

УДК 65.012.2

УПРАВЛІННЯ ПРОГРАМОЮ ДОСЛІДЖЕНЬ ТЕПЛОГЕНЕРУЮЧИХ УСТАНОВОК З ТРУБЧАСТИМИ ГАЗОВИМИ НАГРІВАЧАМИ НА ПЕЛЛЕТАХ

БАРСУК Р. В.², асп.,
ПРОДОВ В. Ф.¹, д.т.н., проф.

^{1*} Державний вищий навчальний заклад: “Придніпровська Державна Академія Будівництва та Архітектури”, кафедра системного аналізу та моделювання у теплогазопостачанні, вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, e-mail: Falazar@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0002-9666-7496.

^{2*} Державний вищий навчальний заклад: “Придніпровська Державна Академія Будівництва та Архітектури”, кафедра системного аналізу та моделювання у теплогазопостачанні, вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, e-mail: vfirodov@i.ua, ORCID ID: 0000-0001-8772-9862.

Анотація. Постановка проблеми. У статті розглядається проблема дослідження тепло генеруючого обладнання. Наводиться проблема реалізації схеми управління програмою досліджень тепло генеруючих установок. **Аналіз останніх досліджень.** У статті наведені роботи по дослідженню та вивченню трубчатих газових нагрівачів. Також визначені шляхи побудови програми досліджень тепло генеруючих установок. Відмічена мала кількість матеріалів за цією темою. **Мета та завдання.** Авторами поставлена мета реалізації програми досліджень тепло генеруючих установок. Поставлена задача реалізації програми на основі експериментального вивчення трубчатих газових нагрівачів. Сформульовані методи побудови програми досліджень нагрівачів. **Висновки.** Розроблена схема управління програмою досліджень трубчатих газових нагрівачів. Використана математична модель, яка побудована на основі експериментальних даних. Також для рішення задачі використовуються алгоритми пошуку оптимальних рішень.

Ключові слова: програма досліджень; управління проектом; трубчасті газові нагрівачі

УПРАВЛЕНИЕ ПРОГРАММОЙ ИССЛЕДОВАНИЙ ТЕПЛОГЕНЕРИРУЮЩИХ УСТАНОВОК С ТРУБЧАСТЫМИ ГАЗОВЫМИ НАГРЕВАТЕЛЯМИ НА ПЕЛЛЕТАХ

БАРСУК Р. В.², асп.,
ПРОДОВ В. Ф.¹, д.т.н., проф.

^{1*} Государственное высшее учебное заведение: “Приднепровская Государственная Академия Строительства и Архитектуры”, кафедра системного анализа и моделирования в теплогазоснабжении, ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепр, Украина, e-mail: Falazar@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0002-9666-7496.

^{2*} Государственное высшее учебное заведение: “Приднепровская Государственная Академия Строительства и Архитектуры”, кафедра системного анализа и моделирования в теплогазоснабжении, ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепр, Украина, e-mail: vfirodov@i.ua, ORCID ID: 0000-0001-8772-9862.

Аннотация. Постановка проблемы. В статье рассматривается проблема исследования теплогенерирующего оборудования. Излагается проблема составления схемы управления программой исследования теплогенерирующих установок. **Анализ последних исследований.** В статье указаны работы по исследованию и изучению трубчатых газовых нагревателей. Также определены пути построения программы исследований теплогенерирующих установок. Отмечено малое количество работ по данной теме. **Цель и задания.** Целью работы является реализация программы исследований теплогенерирующих установок. Поставлена задача реализации программы на основе экспериментального изучения трубчатых газовых нагревателей. Сформулированы методы построения программы исследований нагревателей. **Выводы.** Разработана схема управления программой исследований трубчатых газовых нагревателей. Использована математическая модель, построенная на основе экспериментальных исследований. Также для решения задачи используются алгоритмы поиска оптимальных решений.

Ключевые слова: программа исследований; управление проектом; трубчатые газовые нагреватели

INVESTIGATIONS RESEARCH PROGRAM'S MANAGEMENT OF HEAT GENERATION WITH TUBULAR GAS HEATERS WORKING ON PELLETS

BARSUK R. V.², *PhD stud.*,
IRODOV V. F.¹, *Dr. Sc. (Tech.), Prof.*

^{1*} State Higher Educational Establishment "Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", department of system analysis and modeling in heat and gas supply, street Chernyshevsky, 24-a, 49600, Dnepr, Ukraine, e-mail: Falazar@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0002-9666-7496.

