

## ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ТВЕРДОПАЛИВНИХ ТОПОК

Стручаєв М. І., к. т. н.,

Постол Ю. О., к. т. н.,

Борохов І. В., к. т. н.

*Таврійський державний агротехнологічний університет  
ім. Д. Моторного*

Тел. (098) 987-89-01

**Анотація** – в роботі розглянуто вплив режимів використання енергії палива на ефективність роботи системи опалення для одного із варіантів роботи твердопаливних топок шляхом зниження втрат палива, зменшення теплового напруження топкового простору за рахунок регулювання процесу горіння. Розглянуто алгоритм розрахунку та аналізу таких параметрів роботи топки, як: теплове напруження топкового простору, питома годинна витрата палива, кількість теплоти, яку топка виділяє за годину та маса палива, яку спалюють в топці за одну топку з метою підвищення енергоефективності. Запропоновано емпіричні формули розрахунку енергетичних параметрів топок малої потужності.

**Ключові слова** – теплове напруження топкового простору, питома годинна витрата палива, кількість теплоти, яку топка виділяє за годину, маса палива, яку спалюють в топці за одну топку, підвищення енергоефективності.

*Постановка проблеми.* Зараз для систем опалення найбільш часто використовують котельні установки, які працюють на природному газі. Однак, тарифи на природний газ постійно зростають. Альтернативним може бути використання в якості палива рослинних відходів [1], враховуючи, що наприклад теплота згорання тріски з гілок плодкових дерев знаходиться у межах від 10 МДж/кг до 16 МДж/кг [2], а соняшникового лушпиння складає 18-22 МДж/кг [3]. Питання економії енергоресурсів є досить актуальним.

*Аналіз останніх досліджень.* Системи опалення промислових і адміністративних будівель використовують для локального опалювання, або для нагріву води в системі гарячого водопостачання [4, 5]. Топка може бути газовою, або твердопаливною. Твердопаливні топки мають власно топку з пальником та бункер палива. Під час

роботи в палиник подається тверде паливо. Можливості підвищення їх енергетичної ефективності твердопаливних котлів розглянуто не повною мірою [4-6].

*Формування цілей статті (постановка завдання).* Метою даної статті є підвищення енергетичної ефективності систем опалення за рахунок оптимізації режимів спалювання для твердопаливних топок.

*Основна частина.* Головними чинниками підвищення енергетичної ефективності систем опалення за рахунок оптимізації режимів спалювання для твердопаливних топок є: теплове напруження топкового простору, питома годинна витрата палива, кількість теплоти, яку топка виділяє за годину та маса палива, яку спалюють в топці за одну топку [7].

Тепловим напруженням топкового простору  $q_v$  називають відношення кількості теплової енергії, що виділяється в топці в одиницю часу, до обсягу топкового простору. Теплове напруження топкового простору є основним нормативним показником для розрахунку топкових пристроїв. Його визначають за формулою:

$$q_v = \frac{Q_n^p \cdot B_p}{V_m}, \quad (1)$$

де  $q_v$  – теплове напруження топкового простору, Вт/м<sup>3</sup>;

$Q_n^p$  – теплота згорання, Дж/кг;

$B_p$  – питома годинна витрата палива, кг/год;

$V_m$  – об'єм топки, м<sup>3</sup>.

Питому годинну витрату палива визначають за формулою:

$$B_p = \frac{3,6 \cdot Q_{роз}}{Q_n^p \cdot \eta_m}, \quad (2)$$

де  $Q_{роз}$  – розрахункові витрати теплоти, Дж;

$\eta_m$  – к.к.д. топки.

Кількість теплоти, яку топка виділяє за годину визначають за формулою:

$$Q_{год} = B_p \cdot Q_n^p \cdot \eta_m, \quad (3)$$

де  $Q_{год}$  – кількість теплоти, яку топка виділяє за годину, Дж.

Маса палива, яку спалюють в топці за одну топку визначають за формулою:

$$M_{1мон} = B_p \cdot \tau, \quad (4)$$

де  $M_{1мон}$  – маса палива, яку спалюють в топці за одну топку, кг;

$\tau$  – час роботи за одну топку, год.

Нижче приведено аналіз теплового напруження топкового

простору, питомої годинної витрати палива, кількості теплоти, яку топка виділяє за годину та маси палива, яку спалюють в топці за одну топку на прикладі топки тепловою продуктивністю 10 кВт.

Для цієї топки використовують паливо – тріска деревних відходів [3]. Склад палива, яке подається в топку як основне робоче паливо має такий склад: вуглець  $C^P = 35,4\%$ , водень  $H^P = 4,2\%$ , кисень  $O^P = 25,3\%$ , сірка  $S^P = 0,4\%$ , азот  $N^P = 0,4\%$ , зола  $A^P = 10,3\%$ , вода  $W^P = 24\%$ . Теплота згоряння  $Q^p$  знаходиться у межах від 10 МДж/кг до 16 МДж/кг.

