

2. The energy efficiency policy as a consequence of the impact of advanced technologies, efforts are directed to a gradual change in the structure of the economic mechanism economically.

3. Policies "slogan-raising energy efficiency" in the industry, we have now in Ukraine.

**Originality.** Scientific novelty of the development of new methods of assessment and forecasting energy saving measures and technologies in the industry; justification modes and operating parameters of the process equipment, the maximum and minimum allowable (critical) values of consumption of electrical energy, optimization of costs and material resources, as well as the duration of the implementation of the latest technologies.

**Practical value.** Given the significant impact of energy intensity of industrial production on the overall efficiency of the industry, its crucial role in ensuring the competitiveness of production, it is necessary the introduction of a deliberate policy to reduce energy intensity through the efficient use of energy resources.

**Keywords:** *energo effectiveness, energo effectiveness policy, the development of the enterprise.*

УДК 620.92:644.1

КУЗНЕЦОВА О.О.

Київський національний університет технологій та дизайну

### АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ СПОСОБУ ЕКОНОМІЇ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ ЗА РАХУНОК ПЕРІОДИЧНОГО ЗНИЖЕННЯ ТЕМПЕРАТУРИ ПОВІТРЯ НАВЧАЛЬНИХ АУДИТОРІЙ У НЕРОБОЧІЙ ЧАС

**Мета.** Проаналізовано способи автоматичного регулювання систем опалення приміщень.

**Методика.** Детально розглянуто особливості регулювання із застосуванням індивідуальних регуляторів теплового потоку.

**Практична значимість.** За допомогою інженерної методики розрахунку продемонстровано енергоефективність застосування так званого переривчастого режиму опалення на прикладі навчальної аудиторії.

**Ключові слова:** *системи опалення, опалювальні прилади, регулятори теплового потоку, тепла енергія, енергоощадний режим, погодозалежне регулювання*

**Вступ.** Суттєва економія теплової енергії, що витрачається на акліматизацію будівель, при порівняно невеликих капітальних витратах забезпечується застосуванням автоматичного регулювання її подачі, що відмічається у багатьох працях, зокрема, у роботі [1]. В цій роботі вказується, що при встановленні оптимального режиму роботи економія теплової енергії може скласти 20% і більше від річного споживання на опалення без порушення теплового режиму будівель.

Автоматичне регулювання систем опалення може бути здійснене різними способами. На сьогодні поширення набувають такі способи, як індивідуальне регулювання із застосуванням регуляторів теплового потоку (термостатів), що встановлюються на опалювальних приладах, а також автоматичне регулювання у джерела теплової енергії – пофасадне регулювання.

Дослідження, проведені в Україні та за кордоном, показали, що оснащення опалювальних приладів індивідуальними автоматичними регуляторами теплового потоку (термостатами) дозволяє, в залежності від типу терморегуляторів та умов їхньої експлуатації, зменшити витрату теплової енергії на опалення на 10 – 20%, за рахунок зниження витрат теплоти на «перетоп» та за рахунок врахування теплонадходжень із сонячною радіацією, із внутрішніми тепловиділеннями (при перевищенні їх в окремих приміщеннях від величини, закладеної в графіку подачі теплоти на опалення) і від зниження повітрообміну в опалюваних приміщеннях.

Згідно дослідженням, навіть при закритому положенні термостата залишкова тепловіддача опалювального приладу складає біля 15%, а разом з теплонадходженнями від трубопроводу стояка системи, що проходить у приміщенні, які зростають з прикриттям термостатів при відсутності регулювання на ввіді, нерегульована тепловіддача досягає 50% від загальної. Тому індивідуальне

авторегулювання тепловіддачі опалювальних приладів слід доповнювати авторегулюванням подачі теплоти на вводи у будівлю, у тому числі і пофасадним. У випадку комплексного обладнання системи опалення не лише індивідуальними термостатами, але й регуляторами у джерела теплової енергії або індивідуальних теплових пунктах досягається більший ефект економії теплової енергії на опалення – до 25 – 35 % [2].

