

УДК 662.93

**М.М. Скалига, М.В. Рудинець, В.І. Бодак, В.С. Вербовський**  
 Луцький Національний Технічний Університет  
 Національна академія наук України

**ДО ПИТАННЯ ВИКОРИСТАННЯ В ІНФРАСТРУКТУРІ АВТОМОБІЛЬНОГО  
 ТРАНСПОРТУ ПИРОЛІЗНИХ СПАЛЮЮЧИХ ПРИСТРОЇВ ЯК ЗАСОБІВ УТИЛІЗАЦІЇ  
 СМІТТЯ ТА ДОДАТКОВИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ**

*Представлено результати попередніх експериментальних досліджень робочої моделі піролізного спалюючого пристрою як локального джерела теплової енергії і засобу утилізації сміття та відходів. Даний етап досліджень переслідував мету визначення характеру розподілу температурного поля корпусу спалюючого пристрою та принципової можливості застосування в якості палива ТПВ. Аналіз результатів досліджень підтвердив покращення параметрів паливної економічності та екологічності спалюючого пристрою даного типу порівняно з класичними.*

*Ключові слова:* підігрів, виробничі приміщення, двигун, автотранспортне підприємство, інфраструктура автомобільного транспорту, супутні ланки інфраструктури автомобільного транспорту, придорожні кафе, підприємства громадського харчування, побутові відходи, технологічні відходи, економія палива, екологічність, піролізне спалювання.

**М.М. Скалига, М.В. Рудинець, В.И. Бодак, В.С. Вербовський**  
 Луцкий национальный технический университет  
 Национальная академия наук Украины

**К ВОПРОСУ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ИНФРАСТРУКТУРЕ АВТОМОБИЛЬНОГО  
 ТРАНСПОРТА ПИРОЛИЗНЫХ СЖИГАЮЩИХ УСТРОЙСТВ КАК СРЕДСТВ  
 УТИЛИЗАЦИИ МУСОРНЫХ ОТХОДОВ И ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ИСТОЧНИКОВ  
 ЭНЕРГИИ**

*Представлены результаты предварительных экспериментальных исследований рабочей модели пиролизного сжигающего устройства как локального источника тепловой энергии и средства утилизации мусорных отходов. Данный этап исследований преследовал цель определения характера распределения поля температур корпуса сжигающего устройства и принципиальной возможности использования в качестве топлива ТБО. Анализ результатов исследований подтвердил улучшение параметров топливной экономичности и экологичности сжигающего устройства по сравнению с классическими.*

*Ключевые слова:* подогрев, производственные помещения, двигатель, автотранспортное предприятие, инфраструктура автомобильного транспорта, сопутствующие звенья инфраструктуры автомобильного транспорта, придорожные кафе, предприятия общественного питания, бытовые отходы, технологические отходы, экономия топлива, экологичность, пиролизное сжигание.

**M.M. Skalyha, M.V. Rudynets V.I. Bodak, V.S. Verbovskyy**  
 Lutsk National Technical University  
 The National Academy of Sciences of Ukraine

**TO THE QUESTION ON THE USING INTO THE ROAD TRANSPORT  
 INFRASTRUCTURE OF THE LOCAL PYROLYSIS BURNING DEVICES LIKE AS THE  
 WASTE DISPOSAL AND THE ADDITIONAL ENERGY SOURCE MEANS**

*This article contents the results of the preliminary experimental researches of the pyrolytic burning working model device as a local heat source and waste disposal device. This phase of research pursued the goal of determining the nature of the distribution of temperature field shell burning device and fundamental possibilities of solid waste as a fuel. To register the operating parameters of the pyrolytic incineration device we used monitoring system of external and indirect indicators. The research results analysis confirmed the improvement in fuel efficiency and environmental friendly parameters of this burning device type in comparison with the classical burning devices. It was also found that the authors design burning device and its operating model makes it possible to obtain thermal energy for a longer period without relatively current refueling. The model of presented pyrolytic burning device advantages to analogues of classical burning devices charts by the ratio of basic indicators (structural and technological simplicity, size efficiency, low toxicity of exhaust gases accountability of personnel, etc.) therefore it is appropriate to use them in projects of transport infrastructure services as a device of waste management and an additional source of heat.*

*Keywords:* heating, industrial premises, engine, motor company, road transport infrastructure, road transport infrastructure associated links, roadsides café, catering service points, household waste, technological waste, fuel economy, environmental friendliness, pyrolytic burning.

