

Энергия падающего солнечного излучения на горизонтальную поверхность была найдена по следующим формулам:

– для прямого СИ:

$$W_{\text{гор}}^{\text{пр.расч}} = \int_{t_{\text{восх}}}^{t_{\text{зах}}} E_{\text{гор}}^{\text{пр}} dt, \quad (4)$$

– для полного СИ:

$$W_{\text{гор}}^{\text{полн.расч}} = \int_{t_{\text{восх}}}^{t_{\text{зах}}} E_{\text{гор}}^{\text{полн}} dt, \quad (5)$$

где $t_{\text{восх}}$, $t_{\text{зах}}$ – время восхода и захода Солнца.

С помощью полученных данных, представленных в таблице 2, а также формул (4-5), был найден приход солнечной энергии на горизонтальную поверхность при чистом небе для каждого расчетного дня. Результаты представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Приход солнечной радиации в п. Новомихайловский (Южный лагерь СПбПУ)*

Дата	04.07	05.07	06.07	07.07	08.07	09.07	11.07	12.07	13.07	14.07
$W_{\text{гор}}^{\text{экспер.}}$	4929	5347	5393	5723	4034	5338	3859	5274	5583	5716
$W_{\text{гор}}^{\text{пр.расч}}$	5245	5236	5227	5217	5207	5196	5178	5159	5146	5131
$W_{\text{гор}}^{\text{полн.расч}}$	6333	6323	6313	6301	6290	6277	6258	6235	6220	6204

* - все данные предоставлены в Вт*ч/м²

Выводы:

1. Сопоставление результатов моделирования потока СИ на горизонтальную поверхность при чистом небе (прямое СИ) с экспериментальными измерениями показывает возможность использования такого подхода при решении практических задач (средняя погрешность составила около 9%).

2. Целесообразно более широко использовать базы данных актинометрических наблюдений, полученных в постах наблюдений на территории бывшего СССР.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аронова, Е.С. Методика расчета реальной плотности солнечного излучения при проектировании фотоэлектрических энергоустановок / Е.С.Аронова, В.А. Грилихес// Научно-технические ведомости СПбГПУ.2006. Т.1. № 6. Естественные и технические науки. С. 62-66.

2. Bird, R.E., Hulstrom, R.L. A simplified clear sky model for direct and diffuse insolation on horizontal surface / R. E.Bird, R.L.Hulstrom // SERI/TR-642-761, Solar Energy Research Institute (SERI/NREL). 1981. P. 7-10.

3. Солнечные энергоустановки. Оценка поступления солнечного излучения: учебное пособие / В.В.Елистратов, В.А. Грилихес., Е.С.Аронова. СПб: Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 2009. 101 с.

ГЛУБОКАЯ УТИЛИЗАЦИЯ ДЫМОВЫХ ГАЗОВ КОТЕЛЬНЫХ НА ДРЕВЕСНОЙ БИОМАССЕ

DEEP UTILIZATION OF BOILER'S SMOKE GASES ON WOOD BIOMASS

А. Р. Хамицевич, А. А. Бутько, Л. А. Липницкий
A. R. Khamitsevich, A. A. Butko, L. A. Lipnitsky

Белорусский государственный университет, МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ
г. Минск, Республика Беларусь
alexunderson001@gmail.com

Belarusian State University, ISEI BSU, Minsk, the Republic of Belarus

В данной работе рассматривается возможность экономии топлива при глубокой утилизации дымовых газов котельных на быстрорастущей древесной биомассе. В качестве биомассы предлагается использовать иву.

This paper discusses the possibility of fuel saving with deep utilization of flue gases from boilers using fast-growing woody biomass. It is proposed to use willow as biomass.

Ключевые слова: глубокая утилизация, дымовые газы, ива, энергетическая политика, котельные, древесная биомасса, температура дымовых газов.

Keywords: deep utilization, smoke gases, boiler, wood biomass, energy policy, willow, temperature of smoke gases.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2021-2-324-327>

С развитием общества и с увеличением роста энергопотребления в энергетике разрабатывается ряд мероприятий по энергоэффективности. Необходимость связана с экономией энергии, полученной в основном за счет сжигания органического топлива, запасы которого быстро истощаемые, а промышленные предприятия и котельные, где происходят процессы сжигания, являются основным источником загрязнения атмосферы, гидросферы, почвы, флоры и фауны.

Альтернативным и выгодным источником энергии для производства теплоты и электричества является биотопливо, которое включает в себя: древесную биомассу (дрова, отходы деревообработки, опилки, стружка, щепа, кора), древесные пеллеты, отходы растениеводства.

