

issledovatel'skij institut problem melioracii» (FGBNU «RosNIIPM»). - Novocherkassk : RosNIIPM, 2019. – 127 s.

7. Bik, I. van. Planirovanie i upravlenie vodohozhajstvennymi sistemami: vvedenie v metody, modeli i prilozhenija / I. van Bik, P. Lauks ; pod red. M. V. Seliverstovoj ; [per. s angl.: A. E. Asarin i dr.] ; Federal'noe agentstvo vodnyh resursov. – Moskva : Justicinform, 2009. – 659 s.

8. Vsemirnyj doklad Organizacii Ob#edinennyh Nacij o sostojanii vodnyh resursov [V Internete] / avt. Vsemirnaja programma JuNESKO po ocenke vodnyh resursov // Cifrovaja biblioteka UNESDOC. JuNESKO, 2017 g. 29.07.2024 g. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000247552_rus.

УДК 697.1

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ГРАЖДАНСКИХ ЗДАНИЙ И ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ МЕРОПРИЯТИЯ

*Ю. В. Каперейко, ассистент кафедры теплогазоснабжения и вентиляции,
Брестский государственный технический университет, Брест, Беларусь,
e-mail: yulya.kapereyko@mail.ru*

Реферат

В данной статье представлены результаты изучения современных методов регулирования систем теплоснабжения гражданских зданий и энергосберегающих мероприятий. Приведен пример совмещения некоторых методов регулирования в единую систему. Рассмотрен вариант предполагаемой ресурсосберегающей системы водяного отопления с комплексным учетом параметров микроклимата, теплоэнергетических показателей и климатических факторов. Показаны положительные и отрицательные стороны использования того или иного способа регулирования системами отопления зданий. Предлагается вариант использования нейронных сетей для реализации энергоэффективного подхода при эксплуатации систем отопления жилых и общественных зданий и для поддержания в них более точных параметров микроклимата помещений.

Ключевые слова: энергосбережение, регулирование теплопотребления, потребление энергии, энергоэффективность.

MODERN METHODS OF REGULATING HEAT SUPPLY SYSTEMS OF CIVIL BUILDINGS AND ENERGY-SAVING MEASURES

Y. V. Kapereyko

Abstract

The article presents the results of studying modern methods of regulating heat supply systems for civil buildings and energy-saving measures. A variant of combining some control methods into a single system is given. The positive and negative sides of using one or another method of regulation by building heating systems are shown. A variant of the proposed resource-saving water heating system with integrated consideration of microclimate parameters, thermal energy indicators and climatic factors is considered.

Keywords: energy saving, regulation of heat consumption, energy consumption, energy efficiency.

Введение

В последние годы значительное внимание уделяется вопросам минимизации потребления тепловой энергии в зданиях различного назначения, в том числе и жилых.

Для стран западного мира экономия энергии стала актуальной, начиная с первого энергетического кризиса в 1968 году. Для стран бывшего СССР этот процесс начался с его развалом. Республика Беларусь – лидер среди бывших республик СССР в процессе снижения энергоемкости ВВП.

На данный момент в Республике Беларусь на эксплуатацию зданий расходуется около 40 % потребляемой тепловой энергии. Поэтому экономия энергии при эксплуатации зданий является важной составляющей резерва снижения энергоемкости ВВП.

Идея экономии энергии при эксплуатации зданий очень популярна во всем мире. Уже построены здания с нулевым потреблением энергии (Null-Energie) и даже с положительным балансом энергии (Plus-Energie), энергетические системы которых без использования ископаемых видов топлива производят больше энергии, чем потребляют. Однако экономическое обоснование строительства таких зданий, как правило, отсутствует.

В последние годы вопросам изучения эффективного энергопотребления зданий уделяется большое внимание исследователями России (Г. А. Штофер, И. А. Башмаков, Л. Б. Директор) и Беларуси (Л. Н. Данилевский, В. М. Пилипенко и др.).

Основная часть

На сегодняшний день в Республике Беларусь существует 3 экспериментальных энергоэффективных жилых многоэтажных здания, относящиеся к классу энергоэффективности А+. В данных проектах использовались различные энергоэффективные технологии с применением альтернативных источников энергии (геотермальная энергетика, гелиоэнергетика, рекуперация удаляемого воздуха и использование тепла сточных вод).

