

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ БІЛІМ ЖӘНЕ
ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Л.Н. ГУМИЛЕВ АТЫНДАҒЫ ЕУРАЗИЯ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ
КӨЛІК – ЭНЕРГЕТИКА ФАКУЛЬТЕТІ



**«КӨЛІК ЖӘНЕ ЭНЕРГЕТИКАНЫҢ ӨЗЕКТІ МӘСЕЛЕЛЕРІ:
ИННОВАЦИЯЛЫҚ ШЕШУ ТӘСІЛДЕРІ» X ХАЛЫҚАРАЛЫҚ
ҒЫЛЫМИ-ТӘЖІРИБЕЛІК КОНФЕРЕНЦИЯСЫНЫҢ БАЯНДАМАЛАР
ЖИНАҒЫ**

**СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ
X МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО – ПРАКТИЧЕСКОЙ
КОНФЕРЕНЦИИ: «АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ТРАНСПОРТА И
ЭНЕРГЕТИКИ: ПУТИ ИХ ИННОВАЦИОННОГО РЕШЕНИЯ»**

**PROCEEDINGS OF THE X INTERNATIONAL SCIENTIFIC-PRACTICE
CONFERENCE «ACTUAL PROBLEMS OF TRANSPORT AND ENERGY:
THE WAYS OF ITS INNOVATIVE SOLUTIONS»**

Нұр-Сұлтан, 2022

УДК 656/621.31
ББК 39/31
А43

Редакционная коллегия:

Председатель – Мерзадинова Г.Т., Член Правления – Проректор по науке, коммерциализации и интернационализации ЕНУ им. Л.Н. Гумилева, д.т.н., профессор; Заместитель председателя – Султанов Т.Т., заместитель декана по научной работе, к.т.н., доцент; Сулейменов Т.Б. – декан транспортно-энергетического факультета ЕНУ им. Л.Н.Гумилева, д.т.н., профессор; Председатель «Әдеп» – Ахмедьянов А.У., к.т.н., доцент; Арпабеков М.И. – заведующий кафедрой «Организация перевозок, движения и эксплуатация транспорта», д.т.н. профессор; Тогизбаева Б.Б. – заведующий кафедрой «Транспорт, транспортная техника и технологии», д.т.н. профессор; Байхожаева Б.У. – заведующий кафедрой «Стандартизация, сертификация и метрология», д.т.н. профессор; Жакишев Б.А.– заведующий кафедрой «Теплоэнергетика», к.т.н., доцент.

А43 Актуальные проблемы транспорта и энергетики: пути их инновационного решения: X Международная научно – практическая конференция, Нур-Султан, 17 марта 2022 /Подгот. Г.Т. Мерзадинова, Т.Б. Сулейменов, Т.Т. Султанов – Нур-Султан, 2022. – 597с.

ISBN 978-601-337-661-5

В сборник включены материалы X Международной научно – практической конференции на тему: «Актуальные проблемы транспорта и энергетики: пути их инновационного решения», проходившей в г. Нур-Султан 17 марта 2022 года.

Тематика статей и докладов участников конференции посвящена актуальным вопросам организации перевозок, движения и эксплуатации транспорта, стандартизации, метрологии и сертификации, транспорту, транспортной техники и технологии, теплоэнергетики и электроэнергетики.

Материалы конференции дают отражение научной деятельности ведущих ученых дальнего, ближнего зарубежья, Республики Казахстан и могут быть полезными для докторантов, магистрантов и студентов.



© ЕНУ имени Л.Н.Гумилева, 2022

Mitsubishi Hitachi Power Systems единственный производитель в Японии, занимающийся проектированием, производством, установкой, вводом в эксплуатацию и послепродажным обслуживанием с использованием собственных технологий. Для зарубежных рынков занимаются экспортом электростанции с комбинированным циклом примерно в 20 стран, главным образом в Юго-Восточной Азии, на Ближнем Востоке, в Европе, Северной Америке и Южной Америке.

Выводы:

1. В связи с достаточно привлекательным направлением развития ПГУ в мировой практике, как показывает анализ текущих ситуаций с дефицитом электрической мощности, при наличии стабильной поставки газа, строительство ПГУ является наиболее оптимальным решением проблемы.