Результати розрахунків основних енергетичних параметрів роботи твердопаливної топки такі, як: теплове напруження топкового простору, питома годинна витрата палива, кількість теплоти, яку топка виділяє за годину та маса палива, яку спалюють в топці за одну топку представлені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Результати розрахунків основних енергетичних параметрів роботи твердопаливної топки.

№	Величини, позначення, одиниці вимірювання	Тривалість топки, годин					
		1	1,5	2,0	2,5	3,0	Безперервно
1	Теплове напруження топкового простору $q_v$ , кВт/м <sup>3</sup>	40,5	39,2	38,8	38,5	35,7	28,3
2	Питома годинна палива, $B_p$ , кг/год	30,9	13,7	7,7	4,9	3,4	0,9
3	Кількість теплоти, яку топка виділяє за годину, $Q_{год}$ , кДж	64,8	43,2	32,4	25,9	21,6	10,8
4	Маса палива, яку спалюють в топці за одну топку, $M_{топ}$ , кг	30,9	20,6	15,4	12,3	10,3	–

Проаналізуємо можливості покращення мікроклімату в приміщенні, яке опалюється та зменшення витрат палива при різних режимах роботи твердопаливної топки при спалюванні усієї маси палива за одну топку на протязі доби за 1 годину, за 1,5 години, за дві топки по 1 годині на топку (разом 2 години на добу), за дві топки загальною тривалістю 2,5 години та за дві топки по 1,5 години (разом 3 години на добу). З графіку, який подано на рис. 1 видно, що теплове напруження топкового простору повільно зменшується за емпіричною формулою:

$$q_v = 40,618 * \tau^{-0,137}. \quad (5)$$

Питома годинна витрата палива зменшується за емпіричною формулою:

$$B_p = 30,928 * \tau^{-2,009}. \quad (6)$$

Кількість теплоти, яку топка виділяє за годину описується емпіричною формулою:

$$Q_{год} = 11,0114 * \tau^2 + 65,197 * \tau + 117,96. \quad (7)$$

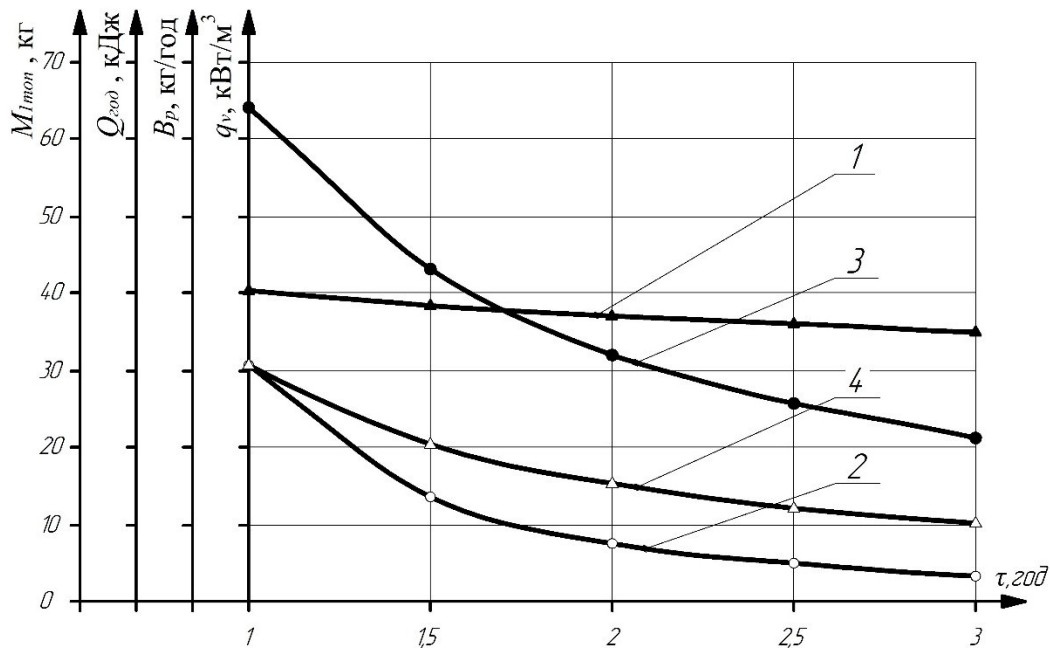


Рис. 1. Зміни основних енергетичних параметрів роботи твердопаливної топki від тривалості роботи топki: 1 – теплове напруження топкового простору, кВт/м<sup>3</sup>; 2 – питома годинна витрата палива, кг/год; 3 – кількість теплоти, яку топка виділяє за годину, кДж; 4 – маса палива, яку спалюють в топці за одну топку кг

Кількість теплоти, яку топка виділяє за годину значно зменшується, але температура в приміщенні, яке опалюється стає більш комфортною і рівномірною. Так для прикладу, який надано при спалюванні усієї кількості палива за одну топку тривалістю 1 годину температура в приміщенні різко збільшується до 27°C а потім поступово знижується до +14°C. При спалюванні усієї кількості палива за одну 3 топki на тривалістю по 1 годині температура в приміщенні підтримується сталою +18°C.

