

УДК 65.012.122

СИТНИКОВ О. В., ас.
Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»

ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРИЧНОЇ СХЕМИ СКЛОВАРНОЇ ПЕЧІ

Досліджено параметричну схему скловарної печі, розглянуті усі вхідні, вихідні сигнали, керовані й некеровані збурення. Параметричну схему спрощено до одного вихідного параметра.

Ключові слова: математична модель, скломаса, скловарна піч, структурна схема, тепловий режим, шихта.

© Ситніков О. В., 2014.

Постановка проблеми. Виготовлення скла є дуже енергоємним процесом. Виходячи з цього, правильний підхід до створення системи керування тепловим режимом скловарних печей є першочерговим. Основною задачею є зниження витрати природного газу за незмінної якості продукту.

Метою статті є спрощення параметричної схеми скловарної виробництва, дослідженої в праці [1].

Виклад основного матеріалу. Вихідними регульованими параметрами для вибраного об'єкта керування (рис. 1) є рівень скломаси в печі $L_{ск}$; тиск розрідження $P_{роз}$; температура скломаси на виході з апарата $T_{ск}$ і газоповітряної суміші в зоні освітлення $T_{газ-пов}$; вміст кисню у відпрацьованому газі $Q_{кис}$. Вхідними керівними параметрами є витрати: палива (газу) $F_{газ}$; повітря на горіння $F_{пов}$; газу на виході з печі $F_{вих.газ}$; сировини $F_{ших}$; повітря на барботаж $F_{пов.барб}$. Вимірюваними збуреннями є тиск, температура, вологість газу на вході ($P_{газ}$, $T_{газ}$, $f_{газ}$); ці ж параметри для повітря ($P_{пов}$, $T_{пов}$, $f_{пов}$) й навколишнього середовища ($P_{н.с.}$, $T_{н.с.}$, $f_{н.с.}$). Невимірювані збурення – це склад сировини (шихти) $Q_{ших}$ і швидкість руху скломаси в ході варіння $V_{ск}$.

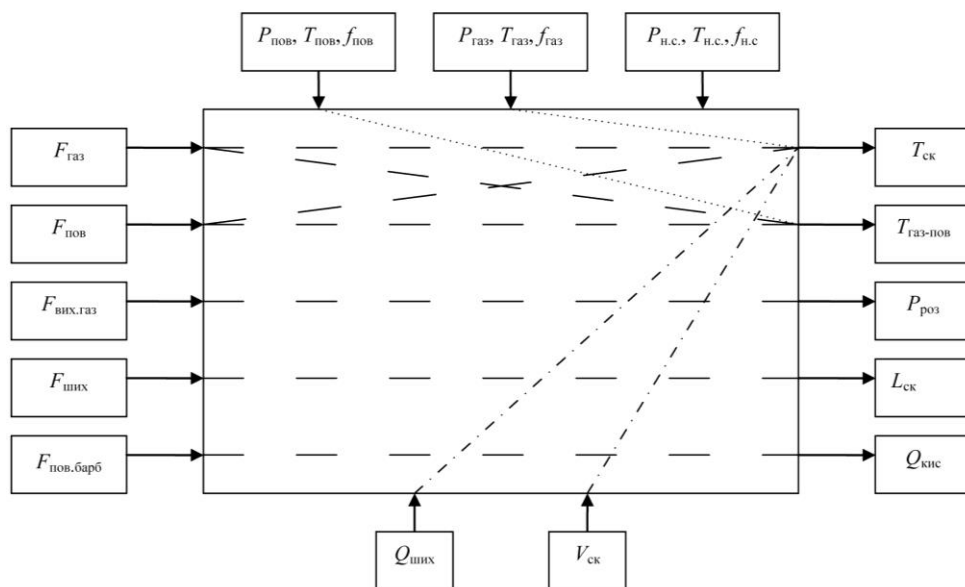


Рис. 1 – Параметрична схема скловарної печі з лініями впливу вхідних параметрів і збурень на вихідні параметри [2]

Уміст кисню у відпрацьованому газі безпосередньо залежить від витрати повітря на барботаж, рівень скломаси – від витрати шихти, тиск розрідження – від кількості газу, що подають на нагрівання вхідного повітря. Ці вихідні параметри, які регулюють за одноконтурними схемами [2], не потребують окремих досліджень, оскільки майже не впливають на якість продукту. Параметри навколишнього середовища нездатні суттєво вплинути на перебіг процесу, оскільки діапазон їхнього змінення є меншим, ніж квадратичний критерій E . З огляду на це, згаданими параметрами можна знехтувати та спростити схему, виключивши з неї одноконтурні системи керування (рис. 2).

