

УДК 65.011

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ КОГЕНЕРАТОРА НА ОСНОВЕ МАЛОРАЗМЕРНОЙ ГАЗОТУРБИННОЙ УСТАНОВКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОЙ УТИЛИЗАЦИИ ОТХОДОВ

Морозенко М.И., Кусачева С.А., Черняев С.И.

*Калужский филиал ФГБОУ ВПО «Московский государственный технический университет
им. Н.Э. Баумана», Калуга, e-mail: fn2kf@bk.ru*

Исследована возможность эффективного использования технологии микробиологической утилизации отходов растительного происхождения с целью получения биогаза и дальнейшей выработки тепловой и электрической энергии на базе малоразмерных газотурбинных установок. Основываясь на данных морфологического и элементного состава отдельных компонентов отходов, определена энергетическая ценность получаемого биогаза. Приведены расчетные технико-экономические данные по переработке отходов с использованием технологии микробиологической утилизации. Полученные результаты позволяют считать предлагаемую технологию с использованием когенератора экономически эффективной и привлекательной как для инвестора, так и для общества. Применение биогаза в когенерационных установках с использованием технологии микробиологической утилизации позволит получить значительный эколого-экономический эффект, оптимизировать потребление природных ресурсов, а также может способствовать стабилизации развития отдельных отраслей производства.

Ключевые слова: микробиологическая утилизация отходов, когенерация, газотурбинная электростанция, инвестиционная привлекательность

FEASIBILITY STUDY OF THE COGENERATOR ON THE BASIS OF SMALL GAS TURBINE POWER PLANT USING THE TECHNOLOGY MICROBIOLOGICAL WASTE RECYCLING

Morozenko M.I., Kusacheva S.A., Chernyaev S.I.

*Kaluga Branch of «Moscow State Technical University named after N.E. Bauman»,
Kaluga, e-mail: fn2kf@bk.ru*

The possibility of the effective use of technology microbiological recycling plant waste to produce biogas and further generation of heat and electricity on the basis of small gas turbine has been investigated. On the basis of data of morphological and elemental structure of individual components is determined the energy value of the biogas produced. The technical and economic data on conversion of waste with use of technology of microbiological utilization have been calculated. The received results allow to consider the offered technology with use of the cogenerator cost-efficient and attractive, both for the investor, and for society. Use of biogas in the cogeneration installations with use of technology of microbiological utilization will allow to gain considerable ekologo-economic effect, to optimize consumption of natural resources and can promote stabilization of development of separate industries of production.

Keywords: microbiological recycling, cogeneration, gas turbine power plant, investment attractiveness

В настоящее время в связи с ухудшением общей экологической обстановки и ожидаемым в ближайшем будущем дефицитом ископаемого топлива требуются новые подходы к созданию условий для использования нетрадиционных видов топлива, которые должны быть экономически и экологически приемлемыми – т.е. максимально безопасными для окружающей среды (ОС). Уже сейчас понятно, что для обеспечения устойчивого развития общества, вектор модернизации мировой энергетики будет направлен в сторону уменьшения затрат и использования возобновляемых источников. В связи с этим практически во всех странах все более пристальное внимание уделяется проблеме использования образующихся во всё возрастающих коли-

чествах, твердых коммунальных отходов (ТКО), а также отходов производства и потребления. Процессы обращения с отходами находятся на острие комплекса актуальных проблем человечества потому, что они являются серьезным источником загрязнения почвы, грунтовых вод и атмосферы. Одним из путей решения проблемы считается использование ТКО, а также отходов производства и потребления, в качестве источников вторичного сырья, позволяющего достичь повышения эффективности производства за счет экономии материалов, обеспечить расширение сырьевой базы для разных отраслей промышленности, а также существенного улучшения экологического статуса территорий за счет снижения техногенного загрязнения ОС [5, 7].

Таблица 1

Технико-эксплуатационные характеристики ГТЭС – 200

Характеристика	Значение параметров
Номинальная мощность, кВт	200
Частота тока, Гц	50
Число фаз	3
Номинальная тепловая мощность), Ккал/ч: – при номинальной электрической мощности – на холостом ходу	650 000 400 000
Температура воды на выходе из котла-утилизатора, °С	95
Давление воды (при работе изделия) на входе в котел-утилизатор, кг/см ²	от 1,1 до 6,0
Часовой расход топлива в стандартных атмосферных условиях, кг/ч: – на дизельном топливе; – на природном газе	90 82
Расход масла, г/ч, не более	80

