

Гостіщев В.О.

Державний університет «Одеська політехніка»

Максимов М.В.

Державний університет «Одеська політехніка»

ДОСЛІДЖЕННЯ АВТОМАТИЧНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ВОДОГРІЙНИМ КОТЛОМ

У статті детально вивчено, що собою являє такий об'єкт, як водогрійний котел, і вивчено його основні властивості, які допоможуть побудувати автоматичну систему керування. Також було досліджено основні параметри цього об'єкта, які можливо регулювати та які з них являють собою збурення на цей об'єкт. Було виведено основні параметри для контролю за цим об'єктом і можливі збурення, які можуть впливати на процеси регулювання. Вивчено, який саме закон регулювання треба застосовувати для автоматичної системи керування та який саме регулятор потрібно застосовувати для цієї системи. Проведено детально дослідження автоматичної системи керування та вивчено її стійкість до збурення. Наведено графіки для більш ефективного вивчення цієї автоматичної системи керування та зроблено висновки на основі експерименту над цією системою керування. Пояснено, чи справді ця система виконує свою роботу, та наведено основні тези для закріплення теорії про стійкість цієї системи до збурень.

Ключові слова: водогрійний котел, нагрівання води, математична модель, котел, температура води.

Постановка проблеми. Оскільки сам водогрійний котел являє собою об'єкт, який уже більш детально вивчено, то він потребує нових рішень у сфері автоматичного керування. Саме тому публікацію спрямовано на знаходження нових методів регулювання температури води на виході з водогрійного котла й насамперед оптимізації цього процесу та мінімізації витрат на цей процес. Саме для цього й було проведено детально дослідження, яке може допомогти оптимізувати процес керування об'єктом та зменшення часу на регулювання й витрату палива для нагрівання води.

Аналіз останніх досліджень і публікацій показав, що сам об'єкт уже більш детально вивчено. Також описано й основні системи автоматичного керування, які можливо застосовувати для водогрійного котла, та вказано майбутні перспективи для вдосконалення автоматичних систем, які приведуть як до оптимізації самого процесу регулювання, так і до витрати для цього процесу ресурсів. Вивчені публікації показали, що нині є перспективи в майбутньому вивчати нові системи автоматичного керування, які поліпшать роботу водогрійного котла та оптимізують основні параметри регулювання, зокрема й витрати палива.

Було вивчено публікації таких авторів: Р.Д. Ахметжанов, Є.Ф. Бузніков, А.Н. Рибальов та інших.

Постановка завдання. Мета статті – дослідити автоматичну систему регулювання водогрійним котлом.

Виклад основного матеріалу дослідження. Спочатку все-таки ми перш за все згадаємо, навіщо ж узагалі потрібен нам такий об'єкт, як водогрійний котел. Водогрійний котел – це пристрій, призначений для отримання гарячої води завдяки теплу, що виділяється під час спалювання палива. Теплофікаційний водотрубний газовий водогрійний котел ТВГ-8М – це прямооточний секційний теплогенератор із примусовою циркуляцією води, обладнаний окремим димососом і вентилятором. Схему водогрійного котла ТВГ-8М зображено на рисунку 1.

Котел ТВГ-8М має в наявності подові дифузійні пальники (4 шт.). Повітря до них подають дутьєвим вентилятором ДВ (без примусової подачі повітря до пальників котли задовільно працюють за навантажень до 40 % номін.). Пальники встановлюють у відсіках котла між двосвітними екранами, кожен із пальників має два ряди отворів, діаметром 1,5 мм, розташованих у шаховому порядку. Горюча суміш, яка утворюється в пальнику, запалюється й віддає тепло в топку. У результаті процесу горіння утворюються газоподібні продукти – димові гази. Вони надходять у конвективний газохід через отвір заввишки

