

Ефективність застосування блока контролю процесу цементування свердловин оцінювалася якістю цементування за даними акустичної цементометрії (АКЦ) та герметичністю цементного кільця в затрубному просторі (відсутністю міжколонних тисків).

Висновки та перспективи подальших досліджень. Упровадження у виробництво блока контролю процесу цементування нафтових і газових свердловин та вдосконалення технології тампонування шляхом оптимізації процесу цементування при застосуванні двостороннього контролю за параметрами рідини, яка закачується у свердловину й витісняється з неї, дозволить підвищити якість моніторингу та ефективність тампонажних робіт за рахунок безперервного регулювання режиму цементування відповідно до критеріїв оптимізації й настроювання його відповідно до особливостей поведінки свердловини. Це позитивно відобразиться на показниках якості цементного кільця та якості його зчеплення з обсадними трубами, від чого залежить герметичність за колонного простору свердловин.

Література

1. Інструкція щодо визначення умов використання газових свердловин з наявністю міжколонного тиску, пробурених на шельфі Чорного і Азовського морів: затв. Держнафтогазпром України, ВАТ «Український нафтогазовий інститут», ДВП «Чорноморнафтогаз» 1997. – [Термін дії не встановлений]. – К.: Держнафтогазпром України, 1997. – 11 с. – (Нормативний документ).

2. Впровадження розширювального тампонажного матеріалу під час кріплення свердловин у складних гірничо-геологічних умовах / С.В. Трифонов, С.В. Чеканов, А.Б. Скочеляс [та ін.] // *Нафтова і газова промисловість*. – 2003. – № 3. – С. 30 – 32.

3. Минеев, Б. П. Цементирование обсадных колонн с двухсторонним контролем за расходом и давлением / Б. П. Минеев, Н. П. Кашицын, М.О. Парацак // *Серия Бурение: (РНТС)*. – 1983. – Вып. 7. – С. 11 – 12.

4. Минеев, Б.П. Влияние инерционно-вакуумного эффекта на качество цементирования скважин / Б. П. Минеев // *Серия Бурение: (РНТС)*. – 1981. – Вып. 8. – С. 17 – 19.

5. Оптимизация процессов цементирования скважин / С.Г. Михайленко, А.С. Серяков, В.Н. Орловский [и др.] // *Техника и технология геологоразведочных работ, организация производства*. – М.: ВИЭМС. – 1988. – 26 с.

6. Пат. 53197 Україна, МПК Е 21 В 33/138. Спосіб контролю процесу цементування свердловини / Орловський В. М.; заявник і патентовласник Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка. – № и 2010 04100; заявл. 08.04.10; опубл. 27.09.10, Бюл. № 18.

Надійшла до редакції 12.04. 2011

© В.М. Орловський

БЛОК КОНТРОЛЯ ПРОЦЕССА ЦЕМЕНТИРОВАНИЯ СКВАЖИН

Разработан и испытан в промышленных условиях блок контроля процесса цементирования скважин, который позволяет осуществлять двусторонний контроль за параметрами закачиваемой в скважину и вытисняемой из нее жидкости. Практическое применение блока контроля процесса цементирования скважин позволяет подбирать оптимальные режимы цементирования в зависимости от особенностей поведения скважины.

Ключевые слова: контроль процесса цементирования, оптимальные режимы цементирования.

CONTROL UNIT OF CEMENTING WELLS

Developed and tested in an industrial environment control unit of the cementing wells, which enables two-way control parameters injected into the well and displaces the liquid from it. Practical application of control unit of the cementing wells can choose the optimum cementation modes depending on the features of behavior well.

Keywords: cementation process control, optimal modes of cementation.

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ПАЛИВА В ТЕРМІЧНИХ ПЕЧАХ ЗА РАХУНОК ЗАСТОСУВАННЯ ВЕНТИЛЬОВАНИХ ПОВІТРЯНИХ ПРОШАРКІВ

Розглянуто можливість одночасного поліпшення умов комфорту в робочій зоні поблизу термічних печей та їх теплотехнічних показників за рахунок застосування в конструкції печі вентиляованих повітряних прошарків.

