

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ УЗГОДЖЕННЯ ВИРОБНИЦТВА І СПОЖИВАННЯ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Запропонований метод дозволяє за допомогою розробленої методики дослідження, оцінити можливу нев'язку виробництва та споживання теплової енергії, тобто за реальних умов: коливання температури навколишнього середовища, коливання якості палива (його теплотворної спроможності); зміна характеристик теплообмінних пристроїв в процесі експлуатації; коливання втрат теплової енергії в процесі її транспортування.

Запропонована нами модель дозволяє оцінити коливання температури прямої та зворотної води котла, температури в приміщенні, потрібну витрату палива на котел в реальних умовах нестабільності впливаючих на систему теплопостачання факторів.

Ключові слова:

Інтенсивність теплообміну, виробництво теплоти, споживання теплоти, система теплопостачання.

Abstract

Proposed method allows using the proposed research methodology to estimate the possible residual production and consumption of thermal energy, that is, when the wild fluctuations in ambient temperature, fluctuations in fuel quality (its heating value); selection of heat exchangers; heat losses during its transportation.

The proposed model allows to estimate temperature variations direct and reverse boiler water temperature in the room, the desired fuel consumption by the boiler.

Keywords:

The intensity of heat transfer, experimental calculation method, the consumption of energy.

Узгодження виробництва і енергоспоживання теплової енергії визначає енергоефективність системи, придатність системи виконувати своє призначення: забезпечити теплотехнологічні вимоги; сан технічні норми в приміщеннях, потрібний рівень енергоефективності тощо.

Котельні є основним джерелом теплопостачання для середніх (з чисельністю населення близько 100 тис.) і малих (до 50 тис.) міст. Залежно від величини теплового навантаження комунальні котельні, що призначені в основному для відпускання теплоти житловим і громадським будинкам, класифікують відповідно до структурних одиниць території міст: будинкові, групові, мікрорайонні, районні [1, 2].

Внаслідок збільшення відбору води з мереж котельні, що обслуговують відкриті системи теплопостачання, мають більшу потужність апаратів підготовки води для котлоустановок [1].

В літературі розглядається багато різних схем теплопостачання, їх компоновки та деякі види регулювання цих систем. В більшості випадків виникає неузгодженість між виробництвом і споживанням енергії тому пропонується розглянути модель яка максимально наближена до реальних експлуатаційних умов [1-3].

Розглянемо модель системи: джерело енергії (деревина), теплової енергії (котел), підсистема переданої теплової енергії (трубопроводи прямої та зворотної води), споживач (будівля, умовний теплообмінник); навколишнє середовище з реальною зміною температури.

Математична модель складається із модулів; балансових рівнянь котла, будівлі, теплообмінника, трубопроводів прямої і зворотної води; визначення середньоінтегрального

коефіцієнта термічного опору будівлі (приміщення); визначення середньоінтегрального коефіцієнту тепловіддачі від поверхні теплообмінників, які обігрівають приміщення.

Вихідні дані: тип палива його характеристики; номінальна потужність котла; допустимі коливання потужності котла відносно номінальної потужності котла і ККД котла, коливання коефіцієнта корисної дії котла; сумарна огорожувальна поверхня будівлі, відносно якої визначається середньоінтегральний коефіцієнт термічного опору; сумарна теплообмінна поверхня теплообмінників, які обігрівають приміщення будинку; коефіцієнти втрат теплоти прямого і зворотного трубопроводу; реальні графіки коливання температури навколишнього середовища в часі.

На рисунку 1 показана принципова модель системи.

Забезпечення якісного тепlopостачання можна досягти також комбiнуванням джерел енергiї (природний газ, електрична енергiя, деревина). Математична модель буде враховувати цiлий ряд комплексних показникiв, якi описанi нижче.