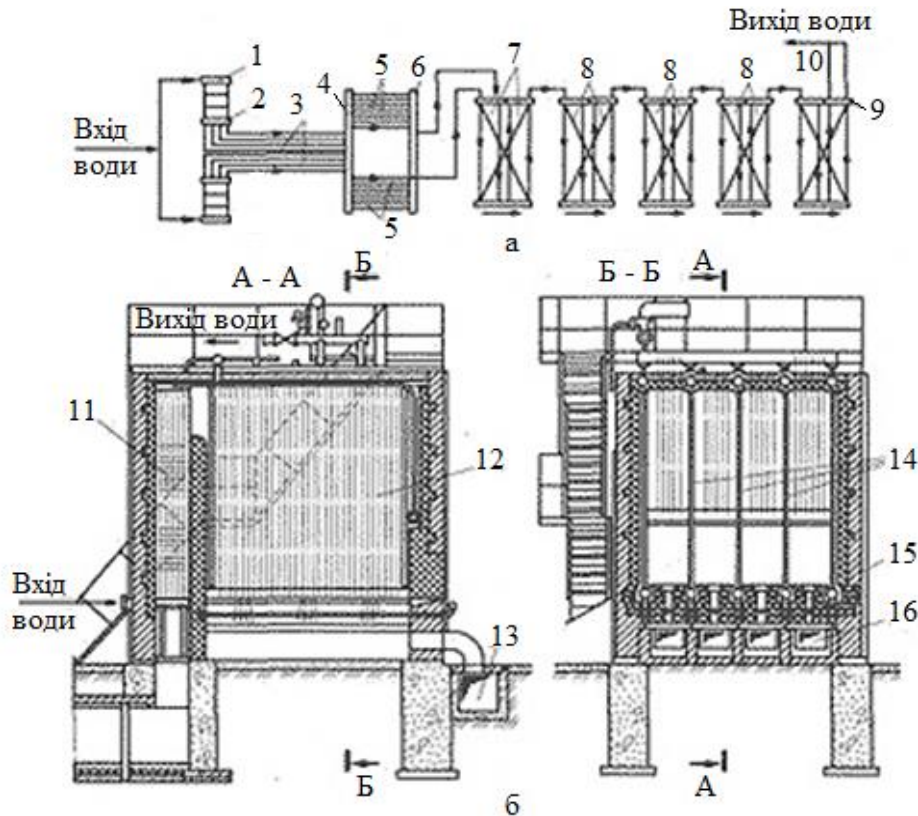


Рис. 1. Водогрійний котел ТВГ-8М

a – схема циркуляції води; б – будова котла; 1, 2 – нижні і верхні колектори конвективної поверхні; 3, 5 – стельові фронтальні труби; 4, 6 – нижній і верхній колектори стельового екрану; 7 – лівий боковий екран; 8, 14 – двосвітні екрани; 9 – правий боковий екран; 10 – вихід води в тепломережу; 11 – конвективна поверхня нагріву; 12 – радіаційна поверхня топки; 13 – повітряний канал; 15 – пальник; 16 – підпдові канали.

800 мм над розділовою стінкою, а потім димосос ДС викидає їх в атмосферу. Температура газів, що відходять за котлом, становить 190–210 °С.

Під час спалювання газового палива необхідно забезпечити: гарне попереднє перемішування газу з повітрям, ведення процесу з малими надлишками повітря, поділ потоку суміші на окремі струмені. Підігрів газоповітряної суміші й хімічна реакція горіння мають дуже швидкий перебіг. Основним фактором тривалості горіння є час, витрачений на перемішування газу з повітрям у пальнику. Від швидкості та якості перемішування газу з необхідною кількістю повітря залежать швидкість і повнота згоряння газу, довжина факела топки й температура полум'я. Для процесу горіння димососом створюється необхідне розрядження й забезпечується повне видалення продуктів згоряння. Якщо досягти співвідношення витрати повітря відповідно до подачі палива, процес спалювання буде здійснюватися з максимальною економічністю.

Для зменшення інтенсивності зовнішньої корозії труб водогрійних котлів необхідно підтримувати температуру води на вході в котли

вищою за температуру точки роси димових газів. Мінімально допустима температура води на вході в котли під час роботи на природному газі дорівнює 70 °С. Для забезпечення цього необхідно подавати деяку кількість гарячої води, що вийшла з водогрійних котлів, знову на вхід у котел для змішування з водою зі зворотного трубопроводу й підпиточною водою. Лінію, якою перекачують нагріту воду з виходу котла на його вхід, так само як і спеціальний насос РН, називають рециркуляційною.