Одно из перспективных направлений – выращивание и использование быстрорастущей древесины. В связи с ростом спроса на энергоносители, потребность в которых с экологической точки зрения возрастает, а также с недостатком собственных энергоносителей, есть необходимость создания условий для выращивания промышленных энергетических плантаций. Быстрорастущие древесные породы, такие как ива, являются выгодным источником энергии за счет главного преимущества – растения при сжигании выделяют в атмосферу такое количество углерода, которое поглотило в процессе фотосинтеза за время жизни. Растение является быстрорастущим в климатических условиях Республики Беларусь и может быть одним из источников топлива для котельных. Быстрорастущая ива – возобновляемый и доступный ресурс по приемлемой цене. При сгорании энергетической ивы снижены выбросы вредных веществ, а также древесная зола, полученная при сжигании, является ценным удобрением.

В Беларуси в настоящее время, как и во всем мире, использование сельскохозяйственных угодий для производства биомассы на энергетические цели имеет неуклонную тенденцию к росту.

В странах ЕС плантации быстрорастущих древесно-кустарниковых пород занимают около 70000 га, среди которых ведущее место принадлежит Швеции (~ 15000 га), Дании, Польше, Венгрии, Италии (~ 7000 га на каждую страну) и Германии (~ 6000 га). Так, только в Германии ожидается, что при реализации программы OPTFUEL к 2021 г. суммарная площадь плантаций возрастет до 450000 га, в Великобритании до 350000 га, а Швеции до 30000 га. В то же время наблюдается увеличение площадей в Хорватии, Литве, Латвии, Франции, Чехии, Греции и Македонии. [1].

Для эффективного возделывания плантаций древесно-кустарниковых пород с коротким периодом роста в условиях Беларуси необходимо решение целого ряда задач энергетической, экономической, и экологической направленности.

В процессе работы котельной, независимо от вида топлива, образуются уходящие дымовые газы. Глубокая утилизация излишнего тепла, образованного во время технологических процессов, позволяет уменьшить теплотери котла, повышает эффективность котельной на древесной биомассе, а также позволяет обеспечить экономию топлива и уменьшить вредные выбросы в атмосферу [2].

Экономическая эффективность котельных на древесной биомассе может быть существенно улучшена за счет количества содержания общей влаги в составе древесины. При увеличении влажности древесного топлива эффективность глубокой утилизации тепла возрастает за счет прироста полезного тепла, связанного с конденсацией влаги в котле. Повышенная влажность древесной биомассы увеличивает влагосодержание продуктов сгорания, что способствует охлаждению уходящих газов.

В работе рассматривается эффективность глубокой утилизации тепла дымовых газов при сжигании быстрорастущей породы с коротким периодом роста. В качестве древесно-кустарниковой породы с коротким периодом роста использована ива белая (*Salix alba*), внесенная в Государственный реестр сортов и древесно-кустарниковых пород Республики Беларусь – Волмянка (378).

Сравнительная эффективность использования древесной биомассы оценена на основании собственных экспериментальных данных основных теплотехнических характеристик [3] и техническим требованиям ТУ ВУ 100725266.009-2010 (Топливо из быстрорастущей древесины), ТУ ВУ 400058047.001-2017 (Гранулы топливные «Пеллеты»).

Для получения результатов расчета и проведения анализа использованы данные котельного оборудования водотрубного котла КВ-Рм-1-95, находящегося в котельной № 1 РУП «Логойский комхоз», работающего на щепе и отходах деревообработки (опилках, коре, стружке, ДВП, ДСП, МДФ) и не нуждающегося в постоянном контроле обслуживающим персоналом. Котельная обслуживает промышленные и коммунальные объекты различного назначения [3].

Котельное оборудование оснащено загрузочным устройством, обеспечивающим подсушку топлива перед вводом в топку. Для равномерного распределения топлива предусмотрена подвижная колосниковая решетка, способствующая максимальному сжиганию биомассы с влажностью до 60%. Конструкция котла обеспечивает надежное охлаждение и дает возможность равномерного прогрева его элементов при растопке в рабочем режиме. В котельном агрегате организована подача воздуха вентиляторами по зонам, что обеспечивает равномерный прогрев. Для более интенсивного сжигания древесных отходов в топке котла организована позонная подача воздуха вентиляторами. В котле автоматизирован процесс подачи топлива и удаления золы. Данные котельного агрегата:

КПД-85 %, номинальная теплопроизводительность 300-5000 кВт, рабочее давление – 0,6МПа [4]. Схема автоматизации теплоты дымовых газов с механическими примесями представлена на рисунке 1 [5].