В трудах Л. Н. Данилевского [1] выделены основные мероприятия, проводимые для реализации энергосбережения: управляемая система приточно-вытяжной вентиляции с рекуперацией тепловой энергии вентиляционных выбросов; система отопления с горизонтальной разводкой; системы регулирования режимов отопления и воздухообмена с возможностью климат-контроля в каждой квартире здания; системы индивидуального (поквартирного) учета потребляемой на отопление тепловой энергии; индивидуальные системы учета потребления холодной и горячей воды; система диспетчеризации данных по учету и регулированию потребления энергоресурсов в квартирах.

Эти инструменты позволили сократить потребление тепловой энергии практически на 30 %.

Современные системы отопления предполагают возможность устанавливать режимы тепловыделений в помещения, что способствует адаптации под метеорологическую ситуацию за пределами помещения. Существует возможность управления системой на календарной или временной основе, что приводит к

минимизации общих затрат. С момента внедрения автоматизированных систем управления, работа теплогенераторов выполняется в рамках тонкого баланса между критериями экономичности и комфорта в зависимости от предпочтений теплопотребителя.

В работах А. А. Февралева [2] рассматриваются методы адаптационного управления параметрами микроклимата помещений, в основе которых лежат нечеткие логические связи, алгоритмизация которых производится на нейросетевом уровне. Подчеркивается необходимость предварительного учета влияния теплопотребителей на изменение параметров микроклимата с целью интенсификации адаптационных моделей.

Развитие теплогенерирующих электротехнологий предполагает совершенствование алгоритмов их управления. В современных условиях основным регулятором параметров теплоносителя в пределах теплогенератора является температура наружного воздуха, эффективной учет которой предопределяет общее повышение эффективности работы системы отопления, подготовки горячей воды для нужд водоснабжения.

В пределах отопительного сезона колебания температуры наружного воздуха играют весомую роль в области эффективного теплопотребления. Однако стоит учесть, что помимо температуры наружного воздуха, существует другое множество факторов, которые влияют на микроклимат помещений. К внешним факторам относятся: скорость и направление ветра; увлажнение поверхностей ограждающих конструкции из-за осадков разного агрегатного состояния; облачность и интенсивность прямой и рассеянной радиации; барометрическое давление; влажность воздуха. К внутренним факторам можно отнести условия протекания технологического процесса внутри здания: теплопоступления от людей, теплопоступления от солнечной радиации, теплопоступления от бытовых приборов, теплопоступления от электроосвещения, теплопотери при эксфильтрации внутреннего воздуха, теплопотери при осуществлении вентилирования помещения.

Многие из этих факторов являются непостоянными и появление того или иного значения параметров обусловлено большим числом факторов и носит случайный характер. Поэтому для обобщения метеорологических и иных элементов или параметров используются положения теории вероятностей и методы математической статистики. Однако некоторые из вышеперечисленных факторов можно использовать в расчетах для отражения более точной к реальности картины теплообменных процессов ограждающих конструкций. С помощью детальных вычислений можно сформулировать зависимости для поддержания комфортных параметров микроклимата в помещениях зданий, учитывая все факторы воздействия на тепловые потери, тем самым обеспечить наиболее точную оценку эффективности применяемых методов регулирования систем водяного отопления.

Для учета всех положительных факторов и исключения отрицательных предлагается вариант ресурсосберегающей системы водяного отопления с комплексным учетом параметров микроклимата, теплоэнергетических показателей и климатических факторов. Ее работа основывается на обработке прогнозных метеорологических данных для нивелирования тепловой инерционности здания

и элементов системы отопления, а так же параметров текущего режима эксплуатации ограждающих конструкций в контексте их теплотехнических характеристик с учетом действия наружных и внутренних факторов влияния.

Исследования по влиянию метеорологических воздействий представлены в работе [3]. В работе [4] рассмотрена возможность создания системы водяного отопления с метеопрогностическим регулированием.

Основными достоинствами, присущими данному методу регулирования системами теплоснабжения, являются.

1. Регулирование в зависимости от внешних и внутренних возмущений теплового баланса здания, что позволит поддерживать наиболее комфортные условия внутри помещения.

2. Данный способ позволит регулировать потребление тепловой энергии в зависимости от нужд потребителя в конкретный период времени, что позволит экономить энергоресурсы.

Недостатками данного способа регулирования являются.