2. Использование ПГУ для покрытия пиковых электрических нагрузок так же позволит снизить выбросы окисей азота за счет сжигания природного газа.

3. Схема ПГУ предлагаемая в работе отличается более простой конструкцией, дешевизной, быстрыми сроками строительства и ввода в эксплуатацию.

Список использованной литературы

1. Energy for Sustainable Development//Paul Breeze//Elsevier//2016, pages 65-75.
2. Combined Cycle Systems for Near-Zero Emission Power Generation//M.P.Boyce//Woodhead Publishing Series in Energy//2012, Pages 1-43.
3. Буров В.Д., Ремезов А.Н., Цанев С.В. Газотурбинные и парогазовые установки тепловых электростанций. М.: Издательский дом МЭИ, 2006. 584 с.
4. Трухний А.Д. Парогазовые установки электростанций. Учебное пособие для вузов. М.: Издательский дом МЭИ, 2013. 648 с.

УДК 620.9

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГАЗООЧИСТКИ НА «ЕКИБАСТУЗСКОЙ ГРЭС-1 ИМЕНИ БУЛАТА НУРЖАНОВА»

Байсауп Әмірлан Қанатұлы

amirlan.baysaupov@mail.ru

Студент ЕНУ им. Л.Н.Гумилева, Нур-Султан, Казахстан

Сакипов Камалхан Еркешович

sakipov_kye@enu.kz

к.т.н., доцент кафедры «Теплоэнергетика» ЕНУ им. Л.Н.Гумилева, Нур-Султан, Казахстан

ТОО «Экибастузская ГРЭС-1 имени Булата Нуржанова» (далее ГРЭС-1) представляет собой тепловую электрическую станцию с установленной мощностью 4 000 МВт, расположенную на северном берегу озера Женгельды, в 16 км севернее г. Экибастуз, Павлодарской области. Станция строилась в рамках проекта СССР по созданию Экибастузского топливно – энергетического комплекса и является самой крупной станцией в Казахстане, работающей на твердом топливе. Экибастузская ГРЭС-1 берет свое начало в январе 1974 года, а 12 апреля 1980 года введен в эксплуатацию энергоблок №1, далее до 1984 года в эксплуатацию были введены энергоблоки со второго по восьмой. Будучи крупнейшей электростанцией в Казахстане, ГРЭС-1 также является одной из крупнейших угольных электростанций в мире с текущей располагаемой мощностью – 3 500 МВт. В 2023 году планируется выход станции на проектную мощность 4000 МВт. В 2021 году выработано электрической энергии – 22 788 389,760тыс. кВт *час, расход угля на выработку эл. энергии - 13 443 298,00 тонн угля.

Основным источником загрязнения атмосферы является при сжигании твердого топлива, а в особенности высокозольного экибастузского угля, является летучая зола.

Для снижения содержания взвешенных веществ в дымовых газах, выбрасываемых в атмосферу энергоблока ст. №3, №4, №5, №6 оборудованы электрофильтрами типа «Lodge Cottrel», на энергоблоке ст. №2, №7, №8 ЗАО «АльстомПауэрСтаван». Данные ЭСФ обеспечивали очистку, которая позволила добиться нормативной концентрации уноса золы (300...400 мг/нм³, при норме <400 мг/нм³). Электрофильтры находятся в эксплуатации десятки лет, в среднем срок службы составляет 30-40 лет. За такой период времени естественно изменяется режим работы и санитарные требования к величине выбросов из ЭСФ в атмосферу, происходит физический и моральный износ, что приводит к ухудшению работы ЭСФ. В целом ряде случаев, реконструкция устаревших электрофильтров является экономически целесообразней, нежели установка новых. Разработка новых стандартов по ужесточению требований с 2025 года, а также повышение штрафов, требует реализации дополнительных мероприятий по повышению эффективности электрофильтров.

В настоящее время наиболее распространено применение оптимизации в следующих направлениях:

- питание полей электрофильтра током высокого напряжения. Установка более совершенных устройств управления агрегатами питания электрофильтров, например, типа БУЭФ;

- периодичность и интенсивность встряхивания коронирующих и осадительных электродов и газораспределительных решеток, установка микропроцессорных контроллеров типа «Elex»;

- установка мотор-редукторов, обеспечивающих частотное регулирование режимов встряхивания;

- повышение равномерности распределение газов в электрофильтре;

- замена коронирующих элементов;

- замена осадительных элементов;

- увеличение площади осаждения электрофильтра.