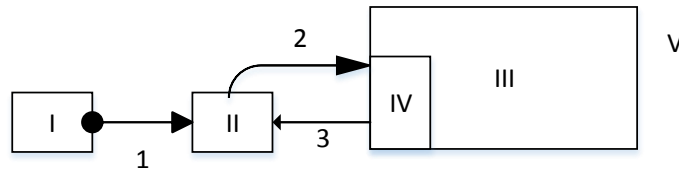


Рисунок 1 – Принципова модель системи;

I – джерело палива; II – джерело теплоносiя; III – будiвля (споживач); IV – теплообмiнник; V – навколишнє середовище; 1- подача палива; 2- прямий(гарячий теплоносiй) трубопровiд; 3- зворотнiй трубопровiд (охолоджений теплоносiй).

Математична модель, яка представлена в алгебраїчному вигляді; дозволяє вести розрахунки в квазістатичних режимах і отримувати такі результати на протязі визначеного часу: температуру в приміщеннях будинку, температуру в прямому і зворотному трубопроводі, подачу палива, викиди CO₂ та інших. Графічне зображення потоків енергії в моделі представлено на рисунку 2.

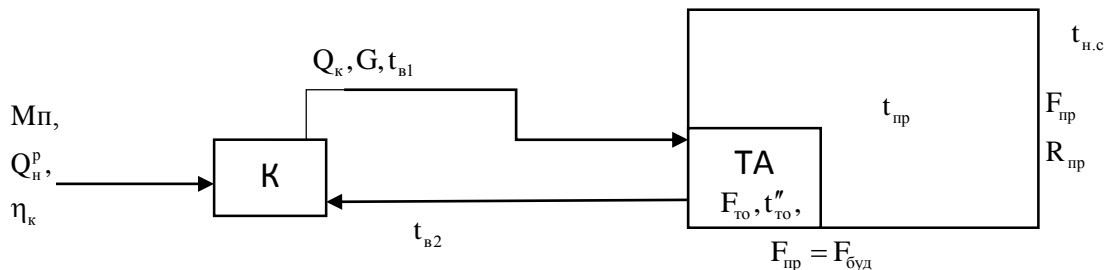


Рисунок 2 – Розрахункова схема моделі

де M_p – масова витрата пального, кг/с; Q_n^p – нижча робоча теплота спалювання палива, кДж/кг; η_k – ККД котла; Q_k, G – потужність котла (кВт) та витрата води через систему, кг/с; $t_{в1}, t_{в2}$ – температури теплоносiїв в прямому та зворотному трубопроводiв вiдповiдно, °C; $F_{то}$ – загальна площа теплообмiнної поверхнi, м²; $F_{пр}$, $F_{буд}$ – приведена площа теплообмiну нагрiваючих пристроїв та огорожувальна площа будiвлi, м²; $R_{пр}$ – приведений термiчний опiр огорожувальних конструкцiй будiвлi, $\frac{m^2 \cdot ^\circ C}{W}$; $t_{пр}, t_{н.с}$ – осереднена температура в примiщеннях будiвлi та температура навколишнього середовища, °C, $t_{то}''$ – осереднена температура поверхнi теплообмiнних пристроїв, °C.

Математична модель включає в себе функцію мети, сукупність балансових рiвнянь, для всiх елементiв системи, сукупність рiвнянь процесiв для всiх елементiв, обмеження залежних та незалежних змiнних, сукупність рiвнянь процесiв для всiх елементiв.

За умов формалiзацiї постановки задач оптимiзацiї теплотехнологiчної системи можна видiлити наступнi етапи: визначення областi реалiзацiї об'єкта, об'рунтування функцiї якостi об'єкта, формування областi оптимiзацiї об'єкта; системне математичне моделювання об'єкта (системна

структурно модульна побудова моделі, класифікація об'єктів, класифікація задач, загальні структури розрахунку, модулі розрахунку елементів); методи пошуку оптимальних рішень.

