

Научная статья / Research Article

УДК 614.99

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕРМИЧЕСКОЙ УТИЛИЗАЦИИ БИОЛОГИЧЕСКИХ ОТХОДОВ В ИНСИНЕРАТОРАХ

В.И. Мурко

Сибирский индустриальный университет, Новокузнецк, Россия

Аннотация. Рассмотрена возможность повышения эффективности термической утилизации биологических отходов в инсинераторах и обеспечение экономичности эксплуатации инсинератора при разной его производительности, обеспечение возможности использования дешевого водоугольного топлива (ВУТ). Разработана не только технология приготовления ВУТ, но и технология его сжигания на технологическом комплексе. Производительность комплекса приготовления ВУТ – не менее 0,5 т/ч. Предложена конструкция камеры сгорания, которая обеспечивает высокую эффективность работы инсинератора при различных нагрузках за счет возможности отключения или, соответственно, включения второго загрузочного сегмента и соответствующей экономии расхода топлива, устойчивое горение водоугольной суспензии, которая используется в качестве основного топлива инсинератора за счет высокой адиабатичности камеры сгорания и организации вихревого движения воздушных и газовых потоков в последней, и высокую степень эффективности сгорания дешевого малореакционного топлива за счет вращательного вихревого движения распыленных его капель в камере сжигания.

Ключевые слова: водоугольное топливо, инсинератор, конструкция камеры сгорания, органические отходы

IMPROVING THE EFFICIENCY OF THERMAL DISPOSAL OF BIOLOGICAL WASTES IN INCINERATORS

V.I. Murko

Siberian Industrial University, Novokuznetsk, Russia

Abstract. Possibility of increase of efficiency of thermal utilization of biological wastes in incinerators and provision of efficiency of incinerator operation at its different capacity and provision of possibility of usage of cheap water-coal fuel are considered. Not only the technology of TUT preparation has been developed, but also the technology of its combustion at the technological complex. The capacity of the complex for preparing the COG is at least 0.5 t/h. Disclosed is a combustion chamber design which provides high efficiency of the incinerator under vari-

⁶ Мурко В.И., 2025

Инженерные системы и энергетика. 2025. № 3. С. 44–50.
Engineering systems and energy. 2025;(3):44–50.

ous loads due to the possibility of disconnection or, respectively including a second load segment and corresponding fuel economy; stable combustion of water-coal suspension, which is used as the main fuel of incinerator due to high adiabaticity of combustion chamber and organization of vortex movement of air and gas flows in the latter, and high efficiency of cheap low-reaction fuel combustion due to rotary vortex movement of its sprayed drops in combustion chamber.

Keywords: *coal-water fuel, incinerators, combustion chamber design, organic waste*

Введение. Многие предприятия, работающие в различных сферах, в т. ч. сельскохозяйственной, промышленной или пищевой, накапливают большое количество биологических отходов, которые необходимо утилизировать. Наиболее часто используемым способом является кремация. При сгорании органические соединения (вирусы, бактерии и различные патогены) окисляются до простых оксидов [1].

Существует достаточно большой ассортимент профессионального оборудования для термической утилизации отходов в разных сферах. Существуют крематоры для животных для ферм, скотобоен, ветклиник и агропредприятий; медицинские инсинераторы для больниц и поликлиник [2, 3]. Есть оборудование для утилизации промышленных отходов, таких как нефтешламы, промасленная ветошь, загрязненные грунты и др.; универсальные инсинераторы малой и средней мощности, которые используют для утилизации ТБО, биологических, медицинских и производственных отходов на предприятиях с ограниченной площадью, для утилизации мусора [3, 4].

Помимо крематоров эффективным решением для утилизации биологических и промышленных отходов являются инсинераторы. Такие установки универсальны и обеспечивают полное сжигание биологических отходов при высоких температурах с контролируемым процессом горения, что гарантирует безопасность и минимальное воздействие на окружающую среду.

Инсинераторы отличает простая конструкция, надежные материалы и автоматизированное управление [5].

В ходе термической обработки все опасные элементы полностью уничтожаются, что гарантирует безопасную утилизацию отходов. Выделяющиеся тепло и пар можно использовать для хозяйственных нужд, технологических или производственных целей – обогрева помещений, выработки электроэнергии.

Энергия от сети обеспечивает работу горелки и всех автоматизированных систем управления, позволяя запускать и контролировать процесс сжигания.