По мере продвижения пылегазовой среды вдоль электрофильтра происходит сепарация частиц пыли в зависимости от их физико-химических свойств и изменение параметров газов. В итоге свойства пылегазовой среды на входе существенно отличаются от таковых на последующих полях электрофильтра, в то время как конструктивные параметры полей электрофильтра, как правило, одинаковы.

Рассмотрим изменение следующих параметров пылегазовой среды по мере продвижения ее вдоль электрофильтра:

- количество улавливаемой пыли и степень очистки газов;

- УЭС пыли;

- когезионные свойства пыли.

Количество улавливаемой пыли

В соответствии с уравнением Дэйча распределение количества уловленной пыли (P) по длине электрофильтра определяется экспонентой:

$$P = \exp\left(-\frac{\omega L}{NV}\right), \quad (1)$$

где ω - скорость дрейфа частиц пыли;

L - длина активной зоны электрофильтра;

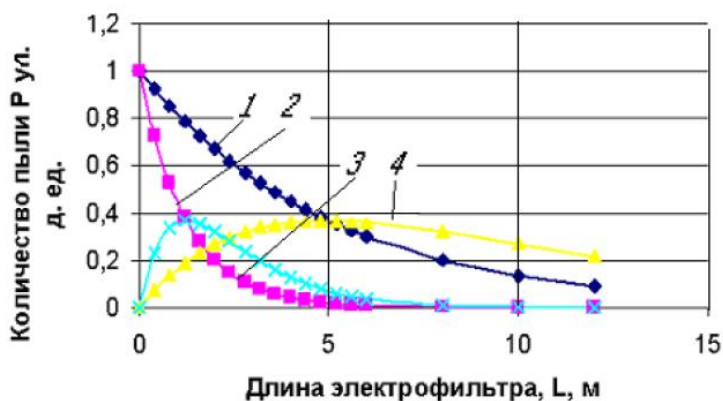
N - межэлектродное расстояние;

V - скорость газов в электрофильтре.

Методом лабораторного исследования (рис. 1) и эксплуатационного опыта выявлено, что распределение количества пыли по длине электрофильтра отличается от экспоненциального и имеет вид:

$$P = K \exp\left(-\frac{\omega L}{HV}\right), \quad (2)$$

где K - коэффициент, зависящий от конструктивных параметров электрофильтра, свойств пылегазовой среды и режима питания электрофильтра током высокого напряжения.



1,2 – экспериментальное распределение пыли в соответствии с формулой Дэйча; 3,4 – фактическое распределение пыли; 1,4 – при низкой степени очистки газов; 2,3 – при высокой степени очистки газов.

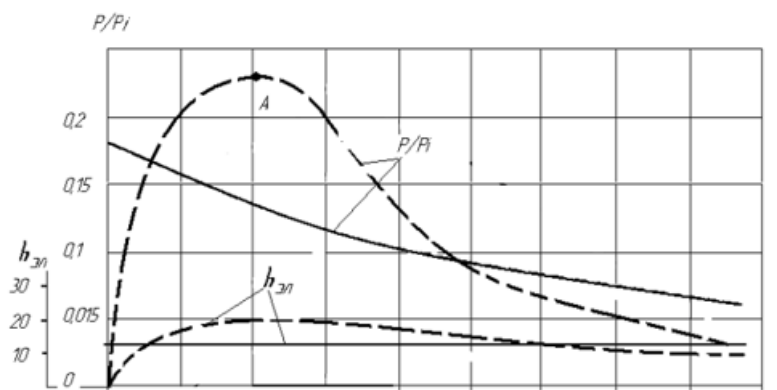
Рисунок 1 - Распределение уловленной пыли по длине электрофильтра

Из рисунку 1, видно как фактическое распределение пыли на осадительных электродах отличается от распределения, рассчитанного по формуле (1). Аналогичное распределение пыли имеет место и на коронирующих электродах. Ниже приведем соотношения величины выбросов, рассчитанное по формулам (1) и (2), составляет:

$$\frac{B_1}{B_2} = \frac{1}{K} \quad (3)$$

где B_1 , B_2 - величины выбросов пыли, полученные соответственно с учетом формул (1) и (2).

