

Торайғыров университетінің хабаршысы
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Вестник Торайғыров университета

Торайғыров университетінің ХАБАРШЫСЫ

Энергетикалық сериясы
1997 жылдан бастап шығады



ВЕСТНИК Торайғыров университета

Энергетическая серия
Издается с 1997 года

ISSN 2710-3420

№ 1 (2022)

Павлодар

МАЗМҰНЫ

Говорун В. Ф., Марковский В. П., Шапкенов Б. К., Бурцев П. В., Аябаев А. С.	
Шағын сызықты емес тұтынушылар бар электр беру жүйелеріндегі қуат факторын түзету	9
Диханбаев А. Б., Диханбаев Б. И., Кошумбаев М. Б., Ыбрай С. Б.	
Фазалық инверсиялық реактордың пайдаланылған газдарын жасанды газға айналдыру мәселесіне	28
Достияров А. М., Садыкова С. Б., Картджанов Н. Р.	
Газтурбиналарының жану камерасындағы ағын параметрлерінің NOx эмиссиясына әсері	43
Дробинский А. В., Уразалимова Д. С., Кириченко Л. Н.	
Мобильді гидроэнергетикалық қондырғы	56
Исабеков Ж. Б., Исабекова Б. Б., Жантілесова А. Б., Ақаев А. М.	
Бейтарап режимдердің сипаттамалық белгілері	67
Қадыржан А. Б.	
Ауа бассейніне экологиялық мониторинг жүргізу жүйесінде қолданылатын ұшқышсыз ұшу аппаратын құрастыру	78
Карманов А. Е., Арипова Н. М., Нуркина Ш. М., Приходько Е. В., Танырбергенев Н. М.	
ТҚШ объектілері үшін жылу энергиясын ала отырып, жапырақты қоқысты кәдеге жарату технологиясын әзірлеу	88
Клецель М. Я., Барукин А. С., Динмуханбетова А. Ж., Әмірбек Д. Ә.	
Электр станцияларының сақиналы сұлбаларының элементтерінің сеңімділігінің электр энергиясының жеткіліксіздігіне әсері	99
Коломийцева А. В.	
Жылу энергиясын жинақтау үшін фазалық ауысуы бар заттарды пайдалану	111
Машрапов Б. Е., Мусеев Ж. Б., Талипов О. М.	
Фазалық-экрандалған ток өткізгіштің қабықшасының экрандаушы қасиеттерін анықтау	121
Новожилев А. Н., Садыкова А. К., Новожилев Т. А.	

<https://doi.org/10.48081/MPIG4639>

***А. Е. Карманов¹, Н. М. Арипова², Ш. М. Нуркина³,
Е. В. Приходько⁴, Н. М. Танырбергенев⁵**

^{1,2,3,4}Торайғыров университет,

Республика Казахстан, г. Павлодар

⁵Восточно-Казахстанский технический университет имени Д. Серикбаева,

Республика Казахстан, г. Усть-Каменогорск

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ УТИЛИЗАЦИИ ЛИСТВЕННОГО МУСОРА С ПОЛУЧЕНИЕМ ТЕПЛОЙ ЭНЕРГИИ ДЛЯ ОБЪЕКТОВ ЖКХ

Статья посвящена актуальной проблеме увеличивающегося спроса на энергоресурсы при их одновременном сокращении, а также вредного влияния выбросов на окружающую среду при использовании традиционных источников энергии. Авторы рассматривают технологию утилизации отходов как один из вариантов решения данного вопроса.

В качестве альтернативного топлива исследователи предлагают использовать биомассу – лиственный мусор. При сжигании растительной органики имеет место так называемый «нулевой углекислотный след» (карбоновый след). Это значит, что в процессе сжигания листьев, количество образующегося CO₂ будет не больше, чем поглотило дерево за срок своей жизни.

Предлагаемая технология утилизации лиственного мусора путем установки предтопка с ретортной горелкой использует минимальное количество операций по подготовке топлива, что минимизирует энерго- и трудозатраты и снижает себестоимость данного топлива.

