

Б.А. Жакишев*, Е.О. Килибаев, А.К. Алиева, А.К. Бияхметова, С.Е. Рахымбаева
Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Нур-Султан, Казахстан
*e-mail: zedel_hat@mail.ru

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЖИДКИХ УГЛЕРОДИСТЫХ ОТХОДОВ ДЛЯ СЖИГАНИЯ В ТОПКАХ-УТИЛИЗАТОРАХ

Аннотация. В статье рассмотрена технология утилизации отходов в специальных топках-утилизаторах, работа которой заключается в двухступенчатом сжигании низкокачественного топливного ресурса и вовлечение их в технологические операции коммунальных служб городов и мегаполисов, в зимний период года, когда необходимо убирать снежную массу с улиц. Технология процесса сжигания горюче-смазочных отходов предполагает полное сжигание и обеспечивает низкий уровень выбросов в атмосферу NO_x и CO с помощью специальных горелочных устройств, а также обеспечивающее горение, как жидкой фазы топлива, так и ее газо-воздушной смеси. Процесс, получаемый за счет пиролиза в горелочном устройстве, характеризуется тем, что горение низкосортного топлива и газификация горючих компонентов происходит раздельно. Результаты экспериментов процесса горения отработанных масел в специальной топке-утилизаторе показали, что в первой ступени температура на поверхности стального корпуса достигла $T_1 = 550^\circ\text{C}$, а во второй ступени $T_2 = 900^\circ\text{C}$. Определение значений температур проводилось методом сравнения принимаемого цвета каления характерные для стали.

Ключевые слова: утилизация отходов, топка-утилизатор, газификация горючих компонентов, стальной корпус, горелочное устройство, снегоплавильная машина.

Введение. Для теплоэнергетической отрасли приоритетным направлением в решении задач связанных с повышением эффективности использования энергоресурсов является особенно значимым. На современном этапе уровень оснащенности техническими устройствами и оборудованием в мире стремительно растет и прямо пропорционально этому растут и отходы горюче-смазочных материалов, выработавшие свои качественные свойства. Сегодня актуальной задачей является утилизация большого количества жидких углеродистых отходов: отработанные моторные и трансмиссионные масла, смазочные жидкости, нефтяные шламы, отходы нефтедобычи и нефтепереработки.

Из общей доли перечисленных отходов, значительная ее часть не пригодна для регенерации, а в тех странах, где вообще не существует регенеративных технологии, то тогда единственным рациональным выходом является утилизация их в качестве топлива для получения тепловой энергии в технологическом плане. Такой способ вовлечения в технологический оборот этих дешевых энергоносителей, требует так же неукоснительного обеспечения экологической безопасности и первую очередь низкого уровня выбросов в атмосферу NO_x и CO . Необходимо отметить, что сжигание жидкого топлива не всегда обеспечивает максимальную полноту сгорания и соответственно выполнение рамок экологических норм при использовании низкосортных топлив. Основными проблемными характеристиками таких топлив можно отнести плохое воспламенение, выделение значительного количества сажи, в связи с чем, требуются специальные конструкции горелочных устройств, обеспечивающее стабильность работы и максимальное сгорание топлива без ущерба нормативов по вредным выбросам.

Объект исследования – жидкие углеродистые отходы.

Предметом исследования выступают горелочные устройства или топки-утилизаторы, обеспечивающие максимальное сжигание низкосортных углеродистых жидких отходов, для извлечения тепловой энергии и использования ее в технологических нуждах.

Цель исследования – вовлечение в технологический оборот вторичные энергетические ресурсы, в частности в технологической цепочке операции уборки снега в зимний период, для

климатических условий северного и центрального Казахстана. Наряду с этим разработана конструкция топочного устройства для утилизации углеродистых жидких отходов и генерация тепловой энергии для плавления снега, при соблюдении нормативных требований по вредным выбросам в окружающую среду.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

- анализ текущего состояния отходов углеродистых сырьевых ресурсов и степень их регенерации из существующих источников технической литературы;
- разработка топочного устройства для сжигания жидких углеродистых отходов и приспособление его в технологическом плане в снегоплавильной машине;
- определение температурных значений на теплообменных поверхностях конструкции топки в зонах горения жидкой и газо-воздушной фаз, методом сравнения цвета каления стали.

