

Р.С. Кирницкий, мл. науч. сотр.

Первомайский государственный научно-инженерный центр по проблемам ресурсо- и энергосбережения

Функциональное описание системы-процесса тепловой генерации в котле "МЕТА-ВЗУ"

Общие закономерности состояния систем-объектов в системе-процессе тепловой генерации определены на основании функционального описания системы-процесса терморекторного горения в котле "МЕТА-ВЗУ", тепловой мощностью 8-500кВт. Использование этого метода позволит выбирать рациональные структуры и способы горения на стадии проектирования котла.

модель, зона, потік, енергія, середовище, тепло, система, температура, швидкість, час

Неэффективное использование существующих систем теплового обеспечения привело к потерям тепла с уходящими газами, значительным удельным расходам топлива и, в силу редкостности энергетических ресурсов, ведет к увеличению стоимости сельскохозяйственной продукции [1], что подтверждает актуальность этого направления исследований [2].

Использование высококачественных углей Львовско-Волынского бассейна в технологических системах, построены на методологии системного подхода к созданию технического средства [3] с учетом термодинамических преобразований [4], особенностей терморекторного горения [5] и систем рекуперации тепла отводимых газов. Проведенное теоретическое обоснование параметров технологического процесса рекуперации тепла энергии отводимых газов в котлах низкого давления [6] и выполненная параметрическая оптимизация технического средства – малогабаритного энергоэкономичного теплогенератора были использованы при разработке котлов «МЕТА-ВЗУ», типоразмерного ряда 8-500 кВт и мелкосерийном выпуске котлов “Эффект”, тепловой мощностью 50 кВт.

Анализ опыта создания новых видов котельного оборудования указывает на необходимость разработки новых имитационных моделей при принятии рациональных решений в процессе создания систем теплогенерации, использующих различные виды топлива. Важно также взаимоувязать использование режимов рекуперации тепла отводимых газов и технологического процесса терморекторного горения новых и модернизированных базовых моделей котлов.

При проведении оценки *технологической эффективности* систем тепловой генерации в связи со сложным характером взаимодействия *среда / объект* ставится задача проводить определение условий взаимодействия с использованием методов системотехники [7].

Система-процесс (теплогенерации) S_0 имеет разные цели подсистем: так цель *системы-объекта* (S_1 -система - техническое средство) представляет необходимость увеличения тепловой напряженности котла для повышения тепловой мощности, объединяет нестабильность процесса горения комплекса *системы-объекта* (S_2 - системы-высококачественный уголь) и имеет *внутреннюю цель*-создание конкурентно-способной системы тепловой генерации. Для достижения этой внутренней цели необходимо сохранение потребительских свойств S_1 , исходя из конкретного состояния входа (характеристик S_1 и S_2) и выхода (ситуации, представленной как результат

теплогенерации S_0). В результате межгруппового взаимодействия составляющих системы-процесса S_0 формируется R_1 -преобразование.

S_0 - система объединяет противоречивые свойства S_1 - системы и S_2 - системы, обеспечивая тем самым детерминистское толкование цели, стоящей перед системой (достижение цели в каждой реализации) и стохастическое толкование (достижение цели в среднем за выбранный промежуток ситуационного времени реализации процесса теплогенерации). Необходимость создания устойчивой системы-процесса, которая позволит успешно достичь внутренней цели на основе *технологичной эффективности* регулируемого процесса терморекторного горения в техническом средстве с системой рекуперации тепла отводимых газов является средством достижения цели исследований.

Описание переменной R_1 -преобразования системы обезвоживания теплогенерации при производстве сельскохозяйственного сырья представлено в виде устойчивых тенденций изменения характеристик S_0 под воздействием внешней среды. И, как следствие достижения внутренней цели, базируется на системном подходе к процессу тепловой генерации и формирует структуру потребительских свойств продукции – котла котлов «МЕТА-ВЗУ» и “Эффект”. Она зависит от уровня инженерных решений и технико-экономических показателей полученных при эксплуатации. Определение структуры системы организации технических средств и используемых технологий теплогенерации, установление зависимостей *теплопродуктивность / показатели качества терморекторного горения* определяет методы, используемые при проведении исследований. Наиболее приемлемые для этих целей являются методы системотехники [5].