Величина перемещения координаты максимума накопления веса пыли по длине электрофильтра (точка А на рис. 2) оказывает существенное влияние на режим эксплуатации электрофильтров. Абсцисса этой точки обусловлена величиной запыленности, скоростью газов, размером частиц, УЭС пыли, параметрами питания электрофильтра током высокого напряжения.



P , P_i - масса уловленной пыли соответственно на элементе и общая на электроде; - степень очистки газа на элементе электрода; - расчет; ---эксперимент

Рисунок 2 - Сравнение распределения пыли по длине электрофильтра (1)

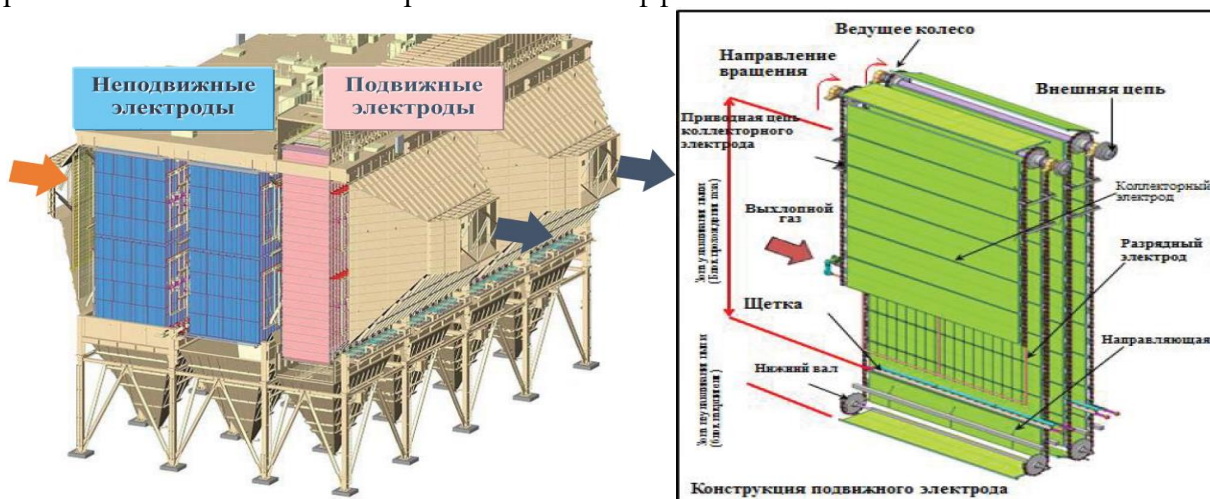
Высокий УЭС, для экибастузской золы $2,1 \cdot 10^{12}$ Ом м, неотряхиваемый слой пыли во время эксплуатации по длине электрофильтра приводит к усилению когезионных связей. Расчет этих сил достаточно сложен. Однако, учитывая, что пылеемкость электродов имеет функциональную связь с УЭС пыли можно ориентировочно определить требуемую величину отряхивающих ускорений (a) следующим образом:

$$a_g = 20 \lg p_v,$$

где p_v - УЭС пыли, Ом-м.

Величина отряхивающего импульса на первых полях электрофильтров, работающих в аналогичном режиме, может быть уменьшена, что позволит снизить износ узлов встряхивания первых полей и уменьшить дезагрегирование пыли и унос ее при встряхивании. Для достижения высоких показателей и обеспечения надежной работы требуется модернизация ЭСФ.

Наиболее перспективным является установка 5 поля с передвижным электродом на ЭСФ. Одной из главных преимуществ является длительная эксплуатация при простом обслуживании. В сочетании с подвижным электродом (МЕЕР), пыль с высоким электрическим сопротивлением может быть собрана с высокой эффективностью.