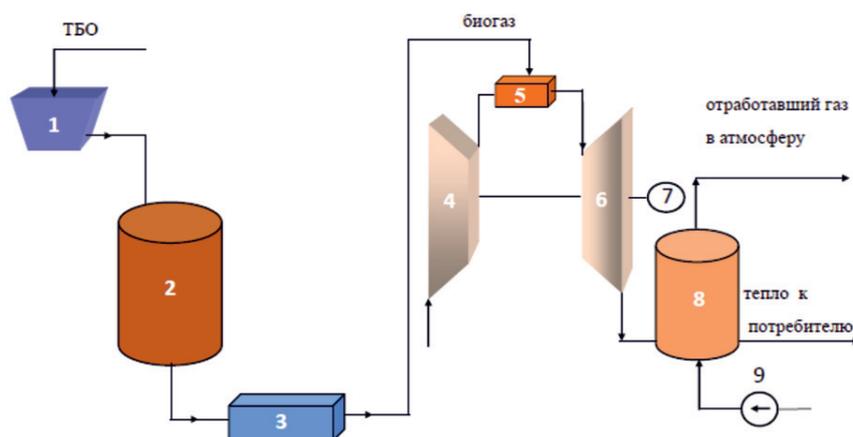
В комплекс предлагаемых мер, способствующих преодолению сложившейся практики, входят стимулирование сокращения образования новых и утилизации накопленных отходов, а также обеспечение безопасного обращения с ними, проведение рекультивации земель и других технических и организационных мероприятий по компенсации ущерба, наносимого природной среде; стимулирование научных исследований и поддержка разработки перспективных технологических решений, направленных на снижение негативного воздействия на ОС и экологических рисков; новые технологии газификации твердого топлива, включая биомассу, коммунальные и прочие отходы [7, 9].

Наличие огромного числа полигонов ТКО и стихийных свалок заставляет все больше внимания уделять технологиям их утилизации с выделением заключенного в них энергоносителя в виде биогаза, образующегося в результате анаэробного разложения органической фракции отходов. Из общего количества метана, ежегодно поступающего в атмосферу, 40–70% образуется в результате антропогенной деятельности, причем более 20% из них приходится на объекты размещения, хранения и захоронения отходов. Подсчитано, что из одной тонны ТКО, а также отходов производства и потребления образуется около 200 м³ газа. При этом первые 15–20 лет при разложении одной тонны этих отходов выделяется до 7,5 м³ биогаза в год. Следует отметить, что биогаз относится к числу газов, создающих «парниковый эффект» и влияющих на изменение климата Земли в целом. Кардинальному снижению выбросов парникового газа и его использованию в качестве альтернативного источника энергии способствуют технологии с применением современного оборудования [3].

Например, во всем мире все более активно завоевывают рынок локальные установки, работающие в режиме когенерации – производства двух видов полезной энергии из одного, первичного источника. Наряду с производством тепловой энергии при сжигании биогаза, когенерация позволяет производить электрическую энергию, которая может быть использована для собственных нужд субъекта экономики или реализована по выгодным тарифам в общую распределительную электрическую сеть. Поскольку биогаз является сопутствующим продуктом при переработке органической фракции отходов, затраты на эксплуатацию таких установок будут связаны в основном с отчислениями на оборудование и на его сервисное обслуживание.

Рассмотрим возможность применения технологии микробиологической утилизации ТКО, а также отходов производства и потребления для получения электроэнергии либо комплексного производства и электроэнергии, и тепла на базе малоразмерных газотурбинных двигателей. В табл. 1 представлены технические характеристики газотурбинной электростанции ГТЭС–200, выпускаемой ОАО «Калужский двигатель» на основе высокооборотных газовых турбин и применяемой в качестве основного, вспомогательного или аварийного автономного средства тепло- и электроснабжения, работающего на различных видах жидкого и газообразного топлива.

Использование биотоплива позволяет снизить содержание токсичных веществ СОх и NOх в выхлопных газах [1]. Применение ГТЭС-200, в качестве когенератора, функционирующего совместно с установкой микробиологической утилизации отходов, предлагается по схеме, представленной на рисунке [5].



Биоэнергетическая установка с использованием технологии микробиологической утилизации отходов для комбинированного производства электроэнергии и тепла (1 – система сортировки и подачи ТКО; 2 – установка микробиологической утилизации ТКО; 3 – газгольдер; 4 – компрессор; 5 – камера сгорания; 6 – газовая турбина; 7 – электрогенератор; 8 – утилизационный паровой (водогрейный котел); 9 – питательный насос)

Таблица 2

Морфологический состав отходов, поступающих на полигон г. Калуги и показатели производительности биореактора

Состав отходов и показатели производительности		
Наименование компонента отходов	Размерность	Значение
Бумага, картон	% об.	30,5
Пищевые отходы	% об.	40
Обрезки деревьев, листья	% об.	0,5
Текстиль	% об.	3
Кожа, резина	% об.	1,5
Полимерные материалы	% об.	13
Кости	% об.	1,5
Металл черный	% об.	2
Металл цветной	% об.	2
Стекло	% об.	2
Камни, керамика	% об.	3
Прочее	% об.	1
ВСЕГО	% об.	100
Неорганическая составляющая	% об.	19
Органическая составляющая	% об.	81
Влажность отходов	% об.	20
Из 1 т/ч поступающих на переработку отходов:		
Воды	т/ч	0,2
Неорганической составляющей	т/ч	0,13
Органической составляющей	т/ч	0,67
Поступает в биореактор органической составляющей	м ³ /сут	10
Количество биореакторов	шт	2

Исходные данные, а также данные, полученные в результате проведенных расчетов эксплуатационных и экономических показателей биоэнергетической установки

с использованием технологии микробиологической утилизации отходов для когенерации электроэнергии и тепла, приведены в табл. 2 и 3.