**Постановка проблеми.** На сьогоднішній момент часу в системах охолодження автомобільних двигунів в якості охолоджуючої рідини широко застосовуються різноманітні

антифризи і ТОСОЛи. Це продиктовано цілою низкою експлуатаційних факторів, головним з яких, у контексті даного дослідження, є властивість вказаних рідин запобігати руйнуванню двигуна при замерзанні. В той же час таким охолоджуючим рідинам притаманний один досить суттєвий недолік на відмінку від підготовленої води – значно вища вартість. Крім того, пуск холодного двигуна тягне за собою низку негативних моментів, пов'язаних не лише із зростанням витрати палива та токсичності відпрацьованих газів (ВГ), а й з підвищеним зношуванням основних вузлів двигуна внаслідок недостатнього змащування.

Ці та інші причини спонукають власників автомобілів обладнувати місця парковки різноманітними системами підігріву двигуна, здатними підтримувати відповідний тепловий режим. І якщо для одиничних автомобілів характерним є застосування різного роду систем електропідігріву, при чому, за звичай, передстартового, то для автотранспортних підприємств (АТП) – повітряного, водо- та паро підігріву, що функціонують протягом всього часу парковки. Частковим випадком є застосування так званих автомобілів-термосів, що здійснюють заправку систем охолодження запаркованих автомобілів гарячою робочою рідиною [1].

Крім того, в холодну пору року виникають проблеми з обладнанням виробничих приміщень (місць закритого зберігання автомобілів, спеціалізованих майстерень, ремонтних зон та ін..) джерелами теплової енергії під час їх використання для опалювання та підтримання постійної температури у цих приміщеннях.

Аналіз вищевказаного показує, що на автомобільному транспорті широко застосовуються різноманітні системи підігріву та прогріву двигунів автомобілів підчас парковки, що дозволяють тою чи іншою мірою вирішити економічні та екологічні питання. Однак, всім цим системам притаманний спільний суттєвий недолік -- повна залежність від зовнішніх (штатних) джерел енергопостачання.

В свою чергу, підприємства інфраструктури автомобільного транспорту, АТП, СТО та інші, є джерелом накопичення відходів та сміття різноманітних видів: сезонного, від прибирання території зон озеленення, твердих побутових відходів (ТПВ), технологічних відходів, що вилучаються під час сухого прибирання у складі комплексу прибирально-мийних робіт (ПМР). Такі види технологічних відходів є причиною значних і постійних витрат на утилізацію за межами підприємств.

Майже ті самі проблеми стосуються і підприємств, що є супутніми ланками інфраструктури автомобільного транспорту: придорожні кафе, підприємства громадського харчування, кемпінги тощо.

На АТП чи СТО для вивезення вищезгаданих відходів та сміття можуть бути задіяні транспортні засоби, що входять до структури самих підприємств: основний рухомий склад (наприклад, спеціалізованих комунальних АТП (КАТП)); гаражна служба, відділ головного механіка тощо. Це дає можливість частково зменшити вартість відповідних транспортно-евакуаційних робіт. Значно складнішим є вирішення даного питання на вищезазначених типах підприємств супутньої ланки інфраструктури автомобільного транспорту. Такі підприємства, за звичай, мають кілька одиниць рухомого складу, призначених для перевезення виключно або пасажирів, або харчових продуктів. В результаті, приходиться звертатись до послуг спеціалізованих перевізників. Останні ж, в свою чергу, намагаються оптимізувати маршрути та розклад руху наявних транспортних засобів, що призводить до небезпеки виникнення локальних смітників.

В той же час, вищезгадані технологічні відходи та сміття мають значний тепловий енергетичний потенціал. За відповідних підходів цей потенціал може бути вилучений і спрямований, наприклад, для використання в системах підігріву/прогріву двигунів автомобілів або/та в технологічно-побутових цілях.

#### **Аналіз останніх досліджень та публікацій.**

Як показує аналіз останніх досліджень та публікацій, в якості додаткових, або допоміжних джерел теплової енергії, що можуть застосовуватись і в системах прогріву/підігріву двигунів автомобілів, і для опалювання приміщень, і для побутово-технологічного вжитку широко використовуються різноманітні спалюючі пристрої. До таких пристроїв відносяться печі класичної прямої схеми горіння, в тому числі ракетні (Rocketstove) і піролізні [2]. Однак, особливості конструкції та характеру протікання робочих процесів вищезгаданих спалюючих пристроїв не дозволяють досягти можливості утилізувати сезонне сміття, технологічні відходи та ТПВ відповідно до чинних норм екологічності. В той же час, проведений авторами аналіз показав, що

на даний момент часу не існує промислових зразків спалюючих пристроїв, здатних утилізувати ТПВ та відповідати одночасно всім, вище перерахованим функціональним вимогам.

#### Мета роботи.

Метою роботи є розробка та створення конструктивно- і технологічно простого високоефективного мобільного піролізного спалюючого пристрою, що може використовуватись в інфраструктурі автомобільного транспорту як засіб утилізації сміття і додаткове джерело теплової енергії та відповідає існуючим чинним екологічним нормам.