№	Задача для решения в электрофильтрах стационарного типа	Особенности МЕЕР
1	Возникновение явления обратного заряда из-за снижения качества удаления пыли с высоким сопротивлением и мелкой пылью.	Пыль с высоким удельным электрическим сопротивлением, мелкодисперсная пыль эффективно снимается щеткой (поверхность осадительного электрода всегда в чистом состоянии).
2	Удаление мелкой пыли с помощью встряхивания молотом (встряхивание).	Удаление пыли происходит вне зоны для сбора пыли, поэтому вторичное рассеивание пыли минимально.
3	Необходимость дополнительного пространства в связи с расширением существующих электрофильтров. Необходима модернизация газоотвода последней ступени усуществующего оборудования, а также необходимость переноса (или расширение мощностей) вытяжной вентиляции.	Благодаря высокому КПД очистки газа, оборудование удалось сделать максимально компактным. Благодаря достижению компактности на основе улучшенной функциональности оборудования стало возможным снижение потребления электроэнергии для подачи заряда - что ведет к энергосбережению. Возможность использования и на существующем оборудовании.

Экологический эффект	Снижение загрязнителей воздуха (пыль, CO ₂) от угольных электростанции		
		В случае внедрения МЕЕР (План-1)	Базовая линия (План-2)
	Потребляемая энергия (кВт/блок)	2500	3100
	Годовая потребляемая энергия (МВт/блок)	21900	27156
Объем выбросов CO ₂ (т-CO ₂ /блок)	13359	16565	

Сравнение стоимости электростатического разрядника с подвижным электродом и традиционного электростатического разрядника с неподвижным электродом было изучено с использованием фактических результатов эксплуатации. В случае традиционного ЭСФ с фиксированным электродом общие эксплуатационные расходы в течение 15 лет почти такие же, как и первоначальные затраты на оборудование. Приблизительно 90 процентов эксплуатационных расходов составляют затраты на коммунальные услуги, которые используются для получения электроэнергии, необходимой для питания высокого напряжения, подаваемого на электрофильтр. ЭСФ с подвижным электродом потребляет менее 70 процентов энергии по сравнению с ЭСФ с неподвижным электродом.

Техническое обслуживание и ремонт составляют от 7 до 12 процентов эксплуатационных расходов, и это почти одинаково для обоих типов ЭСФ. Однако эксплуатационные расходы ЭСФ с подвижным электродом составляют всего 68% от стоимости ЭСФ с фиксированным электродом.

В целом, стоимость установки ЭСФ с неподвижным электродом изначально дешевле на 10 процентов по сравнению с ЭСФ с подвижным электродом. Однако общая стоимость, включая расходы на установку и эксплуатацию, через 5 лет станет такой же, как и у ЭСФ с подвижным электродом. Через 15 лет общая стоимость ЭСФ с неподвижным электродом увеличивается на 20 и более процентов по сравнению с ЭСФ с подвижным электродом. Таким образом, ЭСФ с подвижным электродом имеет экономическое преимущество перед ЭСФ с неподвижным электродом.

Расширение корпуса ЭСФ не столь эффективна, как добавление 5 подвижного электрода. Эффективность пылеудаления повысилась без необходимости расширения существующего места. Концентрация пыли уменьшилась в раза, с 300 мг/м³ до 50 мг/м³. Подвижные электроды используются в большинстве странах, такие как Япония, Китай, Индия. Использование ЭСФ с подвижным электродом не только на «Экибастузской ГРЭС-1 имени Булата Нуржанова», но и в Казахстане, значительно повысит эффективность газоочистки в стране.

Список использованных источников

6. Экологический кодекс Республики Казахстан № 400-VI ЗРК от 2 января 2021 года.
7. Постановление Правительства Республики Казахстан от 14 декабря 2007 года № 1232 Об утверждении Технического регламента «Требования к эмиссиям в окружающую среду при сжигании различных видов топлива в котельных установках тепловых электрических станций».
8. Дукенбаев К.Д. Энергетика Казахстана. Условия и механизмы ее устойчивого развития. - Алматы: Наука, 2002. - 452 с.
9. Сборник публикации ЧФ ПЭИПК, Теплоэнергетическое оборудование ТЭС, Выпуск 2, Челябинск, 2011.
10. Санаев Ю.И. Обеспыливание газов электрофильтрами. Семибратово: Кондор-Эко, 2009. - 163 с.