Возможность создания конкурентоспособной системы теплогенерации определяет требования к разработке моделей, которые выражают строгую зависимость между состоянием входа X и состоянием выхода Y , которая задана при помощи *переходной функции* [5]:

$$Y = R_1(X), \quad (1)$$

где R_1 - преобразование представляет оператор преобразования (трансформации) одного вида ресурсов (топлива S_2 , производственных S_1 и информационно-управляющих ресурсов S_3) в S_0 .

R_1 -преобразование в (1) описывает поведение интегрированного потока, S_1 , S_2 , S_3 , который создается в системе при реализации процесса терморекторного горения в котле и, в стохастическом смысле, однозначно описывает процесс теплогенерации.

Согласно [5] функциональные (феменологические) свойства модели требуют составления функционального описания системы обезвоживания в виде ансамбля значений R_1 -преобразований переменных потока S_1 , S_2 , S_3 . Поведение *системы-процесса* S_0 зависит от входного воздействия на *систему-объект* (S_2) в уравнении (1) X (представленного в виде характеристик теплотворной способности Q) и его изменений при воздействии S_2 с влиянием S_3 на протяжении ситуационного времени

реализации процесса теплогенерации $\tau_c: \bar{X}(Q; \tau_c)$. Достижение цели Z (реализации процесса теплогенерации S_0 на протяжении ситуационного времени τ_c) определяется задачами:

$$Y = R\left(Z; X; \hat{X}(W; \tau)\right), \quad (2)$$

но

$$\hat{X}(W; \tau) = \hat{X}\left(\hat{Y}\right), \quad (3)$$

где Y – оценка выходных характеристик системы – процесса S_0 ,

которая строится на основании $\hat{X}; \hat{X}\left(\hat{Y}\right)$ при $\hat{X}; \hat{Y}$ – оценках второго порядка,

построенных в предположении, что $Y = \hat{Y}$.

$$Y = R\left(Z; \hat{X}; \left[\hat{Y}, \hat{X}, \hat{X}\left\{\hat{Y}, \hat{X}, \hat{X}(\bullet) \dots \hat{Y}^{(n)}(*)\right\}\right]\right). \quad (4)$$

Исходя из чего итеративная схема (4), включающая экстраполяцию входа и выхода, обрывается из-за ограничений возможностей развития составляющих S_0 со сложной топологической структурой. Поэтому проведение исследований системы-процесса S_0 предполагает установление: тенденции поведения переменных потока S_1, S_2, S_3 при достижении цели.

Функциональное описание системы-процесса теплогенерации задается в виде [6]:

$$S_0 = (T; x; C; Q; y; \varphi; \eta), \quad (5)$$

где T – множество моментов времени (событий);

x – множество значений входных воздействий;

$C = (c; T \rightarrow x)$ – множество допустимых входных воздействий;

Q – множество состояний;

y – множество выходных величин; $Y = (u; T \rightarrow y)$;

$\varphi = (T^I \times T^{II} \times T^{III} \times c \rightarrow Q)$ – переходная функция уровней системы-процесса S_0 ;

η – значение выходной величины.

Общее описание системы-процесса (5) охватывает широкий диапазон свойств. Но его практическое применение и интерпретация данных применительно к S_0 относительно сложны, поэтому функциональное описание этого вида систем должно содержать параметры, характеристики и иерархию системы-процесса S_0 .

Принимая, что S_0 выполняет N функций $\psi_1, \psi_2, \dots, \psi_s, \dots, \psi_N$, зависящих от n процессов $F_1^{(1)}, F_2^{(1)}, \dots, F_s^{(1)}, \dots, F_N^{(1)}$, то эффективность системы-процесса теплогенерации в зависимости от назначения теплогенератора оценивается вектор-функционалом [5]:

$$\bar{\mathcal{E}}_{l_0} = \mathcal{E}_l(\Psi_{l_0}) = \mathcal{E}_l(F_1^{(l)}, F_2^{(l)}, \dots, F_n^{(l)}) = \mathcal{E}_l\left(\left\{F_i^{(l)}\right\}\right). \quad (6)$$

$$i = \overline{1, n} \quad l = \overline{1, N}$$

рис.1, и является *контрольной* для функционального описания другой системы-объекта (высокозольного угля) S_2 .

