

УДК 662.6

DOI <https://doi.org/10.32782/2663-5941/2023.2.1/46>**Шахбазов І.О.**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**Сірий О.А.**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ БІОПАЛИВА В ПОБУТОВИХ КОТЕЛЬНИХ УСТАНОВКАХ

На сучасному етапі розвитку промисловості, за існуючих техногенних навантажень на навколишнє середовище, є важливим гармонійний розвиток економіки, енергетики й екології. Для цього необхідно запроваджувати нові технології на основі альтернативних і відновлювальних джерел енергії (ВДЕ), а також запроваджувати заходи щодо зменшення викидів шкідливих речовин у навколишнє середовище. У світі діють декілька програмних документів, у тому числі державні стратегії, які покликані для протидії надмірного утворення забруднюючих речовин та стимулюють популяризацію ВДЕ в енергетичних секторах, зокрема альтернативного палива з біомаси. Незважаючи на те, що виробництво біомаси та перетворення її на паливо пильно перевіряється через зміни землекористування, як добре керований відновлювальний ресурс, біомаса може зробити суттєвий внесок для розвитку сталої економіки. В даній роботі представлено огляд іноземної літератури щодо використання альтернативних палив. Проведено широкий аналіз досягнень у цій галузі та з'ясовано, що більшість вчених, які зосереджені на дослідженні синтетичних газів, пропонують додавання горючих газів різного складу у продукти газифікації для енергетичних цілей. За результатами огляду наукових робіт з'ясовано, що приділяється чимала увага характеристикам горіння деревних й агропелет, біомасел та синтез-газу, а також питанням емісії шкідливих оксидів у продуктах спалювання. На основі представлених робіт, які охоплюють експериментальні дослідження і математичне моделювання згорання палива, визначено перспективні напрями використання альтернативного палива з біомаси. Крім того, розглянуто розробки CFD-моделей горіння палива в топкових камерах, створення яких потребує спеціалізованих програм, що є сучасним підходом у дослідженні будь-яких палив.

Ключові слова: камера спалювання, біопаливо, пелети, біодизель, синтез-газ, оксиди азоту, оксиди вуглецю.

Постановка проблеми. Стрімке зростання населення, промисловий та економічний розвиток стають основними причинами споживання енергії у всьому світі. Проте викопним паливом (вугілля, нафта і природний газ) завдано чималі збитки навколишньому середовищу: забруднення довкілля, глобальне потепління, кислотні дощі та руйнування озонового шару, що є основною причиною погіршення якості повітря внаслідок викидів забруднювачів повітря, серед яких пил, сполуки сірки, оксиди азоту (NO_x) і вуглецю (CO_2). Через надмірне утворення викидів при використанні викопних джерел, необхідно переходити до відновлюваних джерел енергії (ВДЕ), серед яких особливе місце займає біомаса.

Для протидії процесу глобального потепління в Енергетичній стратегії України на період до 2035 року [1] важлива роль відводиться віднов-

люваним джерелам енергії, серед яких згадується біомаса і стверджується, що «зростатиме частка сектору електроенергетичної галузі, який використовує тверду біомасу та біогаз як енергоресурс, що зумовлюватиметься як відносною сталістю виробництва (за наявності ресурсної бази), так і тенденцією до формування локальних генеруючих потужностей».

Перша Директива ЄС щодо відновлюваної енергії стимулювала дослідження на біопаливо, що дозволяє застосовувати його у різних галузях промисловості. Директива 2018/2001 [2] встановила ціль – частка енергії з ВДЕ у валовому кінцевому енергоспоживанні щонайменше 32% до 2030 року з метою скорочення викидів CO_2 та виконання Паризької угоди [3].

На основі Паризького протоколу головною метою є зниження рівня глобальних викидів на

80% до 2050 року та обмеження підвищення температури Землі в порівнянні з доіндустріальним періодом. На вимогу Паризької угоди протокольним рішенням засідання Кабінету Міністрів України схвалено та направлено до Секретаріату ООН «Стратегію низьковуглецевого розвитку України до 2050 року» [4], яка передбачає перехід на траєкторію низьковуглецевого зростання, зменшення обсягу викидів парникових газів, відмову від викопного палива і старт інвестування у ВДЕ.

Біопаливо вважається відновлюваною та чистішою альтернативою використанню викопного палива через менший вуглецевий слід, а також знижує залежність від зовнішніх енергоресурсів, і, таким чином, воно є життєво важливим компонентом зусиль з декарбонізації енерговитратних секторів та енергонезалежності держави.