Ключові слова: термічна піч, вентиляований повітряний прошарок, теплообмін, паливо, випромінювання, конвекція.

Постановка проблеми. Умови комфорту в робочій зоні виробничих цехів визначаються не лише температурою, відносною вологістю повітря та його рухомістю. Важливою характеристикою є величина питомого променевого теплового потоку q_m на поверхню тіла робітника.

У промисловості України внаслідок високої вартості сучасного теплотехнічного обладнання продовжують широко застосовуватися застарілі термічні печі малої та середньої потужності з низькою ефективністю використання палива. Результати обстежень свідчать про те, що в режимі ізотермічної витримки температура на зовнішній поверхні стін термічних печей $t_{зовн}$ досить часто перевищує нормативне значення $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ і становить близько $90 \div 100\text{ }^{\circ}\text{C}$. За таких умов питомий тепловий потік на поверхню тіла людини становить $q_m = 0,00082\text{ ккал/см}^2\cdot\text{хв}$, що відповідно до даних роботи [1] викликає проміжне відчуття між відчуттям болю і відчуттям «гаряче, пече». Відчуття тепла робітник матиме у випадку коли q_m не перевищує $5 \cdot 10^{-5}\text{ ккал/см}^2\cdot\text{хв}$ [1].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У більшості випадків підвищити теплотехнічну та експлуатаційну ефективність термічних печей вдається за рахунок застосування рекуперативних теплообмінників різних конструкцій [2 – 6]. Проте такі конструктивні рішення не розв'язують проблему надмірного теплового опромінення робітника обмурівкою печі. Відомим способом зменшення інтенсивності опромінення є влаштування на зовнішній поверхні теплогенератора вентиляованих повітряних прошарків [7, 8]. Цей спосіб має відносно невисоку вартість і дозволяє зменшити температуру $t_{зовн}$ до потрібного рівня. Недоліком цього методу є те, що тепла енергія, яка сприймається циркулюючим у прошарку повітрям, не використовується корисно в термічній печі, а втрачається в приміщення цеху.

Виділення не розв'язаних раніше частин загальної проблеми, яким присвячується означена стаття. Одним із головних завдань, яке необхідно розв'язувати при експлуатації теплогенеруючого обладнання є досягнення високої ефективності використання палива за умови забезпечення належних екологічних показників. Існуючі конструкції вентиляованих повітряних прошарків дозволяють підвищити умови комфорту в робочій зоні цеху і в той же час не розв'язують проблеми одночасного підвищення теплотехнічної ефективності печі.

Постановка завдання. Метою досліджень є:

– розробка конструкції вентиляованого повітряного прошарку для термічних печей малої й середньої потужності, яка дозволить одночасно підвищити ефективність використання палива та забезпечити потрібні умови теплового комфорту в робочій зоні цеху;

– розробка математичної моделі процесів теплообміну у вентиляованому прошарку та оцінка впливу останнього на теплотехнічну ефективність печі.

Виклад основного матеріалу. Дослідження теплового режиму термічних печей показують, що з димовими газами, які видаляються з печі, втрачається близько $40 \div 50\%$ теплової енергії. Втрати теплоти поверхнею обмурівки печі в навколишнє середовище становлять близько 5% .

Виходячи з викладеного вище, для термічної печі розроблено конструкцію утилізатора, яка у своєму складі поєднує вентиляований прошарок і рекуперативний теплообмінник (рис. 1). Таке рішення одночасно забезпечує зменшення величини q_m , втрат теплоти в навколишнє середовище та втрат теплоти з димовими газами на виході з теплогенератора.