Функция системы-объекта (высокозольного угля) S_2 выполняется, если определяющий параметр – *теплотворная способность*, которая обуславливает предельно допустимую температуру газов t_{\max} , является функцией скорости процесса теплогенерации W_n , ситуационного времени теплогенерации τ_c в зависимости от назначения котла l . Вне этих пределов система-объект (высокозольный уголь) необратимо изменяет свои свойства. Зависимости между указанными параметрами (технического средства–теплогенератора) S_1 и S_2 определяются с использованием сплайн-метода [9].

Реализация функционального назначения информационно–управляющей системы теплогенератора S_3 , состоит в объединении характеристик S_1 и S_2 в рамках S_0 .

Если одной из внутренних целей системы-объекта (высокозольного угля) S_1 при внешнем влиянии S_1 является терморекционное горение, то для системы-объекта (теплогенератора) S_2 внутренняя цель состоит в уменьшении влияния на окружающую среду, и система противостоит этому в виде тепловых выбросов. Противодействие внешнему влиянию является использование тепла отводимых газов и, согласно принципа Лешателье [10], выражено в поддержании стабилизирующего процесса *рекуперации* потоков этого тепла, что требует некоторого уменьшения показателя тепловых выбросов, представленного в виде уменьшения удельных потоков потерь потоков тепла в окружающую среду [6]. При соответствии текущей температуры терморекционного горения температуре теплового потока [5] система-объект S_2 становится *малочувствительной* к внешним воздействиям. Пороговыми значениями при этом является введение в определение функции предельной температуры отводимых газов нагревания конвективной поверхности котла $t_r \leq [t_w]$ [12].

Рассматривая *цели* одно-функциональной системы-объекта (технического средства–теплогенератора) S_1 можно отметить, что она имеет сложную, но стабильную морфологию структуры, которая служит для реализации влияния на систему-объект (высокозольный уголь) S_2 в соответствии с заданными условиями - режимами сжигания топлива, на основе определенной теплоэнергетической эффективности котлов «МЕТА-ВЗУ» и “Эффект”. Требования к *структуре* подсистемы II уровня определены в [11], а эффективность в виде критериальной оценки - в [12]. Сравнимость систем-объектов приведены в [10].

Описание эффективности функционирования системы-процесса S_0 предусматривает рациональный путь многоуровневого описания иерархии процесса достижения цели - возможности получения на выходе системы-процесса теплогенерации.

При этом описании многоуровневой иерархии более высокого уровня обеспечивается определением характеристик внутренних свойств $S_0 - F_1$, от которых зависит определение обобщенных и факторизованных переменных низшего уровня S_1 , S_2 и S_3 , описывающих изменение интенсивности терморекционного горения Q при теплогенерации X при условии управляемой компенсации воздействия внешних возмущений активными противодействующими параметрами среды - теплового воздействия в виде параметров: нагревания конвективной поверхности

теплогенератора– b_1 , терморекционного горения– b_2 , изменений информационно–управляющей системы теплогенератора– b_3 , непосредственно направленными против системы снижения ее эффективности F_j при нейтральных элементах - текущей зольности топлива в системе-объекте S_1 c_1 и благоприятствующих параметрах – рекуперации тепла отводимых газов b_4^J [6].

При обрыве иерархии системы-процесса F_i функцией с заданными ограничениями определяющим критерием является показатель качества теплогенерации J [5], который определяет внешние характеристики S_0 . При проектировании теплогенератора он задается функцией с ограничениями (температуры тепловых выбросов):

$$F_i^* \leq F_i^*([t]) \leq F_i^* \quad (7)$$

При проведении экспериментов он представлен случайной функцией:

$$F_i^*(c_u; t), \quad q = \overline{1, \chi}, \quad (8)$$

где c_u – случайные коэффициенты потоков тепла, которые формируются при горении, с заданными для них законами распределения теплоемкости внешней среды:

$$c_u = f_q(\mu), \quad (9)$$

где μ – тепловой потенциал.

Снижение ее эффективности противодействующими параметрами среды определяется выражением:

$$F_p^J(b_1; b_2; b_3; b_4^J), \quad m = \overline{1, p}, \quad (10)$$

где b_1, b_2, b_3 - случайные коэффициенты противодействующих параметров среды соответственно нагрева конвективной поверхности теплогенератора, терморекционного горения, изменений информационно–управляющей системы теплогенератора:

$$b_p^J = f_J(p), \quad (11)$$

где p – потенциал тепловых выбросов.