Серед задач управління системами опалення значне місце займають задачі так званого переривчастого режиму опалення. Для більшості сучасних будівель (адміністративних будівель, шкіл, вищих навчальних закладів, театрів, кінотеатрів, низки виробничих приміщень тощо) дозволяється зниження температури внутрішнього повітря нижче нормативного значення на протязі доби, у вихідні та святкові дні з ціллю економії енергії, що витрачається на їхнє теплозабезпечення. До початку використання цих приміщень за призначенням температурний режим в них має відповідати нормативним параметрам. Такий режим опалення, коли температура внутрішнього повітря знижується на деякий період часу нижче комфортного значення, називається «переривчастим».

Табуншиковим Ю.А. у роботі [3] зазначено, що переривчаста теплоподача, зменшуючи загальну витрату теплоти, потребує більш високої подачі теплоти у період натопу. Таким чином, переривчаста подача теплоти є економічно вигідною, зазвичай, при відносно достатньо високій температурі зовнішнього повітря, яка має місце переважно у перехідні періоди року, коли для натопу можна використовувати існуючу потужність системи опалення.

Система переривчастої теплоподачі буде особливо ефективною, коли вона здатна за стислий час без застосування додаткової потужності підвищити температуру внутрішнього повітря до нормативного значення. Проведені Табуншиковим Ю.А. дослідження показали, що таким вимогам в значній мірі задовольняють так звані двокомпонентні системи опалення. Основна (фонова) частина системи може підтримувати в приміщенні температуру порядку 12-16 °С, а додаткова на протязі короткого проміжку часу може довести її до нормативної. Система фонових опалення може бути будь-якої теплоємності, а додаткова система має бути малотеплоємною і такою, що легко регулюється. Двокомпонентні системи можуть бути різної конструкції.

Все вищесказане дає підстави для застосування методу переривчастого опалення для економії енергії на опалення у навчальних аудиторіях. При цьому зниження температури повітря в аудиторіях може здійснюватися у нічні години, вихідні і святкові дні та на протязі канікулярного періоду.

**Постановка завдання.** Враховуючи актуальність питання економії теплової енергії, що витрачається у системах опалення приміщень, стаття присвячена розгляду можливості застосування методу переривчастого опалення у навчальних аудиторіях та кількісному визначенню економії теплових ресурсів при такому методі регулювання.

**Об'єкт та методи дослідження.** Об'єктом дослідження є аналіз енергоефективності застосування методу переривчастого опалення у навчальних аудиторіях. Для вирішення поставленої задачі було використано сучасні методи теоретичних досліджень, що базуються на теорії теплообміну.

**Результати досліджень та їх обговорення.** В інженерній практиці зазвичай розглядають процеси охолодження та нагріву приміщень при сталій температурі зовнішнього повітря, коли підведення теплової енергії не дорівнює тепловим втратам. Очікувану температуру внутрішнього повітря  $t(\tau)$ , що встановиться в приміщенні через час  $\tau$  після змінювання теплової потужності опалювальних приладів, можна визначити за наближеною формулою Є.Я. Соколова [4]:

$$t_B(\tau) = t_3 + \frac{Q_0}{q_0 V} + \frac{t_B^{\text{II}} - t_3 - Q_0/(q_0 \cdot V)}{e^{\tau/\beta}},$$

де  $t_3$  – температура зовнішнього повітря, °С;  $Q_0$  – кількість теплоти, що надходить до приміщення від системи опалення, Вт;  $q_0$  – питомі теплові втрати приміщення через огорожувальні конструкції, Вт/(м<sup>3</sup>·°С);  $V$  – об'єм приміщення, м<sup>3</sup>;  $t_B^{\text{II}}$  – початкова температура приміщення, °С;  $\tau$  – час, год.;  $\beta$  – коефіцієнт теплової акумуляції приміщення, 1/год.