В работе сделана попытка дать оценку соответствия температурных значений имеющихся сведений о самовоспламенения жидких и газовых фаз. В результате экспериментальных исследований установлено и подтверждено существующее утверждение, что чем тяжелее горючий продукт по групповому составу, тем ниже температура воспламенения.

Материалы и методы. Методологическую и теоретическую основу работы составили труды зарубежных и казахстанских ученых в области сжигания жидких углеводородов в горелочных устройствах с подачей перегретого водяного пара [1, 2].

Создание новых технологий и оборудования основывается на глубоком научном понимании закономерностей физико-химических процессов, определяющих характеристики сжигания жидких углеводородов в зависимости от их состава, динамических и тепловых условий, реализуемых в конкретных условиях и устройствах. Так, разработка перспективных горелочных устройств для сжигания жидких углеводородов требует изучения ряда взаимосвязанных процессов, таких как диспергирование топлива, формирование пространственной структуры двухфазного реагирующего потока, межфазный тепло- и массообмен, образование сажистых частиц, смесеобразование, воспламенение, газификация и выгорание топлива, производство продуктов сгорания (в том числе – токсичных компонентов). Эти процессы являются предметом многочисленных современных исследований, посвященных разработке научных основ и созданию методов интенсификации процессов тепло- и массообмена в многофазных реагирующих системах [1].

Результаты и обсуждение. Технической задачей использования жидких углеродистых отходов предлагается в снегоплавильной машине, которая является топливом для источника тепла или для топки-утилизатора [2].

Решение указанной технической задачи достигается тем, что в предлагаемой снегоплавильной машине [2], содержащей ванну с решеткой в верхней части для приема и плавления снежной массы и отверстием для слива талой воды, отсек с заслонками для регулирования подачи воздуха и размещения источника тепла, топку-утилизатор отработанных масел с двухступенчатой камерой сжигания, дымосос встроенный в вытяжную трубу уходящих газов и камеру нагрева расположенный под дном ванны, что снижает стоимость установки и эксплуатационные затраты.

На рисунке 1 изображена схема предлагаемой снегоплавильной машины.

Снегоплавильная машина [2, 3] включает в себя ванну 1 с решеткой в верхней части для приема и плавления снежной массы (на схеме не показана) и отверстие для слива талой воды 4, отсек 9 размещения источника тепла с заслонками 7 и 8 для регулирования подачи воздуха, топку-утилизатор 6 отработанных масел двигателей внутреннего сгорания с двухступенчатой камерой горения (И II). Дымосос 5 встроенный в вытяжную трубу 10 уходящих газо-воздушных продуктов сгорания. Камеру нагрева 11 расположенную под дном ванны 2, камера 3 для талой воды, первую ступень горения 12 и вторую ступень горения 13.

Снегоплавильная машина работает следующим образом. Предварительно зоны первой и второй ступени горения 12 и 13 разогреваются электрическими митенами до требуемых температур, затем подключается спираль накаливания, с помощью которой воспламеняются

отработанное масло в первой ступени и продукты сгорания во второй ступени сжигания, открываются заслонки регулирования подачи воздуха в обе ступени. После розжига топки-утилизатора 6 включается дымосос 5, с помощью которого продукты горения второй ступени всасываются в камеру нагрева 11, которые начинают разогревать дно 2 ванны. Затем в ванну 1 загружается снег через приемную решетку, на которой остаются предметы, имеющие размер больше чем ее ячейки. Они удаляются оператором. Снег при контакте с горячим дном ванны 2 плавится и образовавшаяся при этом плавленная талая вода сразу же стекает по впадинам дна 2 ванны в камеру для талой воды 3. Использование наклонного дна в ванне увеличивает площадь его контакта со снегом, дает возможность перекачки талой воды самотеком в камеру для талой воды и повышает производительность установки. Отстоянная талая вода из камеры 3 через сливное отверстие 4 патрубок или рукав (на схеме не показаны) может сливаться, например, в канализацию или другие ёмкости.