Числові дослідження на даній моделі для наступних умов:

- приведена площа будівлі, $F_{пр} = 450\text{м}^2$;
- приведений термічний опір будівлі, $R_{пр} = 2,8 \frac{\text{м} \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$;
- розрахункова температура для опалення, $t_{co} = -4 \text{ }^\circ\text{C}$;
- розрахункова температура в приміщенні, $t_{пр} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$;
- коефіцієнт тепловіддачі від ТА до повітря, $30 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ К})$;
- температурний графік системи опалення 70/50 $^\circ\text{C}$;
- графік середніх температур за січень 2016 року.

Вибравши для дослідження графік середніх температур за січень 2016 року, проведемо аналіз температури повітря в приміщенні, температури подавальної і зворотної мережної води. Результати представлено графічно на рисунку 3.

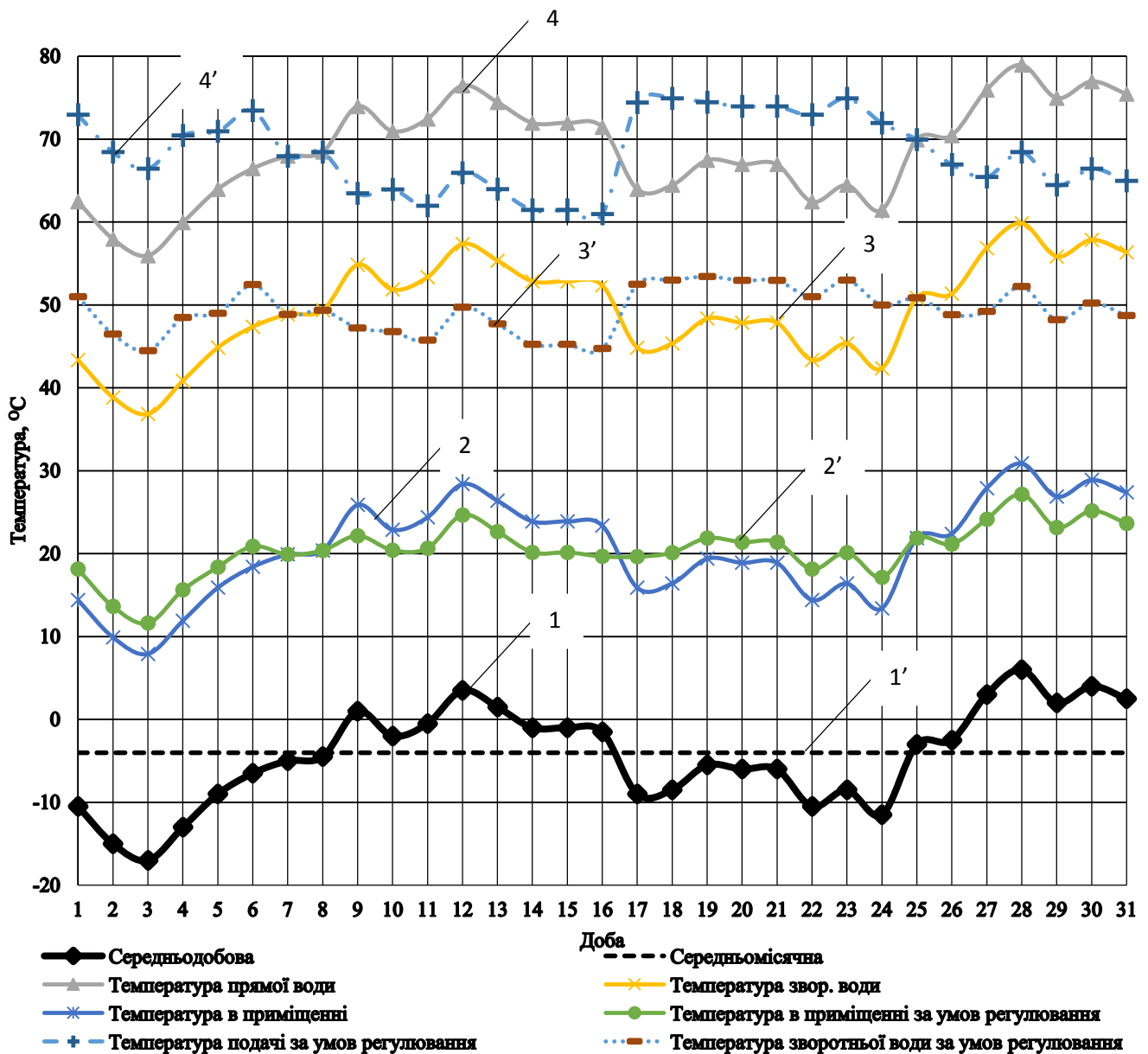


Рисунок 3 – Температури середовищ за умов проведеного числового експерименту

На рисунку 3: 1 – середньодобова температура навколишнього середовища на протязі січня 2016 року; 1' – усереднена температура за січень 2016 р; 2 – коливання усередненої добової температури в приміщеннях будівлі за умов номінального навантаження котла; 2' – усереднена добова температура в приміщенні за умов регулювання потужності котла (діапазон 1-7 січня – навантаження котла 115% від номінального; 9-15 січня – 85-90; 17-26 січня – 110-115; 26-31 січня – 85); 3, 3' – температура води в зворотному трубопроводі при номінальному режимі та за умов регулювання з врахуванням 2, 2'; 4, 4' – температура в подавальному трубопроводі за умов номінального навантаження котла та при регулюванні навантаження з врахуванням 2, 2'.

Використання даної математичної моделі можливе за умов проектування, експлуатації та обстеження існуючих систем енергопостачання, передбачає можливість формування вхідних даних для забезпечення управління системою.

