэнергии, отпускаемой биогазовой электростанцией $C_{эл} = 0,25 \text{ грн}/(\text{кВт}\cdot\text{ч})$.

– Количество рабочих часов в году для биогазовой электростанции $\tau^r = 8760 \text{ час}$.

– Удельные капитальные затраты для биогазовых электростанций больше, чем для традиционных примерно на 50% вследствие затрат на генератор биогаза [7].

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

Таблица 2– Срок окупаемости электростанции на природном газе

$N_{эл} \cdot 10^{-3}$, кВт	$K_{уд} \cdot 10^{-3}$, грн/кВт	$K \cdot 10^{-6}$, грн	$\eta_{эл}$	n	$D^r \cdot 10^{-6}$, грн	$Z^r = (3_c^r + 3_o^r + 3_p^r) \cdot 10^{-6}$, грн	$T_{ок}$, лет
1	8	8	0,50	6	2,19	$1,713 \cdot 10^6 = (1,484 + 0,216 + 0,013) \cdot 10^6$	16,8
10	6	60	0,55	12	21,9	$14,0 \cdot 10^6 = (13,5 + 0,432 + 0,05) \cdot 10^6$	7,6
100	5	500	0,58	18	219	$128,8 \cdot 10^6 = (127,9 + 0,648 + 0,28) \cdot 10^6$	5,6
1000	4	4000	0,60	24	2190	$1240 \cdot 10^6 = (1237 + 0,864 + 1,66) \cdot 10^6$	4,2

Таблица 3– Срок окупаемости биогазовой электростанции

$N_{эл} \cdot 10^{-3}$, кВт	$K_{уд} \cdot 10^{-3}$, грн/кВт	$K \cdot 10^{-6}$, грн	$\eta_{эл}$	n	$D^r/D_y^r \cdot 10^{-6}$, грн	$Z^r = (3_c^r + 3_o^r + 3_p^r) \cdot 10^{-6}$, грн	$T_{ок}/T_{ок,y}$, лет
1	12	12	0,50	8	2,19/5	$1,713 \cdot 10^6 = (1,484 + 0,216 + 0,013) \cdot 10^6$	25,2/3,6
10	9	90	0,55	12	21,9/49	$14,0 \cdot 10^6 = (13,5 + 0,432 + 0,05) \cdot 10^6$	11,4/2,6
100	7	700	0,58	20	219/499	$128,8 \cdot 10^6 = (127,9 + 0,648 + 0,28) \cdot 10^6$	7,8/1,9
1000	6	6000	0,60	30	2190/4993	$1240 \cdot 10^6 = (1237 + 0,864 + 1,66) \cdot 10^6$	6,3/1,6

V. ВЫВОДЫ

Анализ результатов расчета технико-экономических показателей электростанций (рис. 5) в зависимости от ее электрической мощности и вида используемого топлива (природного газа и биогаза), позволяет сделать вывод о целесообразности использования биогазовых установок.

Дальнейшее развитие установок на биогазе должно идти по пути совершенствования техноло-

гии бесперебойного производства биогаза и биоудобрений в генераторе биогаза – одном из важных элементов биогазовой электростанции. Это позволит снизить срок окупаемости и реализовать технико-экономические преимущества биогазовых электростанций – наиболее перспективных установок для условий не только Вьетнама, но и Украины.

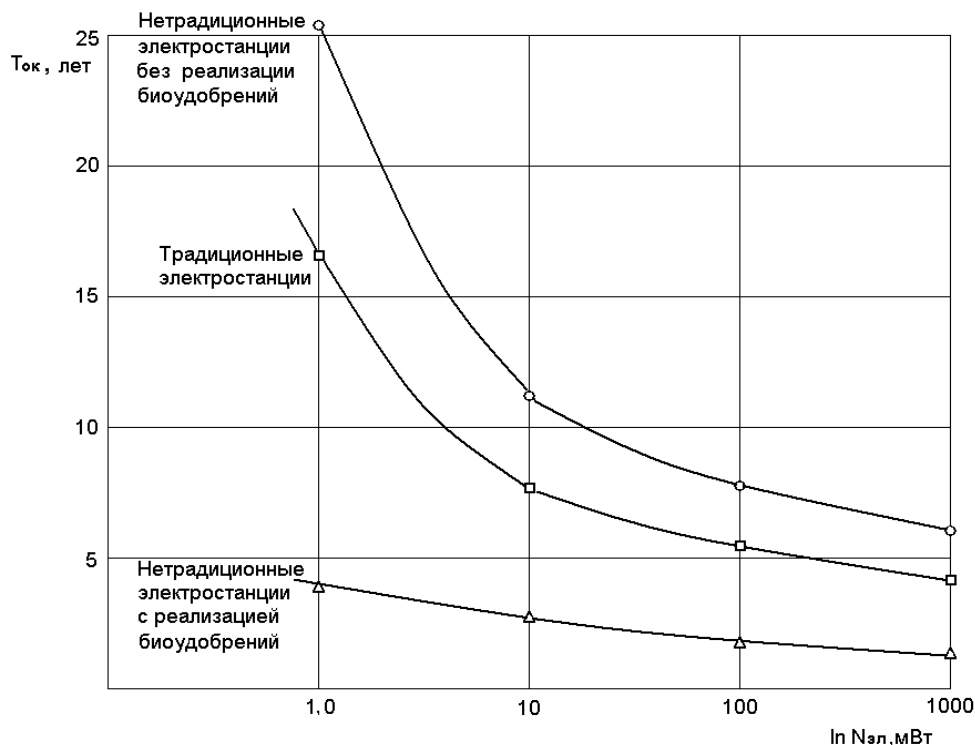


Рисунок 5 – Залежність строку окупаемости електростанцій від електричної потужності та виду використовуваного палива (природного газу та біогазу)

ЛИТЕРАТУРА

1. Стратегия развития нефтегазовой отрасли Вьетнама до 2015–2025 г. // Vietnam Economic News. – 2012. – № 16 [Електронний ресурс]: – Режим доступа: http://www.mbendi.com/a_sndmsg/news_view.asp?I=126417&PG=35.
2. Перспективная программа развития электроэнергетики Вьетнама на период до 2020 г. [Електронний ресурс]: – Режим доступа: http://www.ved.gov.ru/exportcountries/vn/vn_ru_relations/vn_news/4365.html.
3. Хрусталеv Б.М. Климатические условия Вьетнама и потенциал нетрадиционных источников энергии / Б.М. Хрусталеv, Туан Киет Нго, Тху Нга Нгуен // Энергетика – Изв. высш. учеб. заведений и энерг. объединений СНГ. – 2009. – №6. С. 31–35.
4. Нгуен Тху Нга. Структуризация энергетических ресурсов и стратегия развития энергетиче-

ской отрасли Вьетнама // Труды научного энергетического института Вьетнамской академии наук и технологий. 2011. – С. 101–110.

5. Экономика и управление энергетическими предприятиями / Под ред. Н. Н. Кожевникова. — М.: Издательский центр «Академия», 2004. — 432 с.
6. Технология и установки для производства биоудобрений и биогаза [электронный ресурс]: – Режим доступа: <http://www.biogas.vn.ua> – Установки для получения биоудобрений и биогаза.
7. Стоимость электроэнергии в Украине 2013 год / январь 2013 [электронный ресурс]: - Режим доступа: http://www/стоимость_электроэнергии_в_Украине – Стоимость электроэнергии в Украине 2013 год.

Получена в редакции 28.02.2013, принята к печати 04.03.2013