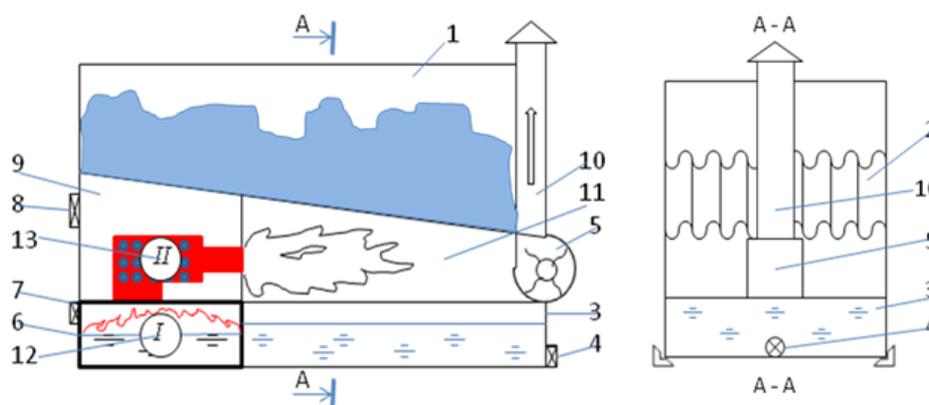


Рисунок 1. Двухступенчатое сжигание жидких углеродистых отходов в топе-утилизаторе в снегоплавильной машине

Отслужившие свой срок жидкие углеродистые материалы относятся к техногенным отходам и одновременно являются дешевым углеводородным сырьем, подлежащим утилизации. Технология сжигания жидких углеродистых отходов отличается своей специфической особенностью и заключается в следующем: - необходимостью предварительной очистки от механических загрязнений; - разогрева в камере сгорания сжиганием ее самой, которая обеспечивает повышение текучести топлива, ее испарение и выделение парогазовой смеси; - особой конструкции самой камеры сгорания, обеспечивающее горение, как жидкой фазы топлива, так и ее парогазовой смеси.

В технической литературе имеются сведения о самовоспламенении жидких и газовых фаз различных видов топлив (табл. 1) и оно указывает, что эта температура зависит от нескольких факторов: 1) от фракционного состава; 2) от химического состава. Чем тяжелее горючие продукты по групповому составу, тем ниже температура воспламенения.

Таблица 1. Температура самостоятельного воспламенения некоторых углеродистых материалов

№	Наименование топлива	Температура, °С
1	Минеральные масла	315
2	Топливный бензин	510
3	Керосин	435
4	Дизельное топливо	336
5	Оксид углерода	610
6	Метан	650
7	Этан	510

Полное сгорание низкосортного топлива, как выработанные срок службы смазочные материалы, возможно только при его испарении или газификации. Методы газификации для различных котлов и печей на отработанных углеродистых жидкостях применяются в разнообразном исполнении. По этой причине все известные агрегаты подразделяются на два вида: К первому относятся котлы и печи, осуществляющие предварительную газификацию топлива. Они снабжаются горелками Бабингтона с наддувом. Ко второму относятся агрегаты, оборудованные испарителями, газифицирующими отработанную жидкую горючую смесь в процессе сгорания, такие как капельные и пиролизные.

В данной работе рассматривается процесс пиролиза, которая характеризуется тем, что горение низкосортного топлива и газификация горючих компонентов, называемые пиролизным газом, происходит раздельно. В соответствии с окрасом и визуальным сравнением с таблицей 2 температурных значений в зависимости от окраса, принимаемый металлический корпус самодельного топочного устройства, рисунок 2 из литературного источника [4] можно предположить, что температура в топочном устройстве камеры сжигания первой ступени $T_1 = 550 \text{ }^\circ\text{C}$, что соответствует тёмно-коричневому окрасу, а во второй ступени камеры $T_2 = 900 \text{ }^\circ\text{C}$, которая соответствует ярко-красному окрасу, а в некоторых участках окрас соответствует жёлтому окрасу, а это в температурном значении равна $1000 \text{ }^\circ\text{C}$.