1. Необходимость в предопределении теплового режима работы конкретного помещения заранее.

2. Необходимость установки дополнительных элементов и привязка их к общему компьютеру для последующего управления.

3. Наблюдение случаев повышения потребления тепловой энергии в связи с учетом климатических факторов (таких как ветровое воздействие и атмосферные осадки) в сравнении со стандартной системой отопления, которая не учитывает эти факторы влияния и не повышает нагрузку на систему с их появлением.

Тем не менее, данный способ регулирования может быть применен в системах поддержания микроклимата, где отклонение на большие величины от заданной температуры нежелательно.

Для осуществления предиктивного регулирования системой отопления необходимо установить связь между тепловой инерционностью системы отопления и тепловой инерционностью конкретного здания. Так же разрабатывается схема регулирования оборудованием, в частности двухходовой клапан одноконтурного газового котла, установленный на газоподающем трубопроводе, необходимо включить в систему управления контроллера для осуществления экономичного расхода топливно-энергетических ресурсов. При этом регулировать можно как температуру теплоносителя, не меняя расхода воды, так и расход воды, оставляя неизменной температуру теплоносителя. И в том, и в другом случае наблюдается экономия расхода энергоресурсов.

Применение разработок интеллектуальных систем управления [5] может решить проблему выявления сложновычисляемых зависимостей между вышеперечисленными факторами влияния и адаптировать конкретные условия работы системы отопления под индивидуальные объекты эксплуатации этих систем.

Для оценки эффективности такой системы регулирования, возможно, провести лишь приближенные вычисления на основании ранее проведенных исследований. Используя упрощенные формулы расчетов можно определить такие параметры как запаздывание элементов системы отопления, степень и время нагрева отопительных приборов до определенных значений их теплоотдачи. Ввиду существования двух суточных этапов: ночного, где наблюдается период стремления к суточному температурному минимуму; и дневного, где наблюдается

период стремления к суточному температурному максимуму, то и интенсивность краткосрочных колебаний оценивается исходя из температурных значений межпикового периода. Таким образом, с ростом меры отклонения крайних температурных точек увеличивается эффективность метеопрогностического управления системой отопления.

Согласно материалам, изложенным в литературе по теплообмену, нестационарность течения теплообменных процессов вполне возможно описать некоторыми зависимостями, которые применимы для таких расчетов. Однако ввиду невозможности тестирования разработок на реальных объектах, условно можно принять на этапе моделирования процессов на основании известных из практики реальных значений при эксплуатации систем водяного отопления приблизительное время изменения всех теплотехнических параметров регулируемой системы τ . В данный интервал времени необходимо предоставлять прогнозные данные о погодных условиях с метеостанции.

Определив время запаздывания системы отопления со стандартной погодозависимой автоматикой, и считая, что в концепции метеопрогностического регулирования это время сглажено, то при идеальных условиях полностью компенсируются тепловые потери в текущий момент времени.

Так как в способе регулирования необходимо использовать определенное оборудование для осуществления предиктивного управления системой водяного отопления, то в выбранный отрезок времени так же должны входить гистерезис элементов системы отопления и оборудования для регулирования параметров теплоносителя, поступающего в отопительные приборы.

Эмпирические закономерности, выявленные в ходе исследования для конкретного здания, могут служить основой для дальнейших исследований и моделирования. На основе этих закономерностей можно разрабатывать более точные математические модели, которые учитывают влияние метеорологических факторов на работу системы отопления. Это в свою очередь может способствовать созданию более эффективных алгоритмов управления системой и предсказанию оптимальных режимов работы в различных климатических сценариях.

В связи со сложностью выделения четких и точных закономерностей, необходимых для прогнозирования погоды, использование нейронных сетей [5] позволяет многократно упростить этот процесс. Процесс обучения позволяет извлечь сложные закономерности, что и будет основой для получения выходных данных.

Гибкость нейронных сетей позволяет так же вариативно изменять параметры, что скажется на общей эффективности системы. Немало важной особенностью нейронной сети является возможность ее дообучения. При необходимости, используя уже полученные модели и применение к ней актуальных данных, позволит адаптировать ее к текущим условиям.

Заключение

Учет различных климатических факторов является реальной возможностью для поддержания необходимых параметров микроклимата помещений. Учет теплоэнергетических показателей здания позволит отслеживать потребление энергии в корреляционной зависимости от метеофакторов. Развитие нейронных сетей и внедрение их в инженерные системы энергоснабжения зданий являются одним из решений для реализации основных решений в энергоэффективном ключе.