Таблица 3

Эксплуатационные показатели установки переработки отходов (производительностью 4000 т/год) с использованием технологии микробиологической утилизации и комбинированного производства электрической и тепловой энергии

Наименование показателей	Размерность	Значение
Число рабочих часов в году	ч	7500
Плотность отходов	кг/м ³	550
Годовой объем переработки отходов	т	4000
	м ³	7272,7
Характеристики получаемого биогаза		
Удельный выход биогаза с 1 т отходов органического происхождения	м ³ /т	200
Низшая теплота сгорания биогаза	МДж/м ³	25
Плотность биогаза	кг/м ³	0,72
Показатели производства энергии		
КПД по выработке электроэнергии	%	23,3
Коэффициент использования тепла	%	81,3
Годовая выработка электроэнергии	ГВт	1,5
Номинальная электрическая мощность	кВт	200
Номинальная тепловая мощность	Ккал/ч	650000
Экономические показатели		
Количество обслуживающего персонала	чел	15
Средняя ставка месячной оплаты труда	тыс. руб.	35,0
Заработная плата сотрудников с начислениями	тыс. руб./год	7749,0
Стоимость 1 кВт*ч электроэнергии	руб.	3,0
Стоимость 1 Гкал тепла	руб.	1500,0
Капитальные затраты (биореактор, компрессор, газгольдер, сортировочный комплекс, ГТЭС-200)	тыс. руб.	19000,0
Эксплуатационные расходы (реактивы и микроорганизмы, масло для ГТЭС-200)	тыс. руб.	220,0
Предотвращенные платежи и затраты (за образование и захоронение отходов)	тыс. руб.	2891,0
Годовая выручка от реализации электроэнергии	тыс. руб.	4500,0
Годовая выручка от реализации тепла	тыс. руб.	7312,0
Норма дисконта	%	8,0
Срок окупаемости	год	3,1

Таким образом, основные показатели привлекательности и эффективности инвестиций, имеют следующие значения:

- срок окупаемости – 3,1 года;
- индекс прибыльности – 1,41;
- чистый приведенный доход на конец расчетного (10-летнего) периода – 29,8 млн рублей.

Показатели эффективности инвестиций рассчитывались по дисконтированным потокам наличности и дисконтированным потокам выплат денежных средств согласно «Методическим рекомендациям по оценке эффективности инвестиционных проектов» [4].

Предотвращенные платежи и затраты за образование и захоронение отходов определялись согласно требованиям, указанным в Постановлении Правительства РФ от 12 июня 2003 г. № 344 [6].

Полученные результаты позволяют считать предлагаемую технологию экономически эффективной, как с точки зрения инвестора, так и с точки зрения общества.

В заключение следует отметить, что одним из стратегических направлений реализации экологических преобразований в России является развитие предпринимательства. Под экологическим предпринимательством подразумевается деятельность по производству и реализации товаров, осуществлению работ и услуг, направленных на предотвращение негативного воздействия на ОС.

Развитие процессов экологизации экономики и введение экономической составляющей в природоохранную деятельность, производство и реализация экологических товаров, а также и услуг является перспективным и рентабельным видом деятельности.

Уже определились основные направления экологического бизнеса в России, такие как:

- очистка промышленных и бытовых стоков;
- очистка промышленных выбросов;
- переработка и утилизация ТКО, а также отходов производства и потребления;
- оценка воздействия на ОС;
- экологическая экспертиза;
- производство приборов для контроля состояния ОС;
- создание ресурсосберегающих технологий;
- использование вторичных ресурсов;
- экологический контроль;
- экологическое образование [3, 8].

Производство электрической и тепловой энергии с использованием альтернативных видов топлива, с применением технологий утилизации ТКО, а также отходов производства и потребления позволит получить значительный эколого-экономический эффект, оптимизировать потребление природных ресурсов и будет способствовать стабилизации развития как отдельных отраслей хозяйствования, так и территорий в целом.

Биогаз может быть использован для удовлетворения потребностей в энергии ближайших к полигону населенных пунктов, а также для собственных нужд полигона. Потенциалом для выработки энергии могут стать и органические отходы крупных предприятий, в т.ч. производящих продукты питания.