Для аналізу теплового стану обрана лекційна аудиторія 1-0413 КНУТД. Аудиторія розташована на четвертому поверсі. Це приміщення має загальну площу 96,7 м<sup>2</sup>, висоту 3,5 м. Приміщення має одну зовнішню стіну довжиною 14,3 м з шістьма вікнами загальною площею 20,7 м<sup>2</sup>;

дві внутрішні стіни довжиною 5,9 м кожна та одну внутрішню стіну довжиною 14,3 м з розташованими в ній двома дверима завширшки 0,9 м кожна. Зовнішня стіна виконана з цегли та має внутрішню вапняну штукатурку. Внутрішні стіни виконані з цегли та гіпсокартону. Перекриття приміщення – дерев'яне, над яким розташоване горище. В аудиторії розташовано два опалювальні пристрої (радіаторні батареї). Система опалення – централізована.

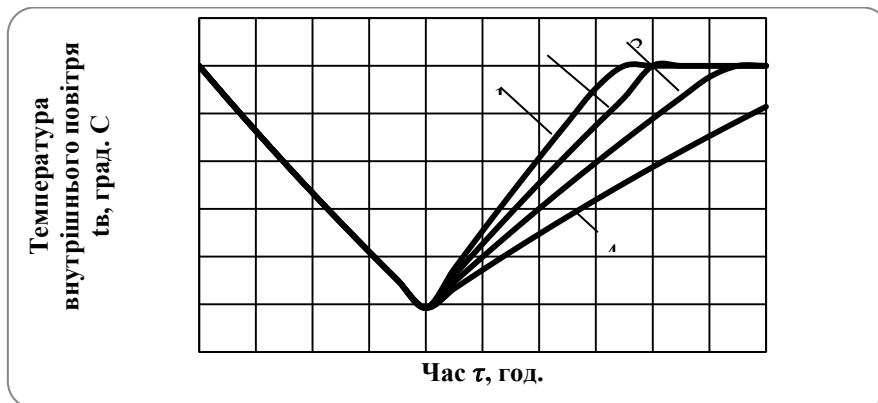
Для розрахунку було прийняті такі значення температур: температура внутрішнього повітря при комфортному тепловому режимі  $t_v=18\text{ }^\circ\text{C}$ , температура зовнішнього повітря  $t_3=-10\text{ }^\circ\text{C}$ .

У багатьох роботах, підкреслюється, що для прогріву приміщення після тимчасового охолодження потужність опалювальних приладів має бути підвищеною (порівняно з розрахованою для стаціонарного комфортного режиму для тих самих умов). При цьому важливо виявити найбільш оптимальний (з точки зору енергоощадності) режим. Тому був виконаний розрахунок для випадків, коли прогрів приміщення здійснюється з підвищенням потужності на 20, 30, 40 та 50% відповідно. Час відключення опалювальних приладів приймався рівним 8 годин.

Дані розрахунку наведені на рис. 1. З графіка видно, що, коли потужність опалювальних приладів під час прогріву приміщення збільшена лише на 20%, то температура у  $18\text{ }^\circ\text{C}$  не досягається навіть через 12 год., тоді як при збільшенні потужності, наприклад, на 40% комфортна температура у приміщенні досягається вже через 8 год. Тобто після 8 год. натопу потужність опалювальних приладів вже може бути знижена до розрахункової при комфортному стаціонарному режимі.

У табл. 1 наведено порівняння добових енерговитрат на теплопостачання приміщення при різних варіантів управління тепловим режимом. При цьому варіант №1 відповідає випадку, коли система опалення не регулюється.

З таблиці видно, що найбільш енергоощадним є режим, при якому потужність опалювального пристрою під час прогріву приміщення більша на 40% порівняно з розрахунковою для стаціонарного режиму. При цьому, згідно розрахункам, опалювальні пристрої можна відключати о 17 годині, а включати о 24 годині. Після 8 годин натопу досягається температура  $18\text{ }^\circ\text{C}$  і потужність опалювальних приладів зменшується до розрахункової для комфортного стаціонарного режиму.