Зольный остаток, образующийся при сжигании отходов, относится к 4–5-му классу опасности (неопасные отходы). Его можно утилизировать на обычном полигоне для твердых бытовых отходов или использовать в

строительной отрасли для изготовления кирпича, газоблоков, цемента и изоляционных покрытий, добавлять в мастики, краски и сухие смеси, получать безобжиговый гравий. В агропромышленном комплексе такие золы можно использовать как экологичное удобрение для обогащения почв микроэлементами. В металлургии зольные отходы выступают источником железа (в виде концентрата) и алюминия (как компонент шихты), сокращая потребность в первичном сырье [6].

В то же время кремация требует значительного количества энергии для достижения высоких температур сгорания. Основным топливом печи могут быть угли разной степени метаморфизма, дрова и др. Следует отметить, что несмотря на современные системы очистки, процесс сжигания может приводить к выбросам в атмосферу вредных веществ, если он не контролируется должным образом [7].

Цель исследования – повышение эффективности работы инсинераторов, а также обеспечение экономичности эксплуатации инсинератора при разной его производительности и обеспечение возможности использования дешевого водоугольного топлива.

Результаты и их обсуждение. В ходе исследования для снижения затрат на топливо в процессе эксплуатации инсинератора определена возможность замены дизельного топлива, используемого в крематоре, на водоугольное топливо. Водоугольное топливо (ВУТ) – это смесь тонкоизмельченного угля с водой и реагентом-пластификатором. ВУТ имеет все свойства жидкого топлива:

- перекачивается насосами по трубопроводам, транспортируется в автоцистернах;
- хранится в резервуарах с сохранением своих свойств (без осаждения твердой фазы);
- распыляется путем впрыскивания в зону горения (распылитель – сжатый воздух, подача на форсунки осуществляется насосом) [8].

Характеристики ВУТ:

- более низкая теплота сгорания – 3300 ккал/кг (для дизельного топлива – 10 200 ккал/кг);
- температура замерзания – не более 0 °С; плотность – 1250 кг/м³;
- эффективная вязкость – не более 500 мПа·с при скорости сдвига 100 с⁻¹.

Разработана не только технология приготовления ВУТ, но и технология его сжигания на технологическом комплексе. Производительность комплекса приготовления ВУТ – не менее 0,5 т/ч.

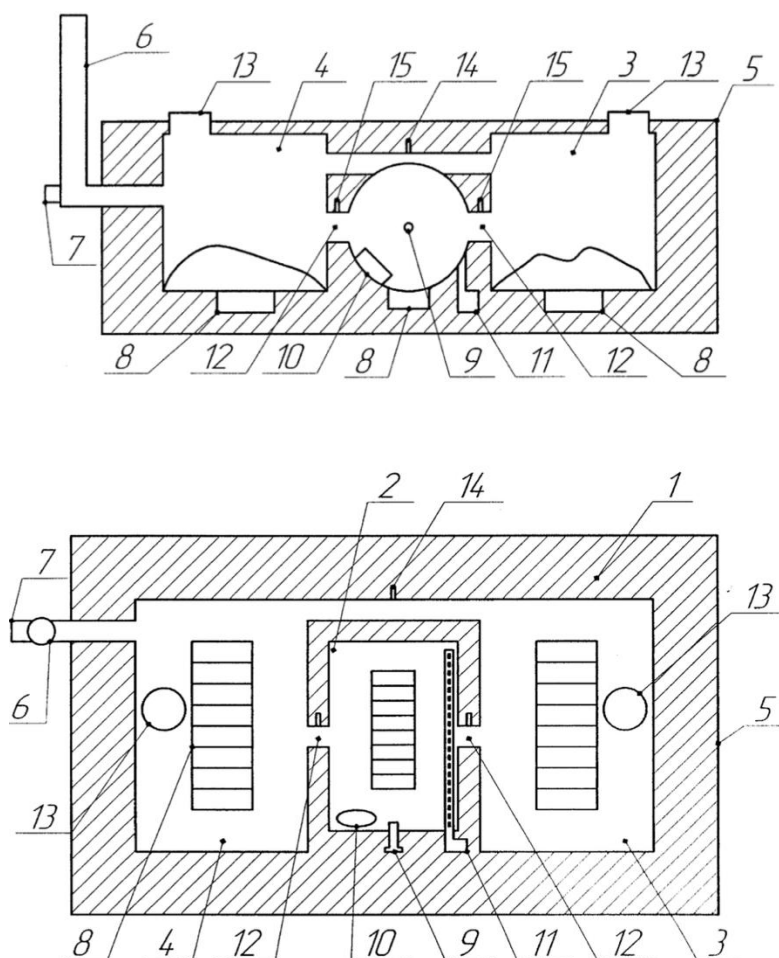
Расчет технико-экономических показателей. Исходные данные:

- суточный расход дизельного топлива – 400 л (320 кг);
- эквивалентный расход ВУТ по теплоте сгорания – 1000 кг (10 200 : 3 300 = 3);
- стоимость 1 т дизельного топлива – 62 500 руб.;

– стоимость 1 т ВУТ с доставкой – 3 500 руб.

Экономический эффект при замене месячного расхода дизельного топлива на ВУТ составит $\approx 500\,000$ руб.

Для эффективного сжигания ВУТ была изменена конструкция инсинератора (рис.).



Инсинератор на водоугольном топливе

Инсинератор (см. рис.) состоит из корпуса – 1, камеры сгорания – 2, загрузочных сегментов камеры – 3 и 4, обшивки корпуса – 5, системы удаления дымовых газов – 6 с клапаном – 14, дымососа – 7, системы удаления золошлаковых отложений – 8, инициирующего горелочного устройства – 9, основного горелочного устройства на ВУС – 10, устройства для подачи дутья – 11, газопускных отверстий – 12 с клапанами – 15, загрузочных люков – 13, клапана – 15 для отсечки системы удаления дымовых газов сегмента топочной камеры.

Инсинератор работает следующим образом. Включаются вспомогательные механизмы и устройства обеспечения режима горения топлива (дымосос 6, дутье 11). Включается инициирующее горелочное устройство 9, работающее на вспомогательном топливе (газовая или дизельная го-

релка). В зависимости от загрузки инсинератора, открывается один или два клапана 15 газовыпускных отверстия 12 загрузочных сегментов топки 3, 4 и клапан 14 системы удаления дымовых газов. Воспламененная струя топлива поступает в вихревую камеру 2 сгорания тангенциально внутренней поверхности вихревой камеры, благодаря чему формируется вихревое движение струи, обеспечивая полное сжигание топлива. Вихревая камера разогревается до температуры 600–850 °С. При достижении данной температуры включается основное горелочное устройство на водоугольной суспензии 10 и при достижении температуры 950...1050 °С (в зависимости от марки угля, из которого приготовлена водоугольная суспензия) дальнейшая работа топки обеспечивается за счет основного горелочного устройства 10, без подсветки вспомогательным топливом. Открываются загрузочные люки 13 (один или два, в зависимости от массы отходов) и через них происходит загрузка биологических отходов в сегменты топочных камер 3, 4. Образовавшиеся при сжигании водоугольной суспензии газы через открытые газовыпускные отверстия 12 поступают в сегменты (сегмент) топочной камеры 3 и 4, обеспечивая сжигание утилизируемой массы. Золошлаковые отложения в сегментах топочных камер и вихревой топки удаляются с использованием системы удаления золошлаковых отложений 8 (шурующей планки или поворотного колосника).

Замена использования качественного жидкого топлива в инсинераторе, представленной выше конструкции водоугольным топливом позволяет в 3–4 раза снизить себестоимость вырабатываемой тепловой энергии.

Поставленная цель достигается тем, что в корпус инсинератора, состоящий из камеры сгорания и примыкающего к одной из боковых стенок загрузочного сегмента, с системой удаления остатков термически обработанных отходов, гидравлически связанный с камерой сгорания через центральное отверстие в боковой стенке, отличающийся тем, что корпус оборудован дополнительным аналогичным первому загрузочным сегментом, примыкающим к противоположной боковой стенке камеры сгорания и гидравлически связанным с последней путем установленного в боковой стенке центрального окна, симметричного первому. Внутренняя поверхность камеры сгорания выполнена в форме, близкой к цилиндрической, а горелочные устройства для подачи топлива и воздуха установлены на камере сгорания таким образом, что потоки топлива и воздуха направлены в камеру сгорания тангенциально ее внутренней поверхности.