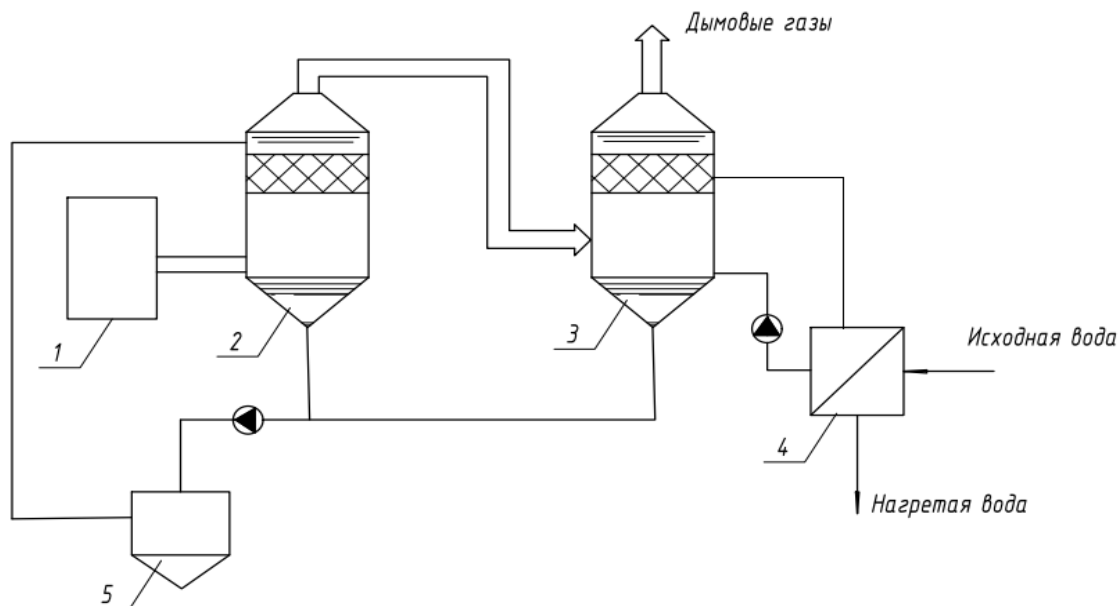


Рис. 1 – Схема автоматизации теплоты дымовых газов

1 – котел; 2 – скруббер очистки газов; 3 – скруббер-утилизатор; 4 – теплообменник; 5 – отстойник.

Выполнены конструктивный, гидравлический и тепловой расчет контактного аппарата для глубокой утилизации дымовых газов при различных теплотехнических характеристиках сжигаемой биомассы.

Исходными данными для расчета выступили: элементный состав топлива, температура уходящих газов, температура мокрого термометра.

В результате расчета были получены данные об энергетической эффективности процесса глубокой утилизации продуктов сгорания.

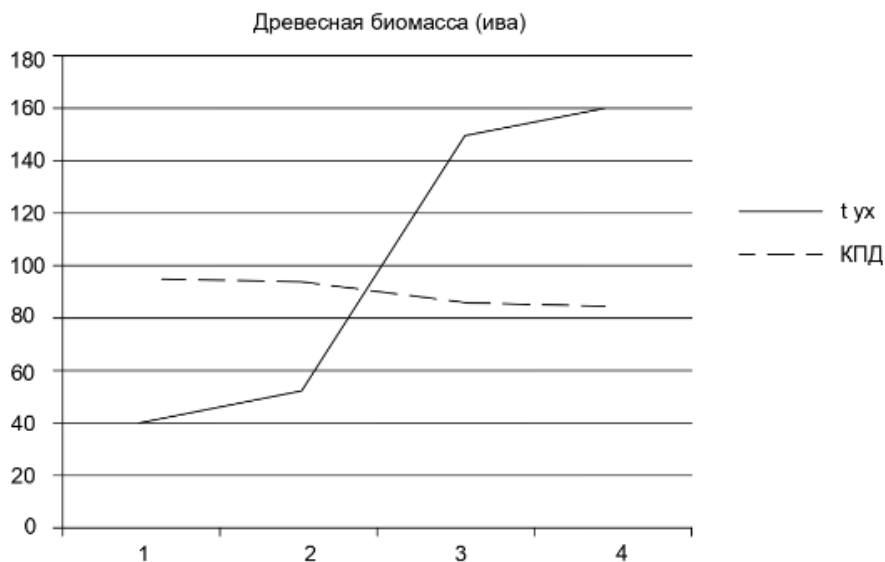


Рис. 2 – Зависимость КПД котла от температур уходящих газов при сжигании древесной биомассы

Графики зависимости КПД котла от температур уходящих газов представлены на рисунках 2,3 и показывают, что при увеличении температуры дымовых газов, КПД котла снижается.