Разработанная конструкция предтопка с ретортной горелкой позволит сжигать топливную массу без переделки котельных агрегатов и печей. Преимуществом данного устройства является сжигание топлива с большим количеством загрязнений и без жестких требований к фракции самого топлива. Применение специального устройства для сжигания топливной массы даст существенный экологический и экономический эффект.

Ключевые слова: возобновляемые источники энергии, биомасса, утилизация отходов, сжигание мусора, ретортная горелка.

Введение

На современном этапе развития производство не стоит на месте, а развивается, требуя всё большее количество энергоресурсов. Даже во время пандемии, такая отрасль как энергетика, показала рост объёмов производства. Так, в 2020 году при сокращении ВВП РК на 2,6 %, в электроэнергетике наблюдался рост на 2,5 %, до 109,2 млрд кВт·ч [1].

В связи с чем проблема сокращения потребления энергоресурсов и вредных выбросов при производстве энергии, при увеличивающемся спросе на энергоресурсы становится всё более актуальной. Решением этой проблемы может являться замена традиционных источников энергии другими – возобновляемыми. Как отмечают авторы [2] доля возобновляемых источников энергии в странах ЕС составляет 40 % от общего объема производства, в то время как выработка электроэнергии на основе ископаемого топлива упала на 18 %. К 2030 году до 80 % электроэнергии ЕС может быть произведено без использования ископаемого топлива.

Авторы ряда научных исследований отмечают проблемы, возникающие при использовании ряда возобновляемых видов энергии: солнечной, ветряной и т.д. [3, 4].

В последнее время уделяется все большее внимание вопросам получения альтернативного источника энергии из возобновляемого природного сырья – биомассы. Вклад биомассы в мировой энергобаланс оценивается в 10–15 %, достигая в отдельных странах 23 % (Финляндия) [5].

Энергия может быть получена при сжигании самых разнообразных остатков биомассы. Чаще всего используются отходы деревообработки (опилки, щепа, стружка и др.), сельского хозяйства (сено, солома, сосновые иголки, листья, шелуха семян - подсолнечника, риса, гречки и др.), бытовые и промышленные отходов.

При сжигании лиственного мусора с достаточным количеством воздуха выбросы, в основном, будут состоять из продуктов полного сгорания, исключая угарный газ, окись азота, канцерогены и диоксин. Причём при сжигании растительной органики имеет место так называемый «нулевой углекислотный след» (карбоновый след). Это значит, что в процессе сжигания листьев, количество образующегося CO_2 будет не больше, чем поглотило дерево за срок своей жизни.

Оптимальным в данной ситуации является использование в качестве источника энергии отходов, которые не только не используются и требуют утилизации, но и являются загрязнителями окружающей среды. В настоящее время для РК целевыми показателями являются доля переработки отходов до 40 % к 2030 году и 50 % к 2050 году, а хранение остаточных объемов ТБО на полигонах к 2050 году возрастет до 100 % [6].

Для Казахстана это является важным фактором, так как наше государство ратифицировало Парижское соглашение по климату и взяло на себя обязательства выполнить целевые показатели по снижению выбросов парниковых газов в рамках своих Национальных определенных вкладов (NDC). Согласно этому документу, к 2030 году сокращение выбросов парниковых газов в РК должно сократиться не менее чем на 15 % к уровню 1990 года. С учётом того, что валовый выброс CO_2 при сжигании органического топлива (уголь, газ, мазут) в 2017 г., по отношению к 1990 г. увеличился на 7,8 % [7], вопрос сокращения выбросов CO_2 в РК стоит актуально.

По оценочным расчётам, количество собираемого листовного мусора позволит использовать его в качестве топлива для отопления объектов ЖКЖ [8].