^{2*} State Higher Educational Establishment "Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", department of system analysis and modeling in heat and gas supply, street Chernyshevsky, 24-a, 49600, Dnepr, Ukraine, e-mail: vfirodov@i.ua, ORCID ID: 0000-0001-8772-9862.

Annotation. Problems formulation. The article deals with problems heat generation equipment studying. There is heat generation equipment scheme research program management is compiling. **Recently research analysis.** There are works about tubular gas heaters research and studies are examined. Also defined ways for heat generation unit's programs research. There is noted small number works by this topics. **Aims and tasks.** There is setting aim to realize of tubular gas heaters programs research. There are task of programs realization by tubular gas heaters experimental study are set. Also formulated methods of program heaters research. **Conclusions.** There are program scheme management research of tubular gas heaters are developed. Mathematical model that constructed by experimental information are used. There are also optimal solution search algorithms are using for solving the problem.

Keywords: research program; project management; tubular gas heaters

Постановка проблеми

Актуальними є розробки тепло генеруючих установок, які використовують альтернативні джерела енергії. Один із напрямків інноваційних технологій – тепло генеруючі установки, що використовують у якості палива різні види біомаси.

Досить недавно з'явився напрямок у розробці тепло генеруючих установок з трубчастими газовими нагрівачами [1]. Можливе виконання таких тепло генеруючих установок – трубчасті газові нагрівачі:

- 1 – повітряно-променеві;
- 2 – повітряно-повітряні;
- 3 – повітряно-водняні.

Досить інтенсивно почалась модифікація трубчастих газових нагрівачів, які використовують у якості палива паливні гранули – пелети [2].

Аналіз публікацій

Існує досить багато робіт пов'язаних з моделюванням трубчастих газових нагрівачів [3,4]. Але відомої кількості моделей не достатньо для

побудови програми досліджень тепло генеруючих установок.

Щоб розробити програму досліджень трубчастих газових нагрівачів, потрібно використати теорію управління об'єктами [5] та об'єднати її з вже відомими результатами досліджень [6].

Мета статті

Перед інноваційними підприємствами, що займаються розробкою тепло генеруючих установок на пелетах стоїть задача, яким чином направити проектні, конструкторські роботи, роботи по дослідженню нових зразків тепло генеруючого обладнання, щоб отримати найкращий результат. Для дослідження поставленої мети актуальна розробка програми досліджень тепло генеруючих установок з трубчастими газовими нагрівачами на пелетах.

Виклад основного матеріалу

Основні результати у розробці програми досліджень тепло генеруючих установок наведена нижче на Рис. 1.

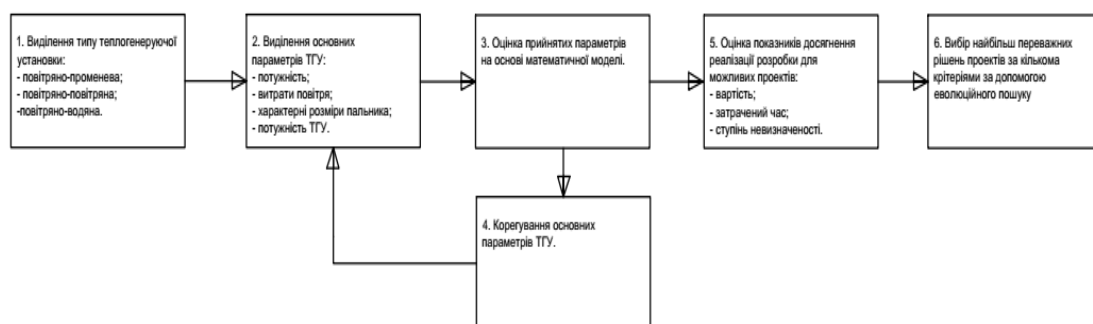


Рис. 1 Загальна схема управління програмою / The program management general scheme

Математична модель у блоці 3 побудована на основі попереднього експериментального дослідження трубчастих газових нагрівачів. Параметри, які впливають на роботу нагрівача були вибрані такими: теплова потужність нагрівача, витрата первинного повітря, витрата вторинного повітря, характерні розміри пальника. Вихідні функції: кількість золи у продуктах згорання, кількість шкідливих речовин у продуктах згорання – окису вуглецю CO та кількість компонентів NOx. У результаті експертної оцінки були побудовані вибіркові пред'явлення для функції вибору. Потім, на основі матриці вибірових пред'явлень побудована математична модель функції вибору у вигляді:

$$Z = f(x_1^{(1)}, x_1^{(2)}, x_1^{(3)}, x_2^{(1)}, x_2^{(2)}, x_2^{(3)}), \quad (1)$$

яка приймає значення {1,0} у залежності від значень аргументів “перших” параметрів нагрівача і “других”. Значення функції вибору “1” означає, що “перший” набір параметрів у сукупності “краще” ніж другий.