#### Матеріали і результати досліджень.

З метою вирішення поставлених задач авторами розроблено варіант переносної (автономної) установки (печі) піролізного спалювання. На підставі прийнятої концепції принципів роботи та проведених розрахунків була спроектована і створена робоча модель дослідної установки, робочим об'ємом корпусу-бункера 40 л, що задовольняла б сформульованим вимогам ефективності роботи та простоти конструкції.

На рис.1 подано принципову схему установки із вказанням її основних елементів. В загальному випадку установка працює наступним чином. Підготоване паливо (тирса, опале листя тощо) завантажується в робочу зону корпусу-бункера (1). Верхній ковпак (3) та відбивний диск (5) при цьому зняті. Відкривається повітряна заслінка (8) і здійснюється розпалювання верхнього шару палива. Після досягнення належного ступеня розпалювання встановлюються відбивний диск (5) та верхній ковпак (3), випускний патрубок (4) котрого під'єднується до мережі місцевої витяжки.

Повітря, необхідне для здійснення процесів спалювання палива, надходить крізь впускний патрубок (7) та повітропровід (2). Повітропровід (2) набраний з труб (10), що зібрані у пакет і з'єднані між собою із зазором. Діаметри труб (10) та величина зазору між ними підібрані таким чином, щоб забезпечити самовільне розділення підвідного повітря на первинне і вторинне. Первинне повітря надходить у зону горіння крізь зазори між трубами (10) і, внаслідок недостатньої його кількості, спричинює лише піролізний реформінг палива з утворенням генераторного газу. Останній піднімається у верхню частину корпусу-бункера (1) під відбивний диск (5). Туди ж, внутрішніми каналами труб (10) потрапляє вторинне повітря, здійснюючи процес остаточного допалювання генераторного газу. Продукти згорання проходять крізь зазор між стінками корпусу-бункера (1) і відбивним диском (5) у внутрішню порожнину верхнього ковпака (3) і далі, крізь випускний патрубок (4), викидаються назовні. Після повного вигорання паливного заряду попіл видаляється з корпусу-бункера (1) крізь знятий нижній ковпак (7). Інтенсивність та тривалість роботи установки регулюється положенням повітряної заслінки (8). Вісь (9) повітряної заслінки виконано порожнистою для забезпечення надходження у зону горіння мінімально необхідної кількості повітря за повністю закритої повітряної заслінки.

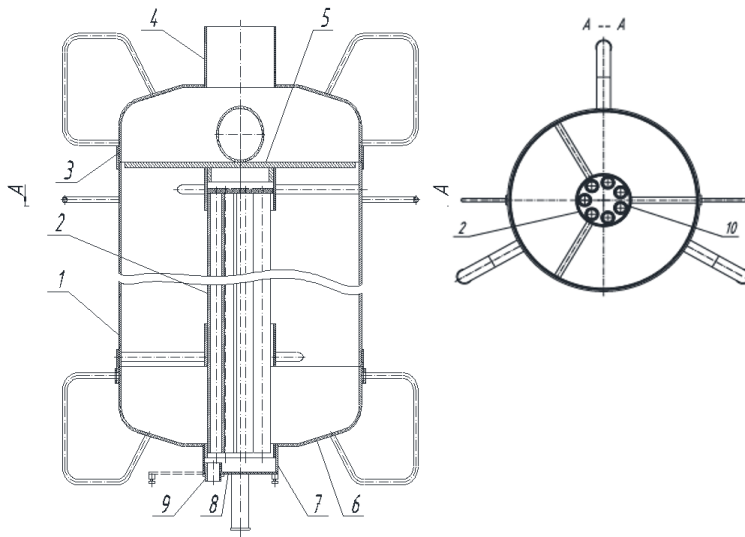


Рис. 1. – Принципова схема установки:

1 – корпус-бункер; 2 – повітропровід; 3 – верхній ковпак; 4 – випускний патрубок; 5 – відбивний диск; 6 – нижній ковпак; 7 – впускний патрубок; 8 – повітряна заслінка; 9 – вісь повітряної заслінки; 10 – труби повітропроводу.

Перші етапи досліджень переслідували мету оцінки роботоздатності печі при застосуванні в якості палива деревної тирси різних фракцій [2] та сезонного сміття у вигляді опалого листя [3]. Аналіз отриманих результатів дозволив зробити узагальнюючий висновок про відповідність характеру роботи печі до прогнозованого та підтвердити її переваги перед класичними спалюючими пристроями-аналогами. Тому наступним етапом досліджень передбачалося виявити характер розподілу поля температур зовнішніх стінок корпусу і принципову можливість спалювання ТПВ.

