

АНАЛИЗ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ СПОСОБА ПЕРИОДИЧЕСКОГО СНИЖЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА ОТАПЛИВАЕМЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

Круковский П.Г., Тадля О.Ю., Метель М.А., Скляренко Д. И.

Институт технической теплофизики НАН Украины
г. Киев, Украина

АННОТАЦИЯ: За допомогою моделювання теплового стану приміщення проведено порівняльний кількісний аналіз варіантів зниження витрат енергії в робочі дні тижня за рахунок зниження температури повітря в приміщенні в період відсутності людини (8-19 год) та нічний період (23-7 год) при роботі опалювального пристрою в переривчастому режимі.

АННОТАЦИЯ: С помощью компьютерного моделирования теплового состояния помещения проведен анализ вариантов уменьшения энергозатрат в рабочие дни недели за счет снижения температуры воздуха помещения в периоды отсутствия человека (8-19ч) и ночной (23-7ч) при работе отопительного прибора в прерывистом режиме.

ABSTRACT: Using computer modeling of the thermal condition of the room research analysis of variants to reduce energy consumption in working days by decreasing temperature of the air during periods of human absence (8-19h) and night (23-7h) when the heater working in a intermittent mode is performed.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: прерывистое отопление, регулирование температуры воздуха в помещении, экономия энергии.

Основные пути снижения потребления энергии в ЖКХ являются следующими:

1. Повышение эффективности работы энергетического оборудования (ТЭЦ, ТЭС, котельные) и др.

2. Снижение теплотерь зданий за счет увеличения термического сопротивления ограждающих конструкций (замена окон, утепление стен, перекрытий над подвалами и под чердаками и т.д.).

3. Уменьшение энергозатрат за счет периодического снижения (по сравнению с комфортной) температуры воздуха отапливаемых помещений в периоды отсутствия людей.

В работе рассматривается последний способ на примере суточного управления тепловым режимом помещения в рабочие дни недели с целью минимизации энергозатрат на его отопление.

Анализ литературы показал наличие ограниченного числа работ, посвященных этому вопросу. Некоторые авторы [1, 2] приводят результаты исследования прерывистого режима отопления, но они не объясняют схемы перехода от экономичного к комфортному режиму в помещении. Также на рынке присутствуют специальные приборы (термостаты, программаторы), которые позволяют установить желаемую температуру

воздуха в помещении путем прерывистого режима отопления. При пользовании такими приборами важным параметром является время включения котла после снижения температуры в период отсутствия людей в помещении. При этом их разработчики пишут о возможности экономии до 30% от потребляемой энергии. Ответа на вопрос о времени начала перехода от экономичных режимов к комфортному и необходимой для этого мощности котла в инструкциях к этим приборам также нет.

Таким образом, определение времени включения отопительного прибора и его мощности для разогрева помещения до заданного уровня комфортной температуры с помощью программатора необходимо уметь рассчитывать, что возможно с помощью моделирования теплового состояния помещения с прерывистым режимом работы системы отопления.

Моделирование позволяет также провести количественный анализ возможностей (путей) максимального снижения энергозатрат за счет снижения температуры воздуха помещения (применение экономичных режимов) в период отсутствия человека и ночной период, что является **целью данной работы**.

Ниже приведены некоторые определения, используемые в работе (рис. 1).