Температура в зоні освітлення газоповітряної суміші $T_{газ-пов}$ – один з важливіших параметрів, що визначає якість продукції. На виробництві реалізовано схему керування цією температурою регулюванням подачі

газу на пальники [3]. У системі присутня дія на об'єкт одного з керованих збуджень – температури повітря на вході. Температуру газоповітряної суміші в зоні освітлення регулюють за одноконтурною замкненою системою з вхідним сигналом $F_{\text{пов}}$, сигналом керування $F_{\text{газ}}$ і керованим збудженням $T_{\text{пов}}$. Підігрівання повітря на вході реалізують за допомогою відпрацьованого газу. На виробництві підігрівання здійснюється в регенераторах і не потребує додаткових затрат [4]. Тому кероване збудження $T_{\text{пов}}$ можна розглядати в окремому контурі керування $F_{\text{вих.газ}}-T_{\text{пов}}$. Тиски газу й повітря безпосередньо на температуру скломаси не впливають. У печі необхідно підтримувати сталий тиск, отже системи контролю будуть автономні і налаштовані на відповідне значення незалежно від $T_{\text{ск}}$ і $T_{\text{газ-пов}}$ [4].

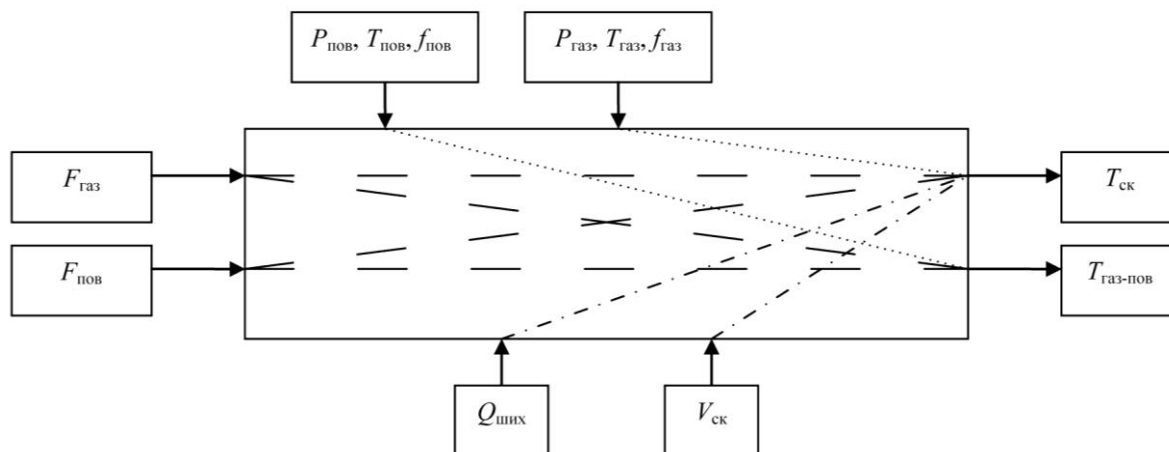


Рис. 2 – Перший етап спрощення

Основним вихідним параметром скловарної печі є температура скломаси $T_{\text{ск}}$ [5]. Слід встановити, яке її значення буде вимірюватися. Температура $T_{\text{ск}}$ залежить від витрат газу $F_{\text{газ}}$ й повітря $F_{\text{пов}}$, температури $T_{\text{газ}}$, складу шихти $Q_{\text{ших}}$ і швидкості $V_{\text{ск}}$. Тому можна розглянути дві параметричні схеми. У першій виходом буде температура $T_{\text{ск}}$, що вимірюватиметься донними термопарами (рис. 3), у другій – температура $T_{\text{газ-пов}}$, що вимірюватиметься термопарами склепіння (рис. 4).