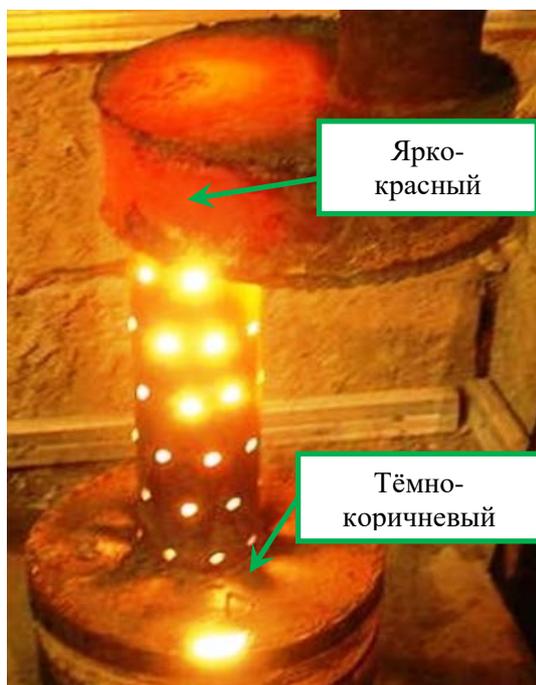


Рисунок 2. Топка-утилизатор

Таблица 2 – Зависимость цвета каления от температуры (перечислены цвета каления, характерные для стали)

Температура, $^\circ\text{C}$	Цвет каления	Цвет
550	тёмно-коричневый	
630	коричнево-красный	
680	тёмно-красный	
740	тёмно-вишневый	
770	вишнёвый	
800	ярко- или светло-вишнёвый	
850	ярко- или светло-красный	
900	ярко-красный	
950	оранжевый	
1000	жёлтый	
1100	ярко- или светло-жёлтый	
1200	жёлто-белый	
1300	белый	

Закключение, выводы. Из приведенных выше экспериментальных исследований можно утверждать, что при утилизации жидких углеродистых отходов, с учетом некоторых потерь, на теплообменных поверхностях температура может достигнуть до $800\text{-}850 \text{ }^\circ\text{C}$, а при близком к идеальному условию, когда потери сведены к минимуму, возможно доведение температуры до $900 \text{ }^\circ\text{C}$. Данные исследовательские работы проводятся в рамках научно-исследовательских работ магистерской диссертации.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Ануфриев И.С. Экспериментальное исследование процессов при сжигании жидких углеводородов в горелочных устройствах с подачей перегретого водяного пара. /Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук/ Новосибирск-2019, 248с.

[2] Жакишев Б.А., Конысбекова Г.К., Тайбасаров Ж.К., Сакипов К.Е., Атықшева А.В., Айтмагамбетова М.Б. Снегоплавильная машина. Патент №4024 от 31.05.2019г. на полезную модель Республики Казахстан.

[3] Жакишев Б.А., Тайбасаров Ж.К., Атықшева А.В., Айтмагамбетова М.Б., Конысбекова Г.К./ Расчет производительности снегоплавильной машины и его разработка для климатических условий Казахстана / Сборник материалов XII Международной научно-практической конференции: "Актуальные проблемы транспорта и энергетики: Пути их инновационного решения" – г. Нур-Султан – 2019 - С. 433-436.

[4] Жакишев Б.А., Атықшева А.В., Жумагулов М.Г., Имамбаев Н.С., Айтмагамбетова М.Б., Сакипов К.Е.// Расчет производительности и разработка снегоплавильной машины для климатических условий Казахстана / Вестник Национальной инженерной академии Республики Казахстан №3 (73) – Алматы – 2019 – С. 105-110.

[5] Айтмагамбетова М.Б., Жакишев Б.А. / Увеличение тепловой мощности котельной Макинской птицефабрики / Сборник материалов IX Международной научно-практической конференции: "Актуальные проблемы транспорта и энергетики: Пути их инновационного решения" – г. Нур-Султан – 2021 - С. 262-264.

[6] Алиева А.К., Жакишев Б.А. / Қар еріту қондырғыларын олардың құрылымдық ерекшеліктерін ескере отырып қолдану / Сборник материалов IX Международной научно-практической конференции: "Актуальные проблемы транспорта и энергетики: Пути их инновационного решения" – г. Нур-Султан – 2021 - С. 265-269.