Аналіз характеру розподілу поля температур (таблиця 1) показав його відповідність напрямку розповсюдження факелу полум'я (зверху -- вниз) по висоті робочої порожнини корпусу-бункера (1), згідно прогнозованого. При цьому відмічено різке наростання піку у верхній частині печі в зоні «основа випускного патрубку (4) - верхній ковпак (3) – відбивний диск (5)» протягом перших п'яти хвилин з моменту розпалювання. У подальшому, величини температур досягали своїх максимумів при відносно плавних наростанні пікових значень, наступному їх вирівнюванні та падінні, залежно від конкретного відрізка тривалості процесу горіння і калорійності палива.

Таблиця 1.

Характер розподілу поля температур

№ точки та температура, °С	Час з моменту розпалювання						
	5хв	10хв	30хв	60хв	80хв	150хв	180хв
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>
1	112	229	238	108	226	142	90
2	111	236	226	108	229	113	90
3	110	256	226	108	220	148	90
4	119	320	236	118	262	159	94
5	124	250	235	136	281	184	102
6	98	219	226	270	338	209	121
7	15	34	145	350	390	222	142
8	11	13	45	325	450	234	150
9	10	11	36	312	438	249	161
10	10	10	17	300	425	253	165

Для дослідження принципової можливості спалювання ТПВ було підготовано паливний заряд, що представляв собою суміш сміттевих залишків, властивих закладам громадського харчування на кшталт кафе: паперові та пластикові стаканчики; пакети з-під соків; пакети з-під кондитерськоїдобы; дерев'яні та пластикові мішалки; пакетики із використаним чаєм; дрібні поліетиленові пакети та пляшечки; серветки тощо. Маса контрольного заряду складала 3 кг, а середня приведена вологість – 35-45%. Паливний заряд завантажувався без попередньої підготовки, не подрібненим та не сортованим.

Процес спалювання продемонстрував наступне:

1. Піч вийшла в режим інтенсивного усталеного горіння протягом 1,5-2 хв. з моменту розпалювання (встановлення верхнього ковпака).

2. Загальний час активного вигорання паливного заряду за повністю відкритої повітряної заслінки – 140-150 хв.

3. Стінки випускного патрубку та верхнього ковпака досягли температури 110-120°C протягом 5 хв. з моменту розпалювання.

4. Середня питома розрахункова тепловіддача для даних умов експерименту та палива – 3-3,5 кВт/год.

5. Середній рівень димності не перевищував 20%.

6. Загальна маса та об'єм попелу – 0,4кг і 0,7л відповідно.

Слід, однак, зазначити і низку негативних моментів, що потребують необхідності усунення, або ж, принаймні, зменшення їх проявів. Так, зокрема, запропонований спалюючий пристрій (піч) виявився дуже вибагливим до температури та швидкості вхідного повітря. В деяких випадках, поєднання низької температури та високої швидкості вхідного повітря призводило до видимого погіршення повноти вигорання палива. Даний недолік схилив авторів до думки про доцільність

застосування у подальшому протиточної схеми газообміну, конструктивне втілення якої вирішується.

#### **Висновки.**

Аналіз результатів проведених досліджень показує, що найбільш доцільним для застосування в інфраструктурі автомобільного транспорту як засобів утилізації сміття та додаткових джерел енергії є використання піролізних спалюючих пристроїв, котрим притаманна наявність ефекту швидкісного, локального саморегульованого згоряння.

Піролізні спалюючі пристрої даного типу переважають близькі аналоги спалюючих пристроїв класичних схем за співвідношенням основних показників (конструктивна та технологічна простота, величина ККД, низька токсичність відпрацьованих газів, контрольованість персоналом тощо). Це, на думку авторів, дасть можливість економити штатні енергетичні ресурси під час їх застосування для підігріву/прогріву двигунів запаркованих автомобілів та технологічно-побутових цілей.

Також було встановлено, що розроблена авторами конструкція спалюючого пристрою та її робоча модель дає можливість отримувати теплову енергію протягом тривалішого періоду без дозаправки відносно існуючих.

#### **Література**

1. Техническая эксплуатация автомобиля: Учебник для ВУЗов/ Е.С. Кузнецов, В.П. Воронов, А.П. Болдин и др. - М.: Транспорт, 1991
2. Скалыга Н. Н., Рудинец Н. В. К вопросу использования на железнодорожном транспорте пиролизных сжигающих устройств, как автономных источников тепловой энергии. // Збірник наукових праць ДонІЗТ. Випуск № 39, Донецьк – 2014. – С. 67-71
3. Скалыга Н. Н., Рудинец Н. В. К вопросу использования на автомобильном транспорте пиролизных сжигающих устройств, как средств утилизации мусорных отходов и дополнительных источников тепловой энергии. // Збірник наукових праць ДонІЗТ. Випуск № 4, Донецьк – 2014. – С. 43-47

Стаття надійшла в редакцію 29.04.2016