Задача оптимізації вибору зводиться до задачі узагальнення математичного програмування за термінологією [7] у вигляді: знайти параметри $x^{(1)}$, $x^{(2)}$, $x^{(3)}$, які відповідають обмеженням $\leq x^{(1)} \leq x^{(2)} \leq x^{(3)} \leq i$ і забезпечують пошук рішень x_0 , що $x_0 R_s x \forall x \in \Omega$.

Пошук R_s – оптимального рішення знаходиться у процесі еволюційного пошуку:

$$X_{ik} = S(G(Xk - 1)) \quad (2)$$

де: $k=1,2,\dots$

$j=1,2,\dots,N_b$

$G(x)$ – функція генерації нових рішень:

$$G(X) = X \cup G_H(X) \quad (3)$$

де: $G_H(x)$ – множина нових рішень, що утворені у процесі пошуку.

$S(x)$ – функція вибору, у даному випадку це функція переваги:

$$S(X) = \{x \in X | \forall u \in \Omega, x R_s u\} \quad (4)$$

Доведено, що еволюційний пошук рішень забезпечує збіжність ітераційного процесу найбільш переважного рішення з вірогідністю 1.

Блок 5 оцінки показників реалізації можливих проектів забезпечує обчислення вартості, затраченого часу і діапазону невизначеності у вигляді:

$$Z = \sum_{l=1}^L c_l y_l \quad (5)$$

$$T = \sum_{l=1}^L x_l \tau_l \quad (6)$$

$$y_{l \min} \leq y_l \leq y_{l \max} \quad (7)$$

$$\tau_{l \min} \leq \tau_l \leq \tau_{l \max} \quad (8)$$

Задача пошуку раціонального проекту зводиться до наступного: знайти $Y = \{y_1, y_2, \dots, y_L\}$ та відповідний $T = \{\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_L\}$, які відповідають обмеженням і забезпечують $Z \rightarrow \min$ при загальному обмеженні $T \leq T_0$.

Ця задача математичного програмування вирішується за допомогою алгоритму еволюційного пошуку. Складене відношення вибору записується у вигляді:

$$\begin{aligned} y R_s u &\equiv T(y) \leq T_0 \wedge T(u) \succ T_0 \vee \\ &\vee T(y) \succ T_0 \wedge T(u) \succ T_0 \wedge T(y) \leq T(u) \vee \\ &\vee T(y) \leq T_0 \wedge T(u) \leq T_0 \wedge Z(y) \leq Z(u) \end{aligned} \quad (9)$$

Висновок

Розроблені алгоритми пошуку оптимальних рішень, що входять у схему управління програмою складають основу для практичної реалізації управління програмою досліджень тепло генеруючих установок з трубчастими нагрівачами на пелетах.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Балашевич В. А. Основы математического программирования / В. А. Балашевич. – Минск : Высшая школа, 1985. – 173 с.
2. Дудкин К. В. Математическое моделирование трубчатых газовых нагревателей для безопасного нагрева воды в объеме со свободной поверхностью / К. В. Дудкин, В. В. Ткачева, Ю. В. Бобыр // Строительство, материаловедение, машиностроение : сб. науч. тр. / Приднепр. гос. акад. стр-ва и архитектуры ; под общ. ред. В. И. Большакова. – Днепропетровск, 2011. – Вып. 62. – С. 166–170. – (Безопасность жизнедеятельности).
3. Іродов В. Ф. Регуляризація часткових описів при еволюційному пошуку рішень на основі самоорганізації / Іродов В. Ф., Барсуک Р. В. // Строительство, материаловедение, машиностроение : сб. науч. тр. / Приднепр. гос. академии стр-ва и архитектуры; под общ. ред. В. И. Большакова. – Днепропетровск, 2015. – Вып. 84. – С. 111–116. – (Компьютерные системы и информационные технологии в образовании, науке и управлении).