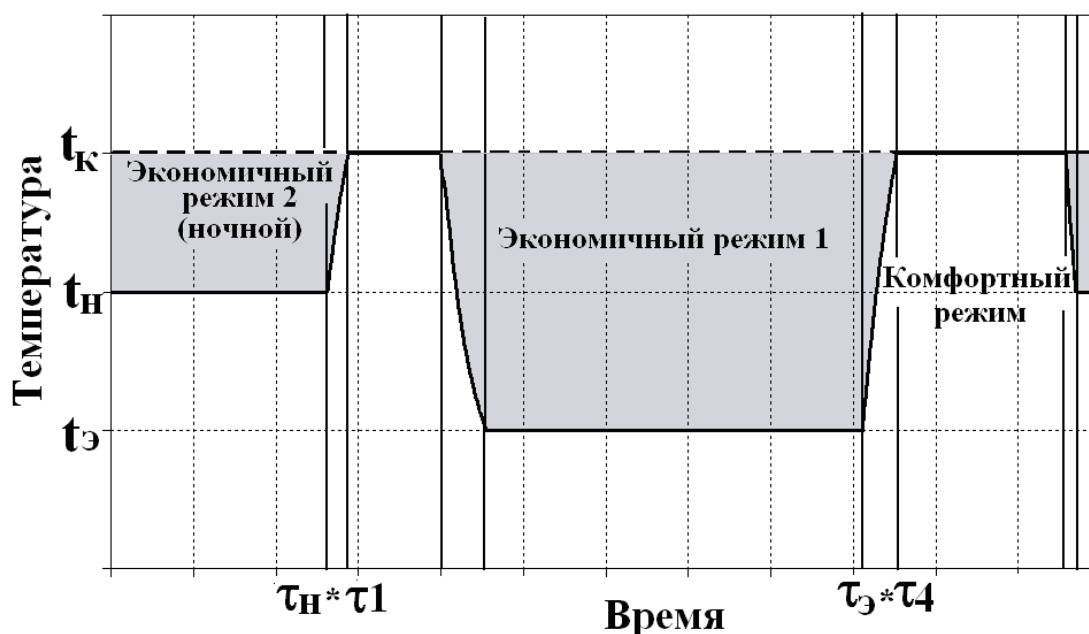


Рис. 1. Изменение температуры воздуха в помещении при использовании только комфортного (пунктирная линия) и совместно с экономичными (сплошная линия) режимов отопления

Прерывистый режим отопления – способ поддержания заданной температуры воздуха в помещении посредством включения-выключения отопительного прибора при некотором уровне его мощности. Температура воздуха в заданных пределах обеспечивается с помощью различной продолжительности включенного и выключенного состояния отопительного прибора. Эта продолжительность определяется уровнем поддерживаемой (термостатом или программатором) температуры, теплоинерционными характеристиками помещения и мощностью отопительного прибора.

Комфортная температура (t_k) – температура воздуха в помещении во время присутствия в нем человека в состоянии бодрствования. В работе принята 20°C .

Экономичная температура ($t_{э}$) – температура воздуха в помещении, до которой она может снижаться и поддерживаться в период отсутствия человека. В работе принята 18 °С для экономичного режима 1 и 10 °С для экономичного режима 2.

Экономичный режим - режим работы отопительного прибора, при котором температура воздуха помещения снижается до уровня заданной экономичной температуры и поддерживается на этом уровне (**экономичный режим 1**) или падает до более низкой температуры, но не ниже уровня минимально допустимой (**экономичный режим 2**) и возвращается к уровню комфортной температуры к заданному времени прихода человека. Экономичный режим 2 отличается от режима 1 тем, что в качестве экономичной температуры принимается минимально допустимая температура, которая в период отсутствия человека может достигаться или не достигаться вследствие тепловой инерционности помещения.

Ночная температура ($t_{н}$ на рис. 1,а) - температура воздуха в помещении, которая поддерживается в ночное время, когда человек спит. В работе принята 19 °С.

Анализ рис.1 показывает, что одновременное снижение энергозатрат и обеспечение комфортных условий для человека не возможно без достаточно точного определения времени включения отопительного прибора $\tau_{э}^*$ и $\tau_{н}^*$ для достижения комфортной температуры в заданные моменты времени τ_4 и τ_1 . Максимальная экономия энергии по нашему мнению возможна путем применения **экономичного режима 2**, когда температура воздуха помещения снижается до уровня самой низкой температуры, но не ниже уровня минимально допустимой, и возвращается к уровню комфортной температуры к заданному времени прихода человека.