Наявність ліній рециркуляції та перепуску води призводить до специфічних режимів роботи водогрійних котлів. Водогрійні котли надійно працюють лише за умови підтримання сталої кількості води, що проходить через них. З іншого боку, за якісного регулювання теплоспоживання в стаціонарному режимі потрібна сталість витрати теплоносія в тепловій мережі, сталість різниці тисків у прямому та зворотному трубопроводах у споживача для реалізації проектних гідравлічних налаштувань теплоспоживання. Ручне налаштування операторами перерахованих вище контурів регулювання за допомогою звичайних засувок без

засобів автоматизації, регуляторів не призводять до економічно виправданих результатів.

У котельні одночасно зазвичай працюють два котли, тому доцільно використовувати каскадно-пов'язане регулювання з головним регулятором. Він сприймає зміну температури зовнішнього повітря й температури прямої води, тобто в загальному колекторі. Впливає головний регулятор на регулятори палива всіх котлів. Окрім того, на регулятор палива подається сигнал від датчика температури води на виході з котла й від датчика температури зворотної води. Отже, подача палива змінюється залежно від температури зовнішнього повітря, температури в загальному колекторі, температури води за котлом і температури зворотної води.

Повітря повинне подаватися в такій кількості, щоб забезпечити повне спалювання палива. Якщо повітря не досить, то, крім неповноти спалювання, буде ще й забруднення атмосфери. Якщо повітря буде надлишок, то буде винесення тепла в трубу. Отже, потрібно регулювати співвідношення паливо – повітря.

Паливо може йти різної якості, і розрахунковий коефіцієнт співвідношення може виявитися не оптимальним. Для підвищення якості необхідно контролювати повноту спалювання палива за вмістом кисню в димових газах. Тож регулятор повітря буде змінювати подачу повітря залежно від розходу палива, витрати повітря, з корекцією за вмістом кисню в димових газах.

Для процесу горіння в топці має бути створено розрідження, якщо воно буде недостатнім, то можливе згасання полум'я. Якщо занадто велике – то відрив полум'я від пальника. Розрідження регулюється залежно від витрати повітря, зміною продуктивності димососа.

Детально все-таки розібравши такий об'єкт, як водогрійний котел, ми перейдімо до основної частини, яка пов'язана зі створенням автоматичної системи керування. І насамперед нам треба дослідити, які ж усе-таки керівні впливи є в цього об'єкта. Для цього ми побудуємо параметричну схему, яка нам і дасть це зрозуміти, оскільки ця схема показує основні канали регулювання, а також збурення, які можуть наноситися на цей об'єкт. Параметричну схему зображено на рисунку 2.

Зважаючи на цю параметричну схему, ми дізнаємося, що керівними величинами є F_v – витрата газу ($\text{м}^3/\text{год}$), F_g – витрата повітря ($\text{м}^3/\text{год}$), T – температура води ($^{\circ}\text{C}$). Збуренням у нас є $T_{н.в.}$ – температура води в певний момент ($^{\circ}\text{C}$) [1, с. 5].

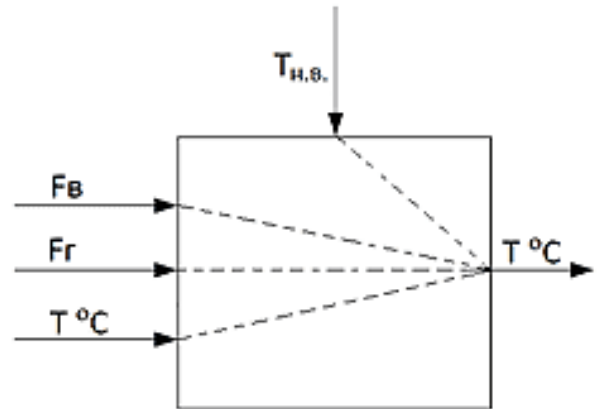


Рис. 2. Параметрична схема водогрійного котла

На підставі виконаного раніше аналізу особливостей застосовуваного водогрійного котла як об'єкта автоматизації, а також беручи до уваги концепцію побудови системи автоматичного керування, розроблено структурну схему системи автоматичного керування водогрійним котлом, яку зображено на рисунку 3.

Об'єкт регулювання САУ – водогрійний котел, його вихідний параметр – температура води на виході з котла, яка змінюється залежно від зміни температури зовнішнього повітря, температури зворотної мережної води й витрати газу, що подається. Кількість (витрата) повітря, що подається в топку котла, визначає економічність процесу горіння та пов'язана з витратою газу, що подається через коефіцієнт співвідношення газ – повітря – K_c . Збурюючими впливами є зміна зовнішньої температури повітря й температури зворотної мережної води [1, с. 8].