**Рис. 1.** Динаміка зміни температури повітря у приміщенні при застосуванні переривчастого способу опалення; підвищення теплової потужності опалювальних приладів під час прогріву приміщення, у % до розрахункової для комфортного стаціонарного стану: 1 – 50 %; 2 – 40 %; 3 – 30 %; 4 – 20 %

**Табл. 1.** Порівняння добових енерговитрат на опалення для різних варіантів управління тепловим режимом приміщення

№ варіанта	Час відключення опалювальних приладів, год.	Підвищення потужності опалювальних приладів під час прогріву приміщення порівняно з розрахунковою, %	Добові енерговитрати, кВт·год.	Економія теплової енергії, % (порівняно з вар. №1)
1	0	0	238,6	0
2	8	30	191,8	19,6
3	8	40	190,9	20,0
4	8	50	193,8	18,8

### Висновки

1. За допомогою спрощеної інженерної методики розрахована динаміка зміни внутрішньої температури приміщення при застосуванні переривчастого способу опалення.
2. Показано, що застосування переривчастого способу опалення дозволяє знизити енерговитрати на опалення.
3. Економія теплової енергії при застосуванні переривчастого способу опалення залежить від потужності опалювальних приладів, яка застосовується під час прогріву приміщення. При цьому потужність опалювальних приладів під час прогріву приміщення має бути вищою, ніж розрахункова потужність для стаціонарного режиму при комфортній внутрішній температурі.
4. Цей спосіб може бути застосований для зниження енерговитрат на опалення в приміщеннях, де вдень необхідно підтримувати комфортну температуру, а вночі (а також вихідні, святкові дні, під час канікул тощо) можливим є зниження температури нижче комфортного рівня. Для розробки схеми управління тепловим режимом необхідно, зрозуміло, врахувати ще багато факторів: можливі додаткові теплонадходження до приміщення, кратність вентиляції, зміну зовнішньої температури тощо. Для розробки схеми управління тепловим режимом актуальним є визначення оптимальної тривалості часу відключення опалювальних приладів або зниження їхньої теплової потужності на протязі доби, час включення опалювальних приладів, значення додаткової потужності опалювальних приладів, що застосовується під час прогріву.

### Список використаної літератури

1. Энергосбережение в системах теплоснабжения, вентиляции и кондиционирования воздуха. Справочное пособие/ Под ред. Богуславского Л. Д., Ливчака В. И. – М.: Стройиздат. – 1990. – 624 с.
2. Сасин В. И. Термостаты в российских системах отопления / В. И. Сасин // АВОК. – 2004. - № 5. – С. 64 – 70.
3. Табунщиков Ю. А. Математическое моделирование и оптимизация тепловой эффективности зданий / Ю. А. Табунщиков, М. М. Бродач. – М.: АВОК – ПРЕСС, 2012. – 204 с.
4. Соколов Е. Я. Теплофикация и тепловые сети / Соколов Е. Я. – М.: Изд.-во МЭИ, 2001. – 472 с.

### АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ СПОСОБА ЭКОНОМИИ ТЕПЛОЙ ЭНЕРГИИ ЗА СЧЁТ ПЕРИОДИЧЕСКОГО СНИЖЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА УЧЕБНЫХ АУДИТОРИЙ В НЕРАБОЧЕЕ ВРЕМЯ

КУЗНЕЦОВА Е. А.

*Киевский национальный университет технологий и дизайна*

**Цель.** Проанализированы способы автоматического регулирования систем отопления помещений.

**Методика.** Более подробно рассмотрены особенности регулирования с использованием индивидуальных регуляторов теплового потока.

**Практическая значимость.** При помощи инженерной методики расчёта продемонстрирована энергоэффективность использования так называемого прерывистого режима отопления на примере учебной аудитории.

**Ключевые слова:** системы отопления, отопительные приборы, регуляторы теплового потока, тепловая энергия, энергосберегающий режим, погодозависимое регулирование.

### THE ANALYSIS OF THE EFFICIENCY OF THE HEAT ENERGY SAVING METHOD DUE TO THE EDUCATIONAL AUDITORY AIR TEMPERATURE PERIODIC LOWERING

KUZNETSOVA O. O.

*Kyiv National University of Technologies and Design*

**Purpose.** The efficiency of the thermal energy saving methods of regulation of room heating systems is analyzed. **Methodology.** The features of regulation with the use of individual heat rate regulators are considered in detail.

**Practical value.** With the help of engineering calculation procedure the energy efficiency of the use of intermittent heating regime is demonstrated.

**Key words:** heating systems, heating devices, regulators of heat rate, thermal energy, energy saving regime, weather dependent regulation.