Постановка завдання. Головне завдання – визначити найбільш перспективні напрями використання біопалива в Україні, у тому числі біопалива аграрного походження для забезпечення потреб муніципальної енергетики та приватних домогосподарств, шляхом аналізу проблематики використання різних альтернативних палив у котлоагрегатах невеликої потужності та огляду останніх досягнень в області спалювання біопалива, що охоплює літературу експериментальних досліджень і комп’ютерного моделювання.

Виклад основного матеріалу дослідження. Основним матеріалом дослідження є аналіз останніх досліджень і публікацій у сфері спалювання альтернативних палив з твердої, рідкої та газоподібної біомаси у побутових котлоагрегатах для подальшого порівняння та відокремлення перспективних застосувань. Біомаса відноситься до ВДЕ і вважається вугленейтральним джерелом, тобто кількість вуглецю, що надходить до атмосфери внаслідок спалювання, дорівнює кількості вуглецю, що забирається з землі чи ґрунту для утворення цієї біомаси.

Тверде біопаливо. Біопаливо сільськогосподарського походження, наприклад пелети, являють собою тверде паливо у вигляді гранул. У статті [5] представлено дослідження щодо покращення спалювання деревних та агропелет у побутових водогрійних котлах. Авторами запропоновано нову концепцію системи згоряння біомаси, що складається з ротаційного пальника та двох типів інтенсифікаторів процесу горіння, з метою простого застосування в більшості існуючих котлів, підвищення ефективності системи, а також зниження викидів для дотримання відповідних вимог Стандартів ЄС. Результати показують, що

при впровадженні інтенсифікатора горіння значно скорочуються викиди незгорілих забруднюючих речовин (СО зменшується на 40% у разі деревних гранул та на 30% – у випадку агропелет), викиди твердих частинок складають 28-56 мг/м³ (при 10% O₂ в сухих димових газах) та покращується ефективність згоряння (збільшується на 2,6-3,7%).

Оптимальні геометричні і технологічні параметри, які призводять до меншого утворення забруднюючих речовин і вищої теплової ефективності, можна знайти за допомогою методу CFD моделювання. Навіть спрощені обчислювальні методи моделювання складних явищ, які відбуваються в котлі на біомасі, можуть бути дуже корисними, якщо вони пропонують надійні та достатньо точні прогнози.

Попередньо розроблена і підтверджена методологія моделювання горіння за допомогою обчислювальної гідродинаміки для великомасштабних котлів була модифікована та реалізована для комерційного водогрійного котла на деревних пелетах потужністю 32 кВт [6]. Виконується моделювання процесу горіння палива для налаштування відповідного обладнання (рис. 1). Перетворення твердого палива моделюється за допомогою пов’язаної емпіричної одновимірної моделі шару, яка передбачає склад суміші горючих газів, що виділяється з шару палива в надшаровий простір. Порівняно з початково запропонованою моделлю конверсії паливного шару, модифікована модель включає часткове обуглювання та окислення летючих речовин і покладається на температуру газу, виміряну над паливним шаром. Використовуючи модифіковану модель перетворення паливного шару, було змодельовано кілька випадків [6], щоб знайти найбільш відповідні параметри комбінованої моделі горіння з кінцевою швидкістю та вихровою дисипацією (рис. 1).

Результати показують, що за допомогою модифікованої моделі перетворення паливного шару можна досягти досить точних прогнозів температури газу в камері згоряння та концентрації СО у відхідних газах.

Окрім використання деревини у якості біопалива також застосовують виноградну лозу, відходи якої можуть слугувати для виробництва теплової енергії у побутових опалювальних приладах. У роботі [7] залишки обрізок виноградників були зібрані, гранульовані, а потім охарактеризовані відповідно до стандарту твердого біопалива. Випробування спалювання проводилися в котлі потужністю 150 кВт, що працює на пелетах, та вимірювали відповідні емісії СО, NO_x і загальну