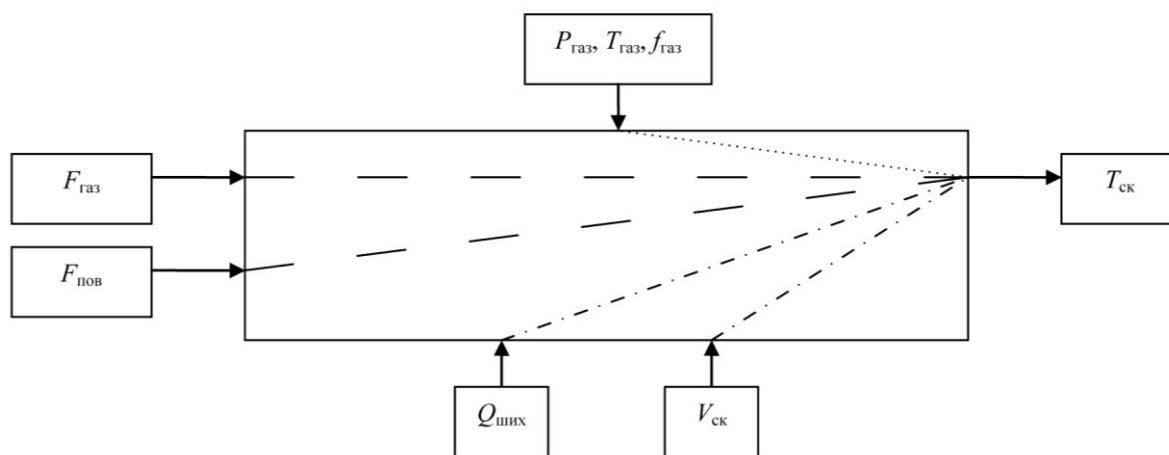


Рис. 3 – Параметрична схема з вихідним параметром $T_{\text{ск}}$

Вхідні параметри в обох схемах є однаковими, а збудження – різними. На температуру $T_{\text{газ-пов}}$ суттєво впливає кероване збудження $T_{\text{пов}}$. Температура газоповітряної суміші впливає на температуру скломаси, і система, в якій вихідним параметром є $T_{\text{газ-пов}}$, є складовою системи керування подачі пального в пальники, як один з контурів, або, залежно від поставленої задачі, може розглядатися як окрема система. Вихідним параметром загальної системи виступатиме температура скломаси. На виробництві створені окремі системи керування для підтримання температури в зоні освітлення сталюю [2].

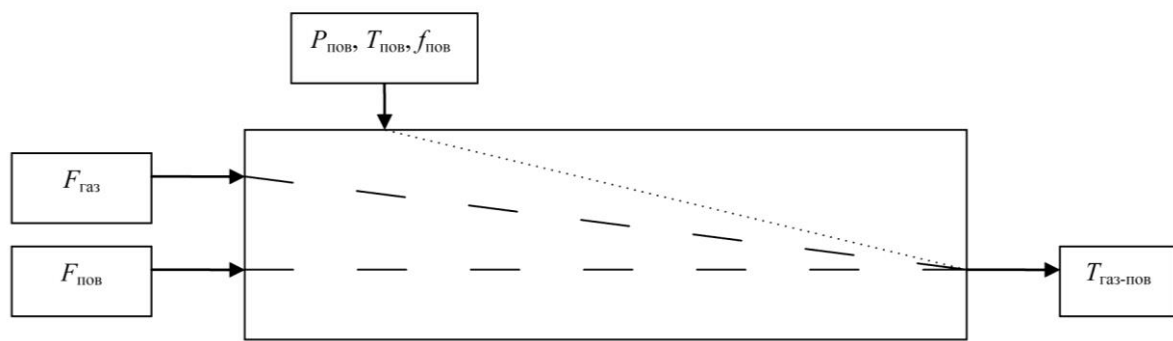


Рис. 4 – Параметрична схема з вихідним параметром $T_{газ-пов}$

Основною задачею системи керування з вихідним параметром $T_{ск}$ є одержання якісної продукції за меншої витрати пального. Це є можливим тільки за умови підтримування відповідного теплового режиму в печі [4]. Два параметри – склад сировини $Q_{ших}$ і швидкість руху скломаси $V_{ск}$ – є некерованими збуреннями і основною задачею під час синтезу системи керування – домогтися їхнього мінімального впливу на якість продукту. Якщо вірно підібрано співвідношення компонентів шихти, її склад перестає бути збуренням і не може негативно впливати на якість скломаси.

У свою чергу, на швидкість руху $V_{ск}$ впливає швидкість завантаження нової шихти й температура [2]. Якщо систему керування завантаженням налаштовано й підтримується відповідний тепловий режим, швидкість $V_{ск}$ змінюватися не буде. Отримуємо замкнене коло – із змінням температури змінюється швидкість, і навпаки. Якщо завантаження відбуватиметься за технічними вимогами, швидкість не буде впливати на якість вихідного продукту.

