

**V. V. Savchenko,
A. Yu. Sinyavsky**

Abstract. *The aim of the research was to establish the influence of magnetic field on the water absorption of barley seeds.*

On the basis of theoretical and experimental studies have established that water absorption of seeds at presowing treatment in a magnetic field depends on the square of the magnetic induction and speed of seed motion in the magnetic field. When the magnetic induction changes from 0 to 0,065 T water absorption of seeds increases, and with a further increase of magnetic induction begins to decrease. It is found that when the magnetic induction greater than 0.130 T, the water absorption does not change significantly compared to the control.

The most effective treatment regimen occurs at 0.065 T magnetic induction and speed of the seeds of 0.4 m/s. The relative water absorption of barley seeds increased by 11.1 % compared with control.

Keywords: *magnetic induction, the speed of grain, diffusion of molecules, cell membrane, water absorption, barley*

УДК 620.97; 621.5; 662.611

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛОВИХ ВИКИДІВ БІОТЕПЛОГЕНЕРАТОРА ЗЕРНОВОЇ СУШКИ

В. С. ФЕДОРЕЙКО, доктор технічних наук, професор

Р. І. ЗАГОРОДНІЙ, кандидат технічних наук,
старший науковий співробітник

**Тернопільський національний педагогічний університет
ім. В. Гнатюка**

І. С. ІСКЕРСЬКИЙ, кандидат технічних наук, докторант*

**Національний університет біоресурсів і природокористування
України**

E-mail: zagoroman@ukr.net

Анотація. *Метою дослідження було визначення оптимальних режимів роботи теплогенератора задля зменшення шкідливих викидів з димовими газами.*

У статті описано розрахунок концентрацій забруднювальних речовин і поточних витрат димових газів, які надходять в атмосферне повітря від твердопаливного біотеплогенератора. Визначено шляхи зменшення шкідливих викидів у атмосферу. Наведено результати експериментальних досліджень.

* Науковий керівник – доктор технічних наук, професор В. В. Козирський

© В. С. Федорейко, Р. І. Загородній, І. С. Іскерський, 2017

Встановлено, що ефективне спалювання твердого біопалива у теплогенераторі забезпечує високий коефіцієнт корисної дії та зменшує шкідливі викиди в атмосферу на 30 %.

Ключові слова: біотеплогенератор, допустимі викиди, суспендовані тверді частинки

Актуальність. Енергоощадність технології спалювання в котлах значною мірою залежить від виду палива, яке використовується. Оскільки на сьогодні перспективним в усьому світі є використання біопалива, актуальними є дослідження процесу спалювання з метою визначення шляхів забезпечення його ефективності.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Слід зазначити, що біомаса має певні особливості, які відрізняють її від традиційних енергоресурсів. Крім того, деякі з характеристик твердого біопалива, такі як щільність, розміри часток, вологість, за допомогою подрібнення та ущільнення можуть бути змінені. Тому в процесі експлуатації теплогенераторів, з метою підвищення енергоефективності горіння твердого біопалива, потрібно враховувати зазначені характеристики [2].

Під час спалювання органічного палива в енергетичних установках в атмосферне повітря разом з димовими газами надходять забруднювальні речовини та парникові гази. За цією методикою обліковуються такі забруднювальні речовини та парникові гази:

- речовини у вигляді суспендованих твердих частинок;
- оксиди сірки SO_x у перерахунку на діоксид сірки або сірчистий ангідрид SO_2 ;
- оксиди азоту NO_x у перерахунку на діоксид азоту NO_2 ;
- оксид вуглецю CO ;
- важкі метали та їх сполуки;
- діоксид вуглецю CO_2 ;
- метан CH_4 ;
- азоту (I) оксид або оксид діазоту N_2O .

Валові викиди забруднювальних речовин та парникових газів визначаються на основі:

- постійних вимірювань концентрацій забруднювальних речовин у димових газах енергетичних установок;
- розрахункових методів за даними про витрати та склад використаного палива і характеристики енергетичних та газоочисних установок [3].

Тому, перш ніж вводити в експлуатацію твердопаливні теплогенератори, потрібно провести екологічні дослідження їх викидів у атмосферу.

Мета дослідження – визначення оптимальних режимів роботи теплогенератора з метою зменшення шкідливих викидів з димовими газами.

Матеріали і методи дослідження. В основу процесу дослідження покладено математичні моделі спалювання біопалива в

теплогенераторах [2]. Дослідження та заміри шкідливих викидів у димових газах біотеплогенератора дають змогу оцінити ефективність роботи котла.

Результати досліджень та їх обговорення. Процес горіння палива – це сукупність хімічних реакцій окислення його горючих елементів, що супроводжується значним виділенням тепла і світла. Для підтримки процесу горіння потрібен окислювач – кисень. Швидкість хімічної реакції зростає зі збільшенням температури. Тому в топках теплогенераторів забезпечують безперервну подачу повітря у достатній кількості для спалювання біомаси і підтримки високої температури. При повному окисленні продукти, що утворилися, не можуть більше з'єднуватися з окислювачем і виділяють теплоту. Продуктами повного окислення горючих елементів є оксиди вуглеводню (CO_2), водню (H_2O) і сірки (SO_2 і меншою мірою SO_3) [4].