4. Коротков Э. В. Исследование систем управления / Э. В. Коротков. – Москва : Издательско-консалтинговая компания “ДеКА”, 2000. – 893 с.
5. Пристрій для променевого обігріву та нагрівання повітря : пат. 61594 Україна (UA), МПК F24D 10/00, F24C 15/00 / Іродов В. Ф., Осетянська Д. Є., Хацкевич Ю. В.; заявник та власник Придніпр. акад. буд-ва і архітектури. – № u201015435; заявл. 20.12.2010 ; опубл. 25.07.2011, Бюл. № 14.– 4 с.
6. Пристрій для променевого обігріву та нагрівання повітря : пат. 92674 Україна (UA), МПК F24D 10/00, F24D 15/00, F24C 15/00 / винахідники та власники : Барсук Р. В., Іродов В. Ф., Чорнойван А. А. – № u201403524 ; заявл. 05.04.2014 ; опубл. 26.08.2014, Бюл. № 16. – 4 с.
7. Ткачова В. В. Індуктивне моделювання трубчастого газового нагрівача та пальника на пелетах / В. В. Ткачова, Р. В. Барсук // Строительство, материаловедение, машиностроение : сб. науч. тр. / Приднeпр. гос. акад. стр-ва и архитектуры ; под общ. ред. В. И. Большакова. – Днепропетровск, 2014. – Вып. 78. – С. 275–281. – (Компьютерные системы и информационные технологии в образовании, науке и управлении).

REFERENCES

1. Balashevich V.A. *Osnivy matematicheskogo programirovaniya* [Mathematical models basics]. Minsk, Visheyschaya shkola Publ., 1985, 173 p. (in Russian).
2. Dudkin K.V., Tkacheva V.V. and Bobyr Ju.V. *Matematicheskoe modelirovanie trubchatykh gazovykh nagrevatelej dlya bezopasnogo nagreva vody v obeme so svobodnoy poverkhnostyu* [Mathematical modeling of tube gas heaters for safe water heating in the free-surface volume]. *Stroitelstvo, materialovedenie, mashinostroenie : Sb. nauch. trudov* [Construction, materials science, mechanical engineering : Coll. scientific. works], 2011, issue 62, pp. 166–170. (in Russian).
3. Irodov V.F. and Barsuk R.V. *Regulyaryzatsiia chastkovykh opysiv pry evoliutsiinomu poshuku rishen na osnovi samoorganizatsii* [Regularization of partial descriptions with evolutionary solutions search on the basis of self-organization]. *Stroitel'stvo, materialovedenie, mashynostroenie : Sb. nauch. trudov* [Construction, materials science, mechanical engineering : Coll. scientific. works], 2015, issue 84, pp. 111–116. (in Ukrainian).
4. Korotkov E.V. *Issledovanie system upravleniya* [Management systems research]. Moscow, Izdatel'sko-konsaltingovaya kompaniya “DeKA” Publ., 2000, 893 p. (in Russian).
5. Irodov V.F., Osetianska D.Ye. and Khatskevych Yu.V. *Prystrii dlia promenevoho obihrivu ta nahrivannia povitria: pat. 61594 Ukraina (UA), MPK F24D 10/00, F24C 15/00* [Device for radiant heating and air heating: pat. 61594 Ukraine (UA), Patent National Classification F24D 10/00, F24C 15/00]. Prydnipr. akad. bud-va i arhitektury [Prydniprov's'ka Academy of Civil Engineering and Architecture]. No u201015435, 2011. (in Ukrainian).
6. Barsuk R.V., Irodov V.F. and Chornoivan A.A. *Prystrii dlia promenevoho obihrivu ta nahrivannia povitria: pat. 92674 Ukraina (UA), MPK F24D 10/00, F24D 15/00, F24S 15/00* [Device for radiant heating and air heating: pat. 92674 Ukraine (UA), Patent National Classification F24D 10/00, F24D 15/00, F24S 15/00]. No. u201403524; 2014. (in Ukrainian).
7. Tkachova V.V. and Barsuk R.V. *Induktyvne modeliuвання trubchastoho hazovoho nahrivacha ta palnyka na peletakh* [Inductive modeling of tubular gas heater and burner on pellets] *Stroitelstvo, materialovedenie, mashinostroenie : Sb. nauch. trudov* [Construction, materials science, mechanical engineering : Coll. scientific. works], 2014, issue 78, pp. 275–281. (in Ukrainian).

Стаття надійшла в редколегію 06.09.2016