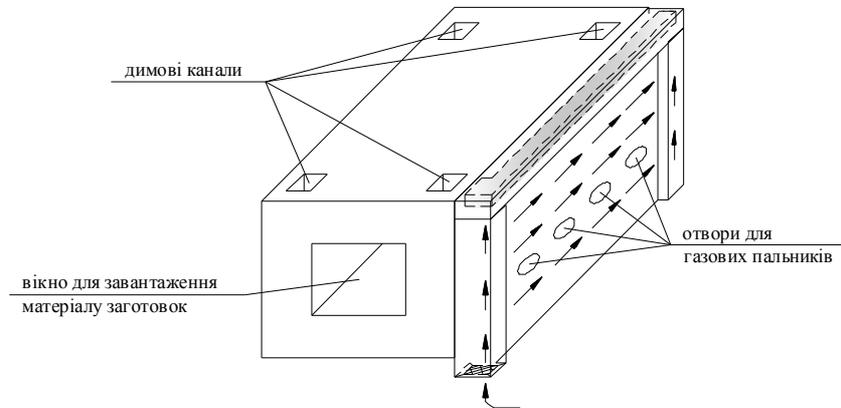


Рисунок 1 – Схема термічної печі, обладнаної рекуперативним теплообмінником та захисним екраном

Принцип дії утилізатора проілюстровано на рис. 2. Повітря з приміщення цеху всмоктується до повітропроводу рівномірного розподілу і видається через нього до вентиляваного прошарку. В останньому відбувається підігрівання циркулюючого повітря й одночасне охолодження зовнішньої поверхні стін печі. Попередньо підігріте повітря надходить до рекуперативного теплообмінника, в якому відбувається охолодження відхідних димових газів і остаточне підігрівання дуттьового повітря перед подачею на пальники.

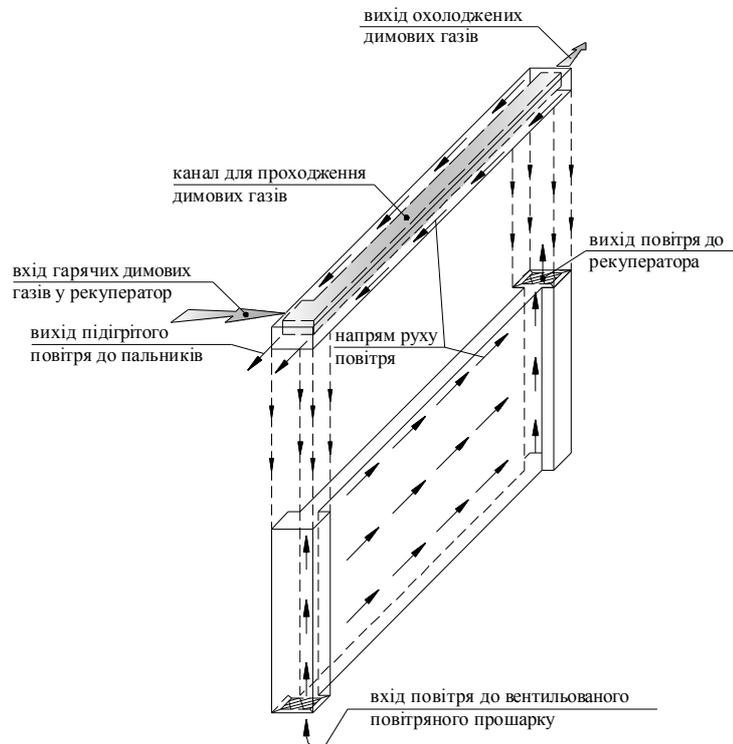


Рисунок 2 – Схема утилізатора теплової енергії

Теплотехнічний ефект від застосування утилізатора визначатиметься тепловим ефектом від упродовження рекуператора і тепловим ефектом від наявності вентиляваного

прошарку. Розрахунок вентиляваного прошарку, наведений у роботі [7], не відзначається високою точністю і потребує уточнення. Таким чином, на основі викладеного вище необхідно розробити математичну модель процесів теплообміну у вентиляваному повітряному прошарку термічних печей.