Причинами неповного згорання палива можуть бути такі: не всі горючі елементи окислюються, при окисленні горючих елементів утворюються продукти, які б могли брати участь в процесі горіння. При неповному окисленні горючих елементів виникають надлишкові викиди у димових газів [2].

Слід зазначити, що біомаса має певні особливості, які відрізняють її від традиційних енергоресурсів, а саме:

- безпосереднє спалювання рослинної біомаси ускладнюється внаслідок її низької щільності та високої вологості;
- без спеціальної обробки біомаса багатьох рослин схильна до гниття, що знижує її енергетичну і технологічну цінність;
- деякі з характеристик твердого біопалива, такі як, наприклад, щільність, розміри часток, вологість, за допомогою подрібнення та ущільнення можуть бути змінені.

Тому в процесі експлуатації теплогенераторів, з метою підвищення енергоефективності горіння твердого біопалива, потрібно враховувати зазначені характеристики.

Також для ефективного горіння твердого палива необхідно забезпечити узгоджене керування окремими модулями електротехнологічного комплексу біотеплогенератора, зокрема вирішення задачі регулювання частотою обертання електроприводів вентилятора та шнека, що визначають об'єми дозування компонентів горіння.

Тому актуальним завданням є забезпечення енергоефективності теплогенератора шляхом визначення регульованих режимів дозування біопалива, на основі аналізу відсоткового складу кисню в димових газах. Вимірювання коефіцієнта надлишку кисню у димових газах виконується газоаналізатором, яким також можна вимірювати вміст шкідливих викидів у димових газів.

Під час проведення постійних вимірювань концентрацій забруднювальних речовин і поточних витрат димових газів, які надходять в атмосферне повітря від енергетичної установки, валовий викид E_j , т, j -ї

забруднювальної речовини за проміжок часу P визначається за формулою

$$E_j = 10^{-9} \sum_t^P c_j(t) V(t) \Delta t, \quad (1)$$

де P – проміжок часу звітності;

$c_j(t)$ – масова концентрація j -ї забруднювальної речовини в сухих димових газах, яка вимірюється в момент часу t , мг/м³;

$V(t)$ – витрата сухих димових газів, яка вимірюється в момент часу t , м³/с;

Δt – дискретність вимірювань, с.

Масова концентрація c_j , мг/м³, j -ї забруднювальної речовини в сухих димових газах, розраховується через об'ємну концентрацію за співвідношенням

$$c_j = c_{vj} \rho_j, \quad (2)$$

де c_{vj} – об'ємна концентрація j -ї забруднювальної речовини в сухих димових газах, см³/м³;

ρ_j – густина j -ї забруднювальної речовини в умовах вимірювання її концентрації, кг/м³.

Густина забруднювальної речовини ρ_j , кг/м³, в умовах вимірювання концентрації розраховується за формулою

$$\rho_j = \rho_{j0} \frac{p}{p_0} \frac{T_0}{T}, \quad (3)$$

де ρ_{j0} – густина j -ї забруднювальної речовини за нормальних умов (тиску p_0 та температури T_0), кг/м³;

p – тиск в умовах вимірювання концентрації, МПа;

T – температура в умовах вимірювання концентрації, К [1].

У процесі виробничих досліджень було проведено заміри викидів у твердопаливному теплогенераторі на зерновому елеваторі (див. рисунок) при спалюванні різних видів палива спеціалізованою лабораторією за допомогою газоаналізатора Sigma. На даному теплогенераторі ми застосували розроблений нами спосіб ефективного згорання твердого біопалива [5]. У таблиці наведено результати замірів порівняно з нормативами [3]. Проведений аналіз нормативних документів свідчить, що є затверджені нормативи викидів при спалюванні лише лушпиння соняшника. Ми ж використовували інші види палива, а саме: деревні пілети, деревну тирсу, відходи елеватора.



Досліджуваний теплогенератор зернової сушки

Результати замірів викидів у твердопаливному теплогенераторі

		Технологічний норматив допустимого викиду, мг / м ³				Технологічний норматив допустимого викиду суспендованих твердих частинок
		N ₂ O	SO ₂	N O ₂	C O	
Лушпиння соняшника	згідно з нормативами [2]	30 0	250	30 0	22 50	600
Деревні пілети	дані вимірів	15	56	95	95 0	238
Деревна тирса	дані вимірів	27	83	10 1	11 00	375
Відходи елеватора	дані вимірів	46	99	13 7	17 50	420

Наведені в таблиці дані свідчать, що отримані нами показники шкідливих викидів нижчі на 30 %, ніж затверджені у нормативних документах. Отже, розроблена нами система керування теплогенератором забезпечує високі екологічні показники.

Висновки і перспективи. 1. Доведено, що вирішення завдання підвищення енергоефективності твердопаливних теплогенераторів можливе шляхом реалізації раціонального дозування компонентів горіння з використанням регульованих режимів роботи шнека подачі палива та вентилятора на основі аналізу складу димових газів.