Предлагаемая конструкция камеры сгорания обеспечивает:

- высокую эффективность работы инсинератора при различных нагрузках за счет возможности отключения или, соответственно, включения второго загрузочного сегмента и соответствующей экономии расхода топлива;
- устойчивое горение водоугольной суспензии, которая используется в качестве основного топлива инсинератора за счет высокой адиабатично-

сти камеры сгорания и организации вихревого движения воздушных и газовых потоков в последней;

– высокую степень эффективности сгорания дешевого малореакционного топлива за счет вращательного вихревого движения распыленных его капель в камере сжигания.

Список источников

1. Тимофеев П.А. Обоснование разработки современной инсинераторной установки с возможностью сжигания нефтяных остатков // Труды Крыловского государственного научного центра. 2018. Специальный выпуск 1. С. 142–150. DOI:10.24937/2542-2324-2018-1-S-I-142-150.
2. Эйхман Г.Д. Целесообразность приобретения крематора для утилизации трупов на предприятиях АПК // Аграрная наука на Севере – сельскому хозяйству. 2024. № 1. С. 465–469.
3. Самигуллина Г.З. Разработка проекта внедрения термического обезвреживания отходов в учреждении МУЗ «Можгинская ЦРБ» // Вестник удмуртского университета. Вып. 4. Биология. Науки о земле. 2010. № 4. С. 170–173.
4. Одарюк В.А., Тронин С.Я., Сканцев В.И. Проблемы утилизации отходов производства и потребления // Технологии гражданской безопасности. Т. 9, № 3 (33). 2012. С. 72–79.
5. URL: <https://росэкструдер.рф/krematory-dlya-zhivotnykh-opisaniye-kharakteristiki> (дата обращения: 21.03.2025).
6. Белякин С.К. Загрязнение окружающей среды при сжигании органических отходов в крематории // Вестник КГУ. Технические науки, вып. 7. Экология и БЖД. 2012. № 2 (24). С. 87–88.
7. Палеев П.Л., Худякова Л.И. Использование золошлаковых отходов в сельском хозяйстве // XXI век. Техносферная безопасность. 2021. Т. 6, № 4. С. 348–356.
8. Использование водоугольного топлива в энергообеспечении АПК / В.Н. Делягин [и др.]. М.: Росинформапротех, 2013. 92 с.

References

1. Timofeev P.A. Obosnovanie razrabotki sovremennoi insinerator-noi ustanovki s vozmozhnost'yu szhiganiya neftyanykh ostatkov // Trudy Krylovskogo gosudarstvennogo nauchnogo tsentra. 2018. Spetsial'nyi vypusk 1. S. 142–150. DOI:10.24937/2542-2324-2018-1-S-I-142-150.
2. Ehikhman G.D. Tselesoobraznost' priobreteniya krematora dlya utili-zatsii trupov na predpriyatiyakh APK // Agrarnaya nauka na Severe – sel'skomu khozyaistvu. 2024. № 1. S. 465–469.
3. Samigullina G.Z. Razrabotka proekta vnedreniya termicheskogo obez-

vrezhivaniya otkhodov v uchrezhdenii MUZ «Mozhginskaya TSRB» // Vestnik udmurtskogo universiteta Vyp. 4. Biologiya. Nauki o zemle. 2010. № 4. S. 170–173.

4. Odaryuk V.A., Tronin S.YA., Skantsev V.I. Problemy utilizatsii otkhodov proizvodstva i potrebleniya // Tekhnologii grazhdanskoi bezopasnosti. T. 9, № 3 (33). 2012. S. 72–79.
5. URL: <https://rosehkstruder.rf/krematory-dlya-zhivotnykh-opisaniye-kharakteristiki> (data obrashcheniya: 21.03.2025).
6. Belyakin S.K. Zagryaznenie okruzhayushchei sredy pri szhiganii organicheskikh otkhodov v krematorii // Vestnik KGU. Tekhnicheskie nauki, vyp. 7. Ehkologiya i BZHD. 2012. № 2 (24). S. 87–88.
7. Paleev P.L., Khudyakova L.I. Ispol'zovanie zoloshlakovykh otkhodov v sel'skom khozyaistve // KHKHI vek. Tekhnosfernaya bezopasnost'. 2021. T. 6, № 4. S. 348–356.
8. Ispol'zovanie vodougol'nogo topliva v ehnergoobespechenii APK / V.N. Delyagin [i dr.]. M.: Rosinformagrotekh, 2013. 92 s.

Сведения об авторе

Василий Иванович Мурко, директор Центра инновационных угольных технологий, доктор технических наук, профессор