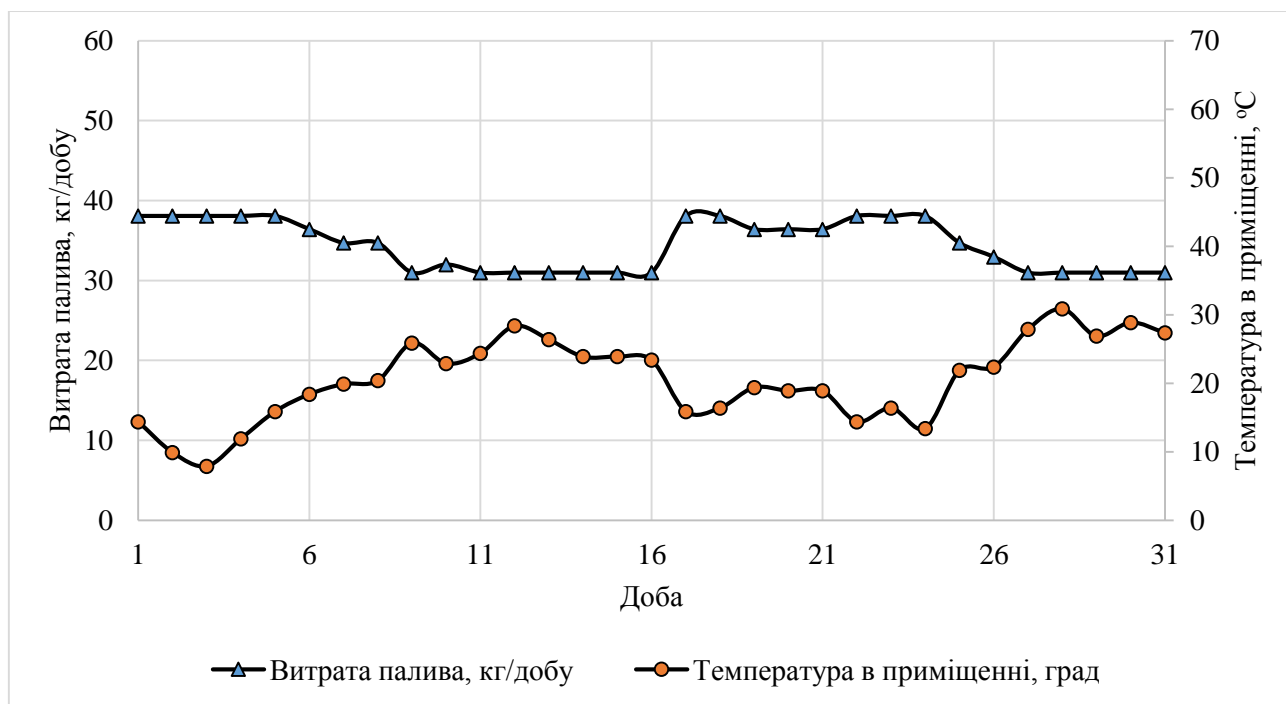


Рисунок 4 – Залежність витрати палива від добового навантаження

Висновки

У відповідність з ДБН джерело енергії вибирають по розрахунковій температурі, яка є найнижчою за опалювальний період. При цьому очікується імовірність перевитрати коштів на усіх етапах життєвого циклу об'єкта: капітальні затрати на будівництво системи, перевитрата коштів на паливо у відносно теплий опалювальний період.

Запропонована модель дозволить знизити капітальні затрати на усіх етапах функціонування системи. Здійснити більш якісне регулювання за рахунок комбінування джерел енергії.

Модель відкрита для подальшого вдосконалення по мірі вдосконалення систем тепlopостачання.

Модель допомагає сформулювати вимоги до системи управління тепlopостачання. Дозволяє сформулювати вимоги до обстеження системи опалення.

Conclusions

In accordance with state building codes energy source selected by design temperature, which is the lowest for the heating season. It is expected probability of cost overruns at all stages of the life cycle of the facility: capital costs for construction of the system, cost overruns fuel in relatively warm heating season.

The proposed model will reduce capital costs at all stages of the system. Make better regulation through a combination of energy sources.

The model is open to further improvement as far as improving the heating systems.

The model helps articulate the requirements for heat management system. Allows you to create requirements for the inspection of the heating system