Сбор листовного мусора службами ЖКХ уже организован на постоянной основе. После складирования его в мешки (или непосредственно в кузов автомобиля) производится его вывоз на полигон ТБО, где происходит его гниение под действием атмосферных осадков и воздуха. Таким образом, сбор листовного мусора и его транспортировка – уже организованные мероприятия, решением проблемы исходного сырья является лишь перенаправление потоков листовного мусора с полигона ТБО на место утилизации.

Использование специального устройства такого как предтопок с ретортной горелкой позволит утилизировать листовный мусор с получением тепловой энергии [9, 10].

В случае нехватки листовного мусора при работе теплогенерирующей установки, производится демонтаж предтопка с ретортной горелкой и осуществляется дальнейшая эксплуатация установки на угле.

Материалы и методы

Разработка технологии утилизации листовного мусора проведена на основании математического и физического моделирования с целью получения тепловой энергии для объектов ЖКХ.

В разработках использовались методы: фундаментальные положения теории теплопроводности, математики, определение коэффициента теплоотдачи и тепловых потерь, натурный эксперимент.

Результаты и обсуждения

Предлагаемая технология утилизации листовного мусора путем установки предтопка с ретортной горелкой использует минимальное количество операций по подготовке топлива: отделение части неорганической составляющей (пластик, полиэтилен и др.), сушка до воздушно-сухого состояния и измельчение [11–14].

Рассмотрим подробнее указанные операции:

– очистка от крупных кусков и инородных включений. В исходной массе вместе с листьями, как правило, имеются ветки деревьев, а также пластик, стекло, полиэтилен и др. Для удаления этих составляющих в технологической схеме предусмотрена установка двух устройств. Для удаления от биомассы (сырья) слишком крупной его фракции и посторонних немагнитных включений предлагается применять сепаратор. Удаление магнитных включений, способных повредить дальнейшее оборудование требует установки магнитного сепаратора.

Одним из важнейших моментов работы технологической линии является очистка сырьевой массы от мелких загрязнений – в первую очередь песка, мелких стёкол и т.д. К сожалению, современные технологии разделения отходов не имеют широкого выбора оборудования для решения этой проблемы, но применение промышленных садово-парковых пылесосов позволяет качественно решать данную проблему;

– сушка сырья осуществляется без сушильного комплекса: либо на открытом воздухе, либо на складе сырья с системой приточно-вытяжной вентиляции, а также стеллажами с полками для возможности сушки листы при укладке её в один слой. При подготовке помещения необходимо уделить особое внимание обеспечению хорошей вентиляции участка прессования, надежности электрических сетей и систем пожаротушения. При таком способе сушке значительно снижаются затраты энергии и увеличивается время на подготовку сырья;

– для измельчения сырья применяются, как правило, классические методы. Механическое разрушение высокоэффективно, что делает его более привлекательным. Для малых количеств можно использовать ультразвуковые излучатели, генерирующие высокочастотные звуковые волны. При этом применение ультразвуковых излучателей ограничено значительными энергетическими затратами, а применение механического разрушения определяется отсутствием других методов, схожих по эффективности, но менее энергозатратных.

Понижение фракции материала осуществляют доизмельчением. Доизмельчение должно быть организовано таким образом, чтобы исключить попадание недоизмельченного материала в исходный материал, для чего дробленый материал подвергают рассеву, а надрешётную часть отправляют на повторное дробление, либо удаляют, если в ней обнаруживают посторонние включения.

Ограниченное число подготовительных этапов подразумевает минимум энерго- и трудозатрат, что положительно скажется на себестоимости топлива.

Для реализации данной технологии утилизации листового мусора нами разработана конструкция предтопка с ретортной горелкой (рисунок 1), которая позволит сжигать топливную массу без переделки котельных агрегатов и печей. Данное устройство предусматривает сжигание топлива с большим количеством загрязнений и без жёстких требований к фракции самого топлива [15].



Рисунок 1 – Разработанная конструкция ретортной горелки

Выводы

Разработанная технология сжигания топливной биомассы путем применения предтопка с ретортной горелкой предусматривает решение двух актуальных задач:

- утилизация листового мусора с минимальным ущербом для окружающей среды;
- выработка тепловой энергии на отопление коммунальных объектов с низкой себестоимостью.