На рис. 3 наведено схему теплових потоків у вентиляваному повітряному прошарку.

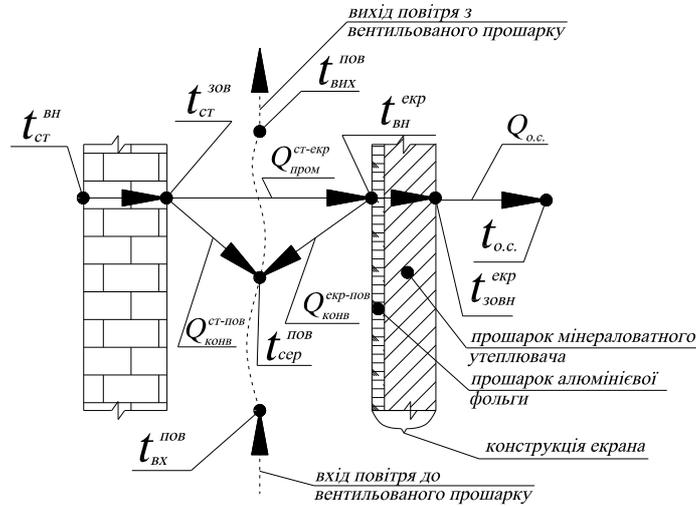


Рисунок 3 – Схема теплових потоків у повітряному вентиляваному прошарку термічної печі

У режимі ізотермічної витримки математична модель теплообміну у вентиляваному повітряному прошарку термічної печі характеризуватиметься системою рівнянь (1), до складу якої входять:

$$\left. \begin{aligned}
 & \text{тепловий баланс циркулюючого повітря} \\
 & \frac{c \cdot G \cdot (t_{\text{вх}}^{\text{пов}} - t_{\text{вих}}^{\text{пов}})}{3,6} = \alpha_{\text{ст-пов}} \cdot F_{\text{ст}} \cdot (t_{\text{ст}}^{\text{зов}} - t_{\text{сер}}^{\text{пов}}) + \alpha_{\text{екр-пов}} \cdot F_{\text{екр}} \cdot (t_{\text{екр}}^{\text{вн}} - t_{\text{сер}}^{\text{пов}}) \\
 & t_{\text{сер}}^{\text{пов}} = \frac{t_{\text{вх}}^{\text{пов}} + t_{\text{вих}}^{\text{пов}}}{2} \\
 & \text{тепловий баланс зовнішньої поверхні стін топку печі} \\
 & \frac{\lambda_{\text{ст}}}{\delta_{\text{ст}}} \cdot F_{\text{ст}} \cdot (t_{\text{ст}}^{\text{вн}} - t_{\text{ст}}^{\text{зов}}) = \alpha_{\text{ст-пов}} \cdot F_{\text{ст}} \cdot (t_{\text{ст}}^{\text{зов}} - t_{\text{сер}}^{\text{пов}}) + \\
 & + c_0 \cdot a \cdot F_{\text{ст}} \cdot \left[\left(\frac{t_{\text{ст}}^{\text{зов}} + 273}{100} \right)^4 - \left(\frac{t_{\text{екр}}^{\text{вн}} + 273}{100} \right)^4 \right] \cdot \varphi \\
 & \text{тепловий баланс внутрішньої поверхні екрана} \\
 & c_0 \cdot a_{\text{ст}} \cdot F_{\text{ст}} \cdot \left[\left(\frac{t_{\text{ст}}^{\text{зов}} + 273}{100} \right)^4 - \left(\frac{t_{\text{екр}}^{\text{вн}} + 273}{100} \right)^4 \right] \cdot \varphi = \frac{\lambda_{\text{екр}}}{\delta_{\text{екр}}} \cdot F_{\text{екр}} \cdot (t_{\text{екр}}^{\text{вн}} - t_{\text{екр}}^{\text{зов}}) + \\
 & + \alpha_{\text{екр-пов}} \cdot F_{\text{екр}} \cdot (t_{\text{екр}}^{\text{вн}} - t_{\text{сер}}^{\text{пов}}) \\
 & \text{тепловий баланс зовнішньої поверхні екрана} \\
 & \frac{1}{R_{\text{екр}}} \cdot F_{\text{екр}} \cdot (t_{\text{екр}}^{\text{вн}} - t_{\text{екр}}^{\text{зов}}) = c_0 \cdot a_{\text{екр}} \cdot F_{\text{екр}} \cdot \left[\left(\frac{t_{\text{екр}}^{\text{зов}} + 273}{100} \right)^4 - \left(\frac{t_{\text{о.с.}} + 273}{100} \right)^4 \right] \cdot \varphi + \\
 & + \alpha_{\text{екр-о.с.}} \cdot F_{\text{екр}} \cdot (t_{\text{екр}}^{\text{зов}} - t_{\text{о.с.}})
 \end{aligned} \right. , (1)$$