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. П. Н. Каменев Отопление и вентиляция. Учебник для вузов. В 2-х ч. Отопление. Изд 3-е, перераб. и доп. / Каменев П. Н., Сканин А. Н., Богословский В. Н. и др. – М.: Стройатомиздат, 1975 г.
2. А.М. Бакластов Промышленная теплоэнергетика и теплотехника: Справочник. / Бакластов А.М., Бродянский В.М., Голубев Б.П. и др. Под общей редакцией В.А. Григорьева и В.М.Зорина. – М.: Энергоатомиздат, 1983 – 552с.
3. Ткаченко С.Й. Розрахунки теплових схем і основи проектування джерел тепlopостачання. Навч. Пос / С. Й. Ткаченко, М.М. Чепурний, Д.В. Степанов - Вінниця: ВНТУ, 2005. – 137с.
4. ДБН Д.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування. – К.: Мінрегіон України, 2013. – 149 с.

Ткаченко Станіслав Йосипович – д. т. н., професор, завідувач кафедри теплоенергетики.

Парицький Артем – студент факультету ТГП, гр. ТЕ-12.

Денесяк Дмитро Іванович – аспірант кафедри теплоенергетики, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, E-mail: doc13energee@gmail.com.

Ткаченко Станіслав Йосипович – д. т. н., професор, завідувач кафедри теплоенергетики, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, E-mail: stahit@mail.ru.

Stanislav Tkachenko - Dc. Sc., Professor, Head of the power system.

Parytskyu Artem - student of TGP, gr. TE-12.

Denesyak Dmitry - graduate student of heating, Vinnytsia National Technical University. Vinnytsya, E-mail: doc13energee@gmail.com.

Stanislav Tkachenko - Dc. Sc., Professor, Head of the power system, Vinnytsia National Technical University. Vinnytsya, E-mail: stahit@mail.ru.