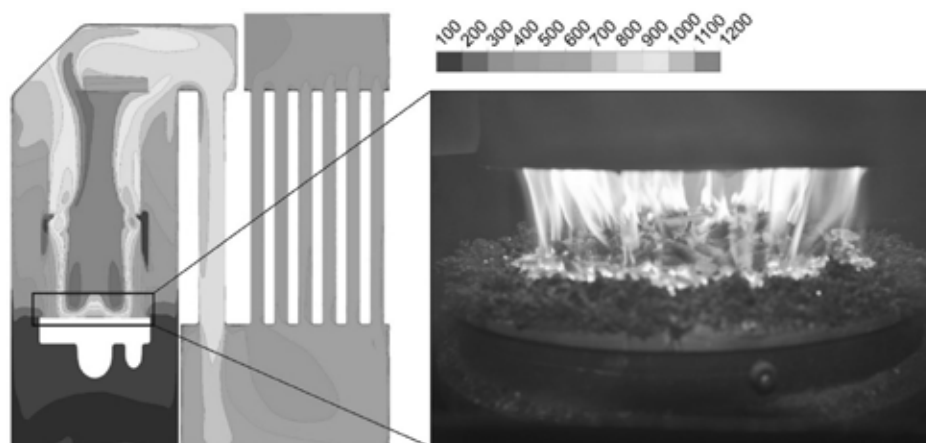


Рис. 1. Поле температури [°C] у перерізі котла і фото згоряння твердого палива при нормальній роботі [6]

кількість зважених частинок. Для порівняння із викидами залишків обрізків виноградарників у відкритому ґрунті було проведено імітаційне тестування в лабораторних масштабах. Викиди на відкритому повітрі перевищують викиди котла до 120 разів для концентрації CO та в 30 разів для золи. Результати підкреслюють, що, уникаючи спалювання на відкритому повітрі та використовуючи цю залишкову біомасу для виробництва енергії, можна досягти значного зменшення забруднення навколишнього середовища разом із збільшенням виробництва енергії з відновлюваних джерел.

Таким чином, біомаса в промисловості може використовуватися безпосередньо як сировина для спалювання в енергетичних котлах, спалюватися разом з вугіллям, а також перетворюватися на рідке чи газоподібне біопаливо.

Рідке біопаливо. Як рідке паливо, виготовлене з біомаси, яке використовується для енергетичних цілей, біорідини можуть включати широкий спектр біосирин та проміжних енергоносіїв. Вченими досліджуються такі види рідкого біопалива: біомасла швидкого піролізу, біосировина гідротермального зрідження, прості рослинні олії, біоспирти [8]; рідке паливо з поліетиленового воску [9]; біопаливо з пальмової олії, кулінарних відходів, метилові ефіри рапсової олії [10].

У роботі [8] систематично та цілісно висвітлюється використання цих біорідин з точки зору проблем, пов'язаних із властивостями палива, необхідними адаптаціями двигуна та довговічністю обладнання, що завершується аналізом продуктивності й викидів. Методологічно дослідження бере початок з аналізу технологій переробки сировини і палива, які вирішальним чином впливають на властивості палива. Розглядаються можливості

для утилізації відходів, що виникають у результаті постійно зростаючого циклічного використання матеріалів і ресурсів. Крім того, представлено інноваційні пропозиції та майбутні можливості для подальших технічних удосконалень у всьому циклі виробництва і споживання, що слугує орієнтиром для майбутніх досліджень та розробок у швидкозростаючій сфері біорідин.

Досліджено можливість використання поліетиленового воску у якості рідкого палива за допомогою процесу некаталітичного піролізу за температур 400, 450 і 500°C [9]. Результати показують, що при температурі піролізу 450°C найвищий вихід рідкого продукту становить 78,24%, а залишком є неконденсований газ і тверде паливо. Аналіз елементного складу показує, що продукти, отримані в результаті піролізу, мають подібні компоненти для всіх умов. Питома вага, в'язкість і теплотворна здатність піролізного масла відповідає звичайним стандартам дизеля.

Доступні відновлювані види палива відрізняються за своїми характеристиками. Були випробувані три відновлювані вуглеводневі види палива [10]: кокосова олія, пальмова олія та метилові ефіри кулінарної і рапсової олії, разом із трьома звичайними видами палива: стандартним реактивним паливом (JP-8), стандартним дизельним паливом та природним газом. Кінцевою метою даного дослідження було порівняння структур полум'я, хемілюмінесценції та викидів забруднюючих речовин різних видів палива з використанням технології «розподіленого» горіння на основі вихрового пальника потужністю 13,3 кВт. Порівнюючи розрахункові характеристики розпилення, було виявлено, що реактивне і дизельне паливо та кокосовий біодизель мають найвищий потенціал

для розподіленого спалювання в газових турбінах, тоді як неправильне налаштування пальника може призвести до неприйнятно високих викидів.