де $t_{cm}^{вн}$, $t_{cm}^{зовн}$ – відповідно температура на внутрішній та на зовнішній поверхні стін топки печі, $^{\circ}\text{C}$;

G – витрата повітря, що циркулює крізь вентиляований повітряний прошарок печі, $\text{кг}/\text{год}$;

$t_{вх}^{пов}$, $t_{вих}^{пов}$ – відповідно температура повітря на вході у вентиляований прошарок та на виході з нього, $^{\circ}\text{C}$;

c – теплоємність повітря, $\text{кДж}/(\text{кг}\cdot^{\circ}\text{C})$;

$\alpha_{ст-пов}$, $\alpha_{екр-пов}$ – коефіцієнт конвективного теплообміну відповідно між стінкою топки печі й циркулюючим у прошарку повітрям та екраном печі й зазначеним повітрям, $\text{Вт}/(\text{м}^2\cdot^{\circ}\text{C})$.
Визначається відповідно до даних робіт [7, 9];

$F_{ст}$, $F_{екр}$ – відповідно площа поверхні стін топки та екрана, яка омивається повітрям, м^2 ;

$t_{екр}^{вн}$, $t_{екр}^{зовн}$ – відповідно температура на внутрішній і на зовнішній поверхні екрана, $^{\circ}\text{C}$;

$t_{сер}^{пов}$ – середня температура повітря в прошарку, $^{\circ}\text{C}$;

c_0 – стала випромінювання абсолютно чорного тіла, $\text{Вт}/(\text{м}^2\cdot^{\circ}\text{C})$;

$\alpha_{ст}$ – приведений ступінь чорноти системи з двох паралельних пластин, визначається відповідно до даних робіт [10, 11];

φ – коефіцієнт кутового опромінення, для системи з двох паралельних пластин обчислюється згідно з відомостями, наведеними в праці [12];

$\lambda_{ст}$ – коефіцієнт теплопровідності матеріалу, з якого виконано стінки печі, $\text{Вт}/(\text{м}\cdot^{\circ}\text{C})$;

$\delta_{ст}$ – товщина стінки печі, м ;

$R_{екр}$ – термічний опір екрана, $(\text{м}^2\cdot^{\circ}\text{C})/\text{Вт}$;

$\alpha_{екр}$ – приведений ступінь чорноти системи «екран – навколишнє середовище», визначається відповідно до даних робіт [10, 11];

$t_{екр}^{зов}$ – температура на зовнішній поверхні екрана, $^{\circ}\text{C}$;