Розробивши структурну схему автоматичного керування, можна взятися до моделювання самої моделі котла та її системи керування в середовищі Simulink. Отриману схему зображено на рисунку 4.

Як типовий регулятор вибираємо ПІД-регулятор, оскільки він є універсальним. Використовуючи цей регулятор, можна отримати будь-який закон регулювання, оскільки в нього входять усі складники інших законів. Ще однією перевагою ПІД-регулятора є його можливість запобігати очікуваному відхиленню регульованої величини, реагуючи лише на вже наявне відхилення. Він виробляє додатковий регульовальний вплив, пропорційний швидкості відхилення регульованої величини від заданого значення [1].

Але для того щоби вся система працювала, треба знайти параметри для ПІД-регулятора, і в цьому випадку можна вибрати навіть найпростіший спо-

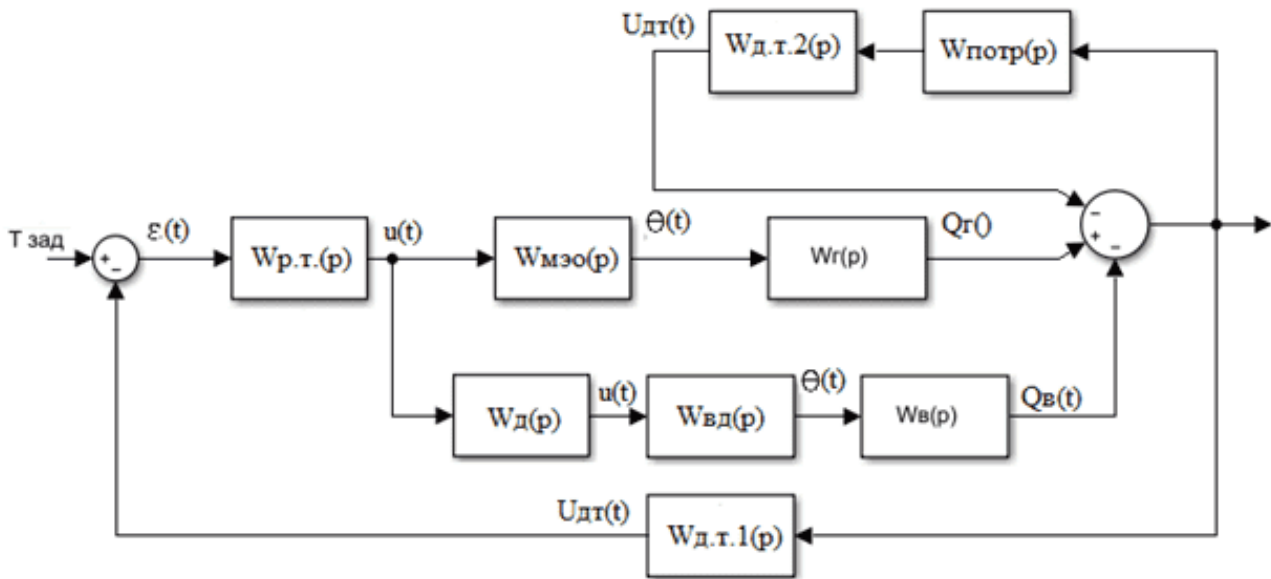


Рис. 3. Структурна схема системи автоматичного керування

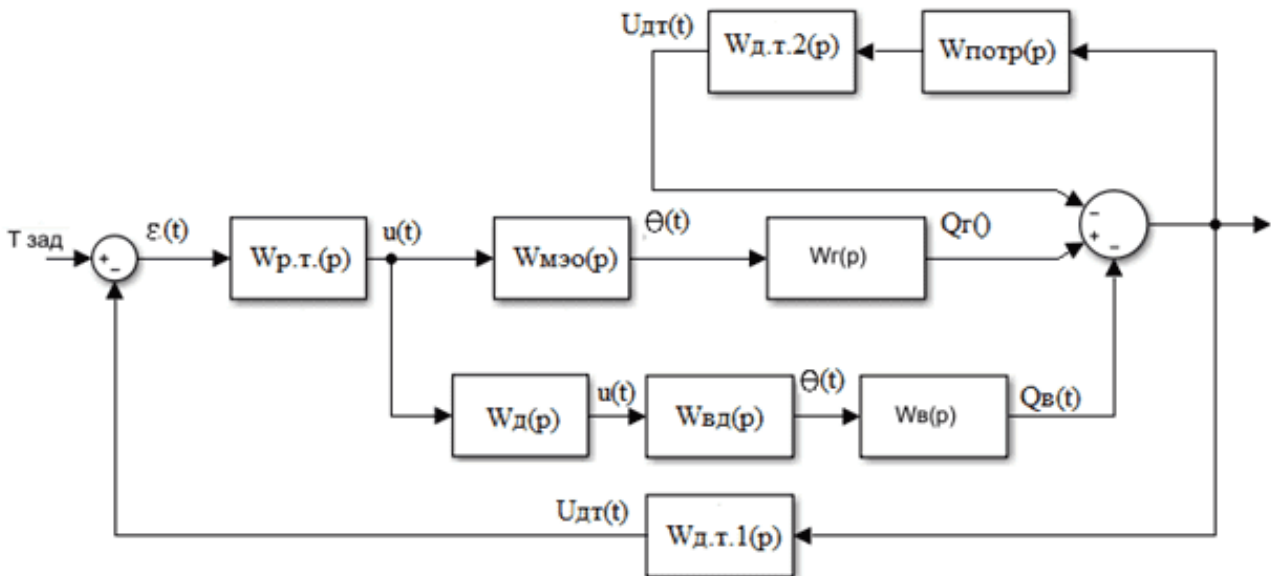


Рис. 4. Системи автоматичного керування водогрійного котла в середовищі Simulink

сіб: у налаштуваннях цього регулятора натиснути на кнопку «Tune» й отримати готові параметри для регулятора. Цей спосіб хоч і простий, але теж дає змогу знайти необхідні параметри регулятора та застосувати їх у процесі регулювання.

Для оцінювання якості управління системою автоматичного керування з розробленим ПІД-законом управління виконано моделювання процесу зміни температури води на виході водогрійного котла під час зміни збурюючого впливу на $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ (у момент часу $t, t=1300\text{ c}$), зміна температури задається на $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ (у момент часу $t=1900\text{ c}$). Реакція системи автоматичного керування на ці збурення зображено на рисунку 5.

Висновки. У матеріалі було розглянуто такий об'єкт, як водогрійний котел. Було розглянуто його основні властивості, а також виведено основні параметри для регулювання цього об'єкта. Завдяки цим знанням було виконано синтез регулятора температури води на виході з водогрійного котла. Виконане моделювання з використанням цієї моделі показало задовільну якість керування температурою води на виході водогрійного котла – як по каналу вхідних параметрів, так і по каналу збурення. Ця система автоматичного керування допоможе підвищити якість регулювання цим об'єктом, а також допоможе підвищити економію за ресурсами, а саме щодо газу.