2. Ефективне спалювання твердого біопалива у теплогенераторі забезпечує високий коефіцієнт корисної дії та зменшує шкідливі викиди в атмосферу на 30 %.

Список літератури

1. Викиди забруднювальних речовин у атмосферу від енергетичних установок. Методика визначення. – К. : КВІЦ, 2002. – 40 с.
2. Загородній Р. І. Дослідження процесу горіння твердого біопалива засобами моделювання / Р. І. Загородній // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія «Техніка та енергетика АПК». – 2013. – Вип. 184, ч. 2. – С. 261–265.
3. Міністерство охорони навколишнього природного середовища України. Наказ 13.10.2009 N 540 Про затвердження Технологічних нормативів допустимих викидів забруднюючих речовин у атмосферне повітря із котелень, що працюють на лушпинні соняшнику. – 5 с.
4. Підвищення енергоефективності біотеплогенератора шляхом раціонального дозування компонентів горіння / В. С. Федорейко, Р. І. Загородній, І. Б. Луцик, І. С. Іскерський // Науковий вісник Національного гірничого університету. – 2014. – № 4. – С. 27–32.
5. Федорейко В. С. Біоресурсна диверсифікація джерел енергії в Україні / В. С. Федорейко, І. С. Іскерський, В. М. Шульга // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія «Техніка та енергетика АПК». – 2016. – Вип. 256. – С. 7–13.

References

1. Vykydy zabrudniuvalnykh rechovyn u atmosferu vid enerhetychnykh ustanovok. Metodyka vyznachennia (2002). [1. Emissions of pollutants into the atmosphere from power plants. Method of determination]. Kyiv: KVITs, 40.
2. Zahorodnii, R. I. (2013). Doslidzhennia protsesu horinnia tverdoho biopalyva zasobamy modeliuвання [Investigation of the burning process of solid biofuels by means of simulation]. Naukovyi visnyk Natsionalnoho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannia Ukrainy. Seriiia «Tekhnika ta enerhetyka APK», 184 (2), 261–265.
3. Ministerstvo okhorony navkolyshnoho pryrodnoho seredovyschcha Ukrainy. Nakaz 13.10.2009 N 540 Pro zatverdzhennia Tekhnolohichnykh normatyviv dopustymykh vykydiv zabrudniuiuchykh rechovyn u atmosferne povitria iz kotelen, shcho pratsiuiut na lushpynni soniashnyku (2009). [Ministry of Environmental Protection of Ukraine. Order 13.10.2009 N 540 On Approval of Technological Norms for Permitted Emissions of Polluting Substances to the Atmospheric Air from Boilerhouses, Operating on Sunflower Husk], 5.
4. Fedoreiko, V. S., Zahorodnii, R. I., Lutsyk, I. B., Iskerskyi, I. S. (2014). Pidvyshchennia enerhoefektyvnosti bioteploheneratora shliakhom ratsionalnoho dozuvannia komponentiv horinnia [Increase of energy efficiency of a biotep-generator by rational dosage of components of combustion]. Naukovyi visnyk Natsionalnoho hirnychoho universytetu, 4, 27–32.
5. Fedoreiko, V. S., Iskerskyi, I. S., Shulha, V. M. (2016). Bioresursna dyversyfikatsiia dzherel enerhii v Ukraini [Bio-resource diversification of energy sources in Ukraine]. Naukovyi visnyk Natsionalnoho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannia Ukrainy. Seriiia «Tekhnika ta enerhetyka APK», 256, 7–13.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ ВЫБРОСОВ БИОТЕПЛОГЕНЕРАТОРА ЗЕРНОВОЙ СУШКИ

**В. С. Федорейко,
Р. И. Загородний,
И. С. Искерский**

Аннотация. Целью исследования было определение оптимальных режимов работы теплогенератора с целью уменьшения вредных выбросов с дымовыми газами.

В статье описан расчет концентраций загрязняющих веществ и текущих расходов дымовых газов, поступающих в атмосферный воздух от твердотопливного биотеплогенератора. Определены пути уменьшения вредных выбросов в атмосферу. Приведены результаты экспериментальных исследований.

Установлено, что эффективное сжигание твердого биотоплива в теплогенераторе обеспечивает высокий коэффициент полезного действия и уменьшает вредные выбросы в атмосферу на 30 %.

Ключевые слова: биотеплогенератор, допустимые выбросы, взвешенные твердые частицы

STUDY OF THERMAL EMISSIONS OF BIOTEPILOGENERATOR OF GRAIN DRYER

**V. S. Fedoreyko,
R. I. Zagorodniy,
I. S. Iskersky**

Abstract. The purpose of the study was to determine the optimal operating conditions of the heat generator in order to reduce harmful emissions from flue gases.

The article describes the calculation of concentrations of pollutants and the current flow of flue gases entering the atmosphere from a solid biotep-generator. The ways of reducing harmful emissions into the atmosphere are determined. The results of experimental research are presented.

It has been established that efficient combustion of solid biofuels in the heat generator provides a high efficiency and reduces harmful emissions to the atmosphere by 30 %.

Keywords: bioteplogenerator, allowable emissions, suspended solid particles