Параметри $f_{газ}$ і $P_{газ}$ впливають лише на роботу пальників [6]. Якщо вони не відповідають робочим нормам, ситуація стає аварійною, що не є предметом цієї статті. Інша ситуація з температурою газу $T_{газ}$. Цей параметр є константою, але безпосередньо впливає на температуру скломаси завдяки теплообміну між газовим простором і верхнім шаром скломаси [4].

З огляду на наведене вище, параметричну схему скловарної печі (див. рис. 3) можна остаточно спростити (рис. 5).

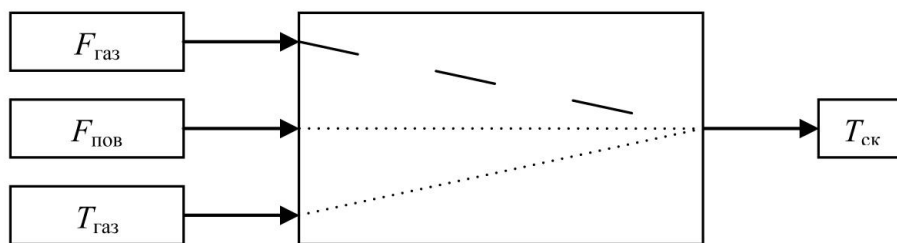


Рис. 5 – Параметрична схема керування температурою скломаси

Щоб проаналізувати роботу печі, слід розробити математичну модель для визначення реакції об'єкта на змінення входних параметрів. Оскільки досліджуваний об'єкт складається зі скломаси, кладки, газового простору, потрібно щонайменше три математичні моделі для кожного з них і структурна, що їх об'єднуюватиме.

Висновок. Одержано спрощену параметричну схему скловарної печі з одним вихідним параметром – температурою скломаси і трьома входними – температурою газу, витратою газу й повітря. Основною задачею подальших досліджень буде створення структурної моделі нагрівання та синтез адаптивної системи керування тепловим режимом скловарної печі.

Список використаної літератури

1. Жученко А. І. Створення параметричної схеми скловарної печі / А. І. Жученко, О. В. Ситніков // Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження. – 2012. – № 2 (8). – С. 263–264.
2. Зубанов В. А. Механическое оборудование стекольных и ситалловых заводов / В. А. Зубанов, Е. А. Чугунов, И. А. Юдин. – М. : Машиностроение, 1984.

3. *Энергопотребление в стеклотарном производстве Великобритании [по материалам РОО «Эколайн»] // Стеклопечная тарга. – 2006. – № 2 (80). – С. 1–4.*
4. *Кошельник А. В. Методика оценки влияния регенеративного подогрева воздуха горения на работу ванной стекловаренной печи / А. В. Кошельник, В. М. Кошельник, Е. Ю. Долженко // Труды ОПУ. – 2007. – № 2 (28). – С. 1–6.*
5. *Тайц Н. Ю. Расчёты нагревательных печей / Н. Ю. Тайц. – К. : Высш. школа, 1958.*
6. *Винтовкин А. А. Горелочные устройства промышленных печей и топок / А. А. Винтовкин, М. Г. Ладыгичев. – М. : Интернет Инжиниринг, 1999. – 560 с.*

Надійшла до редакції 11.05.2014.

Sitnikov O. V.

INVESTIGATION OF PARAMETRIC SCHEME FURNACE

In this the work considered and investigated parametric diagram glass furnace. Completely considered all input, output signals, managed and controlled disturbance. Parametric diagram shows the object is a complex number base and utility lines. It is necessary to simplify the scheme for the formation of the task of the study.

The temperature in the area of lighting the gas mixture the main parameters of the furnace, as it directly affects the quality of the glass, which in turn affects the quality of the finished product. The object is the impact of a controlled perturbation – air temperature at the inlet. There is a temperature control of gas-air mixture in the furnace area lighting one contour closed system with a single input signal, control signal and controlled disturbance.

The main source parameter furnace as automation object performs the temperature of the glass. Parametric circuit obtained after simplifications can be decomposed into two. The first release will be performing temperature glass, measuring thermocouples happens to them, and the second – the temperature in the area of lighting the gas mixture, the measurement takes place thermocouples.

Temperature gas-air mixture affects the temperature of the glass and the system is part of the control system of feeding fuel to the furnace burners as one of the paths, and depending on the task, can be considered as a separate system. Accordingly, the total system output parameter temperature serving glass.

All inputs, outputs and disturbances will be used in modeling, under a parametric circuit designed furnace. When creating a mathematical model and check its adequacy, in addition to an analysis of existing models bathrooms, regenerative glass furnaces, consider the data and design features glass factories.