Полученный результат свидетельствует об увеличении эффективности работы котельного агрегата при низких температурах уходящих дымовых газов. Таким образом, процесс позволяет достигнуть таких результатов как: полезное использование тепла дымовых газов для нужд химводоподготовки, подпитки, горячего водоснабжения, также способствует снижению вредных выбросов в атмосферу. Целесообразность применения данного решения зависит от: стоимости энергоресурсов на предприятии и котельных, продолжительности периода получения тепловой энергии, возможности полезной утилизации тепла дымовых газов.

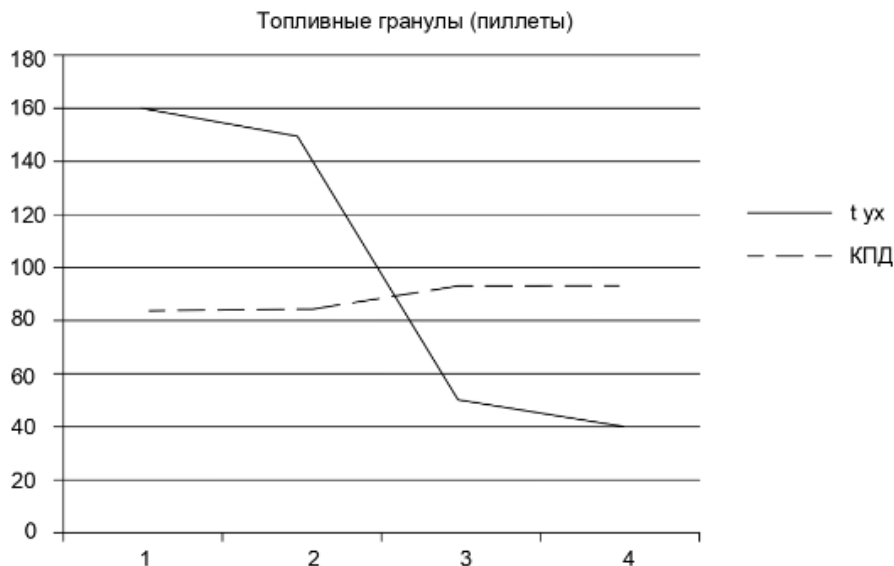


Рис. 3 – Зависимость КПД котла от температур уходящих газов при сжигании пеллет

Экономия первичного топлива при использовании уходящих газов котла (число часов работы утилизационной установки - 7500 ч/год, содержании влаги в топливе из быстрорастущей древесины $W = 6\%$, $W = 40\%$), составит около 240 и 155 т/год соответственно.

- для древесной биомассы:

$$B = \frac{Q_y \cdot T \cdot 3600}{Q_n \cdot \eta} = 241871,6$$

- для пеллет:

$$B = \frac{Q_y \cdot T \cdot 3600}{Q_n \cdot \eta} = 155031,061,$$

где Q_y – количество утилизируемой теплоты; T – число часов работы утилизационной установки в году; Q_n – низшая теплота сгорания; η – КПД по высшей теплоте сгорания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бутько А.А. Технично-экономические аспекты производства щепы при возделывании ивы белой (*Salix alba*) / Бутько А.А. Пашинский В.А., Родькин О.И. // Экология: журнал БГУ № 3 (38)/2017. – Минск: МГЭИ им. А.Д. Сахарова БГУ, 2017.– с. 92-100.
2. Аронов, И.З. Использование тепла уходящих газов газифицированных котельных / И.З. Аронов. – М.: Энергия, 1967. – 192 с.
3. Бутько, А.А. Оценка и моделирование энергетического потенциала биомассы ивы на примере клона SALIX VIMINALIS / А. А. Бутько, О. И. Родькин, Е. В. Иванова // Экол. вестн. – 2014. – № 1 (27). – С. 80–88.
4. Белкотломаш. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://belboiler.by/mvt/series_kv_rm – Дата доступа: 05.03.2020.
5. Информационная система МЕГАНОРМ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://meganorm.ru/Data2/1/4294814/4294814877.htm> – Дата доступа: 02.06.2018.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОЗЕРНЫХ САПРОПЕЛЕЙ И ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ В СИСТЕМАХ С ЕСТЕСТВЕННОЙ АЭРАЦИЕЙ COMPARATIVE CHARACTERISTICS OF LAKE SAPROPELS AND BOTTOM SEDIMENTS IN SYSTEMS WITH NATURAL AERATION

Л. М. Шаповалова, Е. Ю. Куршина, В. Б. Нурматова, С.А. Мурзалимова
L. M. Shapovalova, E. Y. Kirshina, V. B. Nurmatova, S. A. Mirzalimova

Научно-исследовательский институт окружающей среды и природоохранных технологий при Госкомэкологии РУз, г. Ташкент, Республика Узбекистан
dagon49@mail.ru

Research Institute of Environment and Environmental Protection technologies under the State Committee for Ecology and Environmental Protection of Republic of Uzbekistan, Tashkent, Republic of Uzbekistan