Маса палива, яку спалюють в топці за одну топку описується емпіричною формулою:

$$M_{1mon} = 5,343 \cdot \tau^2 + 31,271 \cdot \tau + 56,40. \quad (8)$$

Треба відзначити, що при всіх режимах спалювання маса палива, яку спалюють в топці за одну топку є однаковою  $M_{1mon} = 30,9$  кг, але при декількох топках вона розподіляється більш рівномірно, що знижує теплове напруження топкового простору та кількість теплоти, яку топка виділяє за годину. Це в свою чергу зменшує градієнт температур між приміщенням, яке опалюється та зовнішнім повітрям, тобто – знижує теплові втрати.

*Висновки.* 1. Запропоновано алгоритм розрахунку та аналізу таких параметрів роботи топki, як: теплове напруження топкового простору, питома годинна витрата палива, кількість теплоти, яку

топка виділяє за годину та маса палива, яку спалюють в топці за одну топку.

2. Отримано емпіричні формули визначення зміни основних енергетичних параметрів роботи твердопаливної топки в залежності від режимів спалювання.

3. Пропоновану методику розрахунку та аналізу можна використовувати для підбору режимів роботи твердопаливних топок з метою підвищення енергоефективності.

#### Література:

1. Драганов Б. Х., Іщенко В. В. Експлуатація теплоенергетичних установок і систем. Київ: Аграрна освіта, 2009. 230 с.

2. Ялпачик В. Ф., Стручаєв М. І., Ялпачик Ф. Ю. Підготовка соняшникового лушпиння до брикетування // Праці ТДАТУ. Мелітополь, 2015. Вип. 15, т. 1: Технічні науки. С. 16-23.

3. Стручаєв М. І. Дослідження впливу вологості палива та температури газів на ефективність роботи котлів для спалювання деревини та горючих відходів с/г виробництва // Проблеми сучасної енергетики і автоматики в системі природокористування (теорія, практика, історія, освіта): матер. Міжнар. наук.-практ. конф. (м. Київ, 14-18 грудня 2015 р.). Київ, 2015. С. 40-44.

4. Стручаєв Н. И., Кислый С. А. Котельные установки в сельском хозяйстве. Киев: Урожай, 1985. 167 с.

5. Дідур В. А., Стручаєв М. І. Теплотехніка, теплопостачання і використання теплоти в сільському господарстві: навч. посібник. Київ: Аграрна освіта, 2008. 233 с.

6. Кирюшатов А. И. Теплофикация в сельскохозяйственном производстве. Москва: Агропромиздат, 2006. 191 с.

7. Тепловой расчет котлов: Нормативный метод. Санкт-Петербург: Изд-во НПО ЦКТИ, 1998. 257 с.

## ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТВЕРДОТОПЛИВНЫХ ТОПОК

Стручаев Н. И., Постол Ю. А., Борохов И. В.

**Аннотация** – в работе рассмотрено влияние режимов использования энергии топлива на эффективность работы системы отопления для одного из вариантов работы твердо топливных топок путем снижения потерь топлива, уменьшения теплового напряжения топочного пространства за счет регулирования процесса горения. Рассмотрены алгоритм расчета и анализа таких параметров работы топки, как: тепловое

напряжение топочного пространства, удельный часовой расход топлива, количество теплоты, которое топка выделяет в час и масса топлива, которую сжигают в топке за одну топку с целью повышения энергоэффективности. Предложены эмпирические формулы расчета энергетических параметров топок малой мощности.

## INCREASES THE ENERGY EFFICIENCY OF SOLID FUEL BOILERS

M. Struchaiev, Y. Postol, I. Borokhov

### *Summary*

The paper discusses the influence of fuel energy use on the efficiency of the heating system for one of the options for operating solid fuel furnaces by reducing fuel losses and reducing the heat stress of the combustion space by controlling the combustion process. The algorithm for calculating and analyzing such parameters of the firebox as the heat stress of the combustion space, the specific hourly fuel consumption, the amount of heat that the firebox emits per hour and the mass of fuel that is burned in the firebox for one firebox in order to improve energy efficiency are considered. Suggestions empirical formulas for calculating the energy parameters of low-power furnaces.

The purpose of this article is to increase the energy efficiency of heating systems by optimizing the combustion regimes for solid fuel furnaces. The amount of heat that the furnace emits per hour is significantly reduced, but the temperature in the room heated becomes more comfortable and uniform. So for example, provided when burning the entire amount of fuel for one firebox with a duration of 1:00, the room temperature increases sharply to 27°C and then gradually decreases to +14°C. When burning the entire amount of fuel for one 3 furnaces with a duration of 1:00, the temperature in the room is kept constant at + 18°C.

The algorithm for calculating and analyzing such parameters of the firebox as the heat stress of the combustion space, the specific hourly fuel consumption, the amount of heat that the firebox emits per hour and the mass of fuel that is burned in the firebox for one firebox are proposed. Empirical formulas for determining the change in the basic energy parameters of a solid-fuel furnace operation depending on the combustion regimes are obtained. The proposed method of calculation and analysis can be used for the selection of operating modes of solid-fuel furnaces with the aim of increasing energy efficiency.