[7] Бияхметова А.К. / Амбарлы мұнайды кәдеге жарату бойынша әдістреді зерттеу және кешендерді әзірлеу / Сборник материалов IX Международной научно-практической конференции: "Актуальные проблемы транспорта и энергетики: Пути их инновационного решения" – г. Нур-Султан – 2021 - С. 286 -289.

[8] Жакишев Б.А., Айтмагамбетова М.Б., Копышева А.К. / Индукционный нагреватель жидкости / Сборник материалов IX Международной научно-практической конференции: "Актуальные проблемы транспорта и энергетики: Пути их инновационного решения" – г. Нур-Султан – 2021 - С. 335-339.

[9] Рахымбаева С.Е., Жакишев Б.А. / Нұр-Сұлтан қаласында энергия алу үшін қатты тұрмыстық қалдықтырдарды тиімді кешенді кәдеге жарату / Сборник материалов IX Международной научно-практической конференции: "Актуальные проблемы транспорта и энергетики: Пути их инновационного решения" – г. Нур-Султан – 2021 - С. 408-412.

[10] <https://hot-hatch.ru/raznoe/temperatura-goreniya-otrabotannogo-masla-kakuyu-temperaturu-mozhno-poluchit-pri-szhiganii-otrabotki-termoportal-ru-2.html>

REFERENCES

[1] Anufriev I.S. Eksperimental'noe issledovanie protsessov pri szhiganii zhidkikh uglevodorodov v gorelochnykh ustroystvakh s podachei peregretoго vodyanogo para. /Dissertatsiya na soiskanie uchenoi stepeni doktora tekhnicheskikh nauk/ Novosibirsk-2019, 248s.

[2] Zhakishev B.A., Konysbekova G.K., Taibasarov Zh.K., Sakipov K.E., Atyaksheva A.V., Aitmagambetova M.B. Snegoplavil'naya mashina. Patent №4024 ot 31.05.2019g. na poleznuyu model' Respubliki Kazakhstan.

[3] Zhakishev B.A., Taibasarov Zh.K., Atyaksheva A.V., Aitmagambetova M.B., Konysbekova G.K./ Raschet proizvoditel'nosti snegoplavil'noi mashiny i ego razrabotka dlya klimaticheskikh uslovii Kazakhstana / Sbornik materialov XII Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii: "Aktual'nye problemy transporta i energetiki: Puti ikh innovatsionnogo resheniya" – g. Nur-Sultan – 2019 - S. 433-436.

[4] Zhakishev B.A., Atyaksheva A.V., Zhumagulov M.G., Imambaev N.S., Aitmagambetova M.B., Sakipov K.E.// Raschet proizvoditel'nosti i razrabotka snegoplavil'noi mashiny dlya klimaticheskikh uslovii Kazakhstana / Vestnik Natsional'noi inzhenernoi akademii Respubliki Kazakhstan №3 (73) – Almaty – 2019 – S. 105-110.

[5] Aitmagambetova M.B., Zhakishev B.A. / Uvelichenie teplovoi moshchnosti kotel'noi Makinskoi ptitsefabriki / Sbornik materialov IX Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii: "Aktual'nye problemy transporta i energetiki: Puti ikh innovatsionnogo resheniya" – g. Nur-Sultan – 2021 - S. 262-264.

[6] Alieva A.K., Zhakishev B.A. / Kar eritu kondyrgylaryn olardyn kurylymдык ерекшеліктерін ескере отырып қолдану / Sbornik materialov IX Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii: "Aktual'nye problemy transporta i energetiki: Puti ikh innovatsionnogo resheniya" – g. Nur-Sultan – 2021 - S. 265-269.

[7] Biyakhmetova A.K. / Ambarly munaidy kadege zharatu boiynsha adistredi zertteu zhane keshenderdi azirleu / Sbornik materialov IX Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii: "Aktual'nye problemy transporta i energetiki: Puti ikh innovatsionnogo resheniya" – g. Nur-Sultan – 2021 - S. 286 -289.

[8] Zhakishhev B.A., Aitmagambetova M.B., Kopysheva A.K. / Induktsionnyi nagrevatel' zhidkosti / Sbornik materialov IX Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii: "Aktual'nye problemy transporta i energetiki: Puti ikh innovatsionnogo resheniya" – g. Nur-Sultan – 2021 - S. 335-339.