В заключение следует отметить, что результаты проведенных исследований могут быть реализованы применительно к задачам коммунальных служб населенных пунктов, сельскохозяйственных предприятий, предприятий пищевой, перерабатывающей и других отраслей промышленности.

Список литературы

1. Газотурбинные электростанции. ГТЭС-200. [Электронный ресурс]. // ОАО «Калужский двигатель»: сайт. – Режим доступа: http://www.kadvi.ru/Produkt_gp_tes200.htm (дата обращения: 15.05.2016).
2. Добыча и утилизация биогаза. [Электронный ресурс]. // Переработка мусора (ТБО) – инвестиции в будущее: сайт. – Режим доступа: <http://ztbo.ru/o-tbo/lit/tehnologii-otxodov/dobicha-i-utilizaciya-biogaza> (дата обращения: 14.05.2016).
3. Коваленко В.И., Кузнецов Л.М. Исследование рынка экологических услуг: Учеб. пособие. – СПб.: СПбГИЭУ, 2007. – 170 с.
4. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов. – М.: Экономика, 2000. – 421 с.
5. Морозенко Д.Н., Кусачева С.А., Черняев С.И. Производство электрической и тепловой энергии в процессе утилизации твердых бытовых отходов // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2016. – № 7 (часть 6). – С. 943–948.
6. Постановление Правительства РФ от 12 июня 2003 г. № 344. «О нормативах платы за выбросы в атмосферный воздух загрязняющих веществ стационарными и передвижными источниками, сброса загрязняющих веществ в поверхностные и подземные водные источники, размещение отходов производства и потребления»: <http://tk-servis.ru/uploads/files/ntd-20150517-133955.pdf>.
7. Сравнительный анализ стратегий обращения с отходами [Электронный ресурс]. // ИАА «Cleandex»: сайт. – Режим доступа: http://www.cleandex.ru/articles/2010/02/16/waste-management_article_1 (дата обращения: 15.05.2016).
8. Черняев С.И. Развитие экологического маркетинга в России и за рубежом // Экономика. Управление. Право. – М., 2013. – № 5. – С. 3–6.
9. Энергетическая стратегия России на период до 2035 года. Основные положения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.energsovet.ru/stat835.html> (дата обращения: 12.05.2016).

References

1. Gazoturbinnye jelektrostanicii. GTJeS-200. [Jelektronnyj resurs]. // ОАО «Kaluzhskij dvigatel»: sajt. Rezhim dostupa: http://www.kadvi.ru/Produkt_gp_tes200.htm (data obrashhenija: 15.05.2016).
2. Dobycha i utilizacija biogaza. [Jelektronnyj resurs]. // Pererabotka musora (TBO) investicii v budushhee: sajt. Rezhim dostupa: <http://ztbo.ru/o-tbo/lit/tehnologii-otxodov/dobicha-i-utilizaciya-biogaza> (data obrashhenija: 14.05.2016).
3. Kovalenko V.I., Kuznecov L.M. Issledovanie rynka jekologicheskix uslug: Ucheb, posobie. SPb.: SPbGIeU, 2007. 170 p.
4. Metodicheskie rekomendacii po ocenke jeffektivnosti investicionnyh proektov. M.: Jekonomika, 2000. 421 p.
5. Morozenko D.N., Kusacheva S.A., Chernjaev S.I. Proizvodstvo jelektricheskoj i teplovoj jenerгии v processe utilizacii tverdyh bytovyx othodov // Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyh i fundamentalnyh issledovanij. 2016. no. 7 (chast 6). pp. 943–948.
6. Postanovlenie Pravitelstva RF ot 12 ijunya 2003 g. no. 344. «O normativah platy za vybrosy v atmosferyj vozduh zagrjaznjajushhih veshhestv stacionarnymi i peredvizhnymi istochnikami, sbrosa zagrjaznjajushhih veshhestv v poverhnostnye i podzemnye vodnye istochniki, razmeshenie othodov proizvodstva i potreblenija»: <http://tk-servis.ru/uploads/files/ntd-20150517-133955.pdf>.
7. Sravnitelnyj analiz strategij obrashhenija s othodami [Jelektronnyj resurs]. // IAA «Cleandex»: sajt. Rezhim dostupa: http://www.cleandex.ru/articles/2010/02/16/waste-management_article_1 (data obrashhenija: 15.05.2016).
8. Chernjaev S.I. Razvitie jekologicheskogo marketinga v Rossii i za rubezhom // Jekonomika. Upravlenie. Pravo. M., 2013. no. 5. pp. 3–6.
9. Jenergeticheskaja strategija Rossii na period do 2035 goda. Osnovnye polozhenija [Jelektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: <http://www.energsovet.ru/stat835.html> (data obrashhenija: 12.05.2016).