Внедрение данной разработки окажет значительное положительное воздействие на окружающую среду. На полигонах ТБО нет утилизации, и листовый мусор только складировается с дальнейшим гниением и

выделением вредных веществ. При естественном процессе гниения листва выделяет в окружающую среду ядовитые соединения газов, что в черте города при условиях повышенной загазованности выхлопами транспорта крайне нежелательно. Утилизация мусора, при гниении которого выделяются вредные вещества, улучшит экологическую ситуацию.

Предлагаемый способ утилизации лиственного мусора с получением тепловой энергии означает использование данного вида растительных отходов в качестве альтернативного топлива взамен угля. С учётом нулевого углекислотного следа органической массы, даже наличие некоторого количества пластика, полиэтилена и др. в лиственном мусоре даст минимальный карбоновый след.

В дальнейшем планируется проведение наладочных испытаний предтопка с ретортной горелкой на стенде для эффективной реализации предложенной технологии.

Данное исследование финансируется Комитетом науки Министерства образования и науки Республики Казахстан (грант № AP13067863).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Пять крупнейших электростанций Казахстана в 2020 году увеличили выработку на 2,5%. <https://kursiv.kz/news/otraslevye-temy/2021-03/pyat-krupneyshikh-elektrostanciy-kazahstana-v-2020-godu-uvelichili>

2 Возобновляемые источники энергии. [Электронный ресурс]. - <https://energy.hse.ru/Wiie>. Дата обращения 21.11.2021

3 Tverberg, G. How Renewable Energy Models Can Produce Misleading Indications. <https://nguoidentubinhduong.com/2019/10/24/how-renewable-energy-models-can-produce-misleading-indications/>.

4 Афанасьев, А. А., Баранов, Н. Н. «Мировая энергетика: глобальные проблемы и перспективы развития» / Энергия: экономика, техника, экология. – № 2. – 2021. – С. 28-47. – DOI: 10.7868/S023336192102004X

5 Шахматов, К. Л. Особенности получения топливных брикетов и гранул биомассы тростника (*Phragmites australis*) выработанного торфяного месторождения Чувицино Калининского района Тверской области // Труды Инсторфа, 2014. – № 10 (63). – С. 29-33.

6 Зеленая экономика: реалии и перспективы в Казахстане. АО «Самрук-Казына». – 2018. – 36 с.

7 Об участии государств-участников СНГ в Парижском соглашении по климату, принятом в рамках Рамочной конвенции ООН об изменении климата. Аналитический обзор. – М., 2020. – 30 с.

2 *Vozobnovlyаемые источники энергии*. [Renewable energy sources]. [Electronic resource]. – <https://energy.hse.ru/Wiie>. (Access date 21.11.2021).

3 **Tverberg, G.** How Renewable Energy Models Can Produce Misleading Indications. [Tverberg G. How Renewable Energy Models Can Produce Misleading Indications]. [Electronic resource]. – <https://nguoidentubinhduong.com/2019/10/24/how-renewable-energy-models-can-produce-misleading-indications/>.

4 **Afanas'ev, A. A., Baranov, N. N.** «Mirovaya energetika: global'nye problemy i perspektivy razvitiya» / *Energiya: ekonomika, tekhnika, ekologiya*. – № 2. – 2021. – P. 28–47. – DOI: 10.7868/S023336192102004X [World energy: global problems and development prospects / *Energy: economics, technology, ecology*. – No. 2. – 2021].

5 **SHahmatov, K. L.** Osobennosti polucheniya toplivnyh briketov i granul biomassy trostnika (*Phragmites australis*) vyrabotannogo torfyanogo mestorozhdeniya CHuvicino Kalininskogo rajona Tverskoj oblasti // *Trudy Instorfa*. – 2014. – №10 (63). – P. 29–33 [Features of obtaining fuel briquettes and pellets of cane biomass (*Phragmites australis*) from the Chuvitsino peat deposit of the Kalininsky district of the Tver region // *Proceedings of Instorf*].