Точность оценки $\{S_0\}$, $\{\overline{\Theta}_{l_0}\}$, $\{c_u\}$, $\{b_p^J\}$ при проектировании зависят от

числа уровней иерархии системы и от точности представленных параметров системы-процесса на нижнем уровне (системы-объекта), так, что число уровней иерархии систем (и подсистем объектов) зависит от требуемой точности представления выходных данных.

На основании проведенных исследований можно сделать следующие выводы. Общие закономерности состояния систем-объектов в системе-процессе тепловой генерации определены на основании функционального описания системы-процесса терморекционного горения в котле "МЕТА-ВЗУ". Использование этого метода позволит выбирать рациональные структуры котла, способы сжигания высокозольных углей, условия использования трудовых ресурсов на стадии проектирования котла.

Список литературы

1. Саблук П.Т. Нова економічна парадигма формування стратегії національної продовольчої безпеки України в ХХІ столітті. // Доповідь на Третіх Всеукраїнських зборах (конгресі) вчених економістів – аграрників 29 – 30 березня 2001 року. – К.: УААН, 2001. – 94 с.
2. Демин А.В. Повышение эффективности использования топлива - энергетических ресурсов в животноводстве и кормопроизводстве // Энергетика животноводческих ферм. Сб. науч. трудов. М.: ВИЭСХ. ВАСХНИЛ, 1982. – С. 18-27.
3. Левин Д.М. Термодинамическая теория и расчет сушильных установок // М.: Пищепромиздат, 1958.
4. Лыков А.В., Михайлов Ю.А. Теория переноса энергии и тепла // Изд. АН БССР, Минск, 1959. – 126 с.
5. Кирницкий Р.С. Параметрическая оптимизация технологического процесса термореконного горения // Сборник научных работ Первомайского НИЦ РЕС, 2001.- С.93-117.
6. Кирницкий Р.С. Теоретическое обоснование параметров технологического процесса рекуперации тепла энергии отводимых газов в котлах низкого давления // Сборник научных работ Первомайского НИЦ РЕС, 2000.- С.114-126.
7. Дружинин В.В., Канторов Д.С. Проблемы системотехники // М.: Советское радио, 1976. – 296 с.
8. Кирницкий С.Р., Стругай Т.И. Система теплообеспечения камерной сушильной установки для сушки початков кукурузы с теплогенераторов на высокозольных углях // “Сучасні інформаційні та енергозберігаючі технології життєзабезпечення людини”, СІЕТ 6-9, Збірник наукових праць, вип. № 6, К.: Фада, 2000. - С. 694-707.
9. Алберг Д., Нильсон Э., Урош Д. Теория сплайнов и ее приложения // Пер. с англ. Под ред. С.Б. Стечкина, М.: Мир, 1972. – 316 с.
10. Калман Дж., Фалб П., Арбаб М. Очерки по математической теории систем // пер. с англ. М.: Мир. – 1971.
11. Кирницкий С.Р. Визначення теплової ефективності протитечевої сушарки для качанів кукурудзи // “Сучасні інформаційні та енергозберігаючі технології життєзабезпечення людини”, СІЕТ 6-9, Збірник наукових праць, вип. № 6, К.: Фада, 2000. - С. 704-707.
12. Исаченко В.П., Осипова В.А., Сукомел А.С. Теплопередача // М.: Энергия, 1969. – 440 с.

Загальні закономірності стану систем-об'єктів у системі-процесі теплової генерації визначені на підставі функціонального опису системи-процесу термореконного горіння в котлі "МЕТА-ВЗВ", тепловою потужністю 8-500 кВт. Використання цього методу дозволить вибирати раціональні структури і способи горіння на стадії проектування котла.

The General regularities of the condition of the systems-object in system-process to heat generation are determined on the grounds of functional system definition-process термореконного combustions in caldrons "SDEEU-HZU" heat power 8-500 kWt. Ispolizovaniye of this method will allow to choose the rational structures and ways of the combustion on stage of the designing caldron.

Получено 3.10.05