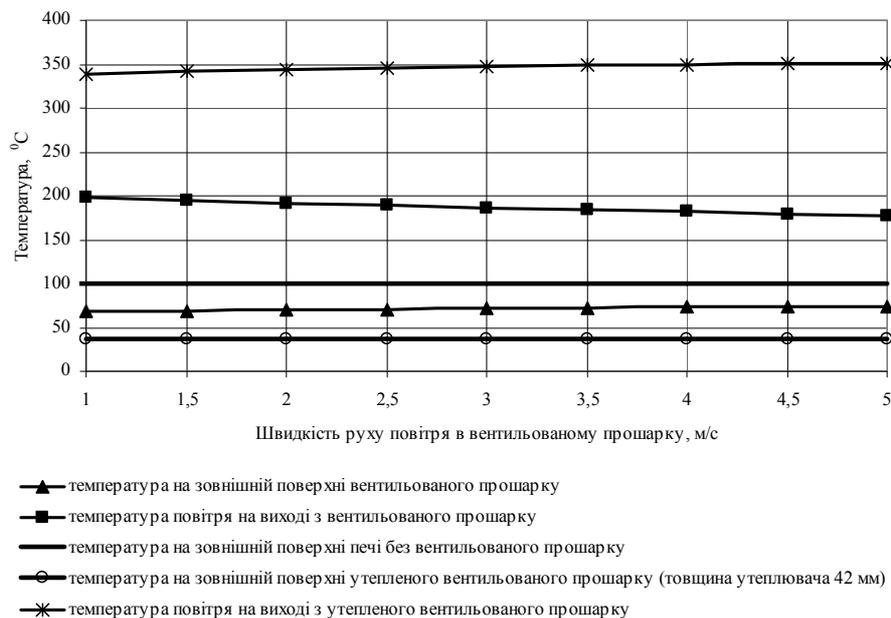
$t_{О.С.}$ – температура навколишнього середовища, $^{\circ}\text{C}$;

$\alpha_{екр-пов}$ – коефіцієнт конвективного теплообміну між зовнішньою поверхнею екрана і навколишнім середовищем, $\text{Вт}/(\text{м}^2\cdot^{\circ}\text{C})$.

На основі системи рівнянь (1) і системи рівнянь, наведеної в праці [12], створено програму ТеплоGen2, яку було застосовано для аналізу теплового режиму термічної печі як без вентиляованого повітряного прошарку, так і з ним при різній швидкості руху повітря всередині останнього.

Вихідні дані для розрахунку: витрата палива на піч $V_p = 26 \text{ нм}^3/\text{год}$; геометричні розміри топки $a \times b \times h = 0,98 \times 2,86 \times 0,75$; геометричні розміри печі $a \times b \times h = 1,72 \times 2,86 \times 1,65$; огорожувальні конструкції печі виконано з вогнетривкої цегли, теплопровідність утеплювача, розташованого на зовнішній поверхні вентиляованого прошарку, $0,046 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^{\circ}\text{C})$.

На рис. 4 наведено результати розрахунку, одержані за допомогою розробленої математичної моделі (1).



Як видно з рис. 4, екранування термічної печі металевим листом, запропоноване в праці [7], дозволяє зменшити температуру на зовнішній поверхні печі зі 100 до 74 0С. Проте цього не достатньо, оскільки тепловий потік на поверхню тіла робітника від обмурівки печі продовжує перевищувати допустиме значення. Розрахунки показали, що для забезпечення комфортних умов температура на зовнішній поверхні печі не повинна перевищувати 36 0С. Виходячи з останньої умови та з умови збереження потрібного температурного режиму в топці печі за допомогою програми ТеплоGen2 визначено товщину зовнішнього утеплювача вентилязованого прошарку, а також витрату палива на піч.

У результаті одержано, що влаштування на зовнішній поверхні печі утилізатора запропонованої конструкції із зовнішнім мінераловатним утеплювачем ($\delta = 43$ мм) забезпечує:

– зменшення теплового потоку q_T з 0,00082 до 0,000096 ккал/см²·хв, що не перевищує нормованого значення;

– скорочення витрати палива на піч з 26 до 22 нм³/год, тобто на 15%. При цьому температура повітря на виході з прошарку становить 351 0С. Використання цього повітря в якості дуттьового забезпечує додаткову економію палива в розмірі 7%.