6 *Zelenaya ekonomika: realii i perspektivy v Kazahstane*. AO «Samruk-Kazyna». – 2018. – 36 p. [Green economy: realities and prospects in Kazakhstan. JSC “Samruk-Kazyna”].

7 *Ob uchastii gosudarstv-uchastnikov SNG v Parizhskom soglashenii po klimatu, prinyatom v ramkah Ramochnoj konvencii OON ob izmenenii klimata. Analiticheskij obzor*. – M., 2020. – 30 p. [On the participation of the CIS member states in the Paris Climate Agreement, adopted within the framework of the UN Framework Convention on Climate Change].

8 **Karmanov, A. E., Prihod'ko, E. V., Talipov, O. M.** Analiz ispol'zovaniya toplivnyh briketov v energeticheskikh celyah // *Ugol'naya teploenergetika v Kazahstane: problemy, resheniya i perspektivy razvitiya: nauchno-tekhnicheskaya konferenciya*. – Nur-Sultan, 2020. – P. 121–127. [Analysis of the use of fuel briquettes for energy purposes // *Coal thermal power engineering in Kazakhstan: problems, solutions and development prospects: scientific and technical conference*].

9 **Loginov, S. V., Masalevich, A. I., Meshkov, S. A., Mislavskij, B. V.** Obzor sposobov i oborudovaniya dlya utilizacii othodov rastenievodstva. Realizaciya nizkotemperaturnogo piroliza i gazifikacii v pilotnoj i mobil'noj ustanovkah // *Izvestiya SPbGTI (TU)*. – 2020. – № 55. – P. 75–84. – DOI: 10.36807/1998-9849-2020-55-81-75-84 [Overview of methods and equipment for waste disposal of crop production. Implementation of low-temperature pyrolysis and gasification in pilot and mobile installations]

10 **Torvanger, A.** Business Models for Negative Emissions From Waste-to-Energy Plants. *Frontiers in Climate*. – №3. – 2021. – doi.org/10.3389/fclim.2021.709891 [Business Models for Negative Emissions From Waste-to-Energy Plants.]

11 **Nikiforov, A. S., Prihod'ko, E. V., Karmanov, A. E., Serebryakov, V. A., Serookaya, V. N.** Toplivnyj briket iz organicheskikh othodov. Innovacionnyj patent № 29412 Respublika Kazakhstan, MKI S 10 L 5/00, S 10 L 5/14 opubl. 25.12.2014. – byul. № 12 [Fuel briquette from organic].

12 **Nikiforov, A. S., Prihod'ko, E. V., Karmanov, A. E., Boyandinova, A. B., Serookaya, V. N.** Toplivnyj briket iz opavshih list'ev i sposob ego polucheniya. Patent na poleznuyu model' № 2689 Respublika Kazakhstan, MKI S 10 L 5/14, S 10 L 5/44, S 10 L 5/00 opubl. 02.04.2018, byul. – № 13. – 2 p. [Fuel briquette from fallen leaves and the method of its production.]

13 **Nikiforov, A. S., Prihod'ko, E. V., Karmanov, A. E., Boyandinova, A. B., Serookaya, V. N.** Toplivnyj briket iz organicheskikh othodov i sposob ego polucheniya. Patent na poleznuyu model' № 3009 Respublika Kazakhstan, MKI S 10 L 5/00, S 10 L 5/44 opubl. 06.08.2018. – byul. № 29. – 3 p. [Fuel briquette from organic waste and the method of its production.]

14 **Bilyalova, A. B., Bekmaganbet, Ä. A., Ähmhan, B. B., Karmanov, A. E., Kurumbaeva, M. A., Qaqabai, Ä. B., Ermat, A. E.** Sposob polucheniya toplivnyh briketov. Patent na poleznuyu model' № 5128 Respublika Kazakhstan, opubl. 10.07.2020 [Method of obtaining fuel briquettes.]