Список цитированных источников

1. Данилевский, Л. Н., Пилипенко В. М., Терехов С. В. Предварительные результаты мониторинга энергоэффективных зданий в Беларуси / Л. Н. Данилевский, В. М. Пилипенко, С. В. Терехов // Журнал С.О.К., 2018. – № 9. – С. 70–79.
2. Февралев, А. А. Нейросетевые алгоритмы для решения задачи краткосрочного локального прогнозирования температуры наружного воздуха / А. А. Февралев, Ю. С. Приходько, Д. М. Бабайлова. – Вестник ЮУрГУ. Серия: Строительство и архитектура, 2017. – № 3. – С. 48–53.
3. Каперейко, Ю. В. Метеопрогностическое регулирование в системах водяного отопления / Ю. В. Каперейко, А. О. Заречный, В. Г. Новосельцев – Вестник Брестского государственного технического университета. – 2024. – № 2 (134). – С. 6–11.
4. Каперейко, Ю. В. Возможности создания системы водяного отопления с метеопрогностическим регулированием / Ю. В. Каперейко : сб. тр. V междунар. науч.-техн. конф. 23–25 апр. 2024 г., Владимир, Владим. гос. ун-т им. А. Г. и Н. Г. Столетовых, 2024. – С. 60–66.
5. Головкин, В. А. Нейроинтеллект: теория и применение. Организация и обучение нейронных сетей с прямыми и обратными связями / В. А. Головкин. – Брест : БПИ, 1999. – Кн. 1 – 264 с.

References

1. Danilevskij L. N., Pilipenko V. M., Terehov S. V. Predvaritel'nye rezul'taty monitoringa jenergojeffektivnyh zdaniy v Belarusi // Zhurnal S.O.K., 2018. № 9. – S. 70–79.
2. Fevrlev, A. A. Nejrosetevye algoritmy dlja reshenija zadachi kratkosrochnogo lokal'nogo prognozirovanija temperatury naruzhnogo vozduha / A. A. Fevrlev, Ju. S. Prihod'ko, D. M. Babajlova. – Vestnik JuUrGU. Serija: Stroitel'stvo i arhitektura, 2017. – № 3. – S. 48-53.
3. Kaperejko, Ju. V. Meteoprognosticheskoe regulirovanie v sistemah vodjanogo otoplenija / Ju. V. Kaperejko, A. O.Zarechnyj, V. G.Novosel'cev – Vestnik Brestskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta. – 2024. – № 2 (134). – S. 6–11.
4. Kaperejko, Ju. V. Vozmozhnosti sozdaniya sistemy vodjanogo otoplenija s meteoprognosticheskim regulirovaniem / International Conference on Materials Physics, Building Structures and Technologies in Construction, Industrial and Production Engineering (MPCPE-2024): sb. tr. V mezhdunar. nauch.-tehn. konf. 23 – 25 apr. 2024 g., Vladimir, Vladim. gos. un-t im. A. G. i N. G. Stoletovyh. – Vladimir : Arkaim, 2024. – S. 60-66.
5. Golovko, V. A. Nejrointellekt: teorija i primenenie. Kniga 1: Organizacija i obuchenie nejronnyh setej s prjamym i obratnymi svjazjami. –Brest Izd. BPI, 1999 – 264 s.

УДК 379.85

ПОТЕНЦИАЛ ПРИРОДНЫХ ЛАНДШАФТОВ БЫХОВСКОГО РАЙОНА ДЛЯ РАЗВИТИЯ ВИДОВ ПРИРОДООРИЕНТИРОВАННОГО ТУРИЗМА

К. А. Макар, специалист по обеспечению учебного процесса кафедры физической географии мира и образовательных технологий, Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь, e-mail: kristina.mazurina.02@mail.ru

А. Е. Яротов, к. г. н., доцент, председатель Белорусского географического общества, Минск, Беларусь, e-mail: yarotau@gmail.com

Реферат

Рассматривается потенциал природных ландшафтов Быховского района Могилевской области Республики Беларусь, в целях развития природоориентированных видов туризма, таких как экологический, агротуризм, лечебно-оздоровительный, активный, охотничий и образовательный.