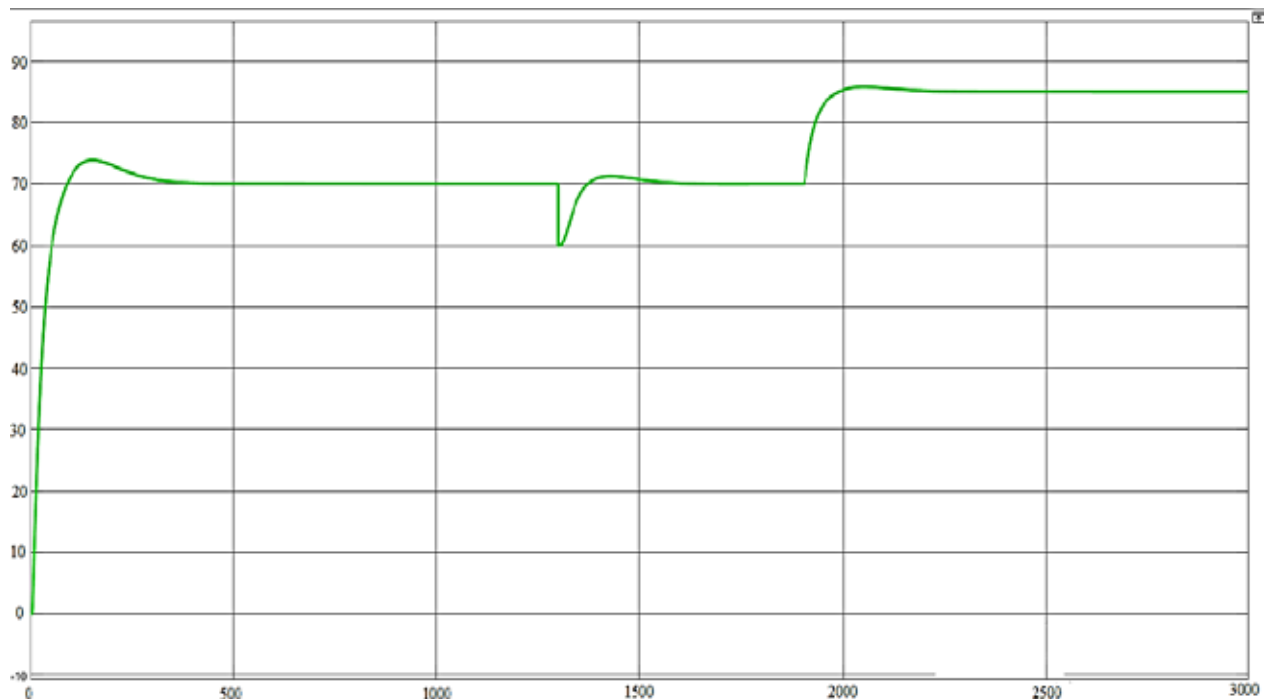


Рис. 5. Зміна температури води на виході котла з використанням розробленої системи автоматичного керування

Список літератури:

1. Ахметжанов Р.Д., Федюк Р.В. Розробка і дослідження системи автоматичного керування параметрами водогрійних котлів системи централізованого теплопостачання міського мікрорайону. Донецьк : ДонНТУ, 2015. 15 с.
2. Бузников Е.Ф., Роддатис К.Ф. Производственные и отопительные котельные. Москва : Энергоатомиздат, 1984. 248 с.
3. Плетнев Г.П., Зайченко Ю.П., Зверев Е.А., Киселев Ю.Е. Проектирование, монтаж и эксплуатация автоматизированных систем управления теплоэнергетическими процессами. Москва : Издательство МЭИ, 1995. 316 с.
4. Рыбалев А.Н. Автоматическое управление энергетическими установками : учебное пособие. Благовещенск : Амурский государственный университет, 2007. 105 с.

Gostishchev V.O., Maksimov M.V. RESEARCH OF AUTOMATIC BOILER CONTROL SYSTEM

It was studied in detail what is an object such as a boiler and studied its main properties, which will help build an automatic control system. The main parameters of this object that can be adjusted and which of them are perturbations on this object were also investigated. The main parameters for the control of this object and possible disturbances that may affect the control processes were derived. It is studied which control law should be applied to the automatic control system and which regulator should be applied to this system. A detailed study of the automatic control system and its resistance to disturbance. Graphs for more effective study of this automatic control system are given and conclusions are made on the basis of experiment on this control system. It is explained whether this system really does its job and the main theses for consolidating the theory of resistance of this system to disturbances are given.

The general behavior of the boiler in case of disturbances in the form of a given water temperature, which should be increased over time, and conclusions were made about finding the parameters of the regulator for this control system of the boiler. The general properties of the received automatic control system are investigated and conclusions about importance of development of this control system and its possible pluses for a boiler are made. These are the main points for which this automatic control system has great advantages in terms of regulation and its impact on various factors, such as fuel consumption and air consumption. Conclusions about the reliability of this automatic control system, based on the results of the study of this system. Conclusions are also made about the relevance of this study in our time. The relevance of the application of this automatic control system for this installation and the derivation of the main theses for the use of this automatic control

system based on the results of research as the installation itself and the impact on this installation of automatic control system. All data derived from this study were also analyzed in detail and conclusions were drawn based on the results obtained during the study. This study shows us the use of a more modern system of automatic control of the boiler, which is more rational to use for this type of object, based on the effectiveness of its use at present. The study was conducted on a more detailed model of the boiler, which will examine in detail this control system and show its effectiveness in a real study.

Key words: hot water boiler, water heating, mathematical model, boiler, water temperature.