15 **Karmanov, A. E., Älimhan, B. B., Bekmaganbet, Ä. A.** Ispol'zovanie rastitel'nyh othodov v energeticheskikh celyah. Materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii «XI Torajgyrovskie chteniya». – Т. 4. – Pavlodar : PGU, 2019. – P. 151–155 [The use of plant waste for energy purposes.]

Материал поступил в редакцию 28.02.22.

**А. Е. Карманов¹, Н. М. Арипова², Ш. М. Нуркина³, Е. В. Приходько⁴, Н. М. Танырбергенев⁵*

^{1,2,3,4}Торайғыров университеті,

Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.

Материал 28.02.22 баспаға түсті.

ТҚШ ОБЪЕКТЛЕРІ ҮШІН ЖЫЛУ ЭНЕРГИЯСЫН АЛА ОТЫРЫП, ЖАПЫРАҚТЫ ҚОҚЫСТЫ КӘДЕГЕ ЖАРАТУ ТЕХНОЛОГИЯСЫН ӘЗІРЛЕУ

Мақала энергия ресурстарына сұраныстың артуының өзекті проблемасына, сонымен бірге оларды азайту кезінде, сондай-ақ дәстүрлі энергия көздерін пайдалану кезінде шығарындылардың қоршаған ортаға зиянды әсеріне арналған. Авторлар қалдықтарды кәдеге жарату технологиясын осы мәселені шешудің бір нұсқасы ретінде қарастырады. Балама отын ретінде зерттеушілер биомассаны-жапырақты қоқысты қолдануды ұсынады. Өсімдік органикасын жағу кезінде «нөлдік көмірқышқыл ізі» (көміртегі ізі) пайда болады. Бұл жапырақтарды жағу кезінде пайда болған CO₂ мөлшері өмір бойы азайтып жібергеннен артық болмайды дегенді білдіреді. Ретортты оттығы бар алдын ала пешті орнату арқылы жапырақты қоқысты кәдеге жаратудың ұсынылған технологиясы отын дайындау бойынша операциялардың ең аз санын пайдаланады, бұл энергия мен еңбек шығындарын азайтады және осы отынның өзіндік құнын төмендетеді. Ретортты оттығы бар алдын ала қыздырғыштың әзірленген конструкциясы отын массасын жағуға мүмкіндік береді.

Кілтті сөздер: жаңартылатын энергия көздері, биомасса, Қалдықтарды кәдеге жарату, қоқысты жағу, ретортты оттық.

**A. E. Karmanov¹, N. M. Aripova², Sh. M. Nurkina³, E. V. Prikhodko⁴, N. M. Tanyrbergenov⁵*

^{1,2,3,4}Toraighyrov University,

Republic of Kazakhstan, Pavlodar;

⁵D. Serikbayev East Kazakhstan Technical University,

Republic of Kazakhstan, Ust-Kamenogorsk.

Material received on 28.02.22.

DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY FOR THE DISPOSAL OF DECIDUOUS WASTE WITH THE PRODUCTION OF THERMAL ENERGY FOR HOUSING AND COMMUNAL SERVICES

The article is devoted to the urgent problem of increasing demand for energy resources with their simultaneous reduction, as well as the harmful effect of emissions on the environment when using traditional energy sources. The authors consider the technology of waste disposal as one of the solutions to this issue.

As an alternative fuel, the researchers suggest using biomass - deciduous garbage. When burning plant organic matter, there is a so-called «zero carbon dioxide trace» (carbon footprint). This means that in the

process of burning leaves, the amount of CO₂ generated will be no more than the tree absorbed during its lifetime.

The proposed technology of deciduous waste disposal by installing a pre-heater with a retort burner uses a minimum number of fuel preparation operations, which minimizes energy and labor costs and reduces the cost of this fuel.

The developed pre-heating design with a retort burner will allow burning fuel mass.

Keywords: renewable energy sources, biomass, waste disposal, trash incineration, retort burner.