Для количественного анализа экономии энергии с помощью применения такого экономичного режима в рабочие дни недели (5 суток) проведем моделирование теплового состояния помещения. Была построена компьютерная модель теплового режима вентилируемого жилого помещения размером 5,6х5х2,8м с кратностью воздухообмена 1 и одной наружной стеной. Температура окружающей среды была принята постоянной и равной –15°С. Моделирование проводилось в нестационарной постановке. В качестве начального приближения использовалось стационарное распределение температур в помещении с такой мощностью отопительного прибора (радиатора), для которой имела место комфортная температура в помещении. Эта мощность составляла 1,613 кВт. Далее проводился расчет нестационарного теплового состояния помещения с момента времени 7ч утра и работой отопительного прибора в прерывистом режиме с мощностью 3 кВт в течение 5-ти суток с различными вариантами использования экономичных режимов. Диапазон поддержания температур воздуха составлял $\pm 0,25$ °С от заданной величины. Моделирование проводилось с помощью компьютерной программы **ТАВС** (**T**hermal **A**nalysis of **B**uilding **C**onstruction) расчета теплового режима и теплотерь помещений [3]. Количество узлов модели составляло 161, количество тепловых связей между узлами 199. Узлы располагались по одному в воздухе помещения и на радиаторе, и по 20 по толщине каждого ограждения.

Были рассмотрены следующие варианты теплового режима помещения:

1. Поддержание только комфортной температуры в течении суток 20 °С (вариант 1).
2. Поддержание комфортной температуры 20 °С в периоды времени 7-8 и 19-23ч и снижение температуры воздуха в помещении днем в период времени 7-19ч до уровня экономичной температуры 19 °С (экономичный режим 1), а также снижение температуры воздуха в ночной период времени 23-7ч до уровня 18 °С (вариант 2).
3. Поддержание комфортной температуры в периоды времени 7-8 и 19-23ч 20 °С и снижение температуры воздуха в помещении днем в период времени 7-19ч до самой низкой температуры, но не ниже уровня минимально допустимой 10 °С (экономичный

режим 2), а также, снижение температуры воздуха в ночной период времени 23-7ч до уровня 18 °С (вариант 3).

Вариант 2 известен в литературе, а вариант 3, как отмечалось выше, не описан и поэтому представляет интерес. Ниже на рис. 2 приведены результаты моделирования этих вариантов. Результаты свидетельствуют о том, что для данного помещения минимально достижимая температура воздуха в помещении при применении экономичного режима 2 (вариант 3) равна 11 °С и достигается к 16 ч. Из графиков, особенно при применении экономичного режима 2, видно, что время остывания воздуха в помещении не равно времени его прогрева. Это объясняется тем, что скорость прогрева воздуха в помещении зависит преимущественно от мощности отопительного прибора и объема воздуха, в то время как скорость его остывания зависит также от теплоинерционных характеристик ограждений помещения. Так, для варианта 2 время нагрева помещения составляет меньше одного часа, для варианта 3 – около двух часов.

В работе подбиралось необходимое время включения отопительного прибора в каждые сутки τ_3^* и τ_4^* при применении экономичного режима 2 (вариант 3). В первые сутки необходимое время включения составляло 17 ч, в пятые 16 ч, что вызвано тем, что в первые сутки имеется влияние начального (стационарного) распределения температур в ограждающих конструкциях и воздуху необходимо меньшее количество времени для прогрева.