As a result of research on parametric scheme furnace was obtained parametric simplified diagram of one output parameter – temperature glass and three input parameters: fuel gas and air in the combustion process, the temperature of the gas.

Keywords: *mathematical model, glass mass, glass furnace, schematic diagram, thermal conditions.*

References

1. *Zhuchenko A. I. Stvorennia parametrychnoi skhemy sklovarnoi pechi [Creating of furnace parametric scheme] / A. I. Zhuchenko, O. V. Sytnikov // Khimichna inzheneriia, ekolohiia ta resursozberezhennia. – 2012. – # 2 (8). – S. 263–264.*
2. *Zubakov V. A. Mehanicheskoe oborudovanie stekol'nyh i sitallovyh zavodov [Mechanical equipment of glass factories] / V. A. Zubakov, E. A. Chugunov, I. A. Judin. – M. : Mashinostroenie, 1984.*
3. *Jenergopotreblenie v steklotarnom proizvodstve Velikobritanii [Energy consumption in the production of glass in UK] // Stekljannaja tara. – 2006. – № 2 (80). – S. 1–4.*
4. *Koshel'nik A. V. Metodika ocenki vlijanija regenerativnogo podogreva vozduha gorenija na rabotu vannoj steklovarennoj pechi [Methods of assessing the impact of regenerative heating of the combustion air to the work of a glass furnace] / A. V. Koshel'nik, V. M. Koshel'nik, E. Ju. Dolzhenko // Trudy OPU. – 2007. – № 2 (28). – S. 1–6.*
5. *Tajc N. Ju. Raschjoty nagrevatel'nyh pechej [Calculations of heating furnaces] / N. Ju. Tajc. – K. : Vyssh. shkola, 1958.*
6. *Vintovkin A. A. Gorelochnye ustrojstva promyshlennyh pechej i topok [Burners industrial ovens and furnaces] / A. A. Vintovkin, M. G. Ladygichev. – M. : Internet Inzhiniring, 1999. – 560 s.*

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Аветісян Ю. І., аспірант Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут»

Бірюк Д. О., студент Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут»

Бурлаков Володимир Михайлович, кандидат технічних наук, доцент

Васильченко Геннадій Миколайович, кандидат технічних наук, доцент кафедри хімічного, полімерного та силікатного машинобудування Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут»

Воронін Леонід Григорович, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут»

Головко Леонід Федорович, доктор технічних наук, професор, професор кафедри лазерної техніки та фізико-технічних технологій Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут»

Гомеля Микола Дмитрович, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри екології та технології рослинних полімерів Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут»

Гончарук Олексій Олександрович, асистент кафедри лазерної техніки та фізико-технічних технологій Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут»

Дегтярьова А. В., студент Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут»

Дейкун Ірина Михайлівна, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри екології та технології рослинних полімерів Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут»

Жураковський Ярослав Юрійович, кандидат технічних наук, старший викладач кафедри автоматизації хімічних виробництв Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут»

Жученко Анатолій Іванович, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри автоматизації хімічних виробництв Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут»

Жученко Олексій Анатолійович, кандидат технічних наук, асистент кафедри автоматизації хімічних виробництв Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут»

Зубрій Олег Григорович, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут»

Іваненко Олена Іванівна, кандидат технічних наук, доцент кафедри екології та технології рослинних полімерів Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут»

Кагляк Олексій Дмитрович, асистент кафедри лазерної техніки та фізико-технічних технологій Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут»

Карпенко Ростислав Олександрович, студент Національного технічного університету України «Київського політехнічного інституту».

Кваско Михайло Зиновійович, кандидат технічних наук, професор кафедри автоматизації хімічних виробництв Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут».

Коваленко Ігор Валентинович, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри хімічного, полімерного та силікатного машинобудування Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут»

Колосов Олександр Євгенович, доктор технічних наук, провідний науковий співробітник кафедри хімічного, полімерного та силікатного машинобудування Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут»

Колябіна Ірина Леонідівна, кандидат геологічних наук, провідний науковий співробітник Державної установи «Інститут геохімії навколишнього середовища Національної академії наук України»

Корнієнко Богдан Ярославович, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри комп'ютеризованих систем захисту інформації Національного авіаційного університету

Кубрак Анатолій Іванович, кандидат технічних наук, професор кафедри автоматизації хімічних виробництв Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут»

Кузенко Світлана Володимирівна, молодший науковий співробітник Державної установи «Інститут геохімії навколишнього середовища Національної академії наук України»