Альтернативне газоподібне паливо. Пряме згоряння твердого палива в енергетичних котлах викликають декілька проблем, таких як корозія, відкладення золи на теплообмінних поверхнях котла та енергозатратність підготовки палива до спалювання. Однією з можливостей уникнути вищезгаданих проблем є непряме спільне спалювання попередньо обробленої біомаси у вигляді рідкого біопалива або синтез-газу.

Газифікація – це термохімічний процес, при якому вуглецеві компоненти палива перетворюються на горючий газ, так званий синтез-газ. Газифікація є дуже перспективною технологією для енергетичних цілей, особливо в районах, багатих ресурсами широко доступної біомаси. Для цієї мети можна використовувати тверді чи рідкі відходи, оскільки енергія, вироблена з компонентів відходів, що розкладаються, класифікується як відновлювана енергія.

Синтетичний газ може бути отриманий шляхом газифікації вугілля з подальшим процесом метанування та за допомогою ферментації вуглеводів бактеріями в анаеробному середовищі (перетравлення біомаси, наприклад, гною, деревини, соломи та зернових). Синтез-газ складається з легкозаймистих компонентів, а саме з водню, монооксиду вуглецю і метану, інертних газів, певної кількості ненасичених вуглеводнів (C_2H_2 , C_6H_6), а також забруднювачів, таких як сірководень (H_2S), аміак (NH_3), смоли, галогени та пил. Отриманий склад синтез-газу і його забруднень залежить від складу палива, типу газифікатора та робочих умов процесу (температура, тиск, час перебування). Усі ці робочі умови й параметри впливають на теплотворну здатність синтез-газу.

Спалювання синтез-газу. Вченими була проведена низка експериментальних і чисельних досліджень характеристик горіння синтез-газу.

Park [11] проаналізував вплив складу синтез-газу і розбавлення азотом (N_2) на характеристики згоряння і викидів NO для багатих на CO , H_2 і CH_4 синтез-газів протитечійного дифузійного полум'я. На основі чисельних результатів детально обговорюються основні характеристики й точна структура протитечійного дифузійного полум'я нерозбавленого і розбавленого азотом синтез-газу $CO/H_2/CH_4$, включаючи вплив температури, мольні частки компонентів, швидкість утворення NO . У факелах синтез-газу з сильно розбавленим N_2 швидкість утворення NO підвищується за рахунок

збільшення вмісту H_2 і CH_4 та за рахунок зменшення вмісту CO в паливі. Завдяки підвищенню розбавлення азотом шляхом швидкого й повторного спалювання внесок NO зменшувався для синтез-газу, багатого на CH_4/CO , і збільшувався для синтез-газу, багатого на H_2 . Систематично визначені домінуючі фізичні процеси і хімічні реакції, що впливають на точну структуру полум'я та емісії NO , які зустрічаються у фактичних умовах спалювання синтез-газу.

Mehregan [12] розглянув вплив концентрації кисню, температури попереднього підігріву забаластованого окисника і типу розбавляючої речовини на викиди NO_x безполум'яного згоряння біогазу в конфігурації дифузійного спалювання. Параметрами дослідження та їх рівнями були види баласту (N_2 і CO_2), концентрація кисню (5, 7 і 10%) і температура попередньо нагрітого повітря при 900, 1100 і 1300 К. Біогаз утворений з об'ємів 60% CH_4 і 40% CO_2 , тоді як окислювач розбавлений одночасно N_2 , CO_2 і попередньо нагрітий. Встановлено, що збільшення емісії NO_x більш чутливе до концентрації кисню, ніж до температури повітря попереднього нагріву. На викиди NO_x незначно впливають види домішок, тоді як емісія зменшується завдяки розведенню N_2 , а не CO_2 . Згідно з дисперсним аналізом, найвпливовішими факторами на викиди NO_x є концентрація кисню і температура попередньо нагрітого повітря.

Samiran [13] експериментально досліджував характеристики стабілізації факела кінетичного вихрового полум'я синтез-газу, насиченого CO , в умовах горіння збідненої суміші в газотурбінній камері згоряння. Синтез-газ, збагачений CO , був повністю змішаний з повітрям і розріджувачами CH_4 і CO_2 перед запалюванням на виході з пальника. Зображення полум'я показує, що синтез-газ із помірним вмістом CO створює менш яскраве і більш компактне полум'я, ніж синтез-газ з високим вмістом CO , що означає нижчу тенденцію до утворення сажі. Синтетичні гази з високим вмістом CO демонструють явно менші викиди NO_x порівняно з базовим рівнем чистого полум'я.