11. Алияров Б.К., Дукенбаев К.Д., Нуржанов Б.Г., Палатник И.Б. Вариант пылеугольной ТЭС с обеспечением нормативных выбросов в атмосферу // Энергетика и топливные ресурсы Казахстана. - 1993. - №3.- С. 36-40.
12. Дукенбаев К.Д. Энергетика Казахстана. Условия и механизмы ее устойчивого развития. - Алматы: Наука, 2002 . - 452 с.
13. Ефремов Г.И., Лукачевский Б.П. Пылеочистка. - М.: Химия, 1990. - 72 с.
14. Misaka T. et al. "Application of Moving Electrode Type Electrostatic Precipitator for High Resistivity Dust" Proc. of 6th Asian Conf. on Electrical Discharge. – 1993. - P. 245-248
15. Misaka T. et al. Electrostatic Precipitator Combined Pulse Charging Section with Moving Electrode Section for High Resistivity Dust. Proc. of 6th Int. Conf. on Electrostatic Precipitation. – 1996. - P. 45-50.
16. Misaka T. et al. Recent Application of Moving Electrode Type Electrostatic // Precipitator" Proc. of 7th Int. Conf. on Electrostatic Precipitation. – 1998. - P.508-515

УДК 621.1

БИОГАЗДЫ ЕКІ ОТЫНДЫ ДИЗЕЛЬДІ ҚОЗҒАЛТҚЫШТА ЖАНУ ҮШІН ОНЫ СУТЕГІМЕН БАЙЫТУ АРҚЫЛЫ ОҒТАЙЛАНДЫРУ

Биахметов Бауыржан Ақылбекұлы
bauyrzhanbiakhmetov@gmail.com

Сәкен Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университетінің Жылуэнергетика
кафедрасының докторанты, Нұр-Сұлтан, Қазақстан

1 Кіріспе

Адамдар тап болған/ Қазірі таңда адамзат үшін өзекті саналатын жаһандық жылыну және ауаның ластануы сияқты өзара байланысты екі мәселе қазбалы отынды кеңінен пайдаланудан туындады [1-3]. Іштен жанатын дизельдік қозғалтқыштың артықшылықтарына (жоғары тиімділік, сенімділік және айналу моменті) байланысты бүкіл әлемде кеңінен қолданылатынына қарамастан, ол да климаттың өзгеруіне және қоршаған ортаның ластануына ықпал етеді [4]. Қазақстанға келетін болсақ, дизельді отын ауыл шаруашылығында кеңінен пайдаланылады. Сондай-ақ, Қазақстан жағдайында шұғыл шараларды қажет ететін тағы бір маңызды мәселені атап өтуге болады. Қазақстанның ауыл шаруашылығы саласы жыл сайын дәнді дақылдарды егу және жинау кезінде дизель отынының тапшылығына ұшырайды [5]. Бұл, әдетте дизельдік отын бағасының өсуіне әкеледі де, сәйкесінше, егін құнының өсуіне және тұтынушылар үшін маңызды басқа да соңғы өнімдерге әсер етеді.

Дизель тапшылығымен және парниктік ауаның ластануымен байланысты мәселені шешуге айтарлықтай ықпал ететін шешімдердің бірі - дизельді ішінара биогазға алмастыру немесе биогаз бен дизельді бірге жағу [6]. Дегенмен, қозғалтқышта жану үшін биогазды дизельмен бірге пайдаланудың бірнеше кемшіліктері бар екені белгілі: жану процесінің жалпы тиімділігін төмендетеді, қозғалтқыштың қызмет ету мерзімін қысқартады, табиғи газбен салыстырғанда көбірек шығарындыларды бөледі және т.б.

Биогазды сутегімен байыту биогазға қатысты біршама мәселелерді шешудің бірден-бір жолы болып табылады. Биогазды сутегімен байыту – бұл жоғары температурада катализаторлардың қатысуымен метан мен көмірқышқыл газының сутегі мен көміртегі тотығына айналу процесі. Сонымен қатар, бұл процесс арқылы бірегей физикалық және химиялық қасиеттеріне байланысты құнды материалдар болып табылатын көміртекті нанотүтіктер алынады.

Сутегімен байытылған газды дизельдік қозғалтқышта дизельмен бірге пайдалануға болады. Бірнеше зерттеулердің нәтижесінде өңделмеген биогаз бен дизель қоспасын жағуға қарағанда оның термиялық тиімділігі жоғары екенін анықталды. Оның үстіне, көптеген