[9] Rakhymbaeva S.E., Zhakishhev B.A. / Nur-Sultan қаласында энергия алу үшін катты турмустук калдықтырданды тиімді кешенді кәдеге жарату / Sbornik materialov IX Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii: "Aktual'nye problemy transporta i energetiki: Puti ikh innovatsionnogo resheniya" – g. Nur-Sultan – 2021 - S. 408-412.

[10] <https://hot-hatch.ru/raznoe/temperatura-goreniya-otrabotannogo-masla-kakuyu-temperaturu-mozhno-poluchit-pri-szhiganii-otrabotki-termoportala-ru-2.html>

Б.А. Жакишев*, Е.О. Килибаев, А.К. Алиева, А.К. Бияхметова, С.Е. Рахымбаева

Л.Н. Гумилев атындағы Еуразиялық ұлттық университеті, Нұр-Сұлтан, Қазақстан

*e-mail: zedel_hat@mail.ru

УТИЛИЗАТОР-ОТТЫҚТАРЫНДА ЖАҒУ ҮШІН СҰЙЫҚ КӨМІРТЕКТІ ҚАЛДЫҚТАРДЫ ПАЙДАЛАНУ

Аңдатпа. Мақалада төмен сапалы отын ресурсын екі сатылы жағу және оларды қалалар мен мегаполистердің коммуналдық қызметтерінің технологиялық операцияларына тарту болып табылатын арнайы утилизатор-оттықтарда қалдықтарды кәдеге жарату технологиясы қарастырылған. Жанар-жағармай қалдықтарын жағу процесінің технологиясы Толық жағуды көздейді және арнайы жанарғы құрылғылардың көмегімен NO_x және CO атмосферасына шығарындылардың төмен деңгейін қамтамасыз етеді, сондай-ақ отынның сұйық фазасының да, оның газ-ауа қоспасының да жануын қамтамасыз етеді. Қыздырғыш құрылғыдағы пиролиз есебінен алынатын процесс төмен сұрыпты отынның жануы және жанғыш компоненттердің газдандырылуы бөлек жүретіндігімен сипатталады. Арнайы кәдеге жарату пешінде пайдаланылған майларды жағу процесінің эксперименттерінің нәтижелері бірінші сатыда болат корпусының бетіндегі температура $T_1= 550^\circ\text{C}$, ал екінші сатыда $T_2= 900^\circ\text{C}$ жеткенін көрсетті. Температура мәндерін анықтау болатқа тән қабылданған қыздыру түсін салыстыру арқылы жүргізілді.

Негізгі сөздер: қалдықтарды утилизациялау, өрт сөндіргіш, жанғыш компоненттерді газдандыру, болат корпусы, қыздырғыш құрылғы, қар балқыту машинасы.

B.A. Zhakishhev*, E.O. Kilibayev, A.K. Aliyeva, A.K. Biyakhmetova, S.E. Rakhymbayeva

L.N. Gumilyov Eurasian national university, Nur-Sultan, Kazakhstan

*e-mail: zedel_hat@mail.ru

USE OF LIQUID CARBON WASTE FOR INCINERATION IN WASTE FURNACES

Abstract. The article considers the technology of utilization of waste in special furnaces, the waste heat, which is a two-stage combustion of low-quality fuel resources and their involvement in technological operations of public utilities of towns and cities, in winter, when it is necessary to remove snow from the streets. The technology of the combustion process of fuel and lubricants waste assumes complete combustion and ensures low emissions of NO_x and CO with using special burners and also providing the combustion, the liquid phase fuel and the gas-air mixture. The process obtained by pyrolysis in the burner device is characterized by the fact that combustion of low-grade fuel and gasification of combustible components occur separately. The results of experiments on the combustion of waste oils in a special waste furnace showed that in the first stage the temperature on the surface of the steel body reached $T_1= 550^\circ\text{C}$, and in the second stage $T_2= 900^\circ\text{C}$. The determination of the temperature values was carried out by comparing the accepted color of heat characteristics of steel.

Key words: waste disposal, heat recovery furnace, gasification of combustible components, steel body, burner device, snow melting machine.