Розглянуті дослідження свідчать про те, що викиди NO_x залежать від умов експлуатації обладнання і конфігурації факелу, а полум'я синтез-газу, збагачене CO , може генерувати високий рівень забруднювачів і парникових газів.

Слід зазначити, що не останню роль в ефективності топкового процесу відіграє технологія горіння, яка реалізує процес горіння того чи іншого палива. Технології спалювання, які розроблені в «КПІ імені Ігоря Сікорського» [14, 15],

вигідно відрізняються від найбільш поширених реєстрових пальників меншими гідравлічними втратами по тракту окисника, що створює передумови для розширення коефіцієнта регулювання робочого діапазону потужності вогнетехнічного устаткування. Розробки засновані на ефектах взаємодії набігаючого потоку окисника на поганообтічне тіло (кутники, перфоровані поверхні, циліндричні канали з розширенням і т.д.) зі струменями палива, що відіграють роль стабілізатору полум'я. У випадку подачі палива перпендикулярно до набігаючого потоку повітря перед зривною кромкою поганообтічного тіла, нішевої порожнини (струменево-нішева система), чи зривною кромкою плоского пілону (струменево-стабілізаторні пальники) відбувається гідродинамічна стабілізація полум'я [15]. В інших пальниках НТУУ «КПІ» [16] використано підхід на основі введення палива безпосередньо у зону зворотних струмів за стабілізатором (струменеві і трубчасті пальники та пальники з кутовими стабілізаторами полум'я). Ці конструкції пальників мають суттєві переваги у порівнянні із реєстровими, зокрема автономність процесу сумішоутворення в області введення палива у широких діапазонах швидкостей [15], і, таким чином, є перспективною паливоспалюючою технологією у першу чергу для газоподібного палива.

Висновки. За результатами аналізу останніх досягнень в області спалювання різних альтернативних палив у топкових камерах з'ясовано, що приділяється чимала увага характеристикам горіння деревних й агропелет, біомасел та синтез-газу, а також питанням емісії шкідливих оксидів у продуктах спалювання. Серед вчених, які зосе-

реджені на дослідженні синтетичних газів, більшість пропонує додавання горючих газів різного складу у продукти газифікації для енергетичних цілей. Утилізація відходів і використання біомаси належним чином здатна покращити стан навколишнього середовища та знизити енергозалежність держави від викопного палива.

Огляд сучасних технологій спалювання показує необхідність універсалізації пальників стосовно можливостей застосування відповідно до регламенту вогнетехнічного обладнання. У зазначеному аспекті, технології спалювання «КПІ імені Ігоря Сікорського» є перспективними засобами використання палива, які широко апробовані та впроваджені на багатьох об'єктах України. Технології спалювання «КПІ» весь час удосконалюються, проходячи експерименти в лабораторних умовах перед виходом у промислове використання.

Значна частина наукових джерел у представленому напрямі досліджень присвячена результатам отриманим не лише фізичними експериментами, а й за допомогою спеціальних програмних пакетів, завдяки чому перевіряються розрахунки та більш точно визначаються необхідні параметри. CFD моделювання дозволяє швидко створити потрібний об'єкт і процес згоряння палива у ньому. Потрібно зазначити, що можливості обчислення комп'ютерної техніки обмежені, тобто чим складніша задача тим більше часу потрібно для її розрахунку, або необхідна більш потужна обчислювальна машина. Також важливим аспектом застосування комп'ютерного моделювання при дослідженні процесів горіння є наявність експериментальних даних для проведення валідації отриманих розрахункових результатів.

Список літератури:

1. Енергетична стратегія України на період до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність»: Розпорядження Кабінету Міністрів України від 18.08.2017 № 605-р. Режим доступу: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/file/text/58/f469391n10.pdf>.
2. Директива (ЄС) 2018/2001 Європейського Парламенту та Ради від 11 грудня 2018 року про сприяння використанню енергії з відновлюваних джерел. 2018. Режим доступу: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=uriserv:OJ.L_.2018.328.01.0082.01.ENG&toc=OJ:L:2018:328:TOC.
3. Паризька угода. Офіційний вебпортал парламенту України. Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_161#Text.
4. Стратегія низьковуглецевого розвитку України до 2050 року. Режим доступу: https://razumkov.energy/files/docs/Proekt/LEDS_ua_last.pdf.
5. Horvat I., Dović D., Filipović P. Numerical and experimental methods in development of the novel biomass combustion system concept for wood and agro pellets. *Energy*. 2021. Т. 231. С. 120929. URL: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.120929>.
6. CFD modelling of air staged combustion in a wood pellet boiler using the coupled modelling approach / T. Zdravac та ін. *Thermal Science and Engineering Progress*. 2020. Т. 20. С. 100715. URL: <https://doi.org/10.1016/j.tsep.2020.100715>.