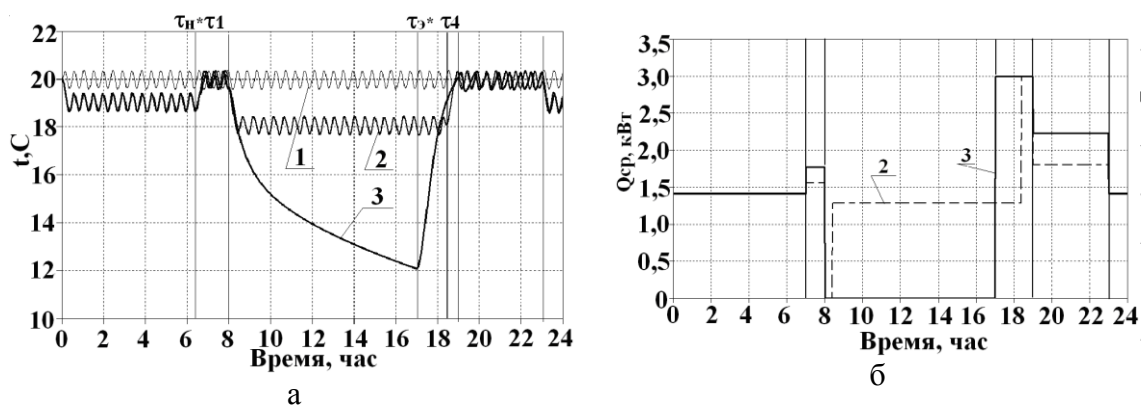


Рис. 2. Изменение температуры воздуха в помещении при различных вариантах ее поддержания на пятые сутки. Цифрами обозначены соответствующие режимы: 1- вариант 1; 2- вариант 2; 3 – вариант 3

Полученные результаты свидетельствуют о том, что если днем стараться снижать температуру воздуха до минимально допустимой и ночью до ночной (вариант 3), то по сравнению с вариантом 2 экономия энергии будет в 2,5 раза больше. Если система отопления 5 рабочих дней в неделю будет работать с экономичным 2 и ночным режимами, а два выходных дня только в комфортном, то недельное и месячное сокращение энергопотребления для отопления рассматриваемого помещения составит около 15%, что является достаточно весомым резервом снижения энергозатрат. При этом наблюдается неравномерное посуточное уменьшение энергозатрат 23% в первые и 9% в пятые сутки.

Предложенная схема снижения энергозатрат подходит и для управления тепловым режимом офисных помещений (школы, библиотеки и т.д.), в которых необходимо днем, когда присутствуют люди, поддерживать комфортную температуру воздуха в

помещениях, а на ночь и в выходные дни для экономии энергии необходимо ее снижать.

Следует отметить необходимость продолжения изложенных выше исследований с учетом в модели переменности во времени температуры окружающей среды, мощности отопительного прибора, а также разработки алгоритма определения времени включения $\tau_{Э}^*$ и $\tau_{Н}^*$ при применении экономичных режимов.

ВЫВОДЫ

1. С помощью моделирования теплового состояния помещения проводится сравнительный количественный анализ вариантов снижения энергозатрат в рабочие дни недели и суточном циклах за счет уменьшения температуры воздуха помещения днем в период отсутствия человека и ночной период при работе отопительного прибора в прерывистом режиме при постоянной температуре окружающей среды.

2. Показано, что для рассматриваемого помещения ежесуточное использование экономичного режима с ограничением температуры воздуха в помещении 10°C в течении 5-и рабочих дней недели позволяет уменьшить энергозатраты на отопление до 14,7% по сравнению с постоянным режимом комфортной температуры.

ЛИТЕРАТУРА

1. Жуйков Р.Б. Строительство и эксплуатация «эффективного» здания / Жуйков Р.Б. // Информационный бюллетень Инфстрой. - 2004. - №5. - С. 2-11.
2. Гершкович В.Ф. О возможности практической реализации регулирования теплотребления зданий методом периодического прерывания потока теплоносителя / Гершкович В.Ф. // <http://www.energsovet.ru/stat148p2.html>.
3. Круковский П.Г. Расчетно-экспериментальный подход к анализу теплового состояния и теплопотерь помещений / Круковский П.Г., Судак О.Ю. // Промышленная теплотехника. - 2001.- №6.- С. 1-7.

Статья поступила в редакцию 14.03.2013 г.