Висновки з даного дослідження. За результатами досліджень запропоновано конструкцію утилізатора теплової енергії для термічних печей, яка забезпечує підвищення теплотехнічних та експлуатаційних показників печі, поліпшує умови комфорту в робочій зоні. Характерною особливістю є те, що виготовлення й установа утилізатора запропонованої конструкції не потребує значних матеріальних і капітальних витрат.

Література

1. Богомолов А.И. Газовые горелки инфракрасного излучения и их применение / А.И. Богомолов, Д.Я. Вигдорчик, М.А. Маевский. – М.: Стройиздат, 1967. – 254 с.
2. Левченко П.В. Расчет печей и сушил силикатной промышленности / П.В. Левченко. – М.: Высш. шк., 1968. – 368 с.
3. Ильченко О.Т. Теплоиспользующие установки промышленных предприятий / О.Т. Ильченко. – Х.: Высш. шк. изд-во при Харьк. ун-те, 1985. – 384 с.
4. Шукин А.А. Промышленные печи и газовое хозяйство заводов: учебник для вузов / А.А. Шукин; 2-е изд., перераб. – М.: Энергия, 1973. – 224 с. илл.
5. Расчет нагревательных и термических печей / [С.Б. Василькова, М.М. Генкина, В.Л. Гусовский и др.]; под ред. В.М. Тымчака. – М.: Металлургия, 1983. – 480 с.
6. Мاستрюков Б.С. Теория, конструкции и расчеты металлургических печей. Т. 2. Расчеты металлургических печей / Б.С. Мاستрюков. – М.: Металлургия, 1978. – 272 с.
7. Каменев П.Н. Отопление и вентиляция. Ч.2 / П.Н. Каменев. – М.: Стройиздат, 1966. – 475 с.
8. Колієнко А.Г. Спалювання палива та зниження забруднення атмосфери: навчальний посібник / А.Г. Колієнко. – К.: ИСИО, 1993. – 120 с.
9. Исаченко В.П. Теплопередача: учебник для вузов / В.П. Исаченко, В.А. Осипова, А.С. Сукомел; 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергия, 1975. – 488 с.
10. Ицксон Б.С. Инфракрасные газовые излучатели / Б.С. Ицксон, Ю.Л. Денисов. – М.: Недра, 1969. – 280 с.
11. Hottel H.C. Radiative transfer / H.C. Hottel, A.F. Sarofim. – New York: Mc. Grow – Hill Comp, 1967. – 519 p.

12. Строй А.Ф. Математична модель нестационарного теплообміну в топці теплогенератора малої потужності з вторинним випромінювачем / А.Ф. Строй, Б.М. Федяй // Збірник наукових праць (галузеве машинобудування, будівництво) / Полтав. нац. техн. ун-т ім. Юрія Кондратюка. – Полтава: ПолтНТУ, 2007. – Вип. 20. – С. 166 – 171.

Надійшла до редакції 22.04. 2011

© Б.Н. Федяй

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТОПЛИВА В ТЕРМИЧЕСКИХ ПЕЧАХ ЗА СЧЕТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВЕНТИЛИРУЕМЫХ ВОЗДУШНЫХ ПРОСЛОЕК

Рассмотрена возможность одновременного улучшения условий комфорта в рабочей зоне возле термических печей и их теплотехнических показателей за счет использования в конструкции печи вентилируемых воздушных прослоек.

Ключевые слова: термическая печь, вентилируемая воздушная прослойка, теплообмен, топливо, излучение, конвекция.

IMPROVING FUEL EFFICIENCY IN THE THERMAL FURNACES THROUGH THE USE OF VENTILATED LAYERS

The possibility of simultaneous improving of the conditions convenience into the working zone near the thermal furnaces and improving of their heat efficiency by use in the construction of a furnace air layers which are ventilated is considered.

Key words: thermal furnace, the air layers which are ventilated, heat exchange, fuel, radiation, convection.