7. Emissions of heating appliances fuelled with agropellet produced from vine pruning residues and environmental aspects / A. Pizzi та ін. *Renewable Energy*. 2018. Т. 121. С. 513–520. URL: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.01.064>.
8. Bioliquids and their use in power generation – A technology review / T. Seljak та ін. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2020. Т. 129. С. 109930. URL: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.109930>.
9. Alternative liquid fuel from pyrolysis of polyethylene wax / C. Chaiya та ін. *Energy Reports*. 2020. Т. 6. С. 1262–1267. URL: <https://doi.org/10.1016/j.egy.2020.11.045>.
10. Mixture Temperature-Controlled combustion of different biodiesels and conventional fuels / G. Hidegh та ін. *Energy*. 2021. Т. 234. С. 121219. URL: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.121219>.
11. Park S., Kim Y. Effects of nitrogen dilution on the NO_x formation characteristics of CH₄/CO/H₂ syngas counterflow non-premixed flames. *International Journal of Hydrogen Energy*. 2017. Т. 42, № 16. С. 11945–11961. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2017.02.080>.
12. Mehregan M., Moghiman M. A numerical investigation of preheated diluted oxidizer influence on NO_x emission of biogas flameless combustion using Taguchi approach. *Fuel*. 2018. Т. 227. С. 1–5. URL: <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2018.04.049>.
13. Swirl stability and emission characteristics of CO-enriched syngas/air flame in a premixed swirl burner / N. A. Samiran та ін. *Process Safety and Environmental Protection*. 2017. Т. 112. С. 315–326. URL: <https://doi.org/10.1016/j.psep.2017.07.011>.
14. Siryi, O. A., Abdulin, M. Z., & Kobylanska, O. O. (2022). Energy-ecological assessment of the boiler equipment modernized with the jet-niche technology. *Journal of Mechanical Engineering – Problemy mashynobuduvannia*, vol. 25, no. 3, pp. 46–55. <https://doi.org/10.15407/pmach2022.03.046>.
15. Сірий О.А. Вплив параметрів струменево-нішевої системи на робочий процес пальникових пристроїв : дис. канд. техн. наук : 05.14.14 / О.А. Сірий. – Київ, 2016. – 194 с.
16. Mykhailo Abdulin, Oleksandr Siryi, Tetiana Sheleshei, Energy and ecological assessment of gas burning boiler equipment, 2022 IEEE 8th INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENERGY SMART SYSTEMS, October 12-14, 2022, <http://ess.ieee.org.ua>.

Shakhbazov I.O., Siryi O.A. PERSPECTIVES OF THE USE OF BIOFUEL IN HOUSEHOLD BOILER INSTALLATIONS

At the current stage of industrial development, under existing man-made loads on the environment, harmonious development of the economy, energy and ecology is important. For this, it is necessary to introduce new technologies based on alternative and renewable energy sources (RES), and measures to reduce emissions of harmful substances into the environment. There are several program documents in the world, including state strategies, which are designed to counteract the excessive formation of pollutants and stimulate the promotion of RES in the energy sectors, in particular, alternative fuels from biomass. Although biomass production and conversion to fuel is under scrutiny due to land-use change, as a well-managed renewable resource, biomass can make a significant contribution to the development of a sustainable economy. This work presents a review of foreign literature on the use of alternative fuels. A broad analysis of the achievements in this field has been carried out and it has been found that most scientists, who focus on the synthetic gases research, propose the addition of combustible gases of various compositions to the gasification products for energy purposes. According to the results of the scientific works review, it was found that considerable attention is paid to the combustion characteristics of wood and agricultural pellets, bio-oils and synthetic gas, as well as to the issue of the harmful oxides emission in combustion products. On the basis of the presented works, which include experimental studies and mathematical modeling of fuel combustion, promising directions for the use of alternative fuel from biomass are determined. In addition, the development of CFD models of fuel combustion in combustion chambers is considered, the creation of which requires specialized programs, that is a modern approach in the study of any fuels.

Key words: combustion chamber, biofuel, pellets, biodiesel, synthetic gas, nitrogen oxides, carbon oxides.